

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física  
Polo **ufscar** Sorocaba



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE

DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

**SEQUÊNCIA DE EXPERIMENTOS (APLICADOS  
REMOTAMENTE) DE ELETRICIDADE E  
MAGNETISMO**

**SUZANA AGUERA DE MELLO E ALBUQUERQUE SANTOS**

**ORIENTADOR: PROF. DR. MARCO AURÉLIO EUFLAUZINO MARIA**

Sorocaba - SP  
Janeiro de 2023

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

**SEQUÊNCIA DE EXPERIMENTOS (APLICADOS  
REMOTAMENTE) DE ELETRICIDADE E  
MAGNETISMO**

**SUZANA AGUERA DE MELLO E ALBUQUERQUE SANTOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So) da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Processos de Ensino e Aprendizagem e Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Euflauzino Maria

Sorocaba - SP  
Janeiro de 2023



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências e Tecnologias Para a Sustentabilidade  
Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

---

### Folha de Aprovação

---

Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Suzana Aguera de Mello e Albuquerque Santos, realizada em 10/01/2023.

#### Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Marco Aurélio Eufлаuzino Maria (UFSCar)

Prof. Dr. Diego Aparecido Carvalho Albuquerque (UNISO)

Profa. Dra. Adriana de Oliveira Delgado Silva (UFSCar)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

Aguera de Mello e Albuquerque Santos, Suzana

SEQUÊNCIA DE EXPERIMENTOS (APLICADOS  
REMOTAMENTE) DE ELETRICIDADE E MAGNETISMO /  
Suzana Aguera de Mello e Albuquerque Santos -- 2023.  
149f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São  
Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba  
Orientador (a): Marco Aurélio Euflauzino Maria  
Banca Examinadora: Adriana de Oliveira Delgado Silva,  
Diego Aparecido Carvalho Albuquerque  
Bibliografia

1. Experimentação. 2. Ausubel. 3. Ensino de Física.. I.  
Aguera de Mello e Albuquerque Santos, Suzana. II.  
Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática  
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -  
CRB/8 6979

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico este trabalho a meu esposo William, ao meu filho Miguel que compartilharam de nosso tempo juntos em prol desta conquista e a meus pais Elisabete e Orlando que sempre me apoiaram e incentivaram em meus planos e sonhos.*

# AGRADECIMENTO

Ao Pai Celestial, que proporcionou todo o caminho e proveu todas as bênçãos necessárias para que esta meta pudesse ser alcançada. Sem Ele, não poderia ter concluído, com tanto aprendizado, alegria e amor. Agradeço pelos milagres que o Pai me concedeu durante estes anos atípicos, preservando a vida de minha família e me dando a oportunidade de servir e de cuidar do próximo.

A meu esposo William, que se dedicou ainda mais por nossa família e sempre me apoiou e incentivou a realizar todas minhas metas, compartilhando de seu tempo e talentos, seu amor e paciência durante este tempo no qual todos juntos estávamos em casa, dividindo nosso espaço com o trabalho, estudos e família. A meu filho Miguel que durante estes anos de dedicação abdicou de momentos juntos e de passeios. A minha filha, Marie, que nestes últimos meses se encontra em meu ventre e vem se mexendo e participando da finalização desta conquista. Agradeço meus pais, que sempre me incentivaram e apoiaram.

Quero agradecer ao meu orientador Prof. Dr. Marco Aurélio Euflauzino Maria, por ter me conduzido durante a realização do trabalho. Pela paciência, compreensão e humanidade demonstrado. Agradeço a parceria, incentivos, ouvindo minhas propostas e direcionando-as agindo com humildade, respeito, positividade e altruísmo. A você Professor Marco, muito obrigada.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) durante todo o período de formação e ao apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

A todos os professores que tive o privilégio de conhecer nesta jornada através do programa do MNPEF, agradeço de coração pela paciência, dedicação em reestruturar o ensinar durante a pandemia, ensinando e aprendendo diferentes recursos para que as aulas pudessem ser ministradas. Agradeço o carinho e compreensão do momento atípico que todos passamos e por terem agido com maestria e profissionalismo ao ministrar o novo e o inesperado.

Agradeço à Profa. Dra. Adriana de Oliveira Delgado Silva e Profa. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva pelas sugestões durante a qualificação que enriqueceram este trabalho.

Agradeço a diretora da escola pelo apoio e confiança em permitir que o trabalho fosse realizado. Ao coordenador da escola pelo incentivo, dedicação e carinho em estimular a mim e aos alunos a participarem. Não posso deixar de agradecer aos alunos participantes que dedicaram de seu tempo em prol de um estudo para um ensino melhor e de qualidade. A vocês meus queridos alunos o meu muito obrigada pela colaboração e seriedade ao participar do trabalho.

*“Eu irei e cumprirei as ordens do Senhor, porque sei que o Senhor nunca dá ordens aos filhos dos homens sem antes preparar um caminho pelo qual suas ordens possam ser cumpridas.”*

Néfi (I Néfi 3:7)

# RESUMO

SANTOS, Suzana Aguera de Mello e Albuquerque. Sequência de experimentos (aplicados remotamente) de eletricidade e magnetismo em abordagens demonstrativas, verificativas e investigativas. 2023. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2023.

A experimentação contribui significativamente como uma importante ferramenta no ensino de Física tornando-o mais significativo, atrativo e aprazível aos estudantes.

A fim de garantir que a experimentação de fato favoreça o processo de aprendizagem é necessário que o professor conheça as modalidades das atividades experimentais, o papel do professor e do aluno, o espaço, tempo, turma, postura durante a experimentação, as habilidades que deseja que seus alunos desenvolvam, assim como também as vantagens e as desvantagens de cada modalidade. Diante deste contexto, no trabalho aqui apresentado buscou-se investigar uma nova contribuição aos processos de ensino e de aprendizagem de alguns tópicos da Física estudados no ensino médio, abordando estratégias experimentais aplicadas remotamente.

Este trabalho teve por objetivo propor uma sequência composta por três atividades experimentais, demonstrativa, verificativa e investigativa (envolvendo temas de eletricidade e de magnetismo), aplicadas em três encontros remotos com estudantes do ensino médio da rede privada da cidade de São José dos Campos, considerando como referencial a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

Através das atividades experimentais percebeu-se uma efetiva participação e reflexão dos temas tratados pelos alunos, os quais aproveitaram o fato de estarem remotos para observar mais atentamente os experimentos, participar assiduamente através do chat fazendo perguntas e comentários e desenvolver autonomia e criatividade ao realizar os experimentos.

Obeve-se indícios de aprendizagem significativa utilizando as três abordagens de experimentação de forma remota, assim também como um maior envolvimento dos estudantes nas atividades propostas.

**Palavras-chave:** Experimentação. Ausubel. Demonstração. Investigação. Verificação. Ensino de Física.

# ABSTRACT

Experimentation contributes significantly as an important tool in the teaching of Physics by making it more meaningful, attractive, and pleasant for students.

In order to ensure that experimentation acts in favor of the learning process, it is necessary for the teacher to know the modalities of the experimental activities, the teaching and the student function, the space, time, class, posture during the experimentation, the skills they want students to develop, as well as the advantages and disadvantages of each modality. Given this context, the work presented here sought to investigate a new contribution to the teaching and learning of Physics topics studied in high school, approaching experimental strategies applied remotely.

This work aimed to propose a sequence composed of three experimental activities demonstrative, verification, and investigation (involving themes of electricity and magnetism), applied in three remote meetings for high school students from the private education system in the city of São José dos Campos, considering Ausubel's theory of meaningful learning as a reference.

Through the experimental activities, it was noticed an effective participation and reflection of the themes treated by the students, who took advantage of the fact of being remote to closely observe the experiments, participate assiduously through the chat comments the experiments and asking questions, developing autonomy and creativity when carrying out the tasks.

Evidence of significant learning was obtained using the three experimentation approaches remotely, as well as greater student involvement in the proposed activities.

**Keywords:** Experimentation. Ausubel. Demonstrative. Verifiable. Investigative. Teaching Physics.

# LISTA DE FIGURAS

Figura 2. 1	Resumo das principais características das atividades de demonstração, verificação e investigação, as quais são descritas no quadro.....	20
Figura 3. 1	Sentido das cargas positivas e negativas de uma corrente elétrica .....	24
Figura 3. 2	Dois modos diferentes de associação de resistores .....	27
Figura 3. 3	Lei dos nós (soma das correntes que entram é igual as correntes que saem).....	29
Figura 3. 4	Circuito com 3 malhas .....	30
Figura 3. 5	Condições de sinal para utilizar a lei das malhas.....	30
Figura 3. 6	Resistor sob o mesmo potencial.....	32
Figura 3. 7	Força magnética entre polos.....	33
Figura 3. 8	Representação do campo magnético terrestre .....	34
Figura 3. 9	Linhas de campo magnético de um ímã.....	35
Figura 4. 1.	(a) Suporte com a montagem do circuito (b) materiais utilizados .....	38
Figura 4. 2.	Representação esquemática do circuito elétrico nas configurações aberta a) e fechada b). .....	39
Figura 4. 3	Foto da experimentação do circuito (a) aberto e (b) fechado.....	39
Figura 4. 4.	Representação esquemática do circuito elétrico a fim de analisar o Efeito Joule.	40
Figura 4. 5.	Foto experimentação salsicha em curto .....	40
Figura 4. 6.	Circuito simples e tabela de medidas elaboradas pelo aluno A .....	48
Figura 4. 7.	Circuito em série com duas lâmpadas e tabela de medidas elaboradas pelo aluno B .....	49
Figura 4. 8.	Circuito em série com duas lâmpadas e tabela de medidas elaboradas pelo aluno E .....	49
Figura 4. 9.	Circuito em paralelo com duas lâmpadas e tabela de medidas elaboradas pelo aluno D.....	50
Figura 4. 10.	Circuito em paralelo com duas lâmpadas e tabela de medidas elaboradas pelo aluno G .....	50
Figura 4. 11.	Representação sequencial da montagem do experimento investigativo onde (a) a régua está sobre os suportes com o ímã ao centro, (b) uma moeda é equilibrada entre o ímã e a régua, (c) a segunda moeda é equilibrada na sequência da primeira	

e (d) terceira moeda equilibrada na sequência da segunda (e) três moedas em equilíbrio estático a uma certa distância da régua.....57

Figura 4. 12 Foto da experimentação (obtidas a partir de prints de tela) por investigação onde alunos realizaram o experimento de forma remota (a) equilíbrio de uma moeda, (b) equilíbrio de duas moedas (c) equilíbrio de três moedas (d) três moedas estáticas um equilibradas um pouco distante da régua.....58

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Custos com o experimento 1.....	109
Tabela 2. Custos com o experimento 2.....	109
Tabela 3. Custos com o experimento 3.....	110
Tabela 4. Respostas de cada aluno do questionário aplicado antes do experimento 1 e 2, questões 1 a 3 .....	111
Tabela 5. Respostas de cada aluno do questionário aplicado antes do experimento 1 e 2, questão 4.....	112
Tabela 6. Respostas de cada aluno do questionário aplicado antes do experimento 1 e 2, questões 5 a 8 .....	112
Tabela 7. Respostas de cada aluno do questionário aplicado depois do experimento 1, questões 1 a 3 .....	113
Tabela 8. Respostas de cada aluno do questionário aplicado depois do experimento 1, questão 4.....	113
Tabela 9. Respostas de cada aluno do questionário aplicado depois do experimento 1, questões 5 a 8.....	114
Tabela 10. Respostas de cada aluno do questionário aplicado depois do experimento 2, questões 1 a 3 .....	114
Tabela 11. Respostas de cada aluno do questionário aplicado depois do experimento 2, questão 4.....	115
Tabela 12. Respostas de cada aluno do questionário aplicado depois do experimento 2, questões 5 a 8.....	115
Tabela 13. Respostas de cada aluno do questionário aplicado antes do experimento 3, questões 1 a 3 .....	116
Tabela 14. Respostas de cada aluno do questionário aplicado antes do experimento 3, questões 4 e 5. ....	116
Tabela 15. Respostas de cada aluno do questionário aplicado depois do experimento 3, questões 1 a 3. ....	117
Tabela 16. Respostas de cada aluno do questionário aplicado depois do experimento 3, questões 4 e 5. ....	117

# LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**BNCC** - *Base Nacional Comum Curricular*

**CEP** - *Comitê de Ética e Pesquisa*

**COVID 19** – *Corona virus disease 2019*

**DC** - *Corrente Contínua*

**LAB** - *Laboratório*

**PHET** – *Physics Education Technology*

**MNPEF** – *Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física*

**PROFIS-So** – *Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba.*

**TALE** – *Termo de Assentimento Livre e Esclarecido.*

**TCLE** – *Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.*

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 MOTIVAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO .....	2
1.2 OBJETIVOS.....	3
<b>CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1 TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL .....	6
2.2 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA .....	10
<b>2.2.1 O uso da experimentação .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2.2 Diferentes classificações da experimentação.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2.3 Os tipos de experimentação segundo Araújo e Abib.....</b>	<b>15</b>
2.2.3.1 Experimentos Demonstrativos.....	15
2.2.3.2 Experimentos Verificativos .....	17
2.2.3.3 Experimentos Investigativos .....	18
<b>CAPÍTULO 3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E PREPARAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>	<b>21</b>
3.1 CORRENTE ELÉTRICA.....	22
3.2 RESISTÊNCIA ELÉTRICA .....	25
3.3 CIRCUITOS ELÉTRICOS .....	27
3.4 EFEITO JOULE .....	31
3.5 CURTO-CIRCUITO .....	31
3.6 MAGNETISMO .....	32
3.7 CAMPO MAGNÉTICO.....	33
<b>CAPÍTULO 4 - DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA E APLICAÇÃO DO PRODUTO .....</b>	<b>36</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA TURMA DE APLICAÇÃO .....	36
4.2 EXPERIMENTAÇÃO POR DEMONSTRAÇÃO .....	38
<b>4.2.1 Circuito aberto e circuito fechado.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2.2 Efeito Joule em um circuito .....</b>	<b>39</b>
4.3 EXPERIMENTAÇÃO POR VERIFICAÇÃO.....	47

<b>4.3.1 Procedimento 1: Circuito Simples .....</b>	<b>48</b>
<b>4.3.2 Procedimento 2: Circuito em série com dois resistores 1: Circuito Simples.....</b>	<b>48</b>
<b>4.3.3 Procedimento 3: Circuito em série com três resistores .....</b>	<b>49</b>
<b>4.3.4 Procedimento 4: Circuito em paralelo com dois resistores .....</b>	<b>50</b>
<b>4.3.5 Procedimento 5: Circuito em paralelo com três resistores .....</b>	<b>50</b>
<b>4.4 EXPERIMENTAÇÃO POR INVESTIGAÇÃO .....</b>	<b>56</b>
<b>4.5 COMPARAÇÃO DOS TRÊS TIPOS DE EXPERIMENTOS APLICADOS REMOTAMENTE .....</b>	<b>63</b>
<b>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>65</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>67</b>
<b>APÊNDICE A: PRODUTO .....</b>	<b>70</b>
<b>APÊNDICE B: RESULTADOS DAS AVALIAÇÕES POR ALUNO E QUESTÃO ....</b>	<b>111</b>
<b>APÊNDICE C: DOCUMENTOS RELACIONADOS AO CEP .....</b>	<b>118</b>

# Capítulo 1

## INTRODUÇÃO

---

Na escola, em anos de docência observei grande parte de educadores, colegas de trabalho, preocupados com estudantes que não demonstram interesse em aprender e estudar. Nesse contexto, a Física é uma das disciplinas em que muitos estudantes de ensino médio apresentam dificuldades, e, como consequência, muitos se perguntam sobre qual a real necessidade de seu estudo para sua vida. Comumente estes questionamentos surgem quando os alunos são colocados diante de cálculos e de teorias abstratas. Não é incomum que docentes que lecionam Física considerem essencialmente o seu formalismo matemático e não destaquem os diversos contextos cotidianos nos quais a Física apresenta diversas contribuições. Sobre isso, Angotti et. al (2001) apontam que o estudo de Física possibilita ao aprendiz adquirir conhecimentos que permitem a compreensão de fenômenos da natureza bruta e transformada, tal como a tecnologia presente em seu cotidiano (ANGOTTI; BASTOS; MION, 2001). Através da Física os estudantes podem compreender com maior profundidade as ações de seu cotidiano que os afetam diretamente nos mais diversos aspectos, como o econômico e o social, por exemplo. Este conhecimento, segundo os mesmos autores, também pode estimular o indivíduo a buscar resoluções de problemas de seu dia a dia tomando por base conhecimentos científicos; nesse cenário pode-se também suscitar reflexões sobre como melhorar suas ações em ambientes além do escolar, como, por exemplo, o de trabalho.

Através da aprendizagem significativa desenvolvida por Ausubel, discutida por Moreira (MOREIRA, 1999) é possível atingir a estrutura cognitiva do aprendiz criando uma interação do que se pretende ensinar com o conhecimento prévio já obtido pelo estudante. Este processo pode trazer significado ao aprendiz e ajudá-lo a compreender a importância do conceito em seu cotidiano, o que pode estimulá-lo a estudar disciplinas tidas como mais difíceis, como a Física.

Dentre muitas, uma das possíveis formas de se trazer os estudantes para o estudo de Física, facilitando a aprendizagem significativa de seus conteúdos, é através da experimentação (ARAÚJO; ABIB, 2003; LABURÚ, 2005). As atividades experimentais têm o objetivo de estimular o estudo dos conteúdos, auxiliando os estudantes a explorar, elaborar, executar ideias científicas, tomando uma postura ativa, visando um desenvolvimento comportamental e cognitivo. Estudos mostram que os estudantes desenvolvem melhor um conhecimento conceitual na área de ciências da natureza, quando participam de processos educacionais, onde são levados a discussão de fenômenos estudados (HODSON, 1994).

Sob a perspectiva de Ausubel com relação à aprendizagem significativa propôs-se, nesse trabalho, atividades experimentais voltadas para o ensino médio que possam ser realizadas remotamente (sob a coordenação do docente), envolvendo temas de eletricidade e magnetismo. São apresentadas três atividades considerando as abordagens demonstrativa, verificativa e investigativa (ARAÚJO; ABIB, 2003).

## 1.1 MOTIVAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO

Ao trabalhar em sala de aula há aproximadamente 8 anos, verifico, em uma grande parte de estudantes do ensino médio, uma falta de interesse pela disciplina de Física. Durante esse período também pude observar e constatar, empiricamente que tanto o interesse quanto a atitude dos alunos frente aos conteúdos de Física podem ser modificados quando a apresentação desses conteúdos ocorre a partir da realização de experimentos.

Importantes estudos, tal como de (ARAÚJO; ABIB, 2003), classificam a experimentação como demonstrativa, verificativa e investigativa. Outro, como de (HODSON, 1994) em sua pesquisa sobre a motivação pelo qual os professores utilizam experimentação em suas aulas, agrupa alguns objetivos gerais do uso da experimentação. Dentre eles estão: motivar e estimular o interesse dos estudantes, ensinar técnicas de laboratório, proporcionar condições mais favoráveis para a aprendizagem de conhecimentos científicos, desenvolver habilidades, verificar a utilização do método científico e desenvolver atividades científicas. Esses, e também outros objetivos, são também ressaltados por outros autores (GALIAZZI et al., 2001) como importantes para o desenvolvimento de saberes, conceituais, procedimentais e atitudinais. Devido à pandemia causada pelo novo coronavírus (Sars-CoV-2) houve a necessidade de se

realizar o distanciamento social e, em decorrência disso, em um curtíssimo intervalo de tempo as aulas mudaram do formato de presencial para o formato remoto, para o qual muitos professores não estavam devidamente preparados para atuar. Docentes tiveram que utilizar de meios tecnológicos de elaboração de trabalhos para que os processos de ensino e de aprendizagem pudessem continuar, de modo a minimizar os prejuízos para a aprendizagem dos estudantes. O propósito deste estudo é contribuir com o ensino de Física através da apresentação de um conjunto de experimentos que possam ser aplicadas de forma remota.

## 1.2 OBJETIVOS

Este trabalho teve por objetivo geral propor uma sequência composta por três atividades experimentais (envolvendo temas de eletricidade e de magnetismo), que pudesse ser realizada remotamente, e avaliar sua contribuição para aprendizagem de um grupo de estudantes do ensino médio.

Como objetivos específicos, nós buscamos:

- Observar a participação dos estudantes em cada atividade experimental (classificada como demonstrativa, verificativa ou investigativa);
- Observar o comportamento dos estudantes durante as experimentações e procurar analisar as contribuições ao ensino à distância;
- Discutir as contribuições de cada abordagem de experimentação (demonstrativa, verificativa e investigativa) para a compreensão dos conteúdos tratados, considerando como referencial a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

# Capítulo 2

## REVISÃO DA LITERATURA

---

*“O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos.” (AUSUBEL, et al., 1980)*

A realização do trabalho aqui descrito teve como referencial teórico de ensino e aprendizagem as ideias apresentadas por David Ausubel com relação à aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003; AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980), considerando como estratégia didática de ensino as abordagens de experimentações propostas por Araújo e Abib (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Para Ausubel o fator de maior relevância para a aprendizagem é considerar que ela está relacionada aos conhecimentos prévios (denominados subsunçores) do aprendiz (estudante), sendo este o principal ponto de partida para a aquisição de novos conhecimentos. Tomando isto por base, a aprendizagem significativa é aquela que expressa a interação do conhecimento já existente com ideias novas, as quais se ancoram na estrutura cognitiva do aprendiz. O fato de aprender torna-se um processo ativo, e quando este acoplamento entre um novo conhecimento e o conhecimento já existente ocorre, as informações criam significados novos (AUSUBEL, 2003, p.106); na aprendizagem significativa, o conhecimento ocorre pela atribuição de significado para o indivíduo que aprende, o qual detêm as informações de modo mais consolidado, diferentemente do que ocorre da aprendizagem mecânica, na qual as informações ficam mais suscetíveis ao esquecimento.

Uma das possíveis formas de se acessar e explorar os conhecimentos prévios é partir de atividades experimentais, pois essas atividades facilitam o aprofundamento de conteúdo ao relacionar conhecimentos prévios dos alunos ao assunto estudado, aproximando-os da realidade e do conhecimento científico (CAMPOS et al., 2012).

Para que as atividades experimentais de fato se tornem estratégias relevantes para a aprendizagem é necessário compreender quais são as possíveis formas de abordagem das

mesmas, considerando suas vantagens e desvantagens. Nesse trabalho utilizou-se a classificação citada por Araújo e Abib (2003) às atividades experimentais, sendo essas organizadas em demonstrativas, verificativas e investigativas. As características de cada classificação são apresentadas a seguir.

**Experimentos demonstrativos:** são aqueles executados pelo professor enquanto os alunos apenas observam. Podem ser apresentados no início da aula com o intuito de motivar, ou despertar o interesse do aluno ao tema a ser tratado, ou no final da aula como forma de relembrar os conceitos abordados. Geralmente estas atividades têm por finalidade elucidar um fenômeno físico ou alguns aspectos abordados em aula (ARAÚJO; ABIB, 2003) e possuem a vantagem de demandar pouco tempo de realização e não requerer muitos materiais e espaço físico para sua execução. Como desvantagem há o fato de que não há garantia que todos os alunos se envolvam mediante somente à observação do fenômeno.

**Experimentos verificativos:** são aqueles que buscam validar e confirmar alguma lei (de algum conteúdo de Física, por exemplo). Devido ao papel ativo dos estudantes para a execução da experimentação, esse tipo de atividade pode facilitar a interpretação dos sistemas físicos e seus parâmetros, além de contribuir para o processo de aprendizagem ao promover a interação entre o conteúdo e sua aplicação. A possibilidade de verificação da compreensão dos alunos, através de explicações dos mesmos, é uma das principais vantagens dessa abordagem, que possui como desvantagem a previsibilidade dos resultados esperados, o que pode não estimular a curiosidade.

**Experimentos investigativos:** permitem que o estudante atue diretamente em todas as etapas do experimento, desde a interpretação e execução até uma possível resolução do mesmo, tendo a possibilidade de analisar a situação-problema, coletar os dados necessários, sugerir hipóteses, discutir, argumentar e modificar (SUART; MARCONDES, 2008, p.4). Devido ao seu formato, essa modalidade naturalmente permite que os alunos assumam uma posição mais ativa para a sua aprendizagem, explorando sua criatividade, respeitando seus conhecimentos prévios e propiciando a aquisição de novos conteúdos procedimentais e atitudinais. Apesar desses pontos positivos, experimentos investigativos normalmente exigem um tempo maior de realização e por vezes requerem algum grau de experiência dos alunos com a realização de práticas experimentais.

A versatilidade das atividades experimentais pode ajudar os estudantes a desenvolver diversas habilidades, atitudes e novos conteúdos, cabendo ao professor escolher a modalidade de experimentação mais adequada à sua realidade e aos seus objetivos de aprendizagem.

A cada atividade experimental desenvolvida no trabalho aqui descrito foi dado um enfoque específico (demonstrativo, verificativo e investigativo) com relação aos objetivos da experimentação. Para o enfoque demonstrativo é proposto um experimento cujo tópico principal é a análise do Efeito Joule em um circuito elétrico utilizando uma salsicha. No enfoque verificativo é proposto o uso de um simulador on-line e gratuito para avaliar as características de circuitos resistivos em série e em paralelo. Para explorar a investigação na experimentação é proposta uma prática que trata do equilíbrio estático de moedas a partir da ação de um ímã, observando a ação do mesmo sobre outros materiais além das moedas.

## 2.1 TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

A aprendizagem é um processo complexo que há muitos anos grandes pensadores teóricos procuram compreender, exemplificar, experimentar e teorizar com o intuito de desvendar e melhorar métodos e processos para o ensino e aprendizagem. Grandes teóricos marcaram a história, tais como Piaget, Bruner, Vygotsky, Ausubel entre outros.

Em 1918, nasce em Nova York, David Ausubel, oriundo de uma família judia e pobre, que teve uma infância educacional baseada em humilhações e castigos em âmbitos escolares. Formou-se em psicologia, e em seguida, dedicou seus estudos à educação, em uma frenética busca para aprimorar a aprendizagem. Antes de seu falecimento em 2008, foi considerado pela Universidade de Columbia, Nova York, professor emérito (MOREIRA, 2015).

Através da aprendizagem significativa sugerida por Ausubel, citada por Moreira (2012) é possível atingir a estrutura cognitiva do aprendiz e criar uma interação do que se pretende ensinar com o conhecimento prévio já obtido pelo estudante. Este processo pode, por sua vez, trazer significado ao aprendiz e ajudá-lo a compreender a importância do conceito em seu cotidiano e encontrar respostas a fenômenos da natureza que se apresenta associada a seu cotidiano.

Conseqüentemente, o fato de aprender torna-se um processo ativo, unindo-se um novo conhecimento ao conhecimento já existente resultando em informações com significados novos (AUSUBEL, 2003, p,106). Logo, o conhecimento ocorre pela atribuição de significado onde o indivíduo aprende, e retém as informações, diferentemente do que ocorre na aprendizagem mecânica, onde o conhecimento fica sujeito ao esquecimento.

A atribuição de significado acontece pois o conhecimento específico já existente no indivíduo, chamado de subsunçor, permite dar significado para que um novo conhecimento seja ancorado, diz Moreira (2012), causando a interação entre eles. Logo, o autor afirma:

“Em termos simples, subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles”. (MOREIRA, 2012, p. 02)

Adicionalmente, Moreira (2006) alega que as novas informações são organizadas de uma forma hierárquica na estrutura cognitiva do aprendiz, e acopladas às antigas pelos subsunçores que vão tornando as ideias mais elaboradas e melhor arrançadas, capazes de acoplar informações novas, tornando assim o processo de aprendizagem cada vez mais significativo, resultando em uma maior estabilidade cognitiva.

Para que haja efetividade nesse processo, Moreira (2012) enaltece duas condições inerentes a uma aprendizagem significativa: 1) o material para este tipo de aprendizagem deve ser potencialmente significativo, ou seja, deve ter significado lógico para o aprendiz. Este material, deve facilitar a assimilação, usando assim as novas ideias para acoplar com os conceitos já existentes, resultando em uma melhor compreensão e até mesmo aprofundamento das ideias antigas. (MOREIRA, 2006). 2) deve ser apresentado pelo aprendiz uma predisposição em aprender, explica:

“A segunda condição é talvez mais difícil de ser satisfeita do que a primeira: o aprendiz deve querer relacionar os novos conhecimentos, de forma não-arbitrária e não-literal, a seus conhecimentos prévios. É isso que significa predisposição para aprender”. (MOREIRA, 2012, p. 08)

Segundo Moreira (2012), esta última condição, não está relacionada a gostar ou não da matéria, mas sim que, por alguma razão, o aprendiz se disponha a interagir aos novos conceitos a estrutura cognitiva prévia, de forma a organizá-la, enriquecendo-a, modificando-a, dando significados aos novos conhecimentos. Esta predisposição, também pode ocorrer mesmo quando o indivíduo não tem conhecimentos prévios adequados, ou quando o material não tem significado lógico.

A fim de obter um material potencialmente significativo, pode-se considerar de grande relevância, o que Ausubel, em uma de suas citações mais conhecidas, menciona:

“O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos.” (AUSUBEL, et al., 1980)

Para construir os significados da aprendizagem de uma maneira mais eficiente, David Ausubel, considera a importância de trabalhar primeiramente temas inclusivos, e depois, progressivamente as questões mais específicas. Esta ordem, representa uma estrutura organizada no qual se armazena o conhecimento cognitivo humano. (AUSUBEL, 1980)

Segundo Moreira (2015), a fim de promover uma aprendizagem significativa, com esta estrutura, cabe ao professor desenvolver quatro tarefas fundamentais para o ensino: 1) identificar e estruturar o conteúdo e organizá-lo hierarquicamente, 2) identificar os subsunçores necessários para o novo conteúdo, 3) verificar no aprendiz os subsunçores presentes na sua estrutura cognitiva, e por fim 4) auxiliar o aprendiz na organização da estrutura cognitiva e na assimilação da estrutura do conteúdo.

Quando acontece de não encontrar subsunçores no aprendiz para ancorar novas aprendizagens, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) dizem que organizadores prévios podem ser utilizados como estratégia para manipular a estrutura cognitiva, aplicando-o também quando se constata que os subsunçores existentes no estudante não são satisfatórios para ancorar o conhecimento. Ausubel (1973) apresenta que o organizador prévio deve estar em um grau de interação entre a antiga e nova ideia, capaz de formar um elo entre elas, e nunca ser um breve resumo do conteúdo que será apresentado.

Adicionalmente, estes organizadores prévios podem ativar os subsunçores que não são utilizados, mas estão presentes em sua estrutura cognitiva. Moreira e MASINI (2006) dão exemplos de alguns organizadores prévios, tais como: textos, esquemas, desenhos, filmes, fotos, perguntas, mapas conceituais entre outros.

Em outras palavras, um professor pode auxiliar na ativação dos subsunçores do aprendiz, inicialmente seguindo a primeira tarefa sugerida por Moreira (2015) de identificar e estruturar o conteúdo e organizá-lo hierarquicamente; pode considerar não somente os organizadores citados, mas também atividades experimentais a fim de ativar subsunçores.

O modelo tradicional, a memorização, é bastante discutida por Ausubel (2003). O autor cita que a memorização não resulta em aquisição de novos significados cognitivos. Este tipo de aprendizagem segundo ele, corresponde a um arquivamento, e se for necessário acioná-lo através de sinônimos, não será possível relacioná-lo ou até mesmo recordá-lo.

Ausubel (2003) compara a memorização com o armazenamento de informações de um computador. Entretanto a aprendizagem para o ser humano é diferente do que para um computador, enquanto o aparelho relaciona informações em uma base de dados, que ali ficam armazenadas, o indivíduo não consegue reter o aprendizado usando esta prática, pois as informações ficam retidas por um período muito curto de tempo, ocasionando o esquecimento,

e dificultando o acesso aos subsunçores, a menos que estes sejam bem aprendidos. Além disto, o autor cita que a memorização torna a aprendizagem vulnerável à interferência de outras informações anteriormente aprendidas e obtidas de forma simultânea ou retroativa.

Ausubel (2003) em sua comparação esclarece que este modelo de aprendizagem, de memorização e o de esquecimento, é considerado associativo e pode estar exposto a interferências tanto de conhecimento anteriores como de conhecimentos posteriores, tornando-se confusa sua assimilação. Comparando com a aprendizagem significativa, o autor cita:

“Por outro lado, a aprendizagem significativa e o esquecimento dependem, em primeiro lugar, do relacionamento dos novos materiais potencialmente significativos com as ideias relevantes da estrutura cognitiva do aprendiz e, em segundo lugar (na ausência de super aprendizagem), da subsequente perda espontânea e gradual de dissociação dos novos significados, adquiridos através desta interação, das ideias ancoradas (subsunção obliterante). Quer na aprendizagem por memorização, quer na significativa, a reprodução real do material retido também é afectada por factores tais como tendências culturais e de atitude e pelas exigências de situação específicas do próprio âmbito de reprodução. Estas diferenças entre os processos de aprendizagem por memorização e significativa explicam, em grande parte, a superioridade da aprendizagem e da retenção significativas em relação aos correspondentes por memorização.” (AUSUBEL, 2003, p.4)

Segundo Moreira (2012), atualmente existe a grande necessidade de aprender e aplicar diferentes formas de ensino, fugindo do tradicional e que sejam aplicadas significativamente a fim de atingir cognição do aprendiz. Moreira (2012) ao citar Ausubel, relaciona duas formas distintas de ensino e aprendizagem, classificando-as de aprendizagem receptiva e por descoberta.

Na aprendizagem receptiva, o aprendiz não é considerado passivo, onde recebe as informações, diz Moreira (2012), esta receptividade pode estar em um livro, uma aula, filmes, experimentos, simulações computacionais entre outros. Ela se relaciona com um modelo no qual o aprendiz utiliza de muita atividade cognitiva, cita:

“Aprender receptivamente significa que o aprendiz não precisa descobrir para aprender. Mas isso não implica passividade. Ao contrário, a aprendizagem significativa receptiva requer muita atividade cognitiva para relacionar, interativamente, os novos conhecimentos com aqueles já existentes na estrutura cognitiva, envolvendo processos de captação de significados, ancoragem, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.” (MOREIRA, 2012, p.13)

A aprendizagem por descoberta, segundo Higa e Oliveira (2012), torna o aprendiz como alguém capaz de redescobrir o conhecimento científico interagindo com o meio de uma forma individual e autônoma. Este processo, segundo Moreira (2012) implica até mesmo na descoberta do que este indivíduo vai aprender. Salienta que, didaticamente, esta é importante por ser motivadora e por facilitar o aprendizado principalmente de procedimentos científicos.

Lembrando que, por ser uma aprendizagem significativa, é imprescindível que haja no indivíduo os requisitos anteriormente citados de conhecimento prévio e predisposição em aprender.

Comparando as aprendizagens significativas por recepção e por descoberta, Moreira (2012) reforça que a aprendizagem significativa não está sempre relacionada com a aprendizagem por descoberta, pelo contrário, o autor alerta que embora a aprendizagem por descoberta seja um método importante, o conhecimento é aprendido mais pela forma receptiva.

“De um modo geral, não é preciso descobrir para aprender significativamente. É um erro pensar que a aprendizagem por descoberta implica aprendizagem significativa. Adultos, e mesmo crianças já não tão pequenas, aprendem basicamente por recepção e pela interação cognitiva entre os conhecimentos recebidos, i.e., os novos conhecimentos e aqueles já existentes na estrutura cognitiva. Seria inviável para seres humanos aprender significativamente a imensa quantidade de informações e conhecimentos disponíveis no mundo atual se tivessem que descobri-los.” (MOREIRA, 2012, p.14)

Moreira (2012), deixa claro que a aprendizagem mecânica e significativas são antagônicas, e o mesmo ocorre com a aprendizagem receptiva e por descoberta. Conclui-se que, dependendo do objetivo do educando, deve-se usar diferentes estratégias de ensino e aprendizagem mediante ao objetivo onde se deseja alcançar.

## 2.2 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Nessa seção é apresentado, de forma objetiva, o panorama sobre a experimentação voltada para o ensino de Física.

### 2.2.1 O uso da experimentação

O processo de ensino e aprendizagem de física é um tema recorrente de preocupação entre os diversos pesquisadores. Este tema, com os anos vem ganhando destaque nos eventos nacionais e internacionais (ALVES FILHO, 2000, p. 96).

Segundo Araújo & Abib (2003):

As dificuldades e problemas que afetam o sistema de ensino em geral e particularmente o ensino de Física não são recentes e têm sido diagnosticados há muitos anos, levando diferentes grupos de estudiosos e pesquisadores a refletirem sobre suas causas e consequências. (ARAÚJO & ABIB, 2003, p.176)

Muitos estudantes alegam que há falta de interesse pela disciplina de Física pela forma como é apresentada nos livros didáticos, este fato, impulsiona muitos estudos com o intuito de aprimorar o ensino de física e promover o interesse e uma participação plena do indivíduo no aprendizado de Física.

Para Moraes e Moraes (2000), uma estratégia educacional que indica bons resultados e tem sido requisitada por alunos e professores e utilizada para minimizar as dificuldades de ensino e aprendizado no ensino de Física, é a experimentação (MORAES & MORAES, 2000, p. 242).

Laburú (2005) também relata que as atividades experimentais reportadas na literatura, em muitos estudos reproduzem o interesse de alunos e professores por atividades desta natureza, onde percebem que a prática experimental é um bom instrumento para a aprendizagem de ciências (LABURÚ, 2005, p. 168).

Sobre experimentação, Campos, Fernandes, Ragni e Souza (2012) citam que esta facilita o aprofundamento de conteúdo ao relacionar conhecimentos prévios dos alunos, aproximando-o à realidade do conhecimento científico.

“As atividades experimentais permitem aos alunos o contato com o objeto concreto, tirando-os da zona de equilíbrio e colocando-os em zona de conflito, construindo mais conhecimentos e posteriormente retornando a zona de equilíbrio” (CUNHA, 2002 apud CAMPOS et al., 2012, p. 5).

Além disto, as atividades experimentais geram vários benefícios para o aprendiz, para o educador e para o ambiente de aprendizagem.

“Estimular a participação ativa dos estudantes, despertando sua curiosidade e interesse, favorecendo um efetivo envolvimento com sua aprendizagem e também, propicia a construção de um ambiente motivador, agradável, estimulante e rico em situações novas e desafiadoras que, quando bem empregadas, aumentam a probabilidade de que sejam elaborados conhecimentos e sejam desenvolvidas habilidades, atitudes e competências relacionadas ao fazer e entender a Ciência” (ARAUJO; ABIB, 2003, p. 190).

Estes autores ressaltam que para o ensino de disciplinas das ciências da natureza tais como física, a experimentação é apontada por educadores e aprendizes como uma das melhores maneiras de diminuir as dificuldades de se ensinar e aprender Física de uma forma significativa e consistente (ARAUJO & ABIBI, 2003).

A forma como são apresentadas as atividades experimentais, é fundamental para que se alcance o objetivo de uma aprendizagem significativa, e cuidados devem ser tomados como explica Uibson & S. Silva Jr. (2014):

“No intuito de a experimentação proporcionar a aprendizagem significativa, os experimentos não devem ser realizados de qualquer maneira. Assim, Carrascosa propõe que as atividades experimentais devem ter um enfoque investigativo. O autor afirma ainda que os estudantes devam participar

ativamente de todos os processos da experimentação, não fazendo somente o que foi prescrito pelo professor. Dessa forma espera-se que a aprendizagem adquirida sirva não somente para a vida escolar do aluno, mas para sua vida como um todo.” (CARRASCOSA, 2006 apud UIBSON et al., 2014, p. 3).

O caráter investigativo em uma experimentação possibilita ao aprendiz o desenvolvimento do pensamento, a tomada de decisões, a organização de esquemas, e do desenvolvimento de habilidades fundamentais na vida social, assim com cita:

“Outro aspecto importante na resolução de situações problema é sua capacidade motivadora, que instiga o aluno a buscar estratégias para solucionar determinado desafio, além do desejo de alcançar um bom resultado, mesmo que isso não aconteça. As tomadas de decisões nem sempre são as melhores, mas abrem possibilidades para refletir sobre os caminhos a serem seguidos, no sentido de visualizar as melhores estratégias, ou as escolhas não tão satisfatórias, o que valoriza as interações entre os sujeitos, potencializando as suas opiniões. Portanto, a situação problema continuará sendo válida, mesmo que as soluções encontradas pelos alunos não sejam satisfatórias.” (CAMPOS, FERNANDES, RAGNI & SOUZA, 2012, p. 5)

Este tipo de didática utilizada, no qual o aprendiz torna-se o ser pensante e reflexivo em uma investigação, desenvolvendo senso crítico-argumentativo e autonomia, possibilita o desenvolvimento de uma educação para vida como cita Campos, Fernandes, Ragni e Souza (2012). Segundo estes, existe uma extrema necessidade de substituir o ensino tradicional de memorização pela possibilidade de educar para a vida e preparar o indivíduo a resolver situações problema de seu cotidiano.

No geral, professores utilizam a metodologia da experimentação para o ensino de Física pois os alunos não se atraem pela disciplina, entretanto, gostam de realizar os experimentos. As atividades experimentais podem desempenhar um papel que vá além desta motivação, mas que facilite o aprendizado de física utilizando-a como instrumento para atingir o subsunçor existente no aluno e possibilitar o ancoramento de novos conceitos.

Embora haja interesse, alguns professores desconhecem muitas das abordagens, classificações e contribuições da experimentação para o ensino. Segundo Galiazzi e colaboradores (2001), muitos tem visões errôneas sobre suas finalidades no contexto escolar. (GALIAZZI, 2001, p. 252).

### **2.2.2 Diferentes classificações da experimentação**

Força, Laburú e Silva (2011) citam que as atividades experimentais realizadas corroboram para que os estudantes se tornem ativos no processo de aprendizagem. No entanto para utilizá-las é necessário conhecê-las. Segundo Alves Filho (2000a), é importante construir uma base teórica de concepções laboratoriais didáticas para que haja um entendimento das

principais características organizacionais, de procedimentos experimentais, mesmo que algumas delas não sejam praticadas atualmente e nem por seus próprios autores. No estudo realizado pelo autor, é proposta uma revisão das abordagens assumidas pelo laboratório didático, classificando-as principalmente por sua execução e objetivos. (ALVES FILHO, 2000a, p. 174).

As propostas organizadas por Alves Filho (2000a), são baseadas em trabalhos que representam atividades experimentais realizadas e são apresentadas a fim de proporcionar uma alternativa para o laboratório didático, com o intuito de melhorar o ensino de Física. Alves Filho explica sobre sua escolha de utilizar teses antigas e não as recentes para esta classificação:

Algumas são frutos de dissertações de mestrado ou teses de doutoramento na área de ensino de Física, outras não oferecem um corpo teórico bastante formal ou estruturado, mas representam a preocupação presente naquela época relativa ao laboratório didático. A exclusão de propostas mais recentes justifica-se pelo tipo de análise feita, onde se utilizou como instrumento a transposição didática. Por outro lado, muitas das proposições atuais, por adotarem o pressuposto construtivista, são utilizadas muito mais como instrumento de pesquisa de explicações ou ideias prévias dos estudantes, do que instrumento para o ensino de Física. (ALVES FILHO, 2000a, p. 174).

O autor apresenta em seu estudo as seguintes classificações para os trabalhos experimentais realizado em laboratórios didáticos:

Laboratório tradicional ou convencional – propõe atribuir aos alunos a manipulação de equipamentos e dispositivos através de uma atividade composta por um roteiro seguido pelo aluno, tornando sua liberdade de ação limitada. Consequentemente, o aluno não possui muito tempo para reflexão e sua capacidade de tomar decisões diminuem já que ele está preso a um receituário experimental. Este tipo de experimentação está focada em tomada de dados, elaboração de gráficos, e análise de resultados.

Laboratório divergente – possui uma dinâmica de atividade que possibilita o aluno desenvolver a capacidade de resolver problemas que não possuem respostas pré-concebidas, trabalhar com sistemas reais físicos e obter uma maior liberdade de decidir os procedimentos experimentais. Primeiramente o aluno conhece os equipamentos e se familiariza com as técnicas de medidas, e em seguida, o aluno escolhe as atividades a serem realizadas e quais objetivos e hipóteses serão testadas. É imprescindível no final deste planejamento que o aluno discuta com seu professor sobre suas propostas com a finalidade de realizar possíveis correções e viabilizar a atividade com os materiais e tempo previsto.

Laboratório de Projetos – oferece uma ampla liberdade de ação para estudantes visando uma oportunidade de treiná-lo para uma futura profissão. Este laboratório tem o objetivo de criar ensaios experimentais e não de obter um aprendizado nos princípios ou conceitos físicos.

Por ser bem estruturado física e materialmente, exige que o aluno domine o conteúdo e as técnicas de medidas, assim também como os procedimentos e planejamentos experimentais.

Laboratório biblioteca – assim como um livro fica disponível na biblioteca, laboratório biblioteca proporciona atividades com experimentos previamente montados de fácil manuseio e de execução rápida que ficam a disposição dos alunos.

Entretanto para Hodson (1994), os objetivos da experimentação podem ser alcançados através de atividades alternativas que não precisem ser desenvolvidas em um laboratório, o uso de simuladores, computadores, aplicativos, filmes, vídeos e experimentos simples de baixo custo podem ser realizados em sala e alcançar os mesmos objetivos.

Rosito (2003) não isenta a importância de um laboratório bem equipado, entretanto defende que os experimentos são possíveis de serem realizados com materiais de baixo custo, dentro ou fora da sala de aula proporcionando um ensino que não esteja concentrado no livro texto e que contribua com o desenvolvimento e a criatividade dos alunos. (ROSITO, 2003, p. 206).

Segundo Laburú (2005), é possível reorganizar o uso da experimentação utilizando quatro categorias: Motivacional, Funcional, Instrucional e Epistemológica. Esta classificação sugeria pelo autor, dá-se ao analisar as justificativas dadas por professores de Física do Ensino Médio, pelas escolhas de experimentos e equipamentos. Justificou-se para cada categoria:

Categoria Motivacional - experimentos que despertam a atenção, provocam, despertam curiosidade, espantam, surpreendem, são legais, causam impacto, impressionam, são úteis e se relacionam com o cotidiano.

Categoria Funcional - experimentos que os materiais são simples, práticos e de fácil acesso, de fácil manipulação, aplicação, preparo e construção tanto pelo professor quanto pelo aluno. Nesta categoria só é aceitável materiais complicados se forem trazidos e preparados pelo professor.

Categoria Instrucional - experimentos que possibilitam uma fácil explicação dos conceitos, uma forma simples de demonstrar fenômenos e compreender princípios físicos. Permite a visualização e a verificação de teorias que promovem o desenvolvimento de conceitos.

Categoria Epistemológica – experimentos que relacionam o empírico com a construção teórica, onde o aluno não fica no abstrato, consegue ver o que se aprende na teoria, desenvolvendo assim para o aluno, uma capacidade de formulação teórica. (LABURÚ, 2005, p. 164-165).

### 2.2.3 Os tipos de experimentação segundo Araújo e Abib

Acredita-se que muitos autores contribuíram e continuam contribuindo para que através da experimentação o ensino de Física possa ser aprimorado atingindo os objetivos da aprendizagem. Com isto, este trabalho, utilizar-se-á como estratégia a classificação citada por Araújo e Abib (2003) às atividades experimentais. Os autores neste estudo, selecionaram cento e vinte e seis artigos publicados sobre experimentação entre os anos de 1992 a 2001. Ao pesquisar e estudar a fundo este amonte, eles classificaram os artigos em cinco categorias tomando como base os aspectos metodológicos relacionados a experimentação, são elas:

Ênfase Matemática – análise feita procura dar ênfase matemática nas abordagens dos conceitos físicos, nos quais foram classificados como quantitativos e qualitativos.

Grau de Direcionamento – verificação do grau no qual as atividades propostas nos experimentos foram direcionadas, se estavam mais próximas do ensino tradicional ou construtivista, classificadas em três categorias, demonstração, verificação ou investigação.

Uso de Novas Tecnologias – detecção dos usos de novas tecnologias nas práticas laboratoriais com o uso de computadores, simuladores, aplicativos ou programas específicos.

Cotidiano – verificação se os assuntos abordados nos artigos se relacionam às situações típicas do cotidiano, abordando assim as causas para os fenômenos ligados ao dia a dia.

Montagem de equipamentos – relaciona-se a trabalhos que tinham como objetivo explicar a montagem de equipamentos, detalhando os materiais nos quais eram confeccionados e suas respectivas aplicações.

Neste momento, para a realização e discussão deste trabalho, focou-se na segunda categoria, o grau de direcionamento das atividades experimentais nos quais os autores classificam os experimentos em demonstrativos, verificativos e investigativos.

#### 2.2.3.1 Experimentos Demonstrativos

Os experimentos de cunho demonstrativos são aqueles executados pelo professor enquanto os alunos observam. Podem ser apresentados no início da aula com o intuito de motivar, ou despertar o interesse do aluno ao tema a ser tratado, ou no final da aula como forma de relembrar os conceitos abordados. Geralmente estas atividades são utilizadas para contribuir

com a aprendizagem na sala de aula e servem para elucidar um fenômeno físico ou alguns aspectos abordados em aula, assim como cita Araújo e Abib (2003):

Provavelmente, a característica mais marcante dessas atividades é a possibilidade de ilustrar alguns aspectos dos fenômenos físicos abordados, tornando-os de alguma forma perceptíveis e com possibilidade de proporcionar aos estudantes a elaboração de representações concretas referenciadas. (ARAÚJO & ABIB, 2003, p. 181)

As atividades demonstrativas podem ser divididas em atividades experimentais fechadas, atividades centradas no professor de simples ilustração de um conceito físico, ou atividades experimentais abertas, no qual o professor elabora e conduz a atividade, entretanto, há uma abertura e uma flexibilidade para discussões, levantamento de hipóteses, reflexão e aprofundamento dos conceitos físicos abordados. (ARAÚJO & ABIB, 2003, p. 181).

Os experimentos demonstrativos são recomendados em algumas situações tais como quando o professor não dispõe de muito tempo, quando há ausência de recursos materiais suficientes para que todos os alunos se reúnam em grupo para realizar a experimentação e quando não há um espaço apropriado para que os alunos realizem o experimento.

Oliveira (2010) alega que embora o uso por professores das atividades experimentais seja utilizado principalmente como motivação, os experimentos de ordem demonstrativa podem ser significativos para a aprendizagem desde que sejam aplicados adequadamente. Para isto sugere as seguintes estratégias a serem aplicadas antes, durante e depois da experimentação.

- Antes: explicar o que se pretende realizar e questionar dos alunos quais são as possibilidades da realização que circundam o experimento.
- Durante: enfatizar aos alunos que observem todas as etapas do experimento atentamente e anotem o que está sendo observado e o que os chamou mais atenção.
- Depois: a indagação do começo deve ser retomada questionando aos alunos e as explicações apresentadas no experimento. Após isto, utilizar do modelo científico para comparar as explicações e ideias prévias dos alunos. Por fim, distribuir um questionário para os alunos responderem em grupo para que possibilite os mesmos a discutir os fenômenos abordados em aula e observados no experimento.

Desta forma, ao propiciar oportunidades de reflexão aos conteúdos observados e tratados em aula, o professor através da experimentação por demonstração, possibilita ao aluno o desenvolvimento da criatividade, da reflexão, da formulação de hipóteses dos fenômenos observados contribuindo assim com uma aprendizagem no qual o aluno será o principal participante ao desenvolver e discutir de uma forma crítica os conceitos científicos abordados. (OLIVEIRA, 2010, p.148)

Araújo e Abib (2003) comentam sobre suas considerações dos artigos analisados de experimentação por demonstração:

Portanto, a análise dos trabalhos que abordam o uso de demonstrações permite constatar que, embora elas geralmente sejam conduzidas inicialmente pelos professores, dependendo do caso, os alunos devem em seguida repetir os procedimentos. Neste sentido, em que pese as limitações de toda atividade de demonstração, uma vez que essas situações em geral são fechadas e definidas pelo que se quer mostrar, na maioria das vezes impossibilitando variações por parte dos estudantes, é fundamental que essa atividade propicie condições para que haja reflexão e análise dos mesmos. (ARAÚJO & ABIB, 2003, p. 182)

### 2.2.3.2 Experimentos Verificativos

O intuito da experimentação por verificação é de desenvolver atividades que buscam validar e confirmar as leis da física. Considera-se importantes atividades verificativas pois estas têm a capacidade de facilitar a interpretação dos sistemas físicos e seus parâmetros. Isto ocorre pois esta torna o ensino estimulante ao promover uma grande participação dos alunos e por estimular uma aprendizagem significativa. Professores que aplicam este tipo de atividades, defendem que além de motivar os alunos, estas podem contribuir para aproximar o aluno de um ensino mais realista evitando erros conceituais e efetuando uma abordagem que não se restrinja a de um livro texto. (ARAÚJO & ABIB, 2003, p. 183)

Ainda sobre a relevância desta experimentação os autores dizem:

Ainda que estas atividades apresentem limitações inerentes a sua própria característica, acredita-se que quando conduzidas adequadamente elas também podem contribuir para um aprendizado significativo, propiciando o desenvolvimento de importantes habilidades nos estudantes, como a capacidade de reflexão, de efetuar generalizações e de realização de atividades em equipe, bem como o aprendizado de alguns aspectos envolvidos com o tratamento estatístico de dados e a possibilidade de questionamento dos limites de validade dos modelos físicos. (ARAÚJO & ABIB, 2003, p. 183)

Além disto, Segundo Oliveira (2010), atividades verificativas proporcionam oportunidades aos estudantes de examinar e visualizar fenômenos que estão de acordo com a lógica apresentada pela teoria, favorecendo assim a aprendizagem e tornando-a palpável ao aluno. O autor cita que este tipo de abordagem necessita que os conteúdos sejam ensinados anteriormente em uma aula expositiva e logo após a aplicação experimental. (OLIVEIRA, 2010, p. 148)

Sobre o roteiro, o autor acrescenta que experimentos verificativos devem ter um roteiro fechado e muito bem estruturado onde aluno seguirá passo a passo e observará e tomará notas dos fenômenos visualizados, medidos e desejados. Conseqüentemente, a condução da atividade

experimental deve ser adequada e é considerada fundamental e indispensável para que os objetivos dos experimentos e o desenvolvimento de posturas e habilidades experimentais nos alunos possam ser alcançados. Algumas estratégias são sugeridas por Oliveira que podem contribuir pedagogicamente para uma eficiente aplicação:

- pedir aos alunos que relatem as explicações científicas e os fenômenos observados, a fim de desenvolver relações entre a teoria e a prática.
- sugerir mudanças dentro do experimento, pequenas variações, para que possam ser realizadas pelos alunos, e elaborar um questionamento dos possíveis fenômenos que aconteceriam mediante as modificações e sugerir explicações para suas respostas.
- experimentar as variações sugeridas, se possível, e verificar se as hipóteses levantadas anteriormente são ou não coerentes. Este processo pode possibilitar um desenvolvimento dos processos cognitivos mais abstrato.
- coletar os dados obtidos por todos os grupos e compará-los a fim de verificar e discutir seus aspectos comuns e possíveis aspectos incomuns.

As vantagens de utilizar experimentação por verificação apontadas por professores incluem que estudantes desenvolvem habilidade de manusear equipamentos, seguir direções, capacidade de preparar e executar um experimento, facilidade em solucionar problemas durante a execução e maior probabilidade de acerto. Para o professor, há também benefícios tais como facilidade de supervisão e avaliação dos resultados conquistados pelos estudantes.

### 2.2.3.3 Experimentos Investigativos

A experimentação por investigação tem um cunho diferenciados das demais. Enquanto experimentos demonstrativos e verificativos possuem características mais fechadas, e elaboradas tendo o professor como peça principal para elaborar e realizar um certo roteiro, as atividades investigativas permitem que os estudantes sejam mais ativos na construção do conhecimento tendo o professor na mediação, como um facilitador deste processo. Em outras palavras, a experimentação por investigação permite ao estudante atuar no experimento em todos os processos desde a interpretação até uma possível resolução do mesmo. Esta é a oportunidade que o estudante tem de analisar a situação problema, coletar os dados necessários, sugerir hipóteses, discutir e argumentar. (SUART & MARCONDES, 2008, p. 4).

De acordo com os autores:

[...] se o estudante tiver a oportunidade de acompanhar e interpretar as etapas da investigação, ele possivelmente será capaz de elaborar hipóteses, testá-las

discuti-las, aprendendo sobre os fenômenos químicos estudados e os conceitos que os explicam, alcançando os objetivos de uma aula experimental, a qual privilegia o desenvolvimento de habilidades cognitivas e o raciocínio lógico. (SUART & MARCONDES, 2008, p.2)

Um dos principais objetivos das atividades investigativas é de propor aos alunos que realizarem experimentos que os integrem a um processo de reflexão, de iniciativa de tomada de decisões, de busca da solução reais e palpáveis para que haja um desenvolvimento de suas habilidades cognitivas. (OLIVEIRA, 2010, p. 149)

Suart & Marcondes (2008) adicionam:

As atividades experimentais investigativas, portanto, podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades cognitivas, desde que sejam planejadas e executadas de forma a privilegiar a participação do aluno. A experimentação pode ter grande poder de desenvolver nos alunos a capacidade cognitiva, e se conduzidas de maneira a favorecer o pensamento lógico, o processo ensino-aprendizagem poderá alcançar resultados satisfatórios quanto ao desenvolvimento dessas habilidades. (SUART & MARCONDES, 2008, p.4)

Esta modalidade de experimentação não depende de uma abordagem prévia em uma aula expositiva dos conteúdos. Antagônico a esta ideia, os fenômenos físicos são discutidos no próprio contexto experimental através do questionamento do estudante em busca de explicações dos fenômenos. Comumente, primeiro se realiza o experimento de forma que suas soluções não sejam previsíveis e as respostas não sejam de imediato fornecidas. Assim, os estudantes serão estimulados e atraídos a refletir, perguntar, argumentar os conteúdos estudados. (OLIVEIRA, 2008, p. 150)

É importante destacar que como as etapas a serem realizadas no experimento são de responsabilidades dos estudantes, este tipo de atividade exige que o professor demande um maior tempo de estudo, para que haja oportunidade do estudante desenvolver as habilidades e a aprendizagem necessária. (SUART & MARCONDES, 2008, p. 3).

Araújo e Abibi (2003) complementam,

Através do conjunto de propostas de atividades com natureza de investigação percebe-se que é possível alcançar uma vasta gama de diferentes objetivos educacionais, uma vez que estas atividades apresentam uma maior flexibilidade metodológica, quando contrastada com as atividades de demonstração e de verificação, embora seja possível, também para estas duas modalidades, o emprego de ações que enriqueçam a sua aplicação prática. Porém, no caso destas atividades o próprio caráter de investigação das mesmas pode ser considerado como um elemento facilitador para uma abordagem que seja centrada nos aspectos cognitivos do processo de ensino-aprendizagem, intrínsecos de uma metodologia que busca uma transformação mais profunda nos estudantes, seja ela vinculada aos aspectos conceituais, relacionados aos conteúdos de Física, ou mesmo comportamentais, como a capacidade de

reflexão, abstração, generalização, síntese e de senso crítico. (ARAÚJO & ABIB, 2003, p. 186)

Consequentemente, através da gama de atividades experimentais que podem ser desenvolvidas em sala de aula, é possível obter melhores resultados no ensino através do envolvimento ativo do aluno no processo de aprendizagem. As diferentes atividades experimentais podem ajudar os estudantes a desenvolver diversas habilidades de aprendizagem, cabe ao professor escolher a modalidade de experimentação que o auxiliará na desenvoltura das habilidades que deseja que seu aluno obtenha.

Na figura 2.1 Oliveira (2010) traz uma visão didática das modalidades de experimentação e uma compilação das características principais de cada modelo. Assim, percebe-se facilmente qual o papel do professor e do aluno, informações sobre roteiros e a posição ocupada pelo do professor durante a experimentação, assim como também as vantagens e desvantagens dos métodos experimentais.

**Figura 2. 1** Resumo das principais características das atividades de demonstração, verificação e investigação, as quais são descritas no quadro.

	<b>Tipos de abordagem atividades experimentais</b>		
	<b>DEMONSTRAÇÃO</b>	<b>VERIFICAÇÃO</b>	<b>INVESTIGAÇÃO</b>
<b>Papel do professor</b>	Executar o experimento; fornecer as explicações para os fenômenos	Fiscalizar a atividade dos alunos; diagnosticar e corrigir erros	Orientar as atividades; incentivar e questionar as decisões dos alunos
<b>Papel do aluno</b>	Observar o experimento; em alguns casos, sugerir explicações	Executar o experimento; explicar os fenômenos observados	Pesquisar, planejar e executar a atividade; discutir explicações
<b>Roteiro de atividade experimental</b>	Fechado, estruturado e de posse exclusiva do professor	Fechado e estruturado	Ausente ou, quando presente, aberto ou não estruturado
<b>Posição ocupada na aula</b>	Central, para ilustração; ou após a abordagem expositiva	Após a abordagem do conteúdo em aula expositiva	A atividade pode ser a própria aula ou pode ocorrer previamente à abordagem do conteúdo
<b>Algumas vantagens</b>	Demandam pouco tempo; podem ser integrada à aula expositiva; úteis quando não há recursos materiais ou espaço físico suficiente para todos os alunos realizarem a prática	Os alunos têm mais facilidade na elaboração de explicações para os fenômenos; é possível verificar através das explicações dos alunos se os conceitos abordados foram bem compreendidos	Os alunos ocupam uma posição mais ativa; há espaço para criatividade e abordagem de temas socialmente relevantes; o "erro" é mais aceito e contribui para o aprendizado
<b>Algumas desvantagens</b>	A simples observação do experimento pode ser um fator de desmotivação; é mais difícil para manter a atenção dos alunos; não há garantia de que todos estarão envolvidos	Pouca contribuição do ponto de vista da aprendizagem de conceitos; o fato dos resultados serem relativamente previsíveis não estimula a curiosidade dos alunos	Requer maior tempo para sua realização. Exige um pouco de experiência dos alunos na prática de atividades experimentais

Fonte: Oliveira (2010, p. 150).

# Capítulo 3

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E PREPARAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

---

Os temas escolhidos para serem abordados nas atividades experimentais, estão relacionados a circuitos elétricos e ao magnetismo. Estes tópicos foram selecionados devido à dificuldade observada em anos de docência que os estudantes apresentam em compreender os princípios fundamentais dos temas abordados tais como corrente elétrica, resistência elétrica, tipos de circuitos elétricos e campo magnético.

Isto se dá também ao fato de auxiliar os estudantes a atingirem as competências e habilidades necessárias sugeridas pela BNCC, a Base Nacional Comum Curricular, com relação ao conteúdo de eletricidade, e compreensão e uso das tecnologias.

Observou-se em vivência na sala de aula por exemplo, que os estudantes não conseguiam fazer uma conexão com a teoria e os aspectos relacionados a eletricidade e magnetismo de seu cotidiano. Portanto, surgiu a necessidade de através da estratégia da experimentação auxiliar a reflexão e ao aprofundamento dos conteúdos escolhidos e ajudá-los a relacioná-los ao seu cotidiano.

Por exemplo, denomina-se circuito elétrico a uma trajetória fechada pela qual ocorre a movimentação de cargas elétricas de uma região para outra. Em outras palavras, o circuito elétrico é o caminho pelo qual há transferência de energia de um local para outro. Os circuitos elétricos são de suma importância no contexto atual por estar presente no cotidiano através do uso de aparelhos domésticos e industriais, em sistemas de transmissão e recepção de TV, em computadores e na distribuição de energia elétrica (YOUNG; FREEDMAN, 2015).

Historicamente, antigos cientistas gregos e os filósofos atomistas mencionavam sobre vários fenômenos, que hoje denomina-se elétricos, eles observavam que quando diferentes materiais ao serem esfregados tinham a capacidade de atrair pequenos objetos, entretanto para alguns materiais específicos a atração ocorria sem o atrito entre objetos. William Gilbert (1544 – 1603), matemático, filósofo, médico, cientista e físico, foi um dos primeiros a elaborar experimentos e a empreender estudos sistemáticos do Magnetismo e Eletricidade. Stephen Gray (1696 – 1736) em um de seus trabalhos, mostrava que podia-se deslocar eletricidade de um objeto para outro ao serem unidos por um fio. Benjamin Franklin (1706 – 1790) afirmava que eletricidade não era criada por atrito, mas sim transferida de um objeto para outro; ele foi o primeiro a introduzir a ideia de fluido elétrico. O estudo da eletricidade e magnetismo foi se fortalecendo com o tempo até chegar nos conceitos atuais, apoiados pela experimentação, pelo aprofundamento matemático e pelo auxílio e avanço da tecnologia. (PIRES, 2011)

A fim de compreender melhor o funcionamento da eletricidade em circuitos elétricos é necessário aprofundar os conceitos de algumas ideias básicas dos circuitos, tais como corrente elétrica, resistência, força eletromotriz e circuitos. Neste capítulo apresentamos os conceitos de eletricidade e magnetismo que fundamentam os experimentos realizados.

### 3.1 CORRENTE ELÉTRICA

O movimento ordenado das cargas elétricas de uma região para outra em um material, denomina-se corrente elétrica. Entretanto, não é qualquer movimento elétrico que ocasiona na formação da corrente elétrica. Em materiais condutores como cobre por exemplo, os elétrons se movem livremente no interior do material. O movimento destes elétrons é livre e caótico, ou seja, eles se movimentam em todas as direções, assim como moléculas de gás no espaço; contudo, os elétrons não escapam do material, pois estão ligados à sua estrutura. Devido ao movimento desordenado dos elétrons, não existe fluxo efetivo de cargas em qualquer direção e, portanto, não há corrente (YOUNG; FREEDMAN, 2015).

No interior de um condutor, quando um campo elétrico estacionário  $\vec{E}$  constante é estabelecido, partículas carregadas, tais como os elétrons livres, são submetidas a uma força estacionária diretamente proporcional ao campo elétrico de  $\vec{F} = q\vec{E}$ . Essa força, faz as partículas se movimentarem na direção do campo aplicado, o que leva a ocorrência de colisões com os íons do material, aumentando o grau de agitação das moléculas e conseqüentemente a

temperatura do material. Com isto, o campo elétrico  $\vec{E}$  incita um movimento lento das partículas carregadas na direção da força elétrica  $\vec{F}$ , denominado de movimento de arraste, e descrito pela velocidade de arraste  $\vec{v}_a$ , resultando em um fluxo ordenado, ou seja, a corrente elétrica resultante no condutor (YOUNG; FREEDMAN, 2015).

Comparando-se a lenta velocidade de arraste  $\vec{v}_a$  de aproximadamente  $10^{-4}$  m/s, com a velocidade média caótica dos elétrons de  $10^6$  m/s, nota-se que mesmo com esta diferença, a corrente elétrica propicia o acendimento imediato de dispositivos em um circuito elétrico. Isto se dá devido ao campo elétrico formado rapidamente no interior de um condutor, com uma velocidade próxima da velocidade da luz, ocasionando a imediata movimentação dos elétrons. Portanto, quando uma pessoa acende uma lâmpada ligando seu interruptor, não se leva em consideração o tempo em que se movimentam os elétrons do interruptor até a lâmpada, mas sim a própria movimentação dos elétrons que estão próximos da lâmpada faz com que praticamente instantaneamente a lâmpada acenda (YOUNG; FREEDMAN, 2015).

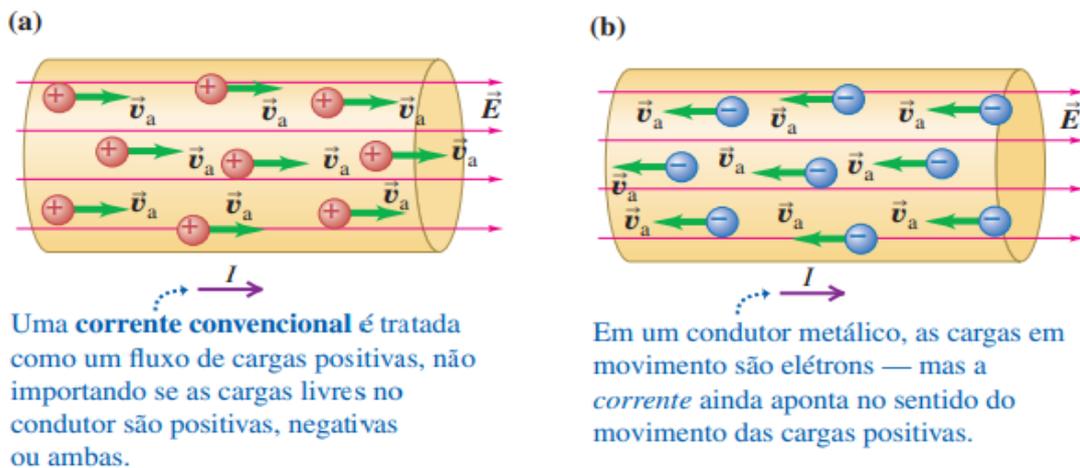
Nos materiais que conduzem corrente elétrica, as partículas que se movem podem ser positivas ou negativas. Em metais, por exemplo, as cargas que se movimentam são os elétrons livres (cargas negativas); em gases ionizados, tais como plasmas ou em soluções iônicas, as partículas abarcam os elétrons e íons positivos (YOUNG; FREEDMAN, 2015).

Na figura 3.1(a), indica-se um seguimento de material onde uma corrente  $I$  está no mesmo sentido do deslocamento das cargas positivas. A força elétrica  $\vec{F}$  possui o mesmo sentido do campo elétrico  $\vec{E}$  e conseqüentemente o mesmo sentido de sua velocidade de arraste  $\vec{v}_a$ . Na figura 3.1(b), o seguimento de material indica a movimentação das cargas negativas no sentido oposto do campo elétrico  $\vec{E}$ . Isto se dá, devido ao sentido da força elétrica  $\vec{F}$  que também está no sentido oposto ao campo, ocasionando que a velocidade de arraste  $\vec{v}_a$  também se encontre no mesmo sentido, da direita para a esquerda. Entretanto o fluxo de corrente contínua no mesmo sentido do campo elétrico  $\vec{E}$ . O sentido escolhido da corrente é, por convenção, o sentido no qual ocorre o movimento das cargas positivas, denominado corrente convencional (YOUNG; FREEDMAN, 2015).

Considerando-se que um fluxo de cargas  $dQ$  se mova através de uma determinada área com seção de reta de um material em um certo intervalo de tempo  $dt$ , é estabelecida uma corrente elétrica através da área que é dada pela seguinte equação:

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad (3.1)$$

Figura 3. 1 Sentido das cargas positivas e negativas de uma corrente elétrica



Fonte: YOUNG; FREEDMAN, 2015

Embora, tenha se tratado até o momento que a corrente elétrica possui um sentido, é importante ressaltar que esta não é uma grandeza vetorial. O transporte da corrente se dá através do comprimento do fio independentemente se os fios são retilíneos ou curvilíneos.

A corrente elétrica possui unidade no Sistema Internacional (SI) denominada de ampère. Um ampère equivale a um Coulomb por segundo ( $1A = 1 C/s$ ). Esta unidade foi dada em homenagem ao cientista francês André Marie Ampère (1775 – 1836) devido suas grandes descobertas. Ele observou que dois fios paralelos conduzindo correntes elétricas que fluíssem na mesma direção se atraíam, e se repeliam se as duas correntes fluíssem em direções opostas. Em 1825, inventou o galvanômetro, aparelho que mede correntes elétricas (PIRES, 2011).

Diferentemente do conceito de corrente, a densidade de corrente  $\vec{J}$  é uma grandeza vetorial. Esta, por sua vez, tem a função de descrever o comportamento do fluxo das cargas em um determinado ponto. O módulo, sentido e direção da densidade de corrente podem variar ao longo de um circuito, e seu módulo pode ser determinado pela equação a seguir:

$$J = \frac{I}{A} \quad (3.2)$$

## 3.2 RESISTÊNCIA ELÉTRICA

Antes de definir o significado de resistência elétrica, é importante compreender que em todo material a densidade de corrente depende do campo elétrico aplicado e de como o material responde a esse campo elétrico. Essa relação é complexa, pois também depende da temperatura do material. Porém, ao considerar bons condutores, tais como os metais, em uma certa temperatura, a razão entre os módulos do campo elétrico e a densidade de corrente é aproximadamente constante e denominada resistividade  $\rho$  do material (YOUNG; FREEDMAN, 2015), conforme mostra a equação 3.3

$$\rho = \frac{E}{J} \quad (3.3)$$

Cada material possui um valor de resistividade. Um condutor, por exemplo, possui uma resistividade muito pequena, na ordem de grandeza de  $10^{-8} \Omega \cdot m$ , e um isolante uma resistividade bem maior na ordem de  $10^8$  a  $10^{16} \Omega \cdot m$ . A equação 3.3 resulta em uma forma mais conhecida como primeira lei de Ohm, em homenagem ao físico alemão Georg Simon Ohm. Através de suas observações definiu que o conceito de resistência elétrica é diretamente proporcional a diferença de potencial e inversamente proporcional a corrente elétrica.

Materiais podem ser chamados de condutores lineares ou ôhmicos quando em uma temperatura específica, o valor da resistividade  $\rho$  é constante e não depende do valor do campo elétrico. Em materiais considerados não ôhmicos (ou não lineares) a densidade da corrente depende do campo elétrico de uma forma mais complexa.

Considerando-se um condutor metálico, a resistividade deste quase sempre cresce com o aumento da temperatura. Em um intervalo pequeno de temperatura, a resistividade pode ser calculada por:

$$\rho(T) = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)] \quad (3.4)$$

Onde  $\alpha$  é o coeficiente de temperatura da resistividade,  $\rho_0$  a resistividade numa temperatura de referência  $T_0$ .

Ao considerar um condutor de seção reta uniforme  $A$  de um fio com  $L$  de comprimento, a densidade de corrente é uniforme em qualquer área e o campo elétrico constante, e com isto em uma extremidade do condutor tem-se um potencial maior de energia e na outra um potencial menor, ocasionando uma diferença de potencial  $V$  nas extremidades do condutor. A intensidade do campo elétrico entre as extremidades desse condutor é dada por:

$$E = \frac{V}{L} \quad (3.5)$$

Considerando essa última equação e a equação 3.3, temos que:

$$\rho J = \frac{V}{L} \quad (3.6)$$

Substituindo a equação 3.2 na 3.6 temos que:

$$\rho \frac{I}{A} = \frac{V}{L} \quad (3.7)$$

Como citado anteriormente, em materiais em que a resistividade seja constante, a densidade da corrente é proporcional ao campo. A equação 3.7 expressa que a corrente elétrica  $I$  é proporcional à diferença de potencial  $V$ . Assim, denomina-se resistência  $R$ , a razão entre a diferença de potencial ( $V$ ) entre os pontos de um condutor e a corrente elétrica ( $I$ ) que flui entre esses pontos:

$$R = \frac{V}{I} \quad (3.8),$$

Sendo:

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad (3.9).$$

Quando a resistividade  $\rho$  e a resistência  $R$  são constantes o material é um condutor ôhmico. A equação 3.9 é conhecida como a segunda lei de Ohm.

Assim, na equação 3.4, a resistividade de um condutor varia com a temperatura. A resistência de um dado condutor também varia da mesma forma dada pela seguinte equação:

$$R(T) = R_0 [1 + \alpha(T - T_0)] \quad (3.10)$$

Nessa última (3.10),  $R(T)$  é a resistência em uma temperatura  $T$ ,  $R_0$  a resistência em uma temperatura inicial  $T_0$ , e  $\alpha$  o coeficiente de temperatura da resistência desde que as características físicas do condutor tais como comprimento  $L$  e área  $A$  não variem apreciavelmente com a temperatura.

Enquanto a relaciona-se a resistência as propriedades físicas dos materiais, define-se resistores como dispositivos eletrônicos que utilizam-se desta propriedade para limitar a corrente elétrica através da conversão de energia elétrica em energia térmica. Estes resistores podem ser encontrados comercialmente e utilizados em circuitos elétricos. Eles geralmente são cilíndricos com fios nas suas extremidades e marcados com faixas de cores padrão onde indicam a intensidade da resistência do dispositivo.

### 3.3 CIRCUITOS ELÉTRICOS

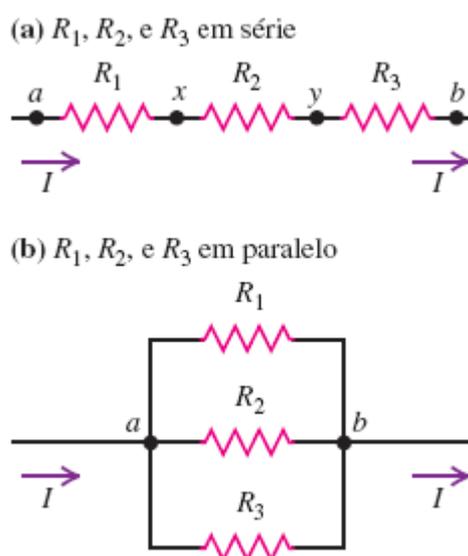
Circuito elétrico é uma junção de dispositivos elétricos ou eletrônicos através dos quais pode circular uma corrente elétrica. De uma forma geral, os circuitos precisam possuir uma fonte de energia, conectada através de fios condutores a receptores que transforma a energia elétrica em outras modalidades de energia.

Um circuito elétrico básico necessita de uma fonte de alimentação, resistores e outros elementos todos conectados entre si, onde a intenção de analisar um circuito elétrico é avaliar as diferentes formas de conectar estes dispositivos, estudar suas correntes, voltagens e resistências equivalentes, potência elétrica e outras propriedades de interesse.

Analisando diferentes circuitos percebe-se que estes possuem muitos resistores combinados de formas diferentes. Por exemplo, um circuito em uma instalação elétrica residencial e circuitos de lâmpadas usadas em decorações natalinas. Para compreender algumas destas associações consideraremos três resistores de resistências  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ , conectados de formas diferentes.

Um circuito está em série quando seus dispositivos estão em sequência, ou seja, a corrente elétrica tem somente um caminho para percorrê-lo. Na figura 3.2 (a), apresenta-se o trecho de um circuito com três resistores em sequência onde os pontos a e b representam que as conexões dos resistores a uma diferença de potencial, proporcionada pela fonte.

Figura 3. 2 Dois modos diferentes de associação de resistores



Fonte: YOUNG; FREEDMAN, 2015

Nos circuitos em série a corrente  $I$  deve ser a mesma para todos os resistores. A diferença de potencial em cada resistor pode ser calculada utilizando a equação 3.8. Dessa forma:

$$V_{ax} = I.R_1, \quad V_{xy} = I.R_2 \quad e \quad V_{yb} = I.R_3$$

Se os valores das resistências forem diferentes, a ddp para cada resistor também será diferente, caso sejam iguais, suas tensões também serão iguais. A diferença de potencial total, entre os terminais a e b pode ser calculada pela soma das tensões ou aplicando-se a equação 3.8 utilizando-se da soma de todos os resistores:

$$V_{ab} = V_{ax} + V_{xy} + V_{yb} = I(R_1 + R_2 + R_3) \quad (3.11)$$

$$\frac{V_{ab}}{I} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (3.12)$$

Sendo  $R_{eq}$  a resistência equivalente do circuito, observa-se pela generalização da equação 3.12 que, para resistores associados em série, ela é calculada pela soma de todas as resistências individuais de cada resistor.

Na figura 3.2 (b), está a representação dos resistores associados em paralelo, onde os pontos a e b representam junções de 3 ou mais fios, chamadas de nós, que conectam os resistores em ramos diferentes. A corrente total  $I$ , no nó  $a$  divide-se em  $I_1, I_2$  e  $I_3$  (uma corrente respectiva para cada ramo de cada resistor). A corrente elétrica em cada ramo não necessariamente será a mesma, isto só ocorrerá se os valores dos resistores forem iguais. Entretanto, como a diferença de potencial entre dois pontos não depende da trajetória, a tensão aplicada nos terminais de cada resistor associado em paralelo é igual a  $V_{ab}$ , sendo a mesma para todos os resistores, por estarem entre os mesmos potenciais. Para cada ramo temos que:

$$I_1 = \frac{V_{ab}}{R_1}, \quad I_2 = \frac{V_{ab}}{R_2} \quad e \quad I_3 = \frac{V_{ab}}{R_3} \quad (3.13)$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = \left( \frac{V_{ab}}{R_1} + \frac{V_{ab}}{R_2} + \frac{V_{ab}}{R_3} \right) = V_{ab} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

$$\frac{I}{V_{ab}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}, \quad \text{como } \frac{I}{V_{ab}} = \frac{1}{R_{eq}} \text{ então:}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (3.14)$$

Na associação em paralelo, a resistência equivalente será sempre menor que qualquer resistência individual, pois o inverso da resistência equivalente é igual à soma dos inversos das resistências individuais.

A equação 3.14 pode ser usada para qualquer associação em paralela, no entanto, considerando dois resistores  $R_1$  e  $R_2$ , tem-se que  $R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

Para  $n$  resistores em paralelo de mesmo valor tem-se que  $R_{eq} = \frac{R}{n}$

Em circuitos mais gerais, onde conecta-se resistores em forma de redes, é necessário usar as regras contidas nas leis de Kirchhoff, as quais abrangem a conservação da carga aplicada a um nó e do princípio de conservação da energia aplicada em uma rede em circuito fechado.

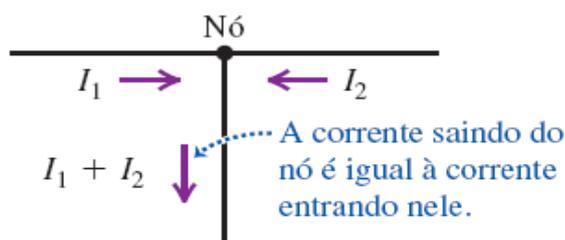
Os circuitos em série e em paralelo como anteriormente citados são ideais para circuitos simples. Resistores conectados por muitas redes precisam ser analisados através das Leis dos nós e Leis das malhas, que compõe as Leis de Kirchhoff são considerados circuitos complexos.

Um nó é uma junção de três ou mais condutores no qual em cada condutor percorre uma corrente. Quando há o encontro destas pelo nó, aplica-se a lei dos nós onde a soma algébrica de todas as correntes que entram e que saem do nó é nula (eq. 3.15).

$$\sum I = 0 \quad (3.15)$$

Considerando-se a conservação da carga elétrica e que um nó não retem cargas, toda a carga elétrica que entra no nó precisa ser igual a toda carga elétrica que sai, em outras palavras, como a carga por unidade de tempo é a corrente elétrica, a somatória de toda corrente elétrica que entra, precisa ser igual a somatória de toda a corrente que sai, como demonstra a figura 3.3.

Figura 3. 3 Lei dos nós (soma das correntes que entram é igual as correntes que saem).

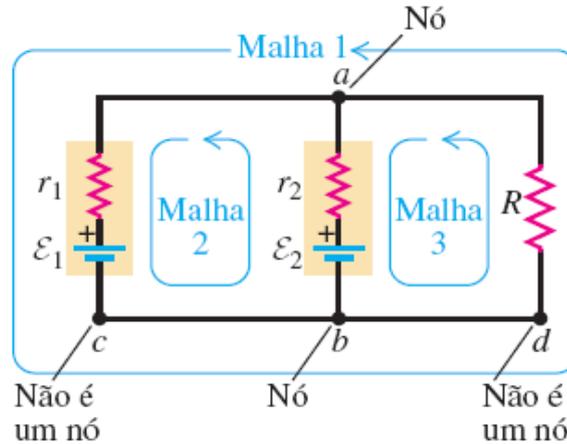


Fonte: YOUNG; FREEDMAN, 2015

Uma malha é um caminho entre condutores e resistores que esteja fechado como demonstrado na figura 3.4. Em cada malha, a soma algébrica de todas as diferenças de potencial também é nula, como indica a equação 3.16

$$\sum V = 0 \quad (3.16)$$

Figura 3.4 Circuito com 3 malhas

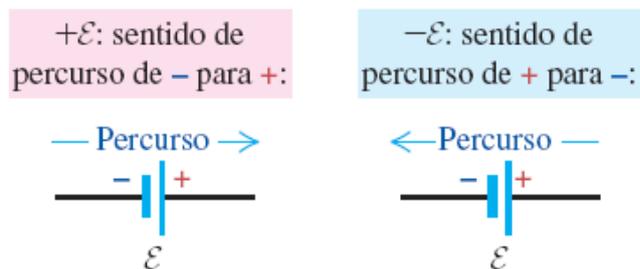


Fonte: YOUNG; FREEDMAN, 2015

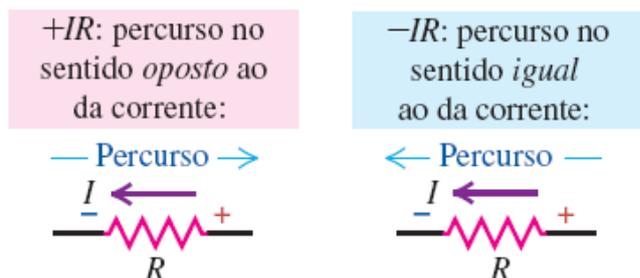
A lei das malhas é fundamentada na conservação das forças eletrostáticas. Ao escolher uma malha, e percorrê-la, medindo cada diferença de potencial de todos os elementos do circuito, a soma algébrica de cada malha é nula. A fim de determinar o sinal de cada tensão, em cada força eletromotriz (*fem*), é necessário analisar o sentido do percurso adotado, o primeiro potencial (pólo de entrada) da *fem* (figura 3.5 (a)) Para resistores, analisa-se, o sentido da corrente elétrica de cada resistor em comparação com o sentido do percurso como demonstrado na figura 3.5 (b).

Figura 3.5 Condições de sinal para utilizar a lei das malhas

(a) Convenções de sinais para fem



(b) Convenções de sinais para resistores



Fonte: YOUNG; FREEDMAN, 2015

### 3.4 EFEITO JOULE

Nos circuitos elétricos é possível encontrar um fenômeno físico relevante no qual ocorre a conversão da energia cinética das partículas elétricas que se movimentam em uma corrente elétrica em energia térmica, devido às colisões sucedidas no percurso. Essa conversão de energia é denominada efeito Joule. Seja qual for o material condutor acoplado em um circuito, sempre haverá uma resistência elétrica, ou seja, uma oposição a passagem da corrente, onde os elétrons começam a se chocar.

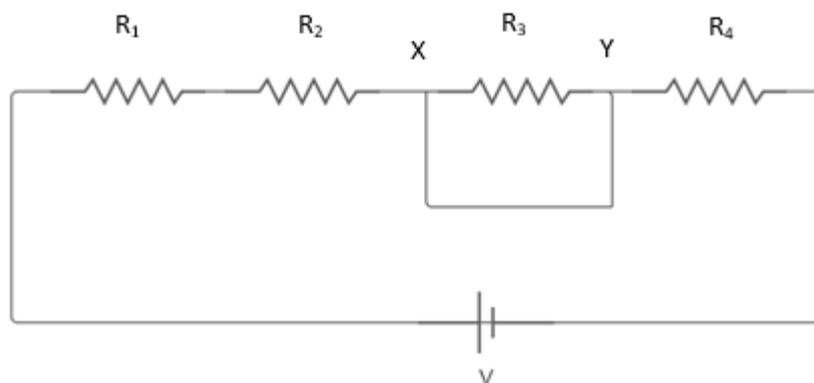
Como demonstrado na equação (3.10), a resistência do material aumenta com o aumento da temperatura devido ao aumento da agitação das moléculas e das colisões entre elas, pois aumenta os obstáculos que estão no caminho dos elétrons podendo ocasionar a fusão e ou a combustão do material.

### 3.5 CURTO-CIRCUITO

Situações que envolvem o curto-circuito, podem ocorrer por falhas mecânicas, pela perda de isolamento de um condutor, ou até mesmo, quando uma diferença de potencial aplicada em um condutor de baixa resistência gera uma corrente elétrica muito elevada provocando uma fusão de fios ou até mesmo um incêndio. O curto-circuito pode ser produzido quando se conecta um fio com um certo valor de potencial em outro com de mesmo valor (YOUNG; FREEDMAN, 2015).

Portanto, quando um resistor está conectado em seus terminais pelo mesmo potencial, quando a corrente elétrica atinge um ponto X do circuito e é desviada por um fio de resistência nula para outro ponto Y. Assim, os pontos X e Y passam a ter potencial igual tal como na figura 3.6, e, como pelo resistor 3 não passa corrente, diz-se que o mesmo está em curto-circuito (ou também que esse trecho do circuito está em curto-circuito).

Figura 3. 6 Resistor sob o mesmo potencial



Fonte: Pesquisadora

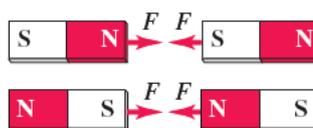
### 3.6 MAGNETISMO

Segundo Young & Freedman (2015), fragmentos de minério de ferro imantados foram observados pela primeira vez na antiga cidade de Magnésia no oeste da Turquia. Entretanto, segundo Pires (2011), acredita-se que instrumentos com propriedades magnéticas já eram usados nas expedições chinesas 1.100 A.C.

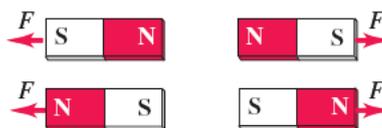
Um material magnético por natureza, conhecido como ímã permanente, tem sua propriedade magnética descrita a partir da atribuição de duas polaridades para o mesmo: uma denominada Norte magnético (N) e outra denominada Sul magnético (S). Os pólos magnéticos de um determinado material interagem com os pólos magnéticos de outro material. A título de ilustração, essa interação ocorre entre uma bússola e o campo magnético terrestre. A bússola é um instrumento de orientação geográfica, constituído por um ímã em forma de agulha magnética que gira livremente e tende a se alinhar de acordo com o campo magnético terrestre. Através da bússola e um ímã, ou entre dois ímãs é possível observar e compreender a relação de interação magnética entre as polaridades dos ímãs, onde polos iguais se repelem (figura 3.7 (a)) e polos diferentes se atraem (figura 3.7 (b)).

**Figura 3. 7 Força magnética entre polos**

(a) Polos opostos se atraem



(b) Polos iguais se repelem



Fonte: YOUNG; FREEDMAN, 2015

Materiais que não possuem propriedades magnéticas podem também sofrer alteração na orientação de seus elétrons e serem atraídos por ímãs independentemente da polaridade. Os materiais podem ser classificados como:

**ferromagnéticos:** que são facilmente imantados na presença de um campo magnético podendo formar ímãs temporários, tal como o ferro, cobalto e níquel. Esses ímãs temporários podem gerar uma forte atração magnética com outros materiais;

**paramagnéticos:** que possuem elétrons desemparelhados e que na presença de um campo magnético se orientam a favor do mesmo, culminando em uma atração magnética. Esta atração, por sua vez, é muito fraca quando comparada com aquela devida ao ferromagnetismo. São exemplos de materiais paramagnéticos o alumínio, magnésio e o sulfato de cobre.

**diamagnéticos:** são materiais que na presença de um campo magnético seus ímãs elementares são orientados de forma contrária originando uma fraca repulsão tendo como exemplo a prata, cobre e chumbo.

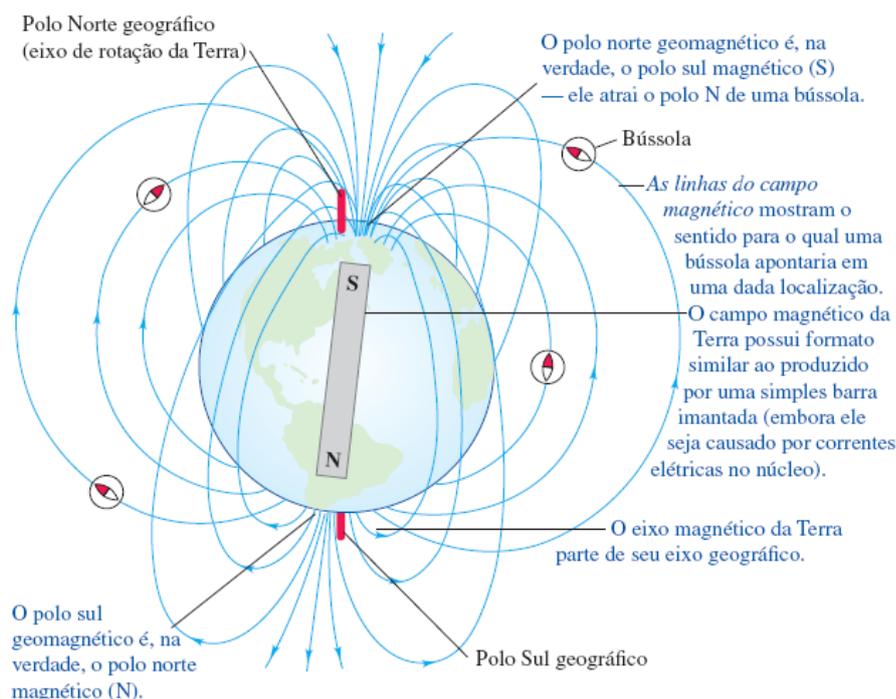
### 3.7 CAMPO MAGNÉTICO

Todo material magnético possui ao seu redor uma região chamada de campo magnético na qual uma corrente elétrica ou uma carga está sujeita a uma força  $\vec{F}$  de atração ou repulsão. Segundo Hans Christian Oersted, uma carga móvel ou uma corrente elétrica, também cria um campo magnético em sua vizinhança (YOUNG; FREEDMAN, 2015). Este campo é

representando pela letra  $\vec{B}$ , uma grandeza vetorial na qual seu sentido está direcionado saindo do polo Norte magnético (N) em direção o Sul magnético (S).

O planeta Terra é um ímã devido sua composição. Devido a isso, a Terra possui um pólo norte e um pólo sul magnético, que se encontram respectivamente no polo sul e norte geográficos. Ao redor da terra um campo magnético é formado como indicado na figura 3.8. Uma bússola move-se de acordo com o campo magnético terrestre, tendo seu polo norte magnético atraído pelo polo sul magnético da terra, indicando assim o polo norte geográfico.

**Figura 3. 8 Representação do campo magnético terrestre**



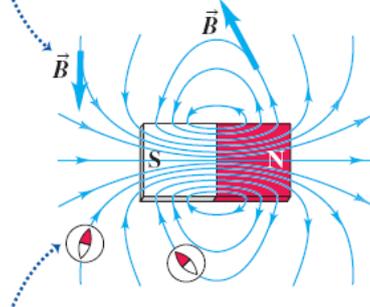
**Fonte: YOUNG; FREEDMAN, 2015**

Qualquer campo magnético pode ser representado por linhas demonstrativas de campo (denominadas linhas de campo) onde em cada parte da linha existe um vetor campo magnético  $\vec{B}$  tangente a ela. Nos pontos onde há um número maior de linhas de campo o módulo do campo magnético é elevado, e conforme há distanciamento entre as linhas, o módulo do campo vai diminuir. As linhas de campo não se interceptam devido aos campos possuírem somente uma direção e sentido. Em um ímã em barra as linhas de campo magnético são representadas como na figura 3.9.

**Figura 3.9 Linhas de campo magnético de um ímã**

Em cada ponto, a linha do campo é tangente ao vetor do campo magnético  $\vec{B}$ .

Quanto mais compactadas forem as linhas do campo, mais intenso será o campo nesse ponto.



Em cada ponto, as linhas do campo apontam no mesmo sentido que uma bússola apontaria...

... portanto, as linhas do campo magnético apontam *para fora* dos polos N e *para dentro* dos polos S.

**Fonte: YOUNG; FREEDMAN, 2015**

# Capítulo 4

## DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA E APLICAÇÃO DO PRODUTO

---

A proposta desta dissertação foi aplicada em três atividades de forma remota. Cada atividade tinha como objetivo observar a contribuição à aprendizagem a partir de experimentações distintas, tais como classificadas por Araújo e Abib (2003) em demonstrativas, verificativas e investigativas.

Os experimentos foram aplicados no mês de setembro de 2021, período no qual os alunos ainda estavam em isolamento pela pandemia da COVID 19. As atividades foram realizadas em três sextas-feiras, no período contraturno, utilizando a plataforma Zoom <https://zoom.us/> (acesso 24/06/2022). Um valor estimativo de custos em cada experimento foi realizado onde se encontra tabelas orçamentais ao final deste documento.

Durante a descrição dos experimentos observar-se-á uma pequena diminuição dos participantes durante os encontros, isto se deu devido alguns compromissos particulares de saúde, familiares e escolares dos envolvidos.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA TURMA DE APLICAÇÃO

O público para o qual esse estudo foi dirigido é composto por estudantes matriculados no primeiro, segundo e terceiro anos do ensino médio, compreendendo uma faixa etária entre 14 e 18 anos em uma escola particular, instalada na cidade de São José dos Campos.

Nesta escola, todo o currículo de física de ensino médio é ministrado nos dois primeiros anos, e no terceiro ano utiliza-se de um material revisional. A escolha de incluir todas as séries foi realizada com o intuito de verificar indícios da aprendizagem significativa de Ausubel em alunos com distintos conhecimentos prévios. Para isso, uma semana antes de cada experimento, os alunos receberam um questionário (apêndice A) sobre a teoria a ser desenvolvida para que

fossem identificados alguns dos conhecimentos prévios de cada aluno sobre o assunto a ser tratado.

Uma parte das atividades da pesquisa envolveu a realização de experimentações nas residências dos próprios estudantes, sendo executadas pelos mesmos, conduzidas remotamente por um tutor (docente) e com a supervisão de um adulto responsável quando foi necessário. Uma outra parte das experimentações propostas foi realizada em ambiente virtual a partir do uso de simuladores on-line gratuitos.

Os alunos participantes se inscreveram de livre e espontânea vontade. Eles foram orientados sobre a importância do estudo e decidiram participar com o propósito de fazer parte deste trabalho. Nenhum tipo de gratificação (nota ou outros) foi oferecido pela participação dos mesmos.

Inicialmente, metade dos alunos inscritos eram alunos do primeiro ano do ensino médio, e a outra metade dividida igualmente entre alunos do segundo e terceiro. Através das atividades experimentais houve algumas desistências principalmente relacionadas aos alunos dos segundos e terceiros anos.

O estudo que aqui relataremos pesquisa vinculada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física e ao Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade da Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, sendo aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da mesma instituição cumprindo assim as normativas do comitê como demonstrado através do parecer consubstanciado do CEP no apêndice C. Documentos de autorização dos pais de menores de 18 anos, o TECLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido) e de assentimento dos alunos, o TALE (Termo de Assentimento Livre e Esclarecido) também se encontram no mesmo apêndice.

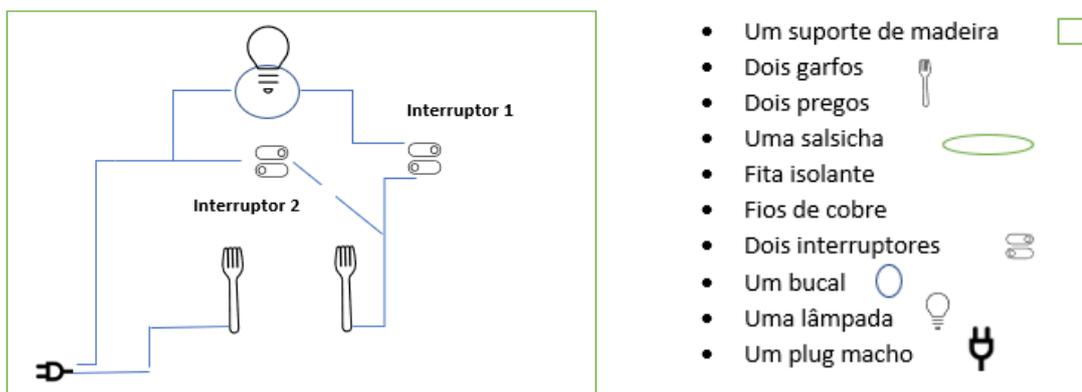
O CEP é relevante pois é usado para prever e eliminar riscos durante a pesquisa padronizando e estabilizando o processo. Otimizando assim os recursos, diminuindo as incidências de erros e melhorando a qualidade do trabalho final. Para este trabalho especificamente o CEP teve a importância de resguardar o trabalho realizado com alunos do EM salvaguardando os participantes da pesquisa.

## 4.2 EXPERIMENTAÇÃO POR DEMONSTRAÇÃO

Neste experimento foram abordados conteúdos de eletrodinâmica de um circuito em série aberto e fechado, e o efeito Joule. Através de uma aula expositiva com o auxílio de slides (apêndice A) foram apresentados conceitos introdutórios da eletrodinâmica tais como tensão elétrica, corrente elétrica, associação de resistores e efeito Joule.

Para realizar este experimento montou-se um circuito como demonstrado na figura 4.1 (a), usado na experimentação para a associação em série do circuito aberto e fechado, assim como a demonstração do curto. Os materiais utilizados para montar este experimento se encontram na figura 4.1 (b), assim como materiais que serão adicionados durante o experimento. Nesta demonstração dividiu-se a experimentação em duas partes: circuito aberto e circuito fechado.

Figura 4. 1. (a) Suporte com a montagem do circuito (b) materiais utilizados

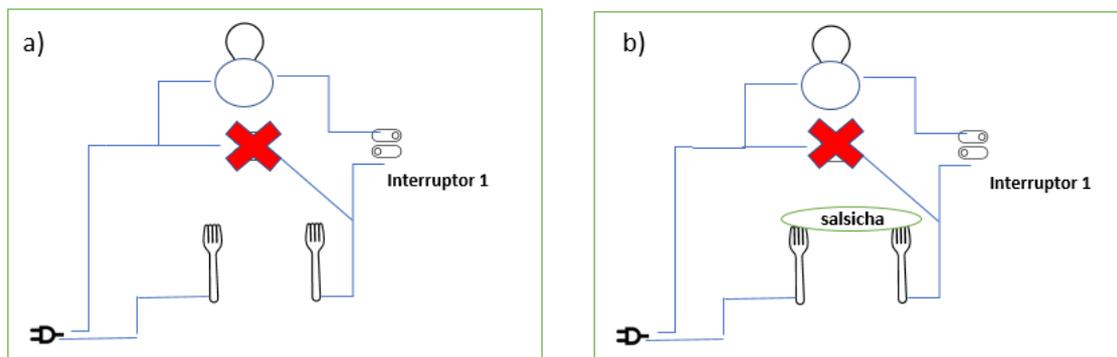


Fonte: Pesquisadora.

### 4.2.1 Circuito aberto e circuito fechado

Nesta parte do experimento demonstrado pela professora, usou-se a montagem como esquematizado na figura 4.2 (a) e (b). Através de uma associação em série entre uma lâmpada e dois garfos, iniciou-se o experimento conectando-o na tomada e ligando somente o interruptor 1 (figura 4.3 (a)). Neste momento foi possível discutir com os alunos o porquê a lâmpada não acendia. Chegou-se à conclusão de que os garfos não estavam conectados entre si, e que o circuito estava aberto, verificando-se assim a necessidade de fechar o circuito; para tal, colocou-se uma salsicha conectando os garfos (figura 4.3 (b)), fechando o circuito.

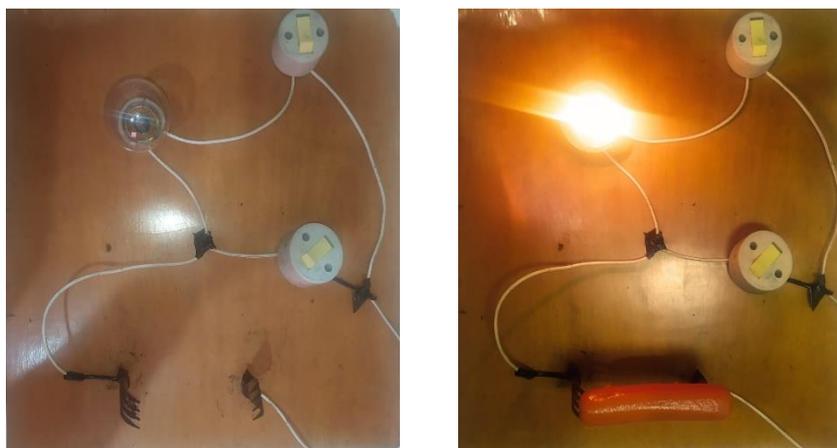
Figura 4. 3. Representação esquemática do circuito elétrico nas configurações aberta a) e fechada b).



✘ **Atenção!** Para esta parte da experiência este interruptor deve permanecer desligado.

Fonte: Pesquisadora.

Figura 4. 5 Foto da experimentação do circuito (a) aberto e (b) fechado



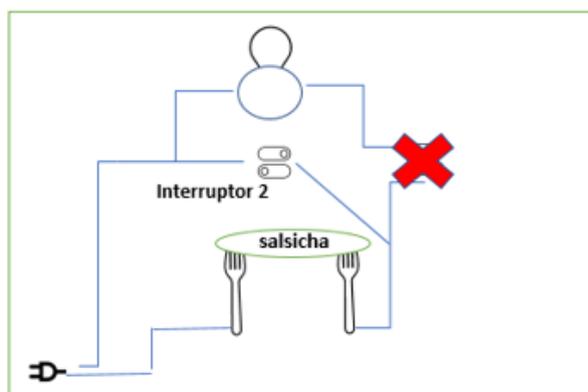
Fonte: Pesquisadora.

É importante ressaltar que durante todo o processo medidas de segurança foram tomadas tais como manter uma distância segura do experimento e desligar o interruptor e o plug da tomada antes de colocar a salsicha. Após fechar o circuito com a salsicha, a lâmpada acendeu, demonstrando-se assim as leis da eletrodinâmica discutidas na teoria.

#### 4.2.2 Efeito Joule em um circuito

Nesta parte da experimentação usou-se o esquema da figura 4.4, onde o interruptor 1 estava desligado e o interruptor 2 estava ligado.

Figura 4. 7. Representação esquemática do circuito elétrico a fim de analisar o Efeito Joule.



✘ **Atenção!** Para esta parte da experiência este interruptor deve permanecer desligado.

Fonte: Pesquisadora.

Todos cuidados e medidas de segurança também foram tomados nesta parte do experimento tais como citadas anteriormente, antes e depois da execução. Ao ligar o segundo interruptor com a salsicha, conectou-se a salsicha diretamente a rede elétrica. Em poucos segundos observou-se que a coloração da salsicha estava mudando devido ao seu aquecimento e faíscas e conseqüentemente fumaça da queima da mesma (figura 4.5). Os alunos, eufóricos com o ocorrido, começaram a justificar o porquê isto estava acontecendo.

Figura 4. 9. Foto experimentação salsicha em curto

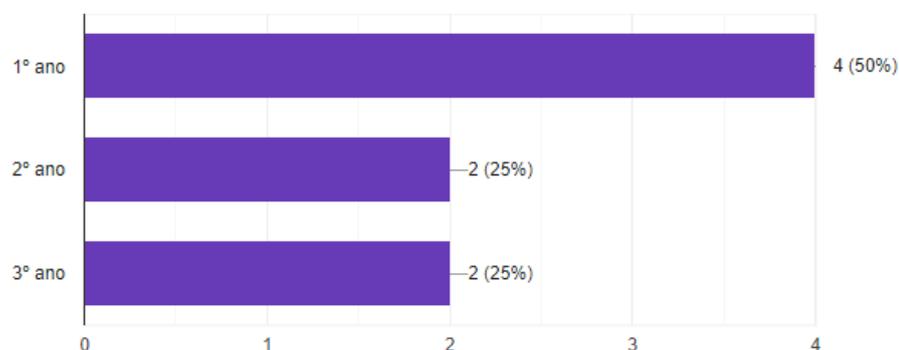


Fonte: Pesquisadora.

É importante ressaltar que antes de o experimento ser aplicado, analisou-se o questionário previamente respondido pelos alunos, para que seus conhecimentos prévios fossem fortalecidos a fim de proporcionar um aprofundamento de conhecimento. Após a experimentação por demonstração, o mesmo questionário enviado anteriormente foi aplicado aos alunos além de outras questões sobre a percepção deles sobre a experimentação. A análise desses resultados é apresentada a seguir.

O gráfico 4.1 demonstra o perfil dos alunos participantes do experimento relacionando-os as series do ensino médio na qual participam.

**Gráfico 4. 1. Alunos participantes do primeiro dia no experimento demonstrativo**



Fonte: Pesquisadora.

### Análise das questões relacionadas ao conteúdo

A tabela 4.1 apresenta a porcentagem dos acertos das oito questões respondidas pelos alunos antes e depois da experimentação. Destas questões, sete eram objetivas e uma dissertativa. Ao analisar os resultados verificou-se que houve um aumento no número de acertos.

**Tabela 4. 1. Porcentagem de alunos que acertaram as questões antes e depois do experimento.**

Questões	Antes	Depois
1	50%	87,5%
2	50%	75%
3	87,5%	100%
4	75%	100%
5	75%	100%
6	37,5%	75%
7	62,5%	87,5%
8	25%	75%

Fonte: Pesquisadora.

No questionário, após cada questão, foi perguntado aos alunos qual o grau de confiança em escolher aquela resposta, o aluno tinha que escolher entre 0%, 25%, 50%, 75% e 100%.

No apêndice B apresenta-se uma tabela com as respostas de cada aluno e seu grau de confiança ao respondê-las. Os gráficos de 4.2 a 4.9 demonstram o grau de confiança apresentado pelos alunos.

O questionário se encontra no apêndice A deste documento, entretanto abaixo há uma breve descrição sobre os conteúdos abordados em cada questão:

Questão 1: Circuito aberto/fechado e em série ou paralelo;

Questão 2: Relação de luminosidade da lâmpada com resistores em série ou em paralelo.

Questão 3: Circuito aberto/fechado em série ou paralelo quando uma lâmpada queima.

Questão 4: Circuito em série e em paralelo relacionados a uma lâmpada queimada.

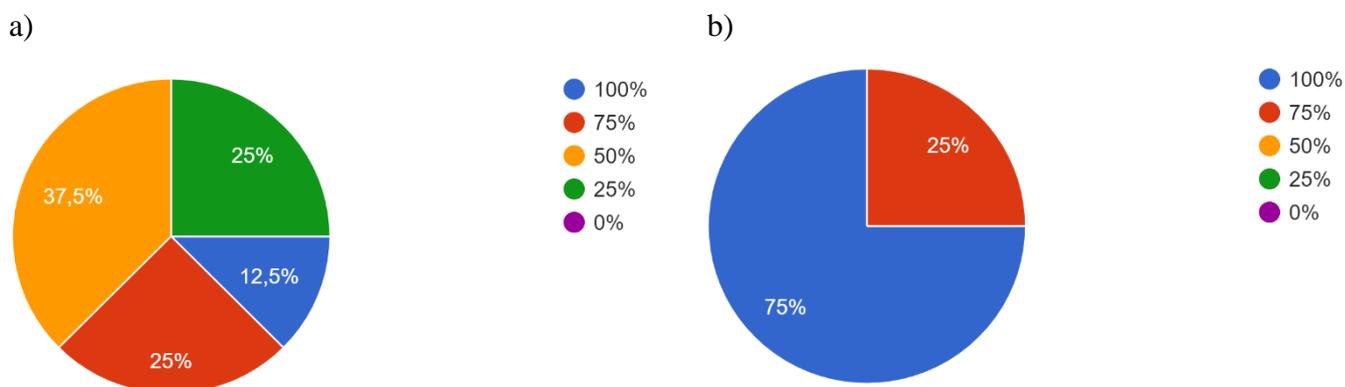
Questão 5: Circuito em paralelo, comportamento da corrente elétrica quando em um nó.

Questão 6: Montagem de circuito em série/paralelo com várias lâmpadas que funcionem uma de cada vez.

Questão 7: Circuito em série e curto-circuito.

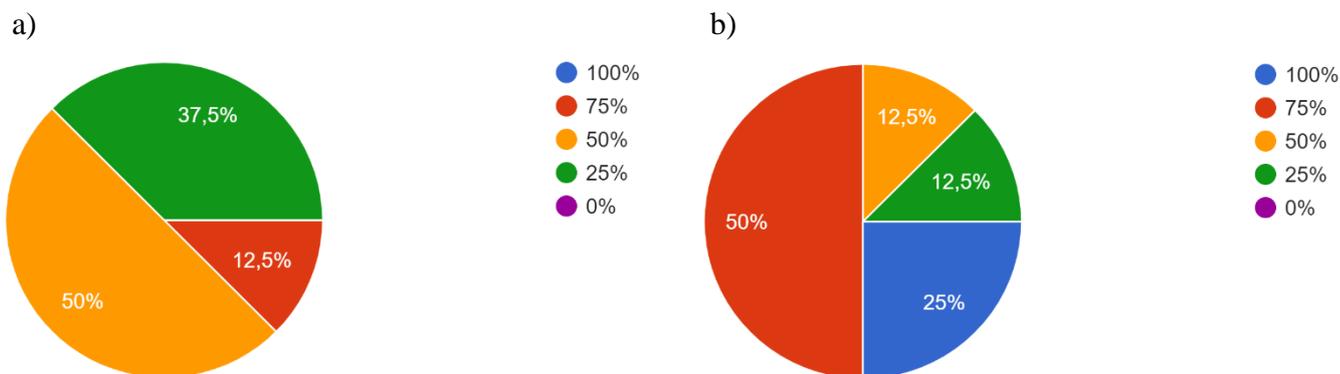
Questão 8: Relação entre voltagens em circuitos em série/paralelo.

**Gráfico 4. 2.** Grau de confiança em responder à questão 1, (a) antes e (b) depois da experimentação. O gráfico expressa a porcentagem de alunos e a legenda o grau de confiança.



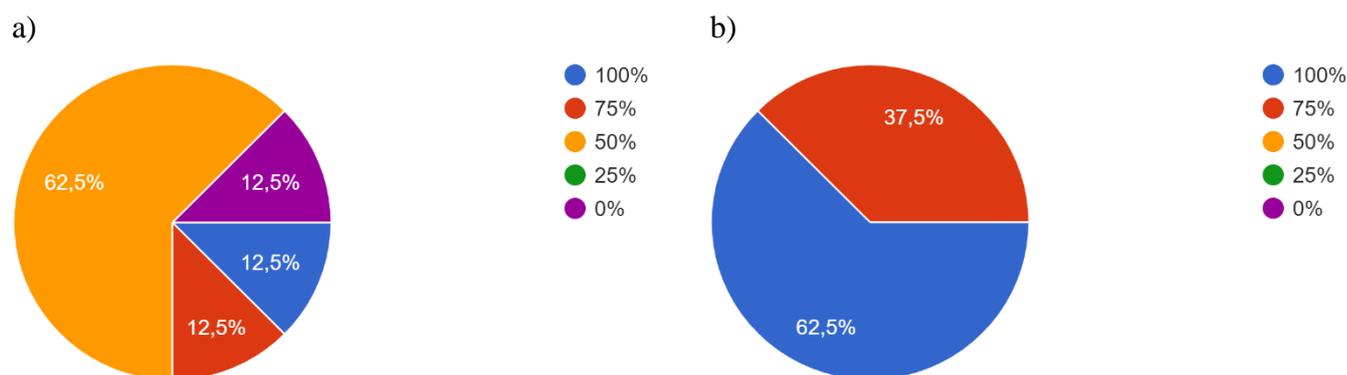
Fonte: Pesquisadora.

**Gráfico 4.3.** Grau de confiança em responder à questão 2, (a) antes e (b) depois da experimentação. O gráfico expressa a porcentagem de alunos e a legenda o grau de confiança.



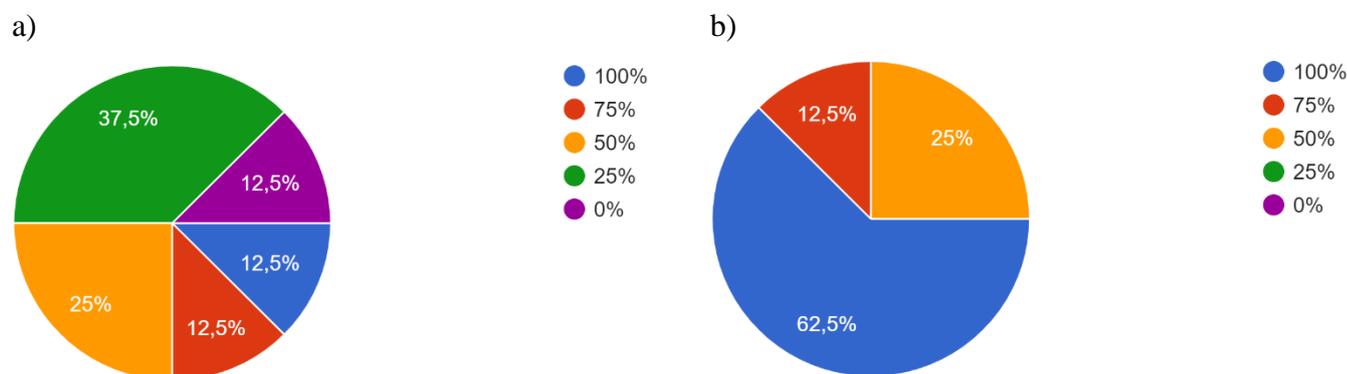
Fonte: Pesquisadora.

**Gráfico 4.4.** Grau de confiança em responder à questão 3, (a) antes e (b) depois da experimentação. O gráfico expressa a porcentagem de alunos e a legenda o grau de confiança.



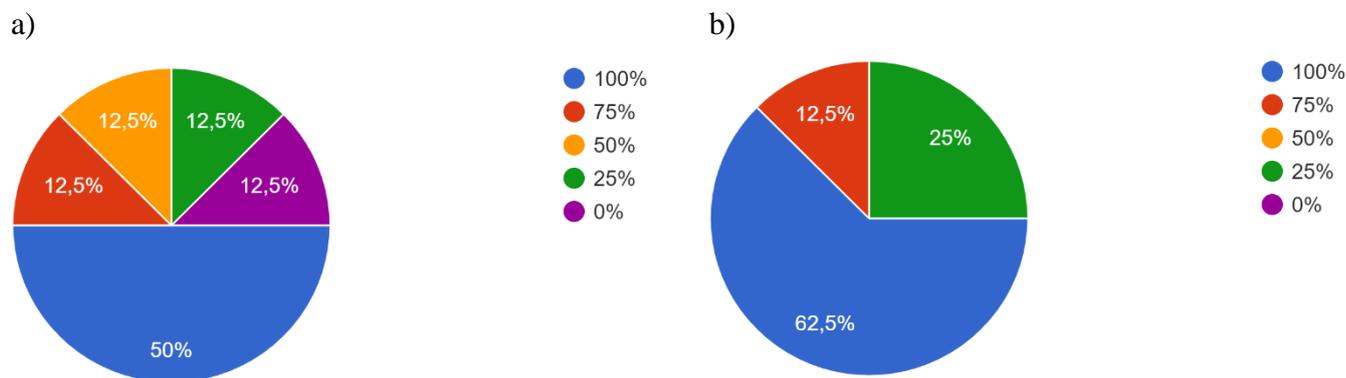
Fonte: Pesquisadora.

**Gráfico 4.5.** Grau de confiança em responder à questão 4, (a) antes e (b) depois da experimentação. O gráfico expressa a porcentagem de alunos e a legenda o grau de confiança.



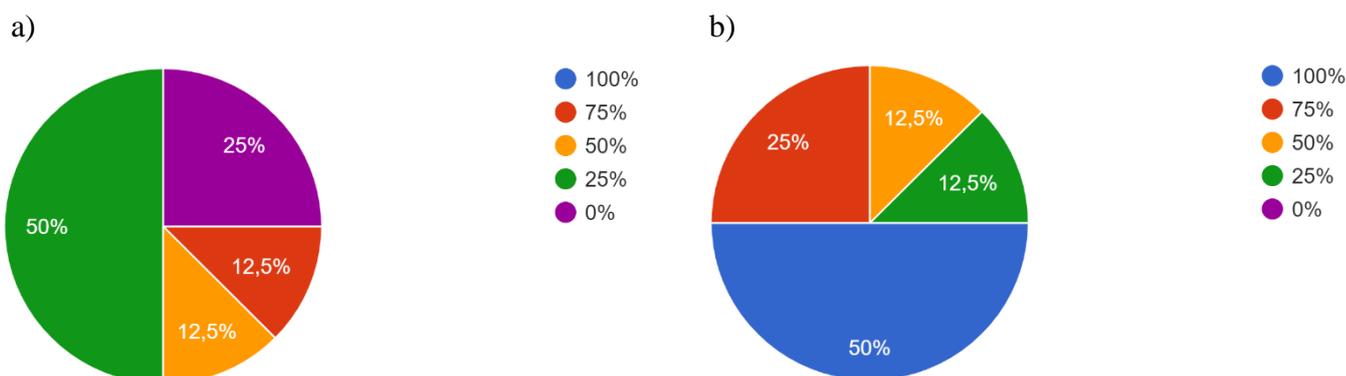
Fonte: Pesquisadora.

**Gráfico 4. 6. Grau de confiança em responder à questão 5, (a) antes e (b) depois da experimentação. O gráfico expressa a porcentagem de alunos e a legenda o grau de confiança.**



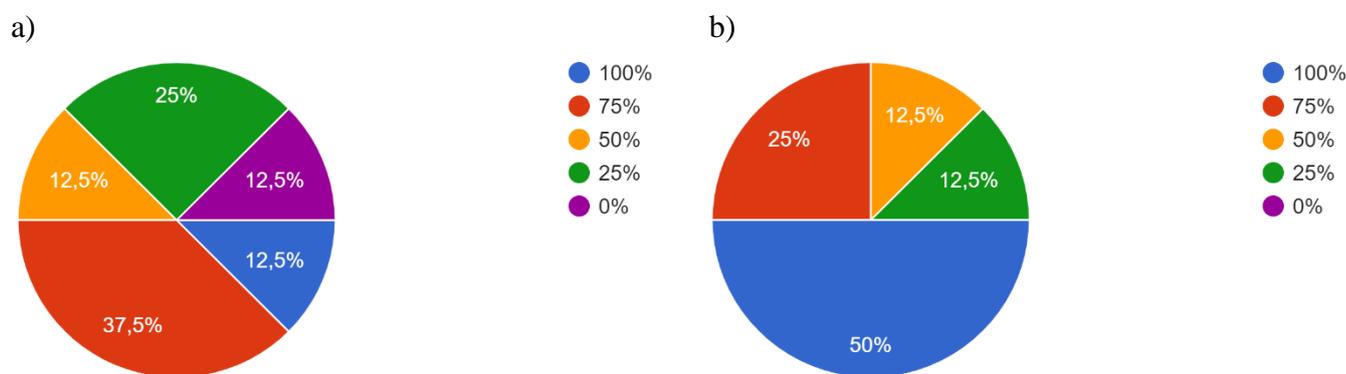
Fonte: Pesquisadora.

**Gráfico 4. 7. Grau de confiança em responder à questão 6, (a) antes e (b) depois da experimentação. O gráfico expressa a porcentagem de alunos e a legenda o grau de confiança.**



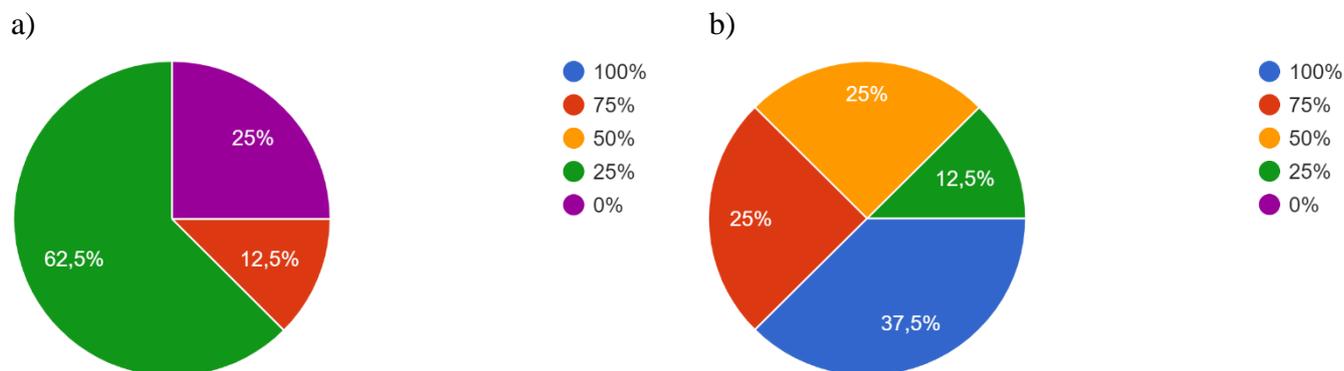
Fonte: Pesquisadora.

**Gráfico 4. 8. Grau de confiança em responder à questão 7, (a) antes e (b) depois da experimentação. O gráfico expressa a porcentagem de alunos e a legenda o grau de confiança.**



Fonte: Pesquisadora.

**Gráfico 4.9. Grau de confiança em responder à questão 8, (a) antes e (b) depois da experimentação. O gráfico expressa a porcentagem de alunos e a legenda o grau de confiança.**



Fonte: Pesquisadora.

Analisando o grau de confiança em cada questão, verifica-se que na maioria delas houve um aumento na confiança em responder as questões. Um bom exemplo está relacionado a questão 5 que antes obteve-se 75% de acertos e um grau de confiança bem variável, encontrando alunos que tinham menos de 50% de confiança ao responder à questão. Após a experimentação, todos os alunos acertaram, e o gráfico 4.6 (b), indica que o grau de confiança depois do experimento aumentou significativamente.

Na questão 6, representada no gráfico 4.7 (a), indica que um quarto dos alunos estavam pouco seguros na escolha da resposta, porém, após a experimentação por demonstração gráfico 4.7 (b), metade dos alunos estavam 100% confiantes, e a outra metade aumentou sua confiança; portanto não havia mais alunos que indicassem 0% de confiança ao responder a questão. Esta questão abordava tanto circuitos em série como em paralelo, pelo fato deles terem no momento um pouco mais de contato com o circuito em série, provavelmente aumentou sua confiança ao respondê-la.

#### Análise das questões relacionadas a percepção dos alunos em relação ao experimento de demonstração realizado de forma remota

De uma forma geral, o experimento por demonstração foi satisfatório para a maior parte dos alunos. Inicialmente demonstraram-se tímidos, entretanto no decorrer da experimentação participaram fazendo perguntas tanto pelo microfone quanto pelo chat tais como:

Aluno F: “o que acontece se ligar e colocar os dedos no garfo?”

Aluno B: “Batata tb é um bom condutor? Vi isso em algum filme hahah”

Aluno B: “A salsicha ainda pode ser comida após o experimento? 🤔”

Aluno F: *“vc vai comer a salsicha?”*

Aluno E: *“cheirinho ta gostoso?”*

Aluno C: *“o garfo ta ficando preto??”*

Aluno A: *“esse seria o efeito joule ne prof?”*

Muitos alunos acreditam que as aulas experimentais auxiliam na absorção de conteúdo pois permitem que visualizem e se envolvam com a teoria. Um dos alunos cita sobre a experimentação:

Aluna C: *“Foi boa, pois reforçou na prática os conceitos que eu já havia visto em aula e construiu uma ligação mais forte do conteúdo à minha memória.”*

Esta fala, exemplifica o que Moreira (2012) cita sobre a aprendizagem significativa de Ausubel, no qual a experimentação foi uma ponte que ajudou o aprofundamento e retenção de conteúdos prévios, se relacionando novos conhecimentos com aqueles que já existem na estrutura cognitiva do aluno.

Outros aspectos relacionados a experimentação por demonstração remota também foram citados:

Aluno G: *“Acredito que presencial realmente seja diferente do online (tem a emoção de estar "ao vivo e a cores", etc), mas acho que o jeito que foi feito, desde a posição da câmera até o material didático, não prejudicou nem um pouco a absorção do conteúdo e talvez até tenha ficado mais pessoal a aula, no sentido de que é mais fácil fazer comentários e perguntas por meio da aula online.”*

Esta fala ressalta a importância de ter boas imagens e recursos para auxiliar a visualização dos alunos, além de ajudar a compreender o alcance dos trabalhos realizados de forma remota quando o professor e alunos possuam equipamentos simples que possibilitam a transmissão e visualização.

Uma parte dos alunos preferiu não fazer comentários; alguns alegaram que estavam sem o microfone, ou que demoraria para escrever todas as perguntas e comentários no chat do aplicativo. Em contrapartida, ainda sobre a experimentação remota, outro aluno menciona:

Aluna G: *“Gostei de como era possível responder as perguntas que eram feitas simplesmente demonstrando com o experimento e como nós fazíamos comentários no chat que talvez não conseguiriam ser feito em uma sala de aula, talvez pelo número de pessoas que poderia ter ou porque não seria possível todos verem o experimento tão de perto.”*

Outro aspecto importante citado pelos alunos foi o quanto ficaram motivados em ver na prática a aplicação da teoria e quanto a experimentação ajuda na compreensão dos conteúdos de forma mais consolidada.

### 4.3 EXPERIMENTAÇÃO POR VERIFICAÇÃO

No experimento por verificação, que tem como intuito comprovar as previsões de uma determinada teoria através da experimentação, foram abordados conteúdos de eletrodinâmica de circuitos simples em série e paralelo. Através de uma aula expositiva com o auxílio de slides (apêndice A) foi apresentado conceitos introdutórios da eletrodinâmica tais como tensão elétrica, corrente elétrica, associação de resistores.

Para o experimento verificativo, aplicado de forma remota foi entregue para cada aluno um roteiro (apêndice A). O intuito deste experimento era de verificar o comportamento da tensão e da corrente elétrica em circuitos simples, série e paralelo a partir do uso do simulador computacional (laboratório virtual) PhET Interactive Simulations, um projeto educacional da Universidade do Colorado Boulder, que não possui fins lucrativos que permite o acesso a educação e a simulações de diversas áreas da ciência. (PHET INTERACTIVE SIMULATION. **Kit para Montar Circuito DC – Lab Virtual.** Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc) (Acesso em: 16 mai.2022.)

No laboratório virtual os alunos tinham acesso a diferentes dispositivos virtuais, conectores, fontes, assim como instrumentos de medidas para medir corrente, resistência e tensão.

Após uma breve explicação teórica sobre os assuntos abordados, os alunos acessaram o simulador e foi dado um tempo para que conhecessem as funções, os dispositivos e seu manuseio para criar circuitos e fazer medições. Neste momento várias dúvidas sobre a manipulação do laboratório surgiram e foram sanadas. Em seguida, foi solicitado que os estudantes seguissem os procedimentos sugeridos pelo roteiro.

Durante cada procedimento, os alunos seguiram os passos indicados no roteiro e montaram um arquivo com prints de cada circuito, preenchendo uma tabela dos valores medidos de tensão e corrente em cada procedimento. Este material foi enviado junto ao questionário 2, que apresentavam as mesmas questões relacionadas ao conteúdo do experimento anterior, assim como questões pertinentes à percepção dos alunos sobre experimentação por verificação.

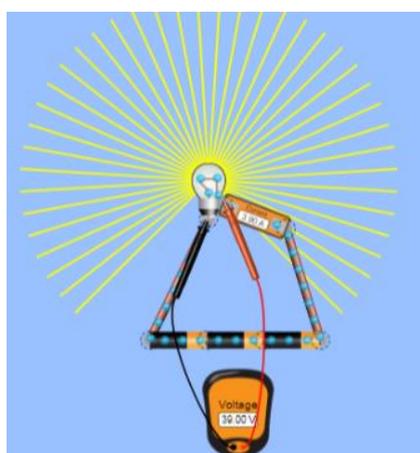
É importante ressaltar que cada aluno teve a liberdade de escolher os valores de tensão em cada bateria e da resistência em cada lâmpada. Para cada procedimento, os alunos selecionaram os fios, lâmpadas e três baterias conectadas em sequência formando diferentes circuitos. Em seguida preencheram as tabelas com os dados medidos de corrente total, corrente

em cada lâmpada, tensão total e tensão em cada lâmpada a fim de compararem os valores medidos com aqueles previstos pela teoria.

### 4.3.1 Procedimento 1: Circuito Simples

Após usar os dispositivos indicados no roteiro, os alunos montaram um circuito simples com apenas uma lâmpada, e três baterias conectadas em série e fizeram medições de sua corrente e tensão. A figura 4.6 representa um circuito formado pelo aluno A e a tabela com seus valores medidos.

Figura 4. 11. Circuito simples e tabela de medidas elaboradas pelo aluno A



Procedimento 1	
Corrente elétrica (A)	
Amperímetro	3.9 A
Tensão (V)	
Pilhas ( $U_P$ )	39 VOLTS
Lâmpada ( $U_L$ )	39 VOLTS

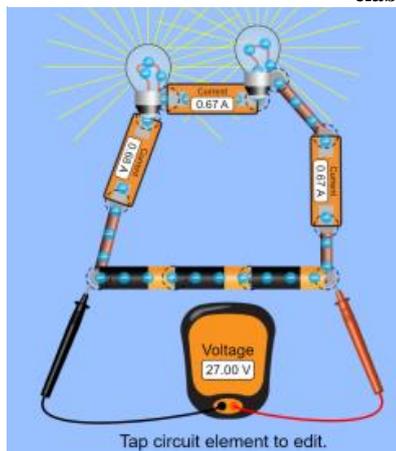
Fonte: Aluno A

### 4.3.2

### 4.3.3 Procedimento 2: Circuito em série com dois resistores 1: Circuito Simples

Neste circuito, os alunos repetiram a configuração anterior adicionando uma lâmpada e realizaram as medidas de tensão e corrente por cada amperímetro como indicados na figura 4.7, realizado pelo aluno B. Com este exemplo, o aluno verificou que, no circuito em série a corrente é a mesma e a tensão total é a soma da tensão de cada bateria.

**Figura 4. 14. Circuito em série com duas lâmpadas e tabela de medidas elaboradas pelo aluno B**



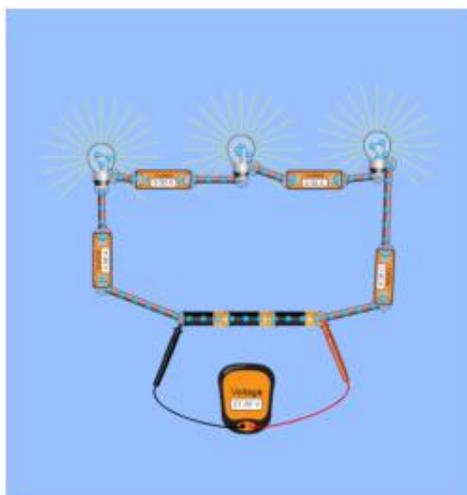
Procedimento 2	
Corrente elétrica (A)	
Amperímetro 1	1.35 A
Amperímetro 2	1.35 A
Amperímetro 3	1.35 A
Tensão (V)	
Pilhas ( $U_p$ )	27.00 V
Lâmpada 1	13.50 V
Lâmpada 2	13.50 V

Fonte: Aluno B

#### 4.3.4 Procedimento 3: Circuito em série com três resistores

A figura 4.8 demonstra a montagem e os valores medidos pelo aluno E do circuito montado com três lâmpadas em série.

**Figura 4. 17. Circuito em série com duas lâmpadas e tabela de medidas elaboradas pelo aluno E**



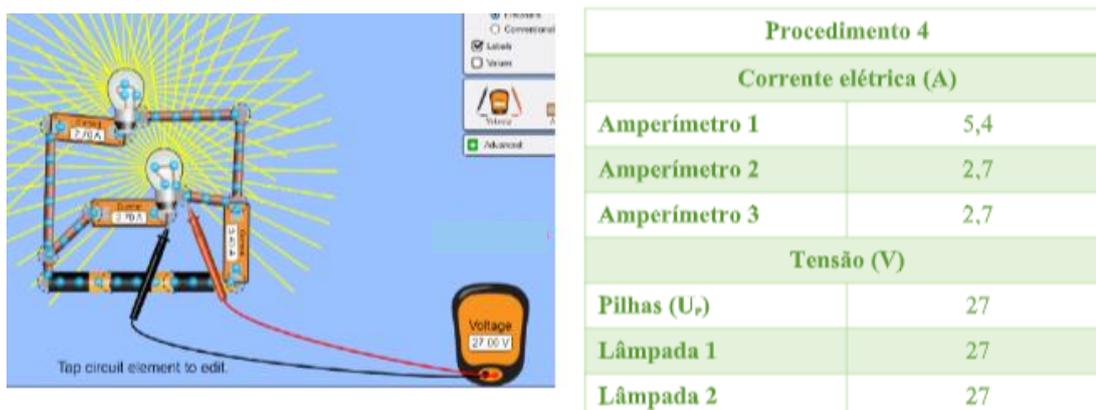
Procedimento 3	
Corrente elétrica (A)	
Amperímetro 1	0,90 A
Amperímetro 2	0,90 A
Amperímetro 3	0,90 A
Amperímetro 4	0,90 A
Tensão (V)	
Pilhas ( $U_p$ )	27 V
Lâmpada 1	9 V
Lâmpada 2	9 V
Lâmpada 3	9 V

Fonte: Aluno E

### 4.3.5 Procedimento 4: Circuito em paralelo com dois resistores

Esta etapa os alunos começaram a verificar o que ocorre nas medidas das tensões, e da corrente elétrica total em cada lâmpada. A figura 4.9 representa o circuito e dados medidos pelo aluno D.

Figura 4. 20. Circuito em paralelo com duas lâmpadas e tabela de medidas elaboradas pelo aluno D

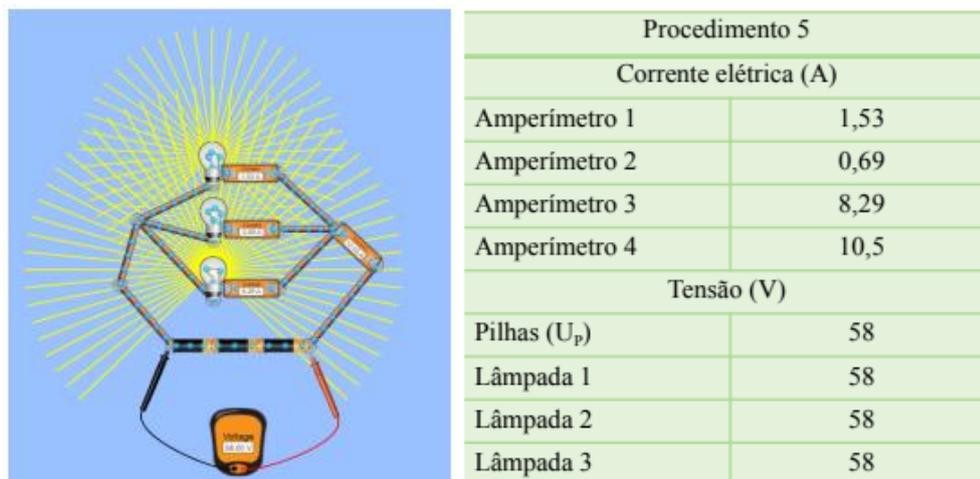


Fonte: Aluno D

### 4.3.6 Procedimento 5: Circuito em paralelo com três resistores

Nessa etapa, repetiu-se o procedimento anterior aumentando-se um resistor associado em paralelo. A figura 4.10 realizada pelo aluno G, indica a mudança na variação da corrente em cada lâmpada, e a inalterabilidade da tensão deste circuito caracterizando o circuito em paralelo. Nota-se que cada corrente possui um valor diferente, e isso deve-se pelo fato de o aluno ter usado resistências distintas para cada lâmpada, onde o amperímetro 4 relaciona-se ao amperímetro após o nó do circuito, ou seja, a corrente total do circuito.

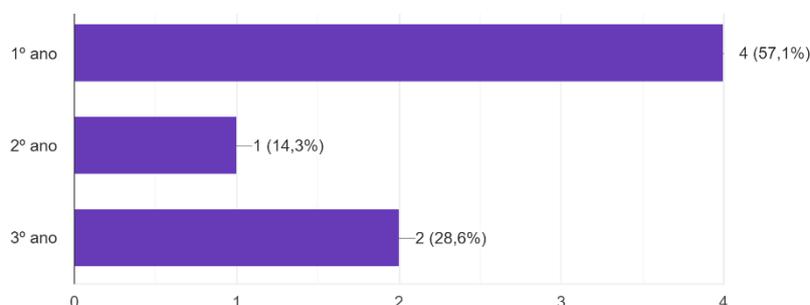
Figura 4. 23. Circuito em paralelo com duas lâmpadas e tabela de medidas elaboradas pelo aluno G



Fonte: Aluno G

O gráfico 4.10 demonstra o perfil dos alunos participantes do experimento por verificação em relação a série do ensino médio. Em comparação ao experimento anterior (demonstrativo), houve uma desistência.

**Gráfico 4. 10. Alunos participantes do segundo dia no experimento verificativo**



Fonte: Pesquisadora

#### Análise das questões relacionadas ao conteúdo

A tabela 4.2 apresenta a porcentagem dos acertos antes e depois da experimentação. Como o conteúdo era similar do trabalhado no experimento anterior, o mesmo questionário de oito questões foi aplicado, entretanto, como um aluno não participou desta experimentação, para melhor comparar o antes e depois dos participantes, os dados foram tratados de forma a considerar somente os alunos participantes desta etapa. De uma forma geral houve um acréscimo na porcentagem de acerto comparando antes e depois do experimento.

**Tabela 4. 2. Porcentagem de alunos que acertaram as questões antes e depois do experimento**

Questões	Antes	Depois
1	42,9%	87,5%
2	42,9%	71,4%
3	85,7%	100%
4	71,4%	100%
5	71,4%	100%
6	42,9%	100%
7	57,1%	71,4%
8	28,6%	85,7%

Fonte: Pesquisadora

O grau de confiança em responder as questões também foi solicitado neste questionário e observou-se que houve um aumento na confiança dos alunos pós experimentação em relação ao primeiro questionário, como demonstrado nos gráficos a seguir (de 4.11 a 4.17).

O questionário se encontra no apêndice A deste documento, entretanto abaixo há uma breve descrição sobre os conteúdos abordados em cada questão:

Questão 1: Circuito aberto/fechado e em série ou paralelo;

Questão 2: Relação de luminosidade da lâmpada com resistores em série ou em paralelo.

Questão 3: Circuito aberto/fechado em série ou paralelo quando uma lâmpada queima.

Questão 4: Circuito em série e em paralelo relacionados a uma lâmpada queimada.

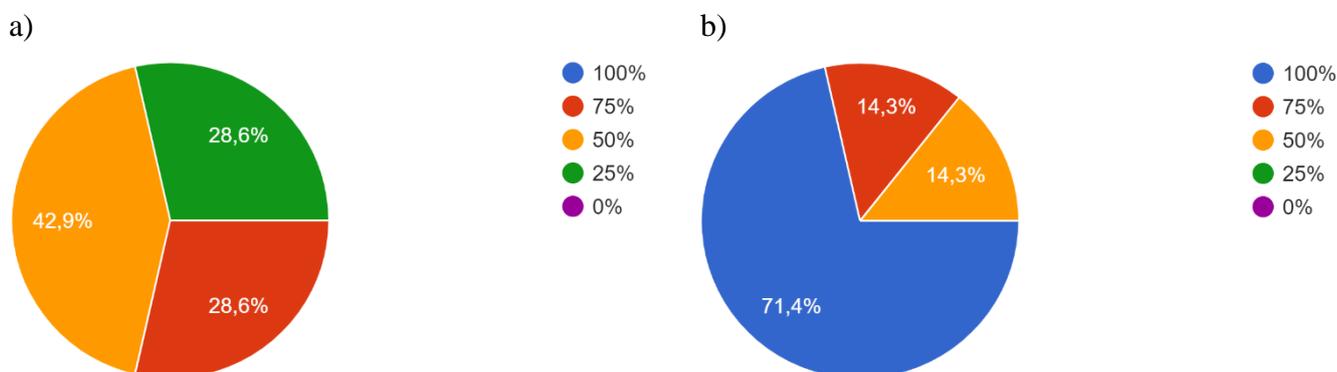
Questão 5: Circuito em paralelo, comportamento da corrente elétrica quando em um nó.

Questão 6: Montagem de circuito em série/paralelo com várias lâmpadas que funcionem uma de cada vez.

Questão 7: Circuito em série e curto-circuito.

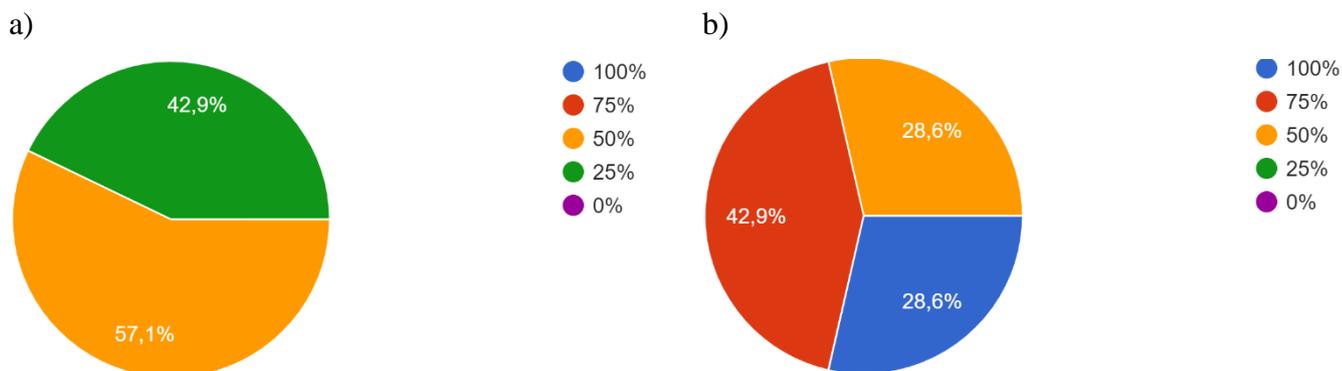
Questão 8: Relação entre voltagens em circuitos em série/paralelo.

**Gráfico 4. 11. Grau de confiança em responder à questão 1, (a) antes e (b) depois da experimentação por verificação. O gráfico expressa a porcentagem de alunos e a legenda o grau de confiança**



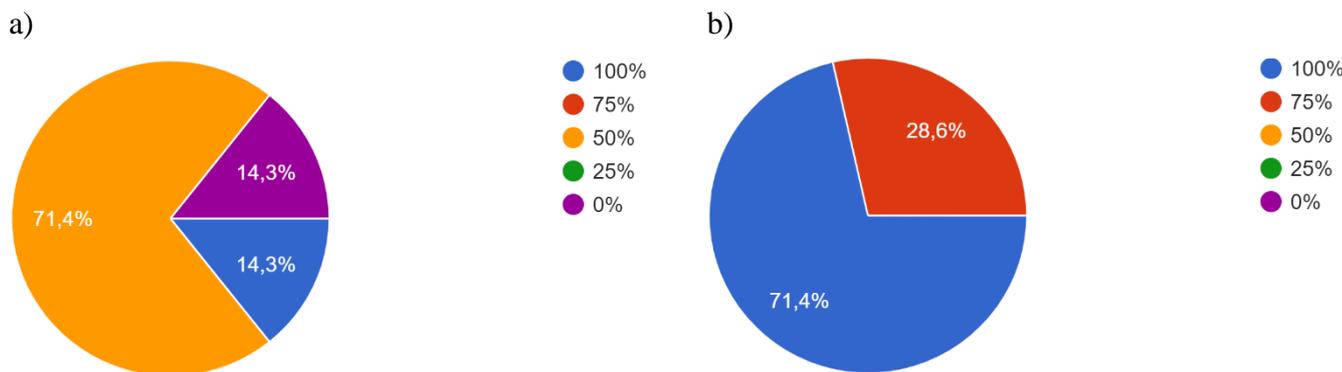
Fonte: Pesquisadora.

**Gráfico 4. 12. Grau de confiança em responder à questão 2, (a) antes e (b) depois da experimentação por verificação. O gráfico expressa a porcentagem de alunos e a legenda o grau de confiança**



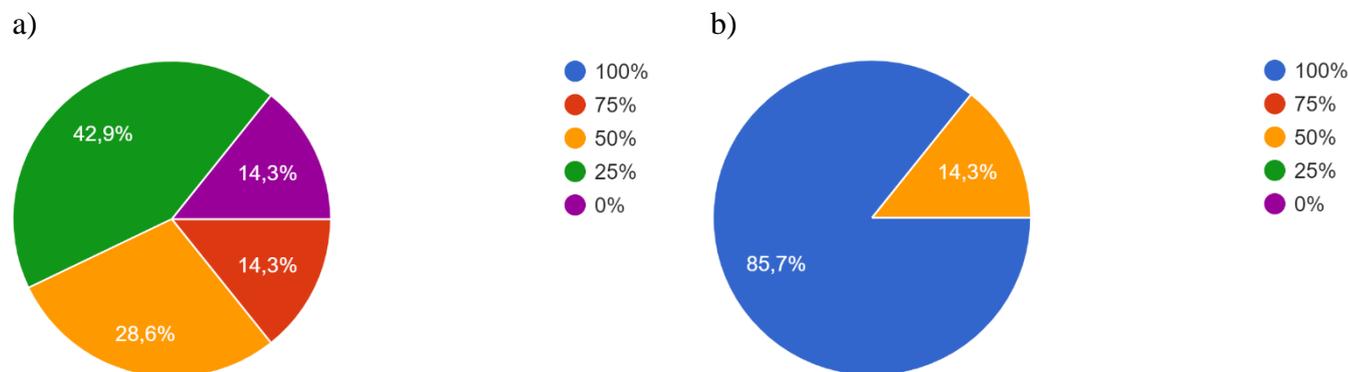
Fonte: Pesquisadora.

**Gráfico 4. 13. Grau de confiança em responder à questão 3, (a) antes e (b) depois da experimentação por verificação. O gráfico expressa a porcentagem de alunos e a legenda o grau de confiança**



Fonte: Pesquisadora.

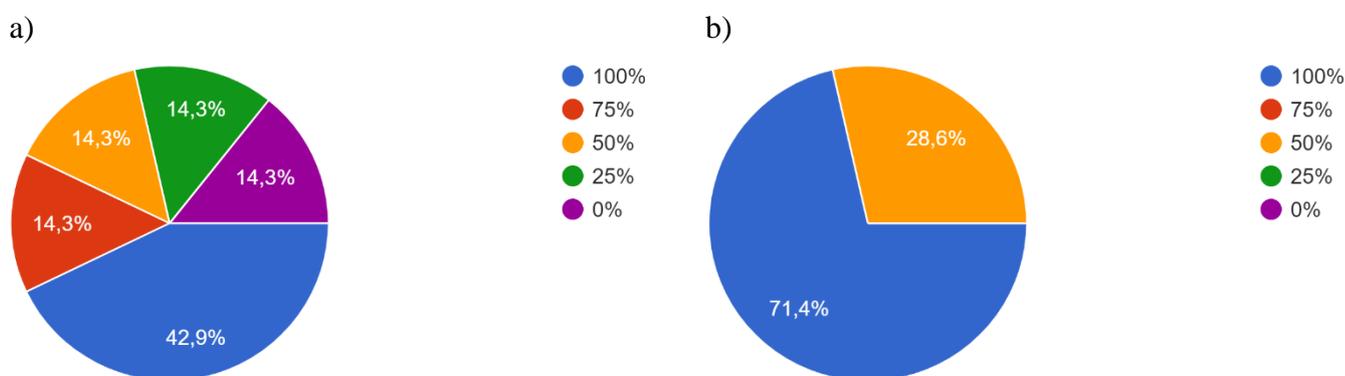
**Gráfico 4. 14. Grau de confiança em responder à questão 4, (a) antes e (b) depois da experimentação por verificação. O gráfico expressa a porcentagem de alunos e a legenda o grau de confiança**



Fonte: Pesquisadora.

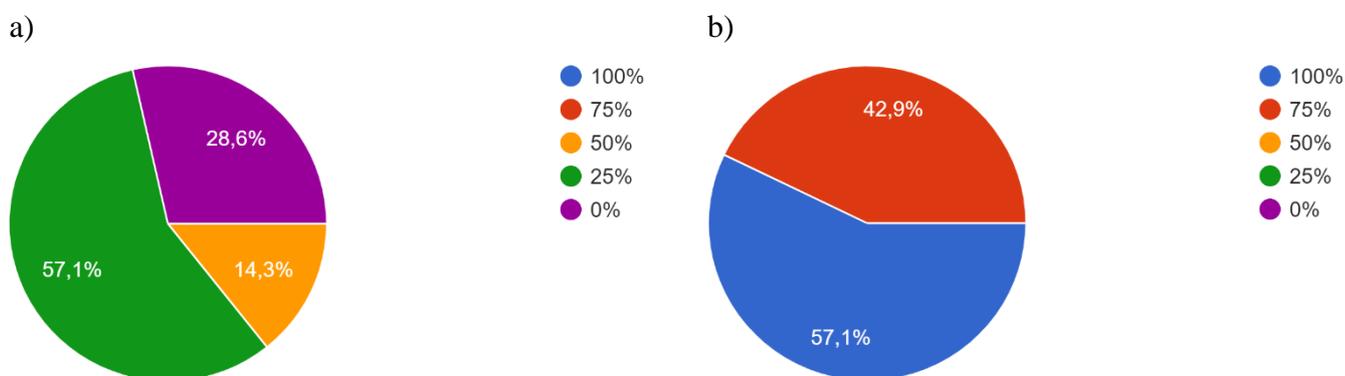
Na questão 5 por exemplo, como expressa o gráfico 4.15 (b), houve um aumento no grau de confiança dos alunos, isto provavelmente se deu devido a um contato maior com a teoria de circuitos em série e paralelo, os dois alunos que apontaram 0% e 25% de confiança antes, aumentaram sua confiança pós experimento para 50%. Em comparação com o grau de confiança obtido no experimento anterior, como mostra o gráfico 4.6 (b), houve um aumento entre a primeira experimentação e a segunda, o processo de captação de significados, indicando que a ancoragem do conhecimento ocorre de forma progressiva e reconciliação integrativa como ressaltado por Moreira (2012) sobre a aprendizagem significativa de Ausubel.

**Gráfico 4.15. Grau de confiança em responder à questão 5, (a) antes e (b) depois da experimentação por verificação. O gráfico expressa a porcentagem de alunos e a legenda o grau de confiança**



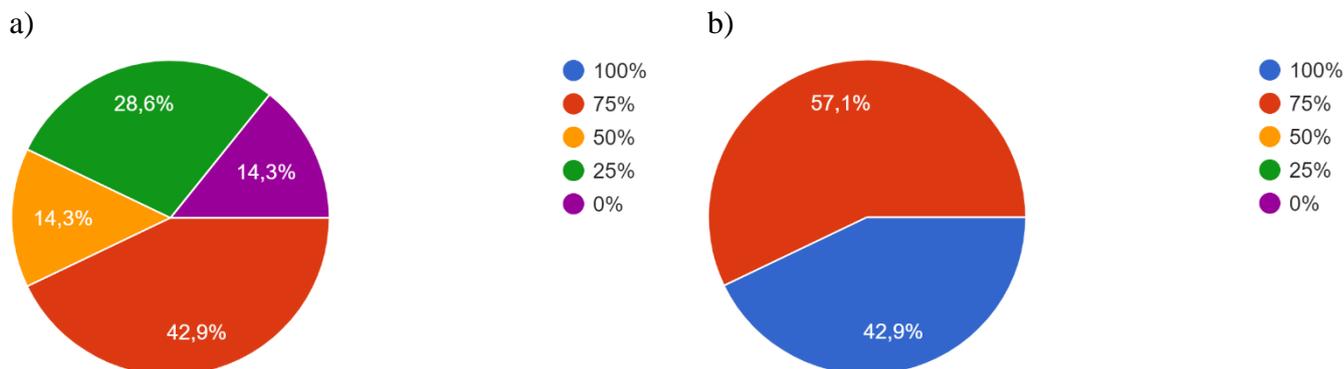
Fonte: Pesquisadora.

**Gráfico 4.16. Grau de confiança em responder à questão 6, (a) antes e (b) depois da experimentação por verificação. O gráfico expressa a porcentagem de alunos e a legenda o grau de confiança**



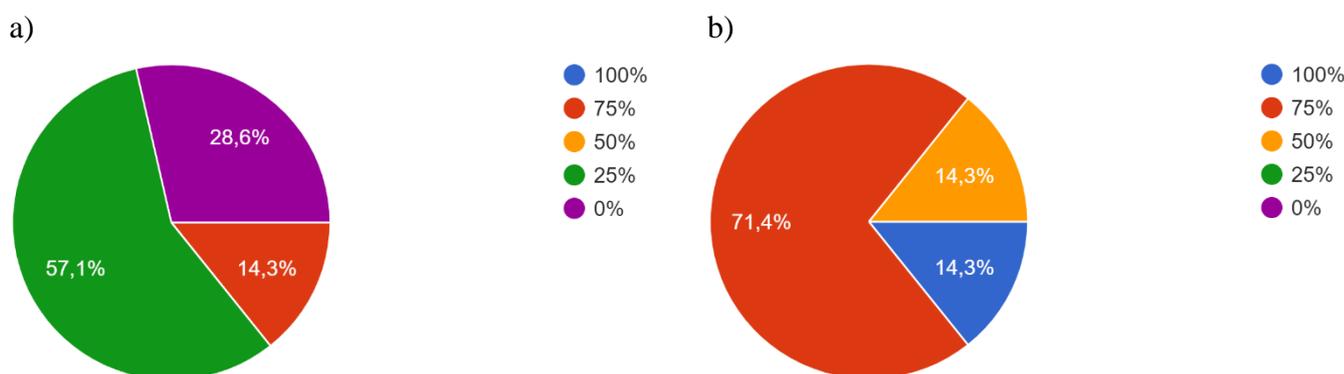
Fonte: Pesquisadora.

**Gráfico 4. 17. Grau de confiança em responder à questão 7, (a) antes e (b) depois da experimentação por verificação. O gráfico expressa a porcentagem de alunos e a legenda o grau de confiança**



Fonte: Pesquisadora.

**Gráfico 4. 18. Grau de confiança em responder à questão 8, (a) antes e (b) depois da experimentação por verificação. O gráfico expressa a porcentagem de alunos e a legenda o grau de confiança**



Fonte: Pesquisadora.

Análise das questões relacionadas a percepção dos alunos em relação ao experimento por verificação realizado de forma remota

Os alunos demonstraram através do questionário, que a experimentação por verificação aplicada de forma remota foi satisfatória (ou seja, em nenhuma das respostas houve a indicação de insatisfação por realizar o experimento remotamente). Dessa forma, os comentários centralizaram-se no impacto que o experimento lhes causou.

Com relação a fazer um experimento verificativo, comprovando a teoria, alguns alunos disseram:

Aluno E: *“Gosto de verificar a teoria através de experimentos porque dessa forma ela se torna mais clara e intuitiva para mim, facilitando meu aprendizado.”*

Aluno H: *“É mais fácil gravar a memória de toda experiência do experimento do que gravar um resumo que você faz no caderno ou um parágrafo da apostila.”*

Aluno B: *“Acho que provar o porquê da teoria funcionar possibilita uma melhor compreensão da matéria a ser estudada.”*

Aluno E: *“Acredito que a verificação da teoria sirva para aprofundar o conhecimento sendo apresentado, de modo que a teoria não é somente decorada e repetida, mas sim entendida de maneira mais profunda.”*

Sobre a utilização do simulador, alguns alunos acharam de fácil manuseio e outros tiveram uma maior dificuldade como relatado a seguir:

Aluno B: *“Achei o simulador super divertido e didático, mas tive um pouco de dificuldade pra entender todas as ferramentas.”*

Aluno H: *“Me ajudou a entender mais como os circuitos funcionam com as infinitas possibilidades que o simulador traz.”*

Aluno E: *“O simulador virtual foi o que mais gostei na experimentação, pois além de ter diversos recursos disponíveis, é simples de usar e demonstra o conteúdo de forma bem clara.”*

Os alunos também citaram que tiveram uma melhor compreensão de como funciona a corrente elétrica e a tensão em diferentes circuitos, compreendendo melhor o que ocorre com a corrente antes e depois do nó, e o que ocorre com a tensão em cada resistor dependendo da associação.

Como citado anteriormente no capítulo 2, o experimento verificativo também tem suas desvantagens. Uma aluna cita:

Aluno H: *“O roteiro teve muito texto e eu me perdia de vez em quando, as vezes eu ficava mais focada em interpretar o roteiro para fazer tudo certinho do que realmente observar os resultados do experimento no simulador.”*

Conseqüentemente a aplicação do experimento verificativo segundo a percepção dos estudantes, teve um papel fundamental em criar um aprofundamento nos conteúdos prévios, auxiliando em uma melhor compreensão do que haviam aprendido com a teoria.

#### 4.4 EXPERIMENTAÇÃO POR INVESTIGAÇÃO

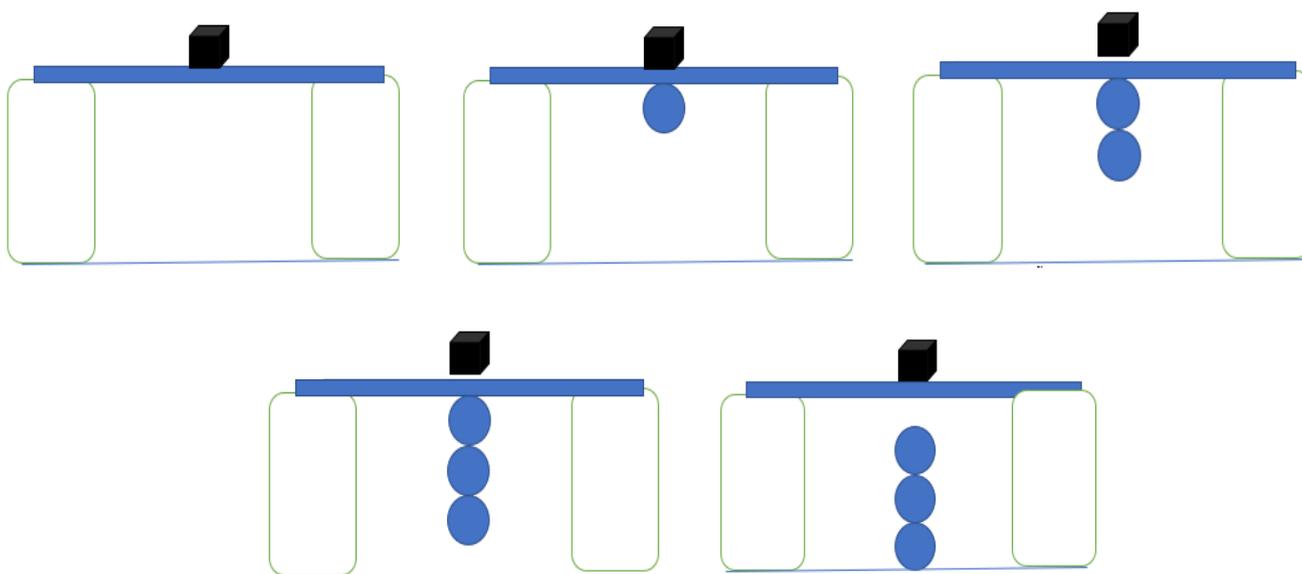
Para o experimento de investigação, teve-se como intuito investigar o equilíbrio estático de objetos sujeitos à ação de ímãs. O conteúdo abordado envolve o magnetismo de um ímã,

forças de atração e repulsão assim como alguns materiais que podem ou não ser atraídos pelos ímãs. Para este experimento foi solicitado previamente aos alunos que disponibilizassem dois suportes de iguais tamanhos, uma régua, um ímã, três moedas iguais (de preferência leves), cliques e borracha.

Antes de efetivamente começar, foi dado um tempo para que os alunos conhecessem seus materiais, e observasse os fenômenos que ocorriam quando estes estavam próximos uns dos outros. Cada estudante recebeu um roteiro (apêndice A) que explicava como montar o experimento e que continha 13 questões a serem respondidas através da observação e do manuseio dos materiais existentes.

Foi solicitado que os alunos montassem seus experimentos. Na Figura 4.11, há uma representação sequencial da montagem.

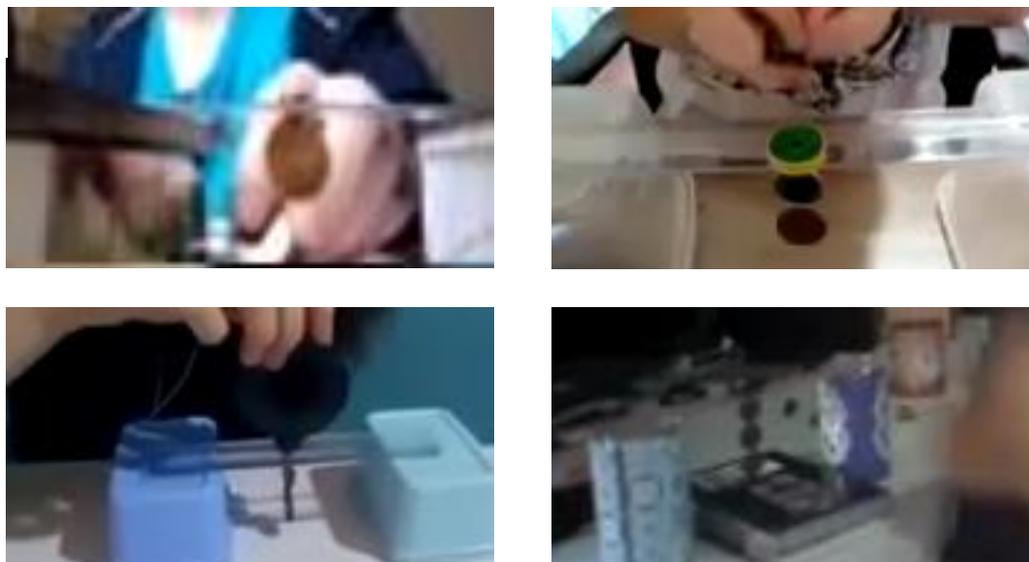
**Figura 4. 26. Representação sequencial da montagem do experimento investigativo onde (a) a régua está sobre os suportes com o ímã ao centro, (b) uma moeda é equilibrada entre o ímã e a régua, (c) a segunda moeda é equilibrada na sequência da primeira e (d) terceira moeda equilibrada na sequência da segunda (e) três moedas em equilíbrio estático a uma certa distância da régua.**



Fonte: Pesquisadora

Durante a montagem os alunos tiveram bastante dificuldade em empilhar as moedas, e depois em equilibrá-las ao distanciá-las da régua. Na maioria dos casos isto ocorreu devido, ao tamanho do suporte que em alguns momentos era muito alto e, em outros, era muito baixo e também pelo tipo de ímã que cada um possuía. A Figura 4.12 apresenta fotos tiradas durante a experimentação.

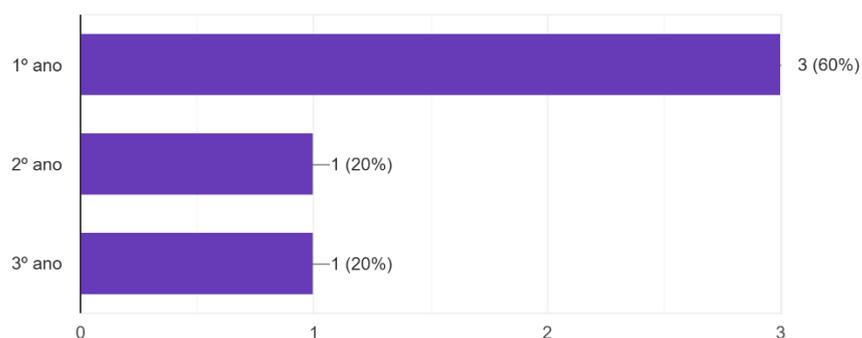
**Figura 4. 29** Foto da experimentação (obtidas a partir de prints de tela) por investigação onde alunos realizaram o experimento de forma remota (a) equilíbrio de uma moeda, (b) equilíbrio de duas moedas (c) equilíbrio de três moedas (d) três moedas estáticas um equilibradas um pouco distante da régua.



Fonte: Pesquisadora

O gráfico 4.19 exemplifica os estudantes que participaram desta experimentação.

**Gráfico 4. 19.** Alunos participantes do terceiro dia no experimento investigativo



Fonte: Pesquisadora

### Análise das questões relacionadas ao conteúdo

Devido ao conteúdo abordado neste experimento ser diferentes dos dois primeiros, um questionário sobre magnetismo foi enviado antes e depois do experimento para os alunos contendo cinco questões, dentre elas quatro objetivas e uma dissertativa como mostra no apêndice A.

A porcentagem dos acertos antes e depois da experimentação é apresentada na tabela 4.3. Com o resultado do primeiro questionário, observou-se a indicação de poucos subsunções relativos ao magnetismo e sua aplicabilidade. Isto pode ter ocorrido pelo fato que a maior parte dos alunos não havia ainda estudado sobre este conteúdo, demonstrando apenas um conhecimento superficial sobre o mesmo. Após a experimentação, percebe-se que o número de acertos aumentou em quase todas as questões exceto na segunda como demonstra a tabela 4.3 que diminuiu 20%. Atribuiu-se a essa diminuição pois esta questão aborda um conceito mais específico da relação entre materiais magnéticos e ferromagnéticos, e infelizmente durante a investigação os alunos não chegaram em tal interpretação.

**Tabela 4. 3. Porcentagem de alunos que acertaram as questões antes e depois do experimento.**

Questões	Antes	Depois
1	0%	40%
2	80%	60%
3	0%	40%
4	10%	20%
5	80%	100%

**Fonte: Pesquisadora**

Quanto ao grau de confiança em responder as questões nesta experimentação são mostrados nos gráficos de 4.20 a 4.24.

O questionário se encontra no apêndice A deste documento, entretanto abaixo há uma breve descrição sobre os conteúdos abordados em cada questão:

Questão 1: Força de atração entre materiais magnéticos e ferro.

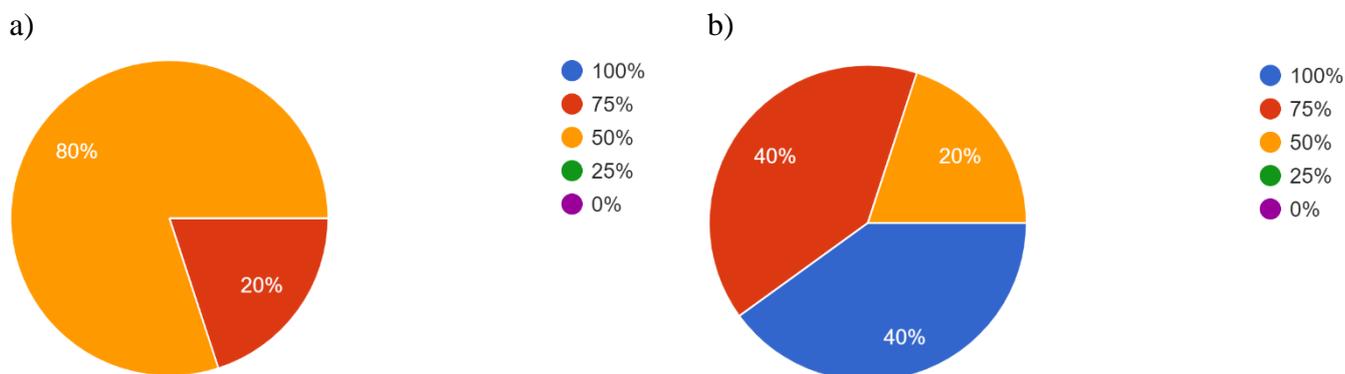
Questão 2: Magnetização de materiais ferromagnéticos quando estão em contato com materiais magnéticos.

Questão 3: Força de atração entre materiais magnéticos e ferro.

Questão 4: Força de atração entre materiais magnéticos e ferro.

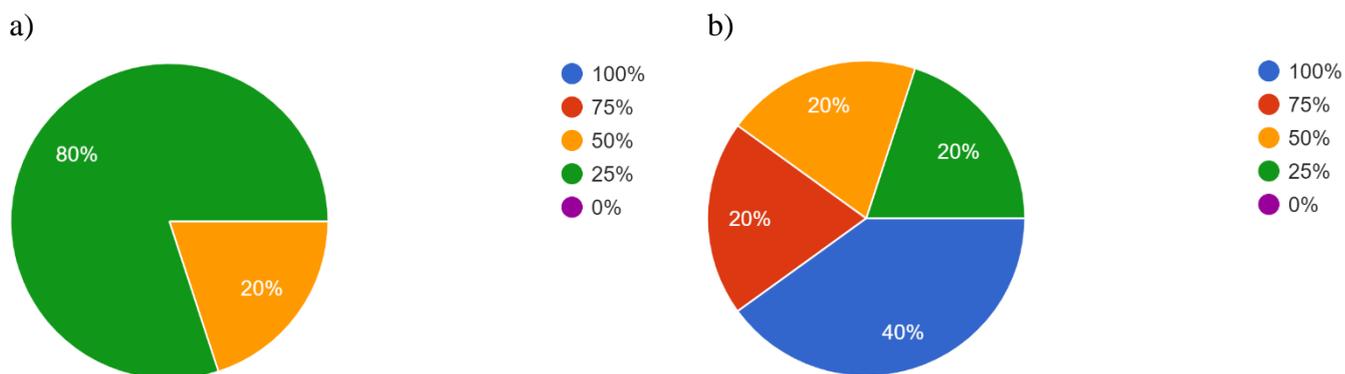
Questão 5: Magnetização do ferro quando estão em contato com materiais magnéticos.

**Gráfico 4. 20. Grau de confiança em responder à questão 1, (a) antes e (b) depois da experimentação por investigação. O gráfico expressa a porcentagem de alunos e a legenda o grau de confiança**



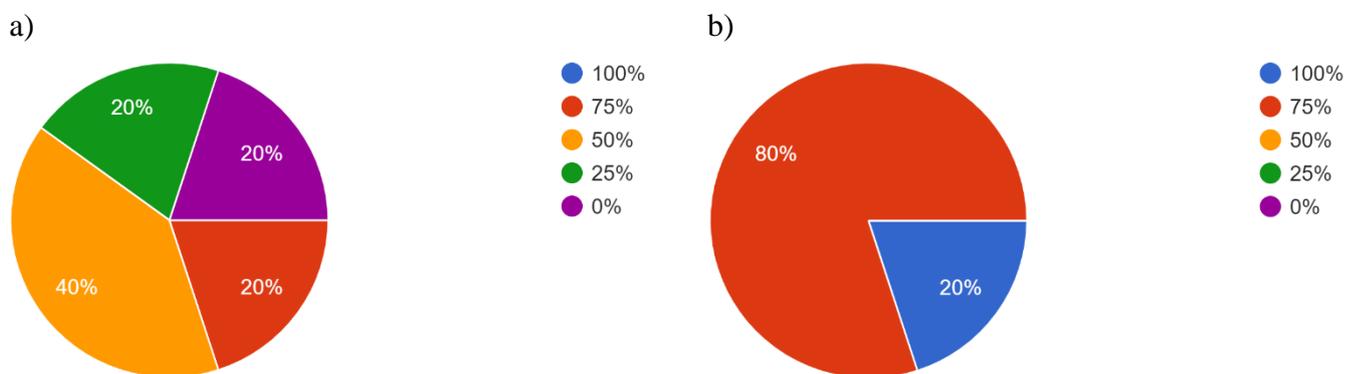
Fonte: Pesquisadora.

**Gráfico 4. 21 Grau de confiança em responder à questão 2, (a) antes e (b) depois da experimentação por investigação, onde o gráfico expressa a porcentagem de alunos e a legenda o grau de confiança**



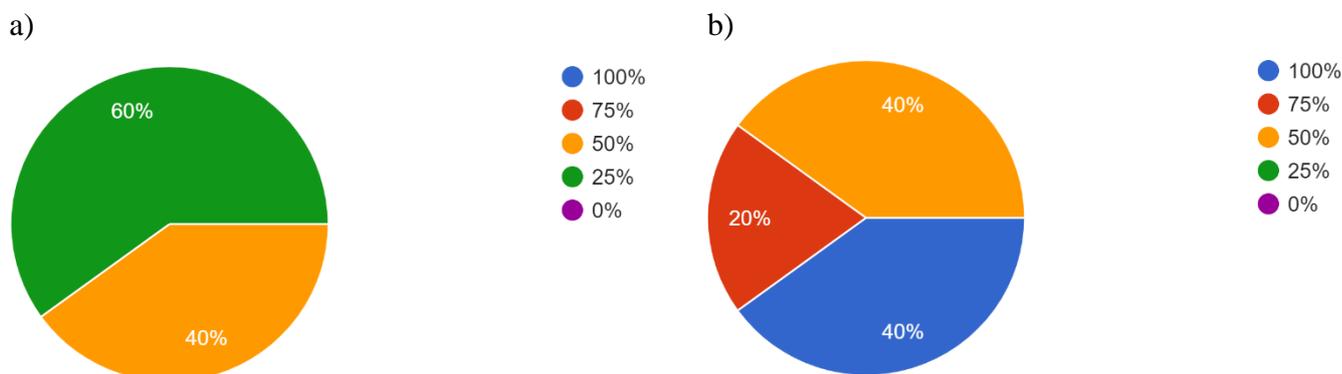
Fonte: Pesquisadora.

**Gráfico 4. 22. Grau de confiança em responder à questão 3, (a) antes e (b) depois da experimentação por investigação. O gráfico expressa a porcentagem de alunos e a legenda o grau de confiança**



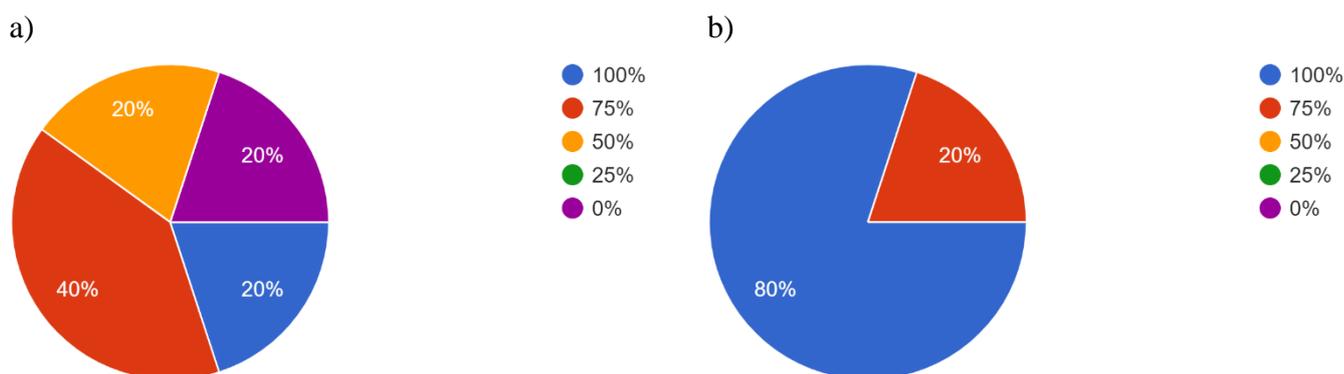
Fonte: Pesquisadora.

**Gráfico 4. 23. Grau de confiança em responder à questão 4, (a) antes e (b) depois da experimentação por investigação. O gráfico expressa a porcentagem de alunos e a legenda o grau de confiança**



Fonte: Pesquisadora.

**Gráfico 4. 24. Grau de confiança em responder à questão 5, (a) antes e (b) depois da experimentação por investigação. O gráfico expressa a porcentagem de alunos e a legenda o grau de confiança**



Fonte: Pesquisadora.

Analisando-se os gráficos do grau de confiança antes e depois da experimentação, percebe-se que uma aproximação com o tema trouxe uma maior confiança ao responder as questões; entretanto, percebe-se uma certa insegurança em questões mais conteudistas e detalhistas tais como o apresentado nas questões 2 e 3.

Provavelmente, isto se dá há algumas dificuldades que os alunos tiveram na hora da montagem do experimento. Pelo fato de estarem em casa, utilizando materiais que tinham a disposição, muitos alunos utilizaram ímãs com campo magnético variável e fraco, suportes muito altos e baixos dificultando e impossibilitando o equilíbrio e magnetização das moedas. Grande parte da aula foi utilizada para a montagem, sobrando assim pouco tempo para eles se aprofundarem na investigação.

Para uma próxima experimentação será importante ressaltar alguns pontos com relação a montagem e os materiais deste experimento:

- a) Os suportes não podem ser tão altos e nem baixos a altura entre a régua e a mesa deve ser um pouco maior da soma dos diâmetros das moedas;
- b) É recomendado que utilize ímãs mais forte ou seja que haja um campo magnético mais intenso, com ímãs fracos geralmente não há magnetização necessária para que haja o equilíbrio.
- c) Ímãs circulares possuem campo magnético variável, isto também pode interferir no experimento. Recomenda-se de preferência que utilize ímãs com campo magnético constante ou seja, ímã de barra.

#### Análise das questões relacionadas a percepção dos alunos em relação ao experimento por investigação realizado de forma remota

Em comparação com os outros dois tipos de experimentação, o experimento investigativo foi mais desafiador para os alunos realizarem. Através do questionário, quatro alunos, de cinco, alegaram que foi difícil compreender a experimentação e investigar através dos objetos os fenômenos que ocorriam. Esta dificuldade foi observada durante a experimentação, principalmente quando ficavam desapontados devido aos materiais utilizados, com os quais, em alguns casos não foi possível concluir o equilíbrio estático. Sobre o experimento investigativo um aluno conclui:

Aluno H: *“Eu achei a experiência diferente e estimula a gente a tirar as próprias conclusões, porém pessoalmente, a informação é melhor memorizada se eu ver a teoria primeiro e depois analisar a prática.”*

Embora em alguns momentos eles tenham se sentido desanimados por não conseguirem realizar o experimento, entretanto, foi uma oportunidade de discutir outros aspectos que envolvem o magnetismo de um ímã principalmente ao campo magnético em ímãs de formas diferentes. Consequentemente, foi preciso ajudá-los a entender que nesta experimentação o errar não existe, e sim o aprender ao investigar.

Sobre a investigação, outros alunos apontaram:

Aluno D: *“A análise do fenômeno proporciona uma curiosidade pela novidade, a qual é sanada após o experimento com a explicação teórica.”*

Aluno E: *“quando vejo a teoria depois de fazer o experimento, consigo entender o fenômeno que aconteceu no experimento, e entender o que fez com que ele desse certo ou errado.”*

Os alunos foram unânimes em afirmar que o que mais gostaram na experimentação foi quando um conteúdo foi, de fato, compreendido. Alguns pontos citados foram: a compreensão pelo qual não conseguiam equilibrar as moedas; a compreensão do que fazia as moedas mesmo

longe do ímã estarem magnetizadas; e, também aprender que alguns tipos de materiais não são atraídos pelos ímãs.

Quando questionados sobre o que poderia mudar na experimentação, um estudante fez o seguinte apontamento:

Aluno H: *“Por mais que eu goste desse estilo de aprendizagem, acho que pode ser um pouco distrativo para alunos hiperativos. Se a teoria for feita primeiro, nós focaremos em analisar o que vimos na teoria, na hora da experiência.”*

## 4.5 COMPARAÇÃO DOS TRÊS TIPOS DE EXPERIMENTOS APLICADOS REMOTAMENTE

### Perspectiva do professor

Durante as aulas remotas os alunos participaram bastante, fosse pelo chat ou através dos microfones. O primeiro experimento, houve bastante interação, mas como os alunos ficaram com as câmeras desligadas, não foi possível avaliar visualmente como estavam interagindo com a experimentação.

Já no experimento por verificação, observou-se que os alunos se concentraram em cumprir o roteiro, e em descobrir novas ferramentas do aplicativo. Após concluir o roteiro, os alunos utilizaram o simulador para formar outros circuitos elétricos, aumentar a tensão até descobrir que este “pegava fogo” (conforme indicava a representação na tela do simulador), e interagiram entre si e com o professor com uma maior intensidade.

O experimento investigativo foi o mais desafiador. Devido à distância, não foi possível verificar com clareza o porquê um ou outro experimento não funcionava adequadamente, ficando assim a critério do próprio aluno descobrir, através de testes e seguindo algumas sugestões. Por outro lado, acredita-se que isto tenha ajudado ainda mais os alunos a desenvolver, em certo grau, habilidades atitudinais, e a serem mais autônomos na busca pelas respostas e compreensão dos fenômenos estudados.

### Perspectiva dos alunos

Através dos comentários realizados durante a aula e nos questionários, o experimento que os alunos mais gostaram de realizar de forma remota, foi o experimento por verificação. Alguns citaram:

Aluno H: *“Eu estou muito acostumada com o primeiro modelo, por ser o modelo que geralmente vemos em salas de aula, mas o segundo modelo foi o que a matéria mais fixou na minha cabeça.”*

Aluno E: *“Tive mais facilidade com o segundo experimento, justamente porque o simulador oferece muitas possibilidades e maior clareza ao incluir os valores encontrados no experimento.”*

Aluno B: *“A verificação na segunda reunião foi a que eu mais senti facilidade em aprender pelo ensino remoto.”*

Em seguida o experimento mais citado foi o de investigação quando relataram:

Aluno D: *“O da moeda, pois pude aprender através da minha própria experiência e observação.”*

Aluno C: *“O terceiro, pois pude criar e explorar o fenômeno, o que me fez aprender coisas além do que estavam sendo propostas.”*

Entretanto, este mesmo experimento foi citado como um dos mais desafiadores não exatamente por estar a distância, quando questionados disseram:

Aluno H: *“Acredito que o terceiro modelo. Eu sabia o resultado dos experimentos, mas fiquei um pouco confusa em organizar a teoria, como o nome de cada componente que faz a reação acontecer.”*

Aluno B: *“Acredito que o terceiro modelo abordado na última reunião, sobre magnetismo. Provavelmente pelo fato de eu não possuir quaisquer conhecimentos prévios sobre o assunto, e também pelo fato de que tive um pouco de dificuldade durante a realização da experiência por conta do tamanho do ímã utilizado.”*

É interessante verificar que os experimentos que os alunos disseram ter aprendido mais, foram os experimentos que eles mesmo realizaram. Com isto, pode-se inferir que ao “colocar a mão na massa”, o aluno se interessa mais, sua concentração aumenta, além de ativar ainda mais sua motivação e curiosidade. Pelos resultados apresentados nessa dissertação, esse tipo de procedimento também oferece indícios de que há contribuições para uma aprendizagem significativa, conectando conhecimentos prévios com os verificados ou investigados.

# Capítulo 5

## CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

O objetivo deste trabalho foi propor uma sequência de atividades experimentais envolvendo eletricidade e magnetismo, de forma remota, e discutir as contribuições dessas atividades para o processo de aprendizagem significativa junto a um grupo de estudantes do ensino médio.

Verificou-se que houve um aumento significativo no grau de confiança em responder aos questionários após experimentação e conseqüentemente um aumento na porcentagem de assertividade em relação às respostas, o que pode indicar que a experimentação auxiliou no aprofundamento do conhecimento prévio do aluno. Mesmo que alguns alunos tenham alegado que a experimentação remota proporcionou uma boa visualização do experimento pela posição da câmera, eles demonstraram que gostariam de ter a oportunidade de estar presentes e próximos ao ver o professor demonstrar o experimento.

O segundo experimento, por verificação, aumentou ainda mais os índices de acertos e o grau de confiança. O assunto abordado relacionou a corrente e a tensão em cada resistor e no circuito total com o uso de associação em série e em paralelo. O experimento foi elaborado pelos próprios estudantes que montaram diferentes circuitos através de um simulador computacional seguindo um roteiro, e verificaram os principais conceitos da teoria na prática. Segundo eles, através deste experimento eles puderam comprovar, mesmo que remotamente, a teoria através da montagem. Embora no começo houve uma certa dificuldade em conhecer as ferramentas do simulador, após familiarizarem-se sentiram-se mais seguros em realizar a experimentação.

Levando em consideração o assunto abordado nos dois primeiros experimentos serem de eletrodinâmica, acredita-se que ambos contribuíram de forma diferentes para aumentar o grau de confiança e de assertividade nos conteúdos discutidos. Enquanto o primeiro trabalhou a curiosidade trazendo visibilidade aos conteúdos teóricos, o segundo solidificou os conteúdos proporcionando aos alunos uma maior interação com os objetos de estudo e uma comprovação do que foi abordado anteriormente.

O último experimento, o investigativo, trouxe aos estudantes a oportunidade de usar a criatividade ao realizar interações entre materiais magnéticos e não magnéticos para investigar suas relações e explorar as possibilidades tais como utilizadas no desenvolvimento do pensamento científico. Embora em alguns pontos, a experimentação não se mostrou eficiente em consolidar alguns aspectos específicos da teoria, acredita-se que esta, trouxe contribuições para a ancoragem de outros conteúdos. Constatou-se que em alguns momentos os alunos se sentiram desanimados por não conseguirem realizar o experimento para alcançar o resultado solicitado, entretanto, foi uma oportunidade de discutir outros aspectos que envolvem o magnetismo de um ímã principalmente ao campo magnético em ímãs de formas diferentes. Consequentemente, foi preciso ajudá-los a entender que nesta experimentação o errar não existe, e sim o aprender a investigar.

Finalmente, pode-se afirmar que há indícios de que as propostas experimentais aplicadas remotamente propiciaram alguma aprendizagem significativa. Observou-se o aumento na concentração e participação dos estudantes, e sucesso na abordagem experimental aplicada de forma remota. Houve aumento nos acertos das questões, no grau de confiança em respondê-las, estando mais confiantes ao respondê-las.

Mesmo com uma amostra pequena, espera-se aplicar este trabalho para número maiores de alunos, aprimorando principalmente a experimentação por investigação. Assim, espera-se que este trabalho possa contribuir para o ensino de física para professores e para a aprendizagem dos alunos. Convidamos os professores a aceitarem o desafio de mesmo em situações de distanciamento ou não, utilizar das ferramentas tecnológicas educacionais que podem colaborar na aprendizagem significativa de seus estudantes ajudando-os a desenvolver as competências e habilidades necessárias.

# REFERÊNCIAS

---

ALVES FILHO, J. de P. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. Cad. Cat. Ens. Fís., v.17, n.2, p.174-188, ago. 2000a.

ALVES FILHO, J. de P. Atividades experimentais: do método a prática construtivista. 2000. 303 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

ANGOTTI, J. A. P.; BASTOS, F. da P. & MION, R. A. Educação em física: discutindo ciência, tecnologia e sociedade. Ciênc. educ. (Bauru), Bauru, v.7, n.2, p.183-197, 2001.

ARAÚJO, M. S. T. & ABIB, M. L. V. dos S. Atividades experimentais no Ensino de Física: Diferentes enfoques, diferentes finalidades, Revista Brasileira de Ensino de Física 25, 176-194 (2003). Disponível em: [http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v25\\_176.pdf](http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v25_176.pdf). Acesso em: 27 Jul. 2020.

ARAÚJO, M. S. T. & ABIB, M. L. V. dos S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo , v. 25, n. 2, p. 176-194, Junho 2003 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172003000200007&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172003000200007&lng=en&nrm=iso)>. access on 18 Jan. 2021.

AUSUBEL, D. P. Alguns aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento. Buenos Aires: El Ateneo, 1973.

AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção do conhecimento: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D. e HANESIAN, H. Psicologia Educacional. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.

CAMPOS, B. S., FERNANDES, S. A., RAGNI, A. C. P. B. & Souza, N. F. Física para crianças: abordando conceitos físicos a partir de situações-problema, Revista Brasileira de Ensino de Física 34 (2012). Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/341402.pdf>. Acesso em: 23 Jul. 2020.

FORÇA, A. C.; LABURÚ, L. C.; SILVA, O. H. M. Atividades experimentais no ensino de Física: Teoria e Práticas. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 8, 2011, Campinas, Anais... Campinas: ABRAPEC, 2011.

GALIAZZI, M. do C. et al . Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. Ciênc. educ. (Bauru), Bauru , v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-)

73132001000200008&lng=en&nrm=iso>. access on  
18 Jan. 2021. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000200008>.

HIGA, I.; OLIVEIRA, O. B. A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos. Paraná: Educar em Revista, num. 44 abril-junio, p. 75-92, 2012.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. Enseñanza de Las Ciências, v. 12, n.3, p. 299-313, 1994.

LABURÚ, C. E. Seleção de experimentos de Física no Ensino Médio: uma investigação a partir da fala de professores. Investigações em Ensino de Ciências, v.10, n.2, p.161-178, 2005.

MORAES, A. M. e MORAES, I. J. (2000). A avaliação conceitual de força e movimento. Rev. Bras. Ens. Fís., v. 22, n. 2, p. 232-246 Junho 2000.

MOREIRA, M. A. Teorias cognitivas da aprendizagem. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, Qurriculum, La Laguna, Espanha, 2012.

MOREIRA, M. A. Teorias de aprendizagem. ISBN 978-85-123-2180-6. 2 ed. São Paulo: E. P. U., 2015.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel. São Paulo: Centauro, 2006.

OLIVEIRA, J. R. S. de. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. Acta Scientiae, v. 12, n. 1, p. 139-153, 2010.

PHET INTERACTIVE SIMALTION. Kit para Montar Circuito DC – Lab Virtual. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc). Acesso em: 16 mai.2022.

PIRES, A. S. T. Teoria Eletromagnética: um breve histórico da eletricidade e do magnetismo. In: PIRES, Antonio S. T. Evolução das Ideias da Física. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011. Cap. 8. p. 263-271.

ROSITO, B. A. O ensino de Ciências e a experimentação. In: MORAES, R. Construtivismo e Ensino de Ciências: Reflexões Epistemológicas e Metodológicas. 2 ed. Porto Alegre: Editora EDIPUCRS, p.195-208, 2003.

SUART, R. de C.; MARCONDES, M. E. R. Atividades experimentais investigativas: habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio. XIV Encontro Nacional de Ensino de Química. Curitiba, p. 1-12, 2008.

---

UIBSON, J. & SILVA Jr, R. S. (2014). Experimentos didáticos do ensino de física como foco na aprendizagem significativa (Didactic experiments in physics teaching with a focus on learning meaningful). 4.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Corrente, Resistência e Força Eletromotriz: corrente/resistência/força eletromotriz e circuitos. In: YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. Física III: eletromagnetismo. 14. ed. Santa Bárbara: Person, 2015. Cap. 25. p. 146-156. Tradutores: Daniel Viera e Lucas Pilar.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. FORD, A. L. Campo Magnético e Forças Magnéticas: magnetismo. In: YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. Física III: eletromagnetismo. 14. ed. Santa Bárbara: Person, 2015. Cap. 27. p. 219-221. Tradutores: Daniel Viera e Lucas Pilar.

# **Apêndice A**

## **PRODUTO EDUCACIONAL**

---

### **PRODUTO EDUCACIONAL**

#### **SEQUÊNCIA DE EXPERIMENTOS (APLICADOS REMOTAMENTE) DE ELETRICIDADE E MAGNETISMO**

**SUZANA AGUERA DE MELLO E ALBUQUERQUE SANTOS**

**ORIENTADOR: PROF. DR. MARCO AURÉLIO EUFLAUZINO MARIA**

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>72</b>
<b>SUGESTÃO DE CRONOGRAMA .....</b>	<b>75</b>
<b>CIRCUITO ABERTO, FECHADO E EFEITO JOULE EM UM CIRCUITO .....</b>	<b>76</b>
<b>VERIFICAÇÃO DA CORRENTE E TENSÃO EM CIRCUITO SIMPLES, SÉRIE E EM PARALELO .....</b>	<b>80</b>
<b>EQUILIBRANDO MOEDAS – POLOS MAGNÉTICOS .....</b>	<b>87</b>
<b>QUESTIONÁRIOS .....</b>	<b>91</b>
<b>ROTEIRO DOS ALUNOS .....</b>	<b>99</b>
<b>SUGESTÃO DE SLIDES.....</b>	<b>106</b>
<b>TABELAS DE CUSTOS.....</b>	<b>109</b>

# INTRODUÇÃO

---

*“O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos.” (AUSUBEL, et al., 1980)*

A realização dos experimentos descritos neste caderno tem como referencial teórico as ideias apresentadas por David Ausubel com relação à aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003; AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980; PELIZZARI et al., 2002), considerando as abordagens de experimentações propostas por Araújo e Abib (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Para Ausubel o fator de maior relevância para a aprendizagem é considerar que ela está relacionada aos conhecimentos prévios (denominados subsunçores) do aprendiz (estudante), sendo este o principal ponto de partida para a aquisição de novos conhecimentos. A aprendizagem significativa é aquela que expressa a interação do conhecimento já existente com ideias novas, as quais se ancoram na estrutura cognitiva do aprendiz. O aprender torna-se um processo ativo, e quando este acoplamento entre um novo conhecimento e o conhecimento já existente ocorre, as informações criam significados novos (AUSUBEL, 2003, p.106); o conhecimento ocorre pela atribuição de significado para o indivíduo que aprende, o qual detém as informações de modo mais consolidado, diferentemente do que ocorre da aprendizagem mecânica, na qual as informações ficam mais suscetíveis ao esquecimento.

Uma das possíveis formas de se acessar e explorar os conhecimentos prévios é partir de atividades experimentais, pois essas atividades facilitam o aprofundamento de conteúdo ao relacionar conhecimentos prévios dos alunos, e os aproximam da realidade do conhecimento científico (CAMPOS et al., 2012).

Para que as atividades experimentais de fato se tornem estratégias relevantes para a aprendizagem é necessário compreender quais são as possíveis formas de abordagem, considerando suas vantagens e desvantagens. Utiliza-se nesse trabalho a classificação citada por Araújo e Abib (2003) às atividades experimentais, sendo essas organizadas em demonstrativas, verificativas e investigativas. As características de cada classificação são apresentadas a seguir.

**Experimentos demonstrativos:** são aqueles executados pelo professor enquanto os alunos apenas observam. Podem ser apresentados no início da aula com o intuito de motivar, ou despertar o interesse do aluno ao tema a ser tratado, ou no final da aula como forma de relembrar os conceitos abordados. Geralmente estas atividades têm por finalidade elucidar um fenômeno físico ou alguns aspectos abordados em aula (ARAÚJO; ABIB, 2003) e possuem a vantagem de demandar pouco tempo de realização e não requerer muitos materiais e espaço físico para sua execução. Como desvantagem há o fato de que não há garantia que todos os alunos se envolvam mediante somente à observação do fenômeno.

**Experimentos verificativos:** são aqueles que buscam validar e confirmar alguma lei (de algum conteúdo de Física, por exemplo). Devido ao papel ativo dos estudantes para a execução da experimentação, esse tipo de atividade pode facilitar a interpretação dos sistemas físicos e seus parâmetros, além de contribuir para o processo de aprendizagem ao promover a interação entre o estudante e a lei a ser validada. A possibilidade de verificação da compreensão dos alunos, através de explicações dos mesmos, é uma das principais vantagens dessa abordagem, que possui como desvantagem a previsibilidade dos resultados esperados, o que pode não estimular a curiosidade.

**Experimentos investigativos:** permitem que o estudante atue diretamente em todas as etapas do experimento, desde a interpretação e execução até uma possível resolução do mesmo, tendo a possibilidade de analisar a situação-problema, coletar os dados necessários, sugerir hipóteses, discutir, argumentar e modificar (SUART; MARCONDES, 2008, p.4). Devido ao seu formato, essa modalidade naturalmente permite que os alunos assumam uma posição mais ativa para a sua aprendizagem, explorando sua criatividade, respeitando seus conhecimentos prévios e propiciando a aquisição de novos conteúdos procedimentais e atitudinais. Apesar desses pontos positivos, experimentos investigativos normalmente exigem um tempo maior de realização e por vezes requerem algum grau de experiência dos alunos com a realização de práticas experimentais.

A versatilidade das atividades experimentais pode ajudar os estudantes a desenvolver diversas habilidades, atitudes e novos conteúdos, cabendo ao professor escolher a modalidade de experimentação mais adequada à sua realidade e aos seus objetivos de aprendizagem.

Nesse caderno, as atividades experimentais de demonstração, verificação e investigação são sugeridas a serem aplicadas de forma remota através de plataformas educacionais. Para o enfoque demonstrativo é proposto um experimento cujo tópico principal é a análise de circuito aberto e fechado e o Efeito Joule em um circuito utilizando-se uma salsicha. No enfoque verificativo é proposto o uso de um simulador on-line e gratuito para avaliar as características de circuitos resistivos em série e em paralelo. Para explorar a investigação na experimentação é proposta uma prática que trata do equilíbrio estático de moedas a partir da ação de um ímã, observando a ação do mesmo sobre outros materiais além das moedas.

# SUGESTÃO DE CRONOGRAMA

---

A tabela a seguir sugere um simples cronograma de como podem ser aplicados os questionários e as aulas experimentais. Caso o professor opte em aplicar de forma presencial, os questionários podem ser entregues em sala de aula. Entretanto, se a escolha for remota, o professor poderá criar um formulário virtual com as questões e enviar o link ou código QR aos alunos.

**Questionários Prévios:** Questionário deve ser aplicado antes do experimento para que o professor observe os conhecimentos prévios dos alunos.

**Experimentos:** Semana no qual os experimentos podem ser aplicados

**Questionários Pós-experimento:** O mesmo questionário deve ser aplicado depois de cada experimento para que o professor possa avaliar se houve aprofundamento dos conhecimentos prévios ou conhecimento adquirido.

Semanas	Questionários Pré-experimento	Experimentos	Questionários Pós-experimento
1	Aplicação do primeiro questionário		
2		Realização experimento 1 por demonstração	Primeira reaplicação do primeiro questionário
3		Realização experimento 2 por verificação	Segunda reaplicação do primeiro questionário
3	Aplicação do segundo questionário		
4		Realização experimento 3 por verificação	Reaplicação do segundo questionário

# Experimentação por Demonstração

## CIRCUITO ABERTO, FECHADO E EFEITO JOULE EM UM CIRCUITO

---

Os experimentos de cunho demonstrativos são aqueles executados pelo professor enquanto os alunos observam. Podem ser apresentados no início da aula com o intuito de motivar, ou despertar o interesse do aluno ao tema a ser tratado, ou no final da aula como forma de relembrar os conceitos abordados. Geralmente estas atividades são utilizadas para contribuir com a aprendizagem na sala de aula e servem para elucidar um fenômeno físico ou alguns aspectos abordados em aula

**Objetivo:** O intuito deste experimento é demonstrar que um circuito precisa estar fechado para que um material que permite a passagem de corrente elétrica possa sofrer o Efeito Joule, ou seja aquecimento e ou superaquecimento do material.

A fim de obter uma aprendizagem significativa proposta por Ausubel, com antecedência, deve-se distribuir aos alunos o questionário referente a este experimento que se encontra no ao final deste produto. Em seguida, ao analisar as respostas, o professor conhecerá um pouco do conhecimento prévio do aluno e direcionará o experimento levando em conta este conhecimento para poder aprofundá-lo. Por ser um experimento por demonstração, a teoria prévia deverá ser apresentada aos estudantes e uma sugestão de **slides** se encontra ao final deste produto.

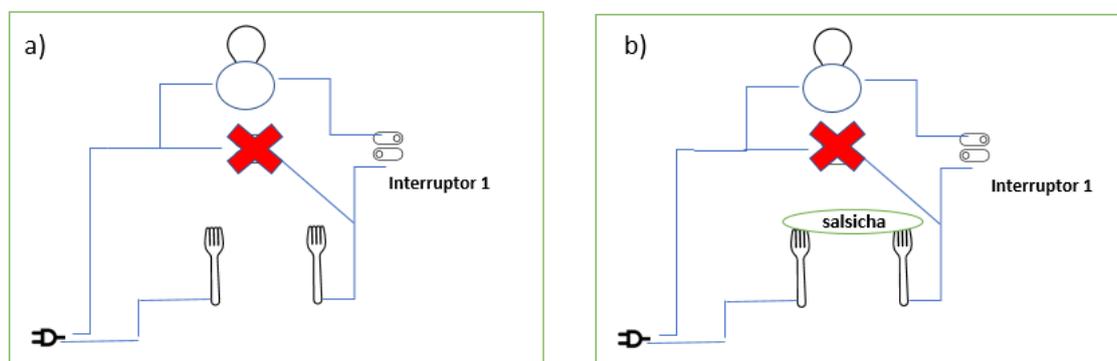
Para este experimento, o professor montará um circuito utilizando os seguintes materiais:

- Um suporte de madeira 
- Dois garfos 
- Dois pregos
- Uma salsicha 
- Fita isolante
- Fios de cobre
- Dois interruptores 
- Um bocal 
- Uma lâmpada 
- Um plug macho 

### Parte 1: Circuito aberto e circuito fechado

As montagens dos circuitos usados nessa experimentação estão indicadas nas Figuras 1 a) e b).

Figura 1. **Representação esquemática do circuito elétrico nas configurações aberta a) e fechada b).**



**⚠ Atenção!** Para esta parte da experiência este interruptor deve permanecer desligado.

Fonte: Elaborada pela autora.

### Procedimento

1. Primeiramente conecta-se na tomada o circuito **sem a salsicha** conectada nos garfos (Figura 1a) e depois liga-se o interruptor 1 para verificar se a lâmpada acenderá.
2. Desliga-se, por segurança, o plug da tomada e coloca-se a salsicha nos garfos, conforme mostra a Figura 1b. Em seguida, mantendo-se uma distância segura,

coloca-se novamente o plug na tomada, liga-se o circuito pelo interruptor 1. Verifica-se que nessa situação a lâmpada acende.

### **Orientações para a condução do experimento**

Logo após a realização do passo 1 do procedimento verifica-se que a lâmpada não acenderá, e nesse momento deve-se instigar os alunos a descobrir o porquê desse fato. Para tal, algumas perguntas como, por exemplo, “*Por que a lâmpada não acendeu?*” podem ser apresentadas para guiar os alunos até à conclusão de que o circuito está aberto e, por isso, a passagem da corrente elétrica pelo circuito elétrico é interrompido.

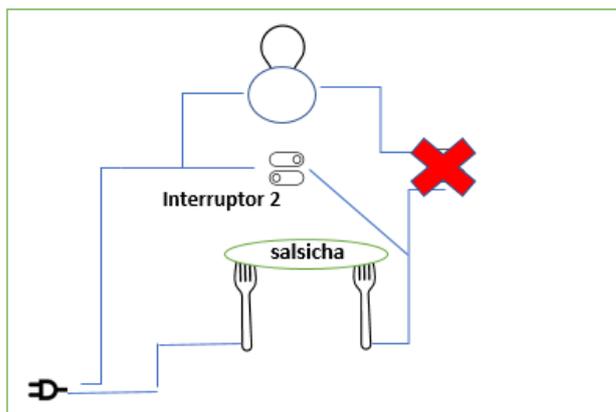
Após esta conclusão, o professor pode indagar aos alunos quais seriam algumas soluções para que o circuito fechasse e a lâmpada acendesse. Em seguida, o professor realiza o passo 2 do procedimento e verifica-se que a lâmpada acenderá. Algumas perguntas tais como “Por que a lâmpada acendeu?”, “O que a salsicha possui que fez isto ocorrer?”, “Que outro tipo de materiais pode-se utilizar para que a lâmpada acenda?”. Pode-se fomentar a discussão até que se chegue na conclusão sobre materiais que são bons ou maus condutores.

Além de discutir sobre o material, pode-se fomentar a discussão sobre as principais características de um circuito em série. Tais como, mesma corrente entre resistores (lâmpada e a salsicha), a divisão que ocorre na tensão, como a lâmpada e a salsicha possuem resistências diferentes, e ambas possuem mesma corrente, mas a tensão será distribuída diferentemente.

### Parte 2: Efeito Joule em um circuito

Para essa experimentação o circuito abaixo (Figura 2) deve ser montado.

Figura 2. **Representação esquemática do circuito elétrico em Efeito Joule.**



**Atenção!** Para esta parte da experiência este interruptor deve permanecer desligado.

Fonte: Elaborada pela autora.

## Procedimento

Para esta parte do experimento coloca-se a salsicha nos garfos pluga-se o circuito na tomada e em seguida liga-se o interruptor 2, como indicado na Figura 2.

## Orientações para a condução do experimento

Com o tempo verifica-se que ocorre o aumento da temperatura da salsicha. Ou seja há uma transformação da energia cinética dos elétrons em energia térmica pois a colisão dos elétrons resulta no aumento do grau de agitação dos átomos aumentando a temperatura, ocorrendo o Efeito Joule. O professor ao manipular este experimento deve manter uma distância segura do experimento, pois devido ao aumento da resistência da salsicha, a mesma solta faísca. Em seguida, o professor deve certificar-se que tanto o interruptor quanto a tomada estão desligados antes de mostrar aos alunos o estado final da salsicha.

Após a experimentação, o mesmo questionário apresentado para os alunos anteriormente deve ser disponibilizado novamente para que o professor saiba quais os pontos da disciplina houve um aprofundamento na estrutura cognitiva de seus estudantes.

# Experimentação por Verificação

## VERIFICAÇÃO DA CORRENTE E TENSÃO EM CIRCUITO SIMPLES, SÉRIE E EM PARALELO

---

O intuito da experimentação por verificação é de desenvolver atividades que buscam validar e confirmar as leis da física. Considera-se importante atividades verificativas pois estas têm a capacidade de facilitar a interpretação dos sistemas físicos e seus parâmetros. Isto ocorre, pois, este tipo de atividade torna o ensino estimulante ao promover uma grande participação dos alunos e por estimular uma aprendizagem significativa.

**Objetivo:** Analisar o comportamento da tensão elétrica e da corrente elétrica em circuitos diferentes (série e paralelo) a partir do uso de simulador computacional.

É importante ressaltar que antes da experimentação deve-se entregar aos estudantes o questionário relativo a este experimento para que o professor investigue o conhecimento prévio existente em cada estudante.

Para este experimento, será utilizado o simulador de laboratório de um circuito da Universidade do Colorado pelo link: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc). A Figura 3 apresenta a tela inicial para entrar no simulador.

Figura 3. Imagem da tela inicial do simulador PHET.



### Kit para Montar Circuito DC



Fonte: Elaborada pela autora.

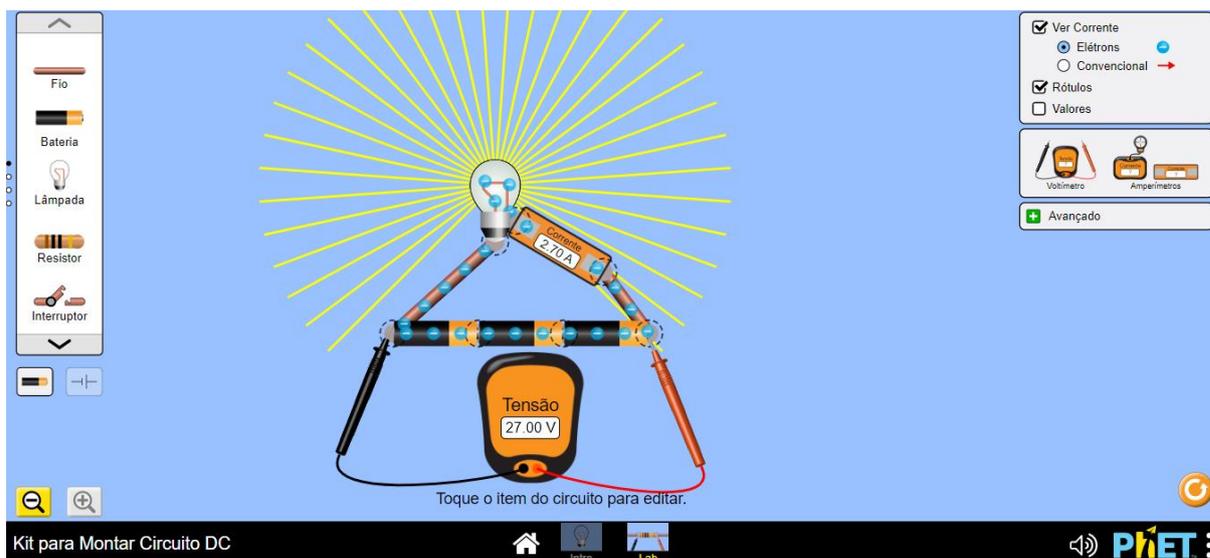
### Procedimento

O experimento será realizado por cada estudante, portanto este precisará estar logado com acesso à internet de forma que entre no simulador. Para que os alunos conheçam as ferramentas propostas pelo simulador é importante orientá-los a descobrir cada ferramenta manuseando o simulador antes de começar a experimentação, em seguida eles deverão seguir os seguintes passos no Lab.:

#### Circuito simples:

1. Selecione quantos fios forem necessários para a junção dos componentes do circuito;
2. utilize três baterias conectadas em sequência;
3. conecte um fio em cada lado do conjunto de baterias;
4. conecte um amperímetro a um dos fios;
5. conecte uma lâmpada no amperímetro;
6. direcione a extremidade livre do outro fio até se conectar à da base da lâmpada. (Neste momento o aluno já conseguirá ver a lâmpada acender);
7. anote o valor da corrente elétrica que aparecerá no amperímetro;
8. coloque a pinça vermelha do voltímetro em uma das extremidades do conjunto de baterias, e a pinça preta na outra extremidade (Figura 4). Anote o valor mostrado pelo voltímetro;
9. Faça a mesma coisa nos dois conectores da base da lâmpada e anote o valor mostrado pelo voltímetro;

Figura 4. Imagem da tela do simulador PHET.

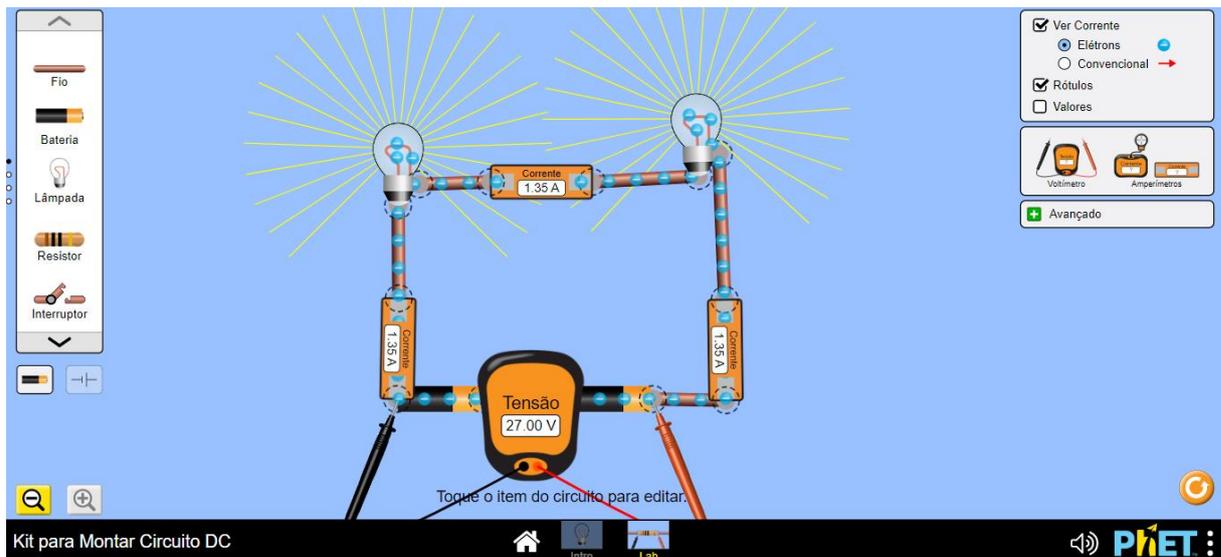


Fonte: Elaborada pela autora.

#### Circuito em série com dois resistores:

1. Selecione quantos fios forem necessários;
2. utilize três baterias conectadas em sequência;
3. conecte um fio em cada extremidade da sequência de baterias;
4. na extremidade livre de um dos fios conecte o amperímetro 1;
5. o amperímetro 1 deve ser conectado à base da lâmpada 1;
6. utilize o amperímetro 2 para conectar a lâmpada 1 com a lâmpada 2;
7. conecte outro fio que está na outra extremidade da bateria ao amperímetro 3;
8. conecte o a extremidade livre do amperímetro 3 à base da lâmpada 2. (Neste momento o aluno já conseguirá ver o circuito funcionando Figura 5);
9. anote os valores de corrente elétrica mostrados em cada amperímetro;
10. coloque a pinça vermelha do voltímetro em uma das extremidades do conjunto de baterias, e a pinça preta na outra extremidade. Anote o valor mostrado pelo voltímetro;
11. faça a mesma coisa nas extremidades de cada lâmpada e anote os valores mostrados no voltímetro para cada lâmpada.

Figura 5. Imagem da tela do simulador PHET.

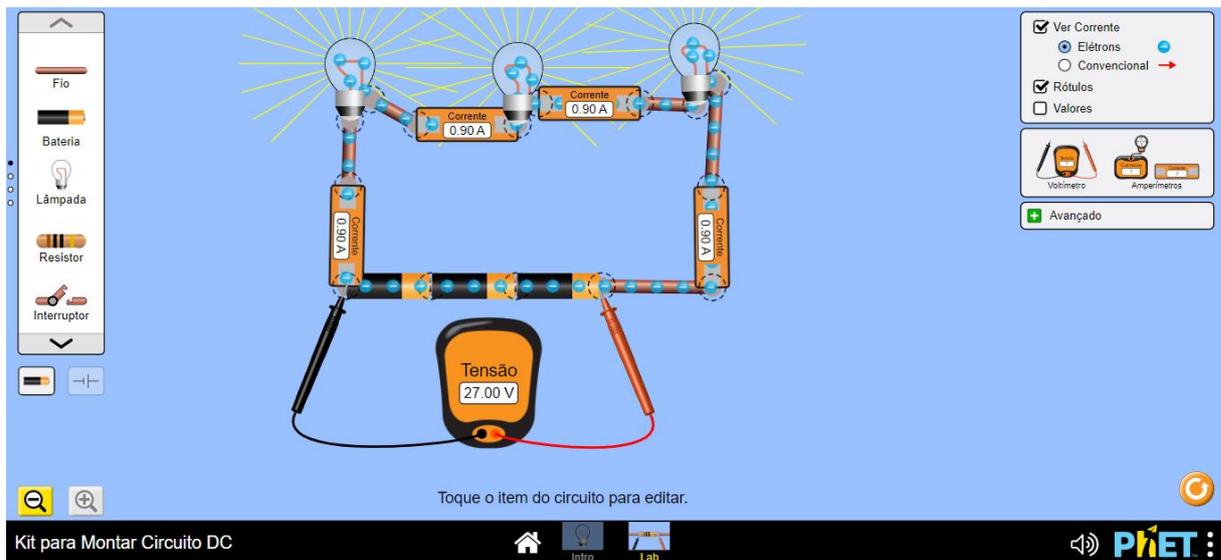


Fonte: Elaborada pela autora.

#### Circuito em série com três resistores:

1. Selecione quantos fios forem necessários;
2. utilize três baterias conectadas em sequência;
3. conecte um fio em cada extremidade da sequência de baterias;
4. na extremidade livre de um dos fios, conecte-o ao amperímetro 1;
5. conecte o amperímetro 1 à base da lâmpada 1;
6. utilize um amperímetro 2 para conectar a lâmpada 1 à lâmpada 2;
7. utilize um amperímetro 3 para conectar a lâmpada 2 à lâmpada 3;
8. conecte um fio que está na outra extremidade do conjunto de bateria ao amperímetro 4;
9. conecte o a extremidade livre do amperímetro 4 à base da lâmpada 3. (Neste momento o aluno já conseguirá ver o circuito funcionando Figura 6);
10. anote os valores de corrente elétrica mostrados em cada amperímetro;
11. coloque as pinças vermelha e preta do voltímetro nas extremidades do conjunto de baterias e anote o valor de tensão elétrica mostrado pelo voltímetro;
12. faça a mesma coisa nas extremidades de cada lâmpada.

Figura 6. Imagem da tela do simulador PHET.

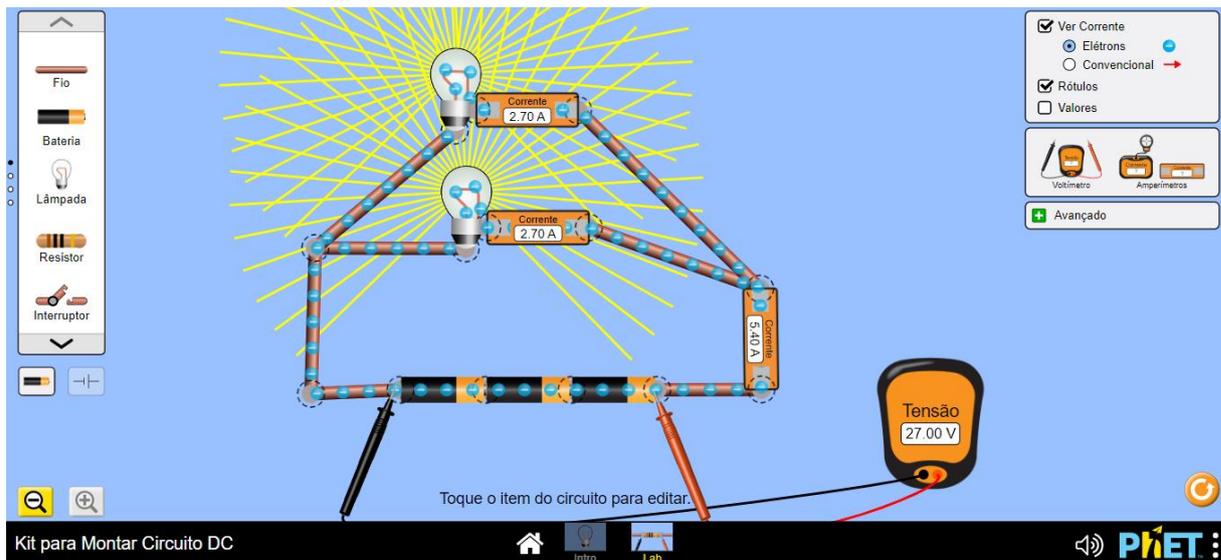


Fonte: Elaborada pela autora.

### Circuito em paralelo com dois resistores:

1. Selecione quantos fios forem necessários;
2. utilize três baterias conectadas em sequência;
3. conecte um fio em cada extremidade das baterias;
4. na extremidade livre de um dos fios conecte outros dois fios, formando um nó;
5. conecte o fio superior à lâmpada 1;
6. conecte o fio inferior à lâmpada 2;
7. ao lado da lâmpada 1 conecte o amperímetro 1, e ao lado da lâmpada 2 conecte o amperímetro 2;
8. conecte outro fio nas extremidades dos amperímetros 1 e 2 e junte-os em um nó;
9. ao nó formado no passo 8 conecte o amperímetro 3 e junte ele na outra extremidade livre do fio ligado a bateria como demonstrado na Figura 7;
10. anote o valor das correntes nos amperímetros 1, 2 e 3;
11. coloque as pinças vermelha e preta do voltímetro nas extremidades do conjunto de baterias e anote o valor de tensão elétrica mostrado;
12. Faça a mesma coisa para cada lâmpada e anote os valores de tensão elétrica.

Figura 7. Imagem da tela do simulador PHET.

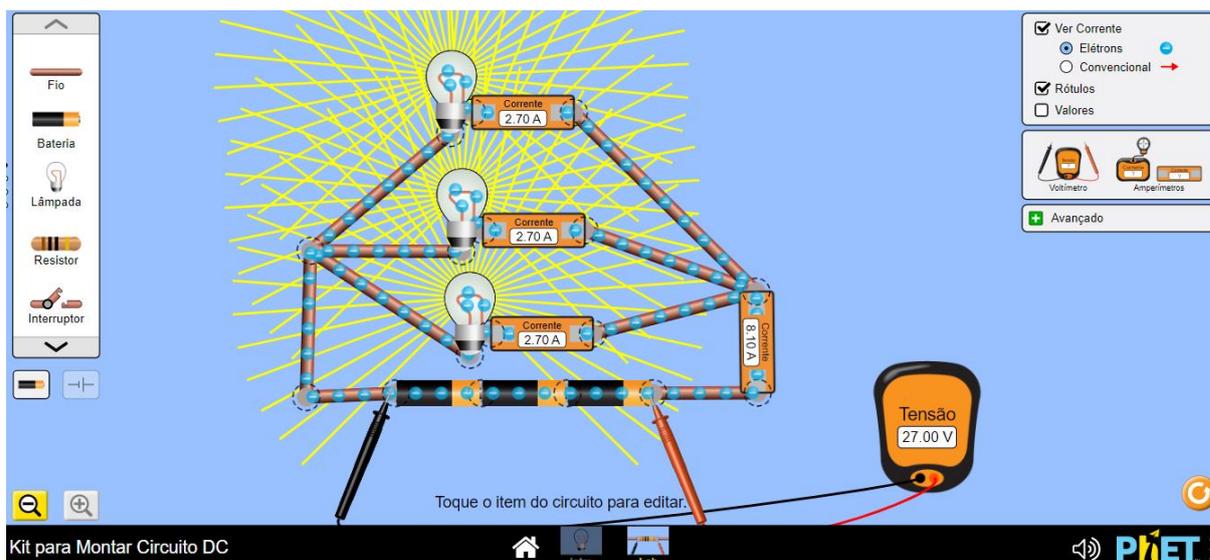


Fonte: Elaborada pela autora.

### Circuito em paralelo com três resistores:

1. Selecione quantos fios forem necessários;
2. utilize três baterias conectadas em sequência;
3. conecte um fio em cada extremidade das baterias;
4. na extremidade livre de um dos fios, conecte outros três fios formando um nó;
5. conecte o fio superior à lâmpada 1;
6. conecte o fio mediano à lâmpada 2;
7. conecte o fio inferior à lâmpada 3;
8. à lâmpada 1 conecte o amperímetro 1, à lâmpada 2 conecte o amperímetro 2 e, à lâmpada 3 conecte o amperímetro 3;
9. Conecte outros três fios, um em cada extremidade dos amperímetros 1, 2 e 3, e depois junte-os em um nó;
10. ao nó citado no passo 9 conecte o amperímetro 4 e junte ele na outra extremidade livre do fio ligado a bateria como demonstrado na Figura 8;
11. anote o valor das correntes nos amperímetros 1, 2, 3 e 4;
12. coloque as pinças vermelha e preta do voltímetro nas extremidades do conjunto de baterias e anote o valor de tensão elétrica mostrado;
13. faça a mesma coisa para cada lâmpada e também anote os valores de tensão elétrica.

Figura 8. Imagem da tela do simulador PHET.



Fonte: Elaborada pela autora.

### Orientações para a condução do experimento

Logo após a realização de cada passo o aluno deverá verificar e confirmar algumas características discutidas anteriormente e que estão relacionadas a cada circuito. Abaixo são descritas as características que poderão ser verificadas em cada montagem:

Montagem circuito simples: o circuito funcionará se for fechado, com um resistor e gerador.

Montagem circuito em série com dois ou três resistores: mesma corrente irá percorrer todo o circuito; os valores de tensão mudam para cada lâmpada.

Montagem circuito em paralelo com dois ou três resistores: a corrente se divide em cada ramo; a tensão é a mesma para cada lâmpada.

Para os experimentos usou-se lâmpadas iguais, no entanto, pode-se repetir as mesmas montagens utilizando lâmpadas de resistências diferentes, assim verificando a mudança dos valores das tensões em cada lâmpada nos circuitos em série e os valores das correntes nos circuitos em paralelo.

Ao final deste produto, encontra-se um roteiro a ser distribuído para cada aluno no qual ele preencherá com as medidas da corrente e tensão em cada lâmpada de cada circuito, o qual facilitará a comparação dos conceitos verificados.

# Experimentação por Investigação

## EQUILIBRANDO MOEDAS – POLOS MAGNÉTICOS

---

A experimentação por investigação tem um cunho diferenciado das demais. Enquanto experimentos demonstrativos e verificativos tinham características mais fechadas e elaboradas tendo o professor como peça principal para elaborar e realizar um roteiro, as atividades investigativas permitem que os estudantes sejam mais ativos na construção do conhecimento tendo o professor na mediação, como um facilitador deste processo. Em outras palavras, a experimentação por investigação permite ao estudante atuar no experimento em todos os processos desde a interpretação até uma possível resolução do mesmo. Esta é a oportunidade que o estudante tem de analisar a situação problema, coletar os dados necessários, sugerir hipóteses, discutir e argumentar. (SUART & MARCONTE, 2008, p. 4).

**Objetivo:** O intuito deste experimento é investigar o equilíbrio estático de objetos (moedas) sujeitos a ação de ímãs.

Antes de iniciá-lo o professor deverá entregar o questionário referente a este experimento que se encontra ao final deste produto e verificar quais os conhecimentos prévios existentes em seus estudantes.

Para este experimento, cada estudante deverá utilizar os seguintes materiais:

- 3 moedas
- Dois suportes

- Uma régua 
- Um ímã 
- Clipes
- Borracha

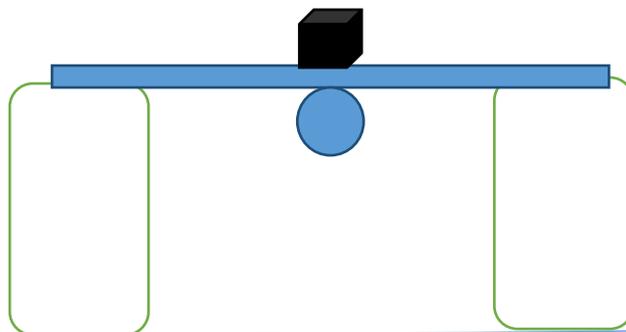
### Procedimento

O experimento deve ser montado da seguinte maneira:

Etapa 1: Sobre uma mesa coloca-se dois suportes e, sobre esses suportes apoia-se as extremidades da régua. No centro dessa régua coloca-se o ímã. Abaixo da régua, como demonstrado da Figura 9, equilibre a primeira moeda. Em seguida, após ser conectada a primeira moeda, equilibre a segunda e a terceira moeda (Figuras 10 e 11).

Etapa 2: Em seguida, com cuidado, afaste as três moedas juntas e equilibradas até encostar na mesa, deixando-as empilhadas na vertical uma sobre a outra em equilíbrio estático a uma pequena distância da régua sob o ímã, como demonstrado na Figura 12.

*Figura 9. Representação da montagem do experimento etapa 1 com uma moeda.*



*Figura 10. Representação da montagem do experimento etapa 1 com duas moedas.*

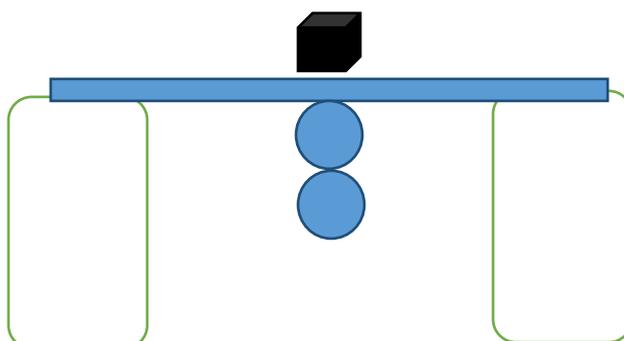


Figura 11. Representação da montagem do experimento etapa 1 com três moedas.

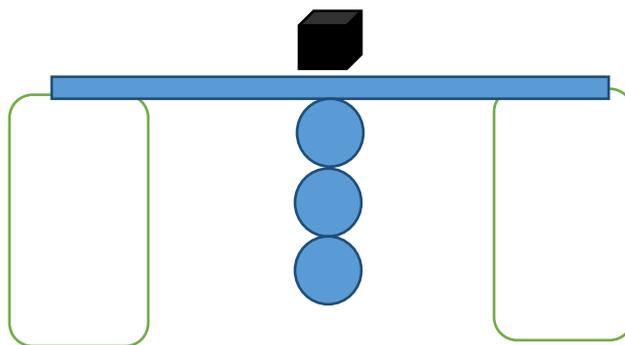
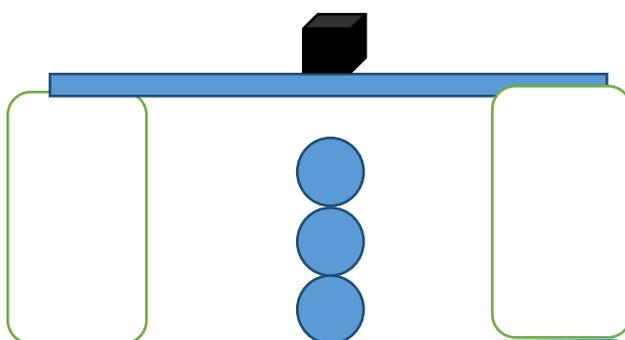


Figura 12. Representação da montagem do experimento etapa 2.



Fonte: Elaborada pela autora.

### Orientações para a condução do experimento

É importante ressaltar alguns pontos com relação a montagem deste experimento:

- d) Os suportes não podem ser tão altos e nem baixos a altura entre a régua e a mesa deve ser um pouco maior da soma dos diâmetros das moedas;
- e) É recomendado que utilize ímãs mais forte ou seja que haja um campo magnético mais intenso, com ímãs fracos geralmente não há magnetização necessária para que haja o equilíbrio.
- f) Ímãs circulares possuem campo magnético variável, isto também pode interferir no experimento. Recomenda-se de preferência que utilize ímãs com campo magnético constante ou seja, ímã de barra.

Durante a montagem do experimento o aluno deve ponderar e buscar respostas através do experimento às seguintes perguntas:

- Qual a propriedade dos materiais, que faz com que a primeira moeda fique equilibrada, como demonstra a Figura 9 da etapa 1?
- Se substituirmos o ímã por um cubo de um metal qualquer, o mesmo equilíbrio aconteceria?

- Qual a propriedade o ímã que possibilita este experimento?
- O que levou a segunda moeda a ficar equilibrada com a primeira moeda?
- Por que ocorre o fenômeno de as moedas “grudarem” umas nas outras, como representa as Figuras 10 e 11?
- O mesmo poderia ocorrer se substituirmos a moeda pelos cliques? Por quê?
- O mesmo poderia ocorrer se substituirmos a moeda pela borracha? Por quê?
- Na etapa 2, como as moedas conseguem ficar equilibradas?
- Se colocarmos um pedaço de folha na região entre as moedas equilibradas e a régua com o ímã, o sistema continuaria em equilíbrio? Por quê?
- Ao tirarmos o ímã de cima da régua, o que ocorrerá com o sistema? Será possível equilibrar as moedas da mesma forma? Por quê?
- Quais conclusões pode-se obter com relação às propriedades do ímã e das moedas através deste experimento?
- Quais conclusões pode-se obter com relação à substituição da moeda por outros materiais?

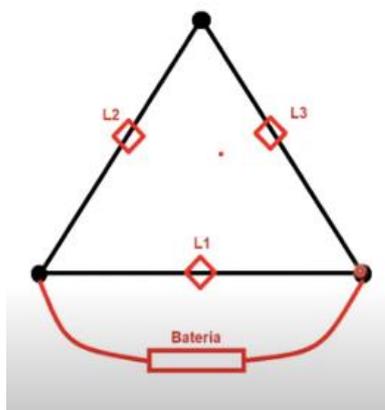
Ao analisar a construção do conhecimento realizada pelos alunos, o professor deverá mediar, orientando os alunos e ajudando-os somente no final a construir uma conclusão sobre as propriedades verificadas no experimento.

Em seguida, o mesmo questionário apresentado anteriormente deve ser respondido pelos estudantes a fim de que o professor identifique o ancoramento do conhecimento em seus alunos.

# QUESTIONÁRIOS

## Questionário Experimento por demonstração e verificação Assunto: circuito em série / Paralelo e Efeito Joule em um circuito Para ser aplicado antes e depois da realização do experimento.

1. (UECE - CEV – 2019) - Um enfeite para festas natalinas foi construído com 100 lâmpadas LED (*light emitting diode*) dispostas ao longo de uma linha, com as lâmpadas eletricamente associadas. Apesar de o fabricante afirmar que as lâmpadas têm 100% de garantia de não apresentarem defeito, uma delas veio, de fábrica, com seus circuitos internos interrompidos. Dessa forma, é correto afirmar que:
  - a) o enfeite não acenderá, caso as lâmpadas sejam ligadas em série.
  - b) o enfeite não acenderá, caso as lâmpadas sejam ligadas em paralelo.
  - c) o enfeite acenderá, caso as lâmpadas boas sejam ligadas em paralelo e esta associação seja ligada em série com a lâmpada defeituosa.
  - d) não há formas de associação das 100 lâmpadas que permita o arranjo acender.
2. (UECE-CEV – 2019/Adaptada) - Considere um arranjo natalino formado por três lâmpadas incandescentes idênticas, ligadas entre si de modo a formar um arranjo triangular.

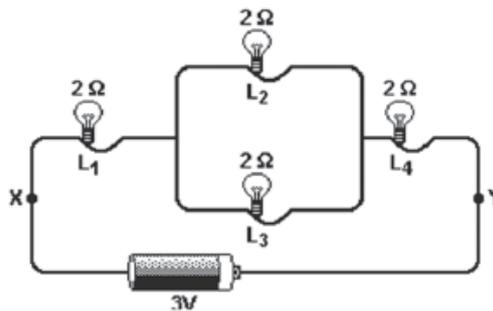


Simplificadamente, cada lâmpada pode ser tratada como um resistor ôhmico. Nesse arranjo, cada elemento da associação tem um de seus terminais ligados a um único terminal de outra lâmpada. Dessa forma, há três pontos que podem ser conectados

aos polos de uma bateria. Supondo que sejam escolhidos dois desses pontos, aleatoriamente, e se faça a conexão com a fonte de tensão, é correto dizer que

- duas lâmpadas terão maior luminosidade do que uma terceira.
- duas lâmpadas terão menor luminosidade do que uma terceira.
- todas as lâmpadas terão mesma luminosidade.
- nenhuma lâmpada acenderá.

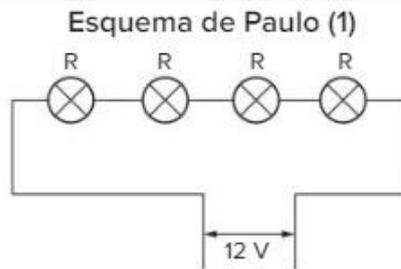
3. (UNICENTRO – 2019)



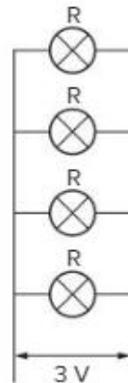
Considerando-se que, no circuito apresentado, a lâmpada L3 está queimada, depende-se que

- as demais lâmpadas funcionarão normalmente.
- todo o circuito não funcionará.
- apenas L2 não funcionará.
- L1 e L4 não funcionarão.

4. (Sistema Poliedro) Em uma aula de laboratório, cada aluno dispõe de 4 lâmpadas ideais de dados nominais  $6\text{ W} - 3\text{ V}$  e de uma bateria, que pode ser escolhida entre várias diferentes. Com esse material os alunos devem fazer um projeto de iluminação de emergência (no caso de falta de energia elétrica na rede). Na primeira etapa o professor propõe aos alunos que apenas apresentem formas de ligar a bateria às lâmpadas. Paulo, um dos alunos, escolhe uma bateria de  $12\text{ V}$  e faz a iluminação com as lâmpadas em série, conforme o esquema 1. Já Pedro, um outro aluno, escolhe uma bateria de  $3\text{ V}$  e faz a ligação com as lâmpadas em paralelo, conforme o esquema 2.



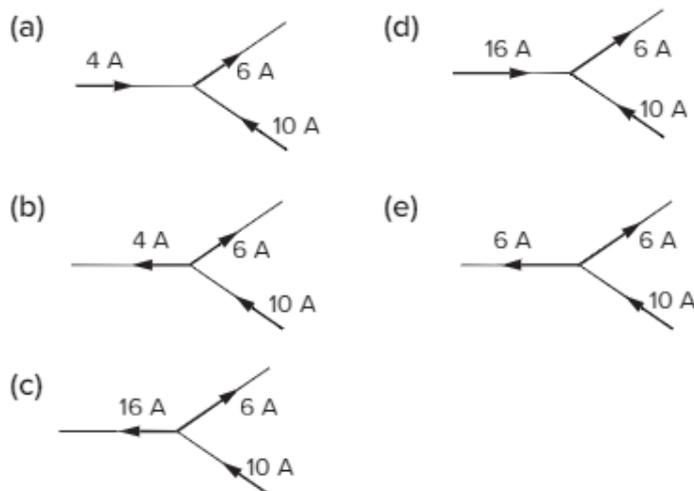
**Esquema de Pedro (2)**



O que aconteceria com o brilho das outras lâmpadas caso uma delas queimasse:

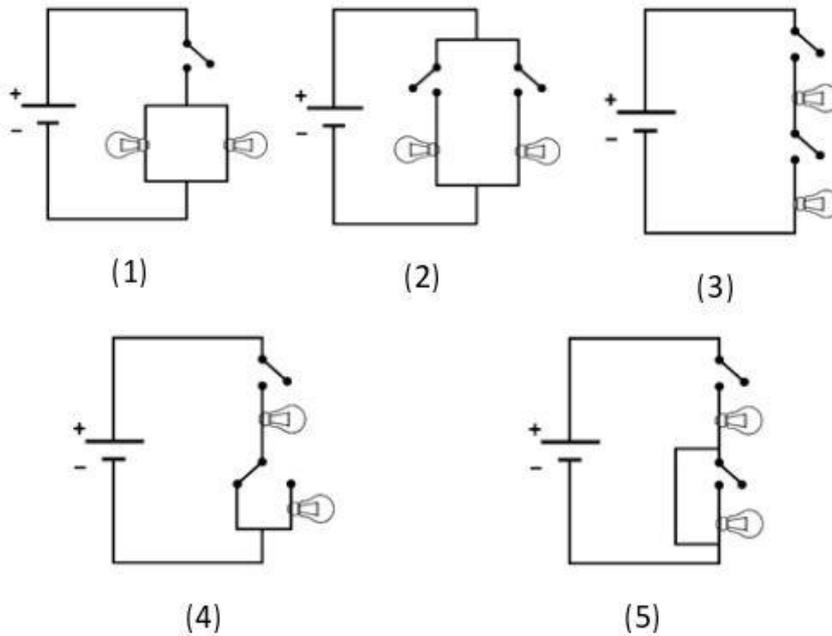
- a) no esquema de Paulo?
- b) no esquema de Pedro?

5. (Sistema Poliedro) Nas alternativas seguintes estão representados nós de circuitos elétricos por onde passam três correntes elétricas contínuas. O único nó em que as intensidades e os sentidos das correntes são compatíveis entre si é:



6. (FUVEST-2021) - Em uma luminária de mesa, há duas lâmpadas que podem ser acesas individualmente ou ambas ao mesmo tempo, com cada uma funcionando sob a tensão nominal determinada pelo fabricante, de modo que a intensidade

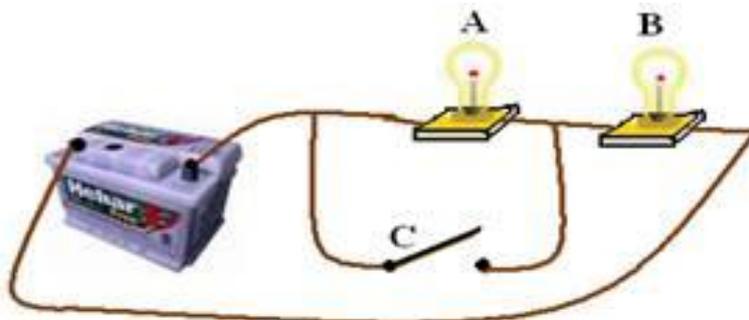
luminosa de cada lâmpada seja sempre a mesma. Entre os circuitos apresentados, indique aquele que corresponde a um arranjo que permite o funcionamento conforme essa descrição.



Note e adote:  
 Suponha que as lâmpadas funcionem de maneira ôhmica, ou seja, da mesma forma que um resistor.

- a) Circuito (1)
- b) Circuito (2)
- c) Circuito (3)
- d) Circuito (4)
- e) Circuito (5)

7. (FUVEST-SP) Duas lâmpadas iguais, de 12V cada uma, estão ligadas a uma bateria de 12V, como mostra a Figura.



Estando o interruptor C aberto, as lâmpadas acendem com intensidades iguais. Ao fechar o interruptor C, observamos que:

- a) A apaga e B brilha mais intensamente.
- b) A apaga e B mantém o brilho.
- c) A apaga e B apaga.
- d) B apaga e A brilha mais intensamente.
- e) B apaga e A mantém o brilho.

8. (FGV-SP) Originalmente, quando comprou seu carrinho de churros, a luz noturna era reforçada por um lampião a gás.



Quando seu vizinho de ponto, o dono da banca de jornais, lhe ofereceu a possibilidade de utilizar uma tomada de 220 V, tratou logo de providenciar um modo de deixar acesas duas lâmpadas em seu carrinho. Entretanto, como não era perito em assuntos de eletricidade, construiu um circuito para duas lâmpadas, conhecido como circuito em série.

Sobre esse circuito, análise:

- I. A vantagem desse tipo de circuito elétrico é que se uma das lâmpadas se queima, a outra permanece acesa.
- II. Utilizando duas lâmpadas idênticas, de valores nominais 220 V/100 W, deve-se obter, em termos de iluminação, o previsto pelo fabricante das lâmpadas.
- III. Utilizando-se duas lâmpadas idênticas de 110 V, elas se queimarão, uma vez que a diferença de potencial para a qual elas foram fabricadas será superada pela diferença de potencial oferecida pelo circuito.

IV. Ao serem ligadas duas lâmpadas idênticas, sejam elas de 110 V ou de 220 V, devido às características do circuito em série, a diferença de potencial sobre cada lâmpada será de 110 V.

É correto o contido apenas em

- a) I.
- b) IV.
- c) I e III.
- d) II e III.
- e) II e IV.

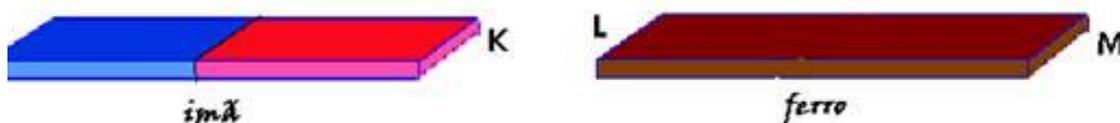
**Questionário Experimento Investigativo**  
**Assunto: Polos Magnéticos**  
**Para ser aplicado antes e depois da realização do experimento.**

1. (ITA) Um pedaço de ferro é posto nas proximidades de um ímã, conforme o esquema abaixo.



Qual é a única afirmação correta relativa à situação em apreço?

- a) é o ímã que atrai o ferro.
  - b) é o ferro que atrai o ímã.
  - c) a atração do ferro pelo ímã é mais intensa do que a atração do ímã pelo ferro.
  - d) a atração do ímã pelo ferro é mais intensa do que a atração do ferro pelo ímã.
  - e) a atração do ferro pelo ímã é igual à atração do ímã pelo ferro.
2. (UFRGS) A Figura mostra um pedaço de ferro nas proximidades de um dos pólos de um ímã permanente.



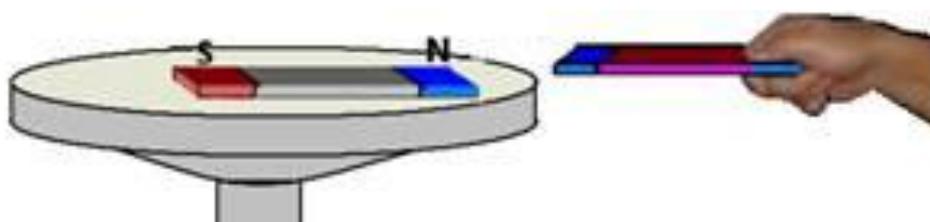
Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas nas seguintes afirmações sobre essa situação.

A extremidade L do pedaço de ferro é ..... pelo polo K do ímã.

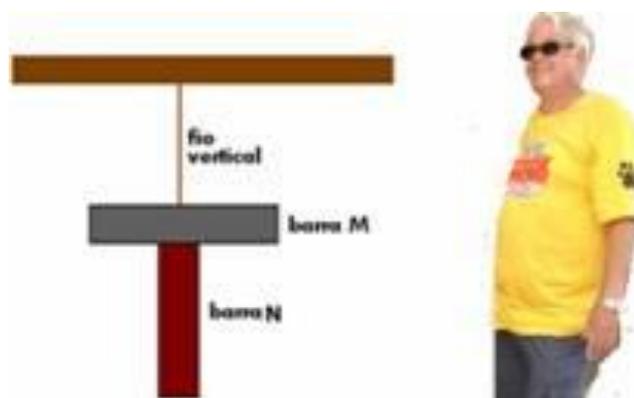
Chamando o polo sul do ímã de S e o norte de N, uma possível distribuição dos polos nas extremidades K, L e M é, respectivamente, .....

- a) atraída – N, N e S
- b) atraída – N, S e N
- c) repelida – N, S e N
- d) repelida – S, S e N
- e) repelida – S, N e S

3. (FUVEST-SP/Adaptada) Considere um ímã em forma de barra apoiado sobre uma mesa. Você segura entre os dedos um pedaço de ferro em forma de barra, e investiga as forças magnéticas que agem sobre ele, nas proximidades do ímã apoiado sobre a mesa. Você conclui que o ferro entre seus dedos:

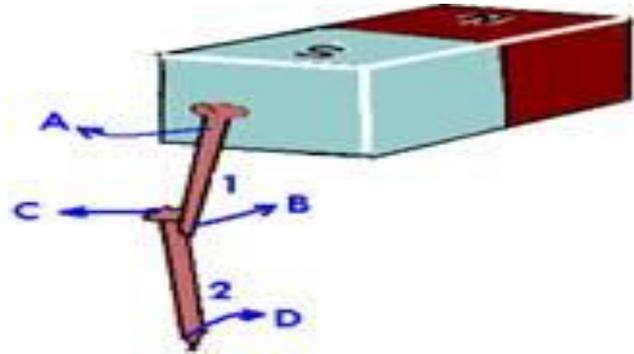


- a) será sempre atraído pelo ímã fixo.
  - b) será sempre repelido pelo ímã fixo.
  - c) tenderá sempre a girar.
  - d) não será atraído nem repelido.
  - e) poderá ser atraído ou repelido.
4. (UFB) Um professor de Física, numa experiência de magnetismo, monta o esquema da Figura abaixo, onde M e N são duas barras, uma de ferro e a outra um ímã natural, não necessariamente nessa ordem. Observando que elas se atraem, pergunta a seus alunos:



- a) Qual delas é o ímã?
- b) O que ocorreria se a posição das duas barras fosse invertida?

5. (UFPA /Adaptada) Na Figura, um ímã natural, cujos polos magnéticos norte, N, e sul, S, estão representados, equilibra dois pregos (1 e 2). Os pontos A e B pertencem a 1 e os pontos C e D pertencem a 2.



Pode-se afirmar que:

- a) B e C são polos norte.
- b) A é um polo norte e D um polo sul.
- c) A e D são polos sul.
- d) A é um polo sul e B um polo norte.
- e) B é um polo sul e D um polo norte.

# ROTEIRO DOS ALUNOS

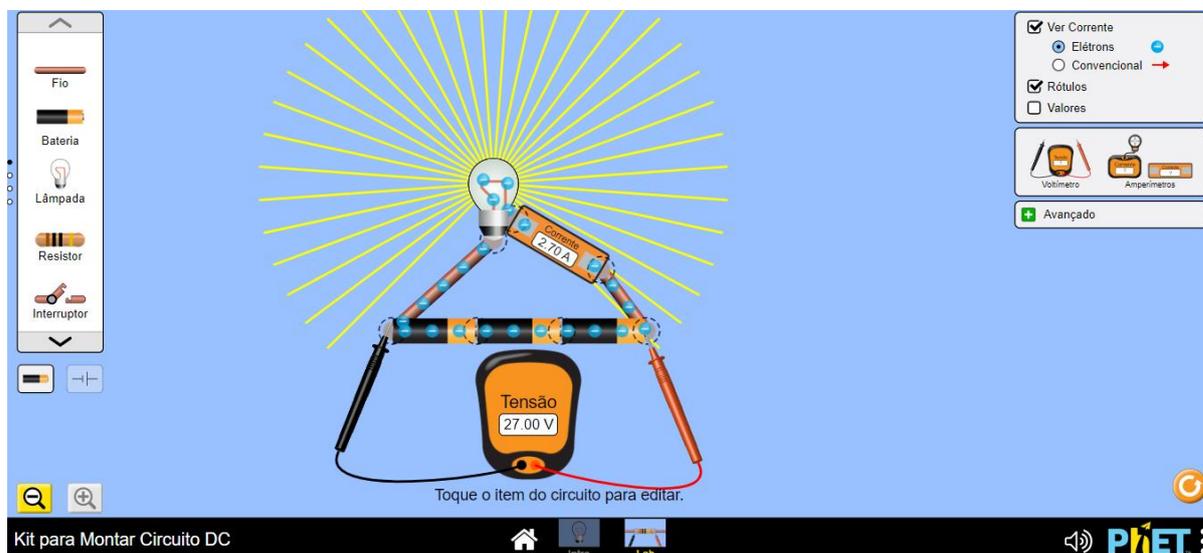
## Experimento 2 - Abordagem verificativa

**Objetivo:** Analisar o comportamento da tensão elétrica e da corrente elétrica em circuitos diferentes (série e paralelo) a partir do uso de simulador computacional [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc).

### PROCEDIMENTO 1: CIRCUITO SIMPLES

1. Selecione quantos fios forem necessários para a junção dos componentes do circuito;
2. Utilize três baterias conectadas em sequência;
3. Conecte um fio em cada lado do conjunto de baterias;
4. Conecte um amperímetro a um dos fios;
5. Conecte uma lâmpada no amperímetro;
6. Direcione a extremidade livre do outro fio até se conectar à da base da lâmpada;
7. Anote o valor da corrente elétrica que aparecerá no amperímetro;
8. Coloque a pinça vermelha do voltímetro em uma das extremidades do conjunto de baterias, e a pinça preta na outra extremidade (Figura 1). Anote o valor mostrado pelo voltímetro;
9. Faça a mesma coisa nos dois conectores da base da lâmpada e anote o valor mostrado pelo voltímetro;
10. Tire um print de seu experimento e cole no final deste arquivo nomeando print 1.

Figura 1. Imagem da tela do simulador PHET.

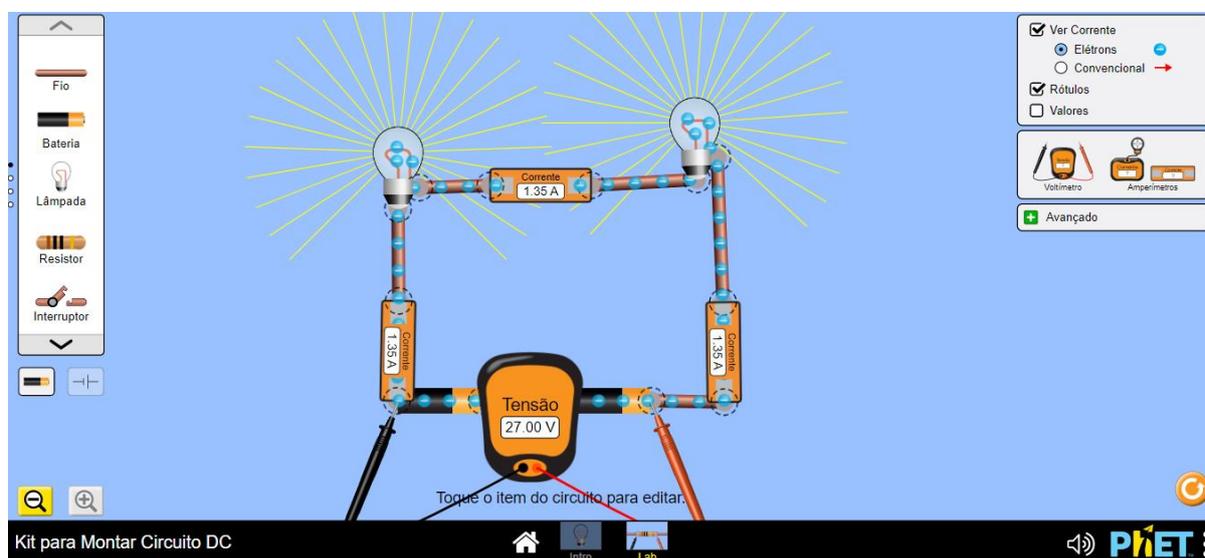


Fonte: Elaborada pela autora.

**PROCEDIMENTO 2: CIRCUITO EM SÉRIE COM DOIS RESISTORES**

1. Selecione quantos fios forem necessários;
2. utilize três baterias conectadas em sequência;
3. conecte um fio em cada extremidade da sequência de baterias;
4. Na extremidade livre de um dos fios conecte o amperímetro 1;
5. O amperímetro 1 deve ser conectado à base da lâmpada 1;
6. Utilize o amperímetro 2 para conectar a lâmpada 1 com a lâmpada 2;
7. Conecte outro fio que está na outra extremidade da bateria ao amperímetro 3;
8. Conecte o a extremidade livre do amperímetro 3 à base da lâmpada 2. (Neste momento o aluno já conseguirá ver o circuito funcionando Figura 2);
9. Anote os valores de corrente elétrica mostrados em cada amperímetro;
10. Coloque a pinça vermelha do voltímetro em uma das extremidades do conjunto de baterias, e a pinça preta na outra extremidade. Anote o valor mostrado pelo voltímetro;
11. Faça a mesma coisa nas extremidades de cada lâmpada e anote os valores mostrados no voltímetro para cada lâmpada.
12. Tire um print de seu experimento e cole no final deste arquivo nomeando print 2.

**Figura 2. Imagem da tela do simulador PHET.**



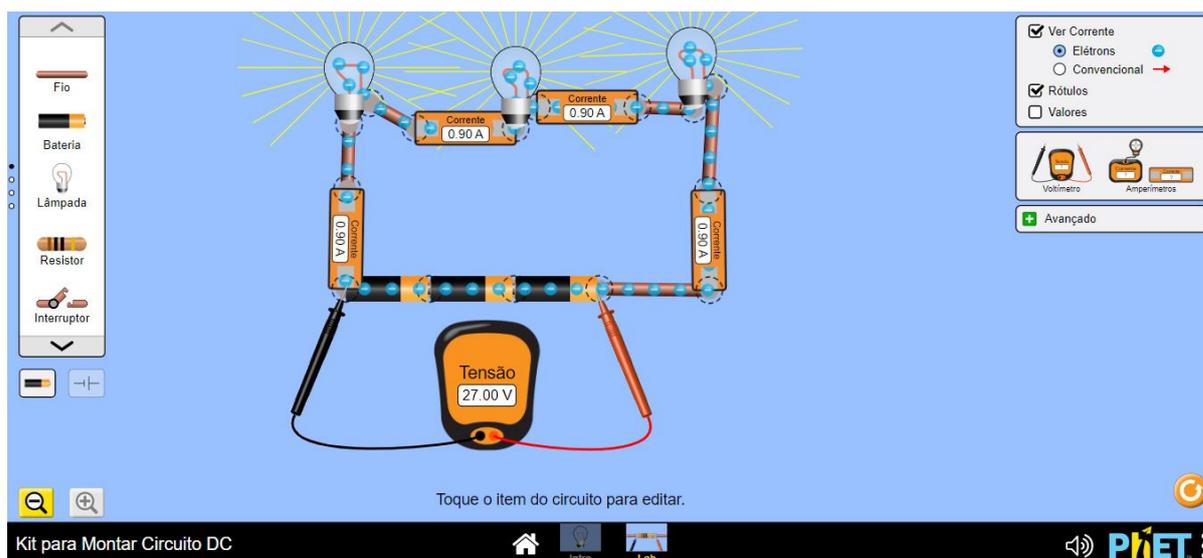
Fonte: Elaborada pela autora.

**PROCEDIMENTO 3: CIERCUITO EM SÉRIE COM TRÊS RESISTORES**

1. Selecione quantos fios forem necessários;
2. Utilize três baterias conectadas em sequência;
3. Conecte um fio em cada extremidade da sequência de baterias;
4. Na extremidade livre de um dos fios, conecte-o ao amperímetro 1;

5. Conecte o amperímetro 1 à base da lâmpada 1;
6. Utilize um amperímetro 2 para conectar a lâmpada 1 à lâmpada 2;
7. Utilize um amperímetro 3 para conectar a lâmpada 2 à lâmpada 3;
8. Conecte um fio que está na outra extremidade do conjunto de bateria ao amperímetro 4;
9. Conecte o a extremidade livre do amperímetro 4 à base da lâmpada 3. (Neste momento o aluno já conseguirá ver o circuito funcionando Figura 3);
10. Anote os valores de corrente elétrica mostrados em cada amperímetro;
11. Coloque as pinças vermelha e preta do voltímetro nas extremidades do conjunto de baterias e anote o valor de tensão elétrica mostrado pelo voltímetro;
12. Faça a mesma coisa nas extremidades de cada lâmpada;
13. Tire um print de seu experimento e cole no final deste arquivo nomeando print 3.

Figura 3. Imagem da tela do simulador PHET.



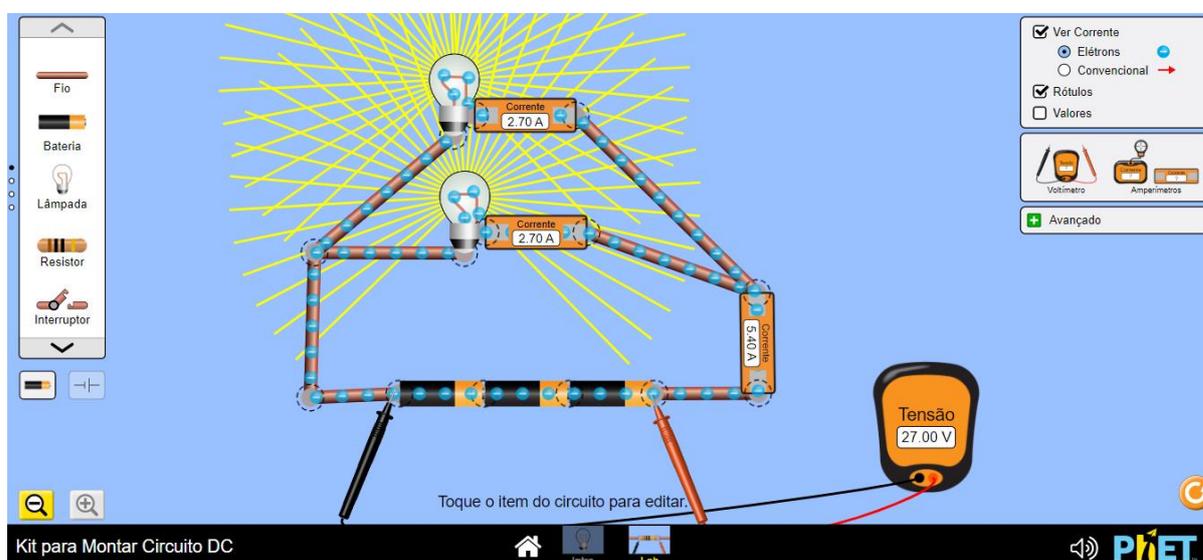
Fonte: Elaborada pela autora.

#### PROCEDIMENTO 4: CIRCUITO PARALELO COM DOIS RESISTORES

1. Selecione quantos fios forem necessários;
2. Utilize três baterias conectadas em sequência;
3. Conecte um fio em cada extremidade das baterias;
4. Na extremidade livre de um dos fios conecte outros dois fios, formando um nó;
5. Conecte o fio superior à lâmpada 1;
6. Conecte o fio inferior à lâmpada 2;
7. Ao lado da lâmpada 1 conecte o amperímetro 1, e ao lado da lâmpada 2 conecte o amperímetro 2;

8. Conecte outro fio nas extremidades de dos amperímetros 1 e 2 e junte-os em um nó;
9. Ao nó formado no passo 8 conecte o amperímetro 3 e junte ele na outra extremidade livre do fio ligado a bateria como demonstrado na Figura 4;
10. Anote o valor das correntes nos amperímetros 1, 2 e 3;
11. Coloque as pinças vermelha e preta do voltímetro nas extremidades do conjunto de baterias e anote o valor de tensão elétrica mostrado;
12. Faça a mesma coisa para cada lâmpada e anote os valores de tensão elétrica;
13. Tire um print de seu experimento e cole no final deste arquivo nomeando print 4.

Figura 4. Imagem da tela do simulador PHET.



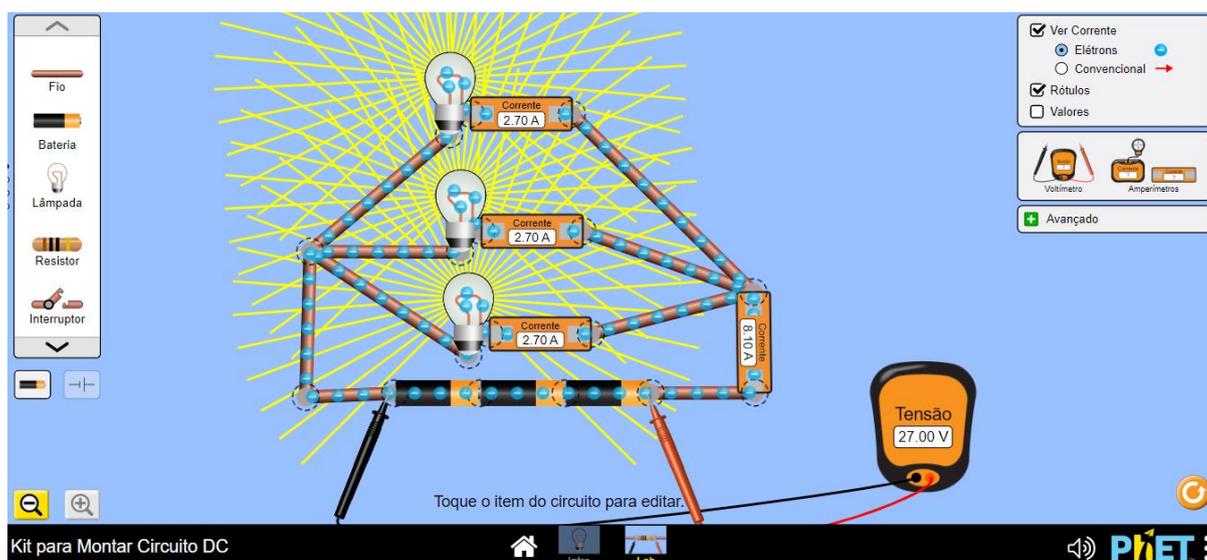
Fonte: Elaborada pela autora.

#### PROCEDIMENTO 5: CIRCUITO PARALELO COM TRÊS RESISTORES

1. Selecione quantos fios forem necessários;
2. Utilize três baterias conectadas em sequência;
3. Conecte um fio em cada extremidade das baterias;
4. Na extremidade livre de um dos fios, conecte outros três fios formando um nó;
5. Conecte o fio superior à lâmpada 1;
6. Conecte o fio mediano à lâmpada 2;
7. Conecte o fio inferior à lâmpada 3;
8. À lâmpada 1 conecte o amperímetro 1, à lâmpada 2 conecte o amperímetro 2 e, à lâmpada 3 conecte o amperímetro 3;
9. Conecte outros três fios, um em cada extremidade dos amperímetros 1, 2 e 3, e depois junte-os em um nó;

10. Ao nó citado no passo 9 conecte o amperímetro 4 e junte ele na outra extremidade livre do fio ligado a bateria como demonstrado na Figura 5;
11. Anote o valor das correntes nos amperímetros 1, 2, 3 e 4;
12. Coloque as pinças vermelha e preta do voltímetro nas extremidades do conjunto de baterias e anote o valor de tensão elétrica mostrado;
13. Faça a mesma coisa para cada lâmpada e também anote os valores de tensão elétrica;
14. Tire um print de seu experimento e cole no final deste arquivo nomeando print 5.

Figura 5. Imagem da tela do simulador PHET.



Fonte: Elaborada pela autora.

TABELAS A SEREM PREENCHIDAS DUTRANTE O EXPERIMENTO

Procedimento 1	
Corrente elétrica (A)	
Amperímetro	
Tensão (V)	
Pilhas ( $U_P$ )	
Lâmpada ( $U_L$ )	

<b>Procedimento 2</b>	
<b>Corrente elétrica (A)</b>	
<b>Amperímetro 1</b>	
<b>Amperímetro 2</b>	
<b>Amperímetro 3</b>	
<b>Tensão (V)</b>	
<b>Pilhas (<math>U_P</math>)</b>	
<b>Lâmpada 1</b>	
<b>Lâmpada 2</b>	

<b>Procedimento 3</b>	
<b>Corrente elétrica (A)</b>	
<b>Amperímetro 1</b>	
<b>Amperímetro 2</b>	
<b>Amperímetro 3</b>	
<b>Amperímetro 4</b>	
<b>Tensão (V)</b>	
<b>Pilhas (<math>U_P</math>)</b>	
<b>Lâmpada 1</b>	
<b>Lâmpada 2</b>	
<b>Lâmpada 3</b>	

<b>Procedimento 4</b>	
<b>Corrente elétrica (A)</b>	
<b>Amperímetro 1</b>	
<b>Amperímetro 2</b>	
<b>Amperímetro 3</b>	
<b>Tensão (V)</b>	
<b>Pilhas (<math>U_P</math>)</b>	
<b>Lâmpada 1</b>	
<b>Lâmpada 2</b>	

<b>Procedimento 5</b>	
<b>Corrente elétrica (A)</b>	
<b>Amperímetro 1</b>	
<b>Amperímetro 2</b>	
<b>Amperímetro 3</b>	
<b>Amperímetro 4</b>	
<b>Tensão (V)</b>	
<b>Pilhas (<math>U_P</math>)</b>	
<b>Lâmpada 1</b>	
<b>Lâmpada 2</b>	
<b>Lâmpada 3</b>	

# SUGESTÃO DE SLIDES

## Slides experimento 1

1

**MNPEF** Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física  
Polo UFISPR Sorocaba

**SBF**  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Experimento por Demonstração  
Eletrodinâmica

Mestranda: Suzana Aguera de Mello e Albuquerque Santos

2

## Eletrodinâmica

Partículas elétricas em movimento

3

### Tensão / Voltagem / ddp (U)

ddp = Diferença de potencial entre dois pontos = diferença de energia por carga em duas extremidades



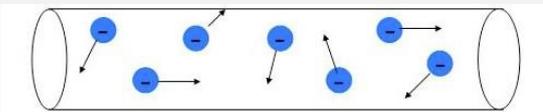
4

### Corrente Elétrica (i)

A **corrente elétrica** é o fluxo "ordenado" de partículas portadoras de carga **elétrica**, quando existe uma diferença de potencial elétrico entre as extremidades.

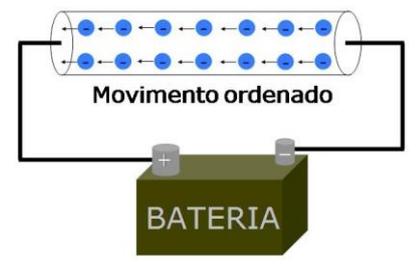
5

### Fio Isolado de qualquer contato



### Movimento desordenado

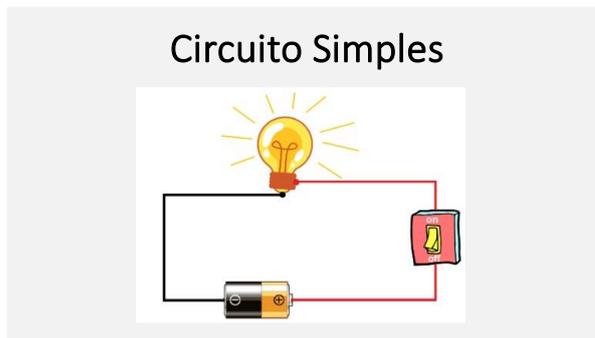
6



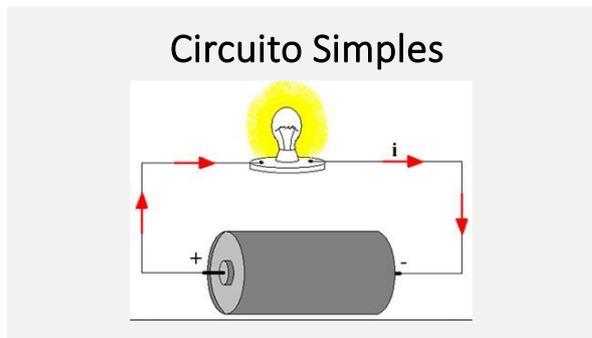
### Movimento ordenado

BATERIA

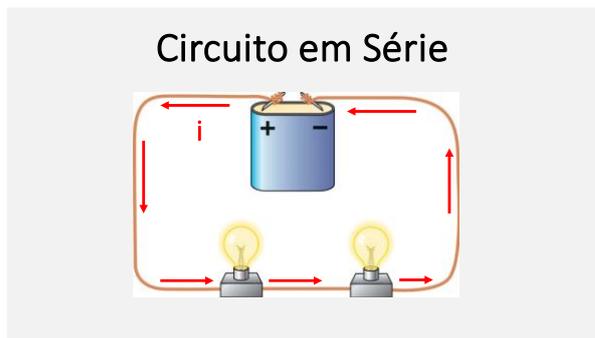
7



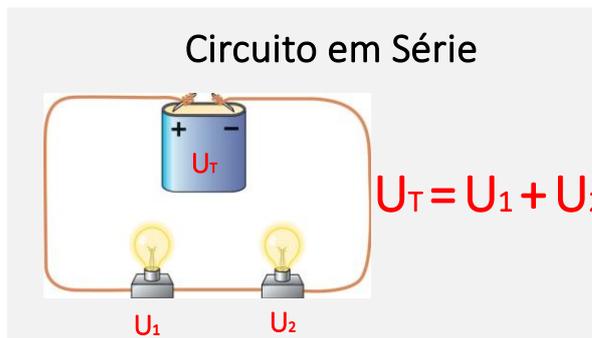
8



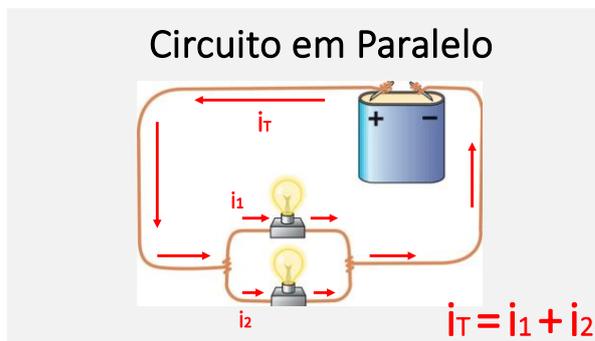
9



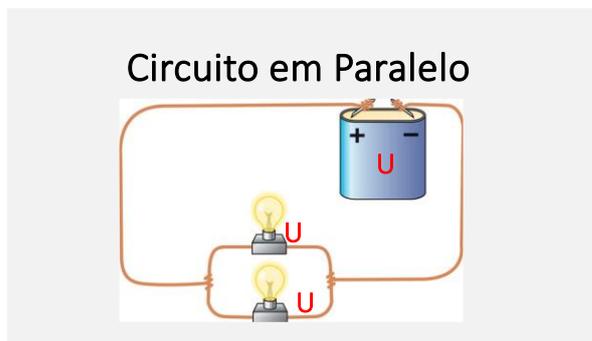
10



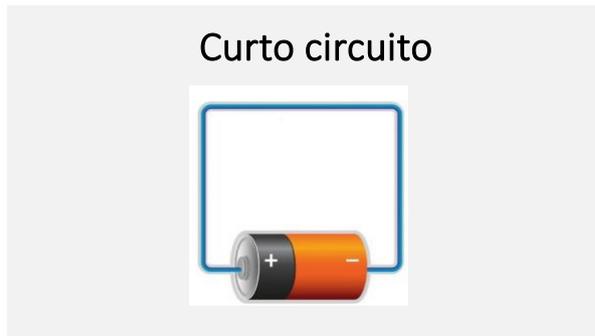
11



12



13



14



Slides experimento 2

1

**Experimento por Verificação Eletrodinâmica**  
 Mestranda: Suzana Aguera de Mello e Albuquerque Santos

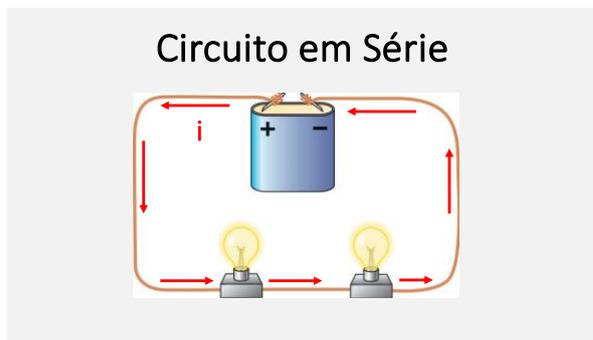
2

**Experimentos Verificativos**

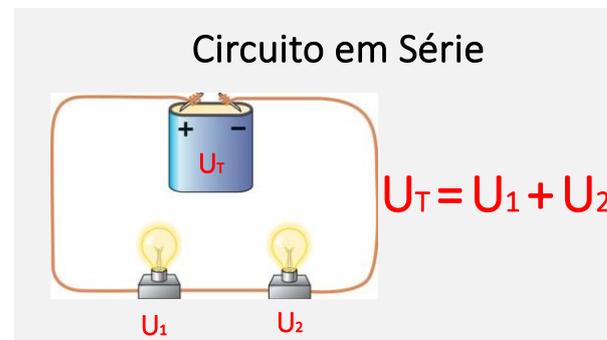
Abordagem que busca validar e confirmar alguma lei.

Qual lei?  
 Como se comporta a tensão e a corrente elétrica nos circuitos em série e em paralelo.

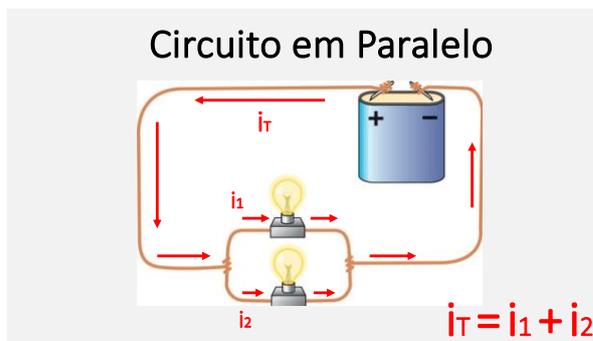
3



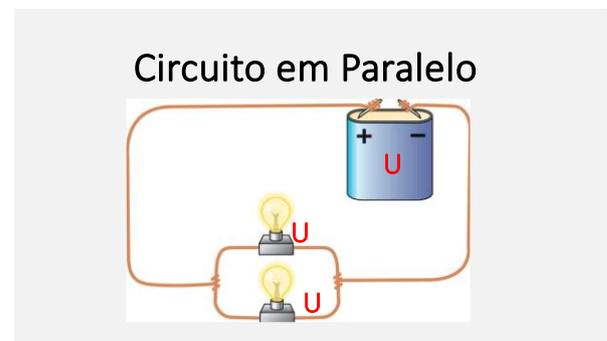
4



5



6



7



# TABELAS DE CUSTOS

## Tabelas de Orçamento

A realização de cada atividade prevista nessa pesquisa prevê alguns custos para a realização das experimentações, sendo esses de total responsabilidade dos candidatos participantes. Abaixo segue uma estimativa dos custos para cada atividade prevista.

**Tabela 1. Custos com o experimento 1**

Experimento 1			
Materiais	Quantidade	Custo (R\$)	Total (R\$)
Tabua de Madeira	1	25,00	25,00
Garfos	2	3,20	6,40
Fio de cobre	2 metros	2,00	4,00
Bocal	1	3,40	3,40
Lâmpada	1	6,90	6,90
Interruptor	2	3,80	7,60
Salsicha	2	1,00	2,00
Custo Total			<b>55,30</b>

**Tabela 2. Custos com o experimento 2.**

Experimento 2			
Materiais	Quantidade	Custo (R\$)	Total (R\$)
Acesso à Internet	5 horas	1,50	7,50
Custo Total			<b>7,50</b>

**Tabela 3. Custos com o experimento 3.**

<b>Experimento 3</b>			
<b>Materiais</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo (R\$)</b>	<b>Total (R\$)</b>
<b>Copos</b>	2	3,00	6,00
<b>Régua 30 cm</b>	1	2,60	2,60
<b>Moedas</b>	3	0,10	0,30
<b>Imã</b>	11	8,00	8,00
<b>Clips</b>	1	0,05	0,05
<b>Borracha</b>	1	0,60	0,60
<b>Custo Total</b>			<b>17,55</b>

# Apêndice B

## RESULTADOS DAS AVALIAÇÕES POR ALUNO E QUESTÃO

### Tabelas das respostas dos alunos Experimento 1 e 2

As respostas corretas estão sinalizadas com o fundo verde.

Tabela 4. Respostas de cada aluno do questionário aplicado antes do experimento 1 e 2, questões 1 a 3

Questionário Antes da Aplicação do Primeiro Experimento							
Aluno	Ano	Resposta Questão 1	Grau de confiança 1	Resposta Questão 2	Grau de confiança 2	Resposta Questão 3	Grau de confiança 3
A	3º ano	B	50%	B	50%	A	50%
B	1º ano	C	25%	A	25%	A	50%
C	2º ano	A	75%	C	25%	A	50%
D	3º ano	A	50%	B	50%	C	100%
E	1º ano	C	50%	C	50%	A	50%
F	2º ano	A	100%	B	75%	A	75%
G	1º ano	C	75%	B	50%	A	50%
H	1º ano	A	25%	C	25%	A	0%

**Tabela 5. Respostas de cada aluno do questionário aplicado antes do experimento 1 e 2, questão 4**

Aluno	Resposta Questão 4	Grau de confiança 4
A	a) Circuito normal b) Curto-circuito	25%
B	Não tenho ideia, mas acredito que no esquema de Paulo o sistema seria interrompido dependendo de onde a lâmpada queimada esteja, e que no sistema de Pedro as outras lâmpadas continuariam funcionando apenas da queimada uma vez que estão paralelas entre si.	25%
C	A) O esquema de Paulo não se acenderia. B) No esquema de Pedro, somente a lâmpada queimada não irá emitir luz.	50%
D	a) O esquema por inteiro não acenderia. b) Somente a lâmpada que queimasse não acenderia.	75%
E	a) As outras lâmpadas não acenderiam; b) As outras lâmpadas funcionariam normalmente.	0%
F	No esquema de Paulo o circuito estaria aberto e todas as lâmpadas deixariam de acender, já no de Pedro, a intensidade do brilho das demais lâmpadas seria aumentado.	100%
G	a) O brilho ficaria mais fraco b) O brilho continuaria normal	25%
H	a) Acredito que no esquema de Paulo, se uma lâmpada queimasse, as outras queimariam também. b) Já no de Pedro, se uma lâmpada queimar, as outras continuaram funcionando.	50%

**Tabela 6. Respostas de cada aluno do questionário aplicado antes do experimento 1 e 2, questões 5 a 8**

Aluno	Resposta Questão 5	Grau de confiança 5	Resposta Questão 6	Grau de confiança 6	Resposta Questão 7	Grau de confiança 7	Resposta Questão 8	Grau de confiança 8
A	B	100%	B	50%	A	75%	B	25%
B	A	25%	E	0%	C	0%	D	25%
C	B	100%	B	25%	B	50%	E	0%
D	B	100%	B	25%	A	75%	E	75%
E	B	50%	C	25%	A	25%	D	25%
F	B	100%	D	75%	A	100%	D	25%
G	B	75%	C	25%	B	25%	D	25%
H	C	0%	E	0%	A	75%	B	0%

Tabela 7. Respostas de cada aluno do questionário aplicado depois do experimento 1, questões 1 a 3

Questionário Depois da Aplicação do Primeiro Experimento							
Aluno	Ano	Resposta Questão 1	Grau de confiança 1	Resposta Questão 2	Grau de confiança 2	Resposta Questão 3	Grau de confiança 3
A	3º ano	B	75%	B	75%	A	75%
B	1º ano	A	75%	B	25%	A	100%
C	2º ano	A	100%	B	50%	A	75%
D	3º ano	A	100%	A	75%	A	100%
E	1º ano	A	100%	C	75%	A	75%
F	2º ano	A	100%	B	100%	A	100%
G	1º ano	A	100%	B	75%	A	100%
H	1º ano	A	100%	B	100%	A	100%

Tabela 8. Respostas de cada aluno do questionário aplicado depois do experimento 1, questão 4

Aluno	Resposta Questão 4	Grau de confiança 4
A	a) O circuito pararia, pois estaria aberto. b) O circuito seguiria normal.	50%
B	No esquema de Paulo as lâmpadas não funcionarão, pois estão em série e a lâmpada queimada interromperia todo o circuito. Já no esquema de Pedro, as outras lâmpadas continuariam funcionando normalmente caso uma queimasse, pois estão distribuídas em paralelo umas com as outras.	75%
C	A) o esquema de Paulo não irá funcionar, nenhuma. B) no esquema de Pedro todas que não foram queimadas vão funcionar e terão mesmo brilho.	50%
D	A) Caso uma lâmpada queime, todas as outras lâmpadas também queimarão. B) O sistema continuará funcionando normalmente ainda que uma lâmpada queime.	100%
E	a) As outras lâmpadas não acenderiam. b) As outras lâmpadas funcionariam normalmente.	100%
F	No esquema de Paulo, as outras lâmpadas apagariam pois o circuito agora está aberto. No esquema de Pedro as outras lâmpadas teriam um aumento em seu brilho, caso possam suportar a alteração.	100%
G	a) as lâmpadas seguintes não acenderiam b) as lâmpadas seguintes acenderiam normalmente	100%
H	a) todas as outras lâmpadas parariam de funcionar. b) as outras lâmpadas continuariam funcionando normalmente.	100%

Tabela 9. Respostas de cada aluno do questionário aplicado depois do experimento 1, questões 5 a 8

Aluno	Resposta Questão 5	Grau de confiança 5	Resposta Questão 6	Grau de confiança 6	Resposta Questão 7	Grau de confiança 7	Resposta Questão 8	Grau de confiança 8
A	B	100%	B	75%	A	75%	B	50%
B	B	25%	A	25%	A	25%	D	75%
C	B	100%	B	100%	A	75%	B	50%
D	B	100%	B	100%	A	100%	B	100%
E	B	75%	B	50%	B	50%	D	75%
F	B	100%	E	100%	A	100%	B	100%
G	B	100%	B	75%	A	100%	B	25%
H	B	25%	B	100%	A	100%	B	100%

Tabela 10. Respostas de cada aluno do questionário aplicado depois do experimento 2, questões 1 a 3

Questionário Depois da Aplicação do Segundo Experimento							
Aluno	Ano	Resposta Questão 1	Grau de confiança 1	Resposta Questão 2	Grau de confiança 2	Resposta Questão 3	Grau de confiança 3
A	3º ano	A	75%	B	75%	A	75%
B	1º ano	A	100%	B	50%	A	100%
C	2º ano	A	100%	B	75%	A	100%
D	3º ano	A	100%	A	100%	A	100%
E	1º ano	C	50%	C	50%	A	75%
F	2º ano	-	-	-	-	-	-
G	1º ano	A	100%	B	100%	A	100%
H	1º ano	A	100%	B	75%	A	100%

**Tabela 11. Respostas de cada aluno do questionário aplicado depois do experimento 2, questão 4**

Aluno	Resposta Questão 4	Grau de confiança 4
A	A) O circuito pararia, pois estaria aberto. As lâmpadas nem acenderiam. B) As outras lâmpadas continuariam a brilhar e com mais intensidade.	50%
B	Caso uma das lâmpadas queimasse no esquema de Paulo, todas as outras também cessariam, uma vez que elas estão distribuídas em série. No caso do esquema elaborado por Pedro, as outras três lâmpadas continuariam funcionando, pelo fato de que as lâmpadas estão em paralelo umas com as outras.	100%
C	A) No esquema de Paulo todas irão se apagar B) No esquema de Pedro as outras funcionaram normalmente.	100%
D	a) Todas as demais também apagam. b) Apenas a que apagou deixará de brilhar, ou seja, as demais continuarão brilhando.	100%
E	a) As outras lâmpadas não funcionariam. b) As outras lâmpadas ainda funcionariam.	100%
F	Não compareceu	-
G	a) as lâmpadas seguintes não acenderiam b) as lâmpadas seguintes acenderiam normalmente.	100%
H	a) Na de Paulo, as outras lâmpadas não acenderiam. b) Na de Pedro, as outras lâmpadas funcionariam normalmente.	100%

**Tabela 12. Respostas de cada aluno do questionário aplicado depois do experimento 2, questões 5 a 8**

Aluno	Resposta Questão 5	Grau de confiança 5	Resposta Questão 6	Grau de confiança 6	Resposta Questão 7	Grau de confiança 7	Resposta Questão 8	Grau de confiança 8
A	B	100%	B	100%	B	75%	B	75%
B	B	50%	B	75%	A	75%	B	50%
C	B	100%	B	100%	A	75%	B	75%
D	B	100%	B	100%	B	100%	B	100%
E	B	100%	B	75%	A	75%	B	75%
F	-	-	-	-	-	-	-	-
G	B	100%	B	100%	A	100%	D	75%
H	B	50%	B	75%	A	100%	B	75%

**Tabelas das respostas dos alunos Experimento 3**

As respostas corretas estão sinalizadas com o fundo verde.

Tabela 13. Respostas de cada aluno do questionário aplicado antes do experimento 3, questões 1 a 3

Questionário Antes da Aplicação do Terceiro Experimento							
Aluno	Ano	Resposta Questão 1	Grau de confiança 1	Resposta Questão 2	Grau de confiança 2	Resposta Questão 3	Grau de confiança 3
B	1º ano	B	50%	B	25%	B	25%
C	2º ano	A	50%	B	25%	E	50%
D	3º ano	A	75%	C	50%	B	75%
E	1º ano	C	50%	B	25%	E	50%
G	1º ano	D	25%	A	0%	E	50%
H	1º ano	A	50%	B	25%	E	0%

Tabela 14. Respostas de cada aluno do questionário aplicado antes do experimento 3, questões 4 e 5.

Aluno	Resposta Questão 4	Grau de confiança 4	Resposta Questão 5	Grau de confiança 5
B	A) Barra M é o ímã A barra N não se atrairia ao ímã por estar presa numa corda	25%	C	0%
C	A) a barra M, pois ela está atrás do a barra de ferro. B) nada aconteceria, pois, a polaridade do ímã é dividida verticalmente nessa situação.	25%	B	75%
D	a) A barra M. b) Nada ocorreria.	50%	B	100%
E	a) A barra M é o ímã. b) As duas barras ainda se atrairiam.	25%	B	50%
G	a) A barra N. b) Não sei.	25%	D	0%
H	a) O ímã é a barra N. b) A barra que está em baixo (barra M) cairia.	50%	B	75%

Tabela 15. Respostas de cada aluno do questionário aplicado depois do experimento 3, questões 1 a 3.

Questionário Depois da Aplicação do Terceiro Experimento							
Aluno	Ano	Resposta Questão 1	Grau de confiança 1	Resposta Questão 2	Grau de confiança 2	Resposta Questão 3	Grau de confiança 3
B	1º ano	E	50%	B	50%	E	75%
C	2º ano	A	75%	A	25%	A	75%
D	3º ano	C	100%	D	100%	E	100%
E	1º ano	A	75%	B	75%	A	75%
H	1º ano	E	100%	B	100%	E	75%

Tabela 16. Respostas de cada aluno do questionário aplicado depois do experimento 3, questões 4 e 5.

Aluno	Resposta Questão 4	Grau de confiança 4	Resposta Questão 5	Grau de confiança 5
B	O ímã é a barra N Caso a posição fosse invertida, o ferro cairia, pois não seria atraído pelo meio do ímã.	100%	B	75%
C	A) A barra M B) Se a barra de metal estivesse fixada no teto no lugar do ímã, ele se prenderia a ela.	50%	B	100%
D	a) A barra M é o ímã. b) A barra M puxaria a barra N para baixo.	100%	B	100%
E	a) O ímã é a barra M. b) Se a posição das barras fosse invertida e a barra N estivesse presa ao fio vertical, as duas barras continuariam juntas, pois a barra M atrai a barra N.	50%	B	100%
H	a) A barra N é o ímã. b) A barra M cairia.	75%	B	100%

# Apêndice C

## DOCUMENTOS RELACIONADOS AO CEP

---

Neste apêndice encontra-se os documentos necessários e aprovados pelo Comitê Ética e Pesquisa em Seres Humanos. Em sequência encontra-se os seguintes documentos:

1. Parecer consubstanciado do CEP
2. TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
3. TALE – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido



## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Sequência de Experimentos (aplicados remotamente) de Eletricidade e Magnetismo em Abordagens Demonstrativas, Verificativas e Investigativas

**Pesquisador:** SUZANA AGUERA DE MELLO E ALBUQUERQUE SANTOS

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 45967121.8.0000.5504

**Instituição Proponente:** Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 4.821.753

#### Apresentação do Projeto:

**Desenho:** O objeto de estudo dessa pesquisa é a contribuição da experimentação, realizada remotamente e sob a coordenação de um tutor (docente), para a aprendizagem de conteúdos de Física relativos à eletricidade e ao magnetismo. O público para o qual a pesquisa é dirigida é composto por estudantes do primeiro, segundo e terceiro anos no ensino médio da rede privada. As atividades necessárias para a realização da pesquisa compreendem três etapas: aplicação de questionário previamente à realização da experimentação, realização da experimentação, aplicação de questionário posteriormente à realização da experimentação. Cada uma dessas etapas é detalhada a seguir. Aplicação de questionário previamente à realização da experimentação: nessa etapa pretende-se verificar, a partir da análise das respostas dos questionários, os conhecimentos prévios dos estudantes com relação aos temas tratados. Realização da experimentação: serão realizadas remotamente pelos estudantes e sob a coordenação do docente, e na presença de um adulto, quando necessário. Elas compreendem a realização de uma sequência atividades (experimentos) classificadas de acordo com seus objetivos educacionais em demonstrativas, verificativas e investigativas (ARAÚJO; ABIB, 2003). O roteiro de atividades de cada experimentação segue anexo a esse projeto. Aplicação de questionário posteriormente à realização da experimentação: compreende a verificação, a partir das respostas obtidas em questionários, da contribuição das atividades experimentais realizadas para a aprendizagem dos temas tratados. O questionário a ser aplicado encontra-se anexo a esse projeto

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235

**Bairro:** JARDIM GUANABARA

**UF:** SP

**Telefone:** (16)3351-9685

**Município:** SAO CARLOS

**CEP:** 13.565-905

**E-mail:** cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 4.821.753

de pesquisa. Essa pesquisa observa a resolução n.º 510, de 05 de abril de 2016.

**Resumo:** A experimentação contribui significativamente como uma importante ferramenta no ensino de Física. Nos últimos anos, é um assunto que vem ganhando destaque entre estudiosos devido a busca de melhorar o ensino de física tornando-o mais significativo, atrativo e aprazível aos estudantes. Além disto, as atividades experimentais têm o objetivo de estimular o estudo dos conteúdos, auxiliando os estudantes a explorar, elaborar, executar ideias científicas, tomando uma postura ativa obtendo um desenvolvimento comportamental e cognitivo. Estudos mostram que os estudantes desenvolvem melhor um conhecimento conceitual na área de ciências da natureza, quando participam de processos educacionais, onde são levados a discussão e reflexão de fenômenos. (HODSON, 1994, p.300). A fim de alcançar os objetivos da experimentação é necessário que o professor conheça as modalidades das atividades experimentais, o papel do professor e do aluno, o espaço, tempo, turma, postura durante a experimentação, as habilidades que deseja que seus alunos desenvolvam, assim como também as vantagens e as desvantagens de cada modalidade. Pretende-se propor uma sequência didática composta por três atividades experimentais (envolvendo temas de eletricidade e de magnetismo), que possa ser realizada remotamente, e avaliar sua contribuição para aprendizagem de um grupo de estudantes do ensino médio. Conseqüentemente, pretende-se avaliar a contribuição de cada abordagem de experimentação (demonstrativa, verificativa e investigativa) para a compreensão dos conteúdos tratados, considerando como referencial a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

**Introdução:** Na escola, geralmente encontra-se uma grande parte de educadores preocupados com estudantes que não demonstram interesse em aprender e estudar. Nesse contexto a Física é uma das disciplinas em que muitos estudantes de ensino médio apresentam dificuldades que os levam a se perguntarem sobre qual a real necessidade de seu estudo para sua vida. Comumente estes questionamentos surgem quando os alunos são colocados diante de cálculos e de teorias abstratas. Angotti et. Al (2001) apontam que o estudo de Física possibilita ao aprendiz adquirir conhecimentos que permitem a compreensão de fenômenos da natureza bruta e transformada, tal como a tecnologia presente em seu cotidiano (ANGOTTI; BASTOS; MION, 2001). Através da Física estudantes podem compreender com uma maior profundidade as ações de seu cotidiano que os afetam diretamente nos mais diversos aspectos, como o econômico e o social, por exemplo. Este conhecimento, segundo os mesmos autores, também pode estimular o indivíduo a buscar resoluções de problemas de seu dia a dia tomando por base conhecimentos científicos; nesse cenário pode-se também suscitar reflexões sobre como melhorar suas ações em ambientes além do escolar, como, por exemplo, o de trabalho. Através da aprendizagem significativa sugerida por

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235

**Bairro:** JARDIM GUANABARA

**CEP:** 13.565-905

**UF:** SP

**Município:** SAO CARLOS

**Telefone:** (16)3351-9685

**E-mail:** cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 4.821.753

Ausubel, discutida por Moreira (MOREIRA, 1999) é possível atingir a estrutura cognitiva do aprendiz criando uma interação do que se pretende ensinar com o conhecimento prévio já obtido pelo estudante. Este processo pode trazer significado ao aprendiz e ajudá-lo a compreender a importância do conceito em seu cotidiano, o que pode estimulá-lo a estudar disciplinas tidas como mais difíceis, como a Física. Uma das possíveis formas de se alentar os estudantes para o estudo de Física, facilitando a aprendizagem significativa de seus conteúdos, é através de experimentação (ARAÚJO; ABIB, 2003; LABURÚ, 2005). As atividades experimentais têm o objetivo de estimular o estudo dos conteúdos, auxiliando os estudantes a explorar, elaborar, executar ideias científicas, tomando uma postura ativa, visando um desenvolvimento comportamental e cognitivo. Estudos mostram que os estudantes desenvolvem melhor um conhecimento conceitual na área de ciências da natureza, quando participam de processos educacionais, onde são levados a discussão e reflexão de fenômenos (HODSON, 1994a, p300). Sob a perspectiva de Ausubel com relação à aprendizagem significativa propõe-se, nesse trabalho, atividades experimentais voltadas para o ensino médio que possam ser realizadas remotamente (e com a coordenação do docente), envolvendo temas de eletromagnetismo. São apresentadas três atividades considerando as abordagens demonstrativa, verificativa e investigativa (ARAÚJO; ABIB, 2003).

**Hipótese:** Acredita-se que através da teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, através da sequência didática de atividades experimentais propostas (demonstração, verificação e investigação), realizadas remotamente, pode contribuir com o aprendizado do ensino médio na compreensão de conteúdos que envolvem eletricidade e magnetismo.

**Metodologia Proposta:** O objeto de estudo dessa pesquisa é a contribuição da experimentação, realizada remotamente e sob a coordenação de um tutor (docente), para a aprendizagem de conteúdos de Física relativos à eletricidade e ao magnetismo. O público para o qual a pesquisa é dirigida é composto por estudantes do primeiro, segundo e terceiro anos no ensino médio da rede privada. As atividades necessárias para a realização da pesquisa compreendem três etapas: aplicação de questionário previamente à realização da experimentação, realização da experimentação, aplicação de questionário posteriormente à realização da experimentação.

Cada uma dessas etapas é detalhada a seguir. Aplicação de questionário previamente à realização da experimentação: nessa etapa pretende-se verificar, a partir da análise das respostas dos questionários, os conhecimentos prévios dos estudantes com relação aos temas tratados. Realização da experimentação: serão realizadas remotamente pelos estudantes e sob a coordenação do docente, e na presença de um adulto, quando necessário. Elas compreendem a realização de uma sequência atividades (experimentos) classificadas de acordo com seus objetivos

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235

**Bairro:** JARDIM GUANABARA

**UF:** SP

**Telefone:** (16)3351-9685

**CEP:** 13.565-905

**Município:** SAO CARLOS

**E-mail:** cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 4.821.753

educacionais em demonstrativas, verificativas e investigativas (ARAÚJO; ABIB, 2003). O roteiro de atividades de cada experimentação segue anexo a esse projeto. Aplicação de questionário posteriormente à realização da experimentação: compreende a verificação, a partir das respostas obtidas em questionários, da contribuição das atividades experimentais realizadas para a aprendizagem dos temas tratados.

**Metodologia de Análise de Dados:** Ao final de cada experimento, pretende-se realizar a aplicação do mesmo questionário realizado anteriormente, sobre o conteúdo abordado, a fim de verificar se os procedimentos experimentais foram eficientes no desenvolvimento da aprendizagem significativa. Também, pretende-se analisar através do comportamento dos estudantes nas atividades experimentais aplicadas remotamente, bem como suas respectivas participações. **Desfecho Primário:** Esse projeto de pesquisa pretende que através da sequência didática composta por três atividades experimentais proposta, realizada remotamente, contribua para aprendizagem de um grupo de estudantes do ensino médio. **Desfecho Secundário:** Pretende-se que o desfecho desta pesquisa traga conhecimentos sobre a participação dos estudantes em cada atividade experimental (classificada como demonstrativa, verificativa ou investigativa); o comportamento de estudantes em experimentações realizadas remotamente; e uma contribuição de cada abordagem de experimentação (demonstrativa, verificativa e investigativa) para a compreensão dos conteúdos tratados, considerando como referencial a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

**CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E DE EXCLUSÃO** Para essa pesquisa serão considerados como critérios de inclusão: • Ser estudante do ensino médio regularmente matriculado na escola Colégios UNIVAP, sediada na cidade de São José dos Campos; • Ter preenchido e assinado eletrônica ou fisicamente o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TALE).

Como critério de exclusão serão considerados: • Não preencher e assinar o TCLE ou TALE; • Qualquer ação que cause constrangimento por parte do participante. É importante destacar que embora a pesquisa possa ocorrer com um número qualquer de participantes, prevê-se a participação de um número entre oito e quinze estudantes.

#### **Objetivo da Pesquisa:**

**Objetivo Primário:** Esse projeto de pesquisa tem por objetivo geral propor uma sequência didática composta por três atividades experimentais (envolvendo temas de eletricidade e de magnetismo), que possa ser realizada remotamente, e avaliar sua contribuição para aprendizagem de um grupo de estudantes do ensino médio.

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235

**Bairro:** JARDIM GUANABARA

**CEP:** 13.565-905

**UF:** SP **Município:** SAO CARLOS

**Telefone:** (16)3351-9685

**E-mail:** cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 4.821.753

**Objetivo Secundário:** Nessa pesquisa pretende-se:

- Observar a participação dos estudantes em cada atividade experimental (classificada como demonstrativa, verificativa ou investigativa);
- Conhecer o comportamento de estudantes em experimentações realizadas remotamente
- Avaliar a contribuição de cada abordagem de experimentação (demonstrativa, verificativa e investigativa) para a compreensão dos conteúdos tratados, considerando como referencial a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

**Riscos:** Nesse projeto de pesquisa serão coletadas informações através do preenchimento de questionários on-line, garantindo-se a confidencialidade dos dados pessoais de cada participante. Entendemos que mesmo as perguntas tendo um cunho totalmente técnico, voltado para a avaliação dos conhecimentos na disciplina de Física, as mesmas podem causar, devido à vivência de cada participante, algum tipo de dano às dimensões física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural ou espiritual, conforme prevê a Resolução CNS N° 466/12, em seu artigo V. Visando minimizar ou evitar eventuais impactos de ordem não física nos âmbitos emocional, moral ou social, nesta pesquisa:• A todos os participantes serão apresentados em detalhes os objetivos da pesquisa da metodologia a ser empregada, e da segurança dos dados coletados;• Qualquer participante para retirar o consentimento ou assentimento a qualquer momento sem qualquer prejuízo de qualquer ordem;• Em conformidade com a resolução CNS N.º510/2016, todos os participantes possuem direito a indenização e assistência integral;• Para os casos nos quais ocorrer qualquer desconforto, o(s) participante(s) poderá(ão) buscar atendimento junto Grupo de Apoio Psicológico, da Universidade Anhanguera, na cidade de São José dos Campos.

**Benefícios:** O desenvolvimento de material didático para a disciplina de Física, no ensino médio, constitui o principal benefício dessa pesquisa.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Vide campo conclusões.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Vide campo conclusões.

**Recomendações:**

Vide campo conclusões.

<b>Endereço:</b> WASHINGTON LUIZ KM 235	
<b>Bairro:</b> JARDIM GUANABARA	<b>CEP:</b> 13.565-905
<b>UF:</b> SP	<b>Município:</b> SAO CARLOS
<b>Telefone:</b> (16)3351-9685	<b>E-mail:</b> cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 4.821.753

#### Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Todas as adequações solicitadas no parecer nº 4.737.024 foram atendidas.

#### Considerações Finais a critério do CEP:

Diante do exposto, o Comitê de ética em pesquisa - CEP, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS nº 466 de 2012 e 510 de 2016, manifesta-se por considerar "Aprovado" o projeto. A responsabilidade do pesquisador é indelegável e indeclinável e compreende os aspectos éticos e legais, cabendo-lhe, após aprovação deste Comitê de Ética em Pesquisa: II - conduzir o processo de Consentimento e de Assentimento Livre e Esclarecido; III - apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento; IV - manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa; V - apresentar no relatório final que o projeto foi desenvolvido conforme delineado, justificando, quando ocorridas, a sua mudança ou interrupção. Este relatório final deverá ser protocolado via notificação na Plataforma Brasil. OBSERVAÇÃO: Nos documentos encaminhados por Notificação NÃO DEVE constar alteração no conteúdo do projeto. Caso o projeto tenha sofrido alterações, o pesquisador deverá submeter uma "EMENDA".

Considerando a situação sócio sanitária, bem como os planos de contingenciamento da pandemia da COVID-19 municipais e Estaduais; Considerando que as Portarias/Resoluções de Instituições Proponentes de pesquisa são constantemente atualizadas; Considerando o papel do sistema CEP/CONEP em garantir a segurança e proteção do participante da pesquisa por meio dos Protocolos submetidos na Plataforma Brasil; Considerando a corresponsabilidade do pesquisador pela integridade e bem-estar dos participantes da pesquisa;

Este CEP orienta aos pesquisadores o acompanhamento da situação sócio sanitária da região em que ocorrerá a pesquisa, bem como as determinações legais dos planos de contingenciamento do COVID-19 para determinação do início, suspensão ou continuidade de atividades de pesquisas presenciais, mesmo que o Protocolo já se encontre aprovado pelo CEP.

#### Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1737900.pdf	28/05/2021 22:51:37		Aceito
Outros	Carta_Resposta.docx	28/05/2021 22:49:23	SUZANA AGUERA DE MELLO E	Aceito

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235

**Bairro:** JARDIM GUANABARA

**CEP:** 13.565-905

**UF:** SP

**Município:** SAO CARLOS

**Telefone:** (16)3351-9685

**E-mail:** cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 4.821.753

Outros	Carta_Resposta.docx	28/05/2021 22:49:23	ALBUQUERQUE SANTOS	Aceito
Outros	TALE_V4.docx	28/05/2021 22:39:38	SUZANA AGUERA DE MELLO E ALBUQUERQUE SANTOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_V4.docx	28/05/2021 22:37:39	SUZANA AGUERA DE MELLO E ALBUQUERQUE SANTOS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Pesquisa_Suzana.docx	20/04/2021 15:46:48	SUZANA AGUERA DE MELLO E ALBUQUERQUE SANTOS	Aceito
Declaração de concordância	Carta_autorizacao_assinada.pdf	20/04/2021 15:07:50	SUZANA AGUERA DE MELLO E ALBUQUERQUE SANTOS	Aceito
Folha de Rosto	FolhaDeRosto_20abr21.pdf	20/04/2021 15:05:47	SUZANA AGUERA DE MELLO E ALBUQUERQUE SANTOS	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

SAO CARLOS, 01 de Julho de 2021

---

**Assinado por:**  
**Adriana Sanches Garcia de Araújo**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235**Bairro:** JARDIM GUANABARA**CEP:** 13.565-905**UF:** SP**Município:** SAO CARLOS**Telefone:** (16)3351-9685**E-mail:** cephumanos@ufscar.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO NACIONAL DE MESTRADO**  
**PROFISSIONAL EM FÍSICA (MNPEF)**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO  
**(Resoluções 466/2012 e 510/2016 do CNS)**

SEQUÊNCIAS DE EXPERIMENTOS (APLICADOS REMOTAMENTE) DE  
ELETRICIDADES E MAGNETISMO EM ABORDAGENS DOMONSTRATIVAS,  
VERIFICATIVAS E INVESTIGATIVAS

Eu, Suzana Aguera de Mello e Albuquerque Santos, estudante do Programa de Pós-Graduação em Educação Especial da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar convido seu filho(a) a participar da pesquisa “Sequência de Experimentos (aplicados remotamente) de Eletricidade e Magnetismo em Abordagens Demonstrativas, Verificativas e Investigativas” orientada pelo Prof. Dr. Marco Aurelio Euflauzino Maria.

A busca por práticas que possibilitem a aprendizagem significativa de física para alunos do Ensino Médio nas escolas regulares tem impulsionado a utilização de metodologias de ensino que proporcionem um melhor aprendizado e que causem interesse dos estudantes no estudo e aplicação da disciplina de Física. A proposta desse estudo é de analisar o uso da prática da experimentação por demonstração, verificação e investigação de forma remota entre alunos do ensino médio.

Seu filho (a) foi selecionado (a) por ser estudantes do ensino médio, da cidade de São José dos Campos / SP, cidade onde o estudo será realizado. O estudo consiste em três experimentos que serão aplicados em três dias diferentes no período da tarde, fora do horário de aula. Primeiramente, antes de cada experimento, seu filho (a) será convidado a responder um pequeno questionário que servirá como uma avaliação diagnóstica, no qual auxiliará a pesquisadora na preparação e apresentação de cada experimentação.

Ao final da realização de cada experimento o estudante precisará responder um outro questionário avaliativo que aferirá a retenção e aprofundamento do conteúdo

abordado em cada experimentação. Todos os questionários serão apresentados de forma remota, com questões objetivas que serão realizadas através da plataforma do Google Forms. Os experimentos também serão realizados remotamente, através da plataforma Zoom, com link e senhas que serão previamente distribuídos. No segundo encontro, será necessário que o estudante tenha acesso a um computador conectado à internet, onde utilizar-se-á um simulador educacional disponível no site da Universidade do Colorado para fins educacionais. No terceiro encontro, o estudante precisará ter em mãos alguns materiais, tais como clips, moedas, régua, e ímã, que serão necessários para a realização do experimento.

A participação de seu filho (a) nessa pesquisa auxiliará na obtenção de dados que poderão ser utilizados para fins científicos e educacionais, proporcionando maiores informações e discussões que poderão trazer benefícios para a área da Educação no Ensino de Física, para a construção de novos conhecimentos e para a identificação de novas alternativas e possibilidades de ensino. A pesquisadora realizará o acompanhamento de todos os procedimentos e atividades desenvolvidas durante o trabalho.

A participação do estudante é voluntária e não haverá compensação em dinheiro pela participação. A qualquer momento o (a) senhor (a) pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa ou desistência não trará nenhum prejuízo educacional a seu filho(a), seja na relação com a pesquisadora, à Instituição em que estuda ou à Universidade Federal de São Carlos. Todas as informações obtidas através da pesquisa serão confidenciais, sendo assegurado o sigilo sobre a participação do estudante em todas as etapas do estudo. Caso haja menção a nomes, a eles serão atribuídas letras, com garantia de anonimato nos resultados e publicações, impossibilitando sua identificação.

Solicito sua autorização para gravação das aulas experimentais, que se necessário, serão transcritas pela pesquisadora, garantindo que se mantenham o mais fidedignas possível.

O (a) senhor (a) receberá uma via deste termo, rubricada em todas as páginas por você e pelo pesquisador, onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal. Você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação agora ou a qualquer

momento. É importante que o participante guarde, em seus arquivos, uma deste documento.

Se você tiver qualquer problema ou dúvida durante a sua participação na pesquisa poderá comunicar-se pelo telefone (11) 98342- 9797.

### **SOBRE O COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP)**

A principal ação do CEP é analisar todos os projetos de pesquisa que envolvam seres humanos, em qualquer uma das áreas do conhecimento. A missão do CEP é a prezar pela seguridade aos direitos dos participantes da pesquisa e os direitos e deveres da comunidade científica e do Estado, fazendo cumprir o disposto nas Resoluções do Conselho Nacional de Saúde (CNS), no que diz respeito aos aspectos éticos das pesquisas envolvendo seres humanos. Também é papel do CEP, fiscalizar, educar, ensinar preceitos éticos relacionados à pesquisa envolvendo seres humanos. O CEP está vinculado à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) do CNS, e o seu funcionamento e atuação são regidos pelas normativas do CNS/Conep. O CEP da Universidade Federal de São Carlos está vinculado à Pró-Reitoria de Pesquisa da UFSCar, localizada no prédio da Reitoria (área sul do campus São Carlos). O CEP da Universidade Federal de São Carlos está vinculado à Pró-Reitoria de Pesquisa da UFSCar, localizada no prédio da Reitoria (área sul do campus São Carlos). Endereço: Rodovia Washington Luís km 235 - CEP: 13.565-905 - São Carlos-SP. Telefone: (16) 3351-9685. E-mail: [cephumanos@ufscar.br](mailto:cephumanos@ufscar.br). Horário de atendimento: das 08:30 às 11:30.

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios da participação de meu filho (a) na pesquisa e concordo em participar. O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar que funciona na Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP – Brasil. Fone (16) 3351-9685. Endereço eletrônico: [cephumanos@ufscar.br](mailto:cephumanos@ufscar.br)

**Endereço para contato (24 horas por dia e sete dias por semana):**

Pesquisador Responsável: Suzana Aguera de Mello e Albuquerque Santos

Endereço: Rua Claudio Mitsuhiro Kano, número 54, Bosque dos Ipês.

Contato telefônico: (11) 98342-9797 E-mail: [sualbuquerque@gmail.com](mailto:sualbuquerque@gmail.com)

São José dos Campos, \_\_\_\_, de \_\_\_\_\_ de 2021

Suzana Aguera de Mello e Albuquerque Santos

Nome da Pesquisadora

Assinatura da Pesquisadora

Nome do Responsável

Assinatura do Responsável

Nome do Participante



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS/ CAMPUS SOROCABA

Pesquisador responsável: Suzana Aguera de Mello e Albuquerque Santos

Endereço: Rua Claudio Mitsuhiro Kano, 54, Bosque dos Ipês, São José dos Campos, SP

Fone: (11) 98342-9797 E-mail: [sualbuquerque@gmail.com](mailto:sualbuquerque@gmail.com)

**TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

**(Resoluções 466/2012 e 510/2016 do CNS)**

Você está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa Sequência de Experimentos (aplicados remotamente) de Eletricidade e Magnetismo em Abordagens Demonstrativas, Verificativas e Investigativas, que tem por objetivo avaliar o uso das experimentações demonstrativa, verificativa e investigativa na aprendizagem de conteúdos de Física.

Sua participação nessa pesquisa auxiliará na obtenção de dados que poderão ser utilizados para fins científicos e educacionais, proporcionando maiores informações e discussões que poderão trazer benefícios para a área da Educação no Ensino de Física, para a construção de novos conhecimentos e para a identificação de novas alternativas e possibilidades de ensino. A pesquisadora realizará o acompanhamento de todos os procedimentos e atividades desenvolvidas durante o trabalho.

Você foi selecionado (a) por ser estudantes do ensino médio, da cidade de São José dos Campos / SP, cidade onde o estudo será realizado. O estudo consiste em três experimentos que serão aplicados em três dias diferentes, no período da tarde, em horário extraordinário ao das aulas. Antes de cada experimento, você será convidado a responder um pequeno questionário que servirá como uma avaliação diagnóstica, no qual auxiliará a pesquisadora na preparação e apresentação de cada experimentação.

Ao final da realização de cada experimento você precisará responder um outro questionário avaliativo que aferirá a retenção e aprofundamento do conteúdo abordado em cada experimentação. Todos os questionários serão apresentados de forma remota, com questões objetivas que serão realizadas através da plataforma do Google Forms. Os experimentos

---

Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil. Fone

(16) 3351-9685. Endereço eletrônico: [cephumanos@ufscar.br](mailto:cephumanos@ufscar.br)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

também serão realizados remotamente, através da plataforma Zoom, com link e senhas que serão previamente distribuídos. No segundo encontro, será necessário seu cesso a um computador conectado à internet, onde usaremos um simulador educacional disponível no Site da Universidade do Colorado para fins educacionais. Para o terceiro encontro, necessitaremos de alguns materiais, tais como clips, moedas, régua, e imã, para a realização do experimento.

Sua participação é voluntária e não haverá qualquer compensação por ela. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa ou desistência não trará nenhum prejuízo educacional, seja na relação com a pesquisadora, à Instituição em que estuda ou à Universidade Federal de São Carlos. Todas as informações obtidas através da pesquisa serão confidenciais, sendo assegurado o sigilo sobre a participação do estudante em todas as etapas do estudo. Caso haja menção a nomes, a eles serão atribuídas letras, com garantia de anonimato nos resultados e publicações, impossibilitando sua identificação.

Solicito sua autorização para gravação das aulas experimentais, que se necessário, serão transcritas pela pesquisadora, garantindo que se mantenham o mais fidedignas possível.

Você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação agora ou a qualquer momento. Você receberá uma via deste termo, rubricada em todas as páginas por você e pelo pesquisador, onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal. É importante que o participante guarde, em seus arquivos, uma deste documento.

Se você tiver qualquer problema ou dúvida durante a sua participação na pesquisa poderá comunicar-se pelo telefone (11) 98342- 9797.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Eu, \_\_\_\_\_, portador do CPF \_\_\_\_\_, nascido (a) em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_, residente no endereço \_\_\_\_\_, na cidade de \_\_\_\_\_, Estado \_\_\_\_\_, podendo ser contatado (a) pelo número telefônico ( ) \_\_\_\_\_ fui informado (a) dos objetivos do estudo Sequência de Experimentos (aplicados remotamente) de Eletricidade e Magnetismo em Abordagens Demonstrativas, Verificativas e Investigativas, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar. Tendo o termo de consentimento do meu responsável já sido assinado, declaro que concordo em participar desse estudo e que recebi uma via deste Termo de Assentimento Livre e Esclarecido.

São José dos Campos, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2021.

\_\_\_\_\_  
Nome do responsável pelo  
menor

\_\_\_\_\_  
Nome do menor

\_\_\_\_\_  
Assinatura da pesquisadora