

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



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO PRÓ-REITORIA DE  
PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO Mestrado Nacional Profissional em  
ENSINO DE FÍSICA**

**RONALDO ZACARIAS DE SOUZA**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO LABORATÓRIO COM MATERIAIS DE  
BAIXO CUSTO EM CALORIMETRIA, ÓPTICA E ELETROMAGNETISMO.**

**MOSSORÓ – RN  
2020**

**RONALDO ZACARIAS DE SOUZA**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO LABORATÓRIO COM MATERIAIS DE  
BAIXO CUSTO EM CALORIMETRIA, ÓPTICA E ELETROMAGNETISMO.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

**Orientadora:** Dra. Jusciane da Costa e Silva

**MOSSORÓ – RN**

**2020**

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S719s SOUZA, RONALDO ZACARIAS DE.  
SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO LABORATÓRIO COM  
MATERIAIS DE BAIXO CUSTO EM CALORIMETRIA, ÓPTICA  
E ELETROMAGNETISMO. / RONALDO ZACARIAS DE SOUZA.  
- 2020.  
114 f. : il.

Orientadora: JUSCIANE DA COSTA E SILVA.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal  
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em  
Física, 2020.

1. Laboratório . 2. Baixo custo. 3.  
Experimentos de física. 4. Teoria de Vygotsky. 5.  
Teoria de Ausubel. I. SILVA, JUSCIANE DA COSTA E  
, orient. II. Título.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO LABORATÓRIO COM MATERIAIS DE  
BAIXO CUSTO EM CALORIMETRIA, ÓPTICA E ELETROMAGNETISMO


RONALDO ZACARIAS DE SOUZA

Orientadora:

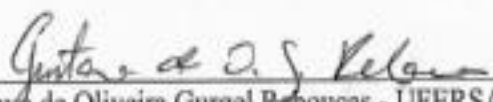
Profa. Dra. Jusciane da Costa e Silva

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada por:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Jusciane da Costa e Silva - UFERSA  
Presidente da Banca e Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Taciano Amaral Sorrentino - UFERSA  
Examinador Interno

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Gustavo de Oliveira Gurgel Rebouças - UFERSA  
Examinador Interno

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Ronaldo Pereira da Silva - UERN  
Examinador Externo

Mossoró/RN  
Fevereiro de 2020

A minha mãe, Antônia Vidal de Souza e meu padrasto Francisco Fernandes por não terem medido esforços para me ofertar uma formação baseada em princípios humanos, éticos e profissionais e à minha esposa, Elisvânia pela paciência e compreensão. A Ana nos momentos de distância e aos meus filhos, Raimundo Marcos e Ronaldo Júnior, razão pelo qual sigo em frente.

## AGRADECIMENTOS

À UFRSA por proporcionar a oportunidade de ampliar meus conhecimentos com os ensinamentos de seus professores.

À Capes pelo financiamento e a bolsa concedida.

A minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dra. Jusciane da Costa e Silva, por ter aceitado o desafio de me orientar neste mestrado.

Aos meus colegas de mestrado, por não ter deixado em momento algum desistir e desanimar com as dificuldades, em especial os amigos Napoleão, Glauco e Vanderli.

Aos meus amigos da Escola Helenita Lopes Gurgel Valente por ter me incentivado a seguir em frente nos momentos de dificuldades em especial ao meu grande amigo e irmão o mestre Hugo Garbênio.

Aos meus alunos da Escola Helenita Lopes Gurgel Valente por ter aceitado participar deste trabalho tão prontamente.

Ao professor Carlos Alberto dos Santos por ter contribuído enormemente com este mestrado nos permitindo compartilhar de sua vasta gama de conhecimentos.

Aos meus familiares por todo apoio, incentivo e credibilidade depositados em mim.

*A mente que se abre a uma ideia,  
Jamais voltará ao seu tamanho original.*

Albert Einstein

## RESUMO

Este trabalho propõe uma sequência didática com práticas experimentais utilizando materiais reciclados e de baixo custo para os alunos do ensino médio da Escola de Ensino Médio Helenita Lopes Gurgel Valente, localizada na cidade de Fortim – CE, vislumbrando uma aprendizagem potencialmente significativa. Devido à realidade das salas de aulas das escolas públicas, infelizmente o uso de atividades experimentais dificilmente acontece, tornando a disciplina de física apenas teórica e com linguagem matemática exaustiva. Um dos motivos é a falta de laboratórios, ou quando existe, não há materiais para execução dos experimentos. As aulas experimentais contribuem de forma direta e lúdica na verificação de conceitos apresentados nas aulas teóricas, além da construção de um pensamento científico que desperte o interesse pela física no ambiente escolar, bem como, o desenvolvimento de habilidades experimentais por parte dos estudantes. A sequência didática apresenta três experimentos para a 2ª série, nas temáticas: dilatação térmica, calorimetria e óptica; e três experimentos na 3ª série: eletrostática, eletrodinâmica e eletromagnetismo. Foram usadas as teorias de aprendizagem de Lev Semyonovitch Vygotsky, que é fundamentada na interação social entre os indivíduos, e na teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel. Cada prática aconteceu em seis horas/aulas, sendo uma por bimestre, a partir do 2º bimestre. A metodologia utilizada em cada prática foi: levantamentos dos conhecimentos prévios; relação da prática com o cotidiano, sem intervenção do professor; fundamentação teórica; realização do experimento e constatação da aprendizagem do conteúdo discutido. Durante a aplicação do produto percebemos que houve um crescimento significativo da presença dos alunos e na participação das aulas e que os experimentos ligados ao cotidiano permitem uma melhor construção do conhecimento para o estudante.

Palavras-chave: Laboratório, baixo custo, experimentos de física, Teoria de Vygotsky e Teoria de Ausubel.



## ABSTRACT

This work proposes a didactic sequence with experimental practices using recycled and low-cost materials for high school students at the Helenita Lopes Gurgel Valente High School, located in the city of Fortim - CE, envisioning a potentially meaningful learning. Due to the reality of classrooms in public schools, unfortunately the use of experimental activities hardly happens, making the subject of physics only theoretical and with exhaustive mathematical language. One reason is the lack of laboratories, or when they exist, there are no materials to carry out the experiments. The experimental classes directly and playfully contribute to the verification of concepts presented in the theoretical classes, in addition to the construction of scientific thinking that arouses interest in physics in the school environment, as well as the development of experimental skills by students. The didactic sequence presents three experiments for the 2nd series, on the themes: thermal expansion, calorimetry and optics; and three experiments in the 3rd series: electrostatics, electrodynamics and electromagnetism. Lev Semyonovitch Vygotsky's theories of learning were used, which is based on social interaction between individuals, and on David Ausubel's theory of meaningful learning. Each practice took place in six hours / classes, one practice per bimonth, starting from the 2nd bimonth. The methodology used in each practice was: surveys of previous knowledge; relationship between practice and daily life, without teacher intervention; theoretical foundation; conducting the experiment and verifying the learning of the content discussed. During the application of the product we noticed that there was a significant growth in the presence of students and in the participation of classes and that the experiments related to daily life allow a better construction of knowledge for the student.

Keywords: Laboratory, low cost, physics experiments, Vygotsky's theory and Ausubel's theory.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>14</b>
2.1. Sócio interacionismo de Vygotsky .....	14
2.2. Aprendizagem significativa de Ausubel .....	16
2.2.1. Aprendizagem Mecânica .....	17
2.2.2. Subsunção .....	17
<b>3. FÍSICA APLICADA NOS EXPERIMENTOS DA 2ª SÉRIE .....</b>	<b>19</b>
3.1. CALORIMETRIA.....	19
3.1.1. Princípios da Calorimetria.....	20
3.1.2. Mudanças de Estado Físico.....	21
3.2. Dilatação Térmica dos Sólidos .....	24
3.2.1. Dilatação linear .....	24
3.2.2. Dilatação Superficial.....	26
3.2.3. Dilatação Volumétrica.....	27
3.3. Processos de Transmissão de Calor .....	28
3.3.1. Condução .....	28
3.3.2. Lei de Fourier .....	29
3.3.3. Convecção.....	30
3.3.4. Irradiação.....	30
3.4. Óptica Geométrica.....	31
3.4.1. Conceitos Básicos da Óptica Geométrica.....	31
3.4.2. Meios de Propagação.....	33
3.4.3. Fenômenos Ópticos.....	33
3.4.4. Princípios da Óptica Geométrica .....	35
3.4.5. Camara Escura de Orifício .....	36
<b>4. FÍSICA APLICADA NOS EXPERIMENTOS DA 3ª SÉRIE .....</b>	<b>37</b>
4.1. Eletricidade.....	37
4.1.1. Eletrostática.....	37
4.1.2. Carga Elétrica.....	37
4.1.3. Princípios da Eletrostática .....	38
4.1.4. Condutores e Isolantes.....	39
4.2. Corrente Elétrica.....	40
4.2.1. Intensidade da Corrente Elétrica .....	40

4.2.2. Tipos de Corrente Elétrica .....	41
4.2.3. Densidade de corrente .....	41
4.2.4. Circuito Elétrico e seus Elementos .....	43
4.2.5. Lei de Ohm .....	44
4.2.6. Associação de Resistores .....	45
4.2.7. Associação em Série .....	45
4.2.8. Associação em Paralelo .....	46
4.2.9. Associação Mista de Resistores .....	47
4.3. Eletromagnetismo.....	47
4.3.1. Campo Magnético.....	48
4.3.2. Cargas Elétricas em um Campo Magnético e em um Campo Elétrico.....	49
<b>5. METODOLOGIA .....</b>	<b>51</b>
<b>6. APLICAÇÃO DO PRODUTO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
6.1. Primeira aula - Explicação dos conteúdos .....	53
6.2. Segunda aula - Realização dos experimentos .....	54
6.2.1. Experimentos da 2ª Série .....	54
6.2.2. Experimentos da 3ª Série .....	57
6.3. Terceira aula - Avaliação .....	61
6.4. Resultados .....	61
6.5. Rendimento escolar .....	62
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>68</b>
<b>8. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO I .....</b>	<b>73</b>
<b>Apêndice A .....</b>	<b>77</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Estudar física é fascinante, a forma como a física desvenda os fenômenos naturais deveria despertar a curiosidade de todos jovens e adolescentes, e conseqüentemente, o interesse por essa ciência que pode ser encontrada em tudo ao nosso redor. No entanto, infelizmente, não é o que ocorre, para a grande maioria dos estudantes, a física é vista como a disciplina muito difícil de ser compreendida e os alunos apontam vários fatores que contribuem para isso. A principal delas é a forma de como a física é abordada em sala de aula na maioria das escolas de ensino médio no Brasil, que acontece praticamente de forma teórica sem nenhuma demonstração experimental ou até mesmo sem nenhuma relação com o cotidiano e principalmente pela sua matematização, focando toda discussão em excessivas fórmulas matemática. Certamente, são muitas as razões, das quais salienta-se, de imediato, a desvalorização da carreira docente na Educação Básica no Brasil. Em discurso, a educação é sempre prioritária; na prática, as condições do trabalho, em muitos casos, são vergonhosas (Moreira, 2018).

Um dos fatores que também contribuem para esse cenário, é que de acordo com Organização Não Governamental – ONG, “Todos pela Educação”, em 2015 apenas 27% dos professores que ministram a disciplina de física tinham licenciatura na sua área e quase 30% dos professores que lecionavam física no Brasil são matemáticos (Censo Escolar, 2015).

Realizar atividades experimentais no ensino de ciências, em particular de física, é fundamental para aprendizagem de conceitos científicos. Não há professor que discorde desse preceito. No entanto, é sabido que a frequência que as aulas práticas acontecem, é muito pequena, chegando a ser nula, em muitas escolas. Um fator que contribui para falta de aulas experimentais nas escolas é que a maioria não dispõe de laboratórios e às vezes até dispõem, mas não possui os equipamentos necessários para a realização de aulas práticas, fato que contraria os PCN`s:

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN`s,2006, pág. 84),

*“É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável.”*

Neste sentido, o presente trabalho traz como proposta uma sequência didática de experimentos com materiais de baixo custo ou reciclados para a 2ª e 3ª séries do ensino médio, da Escola de Ensino Médio Helenita Lopes Gurgel Valente, no ano letivo de 2018. A Sequência Didática (SD) tem como objetivo aguçar a investigação científica, valorizando a aprendizagem vivenciada, tendo premissa o conhecimento prévio do aluno, sempre iniciando as aulas com questionamentos que levará a debate, sem a intervenção do professor, que permitirá a participação direta na construção do conhecimento, criando um perfil crítico, atuante e consciente no aluno.

Essa dissertação está organizada em sete capítulos, um anexo I e um apêndice, o qual apresentará o produto educacional. O capítulo 2 abordará as teorias de aprendizagem utilizadas. A teoria sócio-interacionista de Vygotsky, que destaca a interação social dos alunos com outros indivíduos e com o meio e a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, que considera o conhecimento prévio dos alunos.

Nos capítulos 3 e 4 são apresentados a Física utilizada no trabalho. No capítulo 3 os assuntos de Calorimetria e Óptica são contemplados, e no capítulo 4, Eletromagnetismo. No quinto capítulo, será abordado a metodologia utilizada na construção do trabalho, onde foram realizados seis experimentos, três na 2ª série e três na 3ª série. Cada experimento aconteceu em 6 horas/aulas.

No capítulo 6 a aplicação do produto educacional e a discussão dos resultados alcançados. Neste momento é mostrado a construção do produto, a sequência didática, além de sua aplicação.

O capítulo 7 estão às considerações finais sobre o produto educacional, bem como as principais impressões sobre todo o processo deste trabalho.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

As Teorias da Aprendizagem são fundamentais para consolidar o conhecimento, além de nortear o ensino-aprendizagem dos conteúdos desenvolvidos em sala de aula nas mais diversas situações por professores e alunos.

Este trabalho é baseado nas teorias de aprendizagem de Lev Semyonovitch Vygotsky, que é fundamentada na interação social entre os indivíduos e entre meio, e na teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel onde o processo de aprendizagem necessita fazer algum sentido para o aluno, portanto, a nova informação deve interagir e ancorar nos conhecimentos já existentes do aluno. A seguir discutiremos essas duas teorias de aprendizagem.

### **2.1. Teoria Sócio Interacionismo de Vygotsky**

Lev Semyonovitch Vygotsky, foi um psicólogo, proponente da Psicologia cultural-histórica. Um importante pensador e um dos primeiros a instituir que o desenvolvimento intelectual das crianças ocorre devido às condições e interações sociais que ela convive, (Martha Kohl, 1993).

Segundo Martha Kohl (1993), Vygotsky seguiu como principal área de estudo as funções psicológicas superiores, isto é, dedicou-se a estudar os mecanismos psicológicos mais complexos. Mecanismos esses que estão ligados ao controle do comportamento, a intenção e a liberdade do ser humano no que se refere às características do momento e do espaço de convívio. Segundo Silva (2006), a diferença entre os processos elementares psicológicos e os processos superiores refere-se à questão de que os processos elementares são controlados pelo meio, já os processos superiores ou complexos obedecem a uma autorregulação.

Um conceito importante para compreensão das concepções de Vygotsky sobre como funciona o nosso psicológico é o conceito de mediação. Mediação é o ato de intervir de uma forma mais simples. A mediação tem como função facilitar a interação e o diálogo. Por exemplo, quando uma criança aproxima sua mão de uma chama de uma vela e a retira rapidamente ao sentir dor, está estabelecida uma relação direta entre o calor da chama e sua mão, se, no entanto, a criança retira sua mão, quando sua mãe lhe disser que pode se queimar, a relação estará mediada pela intervenção de sua mãe, Martha Kohl (1993).

A presença de elementos mediadores introduz um elo a mais nas relações organismo/meio, tornando-as mais complexas. Ao longo do desenvolvimento do indivíduo as relações mediadas passam a predominar sobre as relações diretas.

Vygotsky (1998) trabalha com a concepção de que a relação do ser humano com o meio não é uma relação direta, mas uma relação mediada. Para ele, há dois tipos de elementos mediadores: os instrumentos que são atividades orientadas externamente voltada para o controle da natureza e os signos que são atividades orientadas internamente voltada para o controle do próprio indivíduo.

A linguagem escrita é um dos signos importantes nesse processo de internalização das funções psicológicas como afirmou Luria (1988) nos seus experimentos com camponeses analfabetos e alfabetizados. Para Vygotsky a linguagem escrita deve ter um significado para as crianças e que a escrita deve ser inserida a uma tarefa vista como necessária e relevante para a vida delas.

O conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal - ZDP é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes (VYGOTSKY, 1991, p.97).

O desenvolvimento cognitivo do aluno, acontece por meio da interação social e através dessa interação possibilita ao mesmo adquirir novos conhecimentos, pois a aprendizagem é uma atividade mediada pela utilização de instrumentos e signos dentro de um contexto social, de acordo com os conceitos usados por ele. Para que ocorra a aprendizagem, a interação social deve acontecer dentro do que seria a distância entre o conceito real e o potencial do que ele pode aprender. Com isso, a aprendizagem ocorre dentro de uma zona da ZDP, o qual o conhecimento real é aquele que o aluno é o ator principal sem necessitar do auxílio de ninguém, no entanto, o potencial do que ele pode aprender necessita de auxílio de alguém para realizá-lo.

Nesse momento o professor tem o papel fundamental, intermediar a aprendizagem, com estratégias que levem o aluno torna-se independente, ou seja, transformar o seu conhecimento real em conhecimento potencial, de uma forma que possibilite a criar uma nova ZDP a todo instante.

Com base nisso, esse trabalho foi desenvolvido, com a preocupação de formar os grupos mistos, de forma que os alunos mais tímidos e com mais dificuldades de aprendizagem fossem envolvidos com aqueles que tinham facilidade de compartilhar o

conhecimento sobre os assuntos abordados nos experimentos, de forma que todos participassem de forma ativa na construção da aprendizagem.

## 2.2. Aprendizagem Significativa de Ausubel

David Paul Ausubel, foi um psicólogo americano de grande importância na área da psicologia educacional, com a teoria da aprendizagem significativa, de acordo com a teoria da aprendizagem significativa, os alunos são considerados os atores principais no processo de aprendizagem, enquanto os professores são os mediadores ou facilitadores deste processo. Desta forma, a aprendizagem ocorre quando o novo conhecimento se relaciona com um conhecimento prévio do aluno (AUSUBEL, 1980).

Ausubel divide a aprendizagem significativa em três tipos: *aprendizagem representacional*, *aprendizagem de conceito* e *aprendizagem proposicional*. A aprendizagem representacional é aquela que acontece através do significado de símbolos individuais ou daquilo do que eles representam, ou seja, caracterizando uma associação simbólica primária. Já aprendizagem conceitual, é um modelo complexo da aprendizagem representacional, pois está relacionado com símbolos e os seus significados, um nível mais elevado da aprendizagem representacional. A aprendizagem proposicional é o complemento da aprendizagem de conceitos, pois ela não se detém apenas a conceitos isolados, mas sim em grupos de palavras (frases feitas) combinadas (MOREIRA, 1998).

Dentro desse contexto, a aprendizagem adquire um significado a partir de um conhecimento prévio, configura-se mais eficaz do que aquela aprendida de forma mecânica ou repetitiva, características do método clássico de ensino no qual o novo conteúdo é armazenado isoladamente ou por meio de associações arbitrárias na estrutura cognitiva do sujeito aprendente.

Segundo Ausubel (1973) para que a aprendizagem significativa tenha efeito é preciso que duas condições principais sejam atendidas: primeiro que o aluno esteja disposto a efetivamente aprender e não partir para a fixação pura e simples de conteúdo. A segunda condição é a de que o professor deve passar o conteúdo da disciplina de forma significativa, isto é, deve possuir uma sequência lógica e deve ser relacionado com as experiências de cada indivíduo, adquirindo assim, um significado psicológico.



### 2.2.1. Aprendizagem Mecânica

Segundo Ausubel (1973), existe também a aprendizagem mecânica ou automática, onde as novas informações adquiridas não se relacionam ou pouco se relacionam com os conceitos da estrutura cognitiva. Desta forma essas informações novas seriam armazenadas de forma eventual, como não tivesse nenhuma relação com outro conhecimento.

Segundo Moreira (2009, p. 10-11), aprendizagem mecânica é:

“aquela em que novas informações são aprendidas praticamente sem interagirem com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, sem ligarem-se a conceitos subsunçores específicos. A nova informação é armazenada de maneira arbitrária e literal, não interagindo com aquela já existente na estrutura cognitiva e pouco ou nada contribuindo para sua elaboração e diferenciação.”

Desta forma, o aluno que aprende de forma mecânica, não consegue relacionar a nova informação recebida com algum conhecimento prévio que possua, ou seja, sem interagir com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva passando a decorar fórmulas, resoluções de problemas e leis, mas logo esquecendo-as após alguma avaliação (PELIZZARI, 2002).

Na física por exemplo, seria quando um estudante aprende resolver uma questão utilizando a equação de movimento retilíneo uniforme, mas não sabe o que é um movimento retilíneo uniforme. Daí que vem o famoso termo utilizado no Brasil, “memorização”.

É importante salientar que a aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica, mesmo que pareçam ser opostas, não são, pois ambas ocorrem de forma contínua para aperfeiçoar os conhecimentos do aluno.

### 2.2.2. Subsunçor

Imagine que na estrutura cognitiva do aluno exista o conceito de deslocamento e de tempo, eles servirão como subsunçores para uma nova informação, referente ao conceito de velocidade.

Dessa forma, a organização cognitiva do aluno é um aspecto importante na aprendizagem de conceitos científicos, pois estes são organizados a partir de

proposições que vão formando um conjunto de novas relações. Esta estrutura de conhecimento foi denominada por Ausubel de subsunçor (AUSUBEL,1973).

Ausubel aplica ao nome subsunçor, conceitos já existentes aos padrões de ação física e mental subjacentes a atos específicos de inteligência que correspondem a estágios do desenvolvimento infantil. A aprendizagem significativa acontece quando uma informação nova se fixa nos subsunçores, ou seja, ocorre ligação entre os conhecimentos prévios e os novos conhecimentos.

Os subsunçores partem de certa forma da aprendizagem mecânica, o indivíduo recebe uma informação com pouca ou nenhuma sintonia com outra informação, ou seja, armazena o conhecimento de forma qualquer, que com o passar do tempo pode ser esquecida.

### 3. FÍSICA APLICADA NOS EXPERIMENTOS DA 2ª SÉRIE

Neste capítulo, é feita uma revisão da física envolvida em cada experimento do produto educacional, realizado na 2ª série, será abordado brevemente conceitos da calorimetria e da óptica geométrica.

#### 3.1. CALORIMETRIA

Calorimetria é o ramo da física que estuda a troca de energia entre dois corpos ou sistemas, quando essa troca ocorre na forma de calor (Djalma Nunes, 2001). Calor por sua vez, é uma forma de energia térmica em trânsito que flui de um corpo para outro espontaneamente, sendo sempre do corpo mais quente para o mais frio, devido à diferença de temperatura entre eles, Beatriz Alvarenga (2011). A seguir detalharemos sobre alguns conceitos básicos.

Segundo Gualter (2010), a energia térmica de um corpo é o somatório das energias de agitação de suas partículas e depende da temperatura do corpo e do número de partículas nele existentes. Toda matéria é constituída de partículas em movimento, ou seja, movimento molecular. Quanto maior a temperatura do corpo, maior é o movimento molecular e maior a energia térmica.

Como foi mencionado anteriormente calor é uma forma de energia em trânsito, já a quantidade de calor é a medida da energia transferida de um corpo para outro, podendo provocar apenas um aumento de temperatura denominada de quantidade de calor sensível ou ainda provocar uma mudança do seu estado físico, a qual denominamos de quantidade de calor latente, Felipe Fuke (2010).

Segundo Moysés Nussenzveig (2002,pag. 169), caloria é a quantidade de calor necessária para aquecer de  $14,5^{\circ}\text{C}$  até  $15,5^{\circ}\text{C}$  a temperatura de um grama de água pura sob pressão normal, é a quantidade de calor que faz um grama de água variar a sua temperatura de  $1^{\circ}\text{C}$ . E calor específico é a quantidade de calor que cada 1 g da substância absorve para variar de  $1^{\circ}\text{C}$  a sua temperatura.

Capacidade térmica é a quantidade de calor que o corpo necessita para variar de  $1^{\circ}\text{C}$  a sua temperatura, não é uma característica da substância. Pois ela depende da massa do corpo, da natureza do material que constitui o corpo, da sua temperatura e da pressão. Quanto maior a massa do corpo, maior sua capacidade térmica e mais difícil o seu aquecimento.

Segundo Hallyday (2012), a capacidade térmica  $C$  de um objeto é a constante de proporcionalidade entre o calor  $Q$  recebido ou cedido pelo objeto e a variação de temperatura  $\Delta T$  do objeto, ou seja

$$Q = C\Delta T = C(T_F - T_i) \quad (3.1)$$

Ou ainda pela equação 3.2:

$$C = m \cdot c \quad (3.2)$$

Onde  $c$  é o calor específico.

A unidade de medidas de energia no sistema internacional de unidades (SI), é o Joule (J). No entanto, existem o uso de outras unidades, para medirmos calor: a caloria por exemplo. Com isso a capacidade térmica é medida em unidade de energia por unidade de temperatura, por exemplo (J/K ou cal/°C).

A quantidade de calor sensível depende de sua massa, da variação de temperatura e da natureza do material dado pelo o seu calor específico. Com isso, temos: logo substituindo a equação (3.2) em (3.1), temos:

$$Q = C \cdot \Delta T \rightarrow Q = m \cdot c \cdot \Delta T \rightarrow Q = m \cdot c \cdot (T_f - T_i) \quad (3.3)$$

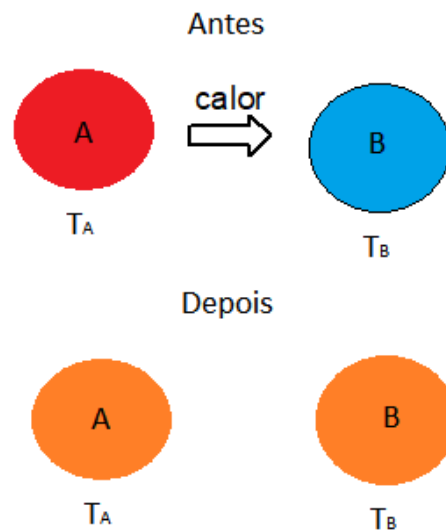
A quantidade de calor sensível pode ser positiva ou negativa, dependendo das situações: Quando o corpo recebe calor, a sua temperatura aumenta e quando o corpo cede ou perde calor a sua temperatura diminui Beatriz Alvarenga (2011).

### 3.1.1. Princípios da Calorimetria

A calorimetria é regida por três princípios básicos: o princípio das transformações inversas, o princípio das trocas de calor e o princípio da igualdade das trocas de calor.

Segundo Felipe Fuke (2010), no princípio das transformações inversas a quantidade de calor recebida por uma substância para realizar determinada transformação é igual a quantidade de calor que ela libera ao realizar a transformação inversa. Já no princípio das trocas de calor, ao misturar duas quantidades de água, **A** e **B**, com temperaturas diferentes, eles trocam calor até que as temperaturas se tornem iguais, ou seja, atinjam o equilíbrio térmico, como mostra a Figura 3.1.

Figura 3.1: Processo de troca de calor em sistemas isolados



Fonte: O próprio autor.

Segundo Gualter (2010), quando dois ou mais corpos, colocados em contato, constituem um sistema isolado, e o somatório do calor trocados pelos corpos até que atinjam o equilíbrio térmico é nulo, ou seja:

$$\Sigma Q = 0 \quad (3.4)$$

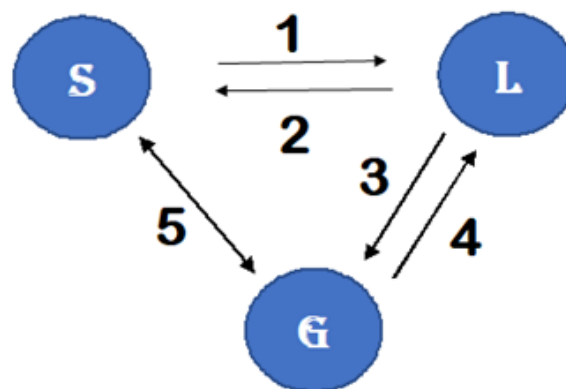
### 3.1.2. Mudanças de Estado Físico

Na natureza, as substâncias podem ser encontradas em quatro fases, ou estados físicos diferentes, mas nos deteremos a falar de três: o sólido (S), líquido (L) ou gasoso (G). O estado físico em que se encontra uma substância está associado a organização de suas partículas e depende das condições de pressão e temperatura a que está submetida. Por exemplo, a água sob pressão de 1 atmosfera (atm), a 20°C, está no estado líquido, na mesma pressão, a 120°C está no estado gasoso e a -10°C, ela está no estado sólido.

Em temperaturas e pressões bem determinadas, ao receberem ou cederem calor, as substâncias mudam de um estado para o outro. As mudanças de estado físico ou fase ocorrem sempre a uma temperatura bem determinada e são acompanhadas de absorção ou liberação de calor por parte das substâncias. A Figura 3.2 apresenta os três estados físicos, sólido, líquido e gasoso e como as mudanças ocorrem.

No processo 1, o estado físico muda de sólido para líquido, quando isso acontece dizemos que houve absorção de calor, e conseqüentemente houve uma Fusão no estado da matéria. No processo 2, acontece o processo inverso, o corpo libera calor, passando do estado líquido para o estado sólido, denominado Solidificação. No processo 3, o corpo que está em estado líquido absorve calor, daí passa para o estado de gasoso, conhecido como vaporização. No processo 4, o corpo que está no estado gasoso condensa calor, daí passa do estado gasoso para o líquido, denominado liquefação ou condensação. No processo 5, ocorre a passagem direta do estado sólido para o gasoso ou vice-versa sem passar pelo estado líquido, conhecido como sublimação, Toscano (2016).

Figura 3.2: Processos de mudança de estado entre sólido (S), líquido (L) e gasoso (G).



Fonte: O próprio autor

A vaporização pode ocorrer de três maneiras:

A ebulição é uma vaporização tumultuada, que ocorre com intensa formação de bolhas e que se dá a uma determinada temperatura e pressão. A água sob pressão de 1 atm (ao nível do mar), entra em ebulição ao atingir a temperatura de 100°C.

A evaporação é uma vaporização bem lenta, que ocorre a qualquer temperatura. As moléculas próximas da superfície livre do líquido em velocidades suficientemente grandes para escapar do líquido, passando para a forma de vapor. A velocidade de evaporação do líquido é tanto maior quanto maior for a área da superfície livre do líquido. Um exemplo básico é a roupa estendida no varal.

A calefação é uma vaporização quase instantânea que ocorre quando uma massa de líquido cai sobre uma superfície aquecida a uma temperatura superior à temperatura de ebulição do líquido. Por exemplo, o fenômeno produzido quando uma

gota de um líquido cai sobre uma chapa extremamente quente. A gota não entra em contato com a fonte de calor e passa para a forma gasosa.

Segundo Toscano (2016), em geral as mudanças de estado físico, obedecem a duas leis básicas que podem facilmente observadas no dia-a-dia.

1ª Lei: Durante uma mudança de estado físico, a temperatura da substância permanece constante, se a pressão permanecer constante.

2ª Lei: Cada substância apresenta, para cada pressão, uma temperatura bem determinada de mudança de estado físico, como mostra a Tabela 3.1:

Tabela 3.1: Temperatura de ebulição da água para algumas pressões em milímetro de mercúrio.

Pressão atmosférica (em mmHg)	Temperatura (em °C)
760	100
720	98
670	97
640	95
600	93

Fonte: livro Curso de Física – Vol.1. Beatriz Alvarenga.

Ao nível do mar, sob pressão de 1atm (760 mmHg), o gelo derrete a 0°C e a água entre em ebulição a 100°C. Ao alterarmos a pressão, mudamos a temperatura em que a substância muda de estado físico. Para outras substâncias e outras mudanças, esses valores não são os mesmos.

Para o caso de uma mudança de estado físico temos que a quantidade de calor (Q) que a substância cede ou absorve, para mudar de estado, é chamado de calor latente. O calor latente de mudança de estado recebe o nome de acordo com a mudança ocorrida. Assim, podemos ter o calor latente de fusão ( $L_f$ ), o de vaporização ( $L_v$ ), o de solidificação ( $L_s$ ), portanto para um corpo qualquer de massa m, o calor latente é dado por:

$$L = \frac{q}{m} \quad (3.5)$$

Experimentos mostram que cada 1g de gelo, para derreter, sob pressão normal, necessita de uma quantidade de calor de 80 cal, sendo assim, o calor latente de fusão do gelo vale 80 cal/g. Segundo Gualter (2010), por outro lado, cada 1g de água para solidificar-se, tem que liberar 80 cal. Então, o calor latente de solidificação da água é 80 cal/g. Visto isso, pode-se afirmar que para uma mesma substância:

$$L_f = -L_s \quad e \quad L_v = -L_c \quad (3.6)$$

### 3.2. Dilatação Térmica dos Sólidos

A temperatura é uma grandeza escalar que mede o grau de agitação das moléculas de um corpo. Isso significa, que quanto maior a temperatura de um corpo, maior será a agitação das moléculas, Hallyday e Resnick (2012). Assim sendo, quando um corpo é aquecido, ocorre um aumento no grau de agitação de suas moléculas, fazendo com que haja um distanciamento entre as moléculas, isso acarreta um aumento nas dimensões do corpo. Da mesma forma, quando o corpo é resfriado diminui a agitação das suas moléculas fazendo com que ele diminua a sua dimensão. Essa variação nas dimensões de um corpo, devido à variação de temperatura é denominada de dilatação térmica.

Quando um sólido é aquecido, ele se dilata em todas as direções, ou seja, sofre um aumento de volume. Podemos, porém, analisar a variação isolada de cada uma de suas dimensões, ou a variação de uma de suas dimensões, quando esta for muito mais acentuada que as outras. Por exemplo, quando um fio ou uma barra metálica muito fina é aquecido, analisamos apenas a variação do seu comprimento a qual chamamos de dilatação linear. Já quando analisamos o aquecimento de uma chapa metálica observamos a variação de sua área, denominada de dilatação superficial, já no caso de blocos metálicos ou líquidos temos o aumento de seu volume, que chamamos de dilatação volumétrica.

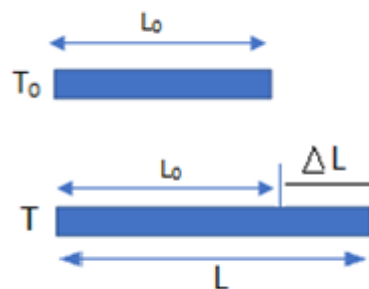
#### 3.2.1. Dilatação Linear

Segundo Moysés (2002), a dilatação corresponde a um aumento do espaço interatômico médio. Assim, num corpo sólido, se dois de seus pontos estão inicialmente à distância  $L_0$ , a variação  $\Delta L$  dessa distância é proporcional a  $L_0$ . Para uma variação de



temperatura  $\Delta T$  suficientemente pequena, é também proporcional a  $\Delta T$ , como podemos ver a Figura 3.3.

Figura 3.3: Figura esquemática representando a dilatação linear de uma barra de comprimento inicial  $L_0$ .



Fonte: Próprio Autor

Analisando a Figura 3.3, observamos que a variação do comprimento da barra é dada por:

$$\Delta L = L - L_0 \quad (3.7)$$

A dilatação de comprimento de uma barra  $\Delta L$  é diretamente proporcional ao seu comprimento inicial ( $L_0$ ) e a variação de temperatura ( $\Delta T$ ) sofrida por ela. A dilatação da barra também depende do material de que ela é constituída. Materiais diferentes dilatam-se de formas diferentes, uma vez que cada material tem o seu próprio coeficiente de dilatação ( $\alpha$ ), portanto, a partir dessas proporcionalidades que podem ser verificadas experimentalmente, temos:

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T \quad (3.8)$$

Substituindo a equação (3.7) na equação experimental (3.8)

$$L = L_0 (1 + \alpha \Delta T) \quad (3.9)$$

Onde  $\alpha$  é a constante de proporcionalidade, denominada de coeficiente de dilatação, sendo característica do corpo. A unidade de medida de  $\alpha$  é o inverso da temperatura, ou seja, no SI é  $K^{-1}$ . O coeficiente de dilatação é uma grandeza que depende do material e da temperatura, a Tabela 3.2 mostra alguns coeficientes de dilatação linear de algumas substâncias a  $20^\circ C$ .

Tabela 3.2: Coeficiente de dilatação linear

Substância	$\alpha$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
Chumbo	$2,7 \times 10^{-5}$
Zinco	$2,6 \times 10^{-5}$
Alumínio	$2,4 \times 10^{-5}$
Prata	$1,9 \times 10^{-5}$
Ouro	$1,5 \times 10^{-5}$
Concreto	$1,2 \times 10^{-5}$
Vidro comum	$9,0 \times 10^{-6}$
Granito	$8,0 \times 10^{-6}$
Vidro pirex	$3,2 \times 10^{-6}$
Porcelana	$3,0 \times 10^{-6}$

Fonte: Livro Física Interação e Tecnologia

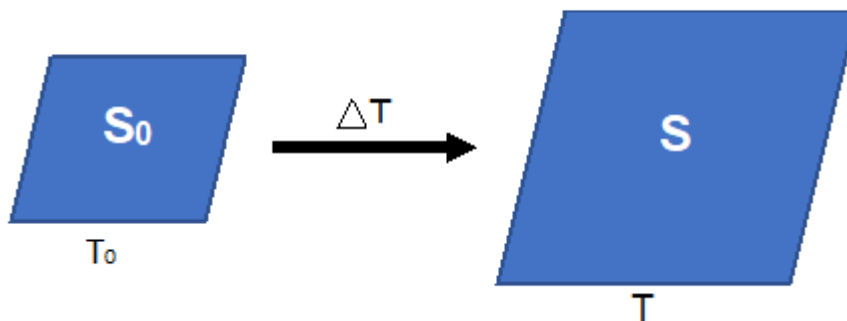
### 3.2.2. Dilatação Superficial

Suponha uma chapa, feita de um determinado material, que a uma temperatura  $T_0$ , tenha uma área inicial  $S_0$ . Quando ela é aquecida até uma temperatura  $T$ , a sua área aumenta de  $\Delta S$ .

A Figura 3.4, observamos que a variação da área da área da chapa, é dada por:

$$\Delta S = S - S_0 \quad (3.10)$$

Figura 3.4: Figura esquemática representando a dilatação superficial de um corpo de área inicial  $S_0$ .



Fonte: Próprio Autor.

Assim como na dilatação linear, a dilatação superficial depende dos três fatores, a área inicial, do material e da variação de temperatura sofrida pelo corpo. Portanto, a

dilatação da placa ( $\Delta S$ ) é diretamente proporcional a sua área inicial ( $S_0$ ) e a variação de temperatura ( $\Delta T$ ) sofrida por ela, portanto:

$$\Delta S = S_0 \beta \Delta T \quad (3.11)$$

Substituindo a equação (3.10) na equação experimental (3.11)

$$S = S_0 (1 + \beta \Delta T) \quad (3.12)$$

Onde  $\beta$ , é a constante de proporcionalidade e denominada de coeficiente de dilatação superficial e pode ser relacionada com o coeficiente de dilatação linear da seguinte maneira:

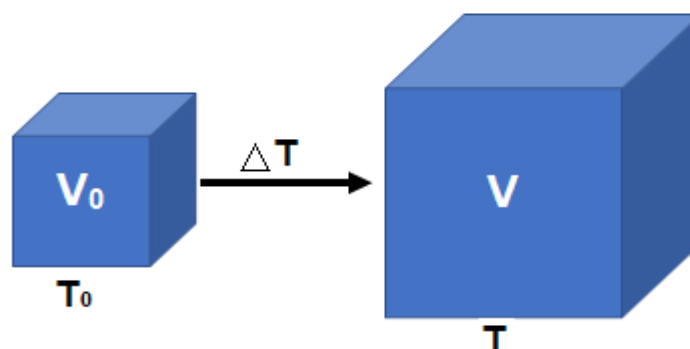
$$\beta = 2\alpha \quad (3.13)$$

### 3.2.3. Dilatação Volumétrica

Considere um cubo, feito de um determinado material, que a uma temperatura  $T_0$ , tenha um volume inicial  $V_0$ . Quando ela é aquecida até uma temperatura  $T$ , o seu volume aumenta de  $\Delta V$ . Observando a Figura 3.5, podemos deduzir que a variação da área da área da chapa, é dada por:

$$\Delta V = V - V_0 \quad (3.14)$$

Figura 3.5: Figura esquemática representando a dilatação volumétrica de um corpo de volume inicial  $V_0$ .



Fonte: Próprio Autor.

Segundo Moysés (2002), a dilatação volumétrica depende dos três fatores: o volume inicial, do material e da variação de temperatura sofrida pelo corpo. Portanto, a

dilatação cubo ( $\Delta V$ ) é diretamente proporcional a seu volume inicial ( $V_0$ ) e a variação de temperatura ( $\Delta T$ ) sofrida por ele.

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta T \quad (3.15)$$

Substituindo a equação (3.14) na equação experimental (3.15)

$$V = V_0 (1 + \gamma \Delta T) \quad (3.16)$$

Onde  $\gamma$ , é a constante de proporcionalidade e denominada de coeficiente de dilatação volumétrico e pode ser relacionada com o coeficiente de dilatação linear da seguinte maneira:

$$\gamma = 3\alpha \quad (3.17)$$

### 3.3. Processos de Transmissão de Calor

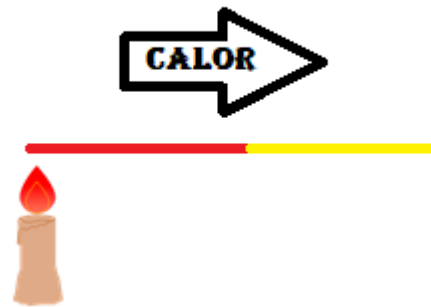
O calor é uma forma de energia térmica em trânsito, com isso pode fluir de um corpo para outro. Neste caso existem três formas dessa propagação ocorrer, ao qual são chamados de processos de transmissão de calor: a condução, a convecção e a irradiação.

#### 3.3.1. Condução

Se uma panela com cabo de metal é deixada no fogo por algum tempo, o cabo fica tão quente que pode queimar a sua mão. A energia é transferida da panela para o cabo pelo processo de condução. Os elétrons e os átomos da panela vibram intensamente por causa da alta temperatura que estão expostos. Essas vibrações, e a energia associada, são transferidas para o cabo através de colisões entre os átomos, Hallyday e Resnick (2012).

Considere uma barra metálica sendo aquecida por uma chama de uma vela como mostra a Figura 3.6. Quando o calor começa a ser transferido, a taxa de transferência de calor nos vários pontos da barra não é a mesma, mas passando algum tempo, podemos verificar que em cada seção da barra a taxa de transferência de calor é a mesma, pois ao longo da barra ocorre uma distribuição uniforme de temperatura. No entanto, de ponto para ponto dela existe uma diferença de temperatura constante. Dizemos então que o calor está fluindo em regime estacionário ou permanente.

Figura 3.6: Processo de condução térmica



Fonte: Próprio Autor.

### 3.3.2. Lei de Fourier

Independente da forma com que o calor é transferido de um ponto a outro, define-se o fluxo de calor ( $\varphi$ ) à razão entre a quantidade de calor ( $Q$ ) transmitida e o intervalo de tempo ( $\Delta t$ ), em que ocorre essa transmissão. O fluxo de calor mede a taxa de transferência de calor ao longo do material.

$$\varphi = \frac{Q}{\Delta t} \quad (3.18)$$

O fluxo de calor por condução depende da natureza do material que o constitui, existem materiais bons condutores de calor e materiais isolantes que são maus condutores de calor. Os metais são as substâncias que apresentam a maior condutividade térmica, devido ao grande número de elétrons livres que apresentam. Já os isolantes, por não possuírem esses elétrons livres, dificultam ou reduzem o fluxo de calor entre os corpos, Gualter (2010).

Os materiais bons condutores de calor apresentam grande constante de condutividade térmica, já os isolantes, por sua vez, apresentam baixa constante de condutividade térmica. Além da natureza do material, a transferência de calor por condução depende também da área de secção transversal e a diferença de temperatura entre as fontes, e sendo, no entanto, inversamente proporcional a distância entre os pontos considerados Luke e Kazuhito (2010).

Em regime estacionário, o fluxo de calor por condução em um material homogêneo é diretamente proporcional à área de secção transversal ( $A$ ) atravessada e

a diferença de temperatura entre os extremos ( $\Delta T$ ), e inversamente proporcional à espessura considerada ( $x$ ).

$$\varphi = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{K.A.\Delta T}{x} \quad (3.19)$$

A constante de condutividade térmica ( $k$ ) é uma propriedade característica do material. A qual podemos citar um exemplo de bom condutor térmico seria alumínio que possui condutividade igual a  $K = 4,9 \times 10^{-1} \text{ cal/s.cm.}^\circ\text{C}$ , enquanto um bom isolante térmico seria a madeira que possui condutividade muito menor  $3,1 \times 10^{-4} \text{ cal/s.cm.}^\circ\text{C}$ , Gualter (2010).

### 3.3.3. Convecção

A convecção ocorre tipicamente em fluídos, e se caracteriza pelo o fato de que o calor é transferido pelo movimento do próprio fluído, que constitui uma corrente de convecção. Um fluído aquecido localmente em geral diminui sua densidade e, por conseguinte, tende a subir, sendo substituído por fluído mais frio, o que gera naturalmente correntes de convecção, mas elas também podem ser produzidas artificialmente, com o auxílio de bombas e ventiladores. Os ventos, as correntes marinhas são exemplos de correntes de convecção.

Na convecção ao contrário da condução ocorre transporte de matéria juntamente com a energia, as massas quentes trocam de posição com as massas frias devido à diferença de densidade. Como ocorre transporte de matéria, a convecção ocorre basicamente nos líquidos e nos gases. Sendo os líquidos e gases maus condutores de calor, a convecção é o método mais eficiente de transferência de calor nesses meios, assim como na condução, a convecção não ocorre no vácuo.

Um exemplo das correntes de convecção são as brisas, isso pode ser percebido claramente nas regiões litorâneas. Durante o dia, há uma brisa que sopra do mar para a terra, denominada de brisas marítimas. Durante a noite, o processo inverte-se, a brisa sopra da terra para o mar, denominadas de brisas terrestres, Gualter (2010).

### 3.3.4. Irradiação

A irradiação é o processo de transmissão de calor pelo espaço, sem que haja um meio para se propagar, ou seja, único processo de transmissão de calor que pode ocorrer no vácuo, por meio de ondas eletromagnéticas, Gualter (2010).

A radiação térmica é emitida por um corpo aquecido, e, ao ser absorvida por outro corpo, pode aquecê-lo, convertendo-se em calor. A radiação solar, seja sob a forma de luz visível, seja de radiação infravermelha ou de outras regiões do espectro, é uma forma de radiação térmica emitida por uma fonte (o Sol) a temperatura muito elevada. O aquecimento solar é uma forma de aproveitamento de radiação solar para a produção de calor (Hallyday e Resnick, 2012).

### 3.4. Óptica Geométrica

Óptica geométrica é o ramo da física responsável pelo estudo da luz e os fenômenos associados a ela, considerando que sua propagação ocorre através de raios de luz, Beatriz Alvarenga (2011). Certos fenômenos luminosos podem ser estudados sem que se conheça previamente a natureza da luz. Porém, é preciso conhecer algo sobre o que é um raio de luz, alguns dos princípios básicos e considerações de geometria. O estudo desses fenômenos constitui a óptica geométrica e existe também a óptica ondulatória, mas que não é o caso de estudo deste trabalho.

#### 3.4.1. Conceitos Básicos da Óptica Geométrica

Raios de luz são linhas orientadas que representam graficamente a direção e o sentido de propagação luz, Beatriz Alvarenga (2011), que pode ser representada por uma reta orientada como mostra a Figura 3.7.

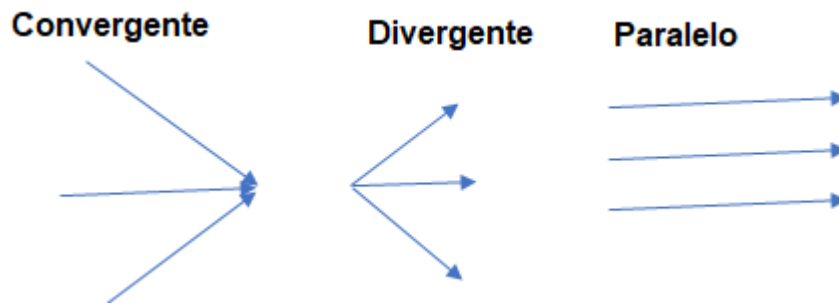
Figura 3.7: Representação do raio de luz.



Fonte: Próprio autor

Quando se tem um conjunto de raio de luz, ou seja, vários raios de luz denominamos de pincel ou feixe de luz e esse pode se apresentar de três formas: convergente, divergente ou paralelo, como nos mostra a Figura 3.8.

Figura 3.8: ilustração do feixe de luz convergente, divergente e paralelo.



Fonte: Próprio Autor.

Os corpos que emitem luz própria são denominados de corpos luminosos. É o caso do sol, das estrelas, da chama de uma vela, entre outros. Os corpos que não emitem luz própria são denominados de corpos iluminados. É o caso da lua, das paredes, das roupas, etc.

Segundo Bonjorno e Clinton (2003), os corpos luminosos e os corpos iluminados constituem as fontes de luz. As fontes de luz são classificadas em fontes de luz primária também chamados de corpos luminosos e fonte de luz secundária, chamados de corpos iluminados. As fontes de luz, dependendo de sua dimensão, são chamadas de fonte de luz puntiforme, quando a fonte de luz tem dimensões desprezíveis em confronto com as distâncias que a separam dos outros corpos, em caso contrário, ela é denominada de fonte extensa. A fonte, a luz pode ser:

**Monocromática:** de uma cor só, como a luz amarela emitida por lâmpadas de vapor de sódio.

**Policromática:** que resulta da superposição de luzes de cores diferentes. É o caso da luz branca emitida pelo sol, que pode ser evidenciada quando ocorre sua decomposição, ao atravessar um prisma.

### Velocidade da Luz

Segundo Moysés (2002), durante muito tempo pensou-se que a luz se propagava instantaneamente de um ponto a outro. Entretanto, experiências extremamente cuidadosas realizadas durante os séculos XVIII e XIX, vieram mostrar que, na realidade, a velocidade de propagação da luz é muito grande, mas não é infinita. Nas medidas atuais, o valor da velocidade da luz no vácuo (que é usualmente representado por  $c$ ) pode ser considerado como sendo:

$$c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$$



A velocidade da luz foi medida, também, em vários meios materiais, encontrando-se sempre valor inferior a  $c$ . Por exemplo, na água, a luz se propaga com uma velocidade de  $v = 220\,000\text{ km/s}$  e, no diamante, com  $v = 120\,000\text{ km/s}$  (Hallyday e Resnick, 2012).

### 3.4.2. Meios de Propagação

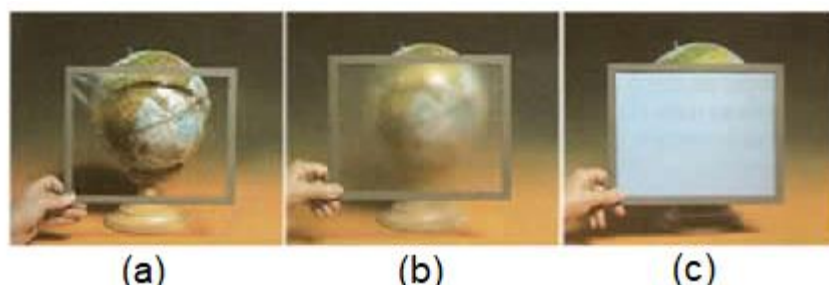
Uma fonte de luz emite raios de luz. A luz se propaga a uma velocidade de  $300.000\text{ km/s}$  no vácuo. A luz tem a capacidade de se propagar em diferentes meios materiais, como, por exemplo, ar, vidro, água, e comportam-se de forma distinta ao serem atravessados pelos raios de luz, ou até mesmo impedem a propagação dos raios de luz através de seu interior. Segundo Bonjorno e Clinton (2003), esses meios são classificados em meio transparente, meio translúcido ou meio opaco:

Meio transparente: meio em que a luz se propaga de maneira ordenada, permitindo que os objetos sejam vistos com nitidez através deles, como mostra a Figura 3.9 (a).

Meio translúcido: meio em à luz se propaga de maneira desordenada, não permitindo que os objetos sejam vistos com nitidez através deles, como pode-se ver na Figura 3.9 (b).

Meio opaco: meio em que a luz não se propaga em seu interior, não permitindo de forma alguma que os objetos sejam vistos através deles, conforme a Figura 3.9 (c).

Figura 3.9: (a) meio transparente; (b) meio translúcido; (c) meio opaco.



Fonte: Livro Física História e Cotidiano, volume 2.

### 3.4.3. Fenômenos Ópticos

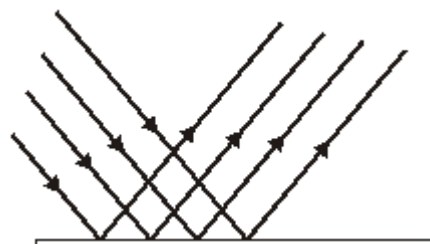
Considere um feixe de raios paralelos propagando-se num meio (1), o ar, e incidindo sobre uma superfície plana (S) de separação com um meio (2), podendo ser a água, papel, etc. Dependendo da natureza do meio (2) e da superfície S, ocorrem

simultaneamente, com maior ou menor intensidade os fenômenos de reflexão, refração e absorção da luz. (Beatriz Alvarenga, 2010).

A reflexão ocorre quando um feixe de luz incide sobre uma superfície refletora e retorna ao meio de origem, onde se propagava anteriormente. No caso a reflexão pode ocorrer de duas maneiras: a reflexão regular e a reflexão difusa:

Reflexão regular: acontece quando um feixe de luz atinge uma superfície polida e é refletido de forma regular, isto é, caso a incidência seja de um feixe com raios paralelos, o feixe refletido também será paralelo, conforme mostra a Figura 3.10.

Figura 3.10: Reflexão regular.



Fonte: Próprio Autor

Reflexão difusa ou difusão: ocorre quando um feixe de luz incide em uma superfície rugosa, com imperfeições microscópicas, o feixe é refletido em todas as direções de forma irregular. Como ele é refletido em diversas direções, pode ser visto por observadores localizados nos mais diferentes lugares. Devido a esse fenômeno enxergamos a forma dos objetos, como mostra a Figura 3.11.

Figura 3.11: Reflexão difusa

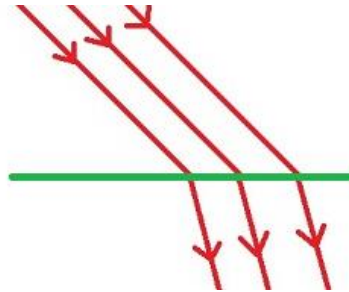


Fonte: Próprio Autor

A refração da luz ocorre quando a luz incide numa superfície que separa dois meios e atravessando-a, propaga-se no outro meio, podendo ou não ocorrer mudança na direção de sua trajetória. Assim como a reflexão, a refração pode ocorrer de duas maneiras também, a refração regular e a refração difusa:

Refração regular: é o que acontece, por exemplo, quando um feixe de luz se propaga paralelo no ar e incide numa superfície transparente, o feixe atravessa-o e continuam a se propagar em paralelo, como mostra a Figura 3.12.

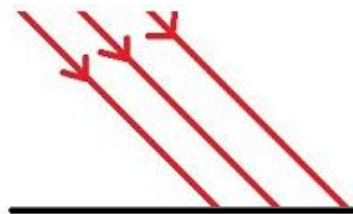
Figura 3.12: Refração regular



Fonte: Próprio Autor.

O fenômeno da absorção da luz, ocorre quando os raios de luz incidem sobre uma superfície S e não reflete e nem refrata, o que consiste na transformação de energia luminosa em energia térmica. Nesse caso, consideramos que a maior parte da radiação incidente é retida no corpo, como pode ser visto na Figura 3.13.

Figura 3.13: Absorção da Luz.



Fonte: Próprio Autor.

#### 3.4.4. Princípios da Óptica Geométrica

Segundo Beatriz Alvarenga (2010), a óptica geométrica é regida basicamente por três princípios: propagação retilínea da luz, princípio da independência dos raios de luz e o princípio da reversibilidade dos raios de luz. Vejamos o que diz cada um:

Princípio da propagação retilínea da luz: nos meios homogêneos e transparentes a luz se propaga em linha reta.

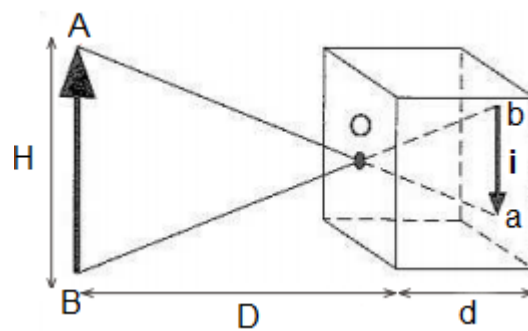
Princípio da independência dos raios de luz: quando raios de luz se cruzam, cada um deles segue seu trajeto como se os outros não existissem, ou seja, os raios de luz são independentes.

Princípio da reversibilidade dos raios de luz: a trajetória seguida pela luz independe do sentido de percurso.

### 3.4.5. Câmara Escura de Orifício

A câmara escura de orifício funciona em decorrência da propagação retilínea da luz. A câmara tem paredes opacas, com um pequeno orifício em uma delas. A luz proveniente de um objeto no exterior dela passa pelo orifício (o) e forma na parede oposta uma imagem invertida (Kazuhito Yamamoto, 2010). Observe a figura abaixo e considere  $D$  a distância do objeto ao orifício da câmara,  $d$  a distância da imagem ao orifício,  $H$  a altura do objeto e  $i$  a altura da imagem, como pode ser visto na figura 3.14.

Figura 3.14: Exemplo esquemático da formação de uma imagem em uma câmara escura



Fonte: Próprio Autor.

A imagem (i) projetada na parede da câmara pode ser vista por um observador externo se essa parede for, por exemplo, feita de papel vegetal. A imagem pode ser registrada internamente, com a colocação de um filme ou papel fotográfico na região em que ela se forma. Por isso, a câmara escura de orifício é, às vezes, chamada câmara fotográfica rudimentar.

De acordo com a Figura 3.14, os triângulos ABO e aob são semelhantes, portanto, podemos relacionar as alturas AB e ab do objeto e da imagem às distâncias D (do objeto à câmara) e d (da imagem até a parede com orifício). Assim, temos:

$$\frac{i}{H} = \frac{d}{D} \quad (3.20)$$

A imagem observada será tanto maior quanto mais próximo estiver o objeto e será tanto mais nítida quanto menor o orifício.

## 4. FÍSICA APLICADA NOS EXPERIMENTOS DA 3ª SÉRIE

Neste capítulo será feita uma revisão da física envolvida em cada experimento do produto educacional, realizado na 3ª série, ou seja, abordaremos o eletromagnetismo.

### 4.1. Eletricidade

A eletricidade é o ramo da física que estuda os fenômenos das cargas elétricas, que está dividida em duas partes: eletrostática e eletrodinâmica.

#### 4.1.1. Eletrostática

É responsável por estudar os efeitos produzidos pelas cargas elétricas em equilíbrio eletrostático. Os fenômenos elétricos foram estudados mesmo não conhecendo a estrutura da matéria. A teoria atômica veio dar embasamento necessário para o estudo da eletricidade e tendo avançado bastante nos séculos XIX e XX, Beatriz Alvarenga (2010).

Atualmente, sabe-se que a matéria é constituída por mais 200 partículas subatômicas que já foram detectadas. No entanto nos deteremos estudar as três partículas elementares: os prótons, elétrons e nêutrons.

#### 4.1.2. Carga Elétrica

Segundo HALLIDAY & RESNICK (2012, pág.1) “a carga elétrica é uma propriedade intrínseca das partículas fundamentais de que é feita a matéria; ou seja, é uma propriedade associada à própria existência das partículas”. Os nêutrons não têm carga elétrica, sendo essa propriedade um privilégio dos prótons e elétrons. As cargas dos prótons e elétrons tem a mesma intensidade porem sinais opostos, por exemplo a carga do próton é  $+1,602 \times 10^{-19}$  C, enquanto a do elétron é  $-1,602 \times 10^{-19}$  C, também conhecida como carga elementar.

As massas dos prótons ( $1,67262 \times 10^{-27}$  kg) e dos nêutrons ( $1,67493 \times 10^{-27}$  kg) são praticamente iguais, já a massa do elétron ( $9,10939 \times 10^{-31}$  kg) é cerca de 1836 vezes menor que a massa do próton.

Observe que embora prótons e elétrons tenham massas diferentes, apresentam a mesma quantidade de carga elétrica, em módulo. A carga de um próton ou de um elétron, em módulo é denominada de carga elétrica elementar, por ser a menor carga elétrica encontrada na natureza, sendo representada por  $e = 1,6 \times 10^{-19}C$ . A grandeza carga elétrica, no sistema internacional de unidades (SI), é medida em Coulombs (C), Gualter (2010).

Vale ressaltar que os prótons e nêutrons estão presos ao núcleo, portanto sem nenhuma chance de movimentar pela estrutura. Só os elétrons, especialmente os das camadas eletrônicas mais distantes, denominadas camadas de valência, possuem mobilidade para abandonar a estrutura atômica. Portanto, um corpo se eletriza quando ele perde ou ganha elétrons, Beatriz Alvarenga (2010).

Um corpo pode ser encontrado em três estados possíveis: neutro, eletrizado positivamente ou eletrizado negativamente. Quando um corpo está neutro significa que ele possui a mesma quantidade de prótons e elétrons, ou seja, não possui cargas em excesso. Um corpo está eletrizado positivamente quando ele perde elétrons e eletrizado negativamente quando ganha elétrons de outro corpo, seja qual seja o motivo.

A carga elétrica de um corpo eletrizado é consequência do desequilíbrio da quantidade de prótons ou elétrons total na estrutura desse corpo. Quando um corpo inicialmente neutro perde ou ganha  $n$  elétrons, ele adquirirá a carga:

$$Q = \pm n.e \quad (4.1)$$

### 4.1.3. Princípios da Eletrostática

A eletrostática estuda a interação entre cargas elétricas em corpos em equilíbrio eletrostático, ou seja, em corpos onde as cargas estão distribuídas e se houver qualquer movimento de cargas é decorrente exclusivamente da agitação térmica do corpo. A eletrostática baseia-se em dois princípios básicos: o princípio da atração e repulsão e o princípio da conservação das cargas elétricas, Beatriz Alvarenga (2010).

Princípio da atração e da repulsão: partículas eletrizadas com cargas de sinais opostos se atraem, enquanto cargas com sinais iguais se repelem.

Princípio da conservação das cargas elétricas: Num sistema eletricamente isolado, a soma algébrica das quantidades de cargas positivas e negativas é constante.

De acordo com o experimento de eletrização realizado por Benjamim Franklin, as cargas se transferem de um corpo para o outro, no entanto a quantidade de carga total sempre é a mesma, ou seja, a carga total se conserva, em um sistema eletricamente isolado, a quantidade de cargas permanece constante, havendo apenas uma redistribuição das cargas elétricas, Gualter (2010).

#### **4.1.4. Condutores e Isolantes**

Condutores e isolantes são materiais elétricos que se comportam de maneiras opostas no que se refere à passagem de corrente elétrica. Enquanto os condutores permitem a movimentação dos elétrons, os isolantes dificultam essa movimentação, ou seja, a passagem da eletricidade. Isso acontece em decorrência da estrutura atômica das substâncias, ou seja, dos elétrons que os materiais apresentam na sua camada de valência. A camada de valência é aquela que fica mais distante do núcleo atômico Hallyday & Resnick, (2012).

Nos condutores, a ligação dos elétrons livres com o núcleo atômico é bastante fraca. Assim, esses elétrons se desligam com facilidade do seu núcleo, espalham-se facilitando o movimento das cargas elétricas. Os tipos de condutores dependem do estado físico que eles se encontram, por exemplo:

Sólidos - também chamados de condutores metálicos, caracterizam-se pelo movimento dos elétrons livres e pela forte tendência de doar elétrons;

Líquidos - também chamados de condutores eletrolíticos caracterizam-se pelo movimento de cargas positivas (cátions) e negativas (ânions). Essa movimentação, em sentidos opostos, cria a corrente elétrica;

Gasosos - também chamados de condutores de terceira classe, caracterizam-se pelo movimento de cátions e ânions. Mas, ao contrário dos condutores líquidos, a energia é produzida através do choque entre as cargas e não de forma isolada.

Nos isolantes, também chamados de dielétricos, verifica-se a ausência ou pouca presença de elétrons livres. Fazendo com que os elétrons dos isolantes estejam fortemente ligados ao núcleo, o que inibe a sua movimentação, portanto é possível dizer que um material é um isolante quando ele obedece a uma das seguintes condições:

O corpo não possui portadores de cargas elétricas, como íons, elétrons e etc. Exemplo: borracha, madeira, giz, dentre outros.

O corpo possui portadores de cargas elétricas, mas esses portadores não conseguem se deslocar pela estrutura, provendo a condução elétrica, por estarem fixos, presos a mesma. Dizemos que os portadores não têm mobilidade, é o caso dos sais no estado sólido, Benigno e Silva (2016).

Corriqueiramente eletrizamos objetos, mesmo que sem perceber, por exemplo, quando passamos um pano sobre um móvel de nossa casa para limpá-lo. Na seção (4.1.2.) foi visto que os corpos neutros possuem o número de cargas positivas (prótons) igual ao número de cargas negativas (elétrons). Isso quer dizer que para se eletrizar um corpo neutro é necessário esse corpo perder ou ganhar elétrons. Existem várias formas da eletrização acontecer, ao qual destacamos três destes processos que são: eletrização por atrito, eletrização por contato e a eletrização por indução.

## 4.2. Corrente Elétrica

Corrente elétrica pode ser considerado como o fluxo ordenado das cargas elétricas que se movem de forma orientada dentro de um condutor sólido ou em soluções iônicas. Beatriz Alvarenga (2010).

No início dos estudos a respeito da eletricidade, pouco se sabia sobre a natureza da carga elétrica que percorria os condutores. Assim, convencionou-se que o sentido da corrente elétrica seria contrário ao movimento das cargas elétricas negativas. Portanto, a corrente elétrica se movimenta para o polo negativo.

### 4.2.1. Intensidade da Corrente Elétrica

A intensidade da corrente elétrica ( $i$ ) é definida pela quantidade de carga elétrica que passa pela seção transversal de um fio condutor por unidade de tempo, sendo:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (4.2)$$

A carga que passa através de um condutor num determinado intervalo de tempo, pode ser determinada por:

$$q = \int dq = \int_0^t i dt \quad (4.3)$$



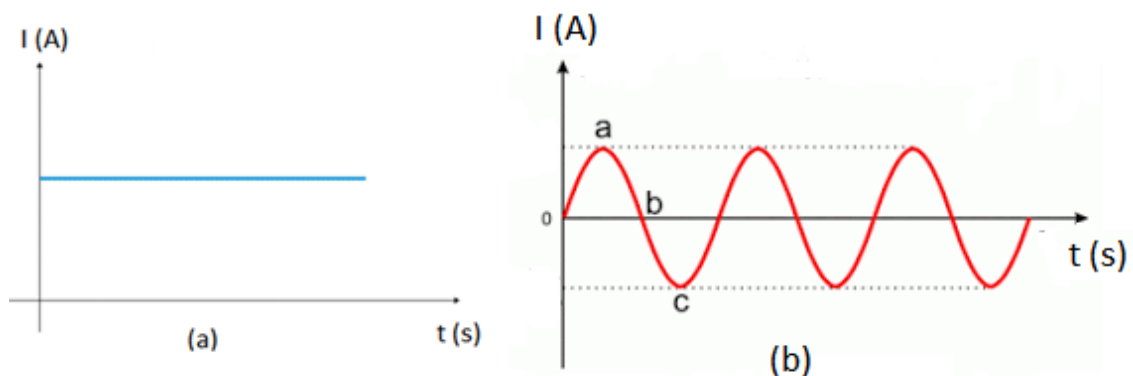
No SI a intensidade da corrente elétrica é medida em Coulomb por segundo (C/s), que recebe o nome de Ampere (A) em homenagem ao físico francês, André-Marie Ampere, sendo assim:  $1A = \frac{1C}{1s}$  (Hallyday e Resnick, 2012).

#### 4.2.2. Tipos de Corrente Elétrica

O sentido da corrente elétrica é do polo positivo para o polo negativo de uma pilha, por exemplo. As pilhas fornecem uma corrente elétrica com intensidade ( $i$ ) constante, denominada de Corrente Contínua. Porém, há casos nos quais a corrente varia de intensidade e de sentido, é conhecida como Corrente Alternada, Benigno e Silva (2016).

Corrente contínua é quando sua intensidade e o seu sentido permanece constante. As pilhas e as baterias de carro por exemplo, são fontes que geram corrente contínua Figura 4.1(a), já as usinas hidrelétricas são exemplos de fontes geradoras de correntes alternadas Figura 4.1 (b).

Figura 4.1: Gráfico da corrente contínua (a) e corrente alternada (b) em função do tempo.



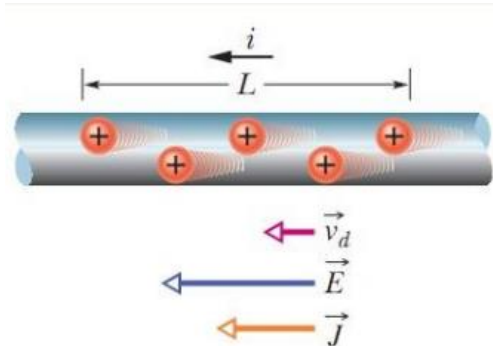
Fonte: Livro Física Aula por Aula.

#### 4.2.3. Densidade de Corrente

Considere o movimento livre dos elétrons dentro de um condutor. Quando uma diferença de potencial é aplicada num condutor os elétrons livres se movimentam devido a diferença de potencial. Em princípio, os elétrons se deslocariam numa trajetória retilínea, porém a trajetória de deslocamento dos elétrons é modificada constantemente em função dos choques com os átomos 'fixos' do condutor. Estes constantes choques acabam por impedir que os elétrons submetidos a uma aceleração constante, aumentem continuamente sua velocidade. Este 'bate-acelera' contínuo acaba por produzir uma

velocidade média constante, conhecida como velocidade de deriva ou de arraste, como mostra a Figura 4.2.

Figura 4.2: Representação da velocidade de deriva.



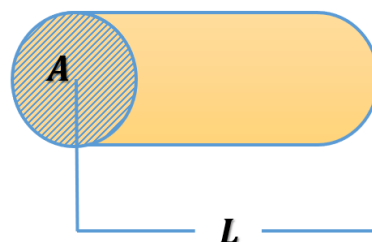
Fonte: Fundamentos da Física: Eletromagnetismo.

Descreveremos o movimento dos elétrons num condutor em função desta velocidade de deriva. Vimos que corrente elétrica é a quantidade que define a taxa do fluxo de elétrons através da seção reta de um condutor. Se dividirmos esta corrente pela área da secção reta do condutor temos a densidade de corrente:

$$j = \frac{i}{A} \rightarrow j = \frac{di}{dA} \quad (4.4)$$

Analisando apenas uma região de um fio que está conduzindo corrente. Esta região é um pequeno cilindro de comprimento  $L$  com área da base  $A$  (que corresponde a secção reta do fio), representado na Figura 4.3.

Figura 4.3: Representação de um condutor.



Fonte: Próprio autor.

A carga que passa pelo condutor num determinado período é fornecida por:

$$dq = neAL \quad (4.5)$$

Onde  $e$  é a carga do elétron e  $n$  o número de elétrons que estão se deslocando no cilindro. Um elétron percorrerá este segmento no intervalo de tempo:

$$dt = \frac{L}{v} \quad (4.6)$$

sendo  $v$  é a velocidade de deriva. Da definição de corrente, temos:

$$i = \frac{dq}{dt} \rightarrow i = neAv \quad (4.7)$$

E usando a definição de densidade de corrente, temos:

$$J = nev \quad (4.8)$$

#### 4.2.4. Circuito Elétrico e seus Elementos

Para existir corrente elétrica é necessário que os portadores de cargas se movimentem de maneira ordenada e para isso é necessário que haja uma diferença de potencial entre os dois terminais do condutor, na maioria das vezes, essa diferença de potencial é fornecida por um gerador ou uma fonte de tensão.

Circuito elétrico é um conjunto de elementos elétrico, tais como resistores, indutores, capacitores, fontes de tensão. Em geral um circuito simples é composto, por uma fonte, um condutor e um receptor.

Gerador ou fonte elétrica é um componente capaz de alimentar com energia elétrica um determinado circuito. O condutor por sua vez tem como função conduzir a corrente elétrica até um receptor. Já o receptor tem como principal função transformar a energia elétrica em outro tipo de energia. Além destes três elementos, existem outros elementos que constituem um circuito elétrico, tais como: resistor, dispositivo de manobra e dispositivo de segurança.

Resistor é o dispositivo utilizador nos circuitos que possui a função de controle de corrente elétrica por meio do aumento da resistência imposta à passagem dos portadores de cargas em um fio condutor. A resistência do material depende de suas propriedades físicas e de sua geometria.

Dispositivos de manobras são componentes eletromecânicos ou eletrônicos que são responsáveis por impedir ou permitir a passagem de corrente elétrica entre a fonte e a carga através de manobras (ligar e desligar).

Dispositivos de segurança são aparelhos responsáveis pela interrupção da corrente elétrica, caso a intensidade dessa corrente seja maior que a suportada pelo aparelho. A consequência dessa intervenção preserva os outros elementos que constituem o circuito. Os dispositivos de segurança mais comuns são os fusíveis e os disjuntores.

A resistência elétrica, medida sob a grandeza  $\Omega$  (Ohm), designa a capacidade que um condutor tem de se opor à passagem de corrente elétrica. Ou seja, a função da resistência elétrica é de dificultar a passagem de corrente elétrica.

#### 4.2.5. Lei de Ohm

A Lei de Ohm postula que um condutor ôhmico, ou seja, um condutor de resistência constante, quando mantido à temperatura constante, a intensidade ( $i$ ) de corrente elétrica será proporcional à diferença de potencial (ddp) aplicada entre suas extremidades. Ou seja, sua resistência elétrica é constante, Gualter (2010).

$$U = R \cdot i \quad (4.9)$$

Onde,  $R$  é a resistência elétrica, medida em Ohm ( $\Omega$ ),  $U$  é a diferença de potencial elétrico (ddp), medido em Volts (V) e  $i$  é a intensidade da corrente elétrica, medida em Ampère (A).

A Segunda Lei de Ohm estabelece ainda que a resistência elétrica de um material é diretamente proporcional ao seu comprimento, inversamente proporcional à sua área de seção transversal. Além disso, ela depende do material do qual é constituído. É representada pela seguinte equação:

$$R = \frac{\rho l}{A} \quad (4.10)$$

Onde,  $R$  é a resistência elétrica, medida em Ohm ( $\Omega$ ),  $\rho$  é a resistividade elétrica do condutor (depende do material e de sua temperatura), medida em ( $\Omega \cdot m$ ),  $L$  é o comprimento do condutor, medido em metro (m) e  $A$  é a área de seção transversal do condutor e medido em metro quadrado ( $m^2$ ).

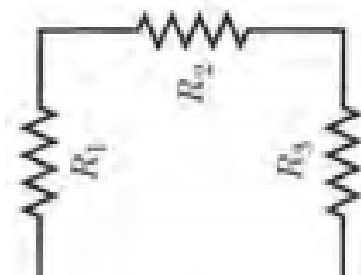
#### 4.2.6. Associação de Resistores

A instalação elétrica de uma residência permite ligar vários aparelhos elétricos ao mesmo tempo, mas isso só é possível devido uma ligação correta. Quando diversos dispositivos estão ligados ao mesmo tempo em um circuito, significa que temos uma associação de dispositivos ou de resistores. Em geral, essa associação pode ocorrer de três maneiras: em série, paralelo ou mista.

#### 4.2.7. Associação em Série

Associar resistores em série significa ligá-los um ao lado do outro, como pode ser visto na Figura 4.4.

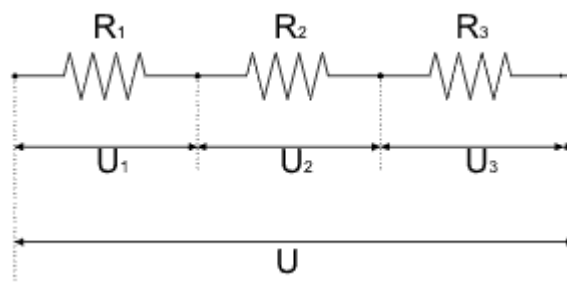
Figura 4.4: Associação de resistores em série.



Fonte: Fundamentos da Física: Eletromagnetismo.

Na associação em série existe apenas um caminho para a passagem da corrente elétrica esta é mantida por toda a extensão do circuito. Já a diferença de potencial entre cada resistor poderá variar conforme a resistência do mesmo, para que seja obedecida a Lei de Ohm, como pode ser visto na Figura 4.5.

Figura 4.5: Distribuição da tensão na associação em série.



Fonte: Livro Física Aula por Aula.

Analisando o circuito acima, pela Lei de Ohm, a tensão em cada resistor é dada por:

$$U_1 = R_1 \cdot i \quad (4.11)$$

$$U_2 = R_2 \cdot i \quad (4.12)$$

$$U_3 = R_3 \cdot i \quad (4.13)$$

Sendo assim, a tensão total ( $U_T$ ) entre os dois terminais do circuito é igual ao somatório de todas as tensões.

$$U_T = \Sigma U_n \quad (4.14)$$

Ainda a respeito da associação em série, pode-se substituir todos os resistores por um único resistor, resistor esse que é denominado de resistor equivalente ( $R_{eq}$ ), que é igual ao somatório de todas as resistências e como a corrente que passa pelo resistores é a mesma, temos que:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots + R_n \quad (4.15)$$

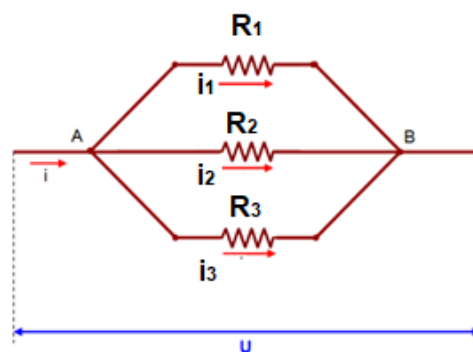
De modo que a resistência equivalente ( $R_{eq}$ ), é:

$$R_{eq} = \Sigma R_n. \quad (4.16)$$

#### 4.2.8. Associação em Paralelo

Quando os resistores estão ligados a terminais submetidos a uma mesma tensão, estes resistores estão associados em paralelo. Na associação em paralelo, todos os resistores são submetidos à mesma tensão, enquanto, que a corrente elétrica se divide entre os resistores associados, como mostra a figura 4.6.

Figura 4.6: Associação de resistores em paralelo.



Fonte: Próprio autor.

Com isso, a corrente elétrica total é o somatório das correntes que passam pelos resistores.

$$i_T = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n \quad (4.17)$$

A tensão na associação é a mesma para todos os resistores, assim como na associação em série, pela Lei de Ohm, pode substituir todos os resistores por um resistor de resistência equivalente. Usando a primeira lei de Ohm para cada resistor, teremos:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (4.18)$$

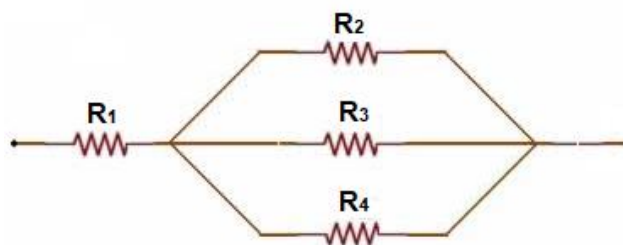
Em uma associação em paralelo, o inverso da resistência equivalente da associação é igual ao somatório dos inversos das resistências da associação.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum \frac{1}{R_n} \quad (4.19)$$

#### 4.2.9. Associação Mista de Resistores

Os circuitos usuais são em sua maioria misto é aquele que dispõe de componentes eletrônicos conectados tanto em paralelo quanto em série, associados a uma só fonte de tensão. O circuito misto, possui alguns pontos de consumo ligados em série e outros em paralelo, logo este apresenta em um único circuito as características dos dois circuitos anteriores, como podemos identificar na figura 4.7.

Figura 4.7: Associação mista de resistores.



Fonte: Próprio autor.

#### 4.3. Eletromagnetismo.

O eletromagnetismo é parte da física que estuda as propriedades elétricas e magnéticas da matéria, em particular as relações estabelecidas diretamente entre elas. Esta teoria baseada na interação entre os campos elétrico e magnético.

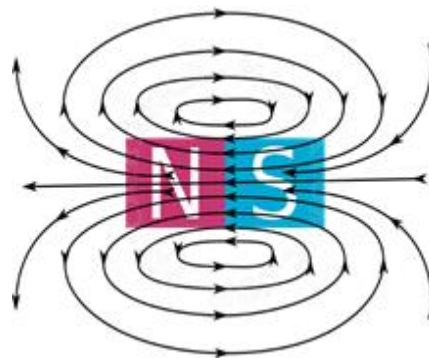
### 4.3.1. Campo Magnético

Campo Magnético é uma região do espaço onde as cargas elétricas em movimento são sujeitas à ação de uma força magnética, capaz de alterar as suas trajetórias. O campo magnético é resultado da movimentação de cargas elétricas, como no caso de um fio que conduz corrente elétrica ou até mesmo na oscilação de partículas subatômicas, como os elétrons. É o ímã que cria o campo magnético, da mesma forma como é a carga elétrica e a massa que, respectivamente, criam os campos elétrico e gravitacional, Beatriz Alvarenga (2010).

A origem do campo magnético só começou a ser entendida nas primeiras décadas do século XIX, depois que Oersted descobriu que a corrente elétrica altera a orientação da bússola criando campos magnéticos.

A Figura 4.8 nos mostra uma ilustração do campo magnético em forma de barra. Se acrescentarmos limalhas de ferro em volta do ímã, veremos que elas passam a se orientar de forma análoga a de uma bússola, formando linhas que, são chamadas de linhas de indução ou linhas de campo de indução magnético. Se observadas na parte externa do ímã, elas aparentam “sair” do polo norte e “chegar” ao polo sul. Sendo assim, não existem linhas que só saem ou só chegam ao ímã, como ocorre no caso das linhas de força do campo elétrico para uma só carga. Isso quer dizer que, diferentemente do que ocorre com o campo elétrico, as linhas do campo magnético são fechadas.

Figura 4.8: Linhas de indução magnética em torno de um ímã.



Fonte: Livro Física Aula por Aula.



Outra característica importante do campo magnético é o seu módulo, mas para conhecê-lo é preciso medir a força magnética que atua sobre as cargas elétricas em movimento dentro do campo magnético.

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B} \quad (4.20)$$

Experimentalmente, observa-se que o módulo da força magnética, possui as seguintes características:

1. É proporcional ao valor da carga elétrica em movimento ou a corrente elétrica;
2. Atua sobre uma carga em movimento e é proporcional ao módulo da velocidade da partícula e ao ângulo entre o vetor velocidade e o campo magnético, lembrando que quando  $\vec{v}$  e  $\vec{B}$  forem paralelos, a força é nula e quando for perpendicular à força será máxima.
3. É ortogonal ao plano entre os vetores velocidade e campo magnético.

Com a medida experimental da força magnética, permite demonstrar que o campo magnético atua somente sobre cargas em movimento. O campo magnético é medido no SI em Tesla (T). Por ser uma unidade muito grande, em relação aos campos magnéticos usuais, outra unidade bastante usada é o Gauss. Segue a relação entre um Gauss e um Tesla.

$$1G = 10^{-4}T$$

#### 4.3.2. Cargas Elétricas em um Campo Magnético e em um Campo Elétrico

A força magnética, ou força de Lorentz, é resultado da interação entre dois corpos dotados de propriedades magnéticas, como ímãs ou cargas elétricas em movimento. No caso das cargas elétricas, a força magnética passa a existir quando uma partícula eletricamente carregada se movimenta em uma região onde atua um campo magnético, dada por:

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad (4.21)$$

Ao contrário das forças elétricas que aceleram a partícula na direção do campo, fazendo variar a sua energia cinética, a força magnética apenas altera a direção do movimento, sem mudar a energia cinética.

## 5. METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi de caráter qualitativo e investigativo realizado com alunos da 2ª e 3ª séries da Escola de Ensino Médio Helenita Lopes Gurgel Valente, localizada na cidade de Fortim – CE.

O trabalho tem como objetivo estimular o interesse dos alunos através de práticas, de forma investigativa e problematizada, conectando o conteúdo com o cotidiano. O produto trata-se de uma sequência didática que propõe seis experimentos que podem ser demonstrados em sala de aula usando materiais de baixo custo ou recicláveis, o que facilita sua execução.

A pesquisa foi iniciada com a análise dos conteúdos ministrados na 2ª e 3ª série do ensino médio (EM) na disciplina de Física, para que a partir desta informação pudessemos iniciar a confecção dos roteiros.

Feito o levantamento dos conteúdos ministrados em cada série, foram escolhidos três conteúdos por série para confeccionar os experimentos. Com os roteiros confeccionados, foi desenvolvido o material didático, a ser usado em cada aula. Cada roteiro começa com um questionamento que relaciona o conteúdo que será estudado com o cotidiano. Nesse momento o professor estimulará os alunos a expor seus conhecimentos prévios, e guiará esse discurso sem interpelação. Os roteiros apresentam uma fundamentação teórica, nesse momento o professor explanará os conteúdos, e em seguida, com os materiais os alunos realizarão os experimentos. A Tabela 5.1 mostra os seis conteúdos escolhidos para os experimentos.

Tabela 5.1 – Temas dos roteiros elaborados.

<b>Dilatação térmica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudo da dilatação térmica;</li> </ul>
<b>Calorimetria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processos de propagação do calor;</li> </ul>
<b>Óptica geométrica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Câmara escura;</li> </ul>
<b>Associação de resistores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Circuitos elétricos em série e em paralelo;</li> </ul>
<b>Eletrostática</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pêndulo eletrostático e eletroscópio de folhas;</li> </ul>
<b>Eletromagnetismo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eletroímã;</li> </ul>

Os experimentos foram aplicados no período de maio a dezembro de 2018, em quatro turmas da 2ª série e três turmas da 3ª série, o que totaliza 231 alunos que participaram das práticas.

A implementação do produto educacional foi pensado em um tempo de execução de 4 horas-aula (h/a), porém foram necessárias 5 h/a, sem contar o tempo de elaboração dos roteiros, que foi de 8 h/a. considerando isto, foi criada uma sequência de ensino composta por nove momentos comuns aos seis experimentos abordados neste trabalho: elaboração, motivação, aula expositiva, contextualização, descrição, montagem do experimento, avaliação da aprendizagem e estímulo ao conhecimento, conforme a Tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Tempo de aplicação do produto.

<b>Atividade realizada</b>	<b>Tempo destinado</b>
<b>1º momento - Elaboração dos roteiros:</b> Momento dedicado ao planejamento da aula e construção de roteiros para a realização dos experimentos.	8 horas
<b>2º momento - Motivação:</b> Objetivando estimular o aluno a pensar sobre o assunto e a participar da aula, bem como o professor analisar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto, toda aula é iniciada com uma pergunta chave.	20 min
<b>3º momento - Aula expositiva:</b> Neste momento apresenta-se o conteúdo proposto para a realização do experimento, expondo conceitos, através de Datashow.	80 min
<b>4º momento - Contextualizar os experimentos:</b> Para que o aluno tenha interesse pela aula, é importante que o assunto tenha aplicabilidade em seu dia a dia.	20 min
<b>5º momento - Descrição do experimento e dos materiais utilizados:</b> Descrição dos materiais utilizados para confeccionar o experimento, para que o aluno tenha conhecimento do que foi utilizado, caso ele queira construir o material em casa.	10 min
<b>6º momento - Montar as equipes e confeccionar o</b>	

<b>experimento:</b> Montar as equipes composta por seis integrantes, tendo o cuidado de colocar os alunos com mais dificuldades juntos daqueles que tem mais facilidade.	20 min
<b>7° momento - Realização do experimento:</b> Os grupos realizam o experimento, fazendo medidas, o que os levam a relacionar o conteúdo teórico com a prática.	50 min
<b>8° momento - Avaliar o aprendizado:</b> Realizar uma roda de conversas, tentando abrir questionamentos sobre os experimentos realizados.	40 min
<b>9° momento - Estimular o conhecimento:</b> Aproveitando o entusiasmo dos alunos com a prática e estimulá-los de alguma forma a pesquisar mais sobre o assunto abordado, seja indicando alguma outra fonte de pesquisa ou questionando outros exemplos que eles observaram que o conceito abordado também é aplicado.	10 min

Importante ressaltar a carga horária da disciplina de Física nessa escola é de duas horas aulas semanais, onde cada aula tem 50 minutos, totalizando 100 minutos de aula por semana.

Os vinte minutos iniciais da primeira aula, eram destinados para motivar os alunos, usando uma pergunta chave que relacionasse o conteúdo com o cotidiano dos alunos levando-os a pensar sobre uma possível resposta ou explicação e que ele encontre dentro do experimento que vai realizar.

Para os alunos da 2ª série, foram feitos os seguintes questionamentos:

1. ***Por que a maçaneta da porta parece mais fria que o restante da porta?***
2. ***Porque o ar condicionado é instalado no alto da parede, enquanto os aquecedores são utilizados no chão?***
3. ***Por que quando um pedreiro assenta à cerâmica no chão de uma residência não se deve colocar uma cerâmica colada uma na outra?***
4. ***Por que entre um trilho e outro de uma linha de trem existe um pequeno espaço?***
5. ***É possível se obter uma imagem normal de um objeto na câmara escura?***

Para as 3ª séries, os seguintes questionamentos:

- 1. O que acontece em um circuito paralelo de lâmpadas se uma delas queimar?**
- 2. O que acontece em um circuito em série de lâmpadas se uma delas queimar?**
- 3. Porque, às vezes tomamos choque quando vamos abrir a porta do carro?**
- 4. Por que há repulsão depois de alguns segundos que a bolinha e o canudo estão em contato?**
- 5. Qual a importância do eletromagnetismo na sua vida?**

Passado o momento de motivação, o professor explana os conteúdos e os conceitos que serão abordados nos experimentos de forma expositiva, através do *datashow*.

Nos vinte minutos iniciais do segundo encontro, o professor utiliza para contextualizar os experimentos, relacionando o experimento com o cotidiano do aluno, depois disso destina-se dez minutos para a descrição dos materiais que vão ser utilizados. Após a descrição dos materiais o professor deve organizar as equipes com seis integrantes e começar a confeccionar os experimentos destinando-se vinte minutos. Com as equipes montadas, os experimentos começam a ser realizados, relacionando teoria e prática. São destinado quarenta minutos para essa etapa. O detalhamento de como se deu a realização dos experimentos pode ser consultado no apêndice deste trabalho.

O terceiro encontro é destinado para realização da avaliação qualitativa, do que foi feito. O professor deve organizar o espaço em forma de círculo, para uma roda de conversa, para fazer possíveis correções de conceitos. Neste momento também deve ser utilizado para estimular com que os alunos passem a ver a física como algo interessante e que pode ser aprendido com facilidade.

## **6. APLICAÇÃO DO PRODUTO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

A formalização do interesse da aplicação do produto educacional à coordenação da escola foi a primeira iniciativa tomada por esse mestrando. Foi firmado que sua aplicação não traria quaisquer prejuízos ao programa curricular da escola, uma vez que os assuntos abordados fazem parte do programa curricular das sete turmas envolvidas, sendo quatro de 2ª série e três de 3ª série. Conforme foi apresentado a metodologia no capítulo anterior, foi dado início a aplicação do produto educacional obedecendo a sequência já mostrado.

### **6.1. PRIMEIRA AULA – EXPLICAÇÃO DOS CONTEÚDOS**

O encontro acontece em blocos de duas aulas, onde cada aula tem duração de 50 minutos, totalizando 100 minutos por encontro. A aula é iniciada com uma pergunta que relaciona o conteúdo com o cotidiano com o objetivo de aguçar a curiosidade e iniciar um debate entre os alunos de forma que exponham o conhecimento prévio trazido para sala de aula. Nesse momento nenhuma intervenção sobre possíveis respostas errôneas é feita, os alunos são livres para expor suas ideias. Em seguida é feita a explanação dos conceitos que serão usados no experimento, propiciando sempre a interação com os alunos. Ao final da explanação dos conteúdos é feito os mesmos questionamentos, nesse momento, os alunos de posse dos conceitos, discutem novamente o tema.

### **6.2. SEGUNDA AULA – REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS**

O segundo encontro se inicia com o professor contextualizando o experimento, mostrando algumas aplicações no dia-dia dos conteúdos abordados. Posteriormente, é feita uma breve descrição dos materiais que serão utilizados para confeccionar os experimentos. Neste momento os alunos formam grupos para que possam realizar os experimentos.

Com os grupos formados, são distribuídos os roteiros para que os alunos confeccionem os experimentos. Os roteiros contêm uma revisão do conteúdo, os

procedimentos da construção do experimento, além de perguntas subjetivas a respeito do conteúdo relacionadas com o cotidiano dos alunos.

A seguir será descrito os experimentos realizados em cada série, lembramos que os experimentos foram realizados em séries diferentes, sendo três experimentos em cada série. Nas segundas séries os três experimentos realizados foram: Propagação de calor por condução e convecção, estudo da dilatação térmica e a câmara escura. Nas terceiras séries foram realizados os experimentos: Circuitos elétricos em série e em paralelo, Pêndulo eletrostático e eletroscópio de folhas e o Eletroímã.

### 6.2.1. Experimentos na 2ª Série

#### 1º Experimento - Processos de Transmissão de Calor

Antes da explanação do conteúdo sobre os processos de transmissão de calor, foram realizadas as seguintes perguntas aos alunos:

1. ***Por que a maçaneta da porta parece mais fria que o restante da porta?***
2. ***Porque o ar condicionado é instalado no alto da parede, enquanto os aquecedores são utilizados no chão?***

Destacaremos três respostas corretas e três erradas, respectivamente, para todas as perguntas referentes aos experimentos:

***Pergunta: Por que a maçaneta da porta parece mais fria que o restante da porta?***

Resposta 1: “Porque o material da maçaneta é mais sensível ao calor”.

Resposta 2: “Porque ela é de metal e o metal tem mais capacidade de conduzir calor”.

Resposta 3: “Porque ela é feita de metal e o metal é bom condutor de calor”.

Resposta 4: “Porque a porta é maior e precisa de mais frio para esfriar”.

Resposta 5: “Porque ela é menor”.

Resposta 6: “Porque a porta demora mais tempo para esfriar por ela ser maior”.

***Pergunta 2: Porque o ar condicionado é instalado no alto da parede, enquanto os aquecedores são utilizados no chão?***

Resposta 1: “O ar condicionado é colocado em cima devido o ar frio ser mais denso do que o ar quente, com isso o ar frio cai e o ar quente sobe, já o aquecedor fica no



chão porque se fosse em cima iria aquecer só em cima devido ser menos denso do que o ar frio.”

Resposta 2: “Por causa do ar frio ser mais denso do que o ar quente”.

Resposta 3: “Porque se colocasse o ar condicionado em baixo ele não resfriaria todo o ambiente pois o ar frio por ser mais denso iria ficar só em baixo e o ar quente em cima”.

Resposta 4: “Porque o ar quente circula melhor na parte de baixo e o ar frio na parte de cima”.

Resposta 5: “Porque o ar frio sobe”.

Resposta 6: “Porque se tiver os dois numa casa vai ocupar muito espaço, então colocar o ar condicionado na parte de cima por ser mais leve”.

## **2º Experimento – Dilatação Térmica dos Corpos**

No início da aula, antes da explanação do conteúdo de dilatação térmica dos sólidos e líquidos, realizamos as seguintes perguntas:

- 1. Por que quando assenta à cerâmica no chão de uma residência não se deve colocar uma cerâmica colada uma na outra?**
- 2. Por que entre um trilho e outro de uma linha de trem existe um pequeno espaço?**

Destacaremos três respostas corretas e três erradas, respectivamente, para todas as perguntas referentes aos experimentos:

**Pergunta: Por que quando assenta à cerâmica no chão de uma residência não se deve colocar uma cerâmica colada uma na outra?**

Resposta 1: “Porque ao sofrer um aumento de temperatura a cerâmica tende a aumentar a sua área e se elas forem colocadas uma colada na outra não vai ter como expandir, fazendo assim com que ela quebre”.

Resposta 2: “Para que não quebre quando ocorrer um aumento de temperatura, pois com o aumento de temperatura pode ser que a cerâmica se dilate”.

Resposta 3: “Porque com o aumento de temperatura, as moléculas das cerâmicas aumentam a sua agitação, fazendo com que ela aumente seu tamanho”.

Resposta 4: “Porque quanto mais colada, mais cerâmicas vai precisar”.

Resposta 5: “Porque fica mais bonito com aquele cimento ao redor”.

Grupo 6: “Porque a cerâmica colada uma na outra fica feio”.

**Pergunta: Por que entre um trilho e outro de uma linha de trem existe um pequeno espaço?**

Resposta 1: “Porque se for colocado encostado um no outro com o aumento da temperatura eles não vão ter como expandir o seu comprimento”.

Resposta 2: “Para que com o aumento de temperatura que pode causar uma expansão no comprimento e se os dois estiverem colados não vai ter para onde expandir”.

Resposta 3: “Porque com o aumento de temperatura, as moléculas dos trilhos aumentam a sua agitação, fazendo com que eles aumentem seu tamanho”.

Resposta 4: “Para ganhar espaço e economizar”.

Resposta 5: “Para diminuir os gastos”.

Resposta 6: “Não sei, nunca vi um trilho de trem”.

Destaque para a resposta 6, a princípio pensei que o aluno respondeu de forma irônica, mas depois fui alertado que ele tinha uma certa razão e isso serviu de aprendizado para termos cuidado com as perguntas e constatarmos realmente se estão dentro do contexto ou cotidiano de nossos alunos.

### **3º Experimento – Óptica Geométrica**

Novamente uma pergunta é feita antes da explanação dos conteúdos, de forma a aguçar uma discussão entre os alunos:

#### **1. *É possível se obter uma imagem normal de um objeto na câmara escura?***

Destacaremos três respostas corretas e três erradas, respectivamente, para todas as perguntas referentes aos experimentos:

Resposta 1: “Não, pois é formada na parede oposta ao orifício uma imagem invertida semelhante ao objeto”.

Resposta 2: “Não, pois quando um objeto é posto na frente da câmara sua imagem é projetada invertida no fundo da caixa”.

Resposta 3: “Não, pois quando um objeto é colocado na frente da câmara ele projeta a sua imagem no fundo da câmara de maneira invertida, constatando assim o princípio de propagação retilínea da luz”.

Resposta 4: “Sim, pois o objeto tá em pé”.

Resposta 5: “Sim”.

Resposta 6: “Acho que sim”.

### **6.2.2. Experimentos na 3ª Série**

Nas terceiras séries também foram realizados três experimentos: Circuitos elétricos em série e em paralelo, Pêndulo eletrostático e eletroscópio de folhas e o Eletroímã, sempre precedidos de questionamentos, a fim de que as mesmas fossem discutidas e respondidas ao final do experimento realizado.

#### **1º Experimento – Associação de Resistores**

Antes da explanação do conteúdo teórico sobre a associação de resistores, foram realizadas as seguintes perguntas aos alunos:

- 1. O que acontece em um circuito paralelo de lâmpadas se uma delas queimar?**
- 2. O que acontece em um circuito em série de lâmpadas se uma delas queimar?**

Destacaremos três respostas corretas e três erradas, respectivamente, para todas as perguntas referentes aos experimentos:

#### **Pergunta 1: O que acontece em um circuito paralelo de lâmpadas se uma delas queimar?**

Resposta 1: “Não acontece nada com as outras lâmpadas, pois são independentes.”

Resposta 2: “As outras lâmpadas continuarão funcionando normalmente, pois passa corrente elétrica por elas.”

Resposta 3: “Não aconteceria nada com as outras, pois a corrente continuaria passando pelas outras já que elas são independentes.”

Resposta 4: “Acontece que pode queimar outras que vão ficar sobrecarregadas”.

Resposta 5: “Depende, se for um pisca-pisca de natal, pode queimar um monte”.

Resposta 6: “Acho que queima as que tiverem perto, pois vão ficar sobrecarregadas”.

**Pergunta 2: O que acontece em um circuito em série de lâmpadas se uma delas queimar?**

Resposta 1: “Todas as lâmpadas irão apagar pois o circuito será aberto impossibilitando assim a passagem da corrente elétrica por elas”.

Resposta 2: “As lâmpadas não acendem pois o circuito irá ser aberto”.

Resposta 3: “Nenhuma lâmpada ficará acesa pois o circuito elétrico estará aberto impossibilitando assim a passagem da corrente elétrica.

Resposta 4: “Vai queimar todas”.

Resposta 5: “Queima todas, pois vai deixar de passar corrente por elas”.

Resposta 6: “As outras vão continuar acesas”.

## **2º Experimento – Processos de Eletrização**

Iniciamos a aula com alguns questionamentos:

- 1. *Porque, às vezes tomamos choque quando vamos abrir a porta do carro?***
- 2. *Por que há repulsão depois de alguns segundos que a bolinha e o canudo estão em contato?***

Alguns grupos responderam da seguinte forma:

**Pergunta 1: Porque, às vezes tomamos choque quando vamos abrir a porta do carro?**

Resposta 1: “Se estivermos com acúmulo de carga elétrica, ao tocarmos na porta do automóvel também sentimos o choque, pois o carro acumula carga ao se movimentar. O atrito com o ar faz com que a carga elétrica fique na superfície externa do carro, que é de metal.”

Resposta 2: “Quando andamos, ou dirigimos, criamos atrito entre a superfície do nosso corpo e as do ambiente: podem ser as roupas raspando ou o próprio contato com o banco do carro. Assim devido a fricção, cria-se um acúmulo de cargas, que podem ser tanto positivas ou negativas, dependendo do material.”

Resposta 3: “No inverno, devido à falta de umidade do ambiente, essas partículas eletrostáticas que normalmente seriam dissipadas, tendem a se acumular no corpo. Logo, quando uma pessoa "carregada" encosta em um material como o metal ou até mesmo em alguém com potencial elétrico diferente, essas cargas tendem a se transferir de um ponto para o outro. É como se fosse criado um caminho para elas percorrerem. Essa transferência é uma descarga elétrica, que é mais conhecida como choque.”

Resposta 4: “Deve ser porque deve haver algum fio descascado encostado na lataria da porta”.

Resposta 5: “Isso acontece devido algum fio desencapado em contato com o ferro da porta”.

Resposta 6: “Acho que acontece devido a pessoa está descalço”.

Destaque para a resposta 3, mesmo sendo orientado para desligarem os celulares um aluno do grupo pesquisou a respeito na internet e só constatei isso no momento da escrita deste trabalho, no entanto tive um maior cuidado nos experimentos seguintes.

***Pergunta: Por que há repulsão depois de alguns segundos que a bolinha e o canudo estão em contato?***

Resposta 1: “Porque após o contato, a bolinha e o canudo adquirem carga de mesmo sinal.”

Resposta 2: “Porque na eletrização por contato os corpos ficam eletrizados com a mesma carga e o mesmo sinal, como cargas de sinais iguais se repelem a bolinha se afasta do canudo.”

Resposta 3: “Porque ficam eletrizados com cargas de mesmo sinal por causa do contato, por isso se afastam.”

Resposta 4: “Não sei deve ser porque tendem a voltar a sua posição original”.

Resposta 5: “Porque acaba as cargas”.

Resposta 6: “Porque elas não são ímãs”.

### **3º Experimento – Campo Magnético e suas Propriedades**

Antes da explanação do conteúdo sobre campo magnético e as propriedades magnéticas da matéria foi realizada a seguinte pergunta aos alunos:

#### ***1. Qual a importância do eletromagnetismo na sua vida?***

Alguns grupos responderam da seguinte maneira.

Resposta 1: “Partindo para o lado da tecnologia, o eletromagnetismo está presente em tudo que é aparelhos eletrônicos que são de muita utilidade hoje em dia, principalmente os celulares”.

Resposta 2: “Tem uma grande importância principalmente no que se refere a saúde, pois é através do eletromagnetismo que é possível se diagnosticar doenças através de ressonância magnética por exemplo”.

Resposta 3: “Tem uma enorme importância, pois sem o eletromagnetismo não seria possível produzir energia elétrica em grande escala, pois não existiriam grandes geradores”.

Resposta 4: “Eu acho que nenhuma, não uso pra nada mesmo”.

Resposta 5: “Não tem importância, não muda em nada na minha vida”.

Resposta 6: “A única importância é só a questão do celular o resto não interfere em nada”.

Depois dos questionamentos no início de cada encontro, o professor explana os conteúdos relacionados ao experimento e em seguida realiza o experimento junto com os alunos, conforme apresentado na Figura 6.1. Vale ressaltar que o momento da construção dos experimentos foi o momento de grande euforia por parte de alguns alunos, pois muitos deles estavam tendo a primeira oportunidade de realizar uma prática experimental na aula de física, que foi constatado através de um questionário após a aplicação do produto, disponibilizado no anexo deste trabalho.

Figura 6.1: Alunos realizando os experimentos.



Fonte: Autoria própria.

### 6.3. TERCEIRA AULA – AVALIAÇÃO

O terceiro encontro foi uma roda de conversas, tentando abrir questionamentos sobre os experimentos realizados e realizar algumas correções a respeito dos conceitos apresentados pelos alunos no decorrer das apresentações de seus experimentos. Esse momento foi realizado com as salas organizadas em formas de círculo, o que possibilita um melhor envolvimento de todos.

Nesse momento surgiram novos questionamentos sobre fenômenos do dia-a-dia relacionado aos assuntos estudados, reacendendo as discussões. Portanto é importante o professor aproveitar o momento de euforia e entusiasmo dos alunos com as aulas práticas para que eles busquem fazer novas pesquisas ou se aprofundarem nas pesquisas que acabaram de realizar.

### 6.4. RESULTADOS

A sequência didática apresentada no produto educacional trabalha a construção de um laboratório didático utilizando materiais de baixo que tem como objetivo facilitar a aprendizagem dos conceitos físicos, estimular o interesse pelo conhecimento científico, além de suscitar uma atitude indagadora por partes dos alunos.

Durante a aplicação do produto surgiram algumas dificuldades em relação a aulas suficientes para executar o programa previamente proposto devido a programas do governo do Estado do Ceará que exige a participação de todos os alunos das 2ª e 3ª séries no ENEM. Além disso, os alunos da 3ª série também são obrigados a participarem da avaliação externa em larga escala que avalia as competências e habilidades dos alunos no ensino fundamental e médio, em língua portuguesa e matemática, denominada Sistema Permanente de Avaliação da Educação Básica do Ceará (SPAECE). Portanto, a partir do segundo semestre os professores devem destinar uma parte da sua carga horária semanal para fazer revisão dos conteúdos, assim para contornar essa situação foi preciso à ajuda de alguns colegas professores da matemática, que nos cedeu algumas aulas para que fosse possível aplicar o produto em todas as turmas.

Um dos resultados que me impressionou com esse trabalho foi o aumento da participação dos alunos nas aulas efetivamente, não só nas aulas práticas, mas também nas outras aulas e o reflexo disso pode ser constatado no crescimento alcançado nos rendimentos escolares, como podemos ver na secção seguinte.

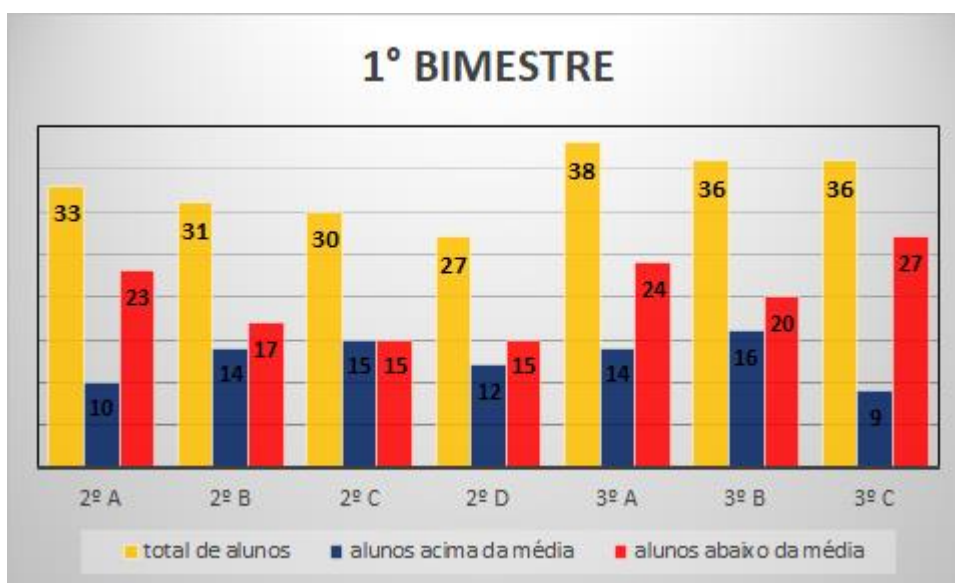
A seguir mostraremos alguns gráficos que relatam o desenvolvimento do rendimento escolar nas sete turmas durante os três últimos bimestres do ano de 2018. O produto foi aplicado em quatro turmas da segunda série, o qual usaremos as nomenclaturas: 2ª A (segunda série A), 2ª B (segunda série B), 2ª C (segunda série C), 2ª D (segunda série D), além das 3ª A (terceira série A), 3ª B (terceira série B), e 3ª C (terceira série C).

## **6.5. RENDIMENTO ESCOLAR**

A Figura 6.2 mostra o rendimento escolar das sete turmas, onde o produto educacional foi aplicado no primeiro bimestre. É importante ressaltar que o produto não foi aplicado neste momento, apenas nos três últimos bimestres letivos, portanto, o rendimento no primeiro bimestre não considera o uso da metodologia experimental. O gráfico mostra que o rendimento geral das turmas foi abaixo da média, ou seja, abaixo de 6,0. Note que todas as turmas têm índice maior que 50% abaixo da média, chegando até 75% como no caso a 3ª C.



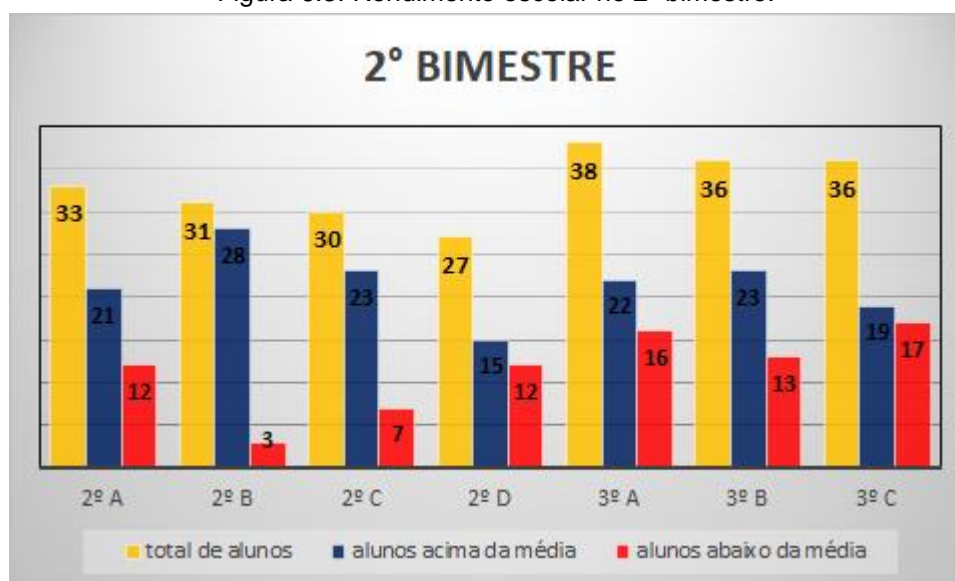
Figura 6.2: Rendimento escolar no 1º bimestre.



Fonte: Autoria própria.

No segundo bimestre com a implementação do produto educacional, observamos que houve uma melhora significativa no rendimento escolar como mostra a Figura 6.3. Perceba que a turma da 2ª série B foi a que houve uma melhora mais significativa. Inicialmente tinha um rendimento de 54,8% dos alunos abaixo da média para apenas 9,7% no 2º bimestre.

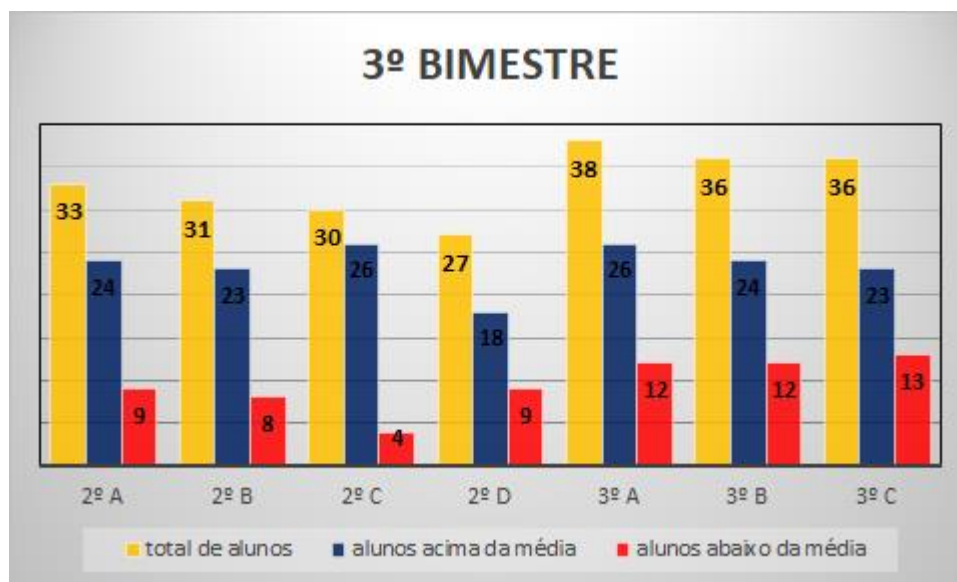
Figura 6.3: Rendimento escolar no 2º bimestre.



Fonte: Autoria própria.

No terceiro bimestre, apesar de uma turma 2<sup>o</sup>B, ter uma pequena queda no rendimento em relação ao 2<sup>o</sup> bimestre, as turmas continuaram evoluindo no rendimento escolar como mostra a Figura 6.4.

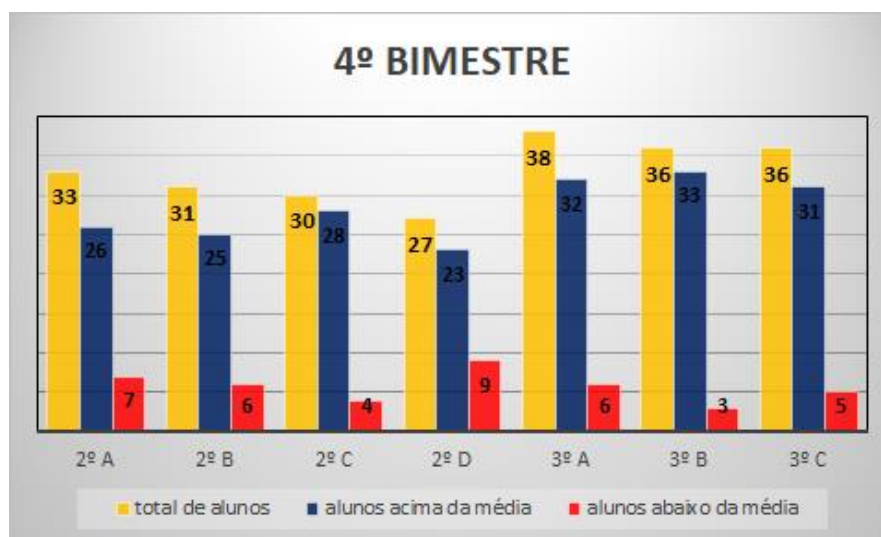
Figura 6.4: Rendimento escolar no 3<sup>o</sup> bimestre.



Fonte: Autoria própria.

Quando comparamos os resultados iniciais (1<sup>o</sup> bimestre) com o último bimestre conforme a Figura 6.5, observamos o desenvolvimento aumenta cerca de 60%, na terceira série 3C, sendo a turma com melhor evolução. E na segunda série 2B, que teve menor evolução, observamos que foi em torno de 40%, ou seja, houve progresso em todas as turmas.

Figura 6.5: Rendimento escolar no 4<sup>o</sup> bimestre.



Fonte: Autoria própria.

Não podemos afirmar que esses resultados foram especificamente pela realização dos experimentos em cada série, acreditamos que houve influências significativas deles, principalmente pelos relatos dos alunos que podemos constatar nos anexos deste trabalho através de um questionário realizado após a aplicação do produto. No entanto, é possível afirmar que o uso de uma metodologia diferente da convencionalmente usada, faz com que os alunos tenham mais interesse e entusiasmos pelas aulas, e até mesmo cobrar por mais aulas desse tipo. Outra consequência que observamos foi o aumento da participação dos alunos efetiva durante as aulas de física depois da implementação do produto.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante que os alunos participem ativamente das aulas, havendo a participação, existe uma maior probabilidade de aprendizagem. O professor deve ser o mediador, o incentivador, o orientador da aprendizagem e precisa estimular o aluno a se tornar ativo. A aprendizagem deve ser espontânea, gerada em um ambiente estimulante preparado pelo professor, com um rico material didático para seus alunos.

Mesmo percebendo a importância das práticas experimentais, os professores ainda têm dificuldades em sua utilização. Aula experimental é uma das possibilidades de ensino dentre vários outros métodos que precisam ser implementados, desde a formação inicial e na formação continuada dos professores.

O ensino de Física tem apresentado muitas dificuldades quando trabalhado apenas de forma tradicional. Assim, cabe ao professor criar estratégias de ensino que tende conciliar os conhecimentos tradicionais com novas formas de ensino, possibilitando um maior engajamento e uma maior aceitação por parte dos alunos.

A sequência didática aqui apresentada como produto educacional se mostrou eficiente enquanto estratégia de ensino. Embora simples, foi capaz de proporcionar aos alunos momentos de interação com conteúdo abordado de forma prazerosa, como podemos ver no anexo deste trabalho. A utilização de aulas experimentais é um dos métodos importantes para a construção do conhecimento, principalmente o conhecimento científico, e por isso, aulas experimentais são de suma importância para o ensino de Ciências.

Através deste trabalho foi possível conseguir resultados satisfatórios, pois após a aplicação do produto, houve um crescimento significativo no rendimento escolar dos envolvidos, constatados através de avaliações dos conteúdos relacionados.

Com o desenvolvimento deste trabalho fica muito perceptível que o ensino de Física ganha aceção, conforme sustenta a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel aqui trabalhada, quando conseguimos mostrar ao aluno que a Física está presente em nosso cotidiano, assim também como aumentar a interação entre os envolvidos, como propõe Vygotsky.

Obviamente que este trabalho não se encerra aqui, pois permite que novas possibilidades de ensino sejam incrementadas, ampliando as possibilidades de uso deste produto educacional.

Assim, o produto educacional aqui aplicado pode ser utilizado com outros experimentos de mesma finalidade, ou pode ser usado para trabalhar outros assuntos da Física.

## 8. REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino Médio** – 2000, vol III.

BRASIL, Ministério da Educação. **Censo Escolar 2015**. [www.inep.org.br/censoescolar/2015/todospelaeducacao](http://www.inep.org.br/censoescolar/2015/todospelaeducacao) acesso em: 22/08/2018.

Alvarenga, Beatriz. **Curso de Física – Vol.1**. Scipione, 2000 – São Paulo.

Alvarenga, Beatriz. **Curso de Física – Vol.2**. Scipione, 2011 – São Paulo.

AUSUBEL, David; NOVAK, J.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AUSUBEL, David. **Algunos aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento**. Buenos Aires: El Ateneo, 1973.

Benigno, B. F.; Silva, C. X. **Física aula por aula: Eletromagnetismo e Física Moderna**. FTD, 2016 – São Paulo.

Bonjorno, J. R.; Clinton, M. R. **Física História & Cotidiano – Vol. 2**. FTD, 2003 – São Paulo.

Fuke, Luiz Felipe; Kazuhito, Yamamoto. **Física para o Ensino Médio – Vol.2**. Saraiva, 2010 – São Paulo.

Gaspar, Alberto. **Atividades experimentais no ensino de Física: Uma nova visão baseada na teoria de Vigotski**. Livraria da Física, 2014 – São Paulo.

Gaspar, Alberto. **Experiências de Ciências**. Alberto Gaspar. 2ª ed. São Paulo: Ed. Livraria da Física 2014.

GRANDINI, N. A.; GRANDINI, C. R. **Os objetivos do laboratório didático na visão dos alunos do curso de licenciatura em física da unesp-bauru**. Revista Brasileira de Ensino de Física. v.26, n. 3, p. 251-256, set 2004. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/040101.pdf>. Acesso em: 12 set. 2018.

GRANDINI, N. A.; GRANDINI, C. R. **LABORATÓRIO DIDÁTICO: IMPORTÂNCIA E UTILIZAÇÃO NO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 6, n. 3, p. 126-138, 2008.

Gualter, J. B. **Física – Vol. 2**. Saraiva, 2010 – São Paulo.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WAKER, J. **Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica, v. 2**. LTC, 2012 – Rio de Janeiro.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WAKER, J. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo, v. 3**. LTC, 2012 – Rio de Janeiro.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WAKER, J. **Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna, v. 4.** LTC, 2012 – Rio de Janeiro.

Marie-Geneviève Séré. **O papel das atividades experimentais no ensino de ciências.** volume 21 do Caderno Brasileiro de Ensino de Física, p. 31-43. (2004, vol. 21, *Edição Especial*).

Moreira, M.A. e Massoni, Neusa Teresinha. **Interfaces entre teorias de aprendizagem e Ensino de Ciências/Física** [recurso eletrônico – Porto Alegre: UFRGS, 2015.

Moreira, M.A. **Uma análise crítica do ensino de Física** [recurso eletrônico – Porto Alegre: UFRGS, 2018.

Moreira, M.A. **Aprendizagem significativa.** Brasília: Ed. da UnB, 1998.

MOREIRA, M. A. **Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências: A Teoria da Aprendizagem Significativa.** Porto Alegre-RS, 2009. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/> . Acesso em: 15 maio 2019.

Moreira, M.A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa.** São Paulo: Centauro Editora, 2010.

NASCIMENTO, T. L. Repensando o Ensino da Física no Ensino médio. Monografia. Curso de Física. Universidade Estadual do Ceará. Centro de Ciências e Tecnologia. Fortaleza, 2010. Disponível em: [www.uece.br/fisica/index.php/arquivos/doc\\_download/75](http://www.uece.br/fisica/index.php/arquivos/doc_download/75). Acesso em: 19 outubro 2019.

Nussenzveig. H. M. **Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor – Vol. 2,** 4ª ed. Blucher, 2002 – São Paulo.

Nussenzveig. H. M. **Curso de Física Básica: Eletromagnetismo – Vol. 3,** 4ª ed. Blucher, 2002 – São Paulo.

Nussenzveig. H. M. **Curso de Física Básica: Ótica, Relatividade e Física Quântica – Vol. 4,** 4ª ed. Blucher, 2002 – São Paulo.

Nunes, Djalma. **Física – Volume único,** Ática, 2001 – São

Osterman e Cavalcanti. **Teorias de Aprendizagem,** Instituto de Física, 2010 – Porto Alegre - RS.

Pelizzari, A. et al. **Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel.** Revista PEC, Curitiba, 2002.

Peruzzo, Jucimar. **A Física Através de Experimentos: Mecânica.** V.I./ Jucimar Peruzzo. Irani (SC): 2013.

Peruzzo, Jucimar. **A Física Através de Experimentos: Termodinâmica, ondulatória e óptica.** / Jucimar Peruzzo. São Paulo: Ed. Livraria da Física 2012.

- Peruzzo, Jucimar. **A Física Através de Experimentos: Eletromagnetismo**, Física Moderna e Ciências Espaciais. V.III. Jucimar Peruzzo. Irani (SC): 2013.
- SILVA, Daniela Regina da. **Psicologia da Educação e Aprendizagem**. Associação Educacional Leonardo da Vinci (ASSELVI). – Indaial: Ed. ASSELVI, 2006.
- Toscano, Carlos. **Física Interação e Tecnologia – Vol.2**. Leya, 2016 - São Paulo.
- VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. Rio de Janeiro: Martins Fontes, 1998
- VYGOTSKY, L. S., LURIA, A.R. **Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem**. São Paulo: ICONE/EDUSP, 1988.
- VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1991.
- VYGOTSKY, L. S. **Psicologia Pedagógica**: edição comentada. Porto Alegre: Artmed, 2003.
- VIOLIN, A. G. **Atividades experimentais no ensino de física de 1o e 2o graus**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 1, n. 2, p. 13–24, 1979.
- VIVIANI, Daniela; COSTA, Arlindo. **Práticas de Ensino de Ciências Biológicas**. Centro Universitário Leonardo da Vinci – Indaial, Grupo UNIASSELVI, 2010.
- Ximenes, Daniel Ricardo. **Manual de Práticas laboratoriais: Física**. / Sec. Da Educação do Ceará. Fortaleza: SEDUC 2010.
- ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998
- OLIVEIRA, Marta Kohl. **Vygotsky aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-histórico**. São Paulo: Scipione, 1993.

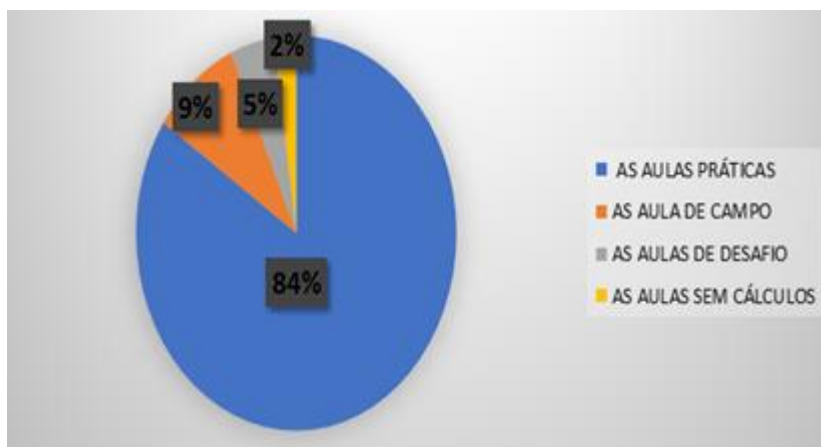


## ANEXO I

## QUESTIONÁRIO

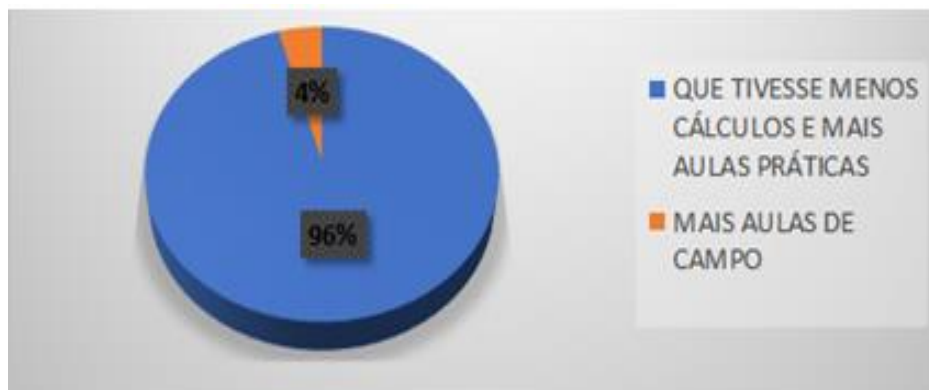
Após a aplicação do produto foi realizado um questionário composto de cinco perguntas, em caráter amostral com 46 alunos sobre a implementação do uso das práticas laboratoriais nas aulas teóricas, com a finalidade de avaliar a aceitação do mesmo entre eles. Através deste foi possível obter sugestões tais como: realizar mais aulas práticas durante os quatro bimestres. Para que o produto possa ser aperfeiçoado.

1. O que você mais gostou nas aulas de física no ano letivo de 2018?



Mesmo sendo em caráter amostral os resultados confirmam que a experimentação possibilita ao estudante pensar sobre o mundo de forma científica, ampliando seu aprendizado sobre a natureza e estimulando habilidades, como a observação, obtenção e a organização de dados, bem como a reflexão e a discussão. Assim é possível produzir conhecimento a partir de ações e não apenas através de aulas expositivas, tornando o aluno o sujeito da aprendizagem, Viviane e Costa (2010, p. 50-51).

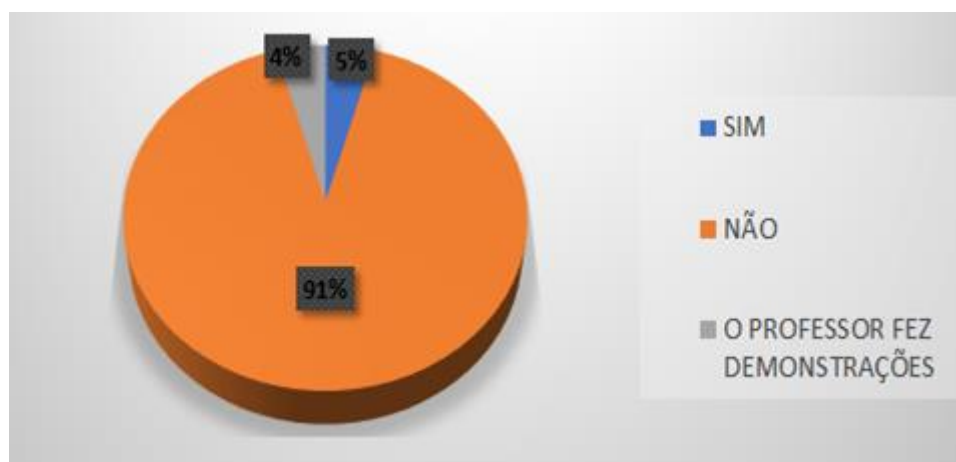
2. O que você sugere ao professor para as próximas aulas?



Devido ao seu caráter lúdico, a realização de aulas práticas é uma boa alternativa para despertar o interesse dos alunos e com isso aumentar as possibilidades de trabalho do professor e fazendo com que a mediação dos conteúdos seja facilitada, Nascimento (2010).

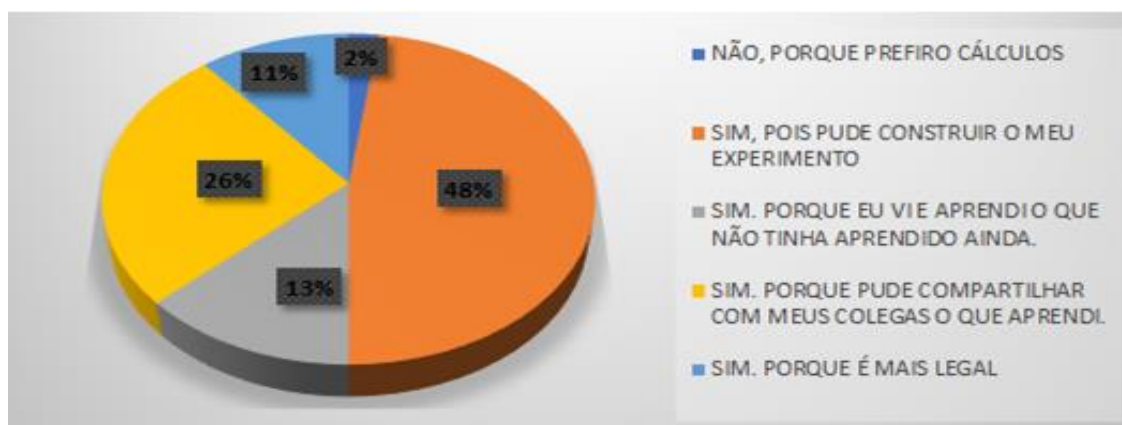
A respeito dessa questão uma ex-aluna me fez o seguinte comentário: “Eu só gostava da física a parte que trata de som e acústica, pois como sabe, eu sou cantora, depois das suas aulas passei a ver a física diferente, quando eu terminar o curso de música eu vou fazer Astronomia”.

3. Você já teve aulas práticas antes das realizadas neste projeto?



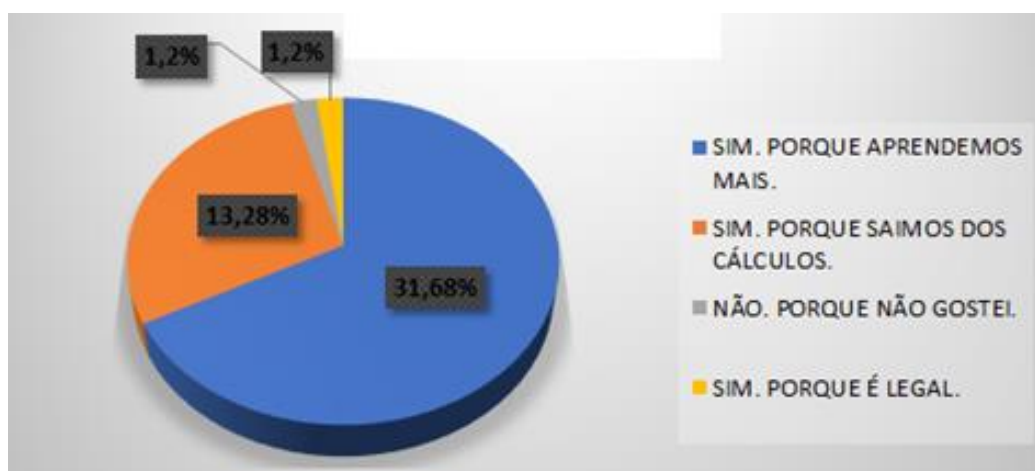
Esses resultados vêm confirmar o que apontam os estudos relacionados com a realização das aulas práticas de física no ensino médio e até mesmo no ensino superior, que poucos professores realizam aulas práticas. Mesmo sendo uma recomendação dos PCN's (2010) a utilização de aulas experimentais, poucos professores desenvolvem, como foi visto apenas 9% dos alunos tiveram algum tipo de contato com aulas práticas.

#### 4. Você gostou das aulas práticas de física? Por quê?



Foi perceptível o quanto os alunos gostaram da nova metodologia, que confirma o quanto é importante a realização das aulas práticas como afirma, Grandini (2008), dessa forma fica claro que o Laboratório Didático propicia ao aluno a vivência e o manuseio de instrumentais, que como consequência levará ao conhecimento de diversos tipos de atividades, que poderão lhe estimular a curiosidade e a vontade em aprender e a vivenciar a Ciência.

#### 5. Gostaria que tivesse mais aulas práticas de física? Por quê?



Analisando as respostas, pode-se concluir que mesmo sendo uma atividade diferente da forma tradicional não vamos atingir a todos, como afirma Ausubel (1973), “que o aluno esteja disposto a efetivamente aprender”. Mas o mais importante é que foi possível alcançar muitos alunos.

Com o desenvolvimento deste trabalho fica muito claro que o ensino de Física ganha aceção, conforme sustenta a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel aqui trabalhada, quando mostrar ao aluno que a Física está presente em nosso cotidiano, assim também como aumentar a interação entre os envolvidos, como propõe Vygotsky.

## Apêndice A



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO – UFRSA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
MNPEF – POLO 09

**Seqüência Didática Utilizando Laboratório com Materiais de Baixo  
Custo em Calorimetria, Óptica e Eletromagnetismo.**

RONALDO ZACARIAS DE SOUZA  
ORIENTADORA: Dra. JUSCIANE DA COSTA E SILVA

**MOSSORÓ – RN  
2020**

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	4
<b>2. EXPERIMENTOS REALIZADOS NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA</b> .....	5
<b>3. EXPERIMENTOS 2ª SÉRIE</b> .....	5
<b>3.1. EXPERIMENTO 1: PROCESSOS DE PROPAGAÇÃO DO CALOR</b> .....	5
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	5
PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL SOBRE PROPAGAÇÃO DE CALOR .....	7
<b>3.2. EXPERIMENTO 2: DILATAÇÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS</b> .....	9
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	9
PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL SOBRE A DILATAÇÃO DOS SÓLIDOS .....	13
<b>3.3. EXPERIMENTO 3: ÓPTICA GEOMÉTRICA DA CAMARA ESCURA</b> .....	16
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	16
PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL SOBRE A CAMARA ESCURA .....	17
<b>4. EXPERIMENTOS 3ª SÉRIE</b> .....	19
<b>4.1. EXPERIMENTO 1: ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES</b> .....	19
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	19
PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL SOBRE A ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES .....	21
<b>4.2. EXPERIMENTO 2: PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO</b> .....	24
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	24
PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL SOBRE OS PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO .....	27
<b>4.3. EXPERIMENTO 3: ELETROÍMÃ</b> .....	29
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	29
PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL SOBRE O ELETROÍMÃ .....	31
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	33
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	34

## Apresentação

Prezado colega professor,

O presente trabalho foi pensado com o objetivo de amenizar a carência de laboratórios de Física na rede pública de ensino no Brasil. A motivação aconteceu pelo fato do autor nunca ter tido a oportunidade de realizar aulas práticas durante o seu ensino médio, e ver a importância de aulas práticas para vida acadêmica de um estudante.

A proposta é uma sequência didática para laboratórios de física utilizando materiais reciclados e de baixo custo para que alunos e professores do ensino médio das escolas públicas possam ter vivência de práticas experimentais de física, já que a maioria dessas escolas não dispõe de laboratórios com equipamentos e materiais para realizar experimentos relacionados com o conteúdo estudado. Além disso, realização dos experimentos possui características científicas e didáticas facilitando o entendimento do aluno a respeito de conceitos abstratos através do lúdico dentro do contexto do educando, possibilitando assim uma melhor compreensão da teoria.

O produto oferece apoio no planejamento e execução das aulas nas turmas de 2ª e 3ª séries do ensino médio, nos temas de Calorimetria, Óptica e Eletromagnetismo através na perspectiva das teorias de aprendizagens sócio-interacionista de Vygotsky e da aprendizagem significativa de Ausubel.

A sequência didática proposta é amparada por roteiros que consiste em um material de apoio ao professor e não há nenhum impedimento de realização de adequações para construção dos experimentos. Este material não de supri as necessidades didáticas experimentais, mas surge como suporte no desenvolvimento da rotina de aulas práticas de Física. O material aqui apresentado constitui o produto educacional integrante do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Sociedade Brasileira de Física (SBF), polo 9, vinculado à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

Na certeza de estarmos contribuindo com o ensino e aprendizagem dos temas das 2ª e 3ª série do ensino médio, nos colocamos sempre à disposição.



## 1. INTRODUÇÃO

Este produto visa trabalhar os mais diversos temas da física com os alunos do Ensino Médio através da construção e demonstrações de experimentos usando materiais de baixo custo e acessível a quem tiver interesse em aplicá-lo, utilizando uma sequência didática (SD).

Segundo Zabala (1998) sequência didática é um conjunto de atividades que se articulam em torno de um objetivo didático, que no caso, é a apropriação dos conceitos dos temas sugeridos. Esta estratégia de ensino precisa ser muito bem organizada para que os objetivos a que se propõe sejam atingidos. Assim, definir o assunto a ser abordado, o tempo dedicado e as atividades que serão realizadas são etapas importantes na construção de uma sequência didática.

Esse trabalho foi motivado devido a necessidade de ser possível a realização de aulas práticas de física nas escolas públicas que não dispõem de laboratórios e com o intuito de tornar o ensino de física mais atrativo para os alunos, como sugere os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's),

*“É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável.”*

Foram realizados três experimentos nas 2ª e 3ª séries, abordando os seguintes assuntos na 2ª série: Calorimetria e Óptica e na 3ª série: Eletricidade e Eletromagnetismo, sendo um experimento a cada bimestre a partir do 2º bimestre em cada série. Ao final deste trabalho ficamos muito feliz com os resultados alcançados principalmente no tocante ao envolvimento dos alunos durante as aulas de física e no crescimento do rendimento escolar, como se era esperado.

Portanto, esses procedimentos serão parte operante desse trabalho. Além disso, com a finalidade de orientar o professor no desenvolvimento e a aplicação dos experimentos, a metodologia utilizada será descrita detalhadamente de forma a facilitar a compreensão deles.

Na próxima seção será descrito os roteiros dos temas citados. Cada roteiro é composto por uma fundamentação teórica, objetivos, materiais utilizados, procedimento

experimental e questões teóricas a respeito dos conteúdos utilizados nos experimentos realizados.

## **2. EXPERIMENTOS REALIZADOS NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

A sequência didática foi aplicada na 2ª e 3ª séries do ensino médio, onde foram realizados três experimentos em cada série, sendo um por bimestre a partir do segundo bimestre letivo. A sequência foi aplicada na Escola Helenita Lopes Gurgel Valente na cidade de Fortim-CE, durante o ano letivo de 2018.

Os conteúdos abordados estão na ementa anual e foram escolhidos de forma aleatória dentro do conteúdo programático.

Os experimentos adotados na 2ª série foram:

1. Processos de Propagação de Calor;
2. Dilatação Térmica dos Sólidos;
3. Óptica geométrica.

Os experimentos adotados na 3ª série foram:

1. Associação de Resistores;
2. Processos de Eletrização;
3. Campo Magnético.

A seguir serão apresentados os seis experimentos realizados com as sete turmas, sendo quatro turmas de 2ª séries, e três turmas de 3ª série.

## **3. EXPERIMENTOS REALIZADOS NA 2ª SÉRIE**

### **3.1 Experimento 1: Processos de Propagação do Calor**

Antes da abordagem teórica sobre o assunto que seria estudado no experimento era feito questionamentos que envolvesse o conteúdo com o cotidiano do aluno, com o objetivo de extrair o que os mesmos sabiam a respeito do conteúdo (conhecimentos prévios) que seriam estudados no experimento. Iniciamos a aula de processos de propagação do calor com as seguintes perguntas:

1. Por que a maçaneta da porta parece mais fria que o restante da porta?

---

---

2. Por que o ar condicionado é instalado no alto da parede, enquanto os aquecedores são utilizados no chão?

---

---

Feito os questionamentos, os alunos debatem e discutem entre si. O professor que nesse momento ocupa lugar de mediador intervém somente de forma a direcionar o aluno definições corretas, mas não dar respostas prontas. Após algumas discussões a fundamentação teórica será apresentada.

### Fundamentação Teórica

A propagação do calor entre dois sistemas pode ocorrer através de três processos diferentes: **condução**, **convecção** e **irradiação**.

**Condução térmica** é um processo lento de transmissão de energia, de molécula para molécula através da agitação atômico-molecular. Logo, só é possível em meios materiais e tende a ser mais acentuada em sólidos, onde a interação entre as moléculas é maior e sempre no sentido das temperaturas mais altas para as mais baixas.

**Convecção térmica** as massas de ar diferentemente aquecidas de um fluido movimentam-se no seu interior devido às diferenças de densidades das porções quente e fria do fluido, ou seja, o ar quente tendo densidade menor sobe, em contrapartida o ar frio tem densidade maior, desce, formando correntes de convecção. Tanto a convecção como a condução não podem ocorrer no vácuo, pois necessitam de um meio material para que possam ocorrer. É uma forma de transferência de calor que acontece somente em fluidos, isto é, em líquidos, gases e vapores, uma vez que há movimentação das partículas diferentemente aquecidas no interior do meio, não podendo ocorrer nos sólidos, sua causa é a mudança de densidade dos fluidos com a temperatura.

**Irradiação** é a propagação de energia através de ondas eletromagnéticas. Quando a energia dessas ondas é absorvida por um corpo, intensifica-se a agitação de suas moléculas, acarretando aumento de temperatura. Esse tipo de propagação

energética pode ocorrer no vácuo. As características dessa radiação dependem da temperatura que o corpo se encontra, verificando-se que quanto maior a temperatura maior a frequência e maior a intensidade de energia irradiada.

As ondas eletromagnéticas podem se apresentar sob diversas formas: luz visível, raios X, raios ultravioletas, raios infravermelhos etc. Dessas as que apresentam efeitos térmicos mais acentuados para o corpo humano são os raios infravermelhos. A figura 1 mostra os três tipos de processos de propagação de calor.

Figura 1: Representação dos três tipos de propagação de calor.



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/processo-propagacao-calor.htm>

## Objetivos

Entender calor como energia térmica em transferência e compreender os fenômenos de transferência de calor.

## Materiais Utilizados

- Pedaco de fio de rígido de aproximadamente 50 cm;
- Cinco percevejos metálicos;
- Uma vela;
- Uma caixa de fósforos;
- Um grampo de prender roupa no varal;
- Uma lata de refrigerante vazia;
- Um estilete, régua, compasso, tesoura, fio de linha;



## Procedimento Experimental

O procedimento experimental será dividido em duas partes: na primeira será realizado o experimento sobre a condução térmica e na segunda sobre a convecção térmica.

### **Condução Térmica**

- Fixe os percevejos, com pingos de parafina da vela, mantendo uma distância de 5 cm entre eles, a partir de uma das extremidades do fio;
- Acenda a vela, com cuidado;
- Com o auxílio do grampo segure o fio e coloque uma das extremidades em contato com a chama da vela, como mostra a figura 2.

Figura 2: Realização do experimento.



Fonte: Próprio autor.

### **Convecção Térmica**

- Recorte a parte superior e a parte inferior da latinha;
- Abra o cilindro que restou da latinha e faça um retângulo;
- Corte ao meio formando dois quadrados;
- Faça um furo, com a ponta do compasso, no centro de um dos quadrados;
- Coloque a ponta de grafite nesse furo e risque um círculo, no quadrado, com a ponta de metal;
- Recorte o círculo;
- Usando a régua e o estilete, faça riscos no círculo, conforme a figura 3:

Figura 3: Corte da tampa para fazer o cata-vento.



Fonte: Próprio autor.

- Faça cortes sobre os traços, não cortando até o centro, de forma a obter um cata-vento.

Figura 4: Construção do cata-vento.



Fonte: Próprio autor.

- Afine a ponta de um palito de fósforo e a encaixe no furo do cata-vento. Amarre a linha no palito;
- Acenda a vela e observe a orientação da chama da vela;
- Movimente a vela mudando sua orientação: incline-a, coloque-a na horizontal, na borda da mesa, por exemplo. Houve alguma modificação na chama da vela? Sua orientação mudou?

---



---

- O que você pode concluir sobre a orientação do deslocamento dos gases aquecidos, a partir do visualizado no experimento?

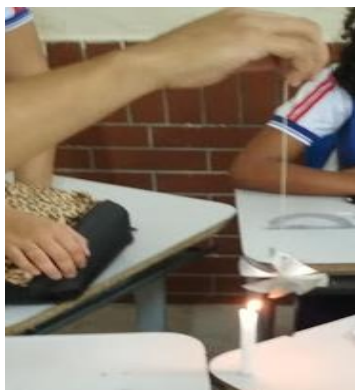
---



---

- Suspenda o cata-vento a uns 15 cm da chama da vela, conforme a figura a 5.

Figura 5: Realização do experimento.



Fonte: Próprio autor.

- O que acontece com o cata-vento?

---

---

### **3.2 Experimento 2: Dilatação Térmica dos Sólidos**

Iniciamos o experimento com questionamentos que relacionem o conteúdo abordado com o cotidiano, de forma a incitar uma discussão entre os alunos.

- Por que ao colocar cerâmica no chão de uma residência não se deve colocar uma colada na outra?

---

---

- Por que entre os trilhos de uma linha de trem existe um pequeno espaço?

---

---

Abre uma discussão entre os alunos e em seguida o professor apresenta a fundamentação teórica.

### Fundamentação Teórica

Dilatação térmica é a variação que ocorre nas dimensões do objeto quando submetido a uma variação de temperatura.

Uma vez que os corpos são constituídos por átomos ligados entre si, a exposição ao calor faz com que eles se agitem, aumentando a distância entre eles, portanto, expandindo ou até mesmo quando exposto ao frio, comprimindo o seu tamanho, pois as partículas diminuem o seu movimento em busca do seu estado de menor energia. Dependendo das dimensões dilatadas mais significativamente nos corpos (comprimento, largura e profundidade), a dilatação é classificada em: linear, superficial e volumétrica.

### Dilatação Linear

Ocorre quando o corpo tem expansão em apenas uma dimensão. Por exemplo, os fios de telefone ou luz expostos ao Sol nos dias quentes do verão variam suas temperaturas consideravelmente, aumentando o seu comprimento, fazendo com que o fio se estenda causando um envergamento maior, como pode ser visto na figura 6. O processo semelhante acontece com uma barra de ferro exposta ao calor, figura 7, onde o comprimento inicial ( $L_i$ ) difere do comprimento final ( $L_f$ ) devido à variação do comprimento ( $\Delta L$ ) causado pela variação de temperatura, Logo:

$$\Delta L = L_f - L_i \quad (1)$$

Figura 6: Rede elétrica entre dois postes

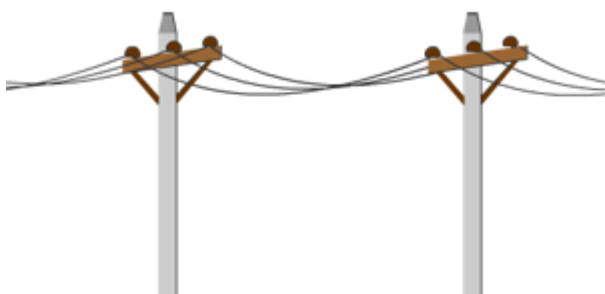
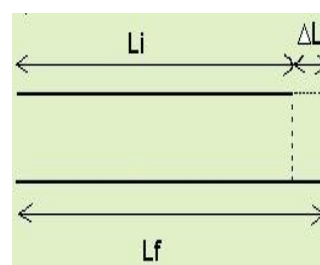


Figura 7: Exemplo de dilatação no fio de cabelo.





Observa-se que a dilatação do fio depende de três fatores:

- Substância (material) que é feito o fio;
- Variação de temperatura sofrida pelo fio;
- Comprimento inicial do fio.

Com base nesses três fatores, conclui-se que para grandes variações da temperatura a dilatação é grande, ou seja, a variação do comprimento é diretamente proporcional a sua variação temperatura, portanto:

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T \quad (2)$$

Onde:

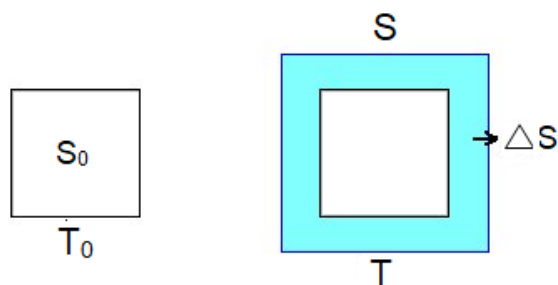
- $\Delta L$  é variação de comprimento do fio, ou seja, é a dilatação linear;
- $\alpha$  é o coeficiente de dilatação linear, que é uma característica da substância (material);
- $L_0$  é o comprimento inicial;
- $\Delta T$  é a variação de temperatura, ou seja,  $\Delta T = T - T_0$ , onde  $T_0$  representa a temperatura inicial do fio e T a temperatura final.

### Dilatação Superficial

Há corpos que podem ser considerados bidimensionais, por exemplo, uma chapa. Neste caso, a expansão ocorre nas suas duas dimensões lineares, ou seja, na área total do corpo.

Na figura 8 é possível observar uma chapa retangular que, quando aquecida, tem toda a sua superfície aumentada, passando de uma área inicial ( $S_0$ ) a uma área final (S), de modo que a dilatação superficial é ( $\Delta S$ , sendo  $\Delta S = S - S_0$ ).

Figura 8: Ilustração da dilatação superficial numa placa.



Fonte: Próprio autor.

A dilatação superficial, de forma semelhante à dilatação linear, depende:

- Variação de temperatura sofrida pelo corpo ( $\Delta T$ );
- Área inicial ( $S_0$ );
- Material de que é feito o corpo, porém, o coeficiente utilizado é o "coeficiente de dilatação superficial" ( $\beta$ ) que vale duas vezes o coeficiente de dilatação linear, isto é:  $\beta=2\alpha$ .

Assim, pode-se calcular a dilatação ocorrida na superfície usando:

$$\Delta S = S_0\beta\Delta T \quad (3)$$

Onde:

$\Delta S$  é a dilatação superficial ou o quanto a área da superfície varia;

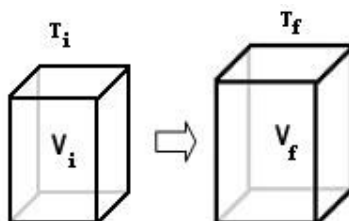
- $\beta$  é o coeficiente de dilatação superficial;
- $S_0$  é a área inicial;
- $\Delta T$  é a variação de temperatura.

### Dilatação Volumétrica

A maioria dos corpos sólidos possui três dimensões: altura, comprimento e espessura, conforme mostra a figura 9, e quando aquecidos, sofrem expansão nessas três dimensões o que proporciona um aumento no volume total do corpo.

A dilatação ocorre de modo semelhante às dilatações linear e superficial, porém dependente do coeficiente de dilatação volumétrica o que é igual a três vezes o coeficiente de dilatação linear, ou seja,  $\gamma = 3\alpha$ .

Figura 9: Ilustração da dilatação volumétrica em um cubo.



Fonte: Próprio autor.

Portanto, calcula-se a dilatação ocorrida no volume pela equação 4:

$$\Delta V = V_0\gamma\Delta T \quad (4)$$

onde:

- $\Delta V$  é a dilatação volumétrica, ou seja,  $\Delta V = V - V_0$ ;
- $\gamma$  é o coeficiente de dilatação volumétrica;
- $V_0$  é o volume inicial;
- $\Delta T$  é a variação de temperatura.

## Objetivos

Estudar os processos de dilatação linear, superficial e volumétrica dos corpos com a variação de temperatura;

Compreender a relevância da dilatação dos corpos quando há variação de temperatura.

## Materiais Utilizados

- Fio rígido (50 cm);
- Pedaco de madeira (50x20) cm;
- Dois pedacos de cabo de madeira (pode ser de vassoura) de 50 cm cada;
- Régua, pregos, linha;
- Um objeto que sirva de peso (um bloco de madeira, por exemplo).
- Placa metálica (retirada de lata de refrigerante);
- Uma esfera metálica;
- Uma moeda;
- Uma lata com tampa (lata de leite, por exemplo);
- Um pegador de roupa;
- 15 cm de arrame de 3 mm de diâmetro;
- Fósforos;
- Uma fonte térmica (vela ou lamparina);



## Procedimento Experimental

O procedimento experimental dessa aula será dividido em três partes: na primeira será realizado o experimento mostrando a dilatação linear, em seguida a dilatação superficial e na terceira a dilatação volumétrica.

### **Dilatação Linear**

- Fixe o fio de cobre nos dois pedaços de madeira. Fixe a madeira em um ponto de apoio, esticando o fio, como na figura 10.
- No cubo de madeira crave o prego e prenda um pedaço de fio nele.
- Pendure o bloco de madeira no fio de cobre, de modo que fique a certa altura da base.

Figura 10: Experimento montado.



Fonte: Próprio Autor.

- Meça a distância entre a base e o bloco pendurado. Anote essa medida (\_\_\_\_) cm.
- Acenda a vela e aqueça o fio, por algum tempo. Observe a posição do bloco de madeira.
- Meça novamente a distância do bloco à base e compare com a medida inicial. (\_\_\_\_) cm.
- Conhecendo o coeficiente de dilatação linear do fio utilize a dilatação do fio para determinar a variação de temperatura atingida ( $\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$ ).

### **Dilatação Superficial**

- Corte a tampa da lata e faça uma fenda, de modo que a moeda passe exatamente por ela (principalmente em relação ao diâmetro).
- Aqueça a moeda na chama da vela ou da lamparina segurando-a com o pegador (ver figura 11).
- Em seguida coloque a moeda aquecida na fenda da lata.
- Deixe a moeda esfriar e coloque novamente a moeda na fenda da lata.

Figura 11: Dilatação na moeda.



Fonte: Próprio autor.

- O que ocorreu quando colocou a moeda quente na fenda?

---

---

- O que aconteceu quando colocou a moeda depois de esfriar na fenda?

---

---

- Explique o que aconteceu nos dois casos.

---

---

### **Dilatação Volumétrica**

- Faça um anel utilizando o arrame, usando como forma a esfera, como mostra a figura 12;
- Em seguida coloque a esfera sobre o anel feito;
- Depois aqueça o anel utilizando a vela ou lamparina e coloque a esfera novamente;
- Espere o anel esfriar e coloque novamente a esfera;

Figura 12: Experimento montado.



Fonte: Próprio autor.

- O que aconteceu quando a esfera estava fria e quando ela estava quente?

---



---

- Qual a correta explicação para o fenômeno ocorrido com a esfera?

---



---

### **3.3 Experimento 3: Óptica Geométrica da Câmara Escura**

Novamente a aula é iniciada com uma discussão sobre o assunto abordado.

- É possível se obter uma imagem normal de um objeto na câmera fotográfica de filme? Justifique sua resposta.

---



---

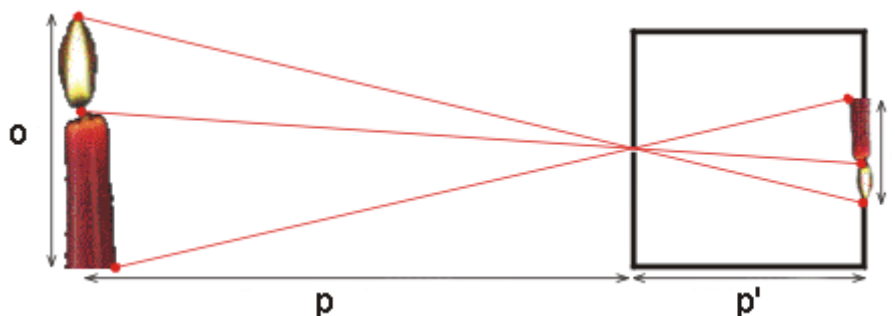
#### **Fundamentação Teórica**

A câmara escura é uma caixa de paredes opaca, existindo em uma delas um pequeno orifício. Um objeto luminoso ou iluminado é colocado na frente da câmara. O experimento mostra como a imagem é formada comprovando que a luz propaga em linha reta. O comportamento da luz na câmara escura de orifício é semelhante ao da luz no olho humano, onde o orifício central se comporta como a pupila. Quando a luz penetra nesta, chega à região oposta chamada de retina, onde a imagem é formada.

Ao longo do tempo as técnicas de produção e obtenção de imagens com uma câmara escura foram aperfeiçoadas, o que acabou resultando nas modernas câmeras

fotográficas. A câmara de orifício funciona em decorrência da luz se propagar em linha reta. Por isso é que, os raios de luz, ao passarem pelo orifício, vão projetar no anteparo uma imagem invertida do objeto, como esquematizado na figura 13.

Figura 13: Imagem invertida na câmara escura.



Fonte: <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Otica/Fundamentos/camaraescura.php>

Considerando  $o$  a altura do objeto,  $i$  a altura da imagem,  $p$  a distância entre o objeto e o orifício da câmara e  $p'$  a profundidade da câmara, por semelhança de triângulo temos:

$$\frac{i}{o} = \frac{p'}{p} \quad (5)$$

A imagem observada será maior quanto mais próximo estiver, e será mais nítida quanto menor for o orifício da câmara.

### Objetivos

Construir uma câmara escura de orifício e constatar a propagação retilínea da luz e estudar as relações ópticas e geométricas da luz.

### Materiais Utilizados

- Papel vegetal;
- Cartolina preta ou tinta preta;
- Tesoura;
- Uma agulha ou alfinete;
- Fita adesiva;
- Uma vela;
- Duas caixas de sapatos;



- Uma trena;
- Fósforo;

### Procedimento Experimental

- Abra a caixa de sapatos e forre-a utilizando a cartolina preta ou utilizando a tinta preta, pinte-a.
- Utilizando a tesoura corte uma das faces da caixa de sapato.
- Utilizando a fita adesiva feche a face que cortou utilizando o papel vegetal.
- Utilizando a agulha ou alfinete faça um pequeno furo na face oposta, a qual você fechou com o papel vegetal, como mostra a figura 14.

Figura 14: Câmara escura.



Fonte: Próprio autor.

- Corte uma face da outra caixa e acople na câmara escura no lado que está o papel vegetal.
- Faça um furo maior na outra face, furo esse que servirá como janela de visualização das imagens formadas, como mostra a figura 15.

Figura 15: Câmara escura com janela de visualização.

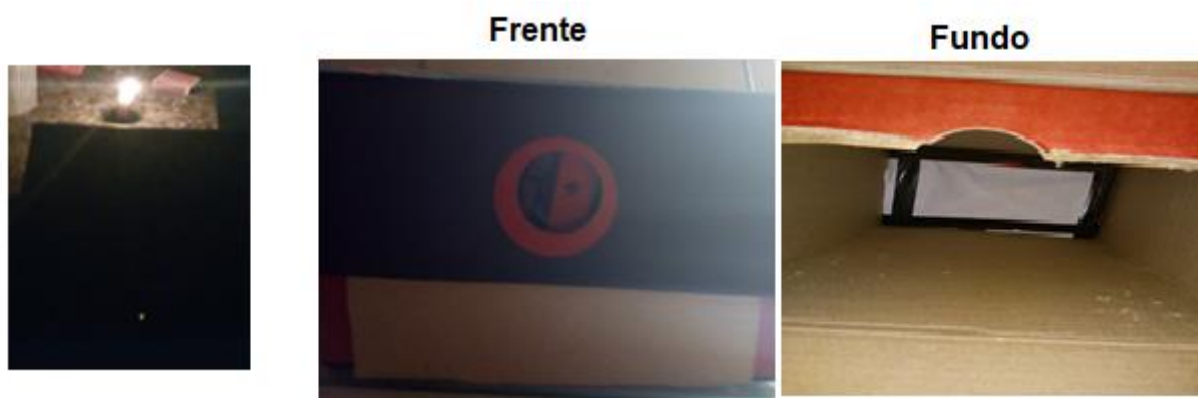


Fonte: Próprio autor.

- Acenda a vela e coloque a frente da face com o orifício, como mostra a figura 16.



Figura 16: Câmara escura pronta.



Fonte: Próprio autor.

- Coloque a vela a 30 cm do orifício da câmara e calcule o valor aproximado do tamanho de sua imagem: \_\_\_\_\_
- Se reduzirmos pela metade a distância, do item anterior, o que acontece com a altura da imagem?

---



---

#### 4. EXPERIMENTOS REALIZADOS NA 3ª SÉRIE

Assim como feito nas 2ª séries, foram realizados três experimentos nas 3ª séries, sendo realizado um experimento por bimestre, a partir do segundo bimestre. Os conteúdos foram escolhidos de forma aleatória dentro do conteúdo programático anual. A seguir serão mostrados os três experimentos, que envolve os seguintes assuntos: associação de resistores, processos de eletrização e campo magnético.

##### 4.1 Experimento 1: Associação de Resistores

Antes da abordagem teórica sobre o assunto relacionado com o experimento, foram realizadas perguntas que envolvesse o conteúdo com o cotidiano para extrair os conhecimentos prévios dos alunos a respeito do conteúdo. Os seguintes questionamentos foram feitos:

- O que acontece em um circuito paralelo de lâmpadas se uma delas queimar? É aconselhável fazer a instalação elétrica de uma residência usando circuito paralelo nas lâmpadas?

---

---

- O que acontece em um circuito em série de lâmpadas se uma delas queimar? Você sabe qual o tipo de instalação elétrica é utilizado na sua residência e o porquê utilizá-lo?

---

---

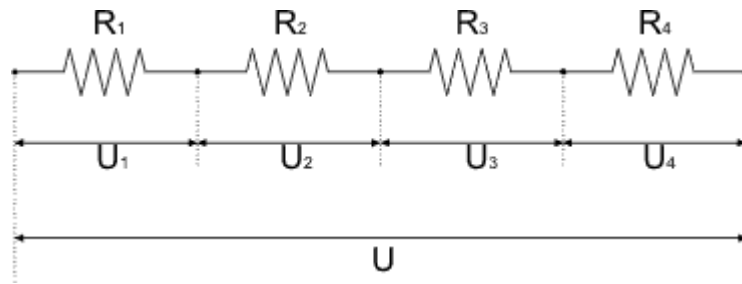
### Fundamentação Teórica

Um circuito elétrico é a ligação de elementos elétricos, tais como resistores, indutores, capacitores, fontes de tensão, fontes de corrente e interruptores, de modo que forme, pelo menos um caminho fechado para a corrente elétrica. Um circuito elétrico simples, alimentado por pilhas, baterias ou tomadas sempre apresenta uma fonte elétrica, um condutor elétrico, um receptor e um interruptor para ligar e desligar o receptor. Quando o circuito elétrico é ligado, uma corrente elétrica passa por ele. Esta corrente pode produzir vários efeitos, como: luz, movimento, aquecimento, sons etc. Os circuitos elétricos podem ser dispostos em Série ou Associados.

**Circuito em Série:** É o tipo de associação onde os resistores são ligados sequencialmente, como mostra a figura 17, de modo a serem percorridos pela mesma corrente elétrica, e a tensão elétrica é dividida entre o número de resistências. A resistência equivalente, para esse tipo de associação, é dada pela soma de todas as resistências que fazem parte do circuito. Esse tipo de associação pode ser representado por:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (5)$$

Figura 17: Representação de uma associação em série.

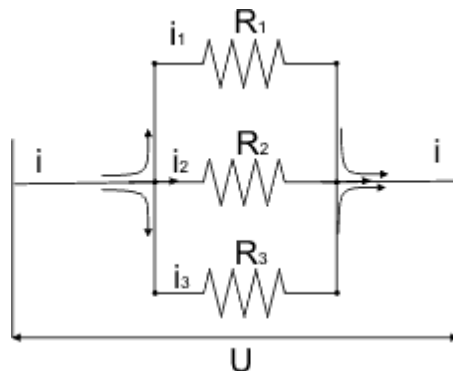


Fonte: <https://www.sofisica.com.br>

**Circuito em Paralelo:** Nesse tipo de associação, os resistores são ligados um do lado do outro, como mostra a figura 18, de forma que todos os resistores fiquem submetidos à mesma diferença de potencial, e a corrente elétrica total que circula por este tipo de circuito é igual à soma da corrente elétrica que atravessa cada um dos resistores. A resistência equivalente desse tipo de circuito elétrico é sempre menor do que o valor de qualquer uma das resistências que compõem o circuito, esse tipo de associação é representado matematicamente por:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (6)$$

Figura 18: Representação de uma associação em paralelo



Fonte: <https://www.sofisica.com.br>

## Objetivos

Verificar o comportamento da corrente elétrica, diferença de potencial (ddp) e a potência elétrica em circuitos elétricos compostos de lâmpadas em série e paralelo.

## Materiais Utilizados

- Dois pedaços de tabua (40 x 50) cm;
- Um multímetro digital;
- Seis soquetes (bocal) para lâmpadas;
- Quatro interruptores simples;
- Seis lâmpadas incandescentes, 40 W e 60 W, três de cada;
- Fita isolante;
- Cinco metros de fio de cobre flexível 2,5 mm;
- Martelo, estilete, parafusos, pregos;
- Dois *plugs*;
- Alicate de corte;
- Chave de fenda.



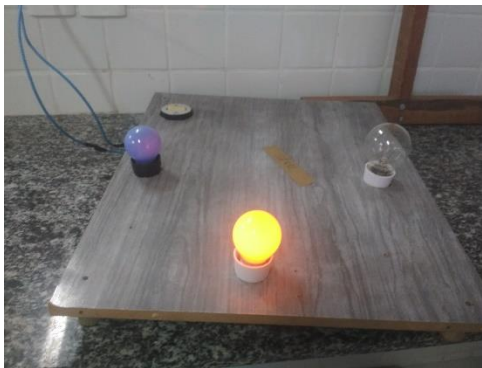
## Procedimento Experimental

O procedimento experimental será dividido em duas partes: na primeira será realizado o experimento mostrando a associação de lâmpadas em série e na segunda a associação de lâmpadas em paralelo.

### Associação de Lâmpadas em Série

- Utilizando o alicate corte dois pedaços do fio de 10 cm cada, depois utilizando o estilete desencape as pontas;
- Utilizando a chave de fenda fixe as extremidades dos pedaços dos fios em um dos polos do soquete, como vemos na figura 19;

Figura 19: Ligação das lâmpadas em Série.



Fonte: Próprio Autor.

- Utilizando o alicate corte dois pedaços de fio um com 40 cm e outro com 50 cm, depois com o estilete desencapem as pontas e conecte aos terminais dos soquetes das pontas;
- Fixe os soquetes na tabua;
- Conecte um interruptor na ponta do fio de 40 cm e depois corte um pedaço de fio de 10 e conecte no outro polo do interruptor;
- Fixe os fios e o interruptor na tabua e depois conecte as duas pontas de fio no *plug*.
- Explique como identificar uma associação em série de lâmpadas.

---



---

Utilizando o multímetro, responda:

- A diferença de potencial do circuito?

---



---

- A intensidade da corrente elétrica?

---



---

- A Diferença de potencial em cada lâmpada?

---

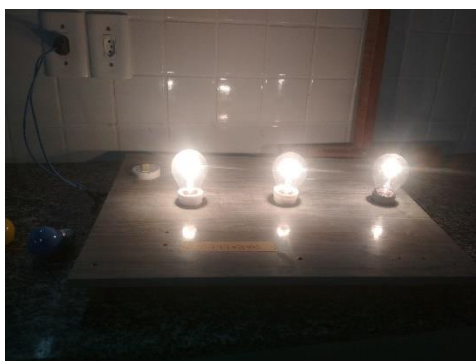


---

### **Associação de Lâmpadas em Paralelo**

- Utilizando o alicate corte dois pedaços de fio de 60 cm cada, com o estilete desencape as pontas e depois conecte uma das pontas em cada polo de um soquete.
- Utilizando o alicate corte quatro pedaços de fio de 15 cm cada, com o estilete desencape as pontas e depois conecte uma das pontas em cada polo de um soquete.
- Utilizando o estilete desencape o fio de 60 cm, que conectou soquete a exatamente 30 cm do soquete, nos dois pedaços conectados ao soquete e depois meça mais 15 cm em cada ponta e desencape novamente.
- Conecte os dois soquetes nos fios no local onde desencapou no passo anterior e depois isole utilizando a fita isolante.
- Fixe os soquetes na tabua utilizando parafusos e em seguida os fios.
- Conecte os fios em cada um em um polo do *plug*.

Figura 20: Circuito de lâmpadas em paralelo.



Fonte: Próprio Autor.

- Explique como é possível identificar uma associação em paralelo de lâmpadas.

---

---

Utilizando o multímetro, responda:

- a) A diferença de potencial do circuito?

---

---

- b) A intensidade da corrente elétrica do circuito?

---

---

c) A Diferença de potencial em cada lâmpada?

---

---

d) A intensidade da corrente elétrica que passa por cada lâmpada?

---

---

#### **4.2 Experimento 2: Processos de Eletrização**

No experimento de eletrização, antes e começar a explanação dos conteúdos foram feitos os seguintes questionamentos para discussão dos alunos:

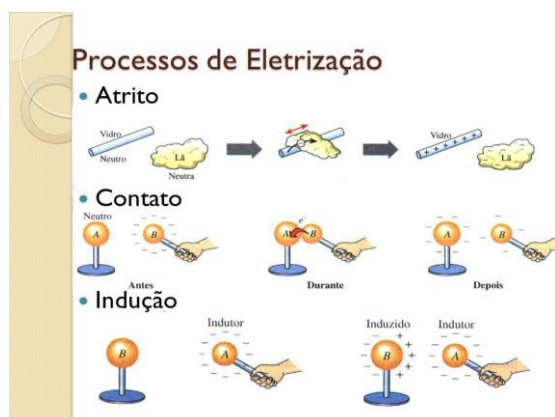
- Porque, às vezes, tomamos choque quando vamos abrir a porta do carro?

- 
- 
- Porque há o arrepio dos pelos do braço quando ligamos a televisão de tubo e aproximamos da tela?
- 
- 

#### **Fundamentação Teórica**

Processos de eletrização: Considera-se um corpo eletrizado quando o mesmo possui número diferente de prótons e elétrons. O processo de retirar ou acrescentar elétrons em um corpo neutro para que o mesmo seja eletrizado denomina-se eletrização. Alguns dos processos de eletrização mais comuns são: eletrização por atrito, contato e indução, como mostra a figura 21.

Figura 21: Processos de eletrização em um corpo.



Fonte: <https://exerciciosweb.com.br/fisica/questoes-de-fisica-sobre-os-processos-de-eletrizacao/>

**Eletrização por atrito:** é o processo simples de retirada de cargas eletrostáticas de um determinado corpo neutro. Ocorre sempre que dois corpos de materiais diferentes são esfregados um no outro.

**Eletrização por contato:** diferentemente da eletrização por atrito, necessita de pelo menos um dos corpos carregado eletricamente. Para entender o funcionamento do processo da eletrização por contato, considere um condutor carregado positivamente e outro condutor neutro. Aproxime o condutor positivo do condutor neutro até que ocorra o contato entre eles. Quando isso acontece, haverá uma transferência de elétrons do corpo neutro para o corpo carregado positivamente. Essa transferência irá ocorrer de maneira rápida até que ambos os condutores fiquem com o mesmo potencial elétrico.

**Indução eletrostática:** ocorre quando um corpo eletrizado redistribui cargas de um condutor neutro. O corpo eletrizado, o indutor, é colocado próximo ao corpo neutro, o induzido, e isso permite que as cargas do indutor atraiam ou repilam as cargas negativas do corpo neutro, devido a Lei de Atração e Repulsão entre as cargas elétricas. A distribuição de cargas no corpo induzido mantém-se apenas na presença do corpo indutor. Para eletrizar o induzido deve-se colocá-lo em contato com outro corpo neutro e de dimensões maiores, antes de afastá-lo do indutor.

Os processos de eletrização serão demonstrados através do experimento do pêndulo eletrostático e do eletroscópio de folha.

### **Pêndulo Eletrostático**

O pêndulo eletrostático é formado por um suporte uma base isolada que não conduz corrente elétrica e por um fio de seda com uma esfera metálica pendurada, como mostra a figura 22. A Esfera eletrizada, com carga positiva ou negativa, aproxima-se do corpo o qual se deseja saber a carga. Caso a bola seja eletrizada positivamente,



aproxima-se dela o material com carga desconhecida. Se esta esfera atrair-se para o corpo, este estará eletrizado negativamente; se ao contrário, a esfera repelir-se, o corpo estará eletrizado positivamente.

Figura 22: Pêndulo eletrostático.



Fonte: Próprio autor.

### **Eletroscópio de Folhas**

O eletroscópio de folhas é composto por uma garrafa transparente isolante, fechada por uma rolha igualmente isolante, como mostra a figura 23. Na parte de cima, uma esfera metálica. No interior, duas finíssimas folhas metálicas, de ouro ou de alumínio. Se o eletroscópio estiver neutro, suas folhas estarão abaixadas. A aproximação de um corpo carregado à esfera superior induz cargas no sistema, e as folhas se separam, por possuírem cargas de mesmo sinal. Se esse corpo carregado tocar a esfera superior, o eletroscópio também ficará eletricamente carregado.

Figura 23: Eletroscópio de folha.



Fonte: Próprio autor.

## Objetivos

Observar e identificar os processos de eletrização por atrito, contato e indução.

## Materiais Utilizados

- Pedaco de isopor;
- Fio (grosso) de cobre esmaltado (20 cm aproximadamente);
- Canudos;
- Régua;
- Pano feltro ou papel higiênico;
- Rolha de cortiça ou massa de modelar;
- Linha (nylon ou costura, ou mesmo fio dental desfiado);
- Lixa fina;
- Papel alumínio;
- Alicate de bico;
- Garrafa PET de 200 ml;
- Tesoura.



## Procedimento Experimental

O procedimento experimental será dividido em duas partes: na primeira será realizado o experimento mostrando o pêndulo eletrostático e em seguida o experimento do eletroscópio de folhas.

## Pêndulo Eletrostático

- Dobre o canudo no formato de L.
- Recorte um disco de folha de alumínio muito fina com diâmetro aproximado de 3,0 cm.
- Suspenda esse disco por um fio de nylon prendendo o fio no disco com um pedaço pequeno de fita adesiva ou cola. Observe que o pedaço de fita adesiva deve ser o menor possível para não aumentar a massa do conjunto.
- Amarre a outra extremidade do fio em um canudo de refresco que deve permanecer em uma direção aproximadamente horizontal.
- Tome o pedaço de isopor e fixe o canudo nesta base. O canudo deve permanecer na posição vertical.
- Friccione a régua com o pedaço de pano ou papel higiênico e depois aproxime do pêndulo. O que você observou?

---

---

- Toque com seu dedo o disco suspenso e aproxime a régua atritada com o pedaço de lã. Agora o que você observou?

---

---

- Friccione um canudo com uma meia de nylon ou seda e aproxime a placa do pêndulo eletrostático. O que você observa?

---

---

- Como você explica o observado no caso da régua e do canudo, em termos de cargas elétricas?

---

---

- Quais os processos de eletrização utilizados acima?

---

---

## Eletroscópio de Folhas

- Lixe as extremidades do fio de cobre (cerca de 3 cm cada extremidade) até retirar todo o esmalte.
- Faça uma bolinha metálica amassando um pedaço de papel alumínio. Fixe a bolinha em uma das extremidades do fio.
- Perfure a rolha usando a outra extremidade do fio de cobre, atravessando-a completamente com o fio (se desejar substitua-a por massa de modelar). Deixe à mostra a extremidade com a bolinha de papel alumínio.
- Usando o alicate de ponta, dobre a extremidade inferior do fio de cobre formando um pequeno gancho pontiagudo.
- Recorte dois retângulos de papel alumínio com 4 cm de comprimento por menos de 0,5 cm de largura.
- Usando o ganchinho pontiagudo criado no item 4, perfure cuidadosamente as lâminas de papel alumínio (os dois retângulos ficarão pendurados livremente no gancho metálico).
- Com bastante cuidado, introduza o sistema acima na garrafa. As lâminas metálicas ficarão no interior da garrafa e a bolinha de papel alumínio estará na parte externa.
- Feche a garrafa pressionando a rolha ou usando massa de modelar. O fio de cobre (haste condutora) deve ficar completamente na vertical, assim como as folhinhas penduradas.
- Passe vigorosamente a régua nos cabelos a fim de eletrizá-la (você pode também atritá-la com papel toalha ou papel higiênico). Em seguida, aproxime a régua da bolinha de papel alumínio situada na extremidade superior do eletroscópio. O que você observou?

---

---

- Afaste a régua da bolinha, e agora o que aconteceu?

---

---

- Qual o processo de eletrização ocorreu?

- 
- 
- Como podemos fazer para descobrir a carga do eletroscópio de folhas após você encostar o canudinho na bolinha?

- 
- 
- Como você pode fazer para descarregar o eletroscópio de folhas?
- 
- 

### **4.3. Experimento 3: Eletroímã**

A questão para discussão dos alunos, antes do conteúdo ser explanado, foi:

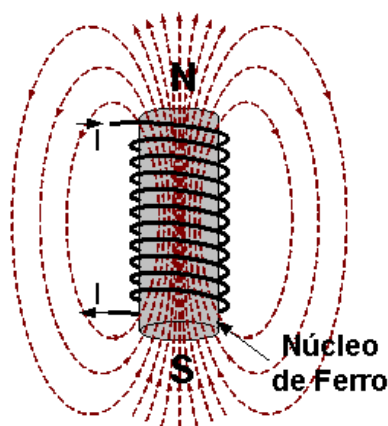
- Qual importância do eletromagnetismo na sua vida?
- 
- 

### **Fundamentação Teórica**

Quando uma corrente elétrica atravessa um fio condutor, cria em torno dele um campo magnético. Este efeito foi verificado pela primeira vez por Hans Christian Orsted em abril de 1820. Ele observou que a agulha de uma bússola defletia de sua posição de equilíbrio quando havia próximo a ela um fio condutor pelo qual passava uma corrente elétrica.

Um solenoide constitui-se de um fio condutor enrolado de tal modo que forme uma sequência de espiras em forma de tubo. Se por ele passar uma corrente elétrica, gera-se um campo magnético no sentido perpendicular à uma seção reta do solenoide. Este arranjo em forma de tubo faz com que apareçam no solenoide polaridades norte e sul definidos. O resultado final é que o solenoide possui polos norte e sul, tal como um ímã natural. Como podemos ver na figura 24.

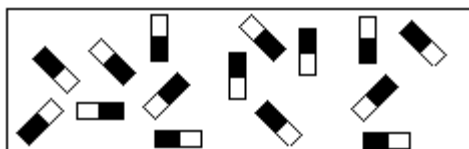
Figura 24: Representação de um solenoide.



Fonte: <https://www.sofisica.com.br>

Os materiais ferromagnéticos são constituídos de um número muito grande de pequenos ímãs naturais, conhecidos como dipolos magnéticos elementares. Este número é da mesma ordem do número de moléculas ou átomos que constituem o material. Sem a influência de um campo magnético externo, estes dipolos estão todos desalinhados, de forma que a soma total de seus campos magnéticos é nula, como mostra a Figura 25.

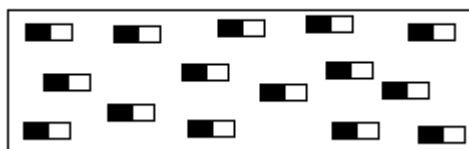
Figura 25: Dipolos magnéticos desalinhados



Fonte: <http://www.fisica.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=1151>

Se inserirmos um prego, que é feito de um material ferromagnético, dentro de um solenoide, o campo magnético deste irá alinhar os dipolos do prego, como mostra a Figura 26.

Figura 26: Dipolos magnéticos alinhados



Fonte: <http://www.fisica.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=1151>

Os campos magnéticos dos dipolos se somam e temos então um novo campo magnético devido ao prego. No total, teremos a soma dos campos do solenoide mais o do prego. O conjunto de um solenoide com um núcleo de material ferromagnético é chamado de eletroímã.

### Objetivos

Observar as forças de origem magnética produzida a partir de corrente elétrica e compará-las com um ímã.

Comparar o efeito de uma mesma corrente elétrica em presença e ausência do núcleo ferromagnético.

### Materiais Utilizados

- Uma bússola;
- Um pedaço de fio esmaltado N° 26 (cerca de 2 metros);
- Uma pilha de 1,5V ou 9,0 V;
- Um prego grande;
- Clipes, pregos pequenos;
- Porta pilhas;
- Garras tipo jacaré;

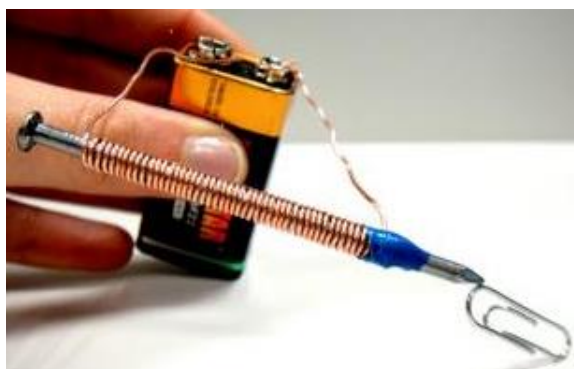


### Procedimento Experimental

#### Eletroímã

- Enrole um metro de fio no prego, deixando as duas extremidades livres;
- Utilizando o estilete ou a tesoura raspe as extremidades do fio;
- Ligue os jacarés as extremidades dos fios do porta pilhas, em seguida ligue os jacarés a as extremidades dos fios;
- Coloque a pilha na porta pilha;
- Aproxime a bússola da ponta do prego e anote os polos do eletroímã.

Figura 27: Eletroímã montado.



Fonte: Próprio autor.

- Com o eletroímã montado, aproxime a ponta do prego dos pregos pequenos e dos cliques em seguida descreva o que ocorreu.

---



---

- Agora aproxime a ponta do prego dos pedaços de alumínio e descreva o que aconteceu.

---



---

- Explique o que aconteceu nos dois casos anteriores.

---



---

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de sequências didáticas para desenvolver um tema específico ou até um tema mais abrangente é uma boa estratégia pedagógica, pois mobiliza diversas atividades que se complementam. A utilização de aulas experimentais é um dos métodos importantes para a construção do conhecimento, principalmente o conhecimento científico, e por isso, aulas experimentais são de suma importância para o ensino de Ciências, em especial a física.

Embora simples, o produto foi capaz de proporcionar aos alunos momentos de interação com conteúdo de forma prazerosa. As atividades que compõe essa sequência didática foram utilizadas com o objetivo de estimular aos alunos a participarem das aulas. Notamos que quando iniciamos a aula com uma pergunta relacionada ao cotidiano, eles



tendem a participar mais ativamente. Dentre desse quadro, de maior participação dos alunos, e maior entusiasmo na realização do experimento, acreditamos que a sequência didática se mostrou como boa estratégia de ensino. Uma ferramenta muito útil, apesar de bastante simples, nessa direção, conseguiu atingir o propósito ao qual foi pensado, que é auxiliar o aluno na sua aprendizagem.

Com o desenvolvimento deste trabalho fica muito perceptível que o ensino de física se torna mais atrativo, quando se trabalha com o lúdico através de aulas práticas, quando conseguimos mostrar ao aluno que a Física está presente em seu cotidiano, bem como aumentar a interação entre os envolvidos, como propõe Vygotsky.

Obviamente que este trabalho não se encerra aqui, pois permite que novas possibilidades de ensino sejam incrementadas, ampliando as possibilidades de uso deste produto educacional.

Assim, o produto educacional aqui aplicado pode ser utilizado com outros experimentos de mesma finalidade, ou pode ser usado para trabalhar outros assuntos da física.

## REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino Médio – 2000, vol III.

Gaspar, Alberto. **Atividades experimentais no ensino de Física: Uma nova visão baseada na teoria de Vigotski**. Livraria da Física, 2014 – São Paulo.

Gaspar, Alberto. **Experiências de Ciências**. / Alberto Gaspar. 2ª ed. São Paulo: Ed. Livraria da Física 2014.

Peruzzo, Jucimar. **A Física Através de Experimentos: Mecânica**. V.I./ Jucimar Peruzzo. Irani (SC): 2013.

Peruzzo, Jucimar. **A Física Através de Experimentos: Termodinâmica, ondulatória e óptica**. / Jucimar Peruzzo. São Paulo: Ed. Livraria da Física 2012.

Peruzzo, Jucimar. **A Física Através de Experimentos: Eletromagnetismo, Física Moderna e Ciências Espaciais**. V.III./ Jucimar Peruzzo. Irani (SC): 2013.

Ximenes, Daniel Ricardo. **Manual de Práticas laboratoriais: Física.** / Sec. Da Educação do Ceará. Fortaleza: SEDUC 2010.

ZABALA, Antonio. **A prática educativa: como ensinar.** Porto Alegre: Artmed, 1998.