

**MNPEF**

Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO PIAUÍ



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**  
**PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

**RODRIGO TEIXEIRA GOMES**

**ENSINO DOS CONCEITOS DE TENSÃO, CORRENTE ELÉTRICA  
E RESISTÊNCIA ELÉTRICA ATRAVÉS DA ANÁLISE INVESTIGATIVA DE  
EXPERIMENTOS.**

**TERESINA  
2024**

**RODRIGO TEIXEIRA GOMES**

**ENSINO DOS CONCEITOS DE TENSÃO, CORRENTE ELÉTRICA  
E RESISTÊNCIA ELÉTRICA ATRAVÉS DA ANÁLISE INVESTIGATIVA DE  
EXPERIMENTOS.**

Dissertação apresentada à coordenação do programa de pós-graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física – Polo 26, da Universidade Federal do Piauí como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física

**Linha de Pesquisa:** Recursos didáticos para o Ensino de Física.

**Orientador (a):** Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho.

**TERESINA  
2024**

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Sistema de Bibliotecas UFPI - SIBi/UFPI  
Biblioteca Setorial do CCN

G633e Gomes, Rodrigo Teixeira.  
Ensino dos conceitos de tensão, corrente elétrica e  
resistência elétrica através da análise investigativa de  
experimentos / Rodrigo Teixeira Gomes. – Teresina, 2024.  
117 f. : il.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal  
do Piauí. Centro de Ciências da Natureza. Programa de Pós-  
Graduação em Ensino de Física, Teresina, 2024.

“Orientador: Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho”.

1. Física - Estudo e Ensino. 2. Práticas experimentais. 3.  
Eletrodinâmica. 4. Ensino médio. I. Barbosa Filho, Francisco  
Ferreira. II. Título.

CDD 530.7

Bibliotecária: Caryne Maria da Silva Gomes - CRB3/1461



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**  
**PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFPI**  
e-mail: mnpef@ufpi.edu.br

**ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**  
**DE RODRIGO TEIXEIRA GOMES**

Às nove horas do dia quinze de agosto de dois mil e vinte e quatro, reuniu-se no auditório do Departamento de Física do Centro de Ciências da Natureza da Universidade Federal do Piauí, no Campus Ministro Petrônio Portella, a Comissão Julgadora da dissertação intitulado "**PROPOSTA DE ENSINO DOS CONCEITOS DE CORRENTE ELÉTRICA, RESISTÊNCIA ELÉTRICA E TENSÃO ATRAVÉS DA ANÁLISE INVESTIGATIVA DE EXPERIMENTOS**" do discente Rodrigo Teixeira Gomes, composta pelos professores Francisco Ferreira Barbosa Filho (orientador, UFPI), Alexandre José Medeiros do Nascimento (CEAD UFPI) e Célio Aécio Medeiros Borges (UFPI) para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito para a obtenção do título Mestre em Ensino de Física. Abrindo a sessão o Orientador e Presidente da Comissão, Prof. Francisco Ferreira Barbosa Filho, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da defesa da Dissertação, passou a palavra ao discente para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos membros da Comissão Julgadora e respectiva defesa do discente. Nesta ocasião foram solicitadas correções no texto escrito, as quais foram acatadas de imediato. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do discente e do público, para julgamento e expedição do resultado final. O aluno foi considerado **APROVADO**, por unanimidade, pelos membros da Comissão Julgadora, à sua dissertação. O resultado foi então comunicado publicamente ao discente pelo Presidente da Comissão. Registrando que a confecção do diploma está condicionada à entrega da versão final da dissertação à CPG após o prazo estabelecido de 60 dias, de acordo com o artigo 39 da Resolução No 189/07 do CONSELHO DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO DA UFPI. Nada mais havendo a tratar, o Presidente da Comissão Julgadora deu por encerrado o julgamento que tem por conteúdo o teor desta Ata que, após lida e achada conforme, será assinada por todos os membros da Comissão para fins de produção de seus efeitos legais. Teresina-PI, 15 de agosto de 2024.

Documento assinado digitalmente



**FRANCISCO FERREIRA BARBOSA FILHO**

Data: 02/09/2024 12:13:03-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

*Prof. Francisco Ferreira Barbosa Filho*

Documento assinado digitalmente



**ALEXANDRE JOSE MEDEIROS DO NASCIMENTO**

Data: 02/09/2024 15:22:07-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

*Prof. Alexandre José Medeiros do Nascimento*

Documento assinado digitalmente



**CELIO AECIO MEDEIROS BORGES**

Data: 02/09/2024 17:22:33-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

*Prof. Célio Aécio Medeiros Borges*

Dedico esse trabalho a Deus, à minha família e aos meus professores que me ajudaram a chegar até aqui.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por me proporcionar saúde em todos os aspectos para que eu pudesse concluir esse trabalho.

À minha esposa Lidiana, ao meu filho Joao Isaac e aos meus pais Maria José e Valdir por me apoiarem durante toda a minha vida e sempre estarem ao meu lado nos bons e maus momentos.

Ao meu professor orientador Francisco Ferreira Barbosa Filho, pelo apoio e incentivo na realização desse trabalho.

À UFPI e ao Mestrado Profissional no Ensino de Física pela oportunidade em incrementar meus conhecimentos no ensino de Física e também ajudar no meu crescimento profissional.

Aos meus colegas da turma de 2022, pela ajuda e companheirismo durante essa jornada no MNPEF.

## RESUMO

Tendo como base pressupostos da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, o presente trabalho consiste na análise investigativa acerca de conceitos fundamentais, como, tensão, resistência e corrente elétrica, utilizando experimentos voltados ao estudo de eletrodinâmica, onde os alunos deverão, através da manipulação desses experimentos e sem a ajuda do professor, elaborar hipóteses e conclusões acerca do que foi observado, além de compartilhar essas conclusões para os colegas de turma. Com base naquilo que será produzido pelos alunos, uma análise será feita, de modo que o objetivo principal é fazer o comparativo entre as abordagens do ensino de eletrodinâmica com e sem a utilização de experimentos, permitindo dessa forma, uma visão ampla de como atividades experimentais podem impactar na sala de aula para o processo de ensino aprendizagem. O trabalho foi aplicado para alunos de duas turmas de terceiro ano do ensino médio na escola pública Centro de Ensino Mestre Tibério, que fica localizada na cidade de Parnarama no estado do Maranhão, sendo dessa forma, propostos 5 encontros, totalizando 5 horas-aula, onde os alunos foram inicialmente submetidos a uma atividade de conhecimentos prévios, contabilizando 1 hora-aula. Após essa atividade, foi proposto mais 3 horas-aula utilizando-se de experimentos em eletrodinâmica e finalmente mais 1 hora-aula para a realização de uma atividade pós aula experimental. A verificação dos dados obtidos foi baseada em uma análise qualitativa e quantitativa, onde não apenas respostas corretas ou erradas foram consideradas, mas também quesitos como, interesse, motivação e feedbacks acerca das observações realizadas pelos alunos, durante todo o processo. Os resultados da pesquisa, através do que pôde ser observado durante a aplicação, revelam que práticas experimentais alinhadas às aulas expositivas, podem se tornar uma excelente ferramenta de motivação e melhoria do processo de ensino-aprendizagem, já que, além do aumento nos índices de acertos das respostas fornecidas pelos alunos aos questionários, observou-se também maior interesse e curiosidade em aprender aquilo que estava sendo observado.

**Palavras-chave:** eletrodinâmica; ensino médio; análise investigativa.

## **ABSTRACT**

Based on the assumptions of David Ausubel's theory of meaningful learning, this work consists of an investigative analysis of fundamental concepts such as voltage, resistance and electric current, using experiments aimed at the study of electrodynamics. Through the manipulation of these experiments and without the help of the teacher, students must develop hypotheses and conclusions about what was observed, in addition to sharing these conclusions with their classmates. Based on what will be produced by the students, an analysis will be made, so that the main objective is to compare the approaches to teaching electrodynamics with and without the use of experiments, thus allowing a broad view of how experimental activities can impact the teaching-learning process in the classroom. The work was applied to students from two third-year high school classes at the public school Centro de Ensino Mestre Tibério, located in the city of Parnarama in the state of Maranhão. Thus, 5 meetings were proposed, totaling 5 class hours, where the students were initially subjected to an activity of prior knowledge, accounting for 1 class hour. After this activity, another 3 class hours were proposed using experiments in electrodynamics and finally another 1 class hour for carrying out an experimental post-class activity. The verification of the data obtained was based on a qualitative and quantitative analysis, where not only correct or incorrect answers were considered, but also questions such as interest, motivation and feedback about the observations made by the students, throughout the process. The results of the research, through what could be observed during the application, reveal that experimental practices aligned with expository classes can become an excellent tool for motivation and improvement of the teaching-learning process, since, in addition to the increase in the rates of correct answers provided by students to the questionnaires, greater interest and curiosity in learning what was being observed was also observed.

**Keywords:** electrodynamics; high school; investigative analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Variações de Potencial Elétrico em um Circuito Percorrido por uma Corrente Elétrica.....	32
Figura 2: Circuito Fechado de Material Condutor .....	33
Figura 3: Circuito Fechado de Material Condutor e Bateria .....	33
Figura 4: A Corrente $i$ que Atravessa o Condutor tem o Mesmo Valor nos Planos .....	33
Figura 5: Divisão da Corrente Elétrica ao Chegar em um Nó.....	34
Figura 6: Diagrama Esquemático de uma Célula Eletrolítica Usada no Processo para a Obtenção de Magnésio .....	37
Figura 7: Gráfico do Comportamento da Corrente Elétrica em Função da Tensão Aplicada para um Determinado Material Condutor .....	38
Figura 8: Gráfico do Comportamento da Corrente Elétrica em Função da Tensão Aplicada para um Determinado Material Condutor que não Obedece a Primeira Lei de Ohm.....	39
Figura 9: Circuito Elétrico Simples, Onde Observa-Se uma Fonte de Tensão Realizando Trabalho Sobre Portadores de Cargas .....	41
Figura 10: Circuito de uma Malha, com uma Resistência Ligada a uma Fonte. A Corrente Elétrica é a Mesma em Todo o Circuito .....	42
Figura 11: Três Resistores Ligados em Série Submetidos a uma DDP.....	43
Figura 12: Representação de um Circuito Elétrico com Resistores Associados em Paralelo .....	44
Figura 13: Quadro Conceitual para a Abordagem Qualitativa .....	52
Figura 14: Modelo do Experimento Utilizado, com Associação de Lâmpadas de Mesma Potência em Série.....	59
Figura 15: Modelo do Experimento Utilizado, com Associação de Lâmpadas de Potências Distintas em Série.....	60
Figura 16: Modelo do Experimento Utilizado, com Associação de Lâmpadas de Mesma Potência em Paralelo.....	61
Figura 17: Aplicação dos Experimentos de Circuitos em Série e em Paralelo	62
Figura 18: Circuito para a Análise da Condutibilidade da Corrente Elétrica em Diferentes Materiais.....	63
Figura 19: Aplicação do Experimento de Condutibilidade Elétrica .....	64

Figura 20: Circuito Elétrico com um Motor Ligado em Série a uma Mini Lâmpada Incandescente .....	65
Figura 21: Aplicação do Experimento com o Minimotor .....	66
Figura 22: Resultado Comparativo das Respostas das Três Primeiras Questões, para as Duas Turmas Analisadas .....	69
Figura 23: Resultado Comparativo das Respostas das Questões 4 e 5, para as Duas Turmas Analisadas .....	70
Figura 24: Resultado Comparativo da Resposta da Questão 6, para as Duas Turmas Analisadas.....	71
Figura 25: Resultado Comparativo da Resposta da Questão 7, para as Duas Turmas Analisadas.....	72
Figura 26: Resultado Comparativo da Resposta da Questão 8, para as Duas Turmas Analisadas.....	72

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores da Resistividade de Alguns Materiais à Temperatura Ambiente .....	40
---	----

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2. A TEORIA DE DAVID AUSUBEL .....</b>	<b>19</b>
2.1 ESTRUTURA COGNITIVA .....	19
2.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL.....	20
2.3 TIPOS DE APRENDIZAGEM .....	22
2.4 CONDIÇÕES PARA QUE OCORRA A APREDIZAGEM SIGNIFICATIVA .	23
2.5 ANÁLISE INVESTIGATIVA NO ENSINO DE CIÊNCIAS .....	25
2.6 ABORDAGENS DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO. ....	26
<b>3. ELETROMAGNETISMO .....</b>	<b>29</b>
3.1 CARGA ELÉTRICA .....	29
3.2 POTENCIAL ELÉTRICO E DIFERENÇA DE POTENCIAL .....	30
3.2.1 Energia Potencial Elétrica.....	30
3.2.2 Potencial Elétrico.....	30
3.3 CORRENTE ELÉTRICA.....	32
3.4 SENTIDO DA CORRENTE ELÉTRICA .....	35
3.5 EFEITOS DA CORRENTE ELÉTRICA.....	35
3.5.1 Efeito Joule.....	35
3.5.2 Efeito Fisiológico .....	36
3.5.3 Efeito Químico .....	36
3.6 CELULAS ELETROLÍTICAS .....	36
3.7 RESISTÊNCIA ELÉTRICA .....	37
3.8 RESISTIVIDADE .....	39
3.9 CIRCUITOS ELÉTRICOS .....	40
3.9.1 Circuitos Elétricos com Resistências em Série .....	42
3.9.2 Circuitos Elétricos com Resistências em Paralelo .....	43
3.10 POTÊNCIA ELÉTRICA E ENERGIA ELÉTRICA .....	44
<b>4. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO MÉDIO .....</b>	<b>46</b>
4.1 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE ELETRODINÂMICA.....	48

<b>5. METODOLOGIA</b> .....	<b>50</b>
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	51
5.2 CAMPO EMPÍRICO DA PESQUISA .....	52
5.3 PÚBLICO ALVO .....	53
5.4 PROCEDIMENTOS PARA PRODUÇÃO E ANÁLISE DE DADOS.....	54
5.5 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL .....	57
5.5.1 Aplicação do Questionário de Conhecimentos Prévios.....	57
5.5.2 Análise Experimental .....	58
5.5.3 Aplicação do Questionário Pós Aula Experimental.....	66
<b>6. ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>68</b>
6.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS NO QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS.....	69
6.2 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO PÓS APLICAÇÃO DO PROJETO .....	73
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>81</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>84</b>
<b>APÊNDICE A: PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	<b>87</b>
<b>APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS</b> .....	<b>109</b>
<b>APÊNDICE C: QUESTIONÁRIO PÓS ANÁLISE EXPERIMENTAL</b> .....	<b>111</b>
<b>APÊNDICE D: ROTEIRO DE ANÁLISE EXPERIMENTAL PARA O CIRCUITO COM MINI MOTOR</b> .....	<b>113</b>
<b>APÊNDICE E: ROTEIRO PARA ANÁLISE EXPERIMENTAL DO CIRCUITO DE ONDUTIVIDADE</b> .....	<b>114</b>
<b>APÊNDICE F: ROTEIRO PARA ANÁLISE DOS CIRCUITO EM SÉRIE E EM PARALELO</b> .....	<b>115</b>
<b>APÊNDICE G: CUSTOS DOS MATERIAIS UTILIZADOS PARA A PRODUÇÃO DOS EXPERIMENTOS</b> .....	<b>117</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A formação em ciências é de primordial importância para que uma pessoa possa ter compreensão clara do mundo que a rodeia. Nos dias de hoje estamos constantemente cercados pelos mais diversos tipos de tecnologias, as informações estão disponíveis em um piscar de olhos, dessa forma a compreensão de temas abordados pela Física, Química e Biologia são de importância primordial para que possamos entender o mundo que nos rodeia.

Durante minha trajetória como aluno, já tinha a visão de que as ciências naturais eram o caminho para se compreender os mais diversos fenômenos que estavam ao meu redor. Quando me tornei professor de Física essa visão ficou ainda mais cristalizada, já que a partir de então, me tornei responsável por repassar essa minha compreensão de mundo para as próximas gerações. Durante os quase dez anos em que atuo com a prática de ensino já me deparei com muitas situações em sala de aula. Dentre essas situações uma das mais comuns é a dificuldade em se ensinar Física nas escolas públicas. Apesar de ser uma ciência tecnológica de grande aplicação, os alunos do ensino médio em sua maioria demonstram desinteresse pela disciplina, muitos porque estranhamente, julgam ser uma disciplina de pouca importância no seu dia-a-dia e talvez esse fator aconteça devido à pouca visibilidade que a Física possui no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), já que, a prova de ciências no geral nesse exame possui poucas questões de Física em comparação com outras disciplinas, como, língua portuguesa e matemática. Outro fator, que é motivo desse desinteresse, e que muitos alunos já me reportaram, é a dificuldade que eles encontram na disciplina. Muitos alunos julgam a disciplina de Física como sendo uma disciplina de difícil entendimento pois faz-se uso constante da matemática para explicar os fenômenos e dessa forma devido a uma má formação de base em nessa disciplina no ensino fundamental isso acaba por refletir no aprendizado não só de Física, mas das outras disciplinas que dela dependem. Dessa forma faz-se necessário uma nova metodologia de ensino, que provoque no aluno uma mudança na sua forma de pensar sobre a Física,

instigando-o à investigação de fenômenos e dessa forma melhorando o processo de ensino-aprendizagem.

De acordo com a BNCC (Base Nacional Comum Curricular).

Na Educação Básica, a área de Ciências da Natureza deve contribuir com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que prepare os estudantes para fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas, bem como fazer uso criterioso de diversas tecnologias. O desenvolvimento dessas práticas e a interação com as demais áreas do conhecimento favorecem discussões sobre as implicações éticas, socioculturais, políticas e econômicas de temas relacionados às Ciências da Natureza (BRASIL, 2018, p. 537).

Nesse sentido, é de extrema importância a contextualização do ensino de física de modo que o estudante possa alinhar aquilo que ele aprende em sala de aula com aquilo que lhe é exposto fora dela, deixando de lado a mera aprendizagem mecânica dos conteúdos, onde se torna fácil esquecer rapidamente e oportunizando uma aprendizagem sólida que poderá ser aproveitada ao longo de sua vida.

Para isso, o professor deve buscar formas de melhorar o ensino saindo de sua zona de conforto e trazendo para os alunos novas metodologias que possam ajudá-los no seu aprendizado e no prosseguimento de seus estudos, como a que será sugerida nesse trabalho.

Como observa-se nos PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio) uma das competências relacionadas ao ensino de Física é:

Investigação e compreensão: desenvolver a capacidade de investigação física; classificar, organizar, sistematizar; identificar regularidades; observar, estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar; conhecer e utilizar conceitos físicos. Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes; compreender e utilizar leis e teorias físicas; compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o "como funciona" de aparelhos; construir e investigar situações-problema, identificar a situação

física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões; articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber científicas (BRASIL, 1999, p 29).

O ensino tendo como base a investigação é um caminho que vem sendo usado no ensino de ciências da escola básica e no meio acadêmico, como alternativa para mudar o panorama tradicional e dessa forma inserir na vida do aluno novas possibilidades de aprendizado. Isso acaba se mostrando um processo interessante para ser aplicado no ensino da disciplina de Física, já que, a metodologia tradicional tem-se mostrado na maioria das situações ineficaz, nos dias atuais. Instigar os alunos, mostrando para eles a importância da Física, com métodos alternativos ao uso do quadro e pincel é de primordial importância.

Pozo (2008) salienta que compreender requer esforço e o aluno deve ter algum motivo para esforçar-se. Essa predisposição do aluno a memorizar os conteúdos está relacionada a muitos aspectos, dentre eles pode ser destacado o fato de que os estudantes não estabelecem relação entre o material, com práticas vivenciadas por ele, isso é, os assuntos aprendidos são descontextualizados.

Em virtude dessa perspectiva e tendo como base as teorias do filósofo David Ausubel, a iniciativa para o desenvolvimento deste trabalho vem com a necessidade de resolver o seguinte **problema**: Como uma sequência de ensino, baseada na teoria da análise investigativa, pode melhorar a qualidade do processo de ensino e aprendizagem em conteúdos de eletrodinâmica?

Em respeito a esse problema, delimita-se como objetivo geral da pesquisa desenvolver uma metodologia experimental direcionada para o estudo de eletrodinâmica e baseada na observação de circuitos elétricos por meio da técnica de análise investigativa, onde através desses, os alunos pudessem desenvolver o seu aprendizado em temas como: corrente elétrica, tensão e resistência elétrica.

Como objetivos específicos a pesquisa considera a necessidade de suprir carências relativas a novas formas de ensino de Física na escola Centro de Ensino Mestre Tibério, baseando-se no desenvolvimento de experimentos

práticos (material potencialmente significativo), além de motivar os alunos, ativar sua curiosidade sobre os fenômenos científicos em questão e desenvolver o senso crítico e investigativo de forma que ao final de cada experimento eles possam produzir resultados e chegar a suas próprias conclusões.

É importante destacar que, a compreensão dos conteúdos de eletrodinâmica são de fundamental importância para o entendimento de situações práticas vividas no dia-a-dia, como a definição de energia elétrica, a tensão elétrica que um aparelho pode suportar, o consumo de energia elétrica em uma residência, quais ações são úteis para a redução desse consumo, entre outras.

Partindo desse pressuposto é notório que os alunos devem terminar seus estudos do ensino médio com o entendimento desses conceitos para que dessa forma possa dar prosseguimento à sua vida, como também avançar em seus estudos.

Nas próximas seções, abordaremos o princípio teórico norteador desse trabalho, que é a TAS (teoria da aprendizagem significativa) de David Ausubel e também abordaremos os conceitos de corrente elétrica, tensão elétrica e resistência elétrica, relacionados ao instrumento de aprendizagem que será aplicado aos alunos da escola Centro de Ensino Mestre Tibério.

## 2. A TEORIA DE DAVID AUSUBEL

Nesse tópico apresenta-se a importância da teoria cognitiva de David Ausubel no processo de ensino aprendizagem e no desenvolvimento desse trabalho como perspectiva na melhoria da compreensão de conteúdos básicos de eletricidade através da análise investigativa de experimentos. As contribuições teóricas de Ausubel na área da aprendizagem nos permite fazer um alinhamento entre conteúdos e a área experimental na disciplina de Física.

Desse modo destaca-se a importância da aprendizagem significativa de Ausubel no desenvolvimento de métodos e materiais que auxiliem o professor em sua jornada na sala de aula e conseqüentemente melhore o processo de ensino fazendo com que a aula deixe de ser totalmente engessada no quadro e livro didático e passe a ser mais agradável com aplicação de instrumentos didáticos.

### 2.1 ESTRUTURA COGNITIVA

Segundo Ausubel<sup>1</sup> (apud Faria, 1989, p 8), a estrutura cognitiva é o conteúdo total e organizado de ideias de um dado indivíduo; ou, no contexto da aprendizagem de certos assuntos, refere-se ao conteúdo e organização de suas ideias naquela área particular de conhecimento. Ou seja, a ênfase que se dá é na aquisição, armazenamento e organização das ideias no cérebro do indivíduo.

Para Ausubel, a estrutura cognitiva de cada indivíduo é extremamente organizada e hierarquizada, no sentido que as várias ideias se encadeiam de acordo com a relação que se estabelece entre elas. Além disso, é nesta estrutura que se ancoram e se reordenam novos conceitos e ideias que o indivíduo vai progressivamente internalizando, aprendendo.

Dessa forma, de acordo com Ausubel, para que a estrutura cognitiva preexistente influencie e facilite a aprendizagem é preciso que seu conteúdo tenha sido aprendido de maneira significativa, ou seja, de maneira não arbitrária e literal. Um outro aspecto importante, é que, o conhecimento preexistente não

deve ser considerado como pré-requisito para conhecimento mais avançados, ideia que é bastante difundida no meio acadêmico.

## 2.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

De acordo com David Paul Ausubel (1989), a Teoria da Aprendizagem Significativa é uma teoria cognitivista e procura explicar os mecanismos internos que ocorrem na mente humana com relação ao aprendizado e à estruturação do conhecimento. Para o autor, a aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva. Admite a existência de uma estrutura na qual a organização e a integração de ideias se processam. A experiência cognitiva é caracterizada por um processo de integração no qual os conceitos novos interagem com os já existentes na estrutura cognitiva, integrando o novo material e, ao mesmo tempo, modificando-se.

Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Ou seja, nesse processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica a qual Ausubel define como conceitos subsunçores ou, simplesmente, subsunçores, existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação se ancora em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende. Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo altamente organizado, formando uma hierarquia conceitual na qual elementos mais específicos de conhecimentos são ligados a conceitos mais gerais, mais inclusivos. Estrutura cognitiva significa, portanto, uma estrutura hierárquica de conceitos que são abstrações da experiência do indivíduo (MOREIRA, 2006).

De acordo com Pozo 2008, a natureza dinâmica dos processos de aprendizagem tem outras implicações para o planejamento de situações de instrução mais eficazes. Uma dessas implicações tem a ver com a importância da ordem temporal nas atividades de aprendizagem. Tanto a construção de conhecimentos como a mera associação de estímulos e respostas são muito

afetadas pela sequência em que se realizam as atividades de aprendizagem, já que as aprendizagens anteriores vão sempre condicionar as que vêm a seguir.

Pode-se dizer, então, que a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação “ancora-se” em conceitos relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva. Ou seja, novas ideias, conceitos, proposições podem ser aprendidos significativamente (ou retidos), na maneira que outras ideias, conceitos, proposições, relevantes e inclusivos estejam, adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ponto de ancoragem às primeiras.

A aprendizagem de conceitos complexos (por exemplo, a mecânica newtoniana ou a teoria estocástica da probabilidade) costuma tropeçar com a dificuldade de que os alunos dispõem de conhecimentos prévios (teorias implícitas sobre o movimento ou sobre a probabilidade), que são incompatíveis com esses novos conceitos que lhes são apresentados. O problema não é tanto que aprendam as leis de Newton, mas como que reestruturam seus conhecimentos para poder assimilá-las, o que requer planejar a instrução para conseguir uma mudança conceitual nos alunos (Pozo, 2008).

Em contraposição com aprendizagem significativa, Ausubel define aprendizagem mecânica (ou automática) como sendo aquela em que novas informações são aprendidas praticamente sem interagirem com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, sem ligarem-se a conceitos subsunçores específicos. A nova informação é armazenada de maneira arbitrária e literal, não interagindo com aquela já existente na estrutura cognitiva e pouco ou nada contribuindo para sua elaboração e diferenciação (MOREIRA, 2006).

Em Física, como em outras disciplinas, a simples memorização de fórmulas, leis e conceitos pode ser tomada como exemplo típico de aprendizagem mecânica. Talvez aquela aprendizagem de última hora, de véspera de prova, que somente serve para a prova, pois é esquecida logo após, caracterize a aprendizagem mecânica.

A aprendizagem significativa e a mecânica não constituem uma oposição entre si. Ambas podem aparecer durante o mesmo processo de ensino

e de aprendizagem em situações que se aproximam mais de uma ou de outra. Essa é a ideia de um continuum onde estão localizados esses dois tipos de aprendizagem, conforme Ausubel et al. (1978)

### 2.3 TIPOS DE APRENDIZAGEM

Para Ausubel a aprendizagem produzida em ambiente escolar é dividida em duas classes diferentes, que são:

- Aprendizagem significativa.
- Aprendizagem memorística.

O primeiro é relativo a forma de se organizar o processo de aprendizagem como uma descoberta, onde os conhecimentos recebidos pelo aluno não se encontram completamente acabados ou assimilados e dessa forma cabe ao aluno ser o agente ativo de sua descoberta, ou seja, definindo e descobrindo os conteúdos que lhes é transmitido.

O segundo está relacionado ao conceito de *continuum*, estabelecido pela delimitação entre a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica. Nesse ponto, o sistema cognitivo estabelece uma distinção entre o conhecimento prévio, que já está estabelecido ou memorizado, e o novo conteúdo que é preciso aprender. Dessa forma quanto mais se estabelece a relação entre o novo conteúdo com os conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva, mais próximo o aluno se encontra a aprendizagem significativa. Quanto menos essa relação é efetiva, mais próximo ele se encontra da aprendizagem mecânica ou repetitiva.

Para Pellizari, et al., (2002) a noção de aprendizagem significativa, definida dessa maneira, torna-se nesse momento o eixo central da teoria de Ausubel. Efetivamente, a aprendizagem significativa tem vantagens notáveis, tanto do ponto de vista do enriquecimento da estrutura cognitiva do aluno como do ponto de vista da lembrança posterior e da utilização para experimentar novas aprendizagens, fatores que a delimitam como sendo a aprendizagem mais adequada para ser promovida entre os alunos

## 2.4 CONDIÇÕES PARA QUE OCORRA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A respeito da aprendizagem significativa Ausubel afirma que:

A essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante (isto é, um subsunçor) que pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição, já significativos (AUSUBEL, 1978, p.41).

Uma das condições para ocorrer a aprendizagem significativa é que o material a ser aprendido seja relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal. Um material com essa característica é dito potencialmente significativo (MOREIRA, 2006).

A condição de que o material seja potencialmente significativo envolve dois fatores principais, ou duas condições subjacentes, quais sejam, a natureza do material, em si, e a natureza da estrutura cognitiva do aprendiz. Quanto a natureza do material, ele deve ser “logicamente significativo” ou ter “significado lógico”, isto é, ser suficientemente não arbitrário e não aleatório, de modo que possa ser relacionado, de forma substantiva e não arbitrária, a ideias, correspondentemente relevantes, que se situem no domínio da capacidade humana de aprender. No que se refere a natureza da estrutura cognitiva do aprendiz, nela devem estar disponíveis os conceitos de subsunçores específicos, com os quais o novo material é relacionável (MOREIRA, 2006).

Com base nisso esse trabalho visa a elaboração de materiais potencialmente didáticos onde, os alunos buscarão ser protagonistas no processo de ensino e aprendizagem e por meio de análises investigativas de experimentos baseados em conteúdo de Física. Com base na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, percebe-se que um dos fatores primordiais para que se tenha a aprendizagem de fato é a inserção de materiais potencialmente significativos pelos quais, os alunos, por intermédio do auxílio do

professor, serão inseridos no assunto de forma mais didática, evitando-se as aulas feitas de forma mecânica.

Para ZABALA 1998, provavelmente a melhoria de nossa atividade profissional, assim como todas as demais, passa pela análise do que fazemos, de nossa prática e do contraste com outras práticas. Mas certamente a comparação com outros colegas não será suficiente. Assim, pois, frente a duas ou três posições antagônicas, ou simplesmente diferentes, necessitamos de critérios que nos permitam realizar uma avaliação racional e fundamentada.

A busca constante pela melhoria no processo de ensino é um fator objetivado pela grande maioria dos profissionais da educação nos dias atuais e no ensino de Física percebe-se que isso é cada vez mais urgente, já que, pela experiência que tenho vivido ao longo de dez anos de magistério, a maior parte dos alunos da educação básica se mostra de certa forma desinteressada pela disciplina principalmente devido ao uso muitas vezes exagerado da matemática e do quadro na demonstração de formulas e conceitos pelos profissionais, metodologia essa que, segundo Ausubel, leva aos alunos na grande maioria das vezes ao aprendizado mecânico que é aquele que se esquece rapidamente além de tornar as aulas cansativas e enfadonhas. Pode-se contornar isso já que na Física, assim como nas outras Ciências Naturais, temos conteúdos que podem ser abordados de forma também experimental e investigativa demandando apenas um pouco de esforço por parte do professor. Isso certamente seria um fator que provocaria um engajamento e uma motivação extra, por parte dos alunos.

Um dos objetivos de qualquer bom profissional consiste em ser cada vez mais competente em seu ofício. Geralmente se consegue esta melhora profissional mediante o conhecimento e a experiência: o conhecimento das variáveis que intervêm na prática e a experiência para dominá-las. A experiência, a nossa e a dos outros professores. O conhecimento, aquele que provém da investigação, das experiências dos outros e de modelos, exemplos e propostas. (ZABALA, 1998, n.p.)

Com isso entende-se que o conceito desenvolvido por Ausubel de aprendizagem significativa alinhada com a construção de novos materiais que facilitem esse processo de ensino, são os elementos motivadores na construção

desse trabalho onde será desenvolvida a análise investigativa dos alunos com base na manipulação de experimentos em sala de aula.

## 2.5 ANÁLISE INVESTIGATIVA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

O ensino por investigação, também conhecido como “*inquiry learning*”, tem suas origens nos Estados Unidos onde foi pesquisado inicialmente por John Dewey (1859 – 1952) e desenvolvido como abordagem aos conteúdos de ciências e foco central no aluno, possibilitando com que os mesmos deixassem de aprender apenas conceitos técnicos sem a compreensão real de seus significados, ou seja, apenas à base de memorização, passando dessa forma a participarem ativamente de sua aprendizagem.

A educação científica na primeira metade do século XX tinha como objetivo principal problemas relacionados com a saúde pública. Dessa forma, o *inquiry* foi desenvolvido como um modo de desenvolver habilidades necessárias para a resolução de problemas de cunho social, e não apenas habilidades de raciocínio. Esse pensamento estava baseado na filosofia de Dewey. Com isso, a partir da década de 1950, cientistas e educadores argumentaram que o ensino de ciências tinha perdido o seu rigor acadêmico e não estava possibilitando o desenvolvimento intelectual dos alunos.

Já a partir da década de 1980, a investigação passou a assumir novas perspectivas, abordando a importância da atividade científica, relacionando-se com a sociedade. Dessa forma, o crescimento desse método de ensino, desde a década de 1990, vem ganhando espaço e se consolidando no cenário brasileiro, sendo discutido por inúmeros autores como Carvalho (2013), Azevedo (2004), Zômpero e Laburú (2011) e Sasseron (2015).

Para Grandy e Duschl (2007), ensino por investigação leva os estudantes à realizarem uma investigação sobre a situação problema além de desenvolver o pensamento sobre o que seja a investigação científica, desse modo, a investigação em sala de aula deve fornecer condições para que os estudantes através da análise, resolvam o problema e busquem relações para explicar o fenômeno que está sendo observado.

Segundo Sasseron (2015), O ensino por investigação demanda que o professor coloque em prática habilidades que ajudem os estudantes a resolver problemas a eles apresentados, devendo interagir com seus colegas, com os materiais à disposição, com os conhecimentos já sistematizados e existentes. Ao mesmo tempo, o ensino por investigação exige que o professor valorize pequenas ações do trabalho e compreenda a importância de colocá-las em destaque como, por exemplo, os pequenos erros e/ou imprecisões manifestados pelos estudantes, as hipóteses originadas em conhecimentos anteriores e na experiência de sua turma, as relações em desenvolvimento dessa forma é um trabalho que visa a parceria entre professor e estudantes. Uma construção de entendimento sobre o que seja a ciência e sobre os conceitos, modelos e teorias que a compõem; nesse sentido, é uma construção de uma nova forma de vislumbrar os fenômenos naturais e o modo como estamos a eles conectados e submetidos, sendo a linguagem uma forma de relação com esses conhecimentos e também um aspecto a ser aprendido.

## 2.6 ABORDAGENS DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

De acordo com Zompero e Laburu (2016), existem várias denominações para a utilização de atividades investigativas no ensino como: *inquiry*, aprendizagem por descoberta, resolução de problemas, projetos de aprendizagem, ensino por investigação. Além das diferentes conceituações, existem também várias abordagens para o ensino com atividades de investigação. Dessa forma, a investigação é utilizada no ensino como forma de desenvolvimento de habilidades cognitivas, realização de procedimentos como elaboração de hipóteses, anotação e análise de dados e o desenvolvimento da capacidade de argumentação.

Dessa forma, este trabalho tem como proposta inicial o ensino com base na análise investigativa de experimentos simples de eletrodinâmica que se baseiam nos conceitos de: corrente elétrica, resistência e tensão. A manipulação dos experimentos se dará pelos alunos da terceira série do ensino médio, com mediação do professor, objetivando-se dessa forma que o aluno seja o protagonista do seu próprio aprendizado. O objetivo principal é que através de

manipulação de experimentos simples e análise de resultados, o aluno possa tirar suas próprias conclusões a respeito de conceitos tão comuns e ao mesmo tempo tão importantes na construção do processo de aprendizagem de Física.

O ensino investigativo visa, entre outras coisas, que o aluno assuma algumas atitudes típicas do fazer científico, como indagar, refletir, discutir, observar, trocar ideias, argumentar, explicar e relatar suas descobertas. Isso faz que o EI seja uma estratégia didática em que os professores deixam de simplesmente fornecer conhecimentos aos alunos, que passam a ser mais ativos, e não meros receptores de informações. É necessário que as atividades contribuam para o desenvolvimento da capacidade de reflexão dos alunos, de modo que o conhecimento anterior gere um novo. Assim, o professor deve orientar os alunos ao longo do processo de investigação, proporcionando condições para que entendam e compreendam o que estão fazendo.

Para Sasseron (2015), o ensino por investigação extravasa o âmbito de uma metodologia de ensino apropriada apenas a certos conteúdos e temas, podendo ser colocada em prática nas mais distintas aulas, sob as mais diversas formas e para os diferentes conteúdos. Denota a intenção do professor em possibilitar o papel ativo de seu aluno na construção de entendimento sobre os conhecimentos científicos. Por esse motivo, caracteriza-se por ser uma forma de trabalho que o professor utiliza na intenção de fazer com que a turma se engaje com as discussões e, ao mesmo tempo em que travam contato com fenômenos naturais, pela busca de resolução de um problema, exercitam práticas e raciocínios de comparação, análise e avaliação bastante utilizadas na prática científica.

Segundo Batista e Silva (2018) de uma maneira geral pode-se considerar que uma abordagem investigativa consiste em:

- Construção de um problema e sua introdução para os alunos;
- O problema deve favorecer a criação de hipóteses, ideias, debates, reflexões e argumentações entre os alunos;
- Depois das observações sobre o problema/fenômeno/situação feitas pelos alunos, há o processo de experimentação e avaliação dos dados, em busca de um resultado;

- O conhecimento prévio do aluno é aplicado ao problema, sob orientação do professor;
- Expectativas iniciais do problema confrontadas para obtenção de uma resposta;
- Relatar a resposta final e discuti-la entre os alunos e o professor para uma finalização do problema

Do ponto de vista didático, a atividade de investigação deve contemplar a aprendizagem, promover formação de conceitos, compreensão da dinâmica do trabalho científico, desenvolvimento de pensamento crítico, reflexão sobre os fenômenos naturais, desenvolvimento da argumentação, entre outros. O papel do professor é crucial, já que ele é o mediador do processo investigativo e é sua função fornecer as condições e orientações para os alunos compreenderem o que estão fazendo para resolver o problema proposto (BATISTA E SILVA, 2018, p.99).

O conteúdo de eletrodinâmica, apesar de ser um assunto de extrema aplicação em nosso dia a dia, pode vir a ser muitas vezes enfadonho e cansativo para os alunos se for tratado sempre da forma convencional, com quadro e pincel, pelos professores. Devido ao grau de abstração de alguns conceitos prévios que os alunos devem ter, como por exemplo, carga elétrica e potencial elétrico, a compreensão dos conceitos posteriores que necessitam deste, pode ser abalada. Dessa forma uma alternativa proposta nesse trabalho é a de abordagem dos conteúdos de eletrodinâmica com base na análise experimental, como busca de contornar esse problema.

Apoiado nos conceitos de Ausubel, onde a aprendizagem significativa ancora-se nos subsunçores e também no material potencialmente significativo, a análise investigativa com base em experimentos, que é o objetivo deste trabalho, visa tornar o aluno agente do seu próprio aprendizado, analisando e construindo conclusões acerca daquilo que será observado mediante a manipulação dos experimentos, objetivando-se dessa forma que o aluno adquira mais familiaridade com conteúdo essenciais e ao mesmo tempo básicos como, corrente elétrica, tensão e resistência, para que ele possa dar continuidade aos seus estudos na disciplina de Física.

### 3. ELETROMAGNETISMO

#### 3.1 CARGA ELÉTRICA

O estudo de eletricidade teve início quando se descobriu as propriedades atração de uma resina de cor amarela (seiva de árvore solidificada ao longo dos séculos) conhecida como âmbar, quando atritada com outros materiais como pele de animais. Desde Platão (aproximadamente 428-348 a.C.), já era conhecido que o âmbar atritado atrai corpos leves colocados em suas redondezas. O nome do âmbar, em grego, é “elektron”, que dá origem à palavra “eletricidade” e ao nome da partícula elementar “elétron”

De acordo com alguns autores modernos, a experiência do âmbar foi realizada pela primeira vez por Tales de Mileto, que viveu aproximadamente de 625 a 546 a.C. Tales foi considerado por Platão como sendo um dos sete sábios da antiga Grécia. Platão o colocou em primeiro lugar da lista em seu diálogo *Protágoras*. Mas Platão não atribuiu o efeito âmbar a Tales. Aristóteles e alguns outros escritores antigos consideraram Tales como tendo sido o primeiro filósofo natural, ou como o primeiro físico.

A existência de dois tipos diferentes de cargas foi descoberta por Charles du Fay em 1733, quando ele mostrou que duas porções do mesmo material, por exemplo âmbar, eletrizadas por atrito com um tecido, repeliam-se, mas o vidro eletrizado atraía o âmbar eletrizado. O tipo de carga que chamou de “vítrea” foi depois chamado por Benjamin Franklin de *positiva*, e a “resinosa” recebeu o nome de *negativa*, muito embora, o sinal da carga seja uma mera convenção.

A experiência de du Fay mostra que cargas de mesmo sinal se repelem e que cargas de sinais opostos se atraem. Sendo assim, o sinal da carga adquirida por um corpo na eletrização por atrito depende da substância com a qual é atritado: o âmbar se eletriza negativamente por atrito com lã, mas positivamente quando atritado com enxofre

## 3.2 POTENCIAL ELÉTRICO E DIFERENÇA DE POTENCIAL ELÉTRICO (TENSÃO)

### 3.2.1 Energia Potencial Elétrica

Quando uma força eletrostática age entre duas ou mais partículas de um sistema, pode-se associar a esse sistema uma energia potencial  $U$ . Se a configuração do sistema muda do estado inicial  $i$ , para um estado final  $f$ , a força eletrostática exerce um trabalho  $W$  sobre as partículas de modo que:

$$\Delta U = U_f - U_i = -W \quad (1)$$

Considerando-se um sistema de referência onde partículas carregadas passem de um estado inicial, cuja distância entre elas é infinita, adotado por conveniência, de modo que sua energia potencial nesse estado seja zero, para um estado final, para o qual a distância entre as partículas é finita, o trabalho realizado por forças eletrostáticas entre essas partículas, de acordo com a equação 1 é:

$$U = -W_{\infty} \quad (2)$$

### 3.2.2 Potencial Elétrico

A energia potencial por unidade de carga, não depende da carga  $q$  da partícula, sendo uma característica do campo elétrico na região do espaço em que está sendo investigada.

A energia potencial por unidade de carga em um ponto do espaço é denominada de potencial elétrico, sendo representada pela letra  $V$

$$V = \frac{U}{q} \quad (3)$$

Sendo o potencial elétrico uma grandeza escalar.

A diferença de potencial elétrico  $\Delta V$  entre dois pontos  $i$  e  $f$  é dada por:

$$\Delta V = V_f - V_i = \frac{U_f}{q} - \frac{U_i}{q} = \frac{\Delta U}{q} \quad (4)$$

Através da equação 1, pode-se concluir que:

$$\Delta V = \frac{-W}{q} \quad (5)$$

Dessa forma de acordo com a equação 3, tomando-se como referência  $U_i = 0$  no infinito, o potencial elétrico  $V$  no infinito também será nulo. Assim pode-se definir que o potencial em qualquer ponto do espaço é dado por:

$$\Delta V = \frac{-W_\infty}{q} \quad (6)$$

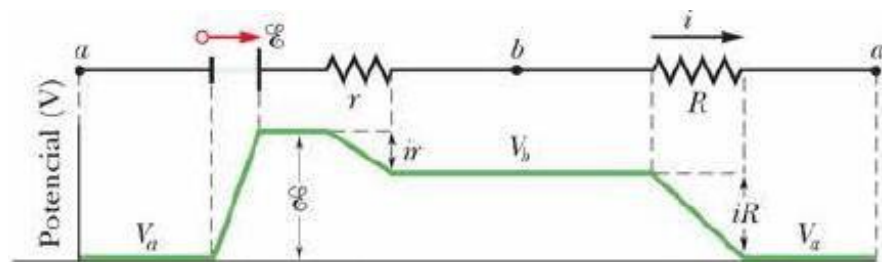
De acordo com (Halliday, Resnick, & Walker, 2016), a energia potencial é uma propriedade de um sistema (ou configuração) de objetos, mas às vezes podemos atribuí-la a um único objeto. Assim, por exemplo, a energia potencial gravitacional de uma bola de futebol chutada, em direção ao campo do adversário, pelo goleiro é, na verdade, a energia potencial do sistema bola-Terra, já que está associada à interação entre a Terra e a bola. Como, porém, o movimento da Terra causado pela interação é desprezível, podemos atribuir a energia potencial gravitacional apenas ao movimento da bola. Analogamente, se uma partícula carregada é colocada em uma região onde existe um campo elétrico e não afeta de modo significativo o objeto que produziu o campo elétrico, podemos atribuir a energia potencial elétrica (e o potencial elétrico) apenas à partícula. Dessa forma, de acordo com a equação 6, a unidade de potencial elétrico no SI (Sistema Internacional de Unidades) é o joule por coulomb, recebendo o nome especial de Volt (V) para representá-la.

$$1 \text{ Volt} = 1 \text{ J/C} \quad (7)$$

### 3.3 CORRENTE ELÉTRICA

As correntes elétricas têm um papel fundamental no mundo moderno, estando presentes nos sistemas de iluminação residenciais e urbanos, além dos eletrodomésticos em geral. Embora a corrente elétrica seja um movimento de partículas carregadas, nem todas as partículas carregadas que se movem produzem uma corrente elétrica. Para que uma superfície seja atravessada por uma corrente elétrica, é preciso que haja um fluxo líquido de cargas através da superfície. Esse fluxo líquido de cargas acontece quando, por exemplo, ligamos as extremidades de um fio a uma bateria estabelecendo dessa forma uma diferença de potencial como pode ser observado na fig. 1.

Figura 1: variações de potencial elétrico em um circuito percorrido por uma corrente elétrica.



Fonte : HALLIDAY, RESNICK, & WALKER, 2016

Em um circuito fechado feito de material condutor, todos os pontos estão sob um mesmo potencial mesmo que exista excesso de cargas. Não existindo um campo elétrico as cargas ali existentes não estarão sob a atuação de uma força elétrica e conseqüentemente não existirá corrente elétrica, como mostrado na fig. 2.

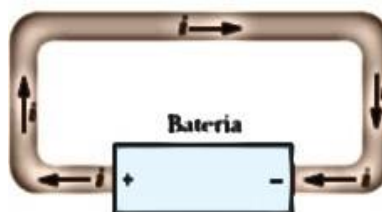
Figura 2: Circuito fechado de material condutor



Fonte : HALLIDAY, RESNICK, & WALKER, 2016

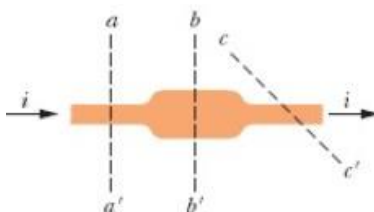
Quando introduzimos uma bateria no circuito, como mostrado na fig. 3, o potencial não é mais o mesmo em todo o circuito. Campos elétricos são criados no interior do material e exercem uma força sobre os elétrons de condução que os faz se moverem preferencialmente em um sentido, produzindo uma corrente.

Figura 3: circuito fechado de material condutor e Bateria



Fonte : HALLIDAY, RESNICK, & WALKER, 2016

A fig 4. mostra uma secções retas de um condutor, parte de um circuito no qual existe uma corrente.

Figura 4: A corrente  $i$  que atravessa o condutor tem o mesmo valor nos planos

Fonte : HALLIDAY, RESNICK, & WALKER, 2016

Se uma carga  $dq$  passa por um plano hipotético (como  $aa'$ ) em um intervalo de tempo  $dt$ , a corrente elétrica  $i$  nesse plano é definida como

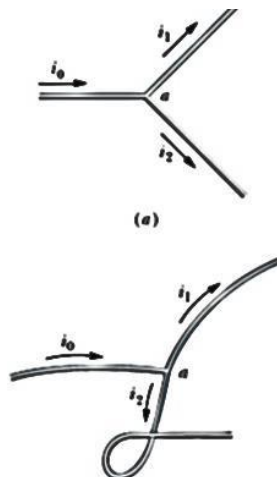
$$i = \frac{dq}{dt} \quad (8)$$

Onde pode-se determinar por integração o valor da quantidade de carga que atravessa o fio.

$$q = \int_0^q dq = \int_0^t i dt \quad (9)$$

Ao passar por uma bifurcação em um condutor, a corrente elétrica se divide em duas. Como a carga é conservada, a corrente elétrica que chega na bifurcação (também conhecida como nó) é dividida de modo que a corrente elétrica que chega na bifurcação é igual a soma das correntes elétricas que saem da bifurcação. Como pode ser observado na fig. 5.

Figura 5: Divisão da corrente elétrica ao chegar em um nó.



Fonte : HALLIDAY, RESNICK, & WALKER, 2016

A corrente elétrica pode ser classificada basicamente em dois tipos de acordo com o seu comportamento no decorrer do tempo, que são, corrente contínua (CC) que é quando mantém intensidade e sentido constantes no decorrer do tempo, esse tipo de corrente é gerado principalmente por pilhas e baterias e a corrente alternada (CA) que é o tipo de corrente onde a sua

intensidade oscila por máximos e mínimos, além de ter invertido periodicamente o seu sentido de oscilação.

### 3.4 SENTIDO DA CORRENTE ELÉTRICA

A corrente elétrica que percorre um condutor é representada através de setas que indicam o sentido do movimento das partículas carregadas como pode ser visto na fig.3. Historicamente, o sentido da corrente elétrica é representado pelo movimento das cargas positivas ao longo do condutor, dessa forma, as cargas elétricas sairiam do terminal positivo da bateria, percorrendo o circuito e entrariam no polo negativo. Porém ao longo do tempo percebeu-se que na verdade essas partículas estão carregadas com cargas negativas, revelando dessa forma, que o movimento das cargas elétricas estaria na verdade no sentido oposto ao das setas convencionadas anteriormente, ou seja, do terminal negativo da bateria para o terminal positivo da bateria.

Pode-se usar essa convenção porque, na *maioria* das situações, supor que portadores de carga positivos estão se movendo em um sentido tem exatamente o mesmo efeito que supor que portadores de carga negativos estão se movendo no sentido oposto.

### 3.5 EFEITOS DA CORRENTE ELÉTRICA

#### 3.5.1 Efeito Joule

Ao ligar-se um condutor elétrico a um gerador de tensão, ele fica submetido a uma ddp (diferença de potencial) e conseqüentemente um campo elétrico se estabelece em seu interior. Forças elétricas devidas a esse campo aceleram os elétrons livres em um determinado sentido, fazendo com que eles ganhem velocidade. Devido ao ganho de velocidade das cargas elétricas, se estabelecem colisões contínuas com os centros de cargas carregados do positivamente do retículo cristalino, oferecendo grande resistência ao movimento dos elétrons livres.

Devido ao choque com os elétrons, os centros de cargas carregados do positivamente passam a vibrar com determinadas amplitudes, liberando energia e conseqüentemente causando aumento da temperatura do material. Dessa forma, a conversão da energia potencial dos elétrons em energia térmica é o que chamamos de Efeito Joule. (HALLIDAY, RESNICK, & WALKER, 2016).

### 3.5.2 Efeito Fisiológico

A passagem da corrente elétrica por organismos vivos agindo no sistema nervoso e provocando contrações musculares é conhecida como choque elétrico.

### 3.5.3 Efeito Químico

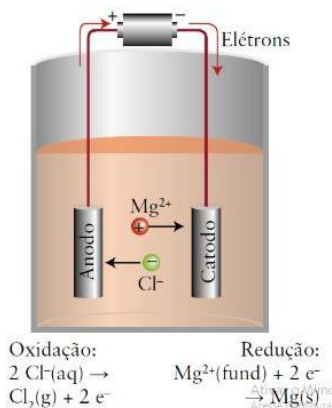
São as reações químicas que acontecem quando a corrente elétrica atravessa soluções eletrolíticas. Essas reações são aplicadas em tratamentos de metais, como: niquelação, cromação e prateação.

## 3.6 CÉLULAS ELETROLÍTICAS

A célula eletrolítica é a célula eletroquímica na qual ocorre a eletrólise, ou seja, é o dispositivo que permite a geração de corrente elétrica através de transformações químicas. Em geral, os dois eletrodos ficam no mesmo compartimento, só existe um tipo de eletrólito e as concentrações e pressões estão longe das condições padrão.

Na fig. 6, por exemplo, pode-se analisar o esquema de uma célula eletrolítica usada comercialmente na produção do metal magnésio a partir do cloreto de magnésio fundido. Como em uma célula galvânica, a oxidação ocorre no anodo e a redução ocorre no catodo. Os elétrons completam o circuito deslocando-se por um cabo externo. Do anodo para o catodo, os cátions movem-se através do eletrólito na direção do catodo e, os ânions, na direção do anodo.

Figura 6: Diagrama esquemático de uma célula eletrolítica usada no processo para a obtenção de magnésio



Fonte: ATKINS, JONES E LAVERMAN, 2018

Como em toda célula eletroquímica, os íons presentes transportam a corrente pelo eletrólito. Por exemplo, quando o metal cobre é refinado eletroliticamente, o anodo é cobre impuro, o catodo é cobre puro e o eletrólito é  $\text{CuSO}_4$ . Quando íons  $\text{Cu}^{2+}$  migram para o catodo, eles são reduzidos e se depositam na forma de átomos de cobre. Outros íons  $\text{Cu}^{2+}$  são produzidos por oxidação do metal cobre no anodo.

Diferentemente de uma célula galvânica, entretanto, na qual a corrente é gerada de forma espontânea, em uma célula eletrolítica ela precisa ser fornecida por uma fonte de energia elétrica externa para que a reação ocorra.

### 3.7 RESISTÊNCIA ELÉTRICA

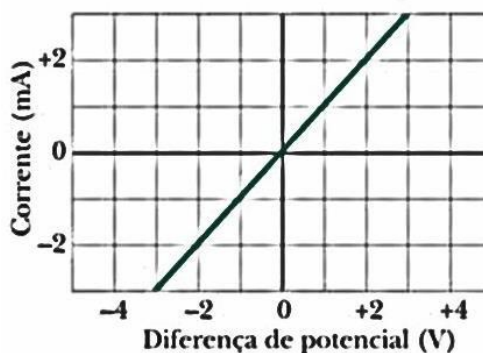
Ao aplicar-se uma diferença de potencial às extremidades de um condutor obtém-se que o resultado será uma corrente elétrica que passará a percorrê-lo, de modo que a relação entre a tensão aplicada e a corrente elétrica gerada é o que chamamos de resistência elétrica do condutor, de acordo com a equação 10.

$$R = \frac{V}{i} \quad (10)$$

Nos gráficos das figuras 7 e 8 a seguir, pode-se constatar que, se aplicando a mesma diferença de potencial às extremidades de mesmas dimensões de objetos materiais condutores e não condutores, obtém-se resultados muito diferentes devido às características do material.

A fig. 7 mostra o gráfico de  $i$  em função do potencial  $V$  para um determinado dispositivo. Como o gráfico é uma linha reta que passa pela origem, a razão  $i/V$  (que corresponde à inclinação da reta) é a mesma para qualquer valor de  $V$ . Isso significa que a resistência do dispositivo  $R = V/i$  é independente do valor absoluto e da polaridade da diferença de potencial aplicada.

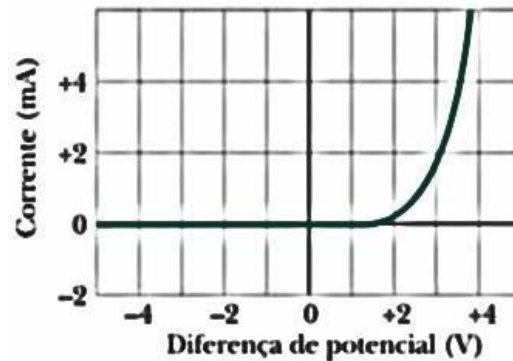
Figura 7: Gráfico do comportamento da corrente elétrica  $i$  em função da tensão  $V$  aplicada para um determinado material condutor.



Fonte : HALLIDAY, RESNICK, & WALKER, 2016

Em casos como estes, dizemos que o dispositivo obedece a primeira lei de ohm. Caso contrário, se o gráfico do comportamento da corrente em função da tensão aplicada não resultar em uma reta, dizemos que esse dispositivo não obedece a primeira lei de ohm como pode –se observar no gráfico da fig. 8 onde só existe corrente quando a polaridade de  $V$  é positiva e a tensão é maior que 1,5 V. Além disso, percebe-se que no trecho onde existe corrente, a razão entre  $i$  e  $V$  não é constante. Mas depende do valor da diferença de tensão  $V$  aplicada.

Figura 8: Gráfico do comportamento da corrente elétrica  $i$  em função da tensão  $V$  aplicada para um determinado material condutor que não obedece a primeira lei de Ohm.



Fonte : HALLIDAY, RESNICK, & WALKER, 2016

A unidade de resistência do SI é o volt por ampère, combinação que também é conhecida como ohm ( $\Omega$ ).

$$1 \text{ ohm} = 1\Omega = 1 \frac{\text{volt}}{\text{Ampère}} = 1 \frac{V}{A} \quad (11)$$

### 3.8 RESISTIVIDADE

A resistência de um material, como um fio por exemplo, pode ser determinada a partir do conhecimento do material de que ele é feito. Materiais condutores possuem uma propriedade intrínseca conhecida por resistividade. Dessa forma pode-se concluir que a resistência de um fio condutor é proporcional à área da secção, do comprimento desse fio e de sua resistividade como pode ser observado na equação 12.

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (12)$$

A equação 8 é aplicável apenas em condutores homogêneos, com a diferença de potencial aplicada.

Na tabela a seguir pode-se observar os valores da resistividade para os diferentes materiais.

Tabela 1: Valores da resistividade de alguns materiais à temperatura ambiente

Material	Resistividade, $\rho(\Omega \cdot m)$
<i>Metais Típicos</i>	
Prata	$1,62 \times 10^{-8}$
Cobre	$1,69 \times 10^{-8}$
Ouro	$2,35 \times 10^{-8}$
Alumínio	$2,75 \times 10^{-8}$
Manganin <sup>a</sup>	$4,82 \times 10^{-8}$
Tungstênio	$5,25 \times 10^{-8}$
Ferro	$9,68 \times 10^{-8}$
Platina	$10,6 \times 10^{-8}$

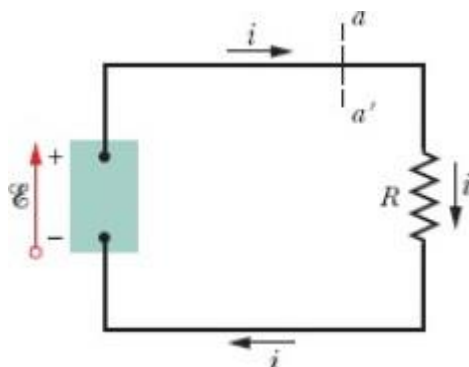
Fonte : HALLIDAY, RESNICK, & WALKER, 2016

### 3.9 CIRCUITOS ELÉTRICOS

Para produzir uma corrente constante em um fio condutor é necessário um dispositivo que produza uma tensão elétrica entre os terminais desse fio, esse dispositivo damos o nome de gerador elétrico, ou simplesmente, fonte de tensão. Uma fonte de tensão produz uma força eletromotriz, o que significa dizer que ele submete os portadores de carga no condutor a uma diferença de potencial. O termo força eletromotriz por ser abreviado pela sigla *fem*.

Pode –se citar como exemplos de fontes de tensão mais conhecidas e utilizadas, as baterias, geradores e placas solares. Um exemplo da aplicação de uma fonte de tensão em um circuito simples pode ser observado na imagem mostrada na fig. 9.

Figura 9: Circuito elétrico simples, onde observa-se uma fonte de tensão realizando trabalho sobre portadores de cargas.



Fonte : HALLIDAY, RESNICK, & WALKER, 2016

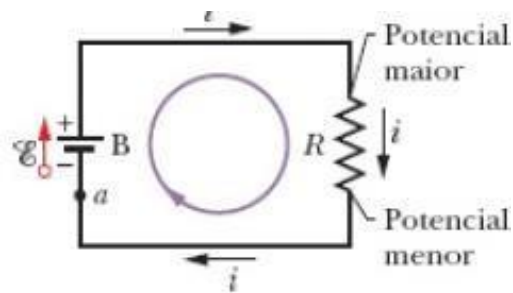
Pode-se calcular a corrente elétrica em um circuito simples através do método conhecido como regra das malhas. Nesse método, adota-se um ponto qualquer do circuito e desloca-se mentalmente ao longo do circuito em um sentido arbitrário, somando algebricamente as diferenças de potencial encontradas no caminho. Ao chegar novamente no ponto de partida, volta-se ao ponto de potencial inicial. O caminho percorrido por essa soma de potenciais é chamado de malha.

Considerando-se a fem da fonte como  $\varepsilon$ , e o potencial no ponto inicial adotado como  $V_a$  pelo somatório da regra das malhas, veja o circuito mostrado na fig. 10, obtém-se:

$$V_a + \varepsilon - i.R = V_a \quad (13)$$

Subtraindo-se  $V_a$  de ambos os membros da equação 13, obtém-se:

Figura 10: Circuito de uma malha, com uma resistência ligada a uma fonte. A corrente elétrica é a mesma em todo o circuito.



Fonte : HALLIDAY, RESNICK, & WALKER, 2016

$$\mathcal{E} - i.R = 0 \quad (14)$$

Explicitando-se  $i$  na equação 14, obtém-se o valor da corrente elétrica na malha.

$$i = \frac{\mathcal{E}}{R} \quad (15)$$

Aplicando-se o sentido anti-horário para a regra das malhas o resultado obtido será o mesmo.

### 3.9.1 Circuitos Elétricos com Resistências em Série

Em um circuito em série as resistências são ligadas uma após a outra e uma ddp  $V$ , mantida por uma fonte de tensão é aplicada às extremidades dessa ligação de modo que a corrente produzida por essa fonte é a mesma em cada resistor dessa associação. Nesse tipo de associação a corrente elétrica tem apenas um caminho possível. Veja detalhes na Fig. 11.

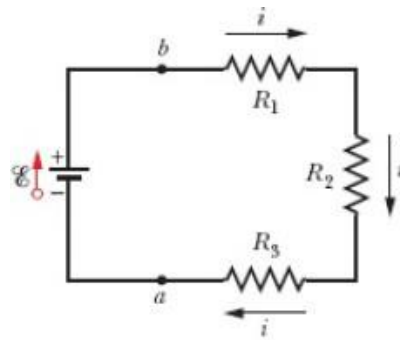
Fazendo-se uso da regra das malhas, pode-se encontrar a resistência equivalente desse tipo de associação. Dessa forma temos que:

$$\mathcal{E} - R_1.i - R_2.i - R_3.i = 0 \quad (16)$$

Logo:

$$i = \frac{\mathcal{E}}{R_1+R_2+R_3} \quad (17)$$

Figura 11: Três resistores ligados em série submetidos a uma ddp.



Fonte: HALLIDAY, RESNICK, & WALKER, 2016

Substituindo as três resistências por uma resistência equivalente  $R_{eq}$ , obtém-se,

$$\mathcal{E} - i \cdot R_{eq} = 0 \quad (18)$$

$$i = \frac{\mathcal{E}}{R_{eq}} \quad (19)$$

Igualando as equações 17 e 19, obtém-se,

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (16)$$

Dessa forma, pode-se concluir que em uma extensão para  $n$  resistores associados em série, a resistência equivalente é o somatório de todas as resistências associadas.

$$R_{eq} = \sum_{j=0}^n R_j \quad (20)$$

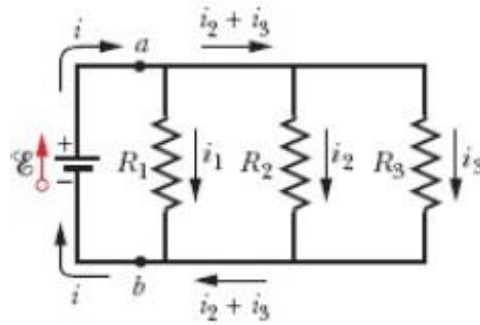
### 3.9.2 Circuitos Elétricos com Resistências em Paralelo

Em uma associação em paralelo, como mostrado na Fig.12, as três resistências são ligadas entre si pela mesma extremidade, ficando dessa forma sujeitas a uma mesma diferença de potencial.

Como a tensão entre cada resistor é a mesma, pode-se concluir que:

$$i_1 = \frac{V}{R_1}, \quad i_2 = \frac{V}{R_2}, \quad i_3 = \frac{V}{R_3} \quad (21)$$

Figura 12: representação de um circuito elétrico com resistores associados em paralelo. A tensão em cada resistor é a mesma.



Fonte: HALLIDAY, RESNICK, & WALKER, 2016

### 3.10 POTÊNCIA ELÉTRICA E ENERGIA ELÉTRICA

Em uma fonte real de tensão, para realizar trabalho sobre os portadores de carga, ocorre a transferência de energia de modo que se estabelece uma corrente elétrica. Como toda fonte real possui uma resistência interna  $r$ , a fonte também dissipa uma parte da energia na forma de calor.

A potência fornecida pela fonte aos portadores de carga pode ser definida como:

$$P = i \cdot V \quad (22)$$

Sabendo que a ddp entre os terminais de uma fonte real, considerando a sua resistência interna é  $\mathcal{E} - r \cdot i$ , substituindo na equação 19 obtém-se:

$$P = i(\mathcal{E} - r \cdot i) = \mathcal{E} \cdot i - r \cdot i^2 \quad (23)$$

O termo  $\mathcal{E} \cdot i$  da equação 23 é a potência fornecida pela fonte e o termo  $r \cdot i^2$  é a potência dissipada pela fonte.

Por definição, potência  $P$  é a energia  $\Delta E$  recebida durante um certo intervalo de tempo, de modo que:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad (24)$$

Considerando que a unidade de energia no SI é o Joule (J) e de tempo é o segundo (s), a unidade de potência é definida como J/s, que é denominada watt (W):

$$1 \frac{J}{s} = 1 W \quad (25)$$

Em um aparelho elétrico qualquer de uma residência, que funciona durante um certo período, pode-se calcular a energia consumida por intermédio da equação 21, de modo que:

$$\Delta E = P \cdot \Delta t \quad (26)$$

Como, de acordo com a equação 26, potência é expressa em W, a unidade de energia consumida pelo aparelho é expressa em W. s. Transformando a potência desse aparelho em quilowatts (kW) e o tempo de uso durante o dia em horas (h), obtém-se para a unidade de energia consumida o quilowatt-hora (kWh).

$$1 kWh = 3,6 \times 10^6 J \quad (27)$$

#### 4. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO MÉDIO

A importância de novas metodologias que visem a melhoria do processo de ensino e aprendizagem vem se tornando cada vez mais urgente nas escolas de educação básica. Vivemos em uma época em que as informações são transmitidas rapidamente e os jovens de hoje estão cada vez mais conectados com as novas tecnologias. Dessa forma existe a necessidade de um avanço também nas metodologias de ensino, não ficando preso apenas aos métodos tradicionais, buscando sempre o interesse desses alunos em conteúdos que lhes serão úteis durante toda a sua vida acadêmica. Nesse processo, o ensino de Física é aquele que provavelmente é um dos que necessitam maior mudanças em suas metodologias já que se trata de uma disciplina que se torna cada vez menos interessante, por diversos aspectos, aos olhos dos alunos. A matematização excessiva, a abstração em alguns conteúdos, a falta de uma metodologia mais adequada ou a falta de estrutura das escolas, tornam a Física uma das disciplinas que mais necessitam desse processo de mudança. Um aplicativo, o uso de tecnologias computacionais ou mesmo o uso de atividades experimentais, que é o objetivo desse trabalho, são alternativas viáveis que podem ser utilizadas nesse processo.

Segundo Araújo e Abib (2003, p.176) o uso de atividades experimentais como metodologia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais produtivas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente.

Dessa forma percebe-se um consenso quase unânime entre alunos e professores de que a prática experimental é uma alternativa ao método tradicional no ensino de Física. No entanto, ainda é muito pouco difundida nas escolas de educação básica atualmente, principalmente nas escolas públicas, devido a pouca ou nenhuma estrutura que possuem, além também da alta carga horária a que os professores dessas escolas são exigidos e muitas vezes obrigados a cumprir para que possuam um salário razoável, impossibilitando que eles possam direcionar atenção a essas práticas.

Com isso, de acordo com Araújo e Abid

A análise do papel das atividades experimentais desenvolvida amplamente nas últimas décadas revela que há uma variedade significativa de possibilidades e tendências de uso dessa estratégia de ensino de Física, de modo que essas atividades podem ser concebidas desde situações que focalizam a mera verificação de leis e teorias, até situações que privilegiam as condições para os alunos refletirem e reverem suas ideias a respeito dos fenômenos e conceitos abordados, podendo assim atingir um nível de aprendizado que lhes permita efetuar uma reestruturação de seus modelos explicativos dos fenômenos. (ARAÚJO E ABIB, 2003, p.177).

O uso de atividades experimentais para o ensino de Física, é de grande importância quando se trata do contexto da análise investigativa já que são compostas por atividades abertas e contextualizadas no cotidiano do aluno e com a finalidade de que eles encontrem soluções sem necessariamente fazer uso dos meios tradicionais como cálculos e fórmulas. Como afirma Carvalho (2019),

Os alunos vão enfrentar essa situação problemática aberta primeiro de uma forma qualitativa, buscando elaborar hipóteses, identificar situações de contorno e limites de suas hipóteses (CARVALHO, 2019, p. 31).

Isso pode ser obtido através da utilização do ensino investigativo onde, de acordo com Watson (2004) os alunos devem desenvolver um planejamento, perceber e reunir evidências a partir de uma situação problema e a partir disso elaborar inferências. Além disso, durante as atividades, é possível os alunos desenvolverem argumentação.

Com isso, percebe-se que o ensino investigativo baseado em experimentação visa a busca por reflexão por parte dos alunos à questão problematizada. Não fazendo uso necessariamente do modelo tradicional de laboratório os alunos estão livres para fazer a manipulação do experimento e consequente investigação do fenômeno abordado, para dessa forma tirarem suas próprias conclusões.

De acordo com Zompero e Laburú (2016) as atividades por investigação promovem tanto a aprendizagem dos conteúdos conceituais, como

também dos conteúdos procedimentais que envolvem a construção do conhecimento científico. Essas atividades sendo elas promovidas no laboratório ou não, são bastante diferentes das experimentações ilustrativas realizadas em sala de aula de Ciências pelo método tradicional de ensino, por fazerem com que os alunos, quando devidamente engajados, tenham um papel mais ativo durante as aulas.

#### 4.1 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE ELETRODINÂMICA

O conteúdo de eletrodinâmica no ensino médio é de extrema importância para a compreensão de fenômenos ligados às mais diversas áreas tecnológicas nos dias atuais, se tornando dessa forma um tema de vital importância para os alunos, já que, o seu entendimento lhes dará uma visão de mundo que será necessário para vida. Se for corretamente abordado em sala de aula, esse tema pode provocar uma motivação extra nos alunos, produzindo uma aula mais dinâmica e versátil.

O ensino por experimentação, que é a proposta deste trabalho, acaba se tornando um caminho viável para explicar uma série de fenômenos voltados ao tema de eletrodinâmica, pois o tema em si permite que o professor possa fazer uso prático através de uma série de experimentações.

Dessa forma de acordo com Sasseron (2015, p. 58), ensino dos conceitos de Eletrodinâmica na educação básica pode ser mediado por meio de uma abordagem didática que envolve o ensino, experimentação e investigação. O professor ao adotar esta abordagem didática está possibilitando que os estudantes sejam também protagonistas no processo de aprendizagem, pois as atividades de ensino desenvolvidas ensejam discussão, reflexão e mudança conceitual.

Além das atividades práticas experimentais serem escassas no âmbito da educação básica, muitas das vezes é adotada apenas como uma mera receita fornecida pelo professor, onde os alunos deverão apenas seguir uma passo-a-passo, para obtenção resultados. Nesse aspecto Borges e Gomes (2005) criticam o uso do das atividades experimentais.

O laboratório de ciências pode ser um componente importante para a criação de um ambiente de aprendizagem que contribua para alcançarmos algumas dessas metas curriculares. Porém a forma como as atividades laboratoriais são usualmente estruturadas, com o abuso de roteiros detalhados “tipo receita”, impede que possam contribuir para isso (BORGES E GOMES, 2005, p. 73).

De acordo com Pereira e Moreira (2016), na realidade brasileira, quando os alunos fazem praticas experimentais, normalmente utilizam receitas fechadas, devendo seguir procedimentos determinados, medir e relatar resultados, não sendo, assim, capacitados a demonstrar ou construir os objetos envolvidos na atividade, nem explorar relações, testar previsões ou selecionar entre duas ou mais explicações para o fenômeno.

Dessa forma deve-se buscar formas de aplicação dessa metodologia fugindo do habitual roteiro de modo que os alunos possam ser agentes produtores de seu conhecimento, manipulando os experimentos e tirando conclusões daquilo que observam. Essa é a proposta desse trabalho com base na análise investigativa.

## 5. METODOLOGIA

O produto educacional, se trata de uma sequência de ensino com base na análise investigativa de experimentos, voltados a conteúdos de eletrodinâmica e pode ser encontrado no apêndice A deste trabalho.

O objetivo geral da pesquisa foi desenvolver uma metodologia experimental direcionada para o estudo de eletrodinâmica e baseada na observação de circuitos elétricos por meio da técnica de análise investigativa, onde através desses, os alunos pudessem desenvolver o seu aprendizado em temas como: corrente elétrica, tensão e resistência elétrica. O objetivo com isso é a fuga do método clássico de ensino, que visa apenas o uso do livro didático e do quadro, por meio de uma metodologia que busque uma maior motivação dos alunos do terceiro ano da escola Centro de Ensino Mestre Tibério tendo como base os preceitos teóricos de David Ausubel.

Como objetivos específicos o trabalho é direcionado a apresentar aos alunos de terceiro ano do ensino médio da Escola Centro de Ensino Mestre Tibério experimentos em eletrodinâmica, norteando-os de modo que eles possam manipulá-los e associá-los com os conteúdos vistos em sala de aula, além de desenvolver nos alunos o senso crítico e investigativo de forma que ao final de cada experimento eles possam produzir resultados e chegar a suas próprias conclusões e por fim, incentivar os alunos à pesquisa e à importância do estudo de Ciências.

Durante o processo de aplicação, os alunos foram instruídos a responderem inicialmente a um questionário de conhecimentos prévios, preparado pelo professor, onde foram analisados seus conhecimentos a respeito dos conceitos de tensão, corrente elétrica e resistência. Após a aplicação do questionário de conhecimentos prévios, os alunos foram submetidos à duas horas-aula praticas, com a análise dos experimentos.

Os experimentos voltados aos conceitos de eletrodinâmica consistem em 4 experimentos preparados pelo professor, em que os alunos irão manipular circuitos elétricos em série e em paralelo, onde, cada circuito é composto por 3 mini lâmpadas incandescentes ligadas por pilhas. Um circuito de análise da condução de corrente elétrica por meio, da água pura, da mistura de água com

sal e de metais. Nesse experimento os alunos, verificaram quais dessas substâncias foram capazes de acender uma mini lâmpada incandescente, além de analisar também em qual deles a lâmpada teve um maior brilho. E por fim, um experimento onde os alunos verificaram a rotação de um mini motor ligado em série a uma mini lâmpada incandescente.

Ao final da realização das práticas experimentais os alunos foram instruídos a responderem um questionário a respeito daquilo que foi observado em cada experimento. O objetivo do questionário é a verificação do conhecimento adquirido após a realização dos experimentos em relação ao conhecimento que se tinha antes, analisado pelo questionário de conhecimentos prévios.

O produto educacional foi aplicado em duas turmas de terceiro ano do ensino médio e para a sua aplicação foram necessárias um total de 5 horas-aulas divididas da seguinte forma: 1 hora-aula para a aplicação do questionário de conhecimentos prévios, 3 horas-aula para a aplicação da prática experimental e 1 hora-aula para a aplicação do questionário pós prática.

## 5.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

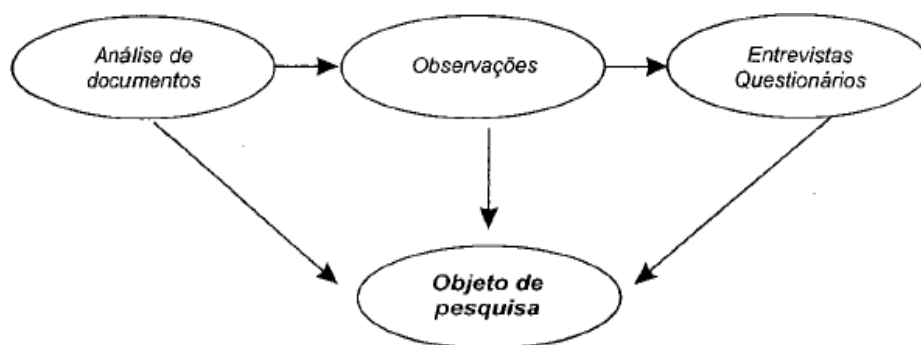
A pesquisa pela qual foi submetida esse trabalho, está pautada na análise qualitativa de coleta de dados, onde de acordo com Ludke e André (2013)

Envolve a obtenção de dados descritivos, obtidos no contato direto do pesquisador com a situação estudada, enfatiza mais o processo do que o produto e se preocupa em retratar a perspectiva dos estudantes (LUDKE E ANDRÉ, 2013, P.14)

Para Oliveira (2007) a pesquisa qualitativa se caracteriza por ser um processo de reflexão e análise da realidade através da utilização de métodos e técnicas para a compreensão detalhada do objeto a ser estudado. Esse processo implica na observação, aplicação de questionários, entrevistas e análise de

dados, que deve ser apresentada de forma descritiva, conforme esboçado na Figura 13.

Figura 13: Quadro conceitual para a abordagem qualitativa.



Fonte: OLIVEIRA, 2007

Dessa forma segundo Oliveira (2007), para se fazer uma pesquisa qualitativa, deve-se delimitar o espaço e o tempo, ou mais precisamente, faz-se necessário a análise epistemológica para a realização do estudo. Na análise descritiva, deve-se fazer a definição do objeto de estudo, passando pela delimitação do lugar, tempo, revisão de literatura e coleta de dados

## 5.2 CAMPO EMPÍRICO DA PESQUISA

A pesquisa aconteceu na escola Centro de Ensino Mestre Tibério, localizada na rua Timon, 352, Centro, na zona urbana da cidade de Parnarama, no estado do Maranhão. É uma escola que funciona com turmas de ensino médio regular nos turnos matutino e vespertino e com o ensino EJA no turno noturno, atendendo uma média de 300 alunos.

A escola Centro de Ensino Mestre Tibério, foi fundada na década de 1950, sendo a mais tradicional da cidade de Parnarama. A escola conta atualmente com um quadro de 35 professores divididos em base comum curricular e parte diversificada (que são componentes do novo ensino médio), além

de 10 funcionários de apoio administrativo que se dividem entre diretores, coordenador, zeladoras, merendeiras e vigias.

A estrutura física da escola é composta por:

- 1 Sala de professores climatizada, que possui armário individual para cada professor além de computador de mesa, geladeira e dois banheiros.
- 1 sala de secretaria climatizada, com computador, impressora, 2 mesas e armário.
- 1 sala de diretoria climatizada, com computador de mesa, impressora, duas mesas e armário.
- 1 biblioteca climatizada, com 3 mesas para os alunos, quadro branco de acrílico e acervo bibliográfico comportando na faixa de 500 livros.
- 1 espaço para laboratório de ciências climatizado com bancada, quadro de acrílico e pias de higienização.
- 1 sala de vídeo climatizada com tv de 50 polegadas, 3 mesas e aparelho de som.
- 7 salas de aula, sendo todas climatizadas, com espaço para em média 40 alunos por sala, mesas para professores e quadro branco.
- 2 banheiros para uso dos alunos e mais um banheiro para pessoas portadoras de necessidades especiais.
- 1 cantina para a entrega de alimentação aos alunos fornecida pelo governo.
- Espaços com lixeiros, bancos, bebedouro, quadros informativos e mesas de estudo.

### 5.3 PÚBLICO ALVO

A pesquisa foi realizada como forma de promover a melhoria no processo de ensino - aprendizagem em duas turmas do terceiro ano do ensino médio regular da escola Centro de Ensino Mestre Tibério, as turmas analisadas possuem uma quantidade de 20 alunos em média, totalizando 40 alunos com a faixa etária entre 16 e 18 anos, de ambos os sexos, masculino e feminino.

Devido a proposta da aula ser caracterizada pela análise de quatro experimentos, as turmas foram divididas em quatro grupos, de modo que cada grupo fizesse a análise de um dos experimentos. Após a manipulação do experimento, esse passava para o grupo posterior, estabelecendo um sistema de rotatividade, de modo que, ao final da aula todos os grupos tivessem o contato com cada experimento.

Essa pesquisa foi fundamentada na teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, onde o autor defende o uso de procedimentos que visem a aprendizagem de fato do aluno, utilizando para isso materiais potencialmente significativos, deixando de lado a aprendizagem superficial baseada apenas na memorização.

#### 5.4 PROCEDIMENTOS PARA PRODUÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Conforme Minayo 2009, a análise e interpretação de informações geradas no campo da pesquisa qualitativa é um momento em que, procura-se finalizar o trabalho, ancorando-se em todo o material coletado e articulando esse material aos propósitos da pesquisa e da fundamentação teórica. Caracterizando dessa forma, como uma etapa final da investigação.

De acordo com Oliveira (2007), os dados não podem ser considerados como fatos isolados, observados desde que estejam relacionados ao contexto em suas múltiplas relações. São, portanto, fenômenos, que se manifestam de diferentes formas e que precisam ser percebidos além das aparências. Vai-se às essências desses fenômenos e dos fatos através da dinâmica e conexões do objeto de estudo

Desse modo, utilizou-se para a produção de dados, questionários para verificação do conhecimento antes e após a aplicação da aula experimental, além de diário para a anotação de relatos, impressões e dúvidas existentes durante a aplicação. Permitindo com isso, uma análise robusta a respeito dos resultados que foram obtidos.

Para a análise dos dados, verificou-se inicialmente o conhecimento dos alunos por meio da aplicação de um questionário de conhecimentos prévios a respeito dos conteúdos que seriam abordados com a respectiva manipulação dos experimentos propostos. Esses conteúdos foram previamente abordados por aulas expositivas antes da aplicação do questionário.

De acordo com Oliveira (2007), a elaboração de questionários implica a clareza que tem o pesquisador quanto a necessidade da coleta de dados, facilitando assim na obtenção de informações para a consecução dos objetivos traçados.

Após a aplicação do pré-teste, os alunos tiveram a oportunidade de manipular os experimentos desenvolvidos e dessa forma, foram avaliadas opiniões e questionamentos repassados por eles a respeito dos fenômenos observados durante nos experimentos. Esses questionamentos foram anotados como forma de dados para compreender o grau de aprendizagem a que foram submetidos.

De acordo com Ludke e André (2013):

Planejar a observação significa determinar com antecedência "o quê" e "o como" observar. A primeira tarefa, pois, no preparo das observações é a delimitação do objeto de estudo. Definindo-se claramente o foco da investigação e sua configuração espaço-temporal, ficam mais ou menos evidentes quais aspectos do problema serão cobertos pela observação e qual a melhor forma de captá-los (LUDKE E ANDRÉ, 2013, P.30).

A argumentação dos alunos durante a realização do experimento foi algo a ser avaliado como um ponto de fundamental importância, pois a partir desse ponto, teve-se uma noção a respeito do grau de desenvolvimento da aprendizagem, além do interesse demonstrado pelo aluno com aquele tipo de metodologia.

Por fim, após a realização da aula experimental, os alunos foram submetidos a mais um questionário, com questões relativas ao mesmo conteúdo

e aos fenômenos observados. O objetivo aqui é fazer a análise comparativa do grau de aprendizagem obtido em relação ao que foi respondido no questionário de conhecimentos prévios.

De acordo com Ludke e André (2013)

Analisar os dados qualitativos significa "trabalhar" todo o material obtido durante a pesquisa, ou seja, os relatos de observação, as transcrições de entrevista, as análises de documentos e as demais informações disponíveis. A tarefa de análise implica, num primeiro momento, a organização de todo o material, dividindo-o em partes, relacionando essas partes e procurando identificar nele tendências e padrões relevantes (LUDKE E ANDRÉ, 2013, P.53).

Dessa forma, ao final da aplicação, dividiu-se as respostas fornecidas aos questionários em subgrupos, para que pudessem ser melhor avaliadas e consequentemente classificadas de acordo com a proximidade em relação ao que se considera como uma resposta correta. Os subgrupos considerados foram respectivamente, alunos que não quiseram responder ou que não sabiam, grupo de respostas totalmente erradas, ou seja, que não tinham nada a ver com o assunto abordado, grupo de alunos com resposta intermediária, ou seja, daqueles que se aproximavam da resposta correta e o grupo de alunos com respostas corretas.

Essa análise foi feita buscando comparar os dois questionários aplicados, ou seja, questionário de conhecimentos prévios e questionário pós aplicação, para que dessa forma se pudesse ter um comparativo de evolução da aprendizagem.

## 5.5 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Este produto educacional é uma sequência de ensino, baseada na análise investigativa de experimentos em sala de aula, relacionados a conteúdos de eletrodinâmica (corrente elétrica, tensão e resistência). A aplicação foi dividida em três momentos distintos, que correspondem a:

- 1- Aplicação do questionário de conhecimentos prévios
- 2- Aplicação da aula experimental
- 3- Aplicação do questionário pós aula experimental

### 5.5.1 Aplicação do Questionário de Conhecimentos Prévios

O primeiro momento da aplicação do produto educacional, caracterizou-se pela aplicação de um questionário de conhecimentos prévios de oito questões, onde o mesmo, tinha como objetivo, verificar o conhecimento que os alunos possuíam a respeito dos temas corrente elétrica, tensão e resistência, fazendo a ligação desses temas com a abordagem de circuitos elétricos. Esse questionário foi aplicado após a realização de aulas teóricas sobre o assunto.

As três primeiras questões fazem referência ao conceito de corrente elétrica, relacionando a condutibilidade da corrente em diferentes meios, como, metais e água. O objetivo foi verificar o entendimento dos alunos a respeito do conceito de corrente elétrica, fazendo a relação da corrente com a forma com que ela se propaga em diferentes meios.

As questões 4 e 5 estão direcionadas ao conceito de tensão elétrica, relacionando com o tipo de corrente que é gerada. Nesse aspecto, o objetivo foi analisar se os alunos conseguiriam demonstrar o entendimento a respeito do conceito de tensão, relacionando com as fontes geradores e conseqüentemente com o tipo de corrente elétrica que é obtido por cada fonte.

Já as questões 6, 7 e 8 foram direcionadas ao conceito de resistência elétrica, fazendo a ligação com circuitos elétricos e os tipos de associações de circuitos que se pode estabelecer com esses resistores. Nesse aspecto, o objetivo foi a análise da compreensão dos alunos ao conceito de resistores, além de verificar o seu entendimento sobre associações com esses resistores em um circuito elétrico e onde essas associações podem ser aplicadas.

Após a aplicação do questionário, foi explicado aos alunos sobre a aula baseada na análise experimentos voltados ao mesmo conteúdo de eletrodinâmica.

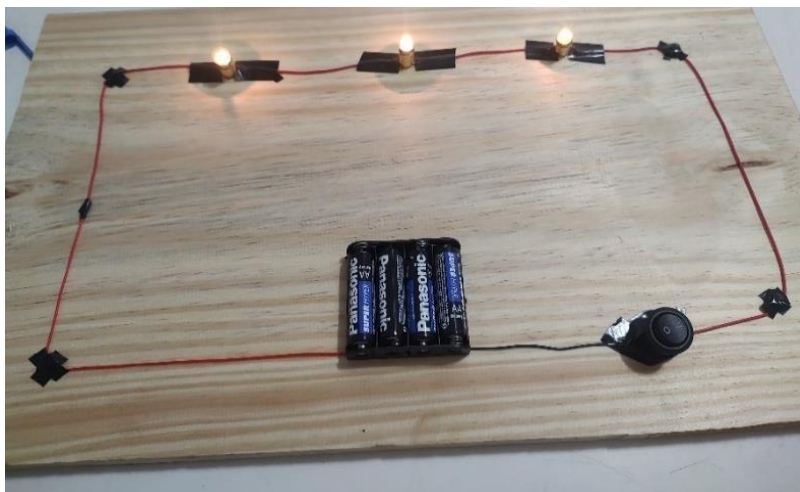
### 5.5.2 Análise Experimental

A aula seguinte, se caracterizou pela aplicação da segunda etapa do produto educacional, que foi, a análise dos experimentos voltados ao estudo de conteúdos de eletrodinâmica. Programada para ser executada em duas aulas de 50 min, essa etapa foi aplicada para duas turmas de alunos de terceiro ano do ensino médio regular, em turnos distintos.

Para a aplicação, a turma considerada foi dividida em 3 grupos de 6 ou 7 alunos, onde cada grupo seria responsável pela análise de um dos experimentos utilizados. Após o término da análise do experimento, o grupo passaria para o próximo experimento, de modo que ao final, cada grupo analisasse todos os experimentos disponíveis.

O primeiro experimento, como mostram as figuras 14 e 15 a seguir, se caracteriza pela análise de circuitos em série e em paralelo, feitos com mini lâmpadas incandescentes ligadas, e cuja fonte de tensão eram pilhas comuns AA de 1,5 V, associadas em paralelo. Na Figura 14 é mostrado o circuito com associação em série de lâmpadas de mesma potência.

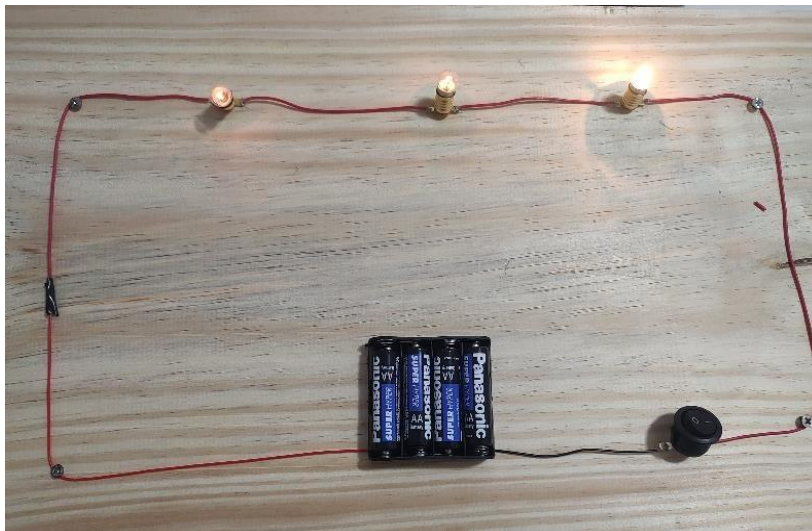
Figura 14: Modelo do experimento utilizado, com associação de lâmpadas de mesma potência em série



Fonte: Arquivo do Autor

No experimento mostrado na Figura 15, os alunos, dispostos de lâmpadas de potências distintas e através do auxílio de um roteiro, fizeram observações a respeito da intensidade do brilho das lâmpadas. O objetivo foi de identificar a diferença ou não entre o brilho das lâmpadas e com isso concluir que lâmpadas de mesma potência quando associadas juntas, nesse tipo de circuito, teriam brilhos iguais, enquanto lâmpadas de potências distintas produziram brilhos diferentes.

Figura 15: Modelo do Experimento Utilizado, com Associação de Lâmpadas de Potências Distintas em Série

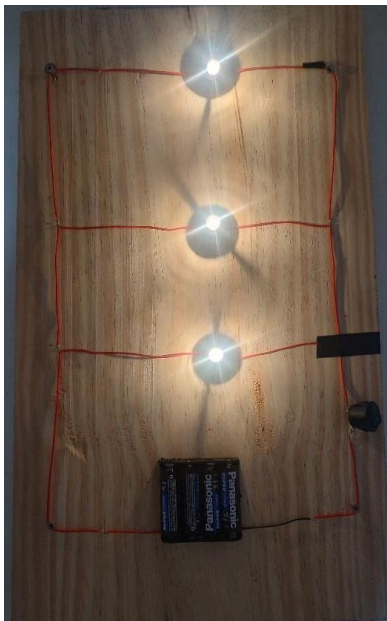


Fonte: Arquivo do Autor

Nos casos mostrados nas Figuras 14 e 15, respectivamente, os alunos fizeram a observação e análise do circuito em série, a respeito do brilho da lâmpada, concluindo que teriam brilhos semelhantes no caso em que a associação fosse feita com lâmpadas de potências iguais e que o brilho seria diferente no caso de associação com lâmpadas de potências diferentes.

Paralelamente à análise do circuito em série e de forma a busca por realizar comparações, o mesmo grupo também fez o estudo do circuito em paralelo representado na figura 16.

Figura 16: Modelo do experimento utilizado, com associação de lâmpadas de mesma potência em Paralelo.



Fonte: Arquivo do Autor

Neste tipo de associação, os alunos foram orientados a realizar observações e anotações a respeito do brilho das lâmpadas, quando se utiliza lâmpadas de mesma potência e de potências distintas, assim como foi feito no circuito em série, o que ocorre se tirar uma ou duas lâmpadas em ambos os circuitos (em série e em paralelo), além de concluir qual dos dois circuitos pode ser aplicado em uma residência por exemplo.

Figura 17: Aplicação dos experimentos de circuitos em série e em paralelo.

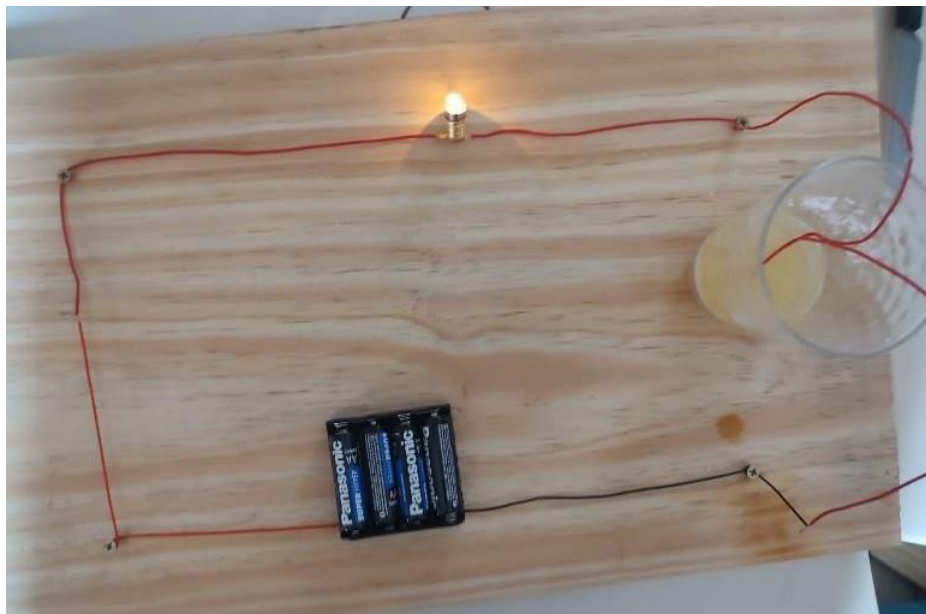


Fonte: Arquivo do autor

O segundo grupo ficaria responsável pela análise do circuito demonstrativo da condutibilidade de diferentes materiais, como metais, plásticos e solução de água com sal.

Nesse caso, utilizando um fio ligado a pilhas de 1,5 V e a uma mini lâmpada incandescente, como pode ser observado na Figura 18, os alunos verificaram se a lâmpada acendia ao ser colocada em contato com os materiais fornecidos, como também, qual a diferença entre o brilho da lâmpada ao ser colocada em contato com metais, plástico e solução de água com sal.

Figura 18: Circuito para a análise da condutibilidade da corrente elétrica usando a solução água + sal.



Fonte: Próprio Autor

Desse modo, os alunos puderam verificar quais dessas substâncias conduziam eletricidade através do brilho da lâmpada e com isso concluir que a corrente elétrica pode se propagar em diferentes meios, além de verificar, também, quais materiais eram melhores condutores, por meio da intensidade do brilho da lâmpada.

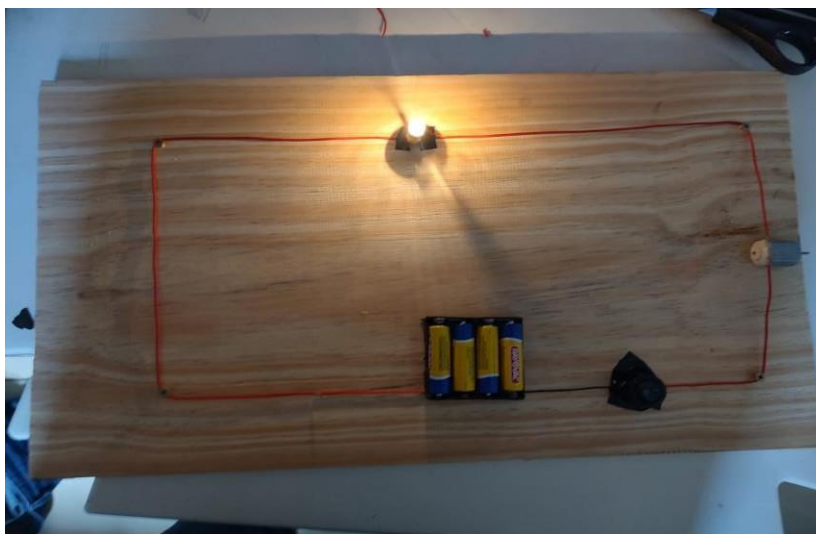
Figura 19: Aplicação do experimento de condutibilidade elétrica utilizando água pura e posteriormente misturando-a com sal.



Fonte: Arquivo do Autor

O terceiro grupo, seria responsável inicialmente pela análise de um experimento montado com um motor rotativo ligado em série a uma mini lâmpada incandescente por meio de fios condutores e alimentados por uma fonte de tensão formada por pilhas de 1,5 V. Nesse experimento, os alunos verificariam o funcionamento do motor juntamente à medida que a corrente elétrica passava por ele e pela mini lâmpada. O experimento pode ser observado na Figura 20.

Figura 20: Circuito elétrico com um motor ligado em série a uma mini lâmpada incandescente.



Fonte: Próprio Autor

Ao manipular o experimento com o motor rotativo, os alunos puderam verificar a intensidade de rotação do motor, assim como, o que acontece com o brilho da lâmpada ao parar a rotação do eixo do motor. A Figura 21 mostra a montagem do experimento. O objetivo foi que eles pudessem concluir que, ao se parar a rotação do motor o brilho da lâmpada aumenta devido a um aumento da corrente elétrica, além de verificar também que o motor para ao se retirar a lâmpada, já que ambos estão associados em série.

Figura 21: Aplicação do experimento com o minimotor



Fonte: Arquivo do autor

### 5.5.3 Aplicação do Questionário Pós Aula Experimental

Após a realização da prática experimental, na aula seguinte, com o objetivo de encerrar a aplicação da sequência didática, foi proposto aos alunos um novo questionário, cujas questões seguiam o mesmo modelo do questionário de conhecimentos prévios e onde através desse, os alunos iriam demonstrar a sua possível evolução nos assuntos que foram abordados através das práticas experimentais.

Essa etapa, foi projetada para ser feita em uma hora/aula, de 50 minutos de duração, onde o questionário desenvolvido, foi dividido num total de oito questões abordando os temas de corrente, tensão e resistência elétrica, relacionando-os ao que foi observado durante as práticas.

Dessa forma, as quatro primeiras questões, estão relacionadas a análise dos circuitos em série e em paralelo, onde os alunos desenvolveram

respostas a respeito da manipulação realizada nos mesmo, seguindo como base o roteiro disponibilizado. As respostas fazem referência à diferença entre os circuitos, e o que acontece se fosse tiradoe uma lâmpada nos dois circuito e a diferença entre o brilho das lâmpadas em variadas situações, nos dois circuitos analisados.

As questões 5, 6 e 7 fazem referência a análise do circuito de condutibilidade de corrente elétrica. Nessa etapa os alunos foram orientados a responderem questões sobre a condutibilidade da solução de água com sal, fazendo um comparativo através da intensidade do brilho da lâmpada com a condutibilidade de corrente elétrica em um metal e também um um material que não conduzia corrente, como um plástico. Dessa forma pode-se observar que a solução aquosa de sal acendeu a lâmpada, porém, provocou um brilho menos intenso do que num metal. Além de que, o plástico por ser um isolante, não provocava o acendimento da lâmpada.

Por fim, a última questão faz referência a análise do circuito com o mini motor, onde o aluno deveria explicar, por meio da observação, realizada, o que acontece com o brilho da lâmpada quando é parada a rotação do mini motor.

Baseando-se nos resultados desse questionário, fez-se a coleta de dados e um levantamento estatístico, como é mostrado na seção de análise dos resultados, através de gráficos.

## 6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a análise dos resultados, as respostas fornecidas pelos alunos, nos dois questionários, foram divididas em três grupos, de acordo com o grau de acertividade, onde o objetivo nesse método, foi analisar a melhoria no desempenho das respostas a respeito dos assuntos abordados. Isso nos mostraria de fato a importância da metodologia adotada no processo de ensino-aprendizagem.

Os grupos considerados para a análise das respostas tanto no questionário de conhecimentos prévios, quanto no questionário pós aplicação da aula experimental, foram: grupo de *respostas erradas*, ou que que *não souberam responder*, grupos de *respostas intermediárias*, ou seja, que se aproximavam de uma resposta considerada correta e grupo de respostas certas.

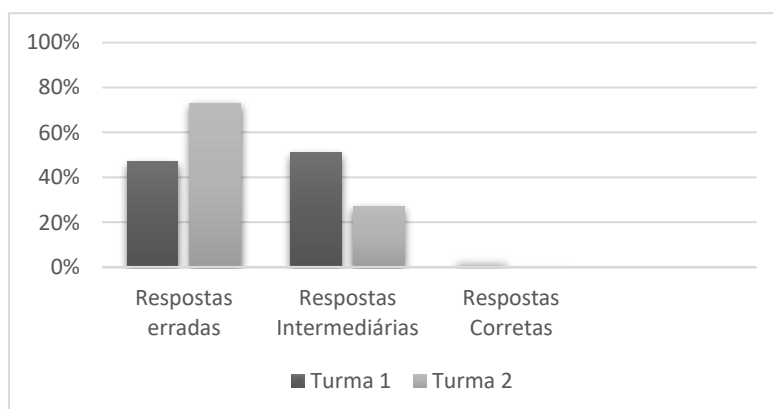
No total, de 50 alunos em média para as duas turmas, nas quais o trabalho foi aplicado, foram analisadas uma quantidade de respostas menor, devido aos alunos que faltaram entre uma aula e outra ou devido àqueles que simplesmente não quiseram responder.

É importante salientar, que o trabalho foi aplicado em uma turma do horário matutino e em uma turma do horário vespertino. A cidade de Parnarama – MA, onde fica localizada a escola Centro de Ensino Mestre Tibério, é composta por uma região urbana, além de várias regiões de comunidades rurais, estabelecidas a distâncias consideráveis da área urbana e de onde os alunos devem ser transportados. Nesse aspecto, os alunos provenientes de zonas rurais, são em sua maioria, matriculados para o turno da tarde, que nesse trabalho, se trata da turma 2, tendo em vista a dificuldade do transporte. Pode-se concluir, devido a esse fator, que esses alunos possuem um menor desempenho no seu processo de ensino-aprendizagem, já que o fator de transporte se torna um empecilho nesse aspecto, resultando com isso numa análise de menor desempenho em relação à turma 1, que é formada por alunos que moram na zona urbana da cidade.

## 6.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS NO QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS.

Para o questionário de conhecimentos prévios, que pode ser observado no apêndice B deste trabalho, nas três primeiras questões, foram analisadas respostas a respeito de como ocorre a transmissão da eletricidade de um ponto a outro de um material, além da condutibilidade da corrente elétrica em diferentes meios. Dessa forma, considerando essas questões como componentes de um mesmo grupo, analisou-se o grau de acertividade para as duas turmas e dessa forma estabeleceu-se uma média aritmética da quantidade de acertos e erros, como pode ser observado no gráfico mostrado na Figura 20.

Figura 22: Resultado comparativo das respostas das três primeiras questões, para as duas turmas analisadas

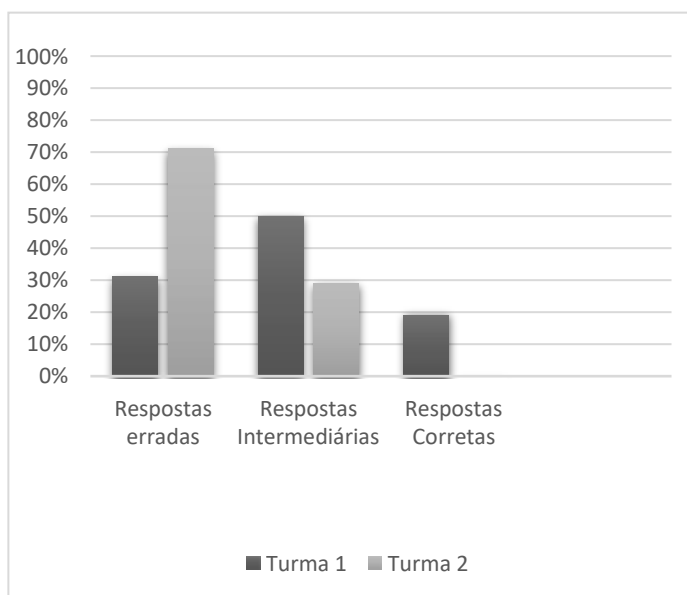


Fonte: Próprio Autor

Percebe-se que, fazendo-se uma análise dessas questões, a média do desempenho das duas turmas ficou entre respostas totalmente erradas ou parcialmente certas. Uma quantidade mínima de alunos da turma 1 conseguiu responder corretamente uma das três questões propostas, demonstrando com isso, o baixo nível de aprendizagem a respeito de conceitos considerados introdutórios, tendo em vista que esse conteúdo já tinha sido trabalhado em sala por aulas expositivas.

Para as questões 4 e 5, analisou-se o conhecimento dos alunos a respeito do conceito de tensão elétrica, e sua importância na propagação da corrente elétrica. Novamente considerando-se essas questões como componentes de um mesmo grupo, estabeleceu-se uma média aritmética a respeito dos acertos e erros para as duas turmas analisadas, e o resultado pode ser observado no gráfico mostrado na Figura 21.

Figura 23: Resultado comparativo das respostas das questões 4 e 5, para as duas turmas analisadas



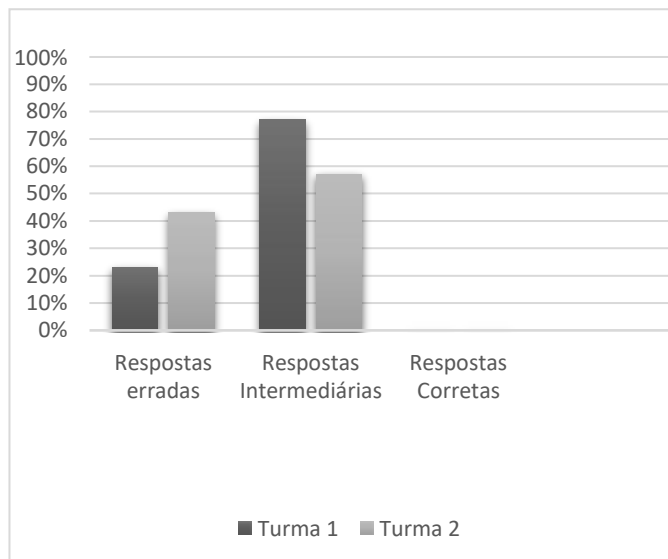
Fonte: Próprio Autor

Dessa forma, aqui, percebe-se também um baixo desempenho a respeito do conhecimento sobre tensão elétrica. Na turma 2, o índice de respostas erradas ficou acima de 70%, e nenhuma resposta correta, enquanto que na turma 1, observou-se uma quantidade maior de respostas corretas em relação às questões anteriores, no entanto, comparando-se essa quantidade com o número de resposta erradas e parcialmente certas, percebe-se uma grande diferença.

Na questão 6, analisou-se o conhecimento dos alunos a respeito de circuitos elétricos e suas aplicações, por intermédio da seguinte pergunta. 'Em uma residência, uma instalação de lâmpadas deve ser feita em serie ou em paralelo? Explique sua resposta, dessa forma os alunos foram instigados a demonstrar o seu conhecimento sobre instalações elétricas e de como a corrente

elétrica se distribui ao longo de uma instalação. O resultado pode ser analisado a partir do gráfico mostrado na Figura 22.

Figura 24. Resultado comparativo da resposta da questão 6, para as duas turmas analisadas



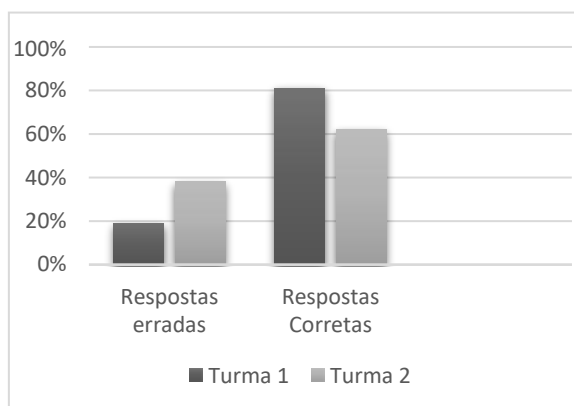
Fonte: Próprio Autor

Aqui percebe-se que a maioria dos alunos, principalmente na turma 1, desenvolveram respostas intermediárias, ou seja, que não estavam erradas e que tinham relação com a resposta correta. Nesse caso, a grande maioria dos alunos souberam que a resposta correta era de que a instalação deveria ser feita em paralelo, no entanto, não souberam explicar o motivo.

As duas ultimas questões foram elaboradas como questões objetivas, onde o alunos deveria diferenciar associação de resistores em série para associação em paralelo marcando a alternativa correta. Dessa forma, a questão 7 pede para que o aluno marque a alternativa correta para o circuito onde a corrente elétrica é a mesma para todos os resistores. A questão 8 segue a mesma linha, porém questionando qual tipo de circuito onde a tensão é a mesma para todos os resistores. O resultado obtido pode ser observado no gráfico mostrado na Figura 23.

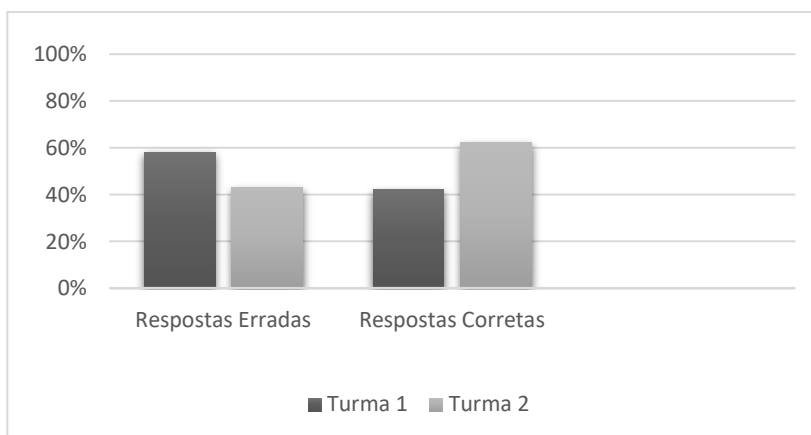
Nesse caso, devido ao teor das questões serem de natureza objetiva, foi excluído o grupo de respostas intermediárias e considerado apenas as respostas corretas ou erradas. Percebe-se aqui, um equilíbrio maior para as duas turmas, entre a quantidade de respostas certas e a quantidade de respostas erradas. Isso ocorre provavelmente, devido a aula expositiva a que os alunos foram submetidos antes da aplicação do trabalho.

Figura 25. Resultado comparativo da resposta da questão 7, para as duas turmas analisadas



Fonte: Próprio Autor

Figura 26. Resultado comparativo da resposta da questão 8, para as duas turmas analisadas.



Fonte: Próprio Autor

## 6.2 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO PÓS APLICAÇÃO DO PROJETO

Após a realização da aula experimental baseada em práticas voltadas ao aprendizado de eletrodinâmica, como mencionado anteriormente, os alunos foram submetidos a um último questionário, cujo objetivo foi o de verificar como a interação com os experimentos seria útil nos seus desenvolvimentos, em comparação com o questionário de conhecimentos prévios.

Desta forma, como a proposta foi de que os alunos fizessem análise investigativa dos experimentos, a avaliação das respostas nessa etapa não será feita com base em respostas certas ou erradas, mas sim com base em uma análise qualitativa a respeito daquilo que os alunos conseguiram responder, de acordo com que era observado na prática.

Nesse questionário, que pode ser observado no apêndice C deste trabalho, novamente os alunos foram submetidos a um total de 8 questões relacionadas ao mesmo assunto abordado no questionário de conhecimentos prévios, porém com a diferença de que, aqui, as questões foram voltadas para aquilo que era observado pelos alunos durante a manipulação dos experimentos, caracterizando dessa forma a análise investigativa.

As quatro primeiras questões, foram baseadas na análise dos circuitos em série e em paralelo, onde, com a posse de lâmpadas de potências distintas os alunos puderam verificar algumas situações, como pode-se observar a seguir.

***Questão 1: O que se observa, a respeito do brilho da lâmpada de maior potência quando associadas nos dois tipos de circuitos?***

Nessa questão, analisou – se a concepção obtida pelos alunos, a respeito da intensidade do brilho das lâmpadas de menor potência em comparação com as de maior potência, quando essas eram conectadas aos circuitos em série e em paralelo. O objetivo aqui, foi que os alunos pudessem concluir que, na associação em paralelo, as lâmpadas teriam o mesmo brilho e que esse seria mais intenso do que na associação em série. Dessa forma obteve-se algumas conclusões, como:

*“No circuito em série, as lâmpadas são mais fracas em comparação com o paralelo, que são fortes”.*

*“Em paralelo o brilho é mais forte, já no em série é fraco”.*

*“Ficou mais fraca a Lâmpada no circuito em série”.*

*“Fica nitidamente mais forte ou fraca, dependendo do circuito”.*

Percebe-se que para essa questão a maior parte dos alunos obtiveram conclusões semelhantes, ou seja, de que quando se associa lâmpadas idênticas em circuitos em série e em paralelo, o brilho se torna maior nos circuitos em paralelo, no entanto, nenhum dos alunos participantes explicou o porquê isso ocorre, explicação essa que estaria diretamente ligada à tensão elétrica aplicada aos circuitos.

***Questão 2: O que se pode observar ao se retirar uma lâmpada nas duas associações? Porque isso ocorre?***

Nessa questão, verificou-se um fenômeno bastante estudado nas aulas de Física, que é o de que uma lâmpada retirada no circuito em série apagará todas as outras, enquanto que, se o mesmo for feito em um circuito em paralelo, as lâmpadas remanescentes continuarão acesas. Dessa forma, o objetivo era de que os alunos concluíssem que esse fato ocorre porque, em um circuito em série, todas as lâmpadas são percorridas pela mesma corrente, fazendo dessa forma, com que o circuito seja ‘cortado’ ao se retirar uma de suas lâmpadas, ocasionando o apagar de todas as outras, enquanto que no circuito em paralelo, cada lâmpada terá uma corrente independente.

Algumas das conclusões fornecidas pelos alunos participantes foram:

*“No paralelo as lâmpadas continuam acesas, já em série ficam apagadas”.*

*“No paralelo as lâmpadas ligam”.*

*“A lâmpada fica mais forte, porque sobrou energia”.*

*“No circuito em série, todas se apagaram, já no paralelo, quando se é retirado, a energia passa para a próxima lâmpada”.*

*“No circuito em paralelo as lâmpadas funcionam de forma independente, já no em série, se uma delas se apaga todas se apagam”.*

Percebe-se que, nesse quesito e a partir da observação do fenômeno, os alunos obtiveram conclusões aceitáveis e alguns souberam até mesmo explicar o fenômeno, argumentando que no circuito em paralelo o brilho das lâmpadas remanescentes aumenta devido à redistribuição da corrente elétrica.

***Questão 3: No circuito em paralelo, o que se pode observar ao se mesclar lâmpadas com potências diferentes?***

Nesse questionamento, os alunos foram instigados a observar o circuito em paralelo, quando combinava-se lâmpadas de potências diferentes. O objetivo aqui, era de que fosse verificado que nesse caso o brilho das lâmpadas iria variar de acordo com sua respectiva potência, ou seja, lâmpadas de maior potência teriam um brilho maior enquanto as de menor potência teriam a luminosidade menor, da mesma forma que ocorre em uma instalação elétrica de uma residência.

Dessa forma, os alunos participantes concluíram:

*“Um dos tipos de lâmpadas fica mais fraca”.*

*“A lâmpada de maior potência fica mais forte que a de menor potência”*

*“As lâmpadas de maior potência ficam mais fortes”.*

*“Uma por vez elas ficam fortes, juntas ficam mais fracas”.*

Percebe-se que, a observação do brilho de lâmpadas de potências distintas associadas no circuito em paralelo, provocou nos alunos conclusões semelhantes como se pode observar através das respostas. Isso demonstra um resultado satisfatório, já que nem sempre em sala de aula o professor consegue demonstrar esse fenômeno, de modo que o aluno entenda, apenas com explicações teóricas baseadas na resistência das lâmpadas. Nenhuma das respostas citadas nessa questão fez referência à resistência das lâmpadas.

***Questão 4: Qual dos circuitos analisados pode ser utilizado para o uso doméstico? Explique.***

Nessa questão, que foi a última relacionada aos experimentos de análise de circuitos em série e em paralelo, os alunos deveriam concluir e explicar qual dos circuitos é mais propício para ser utilizado em uma instalação elétrica doméstica por exemplo. Dessa forma, o objetivo aqui é de que a análise dos circuitos fosse suficiente para que os alunos pudessem entender que o circuito em paralelo é aquele que poderia ser utilizado, já que, nesse circuito, a corrente se divide para todas as lâmpadas, diferentemente do circuito em paralelo, onde a corrente elétrica é cortada se uma das lâmpadas for retirada.

Um outro aspecto para esse questionamento, é fazer a análise comparativa com o mesmo questionamento que foi feito no quesito 6 do questionário de conhecimentos prévios. Naquela questão, onde o resultado da análise pode ser visto na figura 22, os alunos desenvolveram respostas curtas e em sua maioria corretas, em relação a qual circuito se deve utilizar, no entanto, não souberam argumentar porquê.

As respostas desenvolvidas pelos alunos participantes foram:

*“Em paralelo, pois se for retirada uma, as outras continuaram acesas”.*

*“Em paralelo, porque desligando uma lâmpada as outras continuam normais”.*

*“Circuito paralelo, porque quando uma lâmpada falhar as outras não falharão”.*

*“Em paralelo, pois as lâmpadas permaneceram acesas no outro circuito elas desligam”.*

Percebe-se que nesse caso, os alunos novamente concluíram através da observação, que o circuito ideal para uso doméstico é o circuito em paralelo, porém, dessa vez os participantes conseguiram explicar o porquê, muito pelo fato da análise pós manipulação dos experimentos lhes permitirem observar que, no circuito em paralelo quando uma lâmpada queima ou quando é retirada as outras permaneceram acesas, como pode ser observado nas respostas mencionadas. Com isso, pode-se concluir que houve avanço no aprendizado em relação ao questionário de conhecimentos prévios, já dessa vez os alunos conseguiram fazer essa diferenciação.

**Questão 5: Ao se colocar o circuito em contato com a água, o que se observa com o brilho da lâmpada?**

A questão 5 é baseada no experimento de condutividade de corrente elétrica ao se utilizar diferentes meios de propagação como: água pura, solução de água com sal, borracha e metais. Nesse experimento, os alunos deveriam colocar as duas pernas de um fio condutor em contato com diferentes materiais e verificar se a mini lâmpada incandescente acende.

Dessa forma, o objetivo dessa análise é que os alunos façam a verificação de quais materiais são bons ou maus condutores eletricidade. Após a análise da condutividade da água pura as conclusões feitas pelos alunos foram:

*“A lâmpada não liga”.*

*“Observa-se que a água não conduz eletricidade”.*

*“A água não é uma boa condutora de eletricidade”.*

*“A água não conduz, pois, a lâmpada ficou apagada”*

*“Ao entrar em contato com a água pura, não acontece nada, ou seja, não há condução de energia”.*

*“A lâmpada continuou apagada”*

No questionário de conhecimentos prévios, percebe-se pelo resultado que é mostrado no gráfico da figura 20, onde se trata do mesmo tema de condutibilidade da corrente elétrica, que os alunos em sua maioria responderam de forma errada pois tinham a concepção, que de certa forma é popular, de que a água pura conduz eletricidade. Dessa forma, agora percebe-se que nessa questão, os alunos conseguiram verificar que a água pura, sem estar misturada com nada, é um isolante elétrico já que a lâmpada utilizada na observação não acendia, demonstrando com isso, uma evolução em relação ao conhecimento apresentado anteriormente.

**Questão 6: O que se observa com o brilho da lâmpada ao se adicionar sal à água? Porque em sua concepção isso ocorre?**

Dando continuidade ao tema de condutividade elétrica em diferentes meios, os alunos dessa vez foram orientados a fazerem a mistura de água e sal em um recipiente, para que pudesse ser feita a verificação da condutividade elétrica dessa mistura, através do acendimento da mini lâmpada, realizando o mesmo processo que foi feito para a situação da questão 5. A imagem dessa etapa da análise pode ser observada na figura 16.

Com base na análise realizada, os alunos demonstraram em respostas algumas conclusões, tais como:

*“Ocorre a condução de eletricidade pois a lâmpada acendeu. O sal misturado com a água transporta eletricidade”.*

*“A lâmpada acende, mas o brilho ficará muito fraco”.*

*“Há passagem de eletricidade, porém a lâmpada possui apenas um fraco brilho”.*

*“A lâmpada fica fraca, pois é um mal condutor de energia”.*

*“Observa-se que a água conduz energia, pouca mas conduz. A água com a presença de substância iônicas sempre conduz energia”.*

Percebe-se que, nessa etapa, os alunos conseguiram fazer a observação da condutividade da solução água e sal e concluíram em suas respostas que, diferentemente da situação anterior onde foi comprovado que a água pura não conduzia eletricidade, a solução utilizada foi capaz de acender a mini lâmpada. Vale destacar também que alguns dos participantes concluíram durante a observação, que o brilho da lâmpada era relativamente fraco como pode-se observar em algumas respostas.

Um aspecto interessante que se percebeu na montagem desse experimento foi o de que, realmente assim como os alunos registraram, o brilho da lâmpada era fraco e que dependia da quantidade de sal que era adicionado à água. Com pouco sal a lâmpada não apresentou brilho nenhum, porém ao se adicionar mais, de modo que a solução ficasse bastante concentrada, conseguia-se perceber o fraco brilho citado. Como o objetivo aqui foi apenas permitir que os alunos pudessem concluir que uma solução iônica desse tipo poderia conduzir corrente elétrica, foi instruído que desde o início os alunos

adicionassem bastante sal na mistura, permitido dessa forma, que o brilho fosse visualizado de imediato.

***Questão 7: Colocando-se o circuito em contato com um metal, o que pode ser observado em relação ao brilho da lâmpada, comparando com a situação da solução de água com sal?***

Durante a aplicação do circuito de condutibilidade elétrica, orientou-se que os alunos trocassem a solução de água mais sal por um objeto metálico qualquer (chave, colher, parafuso), para que dessa forma, pudesse ser verificado se haveria diferença em relação ao brilho da lâmpada. O objetivo foi de que os alunos verificassem que um objeto metálico provocaria um brilho maior da lâmpada e conseqüentemente concluíssem que apesar da solução aquosa conduzir eletricidade, o metal era um condutor mais eficiente.

As conclusões propostas pelos alunos participantes foram:

*“O brilho da Lâmpada é muito mais forte quando em contato com o metal do que com a água mais sal”*

*“Com o Metal a luz fica mais forte, conduz melhor”*

*“Observa-se que a energia conduzida pelo metal é maior do que pela água e sal”*

*“O metal a luz fica forte, pois é um condutor de energia”*

*“O brilho da lâmpada no circuito com o metal ficou mais forte devido a reação, já com água e sal fica mais fraca pois a reação é menor”*

Dessa forma, percebe-se que o experimento realizado foi eficaz em mostrar para os alunos de forma prática e dinâmica, que os metais são melhores condutores do que a solução aquosa e isso pode ser observado nas conclusões realizadas, onde a maioria dos alunos pôde fazer essa análise por intermédio do brilho mais intenso da mini lâmpada.

Com isso e de forma comparativa, pode-se citar a questão 3 do questionário de conhecimentos prévios onde a média das respostas dos alunos são representadas no gráfico da figura 20, e dessa forma concluir que houve uma evolução no grau de aprendizagem dos alunos nesse quesito.

**Questão 8: - Explique o que ocorre ao se parar o mini motor rotativo com o circuito ligado?**

Nessa questão analisou-se a aplicação do circuito com o mini motor, onde, durante essa aplicação foi instruído que os alunos fizessem a análise de um circuito com um mini motor rotativo ligado em série a uma mini lâmpada incandescente. Dessa forma, o objetivo era de os alunos fizessem a análise investigativa da rotação do mini motor com a lâmpada ligada e posteriormente verificassem o que aconteceria com o brilho da lâmpada se a rotação do motor fosse parada.

Dessa forma, algumas das conclusões propostas foram:

*“A lâmpada ficou mais forte ao se para o motor”.*

*“A lâmpada continuou aces e fica mais intensa”.*

*“Quando o mini motor para o brilho da lâmpada fica mais forte”*

*“A Carga da Lâmpada Aumentou”*

Dessa forma, observa-se que os alunos puderam concluir de maneira interativa o que acontece com o brilho da lâmpada ao se parar a rotação do mini motor a ela ligado.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É fato notório e compreendido pelos professores que trabalham com o ensino de Física na educação básica, principalmente no terceiro ano do ensino médio, da importância do conteúdo de eletrodinâmica no desenvolvimento educacional do aluno como cidadão, no que compreende, a sua evolução na obtenção de uma visão mais apurada dos fenômenos tecnológicos que o rodeiam. Nos dias atuais esse fator é ainda mais significativo já que vivemos na era da informação, onde a tecnologia está em constante transformação, exigindo um grau de conhecimento cada vez maior, tornando a Física uma disciplina cada vez mais essencial.

Dessa forma, foi proposto, baseado nas teorias aqui embasadas, uma sequência de ensino focada na análise investigativa de experimentos, voltados para o aprendizado de conceitos básicos da área de eletrodinâmica. A verificação dessa evolução foi feita pela análise de um questionário de conhecimentos prévios, aplicado antes dos experimentos (melhor colocar “antes da aplicação do Produto Educacional”), comparado com um questionário pós aplicação do experimento.

Durante a realização dessa proposta, nos deparamos com alguns empecilhos para a formulação dos experimentos, devido à dificuldade de se encontrar os materiais que foram utilizados, além do valor desses materiais, encontrados no apêndice G deste trabalho, que foram totalmente custeados pelo pesquisador. Outro fator que pode ser considerado como dificuldade para a realização da aula experimental é o de que o professor de uma escola pública, normalmente não dispõe de ajuda para o controle de uma turma de alunos com 25 a 30 alunos em média, dessa forma, deve-se lidar com os mais diferentes tipos de comportamentos de alunos que não estão habituados a aulas desse modelo. Seria necessário que houvesse na escola um monitor que pudesse auxiliar no controle e organização dos alunos na aplicação.

Durante a realização da aula experimental, pudemos perceber que os alunos demonstraram bastante satisfação, curiosidade e interesse na investigação dos experimentos que lhes foram propostos, fazendo perguntas e

participando ativamente daquela aula, o que para mim foi de certa forma até esperado, já que era uma metodologia de aula diferente daquela que eles estavam acostumados. Isso demonstra, que um dos objetivos propostos, que foi o de dinamizar as aulas de Física e, conseqüentemente, oferecer aos alunos novas propostas de intervenção que ajudasse na sua motivação foi alcançado.

Dessa forma, na análise das respostas fornecidas para o questionário de conhecimentos prévios, pôde-se perceber pela visualização dos gráficos fornecidos, uma significativa deficiência dos alunos no entendimento dos conceitos básicos de eletrodinâmica propostos. Nas duas turmas onde foi aplicado o projeto, uma grande parte dos alunos não sabia responder questões relativamente simples como por exemplo, descrever tipos de fontes de tensão, a definição do conceito de corrente elétrica ou mesmo a diferença básica entre circuitos elétricos em série e em paralelo.

Tendo em vista que essas definições foram ministradas em aulas expositivas, antes da aplicação dos questionários de conhecimentos prévios, era de se esperar um desempenho melhor no conhecimento desses conceitos, no entanto não foi o que ocorreu. Isso pode nos levar a algumas conclusões, como a falta de atratividade que aulas tradicionais de Física fornecem para alunos da educação básica, de modo que provoque o total desinteresse e conseqüentemente o baixo aprendizado na disciplina, ou até mesmo, o desinteresse pelo simples fato de achar que aquilo que está ali sendo exposto jamais terá aplicação alguma em suas vidas. Esse segundo fator, é bastante comum no ambiente de aulas de Física para turmas de educação básica. Muitos alunos não conseguem discernir a importância da disciplina para o entendimento do mundo que os rodeia, concluindo dessa forma que tudo aquilo que está ali sendo exposto não terá nenhum uso em seu cotidiano, conseqüentemente provocando a queda de seu rendimento.

Dessa forma o uso de atividades lúdicas, como as atividades experimentais, que foi o tema deste trabalho, torna-se uma alternativa para contornar esse efeito negativo provocado pela abstração da disciplina, já que, com a manipulação e observação experimental, os conceitos, fórmulas e modelos apresentados aos alunos durante as aulas expositivas, passam a ter

um significado, ancorando-se com conhecimentos adquiridos anteriormente, como o proposto pela teoria de Ausubel.

Após a aplicação do questionário de conhecimentos prévios, deu-se a aplicação da prática experimental com base no conceito de análise investigativa. Esse momento da aplicação do projeto, se caracterizou por ser bem mais produtivo, tendo em vista o próprio feedback dado pelos alunos, a respeito de como aulas expositivas que vinham sendo até então ministradas, dessa forma foi notório a percepção, durante a aplicação dos experimentos, da empolgação dos alunos na manipulação e visualização dos fenômenos, algumas vezes transformando isso em questionamentos e observações.

Como última etapa da aplicação do projeto, solicitou-se que os alunos respondessem um questionário, que tinha como principal objetivo, a análise daquilo que os alunos conseguiram evoluir em relação ao questionário de conhecimentos prévios, após a manipulação dos experimentos, como pode ser observado no subitem 6.2 desse trabalho. É importante salientar que as questões desse questionário foram, em sua maioria, voltadas para as observações realizadas nos experimentos ali propostos.

Dessa forma, pode-se perceber, através das repostas fornecidas, que em várias situações propostas pelos experimentos, os alunos fizeram análises a respeito de circuitos elétricos simples fazendo ligação direta com os conceitos de resistência, tensão e corrente elétrica propostos. Em algumas questões, onde se observa uma ligação entre o tema abordado nos dois questionários, pode-se perceber uma evolução na aprendizagem, ou seja, questões semelhantes que foram consideradas erradas no primeiro questionário foram respondidas de forma correta no questionário pós aplicação, por intermédio do auxílio da análise dos experimentos, concluindo-se dessa forma que a metodologia abordada foi eficaz tanto na evolução do quesito ensino-aprendizagem, como na motivação dos alunos no que diz respeito ao interesse e no despertar de sua curiosidade.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M.S.T.; ABIB, M.L.V.S. **Atividades Experimentais no Ensino de Física**: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.25, n.2, p. 176-194, 2003.
- ASSIS, A. K. T.; **Os Fundamentos Experimentais e Históricos da Eletricidade**; Canada, Apeiron Montreal, 2010.
- ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L.; **Princípios de Química**: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente; 7ª ed, Porto Alegre: Bookman, 2018.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational Psychology: A Cognitive View**. 2ª ed. Nova York, Holt Rinehart and Winston, 1978.
- AZEVEDO, Maria Cristina P. Stella. **Ensino por Investigação**: Problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org.). Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 19-33.
- BATISTA, R. F. M.; SILVA, C. C.; **A Abordagem Histórico - Investigativa no Ensino de Ciências**. Rev. Estudos Avançados, São Carlos, SP, p, 94 – 107, ago. 2018 -set.2018. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/j/ea/a/7ZbhwnLJDxrwrN7n98DBcLB/?format=pdf>
- BORGES, A. T.; GOMES, A. D. T. **Percepção de Estudantes Sobre Desenhos de Testes Experimentais**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.22, n.1, p.71-94, 2005.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Ensino Médio. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2018. Disponível em:  
[http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf). Acesso em 26 de out. 2022.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999. 4v.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática** / Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC - SEF, 1998. 148 p.

CARVALHO, A. M. P. de. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013

CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2019.

FARIA, W. de. **Aprendizagem e planejamento de ensino**. São Paulo, Ática, 1989

GRANDY, R. E; DUSCHL, R. A. **Reconsidering the character and role of inquiry in schoolscience: Analysis of a conference**. Science and Education, 16, p. 141-166, 2007.

HALLIDAY, D; WALKER, J; RESNICK, R; **Fundamentos de Física 3**; 10ª ed. Rio de Janeiro, RJ, LTC, v.3, 2016.

LUDKE, M; ANDRÉ, M.E.D.A; **Pesquisa em Educação: Abordagens qualitativas**; 2ª ed. Rio de Janeiro, RJ, GEN E.P.U, 2013.

MINAYO, C. S. (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 28. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2009.

MOREIRA, M. A. **Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 22, n. 1, p. 94-99, mar. 2000.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: Da Visão Clássica à Visão Crítica**. V encontro Internacional sobre aprendizagem Significativa, set.2006  
Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/visaoclasicavisaocritica.pdf>

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S.; **Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de Física Básica 3**; Eletromagnetismo. 5ª.ed. São Paulo, Edgard Blücher, 2013

OLIVEIRA, M. M. **Como Fazer Pesquisa Qualitativa**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007.

PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I. **Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel**. Rev. PEC, Curitiba, v. 2, n. 1, p, 37 – 42, jul. 2001-jul.2002. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/implementacao/praticas/caderno-de-praticas/aprofundamentos/191-aprendizagem-significativa-breve-discussao-acerca-do-conceito>

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, abr. 2017.

POZO, J. I. **Aprendizes e mestres: a nova cultura da aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

SASSERON, L. H.; **Alfabetização Científica, Ensino Por Investigação e Argumentação: Relações Entre Ciências da Natureza e Escola**. Rev. Ensaio, Belo Horizonte, MG, p, 49 – 67, Nov. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/K556Lc5V7Lnh8QcckBTTMcq/?format=pdf&lang=pt>

WATSON, F. Road. **Student's discussions in practical scientific inquiries**. In: International Journal Science education. January, vol , 26. no 1, 25-45, 2004.

ZABALA, Antoni.; **A Prática Educativa: Como Ensinar**. Trad. Ernani F. da Rosa – Porto Alegre: ArtMed, 1998.

ZOMPERO, A. de F.; LABURÚ, C.E; **Atividades Investigativas para Aulas de Ciências: Um Diálogo com a Teoria da Aprendizagem Significativa**. Curitiba: Appris,2016.

**APÊNDICE A: PRODUTO EDUCACIONAL**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

**RODRIGO TEIXEIRA GOMES**

**SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA SOBRE OS CONCEITOS DE  
CORRENTE ELÉTRICA, TENSÃO E RESISTÊNCIA ELÉTRICA, BASEADA  
EM UMA ANÁLISE EXPERIMENTAL**

**Orientador:** Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho.

**TERESINA  
2024**

## SUMÁRIO

<b>1 APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>89</b>
<b>2 PÚBLICO ALVO.....</b>	<b>90</b>
<b>3 OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>90</b>
<b>4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>90</b>
<b>5 TEORIA DE DAVID AUSUBEL E A ANÁLISE POR INVESTIGAÇÃO.....</b>	<b>91</b>
<b>6 ELETROMAGNETISMO.....</b>	<b>93</b>
6.1 CARGA ELÉTRICA.....	94
6.2 POTENCIAL ELÉTRICO E DIFERENÇA DE POTENCIAL (TENSÃO) .....	94
6.3 CORRENTE ELÉTRICA.....	95
6.4 SENTIDO DA CORRENTE ELÉTRICA .....	98
6.5 EFEITOS DA CORRENTE ELÉTRICA .....	98
6.5.1 Efeito Joule .....	98
6.5.2 Efeito Fisiológico .....	99
6.5.3 Efeito Químico .....	99
6.5.4 Efeito Magnético .....	99
6.6 CÉLULAS ELETROLÍTICAS .....	99
6.7 RESISTÊNCIA ELÉTRICA .....	100
<b>7 METODOLOGIA.....</b>	<b>102</b>
7.1 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS.....	103
7.2 ANÁLISE EXPERIMENTAL.....	103
7.3 QUESTIONÁRIO PÓS ANALISE EXPERIMENTAL.....	107
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>108</b>

## 1 APRESENTAÇÃO

Este trabalho é produto da implementação, baseada no ensino por análise investigativa, de uma sequência didática desenvolvida como forma de conclusão para o Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física na Universidade Federal do Piauí. Dessa forma, procurou-se desenvolver uma metodologia de ensino experimental, que vise a melhoria da qualidade no processo de ensino-aprendizagem, assim como da motivação dos alunos e professores da educação básica.

Com isso, acredita-se que o professor poderá desenvolver uma aula prática com a aplicação dos experimentos voltados para temas essenciais de eletrodinâmica, para alunos do terceiro ano do ensino médio, principalmente em escolas públicas de ensino.

A formação em ciências é de primordial importância para que uma pessoa possa ter compreensão clara do mundo que a rodeia. Nos dias de hoje estamos constantemente cercados pelos mais diversos tipos de tecnologias, as informações estão disponíveis em um piscar de olhos, dessa forma a compreensão de temas abordados pela Física, Química e Biologia são de importância primordial para que possamos entender o mundo que nos rodeia.

Nesse sentido, é de extrema importância a contextualização do ensino de física de modo que o estudante possa alinhar aquilo que ele aprende em sala de aula com aquilo que lhe é exposto fora dela, deixando de lado a mera aprendizagem mecânica dos conteúdos, onde se torna fácil esquecer rapidamente e oportunizando uma aprendizagem sólida que poderá ser aproveitada ao longo de sua vida.

Para isso, o professor deve buscar formas de melhorar o ensino saindo de sua zona de conforto e trazendo para os alunos novas metodologias que possam ajudá-los no seu aprendizado e no prosseguimento de seus estudos, como a que será sugerida nesse trabalho.

O ensino tendo como base a investigação é um caminho que vem sendo usado no ensino de ciências da escola básica e no meio acadêmico, como

alternativa para mudar o panorama tradicional e dessa forma inserir na vida do aluno novas possibilidades de aprendizado. Isso acaba se mostrando um processo interessante para ser aplicado no ensino da disciplina de Física, já que, a metodologia tradicional tem-se mostrado na maioria das situações ineficaz, nos dias atuais. Instigar os alunos, mostrando para eles a importância da Física, com métodos alternativos ao uso do quadro e pincel é de primordial importância.

O ensino tendo como base a investigação é um caminho que vem sendo usado no ensino de ciências da escola básica e no meio acadêmico, como alternativa para mudar o panorama tradicional e dessa forma inserir na vida do aluno novas possibilidades de aprendizado. Isso acaba se mostrando um processo interessante para ser aplicado no ensino da disciplina de Física, já que, a metodologia tradicional tem-se mostrado na maioria das situações ineficaz, nos dias atuais. Instigar os alunos, mostrando para eles a importância da Física, com métodos alternativos ao uso do quadro e pincel é de primordial importância.

## **2 PÚBLICO ALVO**

Alunos do 3º ano do Ensino Médio Regular.

## **3 OBJETIVO GERAL**

Desenvolver uma proposta de Ensino, que vise a fuga do método clássico que utiliza apenas livro, quadro e pincel, fornecendo à Escola Centro de Ensino Mestre Tibério uma ferramenta alternativa às aulas de Física, baseada na utilização de experimentos.

## **4 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- a) Apresentar aos alunos de terceiro ano do ensino médio da Escola Centro de Ensino Mestre Tibério experimentos em eletrodinâmica, norteando-os de modo que eles possam manipulá-los e associá-los com os conteúdos vistos em sala de aula.

- b) Desenvolver nos alunos o senso crítico e investigativo, de forma que ao final de cada experimento, ele seja capaz produzir resultados e chegar a suas próprias conclusões.
- c) Fornecer experimentos voltados ao estudo de eletrodinâmica, para o laboratório de ciências da Escola Centro de Ensino Mestre Tibério.
- d) Incentivar os alunos à pesquisa e à importância do estudo de Ciências.

## **5 TEORIA DE DAVID AUSUBEL E A ANÁLISE POR INVESTIGAÇÃO**

No desenvolvimento deste trabalho, buscou-se fazer a conexão entre a abordagem experimental em sala de aula, com a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, já que, de acordo com essa teoria, o aluno só adquire realmente o conhecimento de determinado conteúdo quando ele consegue ultrapassar a barreira da aprendizagem meramente memorística, que se esquece rapidamente, adquirindo o conhecimento de fato.

Desta forma, um dos pilares desta teoria, se baseia no conceito de material potencialmente significativo, que ajuda na busca pela referida aprendizagem de fato, com isso, buscou-se o desenvolvimento deste material em forma de experimentos simples que pudessem ser aplicados na própria sala de aula pelo professor.

Desse modo destaca-se a importância da aprendizagem significativa de Ausubel no desenvolvimento de métodos e materiais que auxiliem o professor em sua jornada na sala de aula e conseqüentemente melhore o processo de ensino-aprendizagem, fazendo com que a aula deixe de ser totalmente engessada no quadro e livro didático e passe a ser mais agradável com aplicação de instrumentos didáticos.

De acordo com David Paul Ausubel (1989), a Teoria da Aprendizagem Significativa é uma teoria cognitivista e procura explicar os mecanismos internos que ocorrem na mente humana com relação ao aprendizado e à estruturação do conhecimento. Para o autor, a aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva. Admite a existência de uma estrutura na qual a organização e a integração de ideias se processam. A experiência cognitiva é

caracterizada por um processo de integração no qual os conceitos novos interagem com os já existentes na estrutura cognitiva, integrando o novo material e, ao mesmo tempo, modificando-se.

Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Ou seja, nesse processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica a qual Ausubel define como conceitos subsunçores ou, simplesmente, subsunçores, existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação se ancora em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende. Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo altamente organizado, formando uma hierarquia conceitual na qual elementos mais específicos de conhecimentos são ligados a conceitos mais gerais, mais inclusivos. Estrutura cognitiva significa, portanto, uma estrutura hierárquica de conceitos que são abstrações da experiência do indivíduo (MOREIRA, 2006).

Pode-se dizer, então, que a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação “ancora-se” em conceitos relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva. Ou seja, novas ideias, conceitos, proposições podem ser aprendidos significativamente (ou retidos), na maneira que outras ideias, conceitos, proposições, relevantes e inclusivos estejam, adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ponto de ancoragem às primeiras.

A aprendizagem de conceitos complexos (por exemplo, a mecânica newtoniana ou a teoria estocástica da probabilidade) costuma tropeçar com a dificuldade de que os alunos dispõem de conhecimentos prévios (teorias implícitas sobre o movimento ou sobre a probabilidade), que são incompatíveis com esses novos conceitos que lhes são apresentados. O problema não é tanto que aprendam as leis de Newton, mas como que reestruturam seus conhecimentos para poder assimilá-las, o que requer planejar a instrução para conseguir uma mudança conceitual nos alunos (Pozo, 2008).

Em contraposição com aprendizagem significativa, Ausubel define aprendizagem mecânica (ou automática) como sendo aquela em que novas informações são aprendidas praticamente sem interagirem com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, sem ligarem-se a conceitos subsunçores específicos. A nova informação é armazenada de maneira arbitrária e literal, não interagindo com aquela já existente na estrutura cognitiva e pouco ou nada contribuindo para sua elaboração e diferenciação (MOREIRA, 2006).

Em Física, como em outras disciplinas, a simples memorização de fórmulas, leis e conceitos pode ser tomada como exemplo típico de aprendizagem mecânica. Talvez aquela aprendizagem de última hora, de véspera de prova, que somente serve para a prova, pois é esquecida logo após, caracterize a aprendizagem mecânica.

## **6 ELETROMAGNETISMO**

### **6.1 CARGA ELÉTRICA**

O estudo de eletricidade teve início quando se descobriu as propriedades atração de uma resina de cor amarela (seiva de árvore solidificada ao longo dos séculos) conhecida como âmbar, quando atritada com outros materiais como pele de animais. Desde Platão (aproximadamente 428-348 a.C.), pelo menos, já era conhecido que o âmbar atritado atrai corpos leves colocados em suas redondezas. O nome do âmbar, em grego, é “elektron”: esta é a origem da palavra “eletricidade” e do nome da partícula elementar “elétron”

De acordo com alguns autores modernos, a experiência do âmbar foi realizada pela primeira vez por Tales de Mileto, que viveu aproximadamente de 625 a 546 a.C. Tales foi considerado por Platão como sendo um dos sete sábios da antiga Grécia. Platão colocou-o em primeiro lugar da lista em seu diálogo *Protágoras*. Mas Platão não atribuiu o efeito âmbar a Tales. Aristóteles e alguns outros escritores antigos consideraram Tales como tendo sido o primeiro filósofo natural, ou como o primeiro físico.

A existência de dois tipos diferentes de cargas foi descoberta por Charles du Fay em 1733, quando ele mostrou que duas porções do mesmo material, por exemplo âmbar, eletrizadas por atrito com um tecido, repeliam-se, mas o vidro eletrizado atraía o âmbar eletrizado. O tipo de carga que chamou de “vítrea” foi depois chamado por Benjamin Franklin de *positiva*, e a “resinosa” recebeu o nome de *negativa*.

O sinal da carga adquirida por um corpo na eletrização por atrito depende da substância com a qual é atritado: o âmbar se eletriza negativamente por atrito com lã, mas positivamente quando atritado com enxofre.

A experiência de du Fay mostra que cargas de mesmo sinal se repelem e que cargas de sinais opostos se atraem.

## 6.2 POTENCIAL ELÉTRICO E DIFERENÇA DE POTENCIAL (TENSÃO)

Considerando-se uma barra carregada, uma carga elétrica situada em um determinado ponto P ficará sujeita a um potencial  $V$  que pode ser descrito através da equação 1.

$$V = \frac{-W_{\infty}}{q_0} = \frac{U}{q_0} \quad (1)$$

Dessa forma, o potencial elétrico em um ponto P é a energia potencial por unidade de carga quando uma carga de prova  $q_0$  é deslocada do infinito até o ponto P. De acordo com a equação 1, o potencial elétrico é uma grandeza escalar, já que tanto a energia potencial quanto a carga são grandezas escalares.

Um potencial elétrico existe em todos os pontos em que o campo elétrico criado pela barra está presente. Na verdade, todo objeto carregado cria um potencial elétrico  $V$  nos mesmos pontos em que cria um campo elétrico. Quando colocamos uma partícula de carga  $q$  em um ponto onde já existe um potencial elétrico  $V$ , a energia potencial da configuração é dada pela seguinte equação:

$$U = q.V \quad (2)$$

onde a carga  $q$  pode ser positiva ou negativa

De acordo com (Halliday, Resnick, & Walker, 2016), a energia potencial é uma propriedade de um sistema (ou configuração) de objetos, mas às vezes podemos atribuí-la a um único objeto. Assim, por exemplo, a energia potencial gravitacional de uma bola de futebol chutada, em direção ao campo do adversário, pelo goleiro é, na verdade, a energia potencial do sistema bola-Terra, já que está associada à interação entre a Terra e a bola. Como, porém, o movimento da Terra causado pela interação é desprezível, podemos atribuir a energia potencial gravitacional apenas ao movimento da bola. Analogamente, se uma partícula carregada é colocada em uma região onde existe um campo elétrico e não afeta de modo significativo o objeto que produziu o campo elétrico, podemos atribuir a energia potencial elétrica (e o potencial elétrico) apenas à partícula. Dessa forma, de acordo com a equação 1, a unidade de potencial elétrico no SI (Sistema Internacional de Unidades) é o joule por coulomb, recebendo o nome especial de Volt (V) para representá-la.

$$1 \text{ Volt} = 1 \text{ J/C} \quad (3)$$

### 6.3 CORRENTE ELÉTRICA

As correntes elétricas têm um papel fundamental no mundo moderno, estando presentes nos sistemas de iluminação residenciais e urbanos além dos eletrodomésticos em geral. Embora a corrente elétrica seja um movimento de partículas carregadas, nem todas as partículas carregadas que se movem produzem uma corrente elétrica. Para que uma superfície seja atravessada por uma corrente elétrica, é preciso que haja um fluxo líquido de cargas através da superfície. Esse fluxo líquido de cargas acontece quando por exemplo, ligamos as extremidades de um fio a uma bateria estabelecendo dessa forma uma diferença de potencial.

Em um circuito fechado feito de material condutor, todos os pontos estão sob um mesmo potencial mesmo que exista excesso de cargas. Não existindo um campo elétrico as cargas ali existentes não estarão sob a atuação de uma força elétrica e conseqüentemente não existirá corrente elétrica, como mostrado na figura 1.

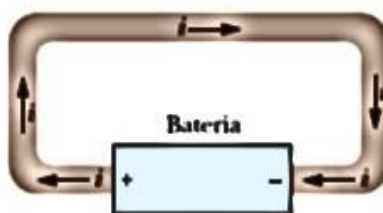
Figura 1: Circuito fechado de material condutor



Fonte : HALLIDAY, RESNICK, & WALKER, 2016

Quando introduzimos uma bateria no circuito, como mostrado na Figura 2, o potencial não é mais o mesmo em todo o circuito. Campos elétricos são criados no interior do material e exercem uma força sobre os elétrons de condução que os faz se moverem preferencialmente em um sentido, produzindo uma corrente.

Figura 2: circuito fechado de material condutor e Bateria



Fonte : HALLIDAY, RESNICK, & WALKER, 2016

Se uma carga  $dq$  passa por um plano hipotético em um intervalo de tempo  $dt$  a corrente  $i$  é definida como.

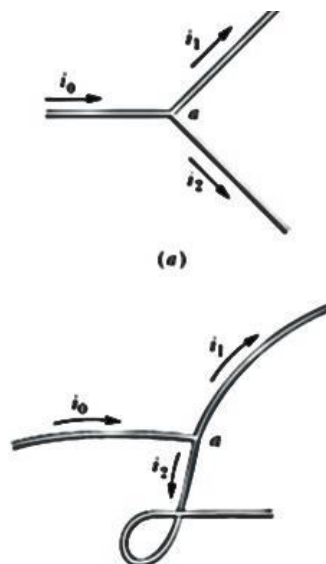
$$i = \frac{dq}{dt} \quad (4)$$

Onde pode-se determinar por integração o valor da quantidade de carga que atravessa o fio.

$$q = \int_0^q dq = \int_0^t idt \quad (5)$$

Ao passar por uma bifurcação em um condutor, a corrente elétrica se divide em duas. Como a carga é conservada, a corrente elétrica que chega na bifurcação (também conhecida como nó) é dividida de modo que a corrente elétrica que chega na bifurcação é igual a soma das correntes elétricas que saem da bifurcação. Como pode ser observado na figura 3 a seguir.

Figura 3: Divisão da corrente elétrica ao chegar em um nó.



Fonte : HALLIDAY, RESNICK, & WALKER, 2016

A corrente elétrica pode ser classificada basicamente em dois tipos de acordo com o seu comportamento no decorrer do tempo, que são, corrente contínua (CC) que é quando mantém intensidade e sentido constantes no decorrer do tempo, esse tipo de corrente é gerado principalmente por pilhas e baterias e a corrente alternada (CA) que é o tipo de corrente onde a sua intensidade oscila por máximos e mínimos, além de ter invertido periodicamente o seu sentido de oscilação.

## 6.4 SENTIDO DA CORRENTE ELÉTRICA

A corrente elétrica que percorre um condutor é representada através de setas que indicam o sentido do movimento das partículas carregadas. Historicamente, o sentido da corrente elétrica é representado pelo movimento das cargas positivas ao longo do condutor, dessa forma, as cargas elétricas sairiam do terminal positivo da bateria, percorrendo o circuito e entrariam no polo negativo. Porém ao longo do tempo percebeu-se que na verdade essas partículas estão carregadas com cargas negativas revelando dessa forma, que o movimento das cargas elétricas estaria na verdade no sentido oposto ao das setas convencionadas anteriormente, ou seja, do terminal negativo da bateria para o terminal positivo da bateria.

Pode-se usar essa convenção porque, na *maioria* das situações, supor que portadores de carga positivos estão se movendo em um sentido tem exatamente o mesmo efeito que supor que portadores de carga negativos estão se movendo no sentido oposto.

## 6.5 EFEITOS DA CORRENTE ELÉTRICA

### 6.5.1 Efeito Joule

Ao ligar-se um condutor elétrico a um gerador de tensão, ele fica submetido a uma ddp (diferença de potencial) e conseqüentemente um campo elétrico se estabelece em seu interior. Forças elétricas devidas a esse campo aceleram os elétrons livres em um determinado sentido, fazendo com que eles ganhem velocidade. Devido ao ganho de velocidade das cargas elétricas, se estabelecem colisões contínuas com os cátions do retículo cristalino, oferecendo grande resistência ao movimento dos elétrons livres.

Devido ao choque com os elétrons, os cátions passam a vibrar com determinadas amplitudes, liberando energia e conseqüentemente causando aumento da temperatura do material. Dessa forma, a conversão da energia

potencial dos elétrons convertida em energia térmica é o que chamamos de Efeito Joule.

#### 6.5.2 Efeito Fisiológico

É a passagem da corrente elétrica por organismos vivos agindo no sistema nervoso e provocando contrações musculares, situação essa conhecida como choque elétrico.

#### 6.5.3 Efeito Químico

São as reações químicas que acontecem quando a corrente elétrica atravessa soluções eletrolíticas. Essas reações são aplicadas em tratamentos de metais, como: niquelação, cromação e prateação.

#### 6.5.4 Efeito Magnético

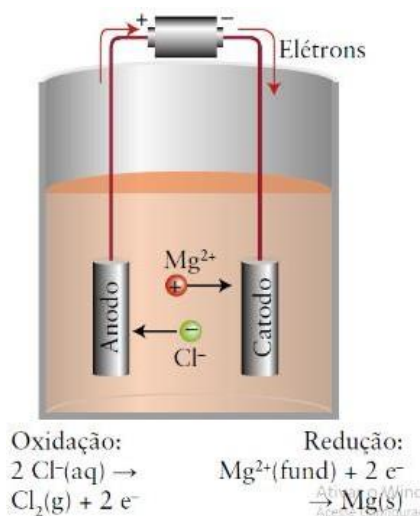
É aquele que se manifesta pela criação de um campo magnético na região em torno da corrente. A existência de um campo magnético em determinada região pode ser constatada com o uso de uma bússola: ocorrerá desvio de direção da agulha magnética

### 6.6 CÉLULAS ELETROLÍTICAS

A célula eletrolítica é a célula eletroquímica na qual ocorre a eletrolise. Em geral, os dois eletrodos ficam no mesmo compartimento, só existe um tipo de eletrólito e as concentrações e pressões estão longe das condições padrão. Como em toda célula eletroquímica, os íons presentes transportam a corrente pelo eletrólito. Por exemplo, quando o metal cobre é refinado eletroliticamente, o anodo é cobre impuro, o catodo é cobre puro e o eletrólito é  $\text{CuSO}_4$ . Quando íons  $\text{Cu}^{2+}$  migram para o catodo, eles são reduzidos e se depositam na forma de átomos de cobre. Outros íons  $\text{Cu}^{2+}$  são produzidos por oxidação do metal cobre no anodo.

Na figura 4, por exemplo, pode-se analisar o esquema de uma célula eletrolítica usada comercialmente na produção do metal magnésio a partir do cloreto de magnésio fundido. Como em uma célula galvânica, a oxidação ocorre no anodo e a redução ocorre no catodo. Os elétrons completam o circuito deslocando-se por um cabo externo. Do anodo para o catodo, os cátions movem-se através do eletrólito na direção do catodo e, os ânions, na direção do anodo.

Figura 4: Diagrama esquemático de uma célula eletrolítica usada no processo para a obtenção de magnésio



Fonte: ATKINS, JONES E LAVERMAN, 2018

Diferentemente de uma célula galvânica, entretanto, na qual a corrente é gerada de forma espontânea, em uma célula eletrolítica ela precisa ser fornecida por uma fonte de energia elétrica externa para que a reação ocorra.

## 6.7 RESISTÊNCIA ELÉTRICA

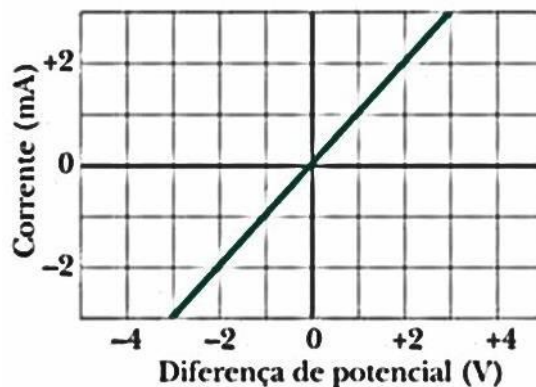
Ao aplicar-se uma diferença de potencial às extremidades de um condutor obtém-se que o resultado será uma corrente elétrica que passará a percorrê-lo, de modo que a relação entre a tensão aplicada e a corrente elétrica gerada é o que chamamos de resistência elétrica do condutor, de acordo com a equação 6.

$$R = \frac{V}{i} \quad (6)$$

Aplicando-se a mesma diferença de potencial às extremidades de mesmas dimensões de objetos feitos de cobre e de vidro, os resultados são muito diferentes devido às características do material.

A figura 5 mostra o gráfico de  $i$  em função de  $V$  para um determinado dispositivo. Como o gráfico é uma linha reta que passa pela origem, a razão  $i/V$  (que corresponde à inclinação da reta) é a mesma para qualquer valor de  $V$ . Isso significa que a resistência do dispositivo  $R = V/i$  é independente do valor absoluto e da polaridade da diferença de potencial aplicada.

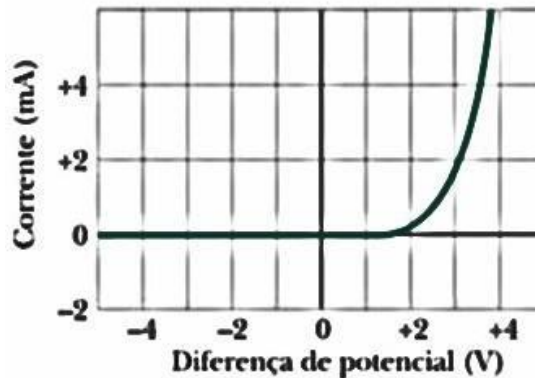
Figura 5: Gráfico do comportamento da corrente elétrica  $i$  em função da tensão  $V$  aplicada para um determinado material condutor.



Fonte : HALLIDAY, RESNICK, & WALKER, 2016

Em casos como estes, dizemos que o dispositivo obedece a primeira lei de ohm. Caso contrário, se o gráfico do comportamento da corrente em função da tensão aplicada não resultar em uma reta, dizemos que esse dispositivo não obedece a primeira lei de ohm como pode –se observar no gráfico da figura 6 onde só existe corrente quando a polaridade de  $V$  é positiva e a tensão é maior que 1,5 V. Além disso, percebe-se que no trecho onde existe corrente, a razão entre  $i$  e  $V$  não é constante. Mas depende do valor da diferença de tensão  $V$  aplicada.

Figura 6: Gráfico do comportamento da corrente elétrica  $i$  em função da tensão  $V$  aplicada para um determinado material condutor que não obedece a primeira lei de Ohm.



Fonte : HALLIDAY, RESNICK, & WALKER, 2016

A unidade de resistência do SI é o volt por ampère, combinação que também é conhecida como ohm ( $\Omega$ ).

$$1 \text{ ohm} = 1\Omega = 1 \frac{\text{volt}}{\text{Ampère}} = 1 \frac{V}{A} \quad (7)$$

## 7 METODOLOGIA

Este produto educacional é uma sequência de ensino, baseada na análise investigativa de experimentos em sala de aula, relacionados a conteúdos de eletrodinâmica (corrente elétrica, tensão e resistência). A aplicação foi dividida em três momentos distintos, que correspondem a:

- 1- Aplicação do questionário de conhecimentos prévios: cujo o tempo de duração foi de uma hora-aula de 50 minutos.
- 2- Aplicação da aula experimental: com tempo de duração de duas horas-aula seguidas, totalizando 100 minutos.
- 3- Aplicação do questionário pós aula experimental: cujo tempo de duração foi de 1 hora-aula de 50 minutos.

## 7.1 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS

Tempo Estimado: 50 Minutos Ou 1 Hora-Aula

Objetivo: Verificar o conhecimento dos alunos a respeito dos temas corrente elétrica, tensão e resistência, fazendo a ligação desses temas com a abordagem de circuitos elétricos. Esse questionário foi aplicado após a realização de aulas teóricas sobre o assunto. Após a aplicação do questionário, foi explicado aos alunos sobre a aula baseada na análise experimentos voltados ao mesmo conteúdo de eletrodinâmica.

No apêndice B desse trabalho, encontra-se uma sugestão de questionário para a análise de conhecimentos prévios, que foi aplicado na escola Centro de Ensino Mestre Tibério, porém, fica a cargo do professor aplicador desenvolver questões próprias de acordo com os alunos aos quais esse trabalho será aplicado.

## 7.2 ANÁLISE EXPERIMENTAL

Tempo Estimado: 100 minutos ou duas horas-aula.

Objetivo: Desenvolver nos alunos senso crítico além do interesse e motivação pela disciplina de Física, trazendo uma nova metodologia, na qual eles poderão fazer observações e interações com os experimentos

Esta etapa da aplicação do produto, se caracteriza pela análise dos experimentos voltados ao estudo de conteúdos de eletrodinâmica. Programada para ser executada em duas aulas de 50 min, sendo aplicada em duas turmas de alunos de terceiro ano do ensino médio regular e em turnos distintos.

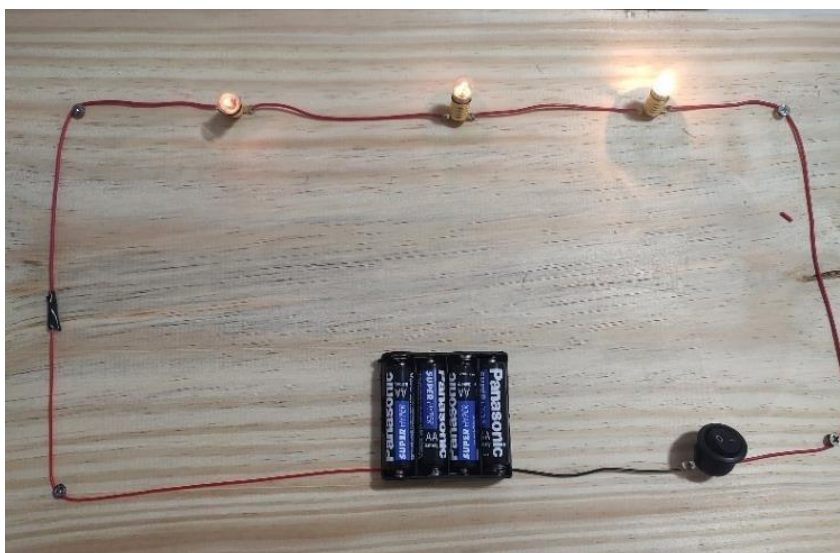
Para a aplicação, a turma considerada foi dividida em 3 grupos de 6 ou 7 alunos, onde cada grupo seria responsável pela análise de um dos experimentos utilizados. Após o término da análise de um dos experimentos, o grupo em questão passaria para o próximo experimento, e assim sucessivamente, de modo que ao final, cada grupo analisasse todos disponíveis.

Os experimentos utilizados para se fazer a aula proposta foram:

1 – Experimentos de Análise de Circuitos em Série e em paralelo Utilizando Mini Lâmpadas Incandescentes.

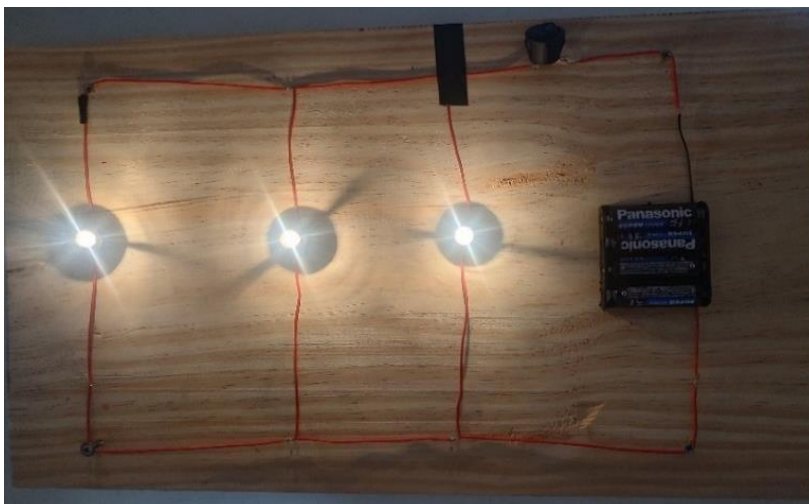
Nesses experimentos, os alunos, dispo de dois conjuntos de lâmpadas de potências distintas e através do auxílio de um roteiro, executaram observações a respeito do brilho das lâmpadas, quando a associação possuía todas as lâmpadas de mesma potência e ao se fazer a mescla de lâmpadas com potências diferentes.

Figura 7: Modelo do Experimento Utilizado para a análise de circuitos em série.



Fonte Arquivo do Autor

Figura 8: Modelo do Experimento Utilizado para a análise de circuitos em paralelo.

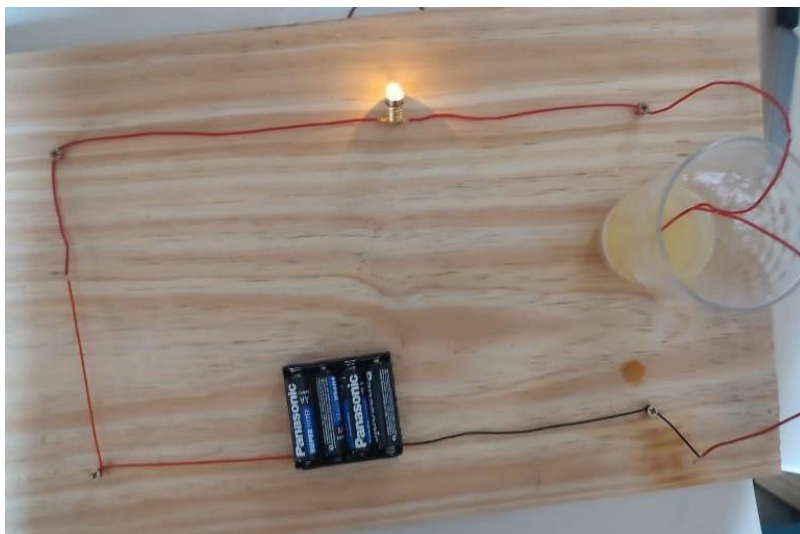


Fonte Arquivo do Autor

## 2 - Circuito para a Análise da Condutibilidade da Corrente Elétrica Utilizando-se Diferentes Materiais

Nesse caso, utilizando um fio ligado a pilhas de 1,5 V e a uma mini lâmpada incandescente, como pode ser observado na foto 3 a seguir, os alunos verificaram, se a lâmpada acendia ao ser colocada em contato com os materiais fornecidos, como também, qual a diferença entre o brilho da lâmpada ao ser colocada em contato com metais, plástico e solução de água com sal.

Figura 9: Circuito para a análise da condutibilidade da corrente elétrica em diferentes materiais

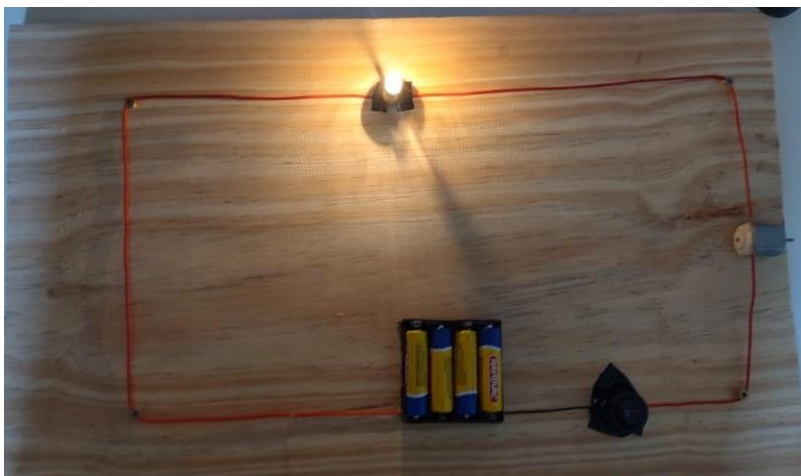


Fonte: Arquivo do Autor

3 - Circuito elétrico com um motor ligado em série a uma mini lâmpada incandescente.

Esse experimento montado com um motor rotativo ligado em série a uma mini lâmpada incandescente por meio de fios condutores e alimentados por uma fonte de tensão formada por 4 pilhas de 1,5 V. Nesse experimento, os alunos verificariam o funcionamento do motor juntamente à medida que a corrente elétrica passava por ele e pela mini lâmpada

Figura 10: Modelo do circuito com um mini motor rotativo ligado em série com uma lâmpada incandescente.



Fonte: Arquivo do Autor

### 7.3 QUESTIONÁRIO PÓS ANALISE EXPERIMENTAL

Tempo estimado: 50 minutos ou uma hora-aula.

Objetivo: Análise da eficácia da aplicação da aula experimental, com base na metodologia da análise investigativa, no que diz respeito à aprendizagem adquirida nos conceitos básicos de eletrodinâmica, em comparação com o questionário de conhecimentos prévios.

Após a aula experimental, foi proposto aos alunos um novo questionário, com questões abordando os temas de corrente, tensão e resistência elétrica, relacionando-os ao que foi observado durante as práticas, onde através desse, os alunos iriam demonstrar a sua possível evolução em termos de aprendizado dos assuntos que foram abordados através das práticas experimentais e dessa forma verificar a eficácia da aplicação da metodologia proposta.

## REFERÊNCIAS

ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L.; **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**; 7ª ed, Porto Alegre: Bookman, 2018.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational Psychology: A Cognitive View**. 2ª ed. Nova York, Holt Rinehart and Winston, 1978.

HALLIDAY, D; WALKER, J; RESNICK, R; **Fundamentos de Física 3**; 10ª ed. Rio de Janeiro, RJ, LTC, v.3, 2016.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: Da Visão Clássica à Visão Crítica**. V encontro Internacional sobre aprendizagem Significativa, set.2006  
Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/visaoclasicavisaocritica.pdf>

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de Física Básica 3**; Eletromagnetismo. 5ª.ed. São Paulo, Edgard Blücher, 2013

POZO, J. I. **Aprendizes e mestres: a nova cultura da aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

SASSERON, L. H.; **Alfabetização Científica, Ensino Por Investigação e Argumentação: Relações Entre Ciências da Natureza e Escola**. Rev. Ensaio, Belo Horizonte, MG, p, 49 – 67, Nov. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/K556Lc5V7Lnh8QcckBTTMcq/?format=pdf&lang=pt>

ZOMPERO, A. de F.; LABURÚ, C.E; **Atividades Investigativas para Aulas de Ciências: Um Diálogo com a Teoria da Aprendizagem Significativa**. Curitiba: Appris,2016.

**APENDICE B: QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS****Questionário de Conhecimentos Prévios**

1 - Como a eletricidade se propaga de um ponto a outro?

---

---

2 - Em sua concepção a água conduz eletricidade? Como isso ocorre?

---

---

3 – Os metais são bons condutores de eletricidade? Como ocorre a condução de eletricidade em metais?

---

---

4 - Qual a importância da tensão na geração de corrente elétrica?

---

---

5 - Descreva sobre alguns tipos de fontes de tensão que você conhece. Existe diferença entre as correntes que serão geradas pelas fontes que citadas?

---

---

6 - Em uma residência, a instalação elétrica de lâmpadas deve ser feita em série ou em paralelo? Explique sua resposta.

---

---

7 – Um circuito onde a corrente elétrica é a mesma para todos os resistores é chamado de:

- a) Curto circuito
- b) Circuito em paralelo
- c) Circuito em série
- d) Circuito misto

8 – Um circuito onde a tensão é a mesma para todos os resistores é chamado de:

- a) Curto circuito
- b) Circuito em paralelo
- c) Circuito em série
- d) Circuito misto

**APENDICE C: QUESTIONÁRIO PÓS ANÁLISE EXPERIMENTAL****Questionário pós aplicação: Análise dos experimentos**

1 – O que se observa a respeito do brilho da lâmpada de 6V nos dois tipos de associações?

---

---

2 – O que se pode observar ao se retirar uma lâmpada nas duas associações? Porque isso ocorre?

---

---

3 – No circuito em paralelo, o que se pode observar ao se colocar lâmpadas diferentes?

---

---

4 – Qual dos circuitos analisados pode ser utilizado para o uso doméstico? Explique.

---

---

5 - Ao se colocar o circuito em contato com a água o que se observa com o brilho da lâmpada?

---

---

6 - O que se observa com o brilho da lâmpada ao se adicionar sal à água. Porque em sua concepção isso ocorre?

---

---

7 - Colocando-se o circuito em contato com um metal qualquer o que pode ser observado em relação ao brilho da lâmpada comparado com a situação de água com sal?

---

---

8 - Explique o que ocorre ao se parar o minimotor com o circuito ligado?

---

---

## APENDICE D: ROTEIRO DE ANÁLISE EXPERIMENTAL PARA O CIRCUITO COM MINI MOTOR.



### Roteiro Circuito com mini motor

1 – Coloque as pilhas no circuito, ligue-o e observe o que acontece. Descreva a situação.

---

---

---

2 – Trave o minimotor e observe o que acontece com a lâmpada. Descreva a situação.

---

---

---

3 – Retire a lâmpada com o circuito ligado. O que se pode observar a respeito do funcionamento do minimotor?

---

---

---

## APENDICE E: ROTEIRO PARA ANÁLISE EXPERIMENTAL DO CIRCUITO DE CONDUTIVIDADE.



### Roteiro Circuito de Condutividade

1 – Coloque os fios no recipiente com água pura e observe o que acontece. Pode-se concluir pelo que se observa que a água conduz eletricidade? Explique?

---

---

2 - Coloque os fios no recipiente com sal e observe o que acontece. Pode-se concluir pelo que se observa que o sal conduz eletricidade? Explique?

---

---

3 – Misture Água + sal e observe o que acontece. A lâmpada se acende? O que você conclui a respeito da condução de eletricidade?

---

---

4 – Coloque os fios em contato com o metal e o plástico e observe. O que acontece a respeito da condução de ambos?

---

5 – Compare a condução do metal e da mistura água e sal. Em qual das situações o brilho da lâmpada é mais intenso? Explique porque isso ocorre.

---

---

## APENDICE F: ROTEIRO PARA ANÁLISE DOS CIRCUITO EM SÉRIE E EM PARALELO.



### Roteiro Circuito em série e em paralelo

1 – Com as lâmpadas de 3 W Coloque as Pilhas (fontes de tensão) e ligue o circuito. O que você observa?

---

---

---

2 – Qual a diferença entre o brilho das lâmpadas nos dois circuitos?

---

---

---

3 – Com os circuitos ligados, retire uma lâmpada de cada um. O que você observa?

---

---

---

4 – Com os circuitos ligados, retire duas lâmpadas. O que você observa?

---

---

---

5 – Troque as lâmpadas de 3 W por lâmpadas de 6 W e repita os procedimentos. O que você observa com o brilho das lâmpadas?

---

---

---

6 – Coloque duas lâmpadas de 3 W e uma de 6 W em ambos os circuitos. O que você observa com o brilho das lâmpadas?

---

---

---

## **APENDICE G: CUSTOS DOS MATERIAIS UTILIZADOS PARA A PRODUÇÃO DOS EXPERIMENTOS.**

- O pacote com 20 mini lâmpadas incandescentes com potências distintas, soquetes para lâmpadas e mais 10 mini motores, puderam ser encontrados apenas no site mercado livre no valor total de R\$ 152,50.
- Conjunto com fios condutores, 16 pilhas e 4 interruptores foram encontrados em lojas de eletrônica no valor total de R\$ 56,00.
- 4 tábuas de madeira para servir de suporte para os experimentos, puderam ser encontradas e produzidas em uma madeireira e custaram ao todo o valor de R\$ 54,00.

Dessa forma a produção dos experimentos teve um custo total de R\$ 262,50. Vale ressaltar que, os materiais podem ser substituídos por outros, de acordo com a necessidade do professor aplicador da atividade, por exemplo, os suportes de madeira e também as mini lâmpadas incandescentes, que devido ao fato de serem difíceis encontrar, podem ser substituídas por leds.