



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

RONEY DA SILVA GOMES

**UMA SELEÇÃO DE EXPERIMENTOS EM ÓPTICA PARA DEMONSTRAÇÃO EM  
ESCOLAS DO ENSINO MÉDIO DA CIDADE DE BALSAS-MA**

BALSAS  
2021

RONEY DA SILVA GOMES

**UMA SELEÇÃO DE EXPERIMENTOS EM ÓPTICA PARA DEMONSTRAÇÃO EM  
ESCOLAS DO ENSINO MÉDIO DA CIDADE DE BALSAS-MA**

Trabalho de conclusão de curso na área de ensino apresentado ao curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão/Balsas como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Rodrigues da Cunha

BALSAS  
2021

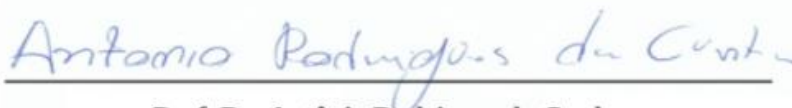
RONEY DA SILVA GOMES

**UMA SELEÇÃO DE EXPERIMENTOS EM ÓPTICA PARA DEMONSTRAÇÃO EM ESCOLAS DO ENSINO MÉDIO DA CIDADE DE BALSAS-MA**

Trabalho de conclusão de curso na área de ensino apresentado ao curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão/Balsas como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Ciência e Tecnologia.

Aprovada em 28, de setembro de 2021.

**BANCA EXAMINADORA**



**Prof. Dr. Antônio Rodrigues da Cunha  
(Orientador)**

**ALYSON BRUNO FONSECA  
NEVES:99678764334**

Digitally signed by ALYSON BRUNO FONSECA  
NEVES:99678764334  
DN: cn=ALYSON BRUNO FONSECA NEVES:99678764334,  
ou=UFMA - Universidade Federal do Maranhão, o=ICPEdu, c=BR  
Date: 2021.10.13 17:42:28 -03'00'

**Prof. Dr. Alyson Bruno Fonseca Neves**

**GISELIA BRITO DOS  
SANTOS:84131420325**

Assinado digitalmente por GISELIA BRITO DOS SANTOS:  
84131420325  
DN: cn=GISELIA BRITO DOS SANTOS:84131420325, ou=UFMA -  
Universidade Federal do Maranhão, o=ICPEdu, c=BR  
Razão: Eu sou o autor deste documento  
Localização: sua localização de assinatura aqui  
Data: 2021.10.13 18:24:09  
Foxit Reader Versão: 10.0.1

**Profa. Dra. Gisélia Brito dos Santos**

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

DA SILVA GOMES, RONEY.

UMA SELEÇÃO DE EXPERIMENTOS EM ÓPTICA PARA DEMONSTRAÇÃO  
EM ESCOLAS DO ENSINO MÉDIO DA CIDADE DE BALSAS-MA / RONEY  
DA SILVA GOMES. - 2021.

106 p.

Orientador(a): ANTÔNIO RODRIGUES DA CUNHA.

Monografia (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia,  
Universidade Federal do Maranhão, Balsas, 2021.

1. Demonstrações e Práticas. 2. Ensino-aprendizagem.
3. Física. I. RODRIGUES DA CUNHA, ANTÔNIO. II. Título.

*A minha família, esposa e filhas, que com sabedoria, amor e carinho sempre me inspiraram e me incentivaram a continuar nessa jornada.*

DEDICO

## **AGRADECIMENTO**

Meus agradecimentos nesse momento se estenderão a toda minha caminhada como discente dessa instituição e não só a esse trabalho.

E não poderia deixar de começar, senão agradecendo aos meus familiares, principalmente minha mãe, que durante esses anos de permanência na universidade contribuiu de forma significativa para que eu persistisse e chegasse até esse momento. Pela compreensão, por minha ausência em alguns momentos com a família, meu isolamento para estudos e o meu silêncio em alguns momentos em casa.

Um agradecimento especial a meu orientador Dr. Antônio Rodrigues da Cunha. Pela paciência, atenção e dedicação durante todo o meu caminhar nesse processo, sempre me motivando e me ajudando a crescer com os desafios propostos durante todo o trabalho de conclusão.

Sou grato a Universidade Federal do Maranhão e a todos os seus servidores, em especial a todos os professores, pelos ensinamentos que me foram passados durante esses anos como discente. Pois sem o bom trabalhos de cada um vocês, eu não poderia alcançar o sonho de me formar nessa instituição tão importante no cenário nacional.

Agradeço aos meus colegas e amigos que encontrei na universidade, que sempre me incentivaram e me motivaram diante dos desafios. Não vale aqui nomeá-los, porém todos foram e são muito especiais para mim.

Agradeço também a minha amada esposa Marielza, pelo amor, carinho e paciência, durante esses últimos anos na universidade e, principalmente, nesses últimos meses.

## RESUMO

Este trabalho trata-se de uma proposta de ensino de física para as escolas do ensino médio da cidade de Balsas, MA, baseada na demonstração de uma seleção de experimentos na área da óptica geométrica e física, utilizando tanto ferramentas analógicas quanto digitais. Como um background teórico, apresentamos um levantamento bibliográfico sobre a importância do uso de demonstrações de experimentos de Física em sala de aula para a aprendizagem e aplicações dos conceitos físicos por parte dos alunos. Em seguida, apresentamos um estudo sobre os tipos de tecnologias utilizadas no processo de ensino-aprendizagem. Por fim, para mostrar a eficiência desta proposta, apresentamos os resultados da aplicação de vários questionários realizados em duas escolas do município e os impactos atingidos sobre o uso de experimentos como uma nova metodologia no ensino de Física.

**Palavras chave:** Física. Ensino-aprendizagem. Demonstrações e Práticas.

## **ABSTRACT**

This work is a proposal for teaching physics for high schools in the city of Balsas, MA, based on the demonstration of a selection of experiments in the area of geometric and physical optics, using both analog and digital tools. As a theoretical background, we present a bibliographical survey on the importance of using demonstrations of physics experiments in the classroom for students' learning and application of physical concepts. Then, we present a study on the types of technologies used in the teaching-learning process. Finally, to show the efficiency of this proposal, we present the results of the application of several questionnaires carried out in two schools in the city and the impacts achieved on the use of experiments as a new methodology in the teaching of Physics.

**Key words:** Physics. Teaching-learning. Demonstrations and Practices.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pergunta inicial - pré-teste (Autor, 2021).....	32
Figura 2 - Questão 1 - pré-teste (Autor, 2021) .....	33
Figura 3 - Questão 2 - pré-teste (Autor, 2021) .....	34
Figura 4 - Questão 3 - pré-teste (Autor, 2021) .....	35
Figura 5 - Questão 4 - pré-teste (Autor, 2021) .....	36
Figura 6 - Questão 5 - pré-teste (Autor, 2021) .....	37
Figura 7 - Questão 6 - pré-teste (Autor, 2021) .....	38
Figura 8 - Questão 7 - pré-teste (Autor, 2021) .....	39
Figura 9 - Questão 8 - pré-teste (Autor, 2021) .....	40
Figura 10 - Pergunta inicial - pós-teste grupo de controle (Autor, 2021) .....	41
Figura 11 - Questão 1 - pós-teste grupo de controle (Autor, 2021) .....	42
Figura 12 - Questão 2 - pós-teste grupo de controle (Autor, 2021) .....	43
Figura 13 - Questão 3 - pós-teste grupo de controle (Autor, 2021) .....	44
Figura 14 - Questão 4 - pós-teste grupo de controle (Autor, 2021) .....	45
Figura 15 - Questão 5 - pós-teste grupo de controle (Autor, 2021) .....	46
Figura 16 - Questão 6 - pós-teste grupo de controle (Autor, 2021) .....	47
Figura 17 - Questão 7 - pós-teste grupo de controle (Autor, 2021) .....	48
Figura 18 - Questão 8 - pós-teste grupo de controle (Autor, 2021) .....	49
Figura 19 - Questão 9 - pós-teste grupo de controle (Autor, 2021) .....	50
Figura 20 - Pergunta inicial - pós-teste grupo de experimental (Autor, 2021) .....	52
Figura 21 - Questão 1 - pós-teste grupo de experimental (Autor, 2021) .....	53
Figura 22 - Questão 2 - pós-teste grupo de experimental (Autor, 2021) .....	54
Figura 23 - Questão 3 - pós-teste grupo de experimental (Autor, 2021) .....	55
Figura 24 - Questão 4 - pós-teste grupo de experimental (Autor, 2021) .....	56
Figura 25 - Questão 5 - pós-teste grupo de experimental (Autor, 2021) .....	57
Figura 26 - Questão 6 - pós-teste grupo de experimental (Autor, 2021) .....	58
Figura 27 - Questão 7 - pós-teste grupo de experimental (Autor, 2021) .....	59
Figura 28 - Questão 8 - pós-teste grupo de experimental (Autor, 2021) .....	60
Figura 29 - Questão 9 - pós-teste grupo de experimental (Autor, 2021) .....	62
Figura 30 - Comparativo de acertos no pós-teste nos grupos (Autor, 2021).....	63
Figura 31 - Comparativo de resultados por tema no pré e pós teste (Autor, 2021) .....	64
Figura 32 - Comparativo de acertos e resultados no pré e pós teste - Fenômeno da interferência (Autor, 2021) .....	65
Figura 33 - Montagem do experimento de Bessel (Autor, 2021).....	77
Figura 34 - Esquema do comportamento da luz em espelhos esféricos.....	81
Figura 35 - Esquema dos principais problemas da visão humana.....	82
Figura 36 - Esquema do olho míope.....	83
Figura 37 - Esquema do olho hipermetrope.....	84
Figura 38 - Esquema do olho astigmata.....	84
Figura 39 - Esquema da dispersão da luz branca.....	85
Figura 40 - Esquema do experimento dispersão da luz no simulador digital Phet.....	86
Figura 41 - Esquema montagem do experimento da dispersão no laboratório.....	87
Figura 42 - Esquema da decomposição da luz .....	88

Figura 43 - Imagem do resultado do experimento (Autor, 2021) .....	89
Figura 44 - montagem do experimento .....	90
Figura 45 - Experimento disco de Newton no simulador .....	91
Figura 46 - Imagem do experimento no laboratório (Autor, 2021) .....	93
Figura 47 - Imagem do experimento funcionando no simulador digital .....	95
Figura 48 - Experimento da fenda dupla montado no laboratório (Autor, 2021) .....	96
Figura 49 - Imagem do experimento no livro .....	97
Figura 50 - Imagem do experimento da interferência no livro .....	98
Figura 51 - Fenômeno da interferência no simulador digital Phet .....	99
Figura 52 - Registros do experimento da interferência no laboratório (Autor, 2021) .....	100
Figura 53 - Alunos do grupo de controle (Autor, 2021) .....	101
Figura 54 - Alunos do grupo de controle (Autor, 2021) .....	101
Figura 55 - Alunos do grupo experimental (Autor, 2021) .....	102
Figura 56 - Apresentação dos experimentos para o grupo experimental .....	102
Figura 57 - Alunos do grupo de controle (Autor, 2021) .....	103
Figura 58 - Alunos do grupo de controle (Autor, 2021) .....	103
Figura 59 - Alunos do grupo experimental com o professor da turma (Autor, 2021) .....	104
Figura 60 - Apresentação aos alunos – grupo experimental (Autor, 2021) .....	104
Figura 61 – Apresentação aos alunos – grupo experimental (Autor, 2021) .....	105

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO</b> .....	<b>15</b>
2.1 CONCEPÇÃO E DEFINIÇÕES .....	15
2.2 A PRÁTICA EXPERIMENTAL .....	16
2.3 O LABORATÓRIO DIDÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA .....	17
2.4 EXPERIMENTOS EM ÓPTICA .....	19
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>20</b>
3.1 O CONTEXTO ESCOLAR .....	20
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA .....	20
3.3 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES .....	20
3.4 A ATIVIDADE EXPERIMENTAL COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO .....	21
3.5 AULAS CONDUZIDAS NO GRUPO EXPERIMENTAL E NO DE CONTROLE .....	22
3.6 METODOLOGIA DA ANÁLISE DO RESULTADO .....	30
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>31</b>
4.1 PROCEDIMENTO .....	31
4.2 ANÁLISE DO PRÉ-TESTE GRUPO DE CONTROLE .....	32
4.3 – ANÁLISE DO PÓS-TESTE GRUPO DE CONTROLE (SEM EXPERIMENTOS) .....	41
4.4 – ANÁLISE DO PÓS-TESTE GRUPO EXPERIMENTAL .....	51
4.5 – ANÁLISE COMPARTIVA DOS ACERTOS DO PÓS-TESTE, NOS GRUPOS DE CONTROLE E EXPERIMENTAL .....	63
4.6 – DISCUSSÃO .....	66
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>68</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>70</b>

<b>APÊNDICE A: EXPERIMENTOS SUGERIDOS PELO AUTOR .....</b>	<b>74</b>
A.1 – LENTES – DETERMINAÇÃO DO FOCO .....	74
A.2 – ESPELHOS ESFÉRICOS .....	78
A.3 – DEFEITOS DA VISÃO .....	81
A.4 – DISPERSÃO DA LUZ BRANCA .....	85
A.5 – COMPOSIÇÃO DA LUZ, DISCO DE NEWTON .....	90
A.6 – INTERFERÊNCIA DA LUZ NA FENDA DUPLA .....	93
<b>APÊNDICE B: REGISTROS FOTOGRÁFICOS .....</b>	<b>101</b>
B.1 – NO CENTRO DE ENSINO DOM DANIEL COMBONI .....	101
B.2 – NO COLÉGIO EDUCAR ADVANCED .....	103

## 1 – INTRODUÇÃO

Sabe-se que muitos professores do ensino médio em Balsas-MA, preocupam-se com alguns aspectos que envolvem a demonstração prática de conceitos físicos no decorrer das aulas de física durante todo o ensino médio, por outro lado, muitas escolas não estão se atualizando, inovando e investindo na formação dos professores para que se melhore o ensino das ciências da natureza.

Este trabalho tem como foco realizar a demonstração de uma seleção de experimentos de óptica geométrica e física em sala de aula do ensino médio, a fim de despertar o interesse dos alunos por práticas de experimentação e demonstração ligadas a conceitos físicos dessa área importante da Física.

Assim, como os experimentos de laboratório, a demonstração de experimentos apresenta uma série de dificuldades para a sua realização, que vão desde recursos materiais (equipamentos, componentes e materiais de consumo) a recursos humanos (professores qualificados e orientação pedagógica), porém observa-se algumas vantagens que facilitam sua prática em sala de aula, como a possibilidade de montar apenas uma prática para cada experimento, sem a necessidade de usar um laboratório para montar uma prática para cada aluno ou grupo de alunos. “Geralmente na demonstração utiliza-se um único aparato experimental e apresenta-o para os alunos coletivamente em um único momento, com isso, consegue-se da mesma forma como as atividades de laboratórios, despertar o interesse dos alunos pela ciência e pela experimentação (GASPAR, 2005)”.

Analisar a influência da experimentação em sala de aula, predominantemente quantitativa, mas observando também as discussões qualitativas, são pontos importantes e que precisam ser consideradas. Uma significativa parcela de experimentos realizados durante a pesquisa será adaptada de sugestões constantes em artigos da revisão bibliográfica, colaborando para a integração entre a pesquisa no ensino de física e a sua aplicação efetiva em sala de aula. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN)(BRASIL, 1998), a Física é uma disciplina que faz parte de um ramo maior, nominalmente as “Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias”. E por ser considerada uma ciência da natureza, é esperado que a observação e a compreensão de fenômenos naturais

explicados pelas teorias da Física estejam presentes na apresentação aos alunos de forma clara e objetiva.

Sabe-se que a experimentação em sala de aula poderá levar o estudante a ter uma visão absolutamente nova sobre um conceito pré-existente nas ciências, essa nova perspectiva certamente o ajudará em sua formação de conceitos e melhorará a aprendizagem. “Muitos professores relatam que a experimentação é fundamental a fim de se ter uma melhor compreensão de um determinado fenômeno, e várias obras publicadas revelam essa afirmação, corroborando com essa informação (ARAÚJO, ABIB, 2003 apud RIBEIRO, 2010, p.14)”, em sua revisão da literatura sobre experimentos no ensino de Física:

Acredita-se que, de modo geral, a utilização adequada de diferentes metodologias experimentais, tenham elas a natureza de demonstração, verificação ou investigação, pode possibilitar a formação de um ambiente propício ao aprendizado de diversos conceitos científicos sem que sejam desvalorizados ou desprezados os conceitos prévios dos estudantes. Assim, mesmo as atividades de caráter demonstrativos, amplamente utilizadas pelos autores pesquisados e que visam principalmente à ilustração de diversos aspectos dos fenômenos estudados, podem contribuir para o aprendizado dos conceitos físicos abordados [...]. (p.190)(apud RIBEIRO, 2010,p.14).

Para esses autores, os pesquisadores “são unânimes em defender o uso de atividades experimentais”, em especial pela capacidade intrínseca dos experimentos de ilustrar e estimular a participação ativa dos estudantes, despertando sua curiosidade e interesse pela ciência. Portanto, é de grande relevância para o ensino de Física nas escolas, realizar atividades experimentais no ensino médio, por meio de demonstrações em sala de aula.

O propósito deste estudo consiste em realizar com os alunos do ensino médio da cidade de Balsas/MA uma demonstração de uma seleção de experimentos de Física na área da óptica, a fim de despertar o interesse dos alunos e professores envolvidos pela experimentação. Além disso, pretende-se avaliar o uso de ferramentas analógicas e digitais em disciplinas de laboratórios de Física no ensino médio. Para isso, inicialmente, fez-se um levantamento de dados, através de um pré-teste nas turmas antes da realização da demonstração, e na sequência, fez-se a

demonstração das práticas propostas neste estudo, usando tanto ferramentas analógicas “aquelas montadas tradicionalmente” como plataformas digitais educacionais voltadas para laboratórios de Física. Logo após as demonstrações, foi aplicado um pós-teste com o objetivo de coletar informações para avaliar, a partir de alguns aspectos, se os alunos assimilaram o conhecimento adquirido em sala de aula de forma mais aprofundada.

## 2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

### 2.1 CONCEPÇÃO E DEFINIÇÕES

Em toda história da humanidade, o homem sempre buscou compreender os mais diversos fenômenos da natureza, e diante disso surgiram vários métodos praticados para buscar a verdade nesse caso. Como o exemplo do método dedutivo que contribuiu para o avanço do conhecimento científico e que teve como precursor, Aristóteles na Grécia antiga.

Atualmente sabemos que o método científico por definição é dado por:

Conjunto estruturado de procedimentos que devem ser seguidos para a produção do conhecimento; consiste na observação sistemática e controlada dos fenômenos da natureza, por meio de pesquisas de campo e experimentos que, posteriormente analisados pela lógica, devem corroborar ou falsear o conjunto de hipóteses que sustentam determinada teoria científica. (AURÉLIO, 2021).

Sabe-se que um dos grandes cientistas modernos foi Francis Bacon que, ficou conhecido como um dos fundadores da ciência moderna ou, como aponta (Vieira, 2003 apud CORREIA, 2018, p. 14).

[...] todo o conhecimento deve fundar-se sobre a experimentação dos fenômenos da natureza. Bacon entende que o homem torna-se intérprete da natureza e só conhece por meio da interpretação dos fatos (dos fenômenos) e pelo trabalho da mente, conjuntamente (p. 6098).

Deve-se salientar que a partir das percepções de Francis Bacon e de outros cientistas não citados aqui, foram fundamentais para o fortalecimento do método científico. Como podemos observar na interpretação de Marconi e Lakatos (2003), Silva e Oliveira (2017) afirmam que:

[...] o método científico se concretiza no pensamento de Descartes, que foi posteriormente desenvolvido, empiricamente, pelo físico inglês Isaac Newton. Descartes propôs chegar à verdade através da dúvida sistemática e da



decomposição do problema em pequenas partes, características estas que definiram a base da pesquisa científica. (apud CORREIA, 2018, p. 14).

Sobre o método científico, Moreira e Ostermann (1993) também o consideram como “[...] uma maneira segura de se chegar a resultados, a descobertas”. (apud CORREIA, 2018, p. 16).

Diante disso, entendemos que a experimentação e o método científico são os caminhos mais seguros para se chegar a uma verdade sobre qualquer tema nas ciências da natureza.

## 2.2 A PRÁTICA EXPERIMENTAL

É importante ressaltar, conforme nos aponta Chibeni (2006), que para a construção do conhecimento científico, não há um método científico único, como se o método científico precisasse de uma receita universal para se fazer ciência.

O conhecimento científico adquirido não é finito, uma vez que ele está sempre em construção e, sendo assim, Moreira e Ostermann (1993) alertam ser:

[...] um erro ensinar ciências como se os produtos dela resultassem de uma metodologia rígida, fossem indubitavelmente verdadeiros e conseqüentemente definitivos” (p. 115). Todavia, o método científico vale-se de alguns elementos que não podemos nos furtar; de um procedimento racional e experimental, técnicas de observação e raciocínio, análise e, por fim, a síntese (GALLIANO, 1979). O procedimento experimental é considerado um método científico que surge das observações feitas em determinada atividade experimental, ou seja, de uma observação dos fatos. Como o processo experimental é ligado à realidade e, portanto, deve se ater, principalmente, às respostas que são observadas. A partir desse procedimento, essas respostas são analisadas com o intuito do estabelecimento de uma lei geral (IBID, apud CORREIA, 2018, p. 20).

A partir dessas premissas, as demonstrações experimentais de Física são uma fonte importantíssima para a construção do conhecimento científico dos alunos e, para tanto, é necessário seu uso constante, sempre acompanhada, de um bom planejamento didático e por professores bem treinados. Segundo Feix, Saraiva e Kipper (2012):

A prática em laboratório é uma ferramenta fundamental no processo de ensino-aprendizagem, já que, além de cumprir o conteúdo previsto, forma indivíduos capazes de construir sua marca na sociedade como seres humanos desenvolvidos, críticos e sensíveis, tornando-os cidadãos ativos e participantes, efetivamente agentes de transformação. Portanto, as aulas experimentais no ensino de Física são de fundamental importância e têm sido enfatizadas por muitos autores. (apud CORREIA, 2018, p. 20).

No contexto da relação entre a teoria e a prática, vale destacar o que diz Pinho Alves (2000 apud ROSA, 2003), já que para esse autor, “a Física se vincula às experiências, observações e cálculos, portanto, se para fazer Física é preciso laboratório, então, para aprender Física, ele também é necessário”.

Para corroborar para essa ideia, outro autor faz a seguinte colocação:

O método de comprovar conhecimentos pela experimentação provocada é uma etapa comum em ciências físicas e naturais. Consiste na observação, manipulação e controle do efeito produzido em uma dada situação, introduzindo uma modificação voluntária de uma variável independente sobre outra variável dependente. (CHIZZOTTI, 1991 apud CORREIA, 2018, p. 20).

Para a demonstração de experimentos físicos é necessário se ter uma metodologia coerente, um planejamento bem elaborado por professores bem capacitados e com isso poder associar variáveis que corroborem ou não com uma determinada hipótese observada (CHIZZOTTI, 1991 apud CORREIA, 2018, p. 21).

### **2.3 O LABORATÓRIO DIDÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA**

Atualmente sabe-se que o ensino das ciências e especialmente da física óptica em laboratório tem contribuído muito na consolidação da aprendizagem dos estudantes, por meio de roteiros bem definidos, práticas demonstrativas bem elaboradas e o acompanhamento de um professor capacitado. É muito importante a realização de práticas demonstrativas sejam elas analógicas ou em plataformas digitais.

Para corroborar essa ideia da importância de um laboratório, vejamos o discurso da grande cientista polonesa Marie Curie, em 1914 citado por (ANDRADE, 2017 apud ISQUIERDO, BERGHAUSER, 2017, p.4):

Se as conquistas úteis à humanidade vos comovem; se ficais pasmados diante da telegrafia elétrica, da fotografia, da anestesia, e de tantas outras descobertas; se estais orgulhosos e conscientes da parte que cabe ao vosso país na conquista dessas maravilhas, tomai interesse, eu vos conjuro, por esses recintos sagrados que chamamos de laboratórios. Fazeis o possível para que eles se multipliquem. Eles representam os templos do futuro, da riqueza e do bem-estar social. É por intermédio deles que a humanidade melhora e cresce. É neles que o homem aprende a ler os segredos da natureza e da harmonia universal, enquanto as obras do homem são quase sempre obras de barbárie, de fanatismo e de destruição.

Pelas palavras da celebre cientista, compreendemos que o uso desses espaços e principalmente, da realização de práticas demonstrativos na educação básica e em outros níveis, são fundamentais para o despertar dos alunos para a ciência e também para se garantir futuros progressos científicos. Como também corrobora com essa ideia (CRUZ, 2009 apud CORREIA, 2018, p. 22).

A ideia de experimentação está presente na história da humanidade. Desde os primeiros homens até os nossos dias, tudo começa de um pensamento, de uma necessidade. Depois vêm as tentativas, os erros e os acertos até acontecer o fato concreto. A ciência tem evoluído a tal ponto que traz inúmeras facilidades à vida diária, tendo em vista que, em quase todos os campos da atividade humana, existe a participação efetiva da comunidade científica.

O ensino de física por meio de demonstrações ou experimentos com materiais de baixo custo em sala de aula, traz a curiosidade e gera expectativas no estudante nos diversos temas abordados na matéria.

É fundamental que os professores de física acreditem que havendo mais aulas práticas, conseqüentemente haverá uma melhora no ensino e na aprendizagem dos estudantes em física. Quanto mais eles estiverem em contato com o que eles possam manusear e visualizar experiências científicas, maior será o seu aprendizado, Correia (2018).

Sobre essa questão, Gleiser (2000) alerta que:

Não existe nada mais fascinante no aprendizado da ciência do que vê-la em ação. E, contrariamente ao que se possa pensar, não são necessárias grandes

verbas para montar uma série de demonstrações efetivas e estimulantes, tanto para o professor como para seus alunos. (apud CORREIA, 2018, p. 28).

## 2.4 EXPERIMENTOS EM ÓPTICA

Sabe-se que o ensino de óptica geométrica ou óptica física apenas de forma tradicional, tendo como apoio o livro didático e as orientações do professor, nem sempre motivam ou despertam o interesse dos alunos pelo tema. Porém quando esses tópicos são apresentados inicialmente de forma tradicional e na sequência com demonstrações ou experimentos práticos os alunos se interessam mais pelo conteúdo e acabam compreendendo melhor esse universo que antes parecia distante em sala de aula.

Os experimentos de óptica geométrica e óptica física apresentados nesse trabalho, foram classificados em duas categorias, digitais e analógicos;

**Experimento digitais:** São práticas ou experimentos em física, apresentadas aos alunos, utilizando plataformas digitais livres na internet, tais como o Phet Interactive Simulations, disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/) e a Vascak – Física na escola, disponível em: <https://www.vascak.cz/?id=1&language=pt>. Essas ferramentas de ensino de física são gratuitas e livres, são ferramentas inovadoras e já são usadas por pouquíssimos professores no ensino de ciências em algumas escolas em Balsas.

**Experimentos analógicos:** São práticas ou experimentos em física montados em laboratório de física ou em sala de aula, seguindo um roteiro e usando equipamentos adequados preferencialmente de baixo custo, sendo cada prática montada, controlada e observada de forma tradicional.

Acredita-se que os experimentos apresentados nesses formatos conforme o apêndice A desse trabalho, tornaram o ensino de física mais significativo para os estudantes e assim possam também contribuir com o processo de ensino e aprendizagem em geral. Pois se torna mais lúdico, fácil e ainda amplia as possibilidades no ensino.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 O CONTEXTO ESCOLAR**

A pesquisa foi realizada em duas escolas de ensino médio, da cidade Balsas, sendo uma pertencente a particular e outra pública da rede estadual.

Para a escolha das escolas, alguns critérios foram considerados; as condições materiais, o perfil dos estudantes em relação à aprendizagem e a existência de capacitação dos professores, em ambas as escolas os professores de física são formados na área de atuação com licenciatura plena em física.

#### **3.2 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA**

Para a amostra, foram escolhidas duas turmas de segundo ano do ensino médio em cada escola, sendo uma, como grupo de controle e a outra como grupo experimental, em que nesta o ensino de óptica estivesse acontecendo ou já tivesse acontecido. Além disso, foram observados os seguintes critérios: total de alunos em cada sala, quantidade de aulas de Física durante a semana, observação e registro do comportamento dos alunos durante as aulas, levantamento do rendimento por meio de uma média histórica na disciplina por turma e, observação do livro didático adotado.

#### **3.3 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES**

O primeiro passo foi apresentar o projeto aos estudantes em cada turma, e antes de qualquer intervenção, foram coletados via formulário eletrônico “Google Forms” informações prévias sobre o assunto a ser abordado em sala de aula, a nível conceitual e definições (pré-teste).

Nos encontros com as turmas foram realizados na sequência os experimentos conforme planejamento ao longo do semestre vigente. Em alguns casos, houve algumas adaptações no planejamento original.

Os grupos foram denominados como: Grupo experimental e Grupo de controle.

No grupo controle, as aulas foram completamente expositivas, conceituais e com definições sem nenhuma atividade experimental. As aulas nesse grupo ocorreram sempre num determinado horário escolar, previamente combinado com o professor da turma.

No grupo de experimental, foram feitas demonstrações experimentais evidenciando conceitos e definições sobre determinados temas específicos. As aulas nesse grupo experimental ocorreram também num determinado horário escolar, combinado com o professor da turma.

Na sequência, ao final de cada encontro foram coletados dos alunos suas percepções e respostas em um questionário (pós-teste) de ambos os grupos, sobre as apresentações e/ou demonstrações experimentais via formulário eletrônico “Google Forms”.

Após a realização de todos os encontros com os alunos das escolas, foi feita a tabulação e análise dos resultados obtidos com os grupos de controle e experimental, constatando assim a eficiência das demonstrações na aprendizagem dos alunos.

### **3.4 A ATIVIDADE EXPERIMENTAL COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO**

Sabe-se que a atividade experimental em sala de aula é fundamental no processo e aprendizagem nas ciências naturais como a Física.

Segundo Ribeiro (2010, p. 57), temos que:

A atividade experimental é usualmente descrita como um dos múltiplos recursos para a aprendizagem de ciências. Além dela, outros recursos de ensino usuais que podem ser citados são o uso de computadores, a abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, sociedade e Ambiente), a utilização de metáforas e analogias, dentre outras. Defendemos que a atividade experimental se difere das outras técnicas didáticas por não ser apenas um recurso instrumental: a experimentação é parte inerente do processo de construção científica. Não se pode pensar em ciência sem experimentos, especialmente nas ciências da natureza.

Sabe-se que existe uma relação muito próxima entre a ciência e a experimentação, pois as duas estão intimamente ligadas. Segundo Ribeiro (2010, p. 58).

[...] Uma demonstração prática tem, usualmente, um inegável caráter lúdico e motivador, e não se deve negar essa propriedade, mas sim explorá-la, reconceitualizá-la. Só faz sentido a utilização de um experimento em sala de aula se ele possuir uma inequívoca função pedagógica, que contribua para a geração de conflitos cognitivos e sua posterior resolução, com o fortalecimento dos esquemas mentais do estudante como o foco principal do sistema de aprendizagem.

O trabalho que desenvolvido no grupo de controle nas escolas selecionadas incluiu essa preocupação.

Nossa opção por atividades experimentais em sala de aula de caráter demonstrativo se deve, em parte, à velocidade que desejamos imprimir à exposição do conteúdo de forma tradicional e a superação das dificuldades no entendimento da óptica física em conceitos básicos pelos estudantes do ensino médio em Balsas.

### **3.5 AULAS CONDUZIDAS NO GRUPO EXPERIMENTAL E NO DE CONTROLE**

Após a escolha das escolas que participaram do presente trabalho, houve a caracterização das turmas e a divisão dos grupos experimental e de controle. Seguimos com a aplicação do trabalho nas escolas, da seguinte maneira:

1º - Agendamento das aulas para a aplicação do trabalho com a coordenação e o professor regente da disciplina de física de cada escola, foram necessários, duas aulas para a sua efetivação.

2º - No primeiro momento foi apresentado o trabalho aos alunos e seu objetivo.

3º - Em ambos os grupos de controle e experimental, foi aplicado o pré-teste, contendo sete questões objetivas e uma subjetiva, por meio de formulário eletrônico “Google Forms”, link fornecido na hora.

4º - Foi dado o encaminhamento da aula expositiva, conforme roteiro, ao grupo de controle de forma tradicional e ao final foi aplicado o pós-teste, contendo nove questões objetivas e uma questão subjetiva, por meio de formulário eletrônico “Google Forms”, link fornecido na hora.

5º - Será dado o encaminhamento da aula de demonstrações e práticas, conforme roteiro, ao grupo de experimental e ao final será aplicado o pós-teste, contendo nove questões objetivas e uma questão subjetiva, através de formulário eletrônico “Google Forms”, link fornecido na hora.

É importante ressaltar que a última questão do formulário pós-teste aplicado nos grupos de controle e experimental é subjetiva e são diferentes, pois elas têm como objetivo, nos revelar as percepções dos alunos nos diferentes grupos.

Procuramos estabelecer a mesma sequência de apresentação dos conteúdos em ambos os grupos, inclusive observando o tempo gasto nas apresentações,

comparando e registrando todos os passos do grupo experimental e do grupo de controle.

A princípio, as aulas conduzidas no grupo experimental não pareceram muito diferentes das aulas expositivas tradicionais. Assim, torna-se obrigatória a descrição de como tais situações didáticas se inserem nos três pilares da reconceitualização do trabalho experimental proposta por Hodson (1994, apud RIBEIRO, 2010, p. 59) “aprendizagem da ciência, da natureza da ciência e da prática da ciência) e na teoria de desenvolvimento cognitivo de Piaget. As argumentações e interpretações expostas são baseadas em anotações que faremos durante o desenvolvimento do trabalho.”

### **Sequência didática:**

- 3.5.1 – Aplicação de instrumento de verificação Pré-teste;
- 3.5.2 – LENTES, Determinação do foco de uma lente.
- 3.5.3 – ESPELHOS ESFÉRICOS, Caracterização de imagens.
- 3.5.4 – DEFEITOS DA VISÃO, Correção dos defeitos da visão com lentes.
- 3.5.5 – DISPERSÃO DA LUZ BRANCA, Separação de cores em um prisma.
- 3.5.6 – COMPOSIÇÃO DA LUZ, Disco de Newton.
- 3.5.7 – INTERFERÊNCIA DA LUZ, Espalhamento pela fenda dupla.
- 3.5.8 – Aplicação de instrumento de verificação Pós-testes;

- **Questionário pré-teste (Diagnóstico)**

**Questão 1** – Qual é a natureza da luz ?

- a) É um campo visual.
- b) É uma onda mecânica.
- c) É uma onda eletromagnética (resposta correta).
- d) Não sei responder.

**Questão 2** – Você sabe como se determina o foco de uma lente delgada?

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Parcialmente sim.



d) Não vi como se faz isso.

**Questão 3** – Para se conseguir uma imagem virtual e menor, que tipo de espelho esférico se usa?

- a) Espelho côncavo.
- b) Espelho convexo (resposta correta).
- c) Espelho plano.
- d) Não sei responder.

**Questão 4** – Você entende como se forma o arco-íris no céu em dias de chuva?

- a) Princípio da dispersão da luz (resposta correta).
- b) Princípio da composição da luz.
- c) Difração da luz.
- d) Não sei responder.

**Questão 5** – Você conhece bem os problemas da visão mais conhecidos, e porque eles ocorrem?

- a) Sim, conheço todos.
- b) Conheço alguns.
- c) Só conheço um .
- d) Não sei responder.

**Questão 6** – Você conhece o fenômeno da interferência da luz?

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Já ouvi falar.
- d) Não sei responder.

**Questão 7** – Qual fenômeno físico explica uma imagem distorcida, quando observada através de um copo d'água cheio?

- a) Reflexão da luz
- b) Refração da luz (resposta correta)
- c) Interferência
- d) Efeito Doppler

**Questão 8** – Você já teve alguma aula prática de óptica física? Se sim, conte como foi, teve roteiro?

---

---

- **Questionário pós-teste. (Consolidação)**

**Questão 1** - Qual é a natureza da luz ?

- a) É um campo visual.
- b) É uma onda mecânica.
- c) Não sei responder.
- d) É uma onda eletromagnética (resposta correta).

**Questão 2** – O que é o método de Bessel?

- a) é um método para se determinar o foco de uma lente delgada (resposta correta).
- b) é um método matemático para espelhos.
- c) é um método de interferência da luz.
- d) Não sei de que se trata.

**Questão 3** – Para se conseguir uma imagem real e maior, que tipo de espelho esférico se usa?

- a) Espelho côncavo. (resposta correta)
- b) Espelho convexo.
- c) Espelho plano.

d) Não sei responder.

**Questão 4** – Qual é o princípio físico que explica o fenômeno do arco-íris no céu em dias de chuva?

a) Princípio da dispersão da luz (resposta correta).

b) Princípio da composição da luz.

c) Difração da luz.

d) Não sei responder.

**Questão 5** – O que é o problema da miopia na visão humana?

a) Miopia é o distúrbio visual que acarreta uma focalização da imagem depois desta da retina.

b) Miopia é o distúrbio visual que acarreta uma focalização da imagem antes desta chegar à retina (resposta correta).

c) Miopia é um problema causa pela falta de células fotossensíveis.

d) Não sei responder.

**Questão 6** – Quando a Luz passa do vácuo para um meio material a luz sofre variação em sua velocidade de propagação, que depende do comprimento de onda da luz incidente e, pode sofrer, também, mudança em sua direção. Essa mudança na velocidade de propagação da luz, ao mudar de meio é um fenômeno óptico conhecido como:

a) dispersão.

b) interferência.

c) refração (resposta correta).

d) espalhamento.

**Questão 7** – Um comerciante deseja instalar um espelho esférico que lhe forneça um grande campo visual de seu comércio a fim de monitorá-lo mais eficientemente. O tipo de espelho mais indicado para tal fim é:

a) um espelho plano.

- b) um espelho esférico côncavo.
- c) um espelho esférico convexo. (resposta correta)
- d) um espelho parabólico.

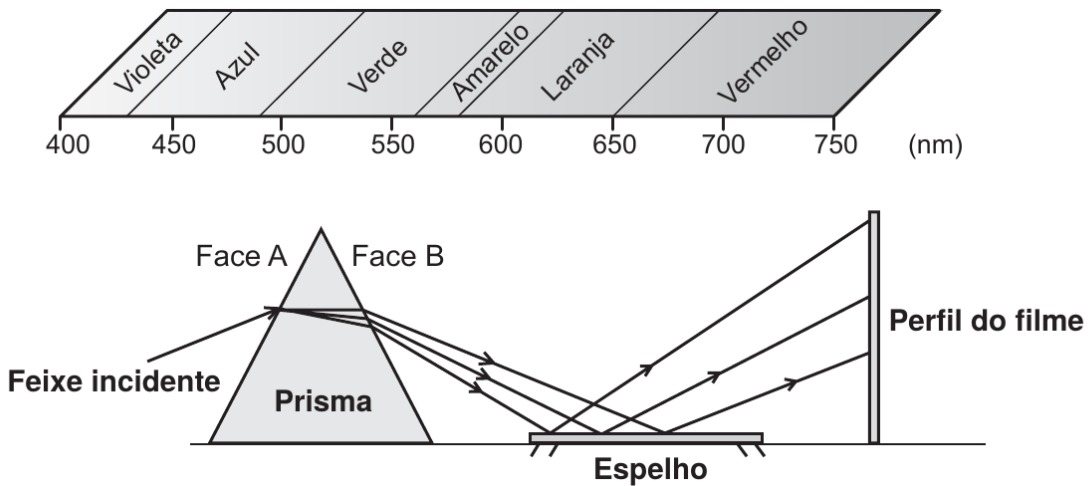
**Questão 8 – (ENEM)** Quando se considera a extrema velocidade com que a luz espalha-se por todos os lados e que, quando vêm de diferentes lugares, mesmo totalmente opostos, os raios luminosos atravessam uns aos outros sem se atrapalharem, compreende-se que, quando vemos um objeto luminoso, isso não poderia ocorrer pelo transporte de uma matéria que venha do objeto até nós, como uma flecha ou bala que atravessa o ar, pois certamente isso repugna bastante a essas duas propriedades da luz, principalmente a última.

HUYGENS, C. in: MARTINS, R. A. Tratado sobre a luz, de Cristian Huygens. Caderno de História e Filosofia da Ciência, supl. 4, 1986.

O texto contesta que concepção acerca do comportamento da luz?

- a) O entendimento de que a luz precisa de um meio de propagação, difundido pelos defensores da existência do éter.
- b) O modelo ondulatório para a luz, o qual considera a possibilidade de interferência entre feixes luminosos.
- c) O modelo corpuscular defendido por Newton, que descreve a luz como um feixe de partículas. (resposta correta)
- d) A crença na velocidade infinita da luz, defendida pela maioria dos filósofos gregos.
- e) A ideia defendida pelos gregos de que a luz era produzida pelos olhos.

**Questão 9 (ENEM)** – A figura abaixo representa um prisma óptico, constituído de um material transparente, cujo índice de refração é crescente com a frequência da luz que sobre ele incide. Um feixe luminoso, composto por luzes vermelha, azul e verde, incide na face A, emerge na face B e, após ser refletido por um espelho, incide num filme para fotografia colorida, revelando três pontos.



A figura representa um prisma óptico, constituído de um material transparente, cujo índice de refração é crescente com a frequência da luz que sobre ele incide. Um feixe luminoso, composto por luzes vermelha, azul e verde, incide na face A, emerge na face B e, após ser refletido por um espelho, incide num filme para a fotografia colorida, revelando três pontos.

Observando os pontos luminosos revelados no filme, de baixo para cima, constata-se as seguintes cores:

- Vermelha, verde, azul. (resposta correta)
- Verde, vermelha, azul.
- Azul, verde, vermelha.
- Verde, azul, vermelha.
- Azul, vermelha, verde.

**Questão 10** – Diferenciada por grupo de aplicação:

**Para o grupo de controle:** *O que você achou das demonstrações de física óptica apresentadas? Gostaria de ver as práticas Digitais e Analógicas ?*

**Para o grupo experimental:** *O que você achou das demonstrações práticas de física óptica apresentadas?*

---

---

---

### 3.6 METODOLOGIA DA ANÁLISE DO RESULTADO

A metodologia utilizada neste trabalho foi baseada em dois grupos distintos, um experimental e outro de controle. Encontra-se em Almeida e Moreira (2008 apud RIBEIRO, 2010, p. 69) uma definição precisa dessa metodologia adaptada utilizada e suas vantagens de utilização em sala de aula:

Tecnicamente, o delineamento foi quase-experimental do tipo grupo de controle (comparação) não equivalente. Este delineamento é o de número 10 da tipologia clássica de Campbell e Stanley (1963, apud. ALMEIDA e MOREIRA, 2008). [...] Trata-se de um dos delineamentos mais difundidos na pesquisa educacional compreendendo um grupo experimental e outro de controle, dos quais ambos respondem um pré-teste e um pós-teste, porém, não possuem equivalência pré-experimental de amostragem. Ao contrário, ambos os grupos constituem entidades formadas naturalmente [...], tão similares quanto a disponibilidade o permita, ainda que não tanto que se possa prescindir do pré-teste. A designação do tratamento X a outro grupo é aleatória e controlada pelo pesquisador. [...] A diferença entre este delineamento (quase-experimental) e um experimental é a não aleatoriedade na formação dos grupos. Além de reconhecer que este delineamento é muito usado na prática [...], reconhecem também que a agregação de um grupo de controle não equivalente reduz em grande parte as ambiguidades que decorriam de um delineamento de um só grupo com pré e pós-teste. Dizem ainda que quanto mais similares sejam, na formação, os grupos experimental e controle e que quanto mais se confirme essa similaridade nos escores do pré-teste tanto mais eficaz resulta o controle de variáveis que possam, além do tratamento, explicar diferenças no pós-teste.

Para o tratamento estatístico dos dados coletados, optamos por apresentar os resultados por meio de gráficos de setor circular, de forma clara, atendendo sempre a nossa demanda e com a possibilidade de comparação dos dados entre os dois grupos de controle e experimental. Todos os dados serão tabulados utilizando as ferramentas de construção e análise do software Microsoft Excel. As planilhas foram confeccionadas para apurar dados de forma clara e precisa, afim de facilitar a leitura e a compreensão dos dados coletados, nos testes aplicados.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 PROCEDIMENTO

Neste trabalho realiza-se a demonstração de uma seleção de experimentos de óptica geométrica e física em sala de aula do ensino médio, a fim de também investigar a influência que o uso de experimentos demonstrativos pode causar no processo de aprendizagem de óptica. As demonstrações foram realizadas em sala de aula durante um semestre, tempo suficiente para realização dos experimentos propostos, discussões e coleta das informações necessárias. No primeiro encontro fez-se uma breve exposição do projeto, apresentando a área de conhecimento da Física envolvida e os objetivos a serem alcançados durante o desenvolvimento do mesmo e, finalizou-se com a aplicação do instrumento de verificação Pré-teste. Esse instrumento consiste de um questionário contendo questões objetivas e subjetivas, que têm como foco os seguintes pontos: (i) verificar se os alunos já tiveram contato com o conteúdo da óptica geométrica e física; (ii) identificar através das pequenas-respostas o grau de conhecimento dos alunos na área da óptica geométrica e física; (iii) identificar se há um claro entendimento das questões aplicadas, ou seja, se há compreensão da pergunta-problema; (iv) realizar ajustes na abordagem do problema ou questões já existentes.

Nos encontros seguintes foram realizadas as demonstrações envolvendo temas da óptica geométrica e física listados na seção 4.5. Em cada encontro foram abordados as leis e conceitos da óptica conforme cada atividade prática de demonstração e coletadas as informações sobre as reações dos alunos diante dos experimentos e, as interações discursivas entre o professor e alunos em sala de aula. Cada experimento foi dirigido pelo pesquisador Roney da Silva Gomes, orientado pelo Prof. Dr. Antônio R. Cunha. É importante ressaltar que Roney Gomes é também professor do Ensino Fundamental e Médio em escolas pública e privadas. Portanto, todas as atividades de demonstração deste projeto foram dirigidas por ele, como também foi ele quem montou os experimentos, faz as observações e deu explicações aos alunos em sala de aula. Inicialmente, os alunos apenas observaram o fenômeno acontecendo e depois tiveram um momento de reflexão e discussão, sobre o



experimento com o Professor. É importante este momento com o Professor, pois como observa Gaspar(2005,p. 4), sobre o uso da demonstração:

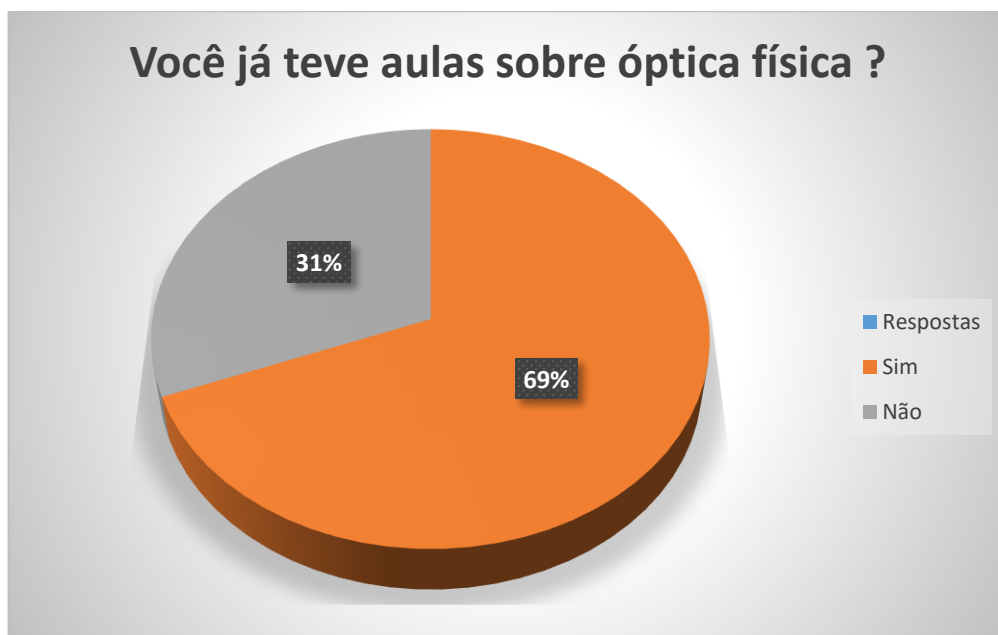
A demonstração experimental em sala de aula não é um recurso pedagógico autossuficiente nem uma atividade autoexplicativa. Não basta apresentá-la, impressionar o aluno e colher o seu aplauso para que ele possa aprender os conceitos que motivaram a sua apresentação. É indispensável à participação ativa do professor ele é o parceiro mais capaz, é quem domina o abstrato e pode extraí-lo do concreto

No último encontro fez-se a aplicação do instrumento de verificação Pós-testes e analisou-se os resultados comparando com os dados obtidos no questionário do pré-teste, de modo a verificar se houve influência positiva dos experimentos trabalhados em sala de aula na aprendizagem dos alunos. Além disso, verificou-se se realmente os alunos associaram a teoria apresentada durante as aulas de demonstrações com à prática por meio dos experimentos.

#### 4.2 ANÁLISE DO PRÉ-TESTE GRUPO DE CONTROLE

Foram coletados as respostas de 68 alunos, sendo 29 do Centro de Ensino Dom Daniel Comboni (pública), e 39 alunos do Colégio Educar Advanced (privada).

Figura 1 - Pergunta inicial - pré-teste (Autor, 2021)



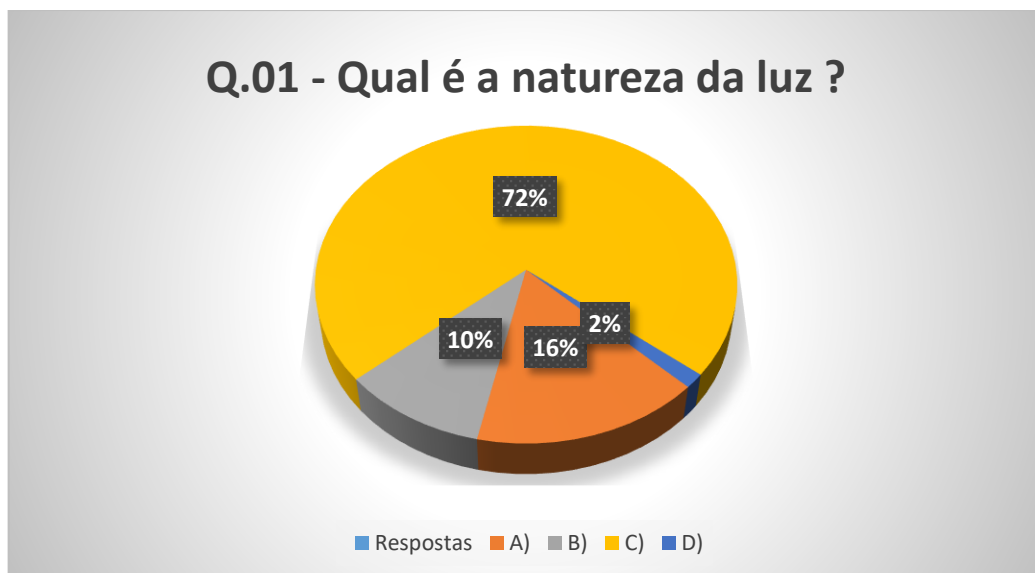
Observou-se que trinta e um por cento dos alunos ainda não tiveram aulas de física óptica, porém a maioria, sessenta e nove por cento já teve aula sobre o tema.

### Análise da questão 01

Qual é a natureza da luz ?

- a) É um campo visual.
- b) É uma onda mecânica.
- c) É uma onda eletromagnética (resposta correta).
- d) Não sei responder.

Figura 2 - Questão 1 - pré-teste (Autor, 2021)



Observou-se que a maioria dos alunos num total de setenta e dois por cento dos participantes responderam corretamente a questão nos dois grupos pesquisados. Porém alguns alunos ainda não compreenderam a natureza da luz.

### Análise da questão 02

Você sabe como se determina o foco de uma lente delgada?

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Parcialmente sim.

d) Não vi como se faz isso.

Figura 3 - Questão 2 - pré-teste (Autor, 2021)



Observou-se que a maioria dos alunos, num total de trinta e cinco por cento dos participantes, respondeu não saber como se determina o foco de uma lente delgada e trinta e um por cento saber parcialmente como se determina o foco de uma lente delgada, isso nos revela que, os alunos, não tem um conhecimento consolidado sobre o tema em questão.

### **Análise da questão 03**

Para se conseguir uma imagem virtual e menor, que tipo de espelho esférico se usa?

- a) Espelho côncavo.
- b) Espelho convexo (resposta correta).
- c) Espelho plano.
- d) Não sei responder.

Figura 4 - Questão 3 - pré-teste (Autor, 2021)



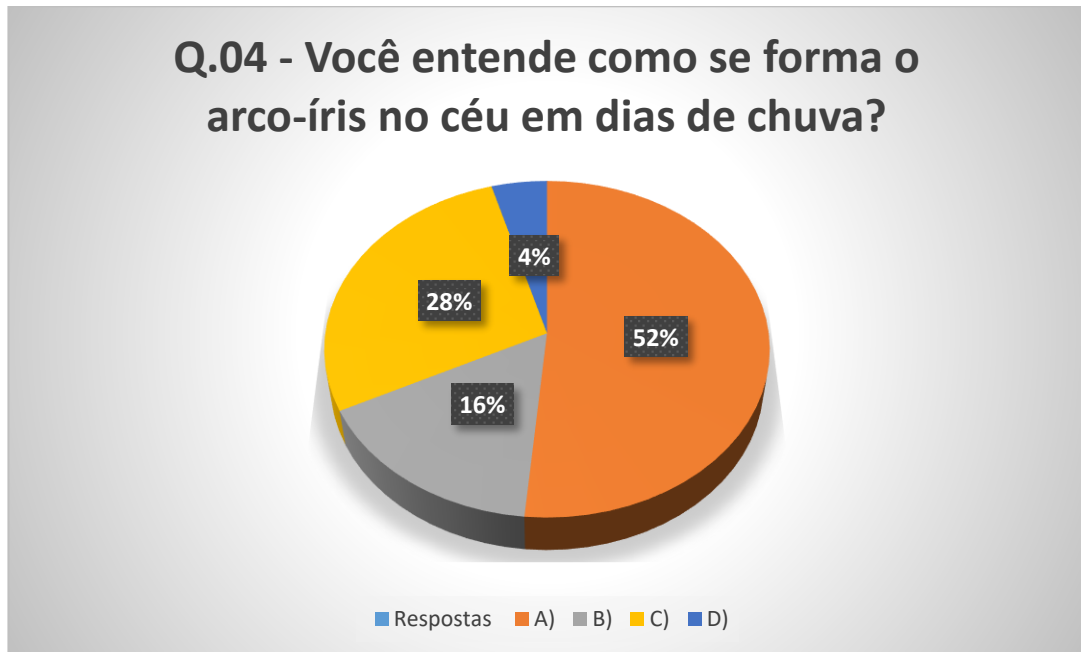
Observou-se que a maioria dos alunos, num total de cinquenta e nove por cento dos participantes, responderam corretamente à questão, porém muitos ainda não consolidaram o conteúdo sobre o tema abordado.

#### **Análise da questão 04**

Você entende como se forma o arco-íris no céu em dias de chuva?

- Princípio da dispersão da luz (resposta correta).
- Princípio da composição da luz.
- Difração da luz.
- Não sei responder.

Figura 5 - Questão 4 - pré-teste (Autor, 2021)



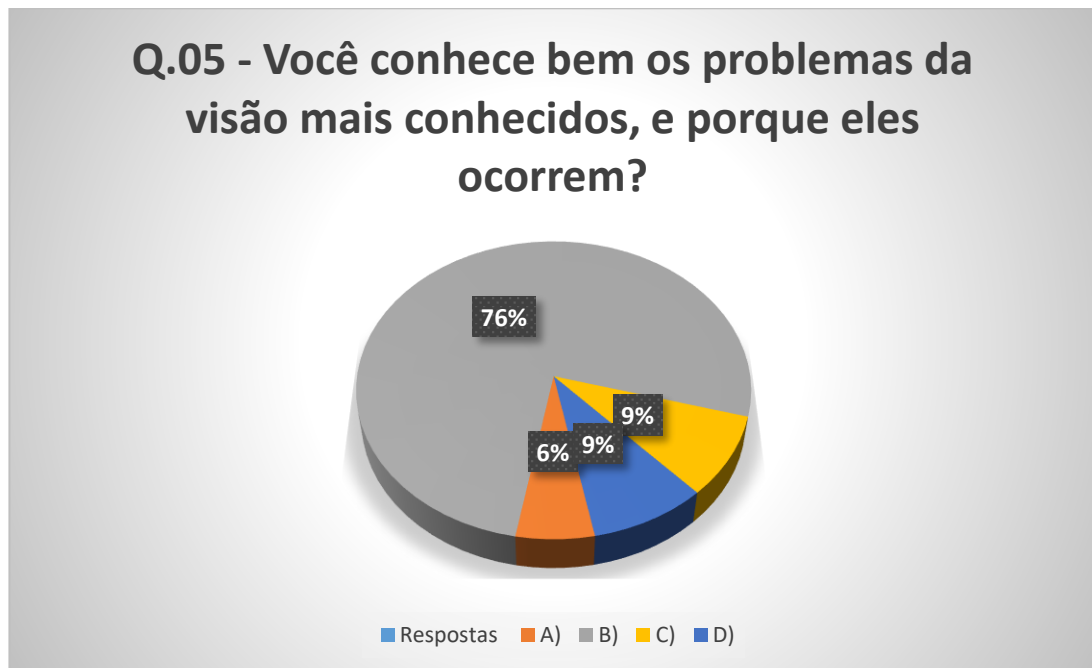
Observou-se que a maioria dos alunos, num total de cinquenta e dois por cento dos participantes, responderam corretamente à questão, porém ainda é grande o percentual de alunos que não consolidaram o tema abordado.

### **Análise da questão 05**

Você conhece bem os problemas da visão mais conhecidos, e porque eles ocorrem?

- a) Sim, conheço todos.
- b) Conheço alguns.
- c) Só conheço um .
- d) Não sei responder.

Figura 6 - Questão 5 - pré-teste (Autor, 2021)



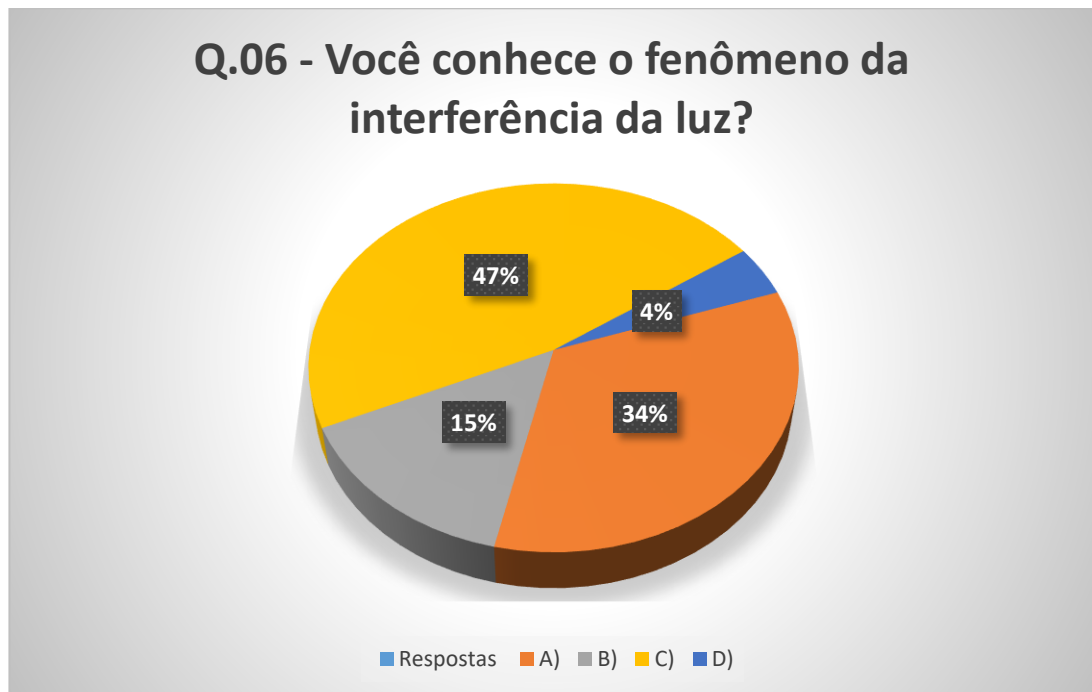
Observou-se que a maioria dos alunos, num total de setenta e seis por cento dos participantes, responderam conhecer somente alguns dos problemas da visão. E apenas seis por cento disseram conhecer todos.

### **Análise da questão 06**

Você conhece o fenômeno da interferência da luz?

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Já ouvi falar.
- d) Não sei responder.

Figura 7 - Questão 6 - pré-teste (Autor, 2021)



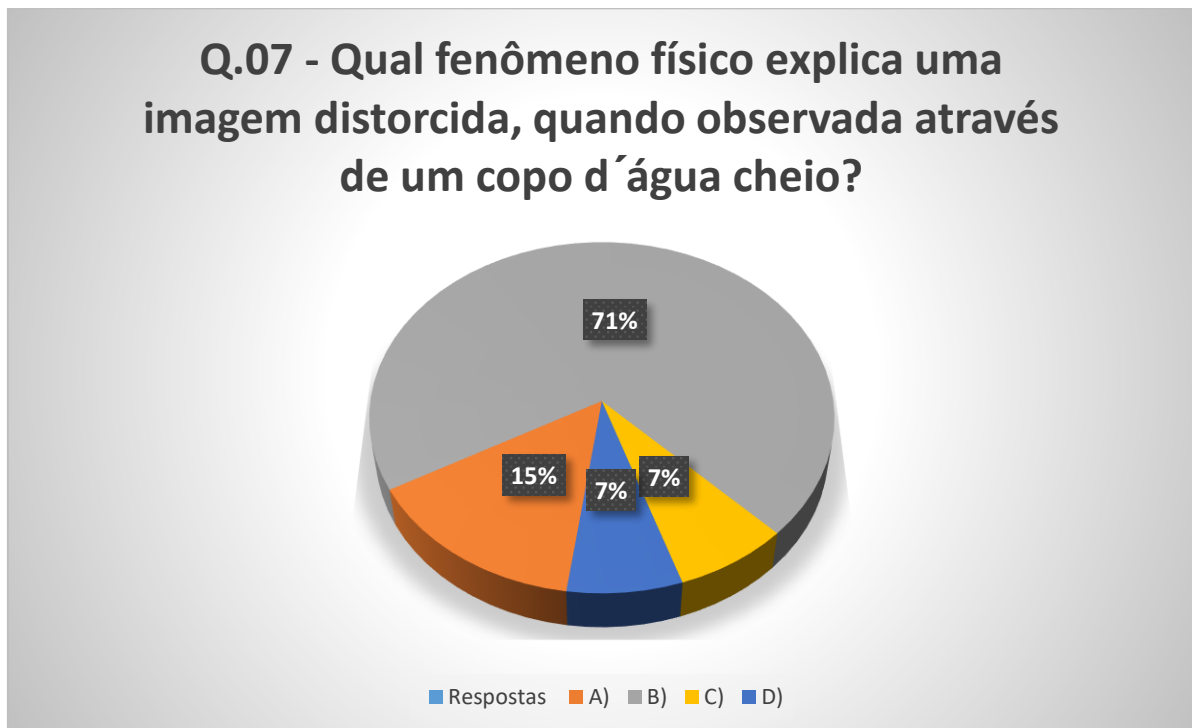
Observou-se que apenas trinta e quatro por cento dos alunos pesquisados, responderam conhecer o fenômeno da interferência da luz, porém o número de alunos que ainda não conhece ou apenas já ouviu falar é muito grande.

### **Análise da questão 07**

Qual fenômeno físico explica uma imagem distorcida, quando observada através de um copo d'água cheio?

- a) Reflexão da luz
- b) Refração da luz (Resposta correta)
- c) Interferência
- d) Efeito Doppler

Figura 8 - Questão 7 - pré-teste (Autor, 2021)



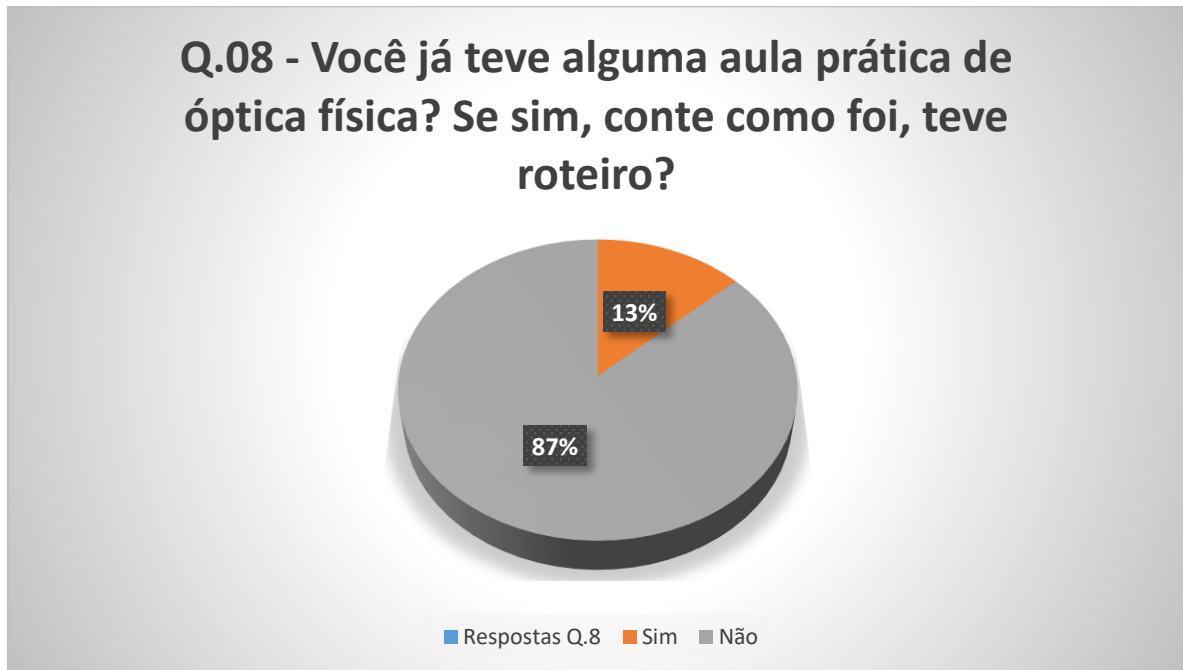
Observou-se que a maioria, setenta e um por cento dos alunos responderam corretamente à questão. Esse percentual de acerto foi muito significativo.

#### **Análise da questão 08 (aberta)**

Você já teve alguma aula prática de óptica física? Se sim, conte como foi, teve roteiro?



Figura 9 - Questão 8 - pré-teste (Autor, 2021)



Observou-se que a maioria, oitenta e sete por cento dos alunos, responderam que nunca tiveram aulas práticas de óptica física e os poucos que tiveram, treze por cento, relataram na pesquisa suas experiências positivas com as aulas práticas. Vejamos algumas delas:

**Resposta 1:** Sim. *“Foi legal, obtive bastante aprendizado mas ainda me falha na memória muitas informações”.*

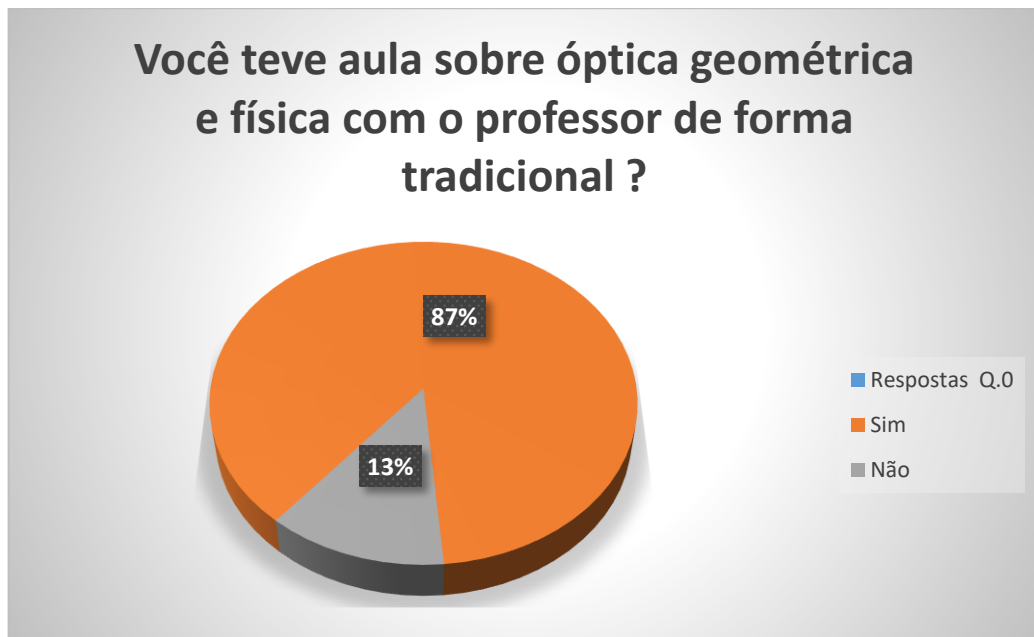
**Resposta 2:** Sim. *“Foi muito interessante. Nosso professor nos levou ao laboratório para analisar a o fenômeno de refração”.*

**Resposta 3:** Sim, *“Foi bem interessante, deu pra compreender melhor o conteúdo”.*

### 4.3 – ANÁLISE DO PÓS-TESTE GRUPO DE CONTROLE (SEM EXPERIMENTOS)

Foram coletadas as respostas de 56 alunos, sendo 25 do Centro de Ensino Dom Daniel Comboni (pública), e 31 alunos do Colégio Educar Advanced (privada).

Figura 10 - Pergunta inicial - pós-teste grupo de controle (Autor, 2021)



Observou-se que, oitenta e sete por cento dos alunos, responderam que tiveram aula sobre óptica geométrica e física de forma tradicional, com o professor Roney, apresentando aos alunos, conceitos e o contexto histórico dos temas abordados nesse trabalho antes da aplicação do questionário pós-teste. Essa estratégia foi definida na metodologia a ser aplicada no grupo de controle. E foi constatado ainda que treze por cento dos alunos responderam a essa pergunta negativamente. Percebeu-se que esses alunos se confundiram na interpretação da pergunta, pois relacionaram a pergunta com o fato do professor da disciplina na escola não ter dado aula sobre esse tema e não com a apresentação do professor Roney.

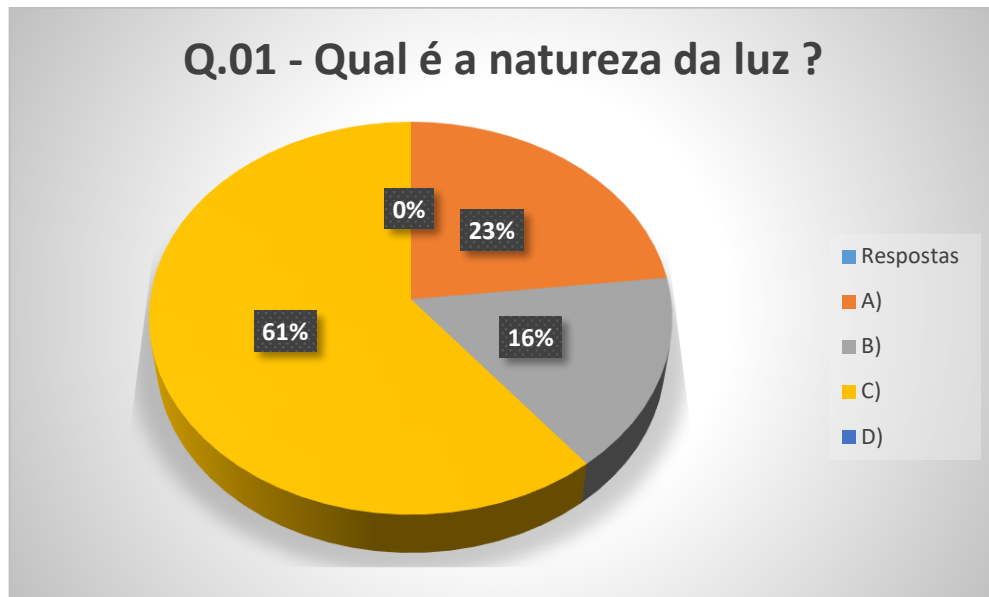
#### Análise da questão 01

Qual é a natureza da luz ?

- a) É um campo visual.

- b) É uma onda mecânica.
- c) É uma onda eletromagnética (resposta correta).
- d) Não sei responder.

Figura 11 - Questão 1 - pós-teste grupo de controle (Autor, 2021)



O percentual de acerto dessa questão no grupo de controle, foi de sessenta e um por cento.

### Análise da questão 02

O que é o método de Bessel?

- a) é um método para se determinar o foco de uma lente delgada (resposta correta).
- b) é um método matemático para espelhos.
- c) é um método de interferência da luz.
- d) Não sei de que se trata.

Figura 12 - Questão 2 - pós-teste grupo de controle (Autor, 2021)



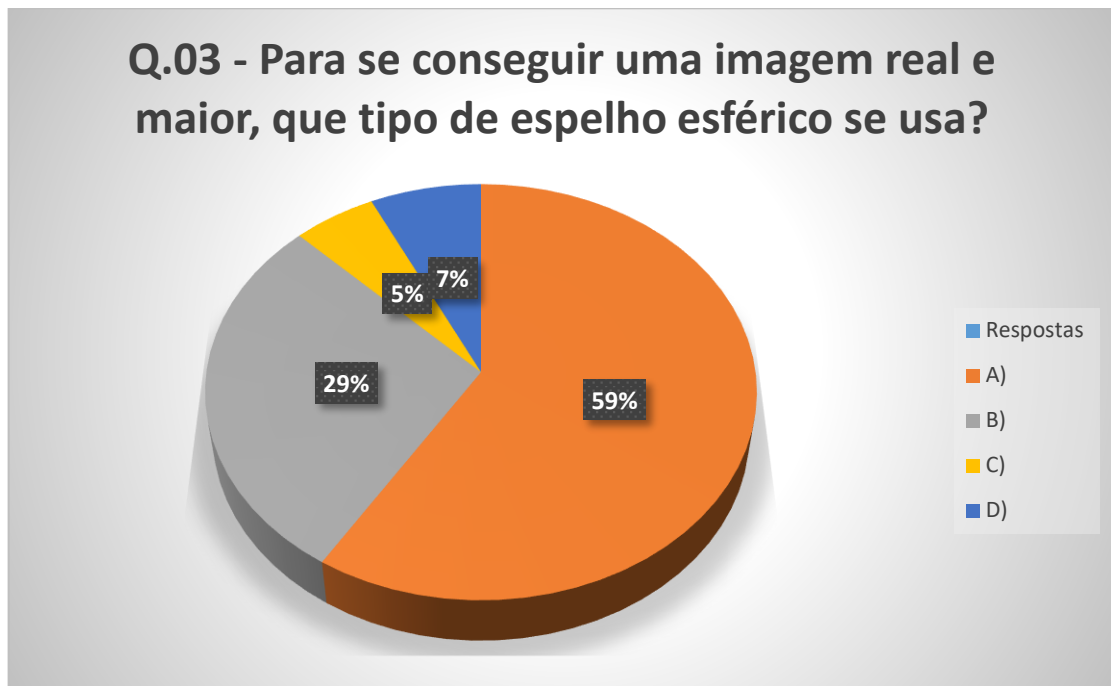
O percentual de acerto dessa questão no grupo de controle, foi de quarenta e seis por cento.

### **Análise da questão 03**

Para se conseguir uma imagem real e maior, que tipo de espelho esférico se usa?

- a) Espelho côncavo. (resposta correta)
- b) Espelho convexo.
- c) Espelho plano.
- d) Não sei responder.

Figura 13 - Questão 3 - pós-teste grupo de controle (Autor, 2021)



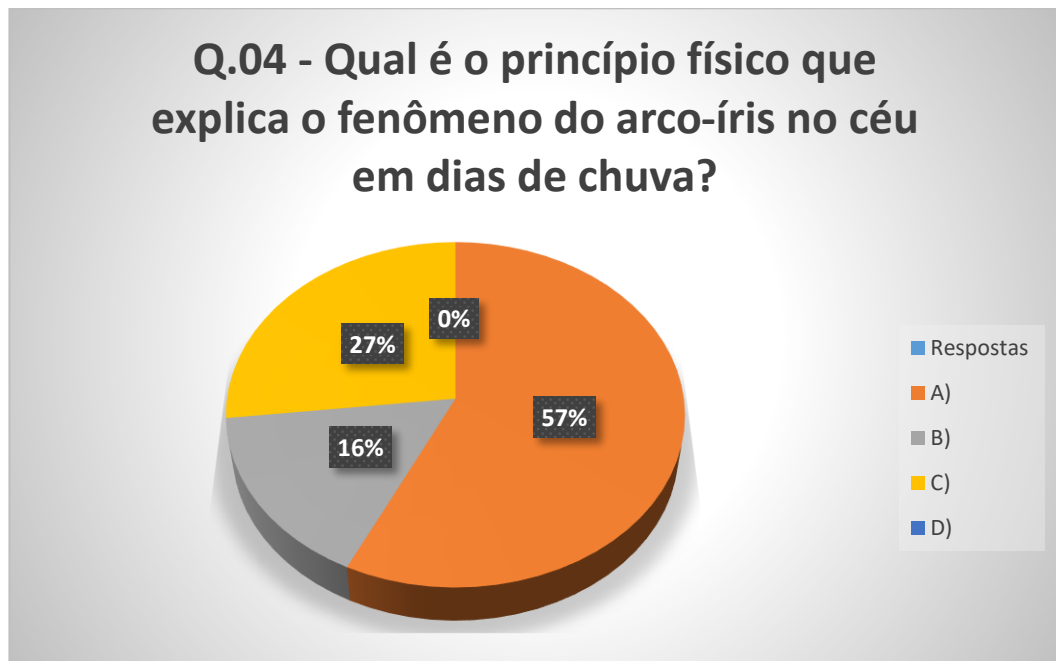
O percentual de acerto dessa questão no grupo de controle, foi de cinquenta e nove por cento.

#### **Análise da questão 04**

Qual é o princípio físico que explica o fenômeno do arco-íris no céu em dias de chuva?

- a) Princípio da dispersão da luz (resposta correta).
- b) Princípio da composição da luz.
- c) Difração da luz.
- d) Não sei responder.

Figura 14 - Questão 4 - pós-teste grupo de controle (Autor, 2021)



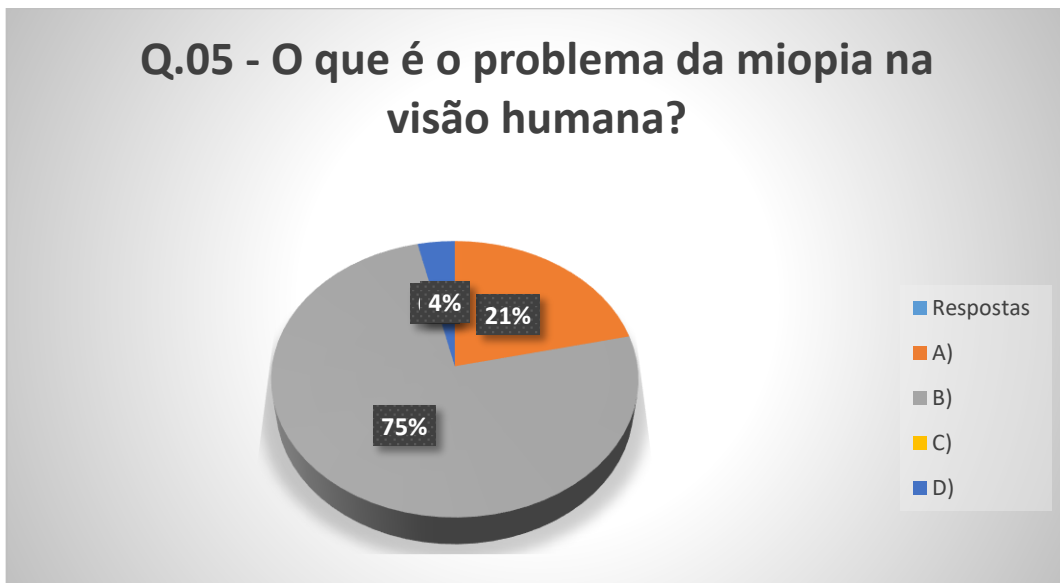
O percentual de acerto dessa questão no grupo de controle, foi de cinquenta e sete por cento.

### **Análise da questão 05**

O que é o problema da miopia na visão humana?

- a) Miopia é o distúrbio visual que acarreta uma focalização da imagem depois desta da retina.
- b) Miopia é o distúrbio visual que acarreta uma focalização da imagem antes desta chegar à retina (resposta correta).
- c) Miopia é um problema causa pela falta de células fotossensíveis.
- d) Não sei responder.

Figura 15 - Questão 5 - pós-teste grupo de controle (Autor, 2021)



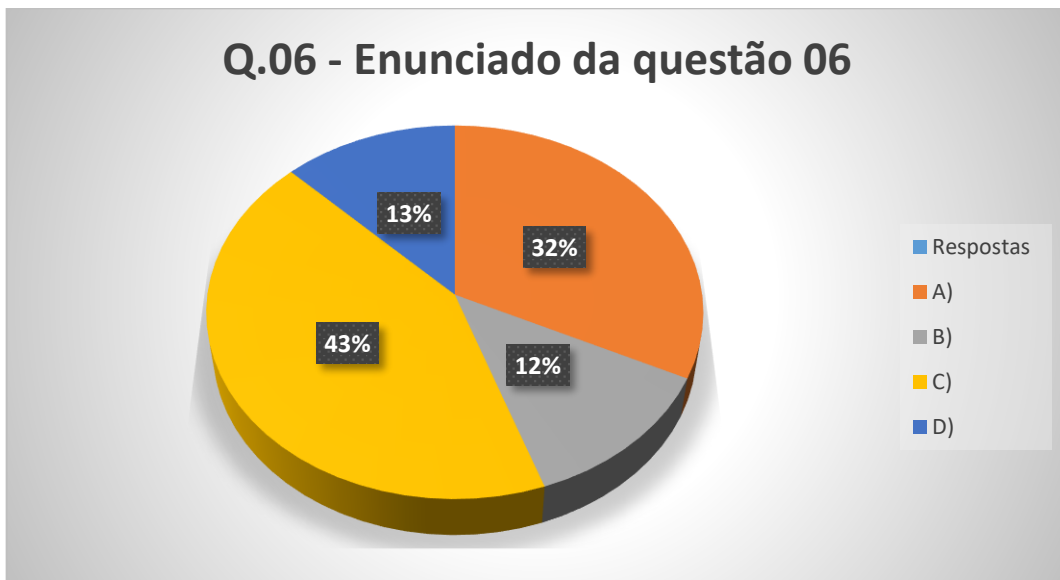
O percentual de acerto dessa questão no grupo de controle foi de setenta e cinco por cento. Um resultado muito significativo para aprendizagem dos alunos.

### **Análise da questão 06**

Quando a Luz passa do vácuo para um meio material, ela sofre variação em sua velocidade de propagação, que depende do comprimento de onda da luz incidente e, pode sofrer, também, mudança em sua direção. Essa mudança na velocidade de propagação da luz, ao mudar de meio é um fenômeno óptico conhecido como:

- a) dispersão.
- b) interferência.
- c) refração (resposta correta).
- d) espalhamento.

Figura 16 - Questão 6 - pós-teste grupo de controle (Autor, 2021)



O percentual de acerto dessa questão no grupo de controle foi de quarenta e três por cento.

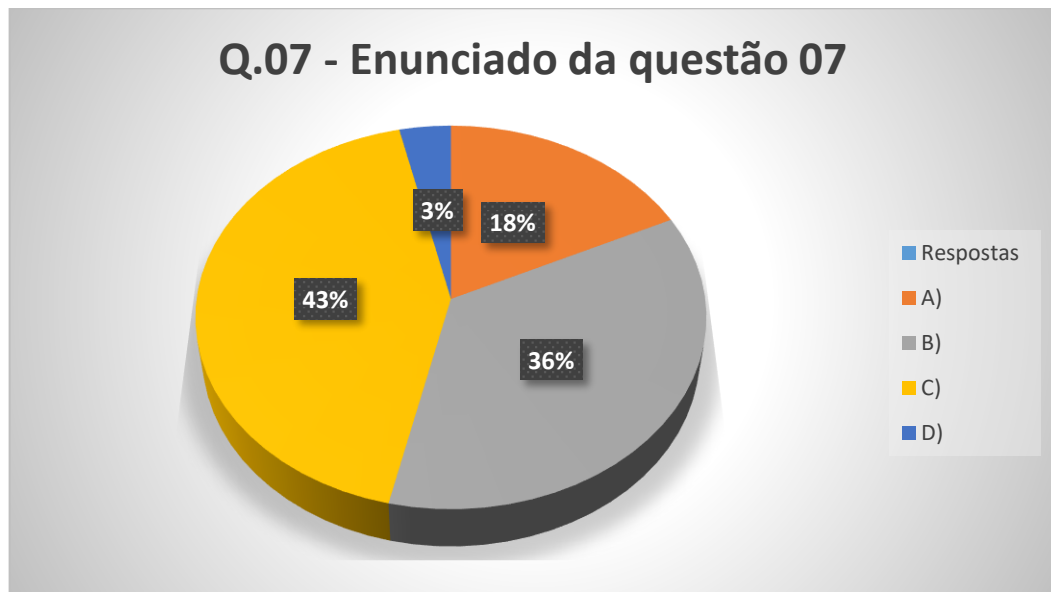
### **Análise da questão 07**

Um comerciante deseja instalar um espelho esférico que lhe forneça um grande campo visual de seu comércio a fim de monitorá-lo mais eficientemente. O tipo de espelho mais indicado para tal fim é:

- a) um espelho plano.
- b) um espelho esférico côncavo.
- c) um espelho esférico convexo. (resposta correta)
- d) um espelho parabólico.



Figura 17 - Questão 7 - pós-teste grupo de controle (Autor, 2021)



O percentual de acerto dessa questão no grupo de controle foi de quarenta e três por cento.

### Análise da questão 08

**(ENEM)** Quando se considera a extrema velocidade com que a luz espalha-se por todos os lados e que, quando vêm de diferentes lugares, mesmo totalmente opostos, os raios luminosos atravessam uns aos outros sem se atrapalharem, compreende-se que, quando vemos um objeto luminoso, isso não poderia ocorrer pelo transporte de uma matéria que venha do objeto até nós, como uma flecha ou bala que atravessa o ar, pois certamente isso repugna bastante a essas duas propriedades da luz, principalmente a última. HUYGENS, C. in: MARTINS, R. A. Tratado sobre a luz, de Cristian Huygens. Caderno de História e Filosofia da Ciência, supl. 4, 1986.

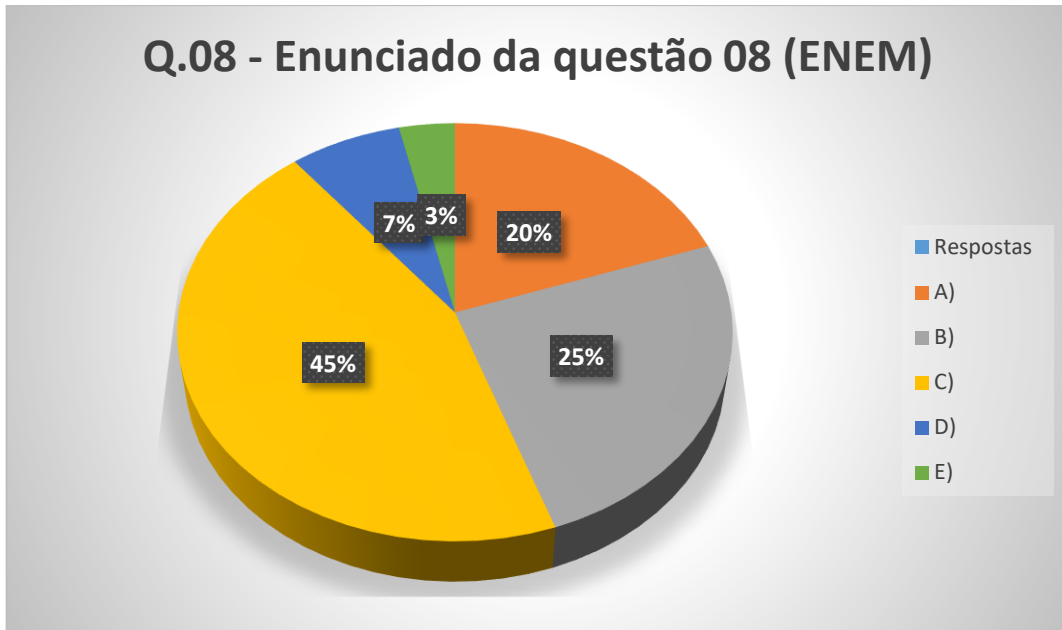
O texto contesta que concepção acerca do comportamento da luz?

- O entendimento de que a luz precisa de um meio de propagação, difundido pelos defensores da existência do éter.
- O modelo ondulatório para a luz, o qual considera a possibilidade de interferência entre feixes luminosos.
- O modelo corpuscular defendido por Newton, que descreve a luz como um feixe de partículas. (resposta correta)

d) A crença na velocidade infinita da luz, defendida pela maioria dos filósofos gregos.

e) A ideia defendida pelos gregos de que a luz era produzida pelos olhos.

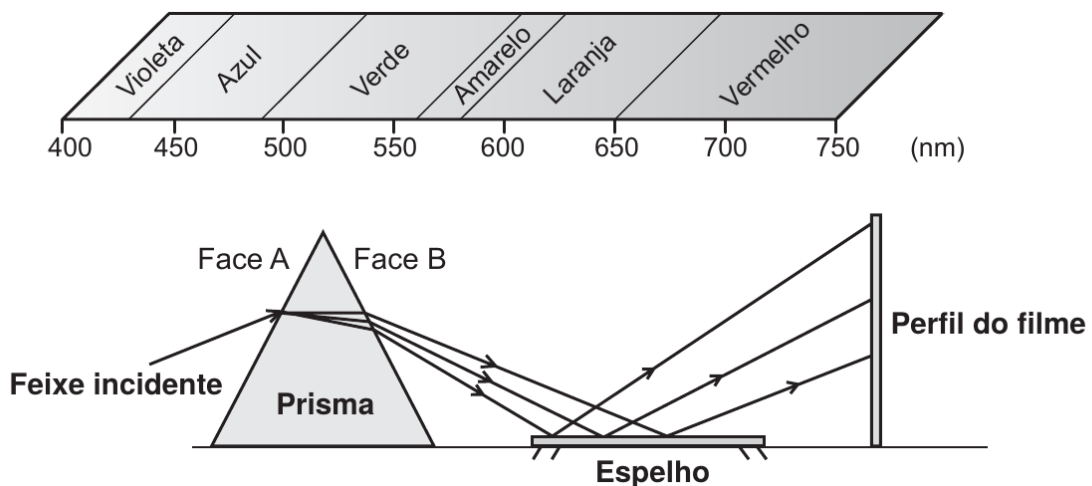
Figura 18 - Questão 8 - pós-teste grupo de controle (Autor, 2021)



O percentual de acerto dessa questão no grupo de controle, foi de quarenta e cinco por cento.

### Análise da questão 09

**(ENEM)** – A figura abaixo representa um prisma óptico, constituído de um material transparente, cujo índice de refração é crescente com a frequência da luz que sobre



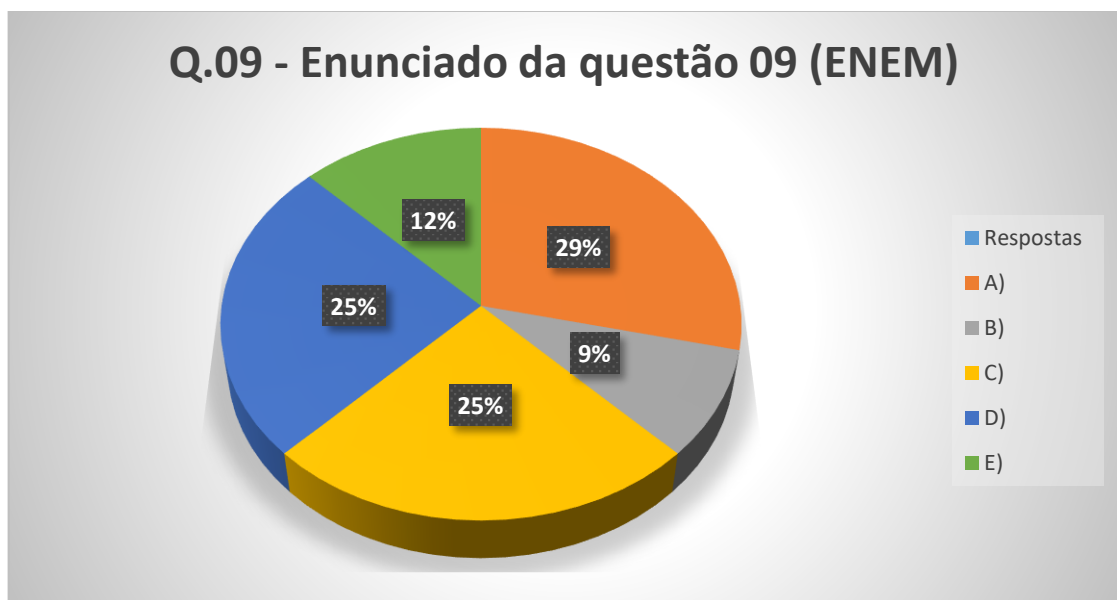
ele incide. Um feixe luminoso, composto por luzes vermelha, azul e verde, incide na face A, emerge na face B e, após ser refletido por um espelho, incide num filme para fotografia colorida, revelando três pontos.

A figura representa um prisma óptico, constituído de um material transparente, cujo índice de refração é crescente com a frequência da luz que sobre ele incide. Um feixe luminoso, composto por luzes vermelha, azul e verde, incide na face A, emerge na face B e, após ser refletido por um espelho, incide num filme para a fotografia colorida, revelando três pontos.

Observando os pontos luminosos revelados no filme, de baixo para cima, constatam-se as seguintes cores:

- a) Vermelha, verde, azul. (resposta correta)
- b) Verde, vermelha, azul.
- c) Azul, verde, vermelha.
- d) Verde, azul, vermelha.
- e) Azul, vermelha, verde.

Figura 19 - Questão 9 - pós-teste grupo de controle (Autor, 2021)



O percentual de acerto dessa questão no grupo de controle foi de vinte e nove por cento.

### **Análise da questão 10 (Subjetiva)**

O que você achou das demonstrações de física óptica apresentadas? Gostaria de ver as práticas Digitais e Analógicas?

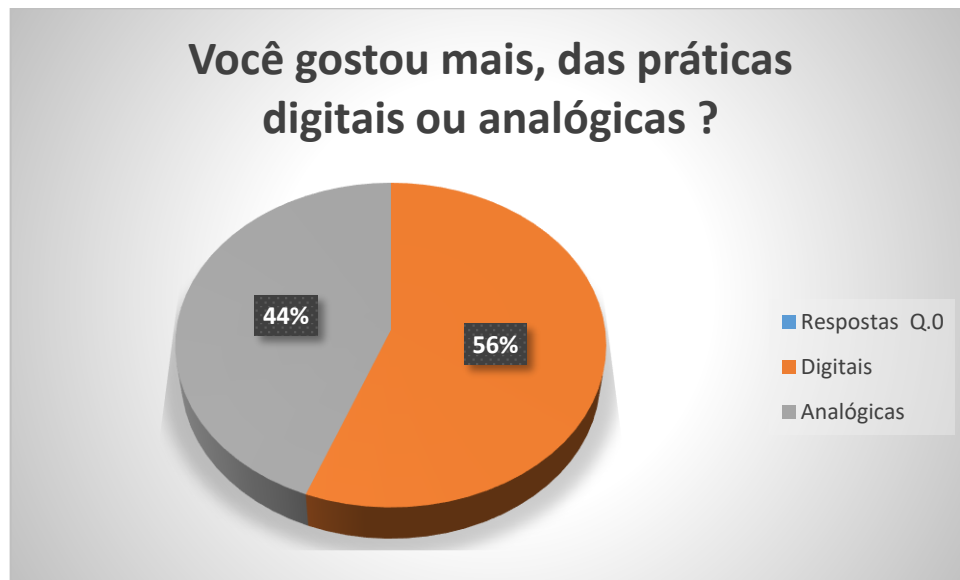
Constatou-se que, mesmo sem apresentar as práticas digitais e analógicas, os alunos gostaram da aula expositiva apresentada a eles, e o feedback deles nessa pergunta foi bem interessante, como demonstraremos a seguir, expondo algumas das respostas coletadas:

- Achei o conteúdo interessante mesmo sendo um pouco difícil, sim gostaria de ver os experimentos.
- Achei bem explícita a explicação e teria a curiosidade de observar os experimentos
- Achei o conteúdo muito bem explicado e as dúvidas que tive foram esclarecidas durante a aula, não tenho nenhuma reclamação.
- A explicação foi ótima, com slides diretos ao assunto, de forma rápida e prática. Sim, gostaria de ver experimentos.
- Achei muito interessante, Sim.
- Achei ótimas. Gostaria sim de ver os experimentos para consolidar mais o conteúdo.

#### **4.4 – ANÁLISE DO PÓS-TESTE GRUPO EXPERIMENTAL**

Foram coletados as respostas de 34 alunos sendo 17 do Centro de Ensino Dom Daniel Comboni (pública), e 17 alunos do Colégio Educar Advanced (privada).

Figura 20 - Pergunta inicial - pós-teste grupo de experimental (Autor, 2021)



### Comentário

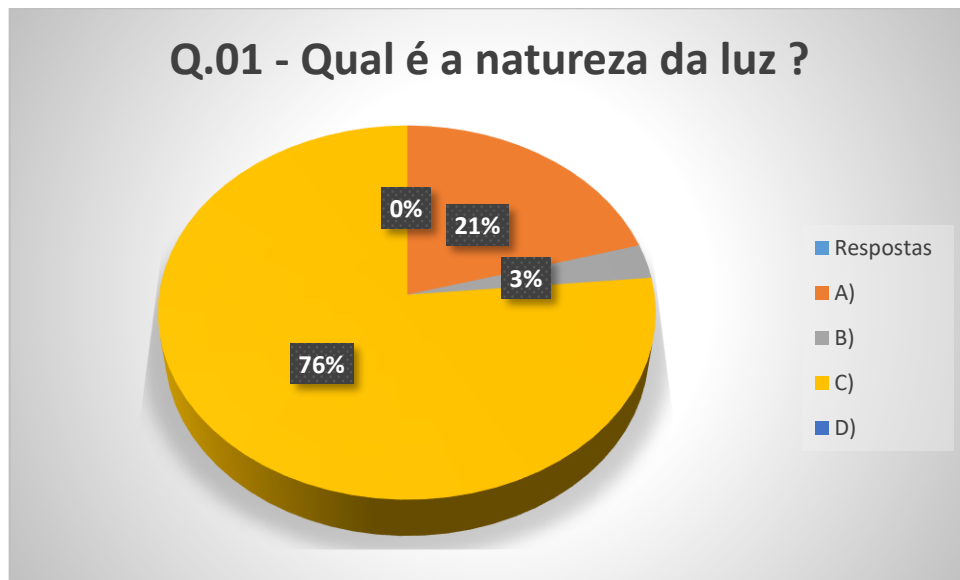
Observou-se que a maioria dos alunos cinquenta e seis por cento, gostou mais das práticas analógicas apresentadas aos alunos por meio de vídeos gravados no laboratório da Universidade Federal do Maranhão – UFMA. Os outros alunos participantes preferiram as práticas digitais. Fica evidente que as práticas ou demonstrações digitais em física óptica também foram muito significativas para eles.

### Análise da questão 01

Qual é a natureza da luz ?

- a) É um campo visual.
- b) É uma onda mecânica.
- c) É uma onda eletromagnética (resposta correta).
- d) Não sei responder.

Figura 21 - Questão 1 - pós-teste grupo de experimental (Autor, 2021)



### Comentários Q.01

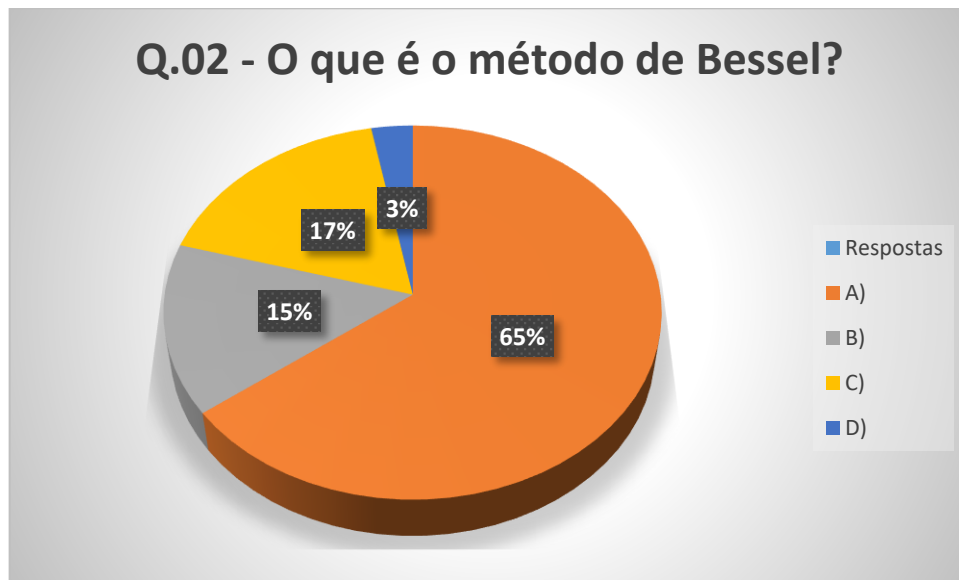
Observa-se no gráfico, que o percentual acertos da questão no grupo experimental foi bem superior ao percentual acertos no grupo de controle, pois no grupo de controle esse percentual era de sessenta e um por cento. Ou seja, as demonstrações apresentadas no grupo experimental ajudaram significativamente na aprendizagem dos alunos sobre esse tema.

### Análise da questão 02

O que é o método de Bessel?

- a) é um método para se determinar o foco de uma lente delgada (resposta correta).
- b) é um método matemático para espelhos.
- c) é um método de interferência da luz.
- d) Não sei de que se trata.

Figura 22 - Questão 2 - pós-teste grupo de experimental (Autor, 2021)



### Comentários Q.02

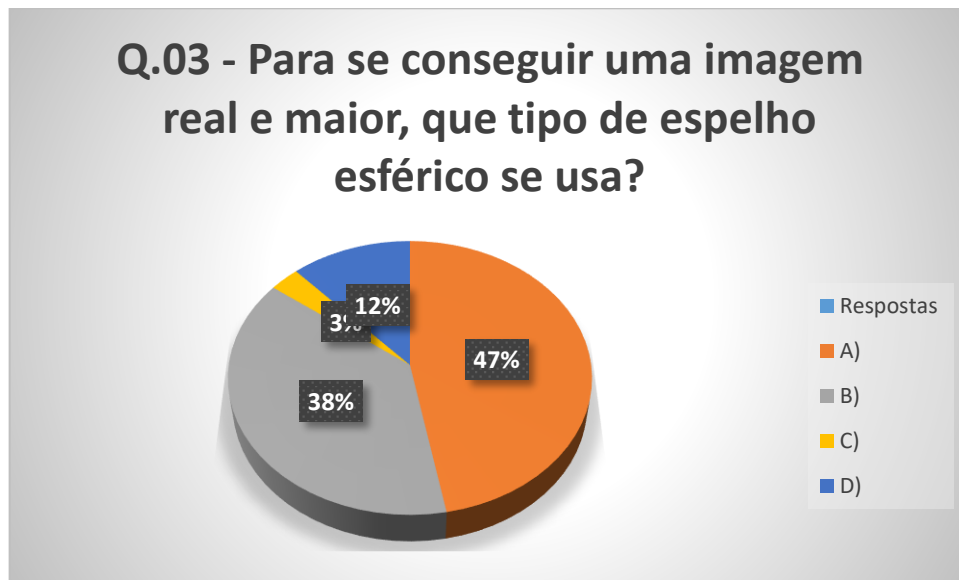
Observa-se no gráfico, que o percentual acertos da questão no grupo experimental foi significativamente superior ao percentual acertos no grupo de controle, pois no grupo de controle esse percentual era de quarenta e seis por cento. Ou seja, as demonstrações apresentadas no grupo experimental ajudaram significativamente na aprendizagem dos alunos sobre esse tema.

### Análise da questão 03

Para se conseguir uma imagem real e maior, que tipo de espelho esférico se usa?

- a) Espelho côncavo. (resposta correta)
- b) Espelho convexo.
- c) Espelho plano.
- d) Não sei responder.

Figura 23 - Questão 3 - pós-teste grupo de experimental (Autor, 2021)



### Comentários Q.03

Observa-se no gráfico, que o percentual de acertos da questão no grupo experimental não superou ao do grupo de controle. Ainda não se sabe, de fato, o que causou essa divergência de respostas nos grupos de controle e experimental. No grupo de controle, o percentual de acertos dessa questão foi de cinquenta e nove por cento.

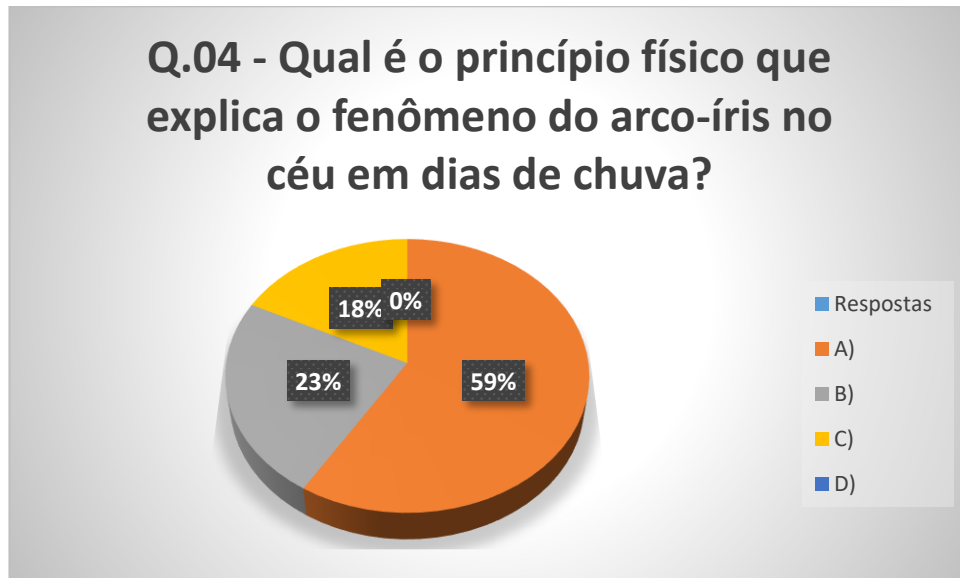
### Análise da questão 04

Qual é o princípio físico que explica o fenômeno do arco-íris no céu em dias de chuva?

- Princípio da dispersão da luz (resposta correta).
- Princípio da composição da luz.
- Difração da luz.
- Não sei responder.



Figura 24 - Questão 4 - pós-teste grupo de experimental (Autor, 2021)



#### Comentários Q.04

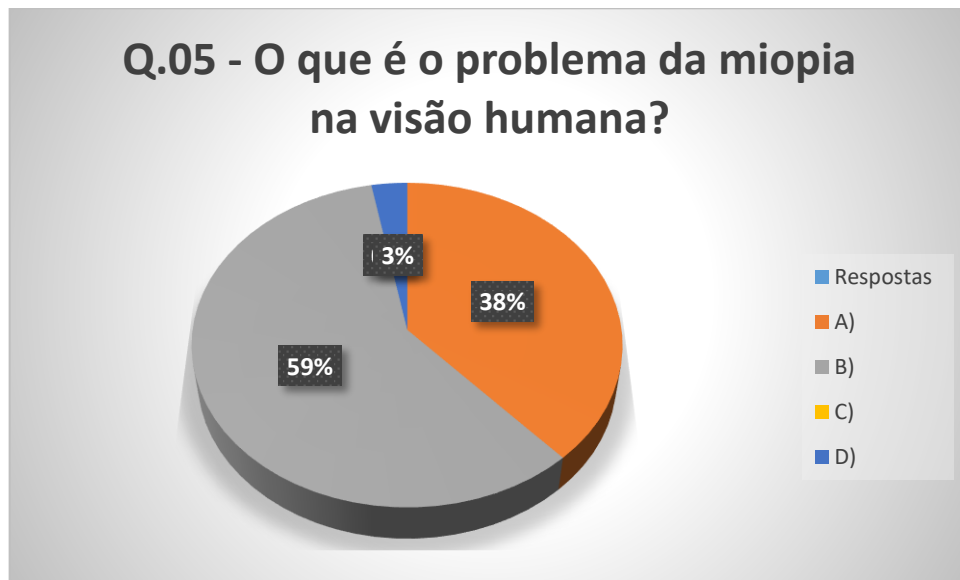
Observa-se no gráfico, que o percentual acertos da questão no grupo experimental foi levemente superior ao percentual acertos no grupo de controle, pois no grupo de controle o percentual de acertos foi de apenas cinquenta e sete por cento. Ou seja, apenas dois por cento superior que no grupo de controle.

#### Análise da questão 05

O que é o problema da miopia na visão humana?

- a) Miopia é o distúrbio visual que acarreta uma focalização da imagem depois desta da retina.
- b) Miopia é o distúrbio visual que acarreta uma focalização da imagem antes desta chegar à retina (resposta correta).
- c) Miopia é um problema causa pela falta de células fotossensíveis.
- d) Não sei responder.

Figura 25 - Questão 5 - pós-teste grupo de experimental (Autor, 2021)



### Comentários Q.05

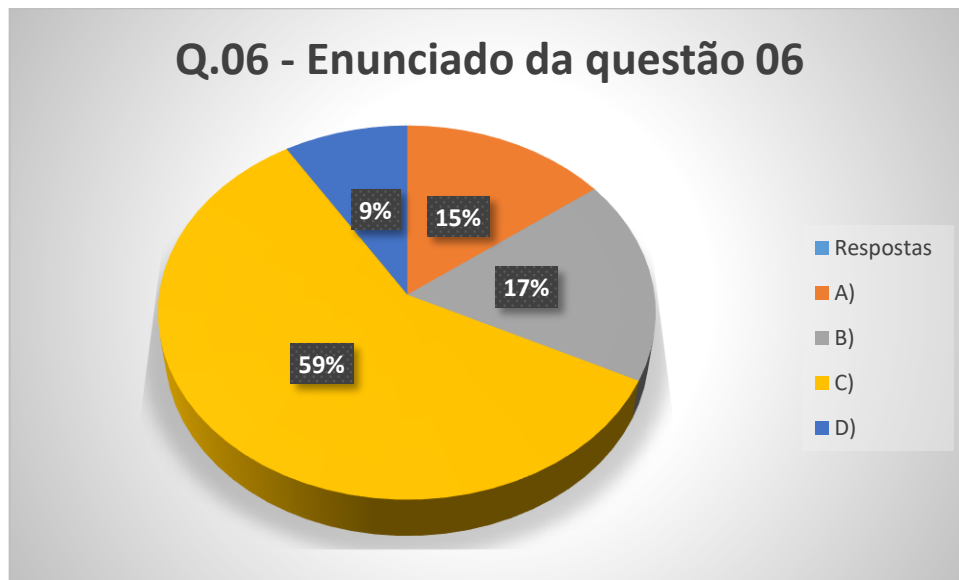
Observa-se no gráfico, que o percentual acertos da questão no grupo experimental não superou ao do grupo de controle. Ainda não se sabe de fato, o que causou essa divergência de respostas nos grupos de controle e experimental.

### Análise da questão 06

Quando a Luz passa do vácuo para um meio material a luz sofre variação em sua velocidade de propagação, que depende do comprimento de onda da luz incidente e, pode sofrer, também, mudança em sua direção. Essa mudança na velocidade de propagação da luz, ao mudar de meio é um fenômeno óptico conhecido como:

- a) dispersão.
- b) interferência.
- c) refração (resposta correta).
- d) espalhamento.

Figura 26 - Questão 6 - pós-teste grupo de experimental (Autor, 2021)



### Comentários Q.06

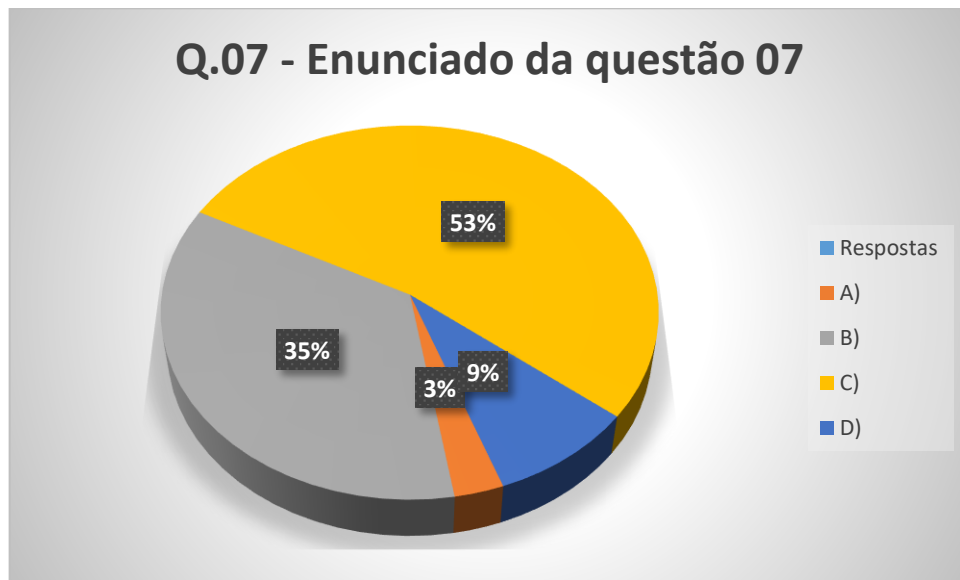
Observa-se no gráfico, que o percentual acertos da questão no grupo experimental foi significativamente muito superior ao percentual de acertos no grupo de controle. Pois no grupo de controle esse percentual era de quarenta e três por cento. Ou seja, uma diferença de dezesseis por cento.

### Análise da questão 07

Um comerciante deseja instalar um espelho esférico que lhe forneça um grande campo visual de seu comércio a fim de monitorá-lo mais eficientemente. O tipo de espelho mais indicado para tal fim é:

- a) um espelho plano.
- b) um espelho esférico côncavo.
- c) um espelho esférico convexo. (resposta correta)
- d) um espelho parabólico.

Figura 27 - Questão 7 - pós-teste grupo de experimental (Autor, 2021)



### Comentários Q.07

Observa-se no gráfico, que o percentual acertos da questão no grupo experimental foi significativamente superior ao percentual acertos no grupo de controle, pois no grupo de controle esse percentual foi quarenta e três por cento, ou seja, dez por cento menor que no experimental.

### Análise da questão 08

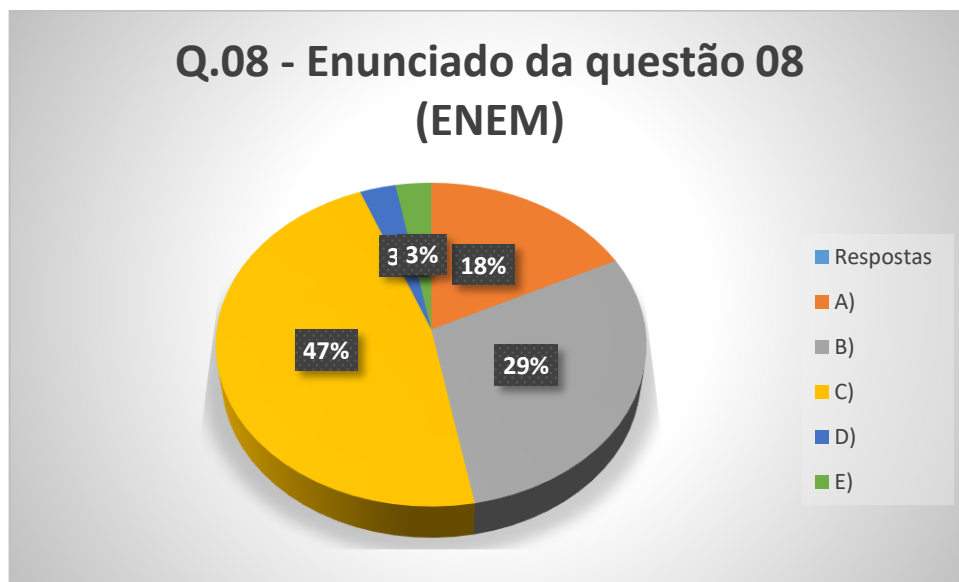
**(ENEM)** Quando se considera a extrema velocidade com que a luz espalha-se por todos os lados e que, quando vêm de diferentes lugares, mesmo totalmente opostos, os raios luminosos atravessam uns aos outros sem se atrapalharem, compreende-se que, quando vemos um objeto luminoso, isso não poderia ocorrer pelo transporte de uma matéria que venha do objeto até nós, como uma flecha ou bala que atravessa o ar, pois certamente isso repugna bastante a essas duas propriedades da luz, principalmente a última. HUYGENS, C. in: MARTINS, R. A. Tratado sobre a luz, de Cristian Huygens. Caderno de História e Filosofia da Ciência, supl. 4, 1986.

O texto contesta que concepção acerca do comportamento da luz?

a) O entendimento de que a luz precisa de um meio de propagação, difundido pelos defensores da existência do éter.

- b) O modelo ondulatório para a luz, o qual considera a possibilidade de interferência entre feixes luminosos.
- c) O modelo corpuscular defendido por Newton, que descreve a luz como um feixe de partículas. (resposta correta)
- d) A crença na velocidade infinita da luz, defendida pela maioria dos filósofos gregos.
- e) A ideia defendida pelos gregos de que a luz era produzida pelos olhos.

Figura 28 - Questão 8 - pós-teste grupo de experimental (Autor, 2021)

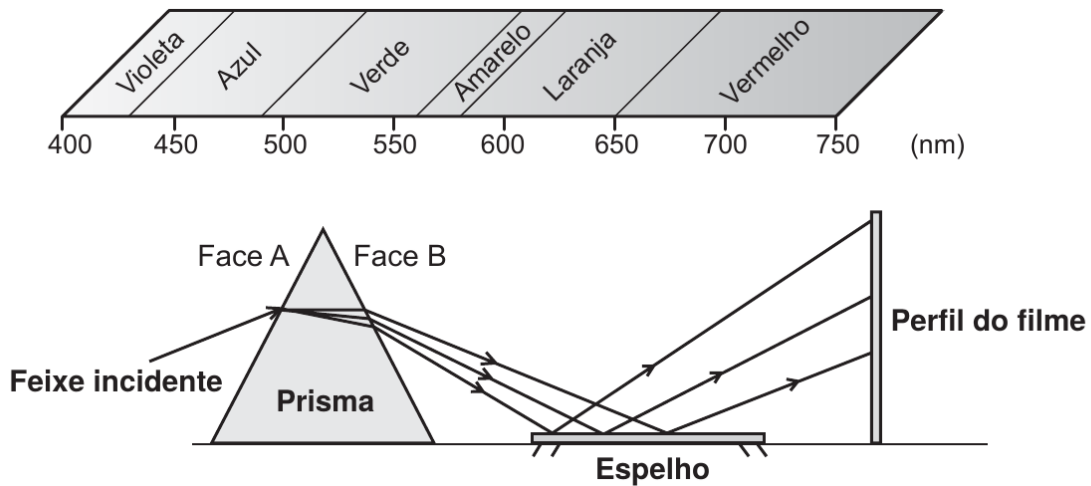


### Comentários Q.08

Observa-se no gráfico, que o percentual de acertos da questão no grupo experimental foi levemente superior ao percentual de acertos no grupo de controle. Pois no grupo de controle o percentual de acertos foi de apenas quarenta e cinco por cento.

### Análise da questão 09

**(ENEM)** – A figura abaixo representa um prisma óptico, constituído de um material transparente, cujo índice de refração é crescente com a frequência da luz que sobre ele incide. Um feixe luminoso, composto por luzes vermelha, azul e verde, incide na face A, emerge na face B e, após ser refletido por um espelho, incide num filme para fotografia colorida, revelando três pontos.

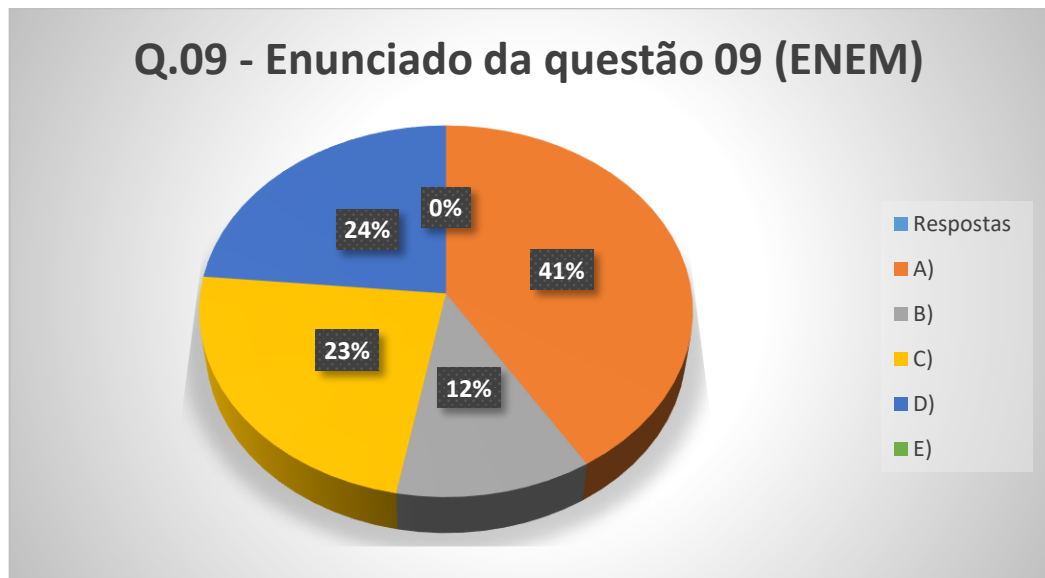


A figura representa um prisma óptico, constituído de um material transparente, cujo índice de refração é crescente com a frequência da luz que sobre ele incide. Um feixe luminoso, composto por luzes vermelha, azul e verde, incide na face A, emerge na face B e, após ser refletido por um espelho, incide num filme para a fotografia colorida, revelando três pontos.

Observando os pontos luminosos revelados no filme, de baixo para cima, constatam-se as seguintes cores:

- Vermelha, verde, azul. (resposta correta)
- Verde, vermelha, azul.
- Azul, verde, vermelha.
- Verde, azul, vermelha.
- Azul, vermelha, verde.

Figura 29 - Questão 9 - pós-teste grupo de experimental (Autor, 2021)



### Comentários Q.09

Observa-se no gráfico que, o percentual de alunos que acertaram a questão no grupo experimental foi de quarenta e um por cento. Ou seja, as demonstrações ajudaram os alunos a aprofundarem mais sobre o tema, pois no grupo de controle esse percentual, era de apenas vinte e nove por cento.

### Análise da questão 10 (Subjetiva)

O que você achou das demonstrações práticas de física óptica apresentadas?

Constatou-se que, os alunos gostaram significativamente das práticas digitais e analógicas apresentadas, pois assimilaram bem os conteúdos, conforme demonstraremos por meio de alguns comentários dados por eles nessa pergunta.

- *“A demonstração física óptica apresentada, foi algo muito bom , pois esclareceu algumas dúvidas que eu tinha sobre determinado assunto”.*
- *“Foi bastante interessante e divertida”.*
- *“Eu gostei, gostei de aprender mais sobre as luzes e a visão”.*
- *“Acho bom assim dar pra entender melhor”.*
- *“Gostei bastante, é um outro lado da física eu ainda não tinha conhecido então estou bastante admirada e impressionada”.*
- *“É uma forma de se observar como se comporta cada fenômeno”.*

- “Muito interessantes, me interessei muito pela física óptica”.

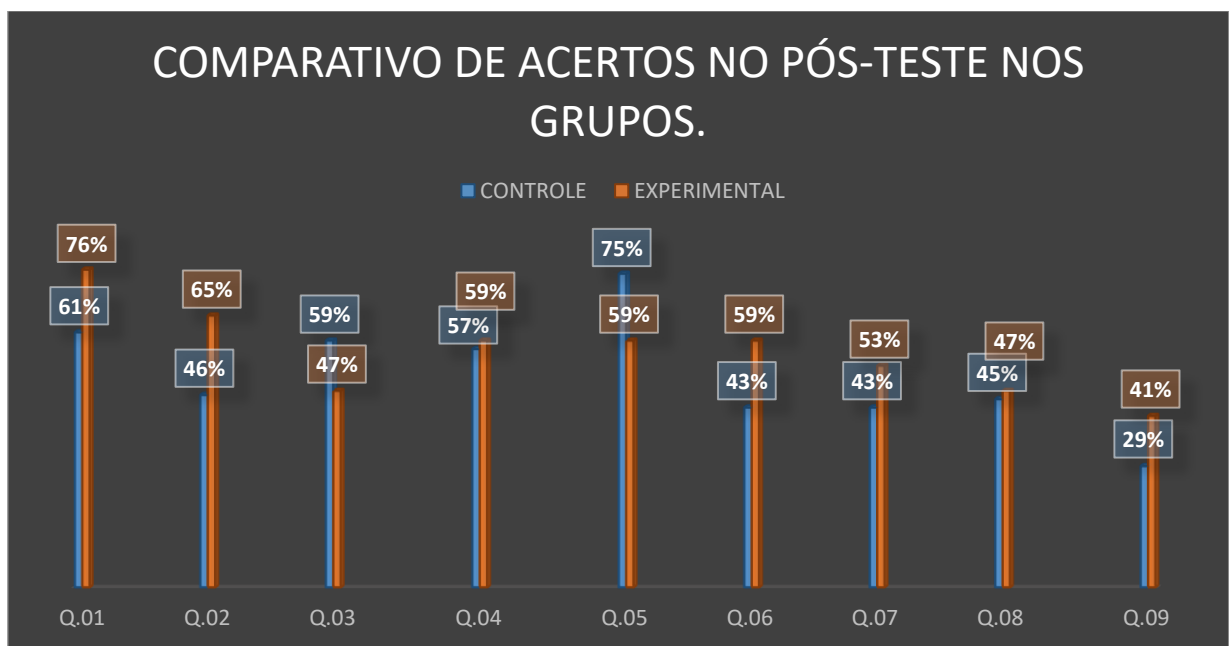
#### 4.5 – ANÁLISE COMPARTIVA DOS ACERTOS DO PÓS-TESTE, NOS GRUPOS DE CONTROLE E EXPERIMENTAL

Observação:

CONTROLE – SEM DEMONSTRAÇÃO DE EXPERIMENTOS

EXPERIMENTAL – COM DEMONSTRAÇÃO DE EXPERIMENTOS

Figura 30 - Comparativo de acertos no pós-teste nos grupos (Autor, 2021)

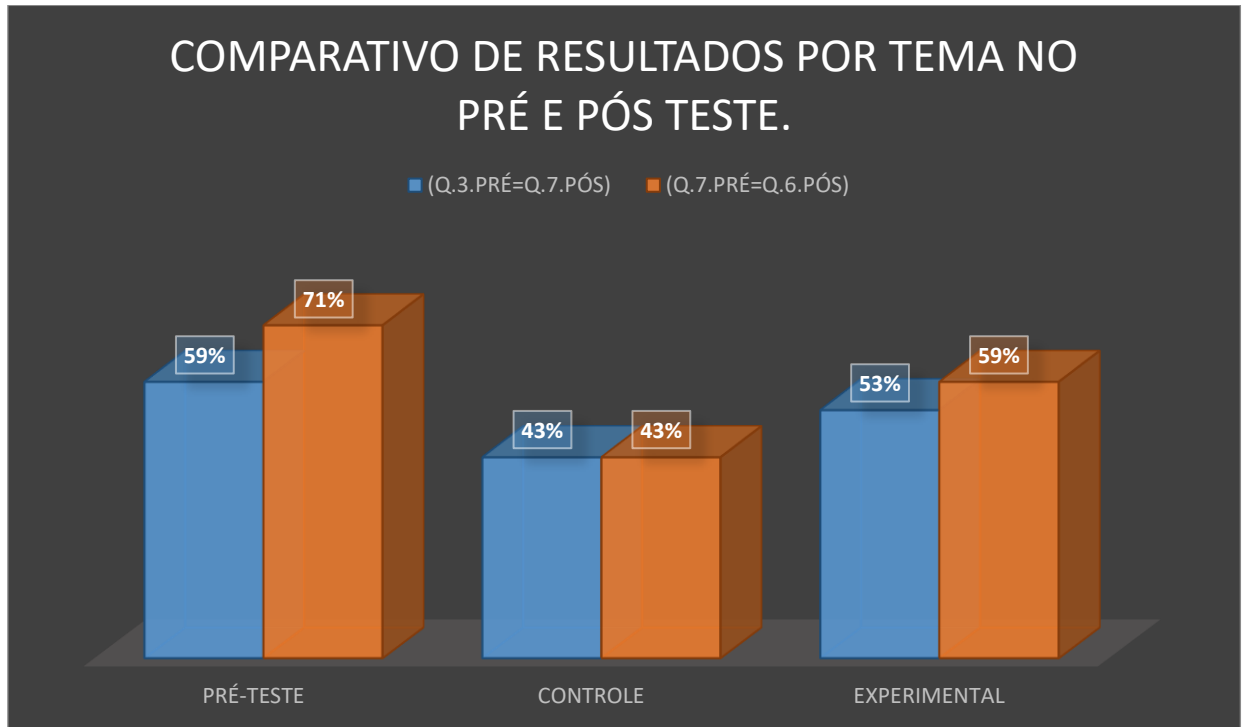


#### Comentários

Observa-se no gráfico acima e constata-se que o nível de acertos no grupo experimental (com demonstrações) do pós-teste, foi significativamente maior do que no grupo de controle (sem demonstrações) em quase todas as questões. Isso nos revela claramente que as demonstrações experimentais foram mais eficientes na aprendizagem dos alunos.



Figura 31 - Comparativo de resultados por tema no pré e pós teste (Autor, 2021)



### Pré-teste

- Q.3 – Espelho convexo (superficial)
- Q.7 – Refração da luz (superficial)

### Pós-teste

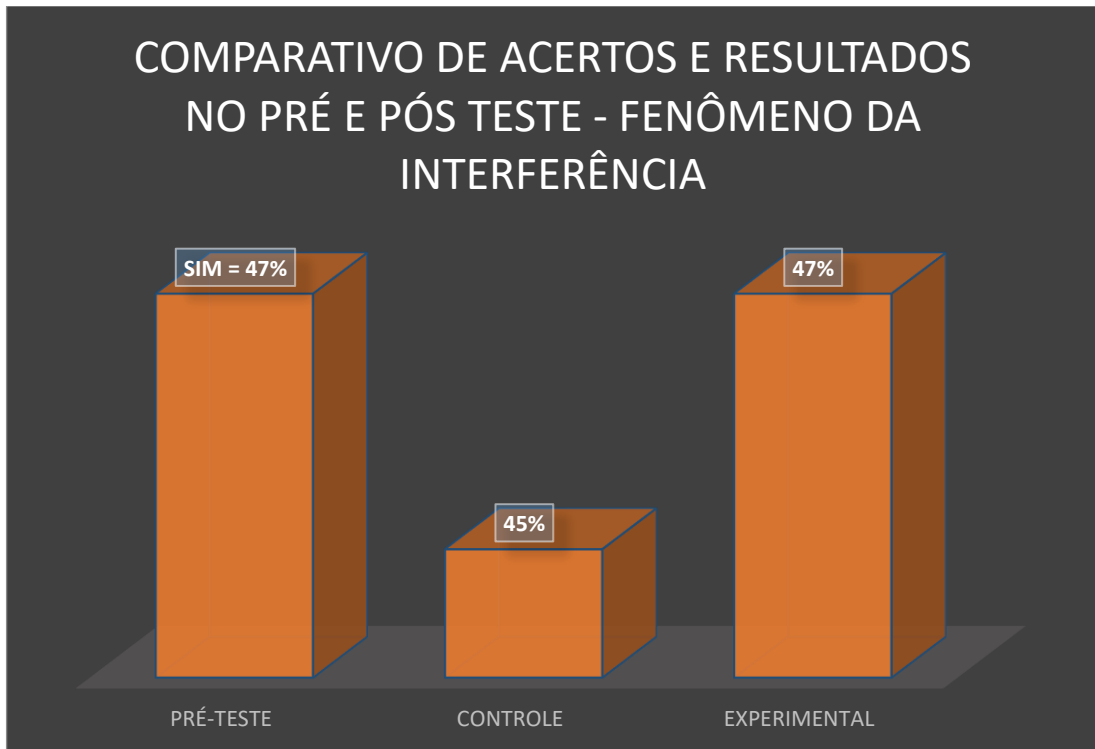
- Q.7 – Espelho convexo (aprofundada)
- Q.6 – Refração da luz (aprofundada)

### Comentários

Observa-se que nas questões no pré-teste, envolvendo os conteúdos sobre espelho convexo e refração da luz de forma superficial e direta, os alunos tiveram um acerto significativo de mais de cinquenta por cento. E quando se colocou questões sobre mesmo assunto de forma mais aprofundada no pós-teste, para os dois grupos de controle e experimental, os resultados de acerto não foram tão significativos. Porém, observa-se que o grupo experimental obteve um melhor resultado de acertos para essas questões de mesmo tema e maior nível de profundidade, ou seja, superando novamente percentuais de acerto acima de cinquenta por cento. Isso nos

revela que as demonstrações físicas apresentadas foram significativas para a aprendizagem dos alunos, contribuindo também para o aprofundamento em alguns temas.

Figura 32 - Comparativo de acertos e resultados no pré e pós teste - Fenômeno da interferência (Autor, 2021)



**Pré-teste** → Q.3 – Conhecimento do fenômeno interferência (superficial)

**Pós-teste** → Q.7 – Questão do fenômeno interferência (aprofundada)

### Comentários

Observa-se que as questões no pré-teste, envolvendo o conhecimento prévio do fenômeno da interferência de forma superficial, teve um acerto de quarenta e sete por cento. E quando se colocou uma questão sobre o mesmo tema de forma mais aprofundada no pós-teste, para os dois grupos de controle e experimental os resultados de acerto, não foram tão significativos. Porém, observa-se que o grupo experimental no pós-teste obteve um melhor resultado de acertos para essas questões de mesmo tema e maior nível de profundidade, ou seja, atingindo

novamente o percentual de acerto de quarenta e sete por cento. Isso nos revela que as demonstrações físicas apresentadas para esse tema foram significativas para a aprendizagem e para o aprofundamento no conteúdo.

#### **4.6 – DISCUSSÃO**

Constatou-se durante a realização do presente trabalho que no atual momento de pandemia em que se vive na cidade Balsas e no mundo, muitos estudantes ainda se recuperam do prejuízo de aprendizagem escolar e de perdas de familiares ou amigos nos últimos meses. Por esse motivo, as apresentações nas escolas, respeitaram todos os protocolos sanitários de saúde, higienização e distanciamento social que foi possível fazer, a fim de se resguardar a saúde de todos e, a partir disso, foi decidido que o grupo experimental seria composto por um menor número de participantes que o de controle, pois no momento da aplicação das demonstrações aos alunos, poderiam surgir interações limitadas entre os participantes. Sendo assim, as demonstrações analógicas que seriam montadas em sala de aula, foram realizadas com supervisão técnica do professor mediador Dr. Alyson Bruno Fonseca Neves, no laboratório da universidade, no qual os experimentos foram montados conforme roteiro, filmados e gravados. Para posteriormente serem apresentados aos alunos em sala de aula em vídeo de forma segura para todos os envolvidos e isso não tirou o brilho ou interesse pelo entendimento das demonstrações práticas realizadas.

Atualmente, sabe-se que a maioria das escolas brasileiras, tanto da rede pública como da rede privada de ensino, nem sempre possui as condições materiais ou espaços físicos, necessários para se fazer demonstrações experimentais de Física, sejam elas analógicas “montagem de um experimento” ou digitais “usando plataforma digitais”. Certamente, a melhoria dessas condições ou investimentos não são prioridades momentâneas nas escolas em todo país por motivo econômico. Todavia, procuramos demonstrar que é possível melhorar o ensino e a aprendizagem dos alunos na área de Física óptica e geométrica, por meio de uma revisão bibliográfica e da aplicação de experimentos ou práticas demonstrativas. Entende-se que essa prática educacional em prol dos estudantes de ensino médio é importante e poderá

contribuir para uma melhor formação dos estudantes no quesito, entendimento das ciências Físicas em Balsas.

Nesse sentido, os resultados obtidos com as demonstrações de seis experimentos na área de física óptica, utilizando recursos diversos, de caráter experimental simples e até mesmo utilizando plataformas digitais, aplicados em dois grupos distintos, grupo de controle e grupo experimental, mostraram-se eficientes, pois os alunos aprofundaram seu nível de entendimento nos temas abordados. Exemplificamos essa eficiência com o experimento da interferência na fenda dupla, uma vez que o resultado dessa prática nos revelou a partir das respostas assertivas nos questionários pré-teste e pós-teste, um melhor nível de entendimento, inclusive, melhorando a interpretação de questões mais aprofundadas sobre o assunto, assim como em outras práticas também mostradas nesse trabalho.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho, foram apresentadas várias contribuições de autores que afirmam que a atividade experimental ou as práticas demonstrativas são o centro da curiosidade científica e, mesmo assim, essa boa prática na educação, apesar de certos avanços como foi mencionado no trabalho, ainda não está sendo explorada como deveria no ensino de Física. Entende-se que já houve um certo progresso nesse sentido e é com essa intenção que se buscou contribuir nessa área para com os estudantes do ensino médio da cidade de Balsas, MA. Não se buscou em nenhum momento caracterizar turmas ou escolas de diferentes redes de ensino, em qualquer critério que seja.

A realização dessas demonstrações, usando ferramentas analógicas e digitais, a fim de despertar o interesse dos alunos e professores envolvidos pela ciência e a experimentação, apresentando a esses, uma nova possibilidade no processo de ensino/aprendizagem em óptica “um ramo da física”. Acredita-se que, auxiliará significativamente na construção de novos saberes e também trará novas perspectivas gerais na educação do município.

Percebe-se que uma das contribuições durante o trabalho já era clara e conhecida por todos nós, pois o processo de ensino aprendizagem utilizando demonstrações ou práticas experimentais tem um grande valor no sistema educacional brasileiro em todos os níveis, principalmente na educação básica. Não se percebia o quanto o interesse dos alunos aumenta com as práticas demonstrativas que fizemos nesse trabalho, o que nos foi revelado nas questões abertas dos questionários, pois os alunos colocaram no questionário suas percepções sobre o tema e o quanto foi importante a realização das práticas demonstrativas para melhorarem o seu entendimento sobre vários temas da física óptica e geométrica. Os dados obtidos pelos questionários nos revelaram a importância dessa contribuição experimental para eles em sua formação.

Não podemos nos esquecer que a pesquisa foi realizada em um ambiente escolar, o qual se entende que existem outros objetivos de formação além do conhecimento enciclopédico. Sendo assim, nossa intenção no presente trabalho se voltou exclusivamente para aprendizagem dos alunos a partir de práticas

demonstrativas, como muitos autores sugerem para o ensino de física na educação básica.

Para entendermos melhor a eficácia do trabalho, aplicamos testes antes e depois das apresentações das práticas demonstrativas em diferentes grupos, classificados como grupo de controle e grupo experimental, e os comparamos por meio da tabulação de dados obtidos nos questionários e na análise inferencial de gráficos estatísticos.

Não se pode ignorar que esse trabalho nos trouxe uma grande reflexão sobre o ensino de Física a ponto de repensarmos algumas práticas em sala de aula, pois os professores participantes da pesquisa sentiram-se confortáveis com as apresentações analógicas e digitais e se comprometeram informalmente com o autor a revisar e melhorar seus processos e suas práticas em sala de aula. Acreditamos que outras pesquisas no ensino de física ou outras ciências podem contribuir significativamente com a melhoria do ensino e da aprendizagem dos estudantes da cidade de Balsas.

Espera-se com esse trabalho, criar novos hábitos ou práticas nos professores e alunos no processo de ensino/aprendizagem da Física nas escolas do ensino médio não só em Balsas, com a proposta de roteiros pré-definidos, utilizando sempre que possíveis materiais de baixo custo na montagem dos experimentos e também com a sugestão de uso das plataformas digitais para a experimentação no ensino de física de acesso gratuito e livre.

## REFERÊNCIAS

- ALVES FILHO, J. P.; **Atividades experimentais: do método à prática construtivista.** Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/79015>>. Acesso em: 30 out. 2019.
- ALVES, N.; **Gestão Educacional.** 18 de Jul. 2019. Il color. p.10. Disponível em: <<https://www.gestaoeducacional.com.br/wp-content/uploads/2019/07/Espelhos-esfericos11.png>>. Acesso em: 05 de ago. 2021.
- ARAÚJO, M., ABIB, M. **Atividades Experimentais no ensino de Física: Diferentes Enfoques Finalidades.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, n. 2, Junho, 2003.
- BARRETA, P. **Estatística aplicada às Ciências sociais.** 5. ed. Florianópolis, UFSC, p. 211-238, 2002.
- BLOSSER, P. E. **Matérias em pesquisa de ensino de física: O papel do laboratório no ensino de ciências.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física. v. 5, n. 2, 1988. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9824/9049>>. Acesso em: 29 out. 2019.
- BRASIL. Seretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio):** Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, Brasília, MECSEF, 1998.
- CAVALCANTE, K. G. **Defeitos na Visão Humana;** Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/defeitos-na-visao-humana.htm>>. Acesso em: 18 de ago. de 2021.
- CARCIOFI, A.: **Radiação Eletromagnética.** Il color. minuto 14:57. Disponível em: <<https://slideplayer.com.br/slide/369889/2/images/30/Decomposi%C3%A7%C3%A3o+da+Luz+Vis%C3%ADvel.jpg>>. Acesso em: 22 jul. 2021.
- CHIBENI, S. S. **Algumas observações sobre o “método científico”.** Notas de Aula. Departamento de Filosofia, IFCH, Unicamp, dez. 2006. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/metodocientifico.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2019.
- CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em ciências humanas e sociais.** São Paulo: Cortez, 1991. Disponível em: <[https://www.avp.pro.br/pluginfile.php/462/mod\\_folder/content/0/Livros/Pesquisa%20em%20Cie%CC%82ncias%20Humanas%20e%20Sociais%20%28Anto%CC%82nio%20Chizzotti%29.pdf?forcedownload=1](https://www.avp.pro.br/pluginfile.php/462/mod_folder/content/0/Livros/Pesquisa%20em%20Cie%CC%82ncias%20Humanas%20e%20Sociais%20%28Anto%CC%82nio%20Chizzotti%29.pdf?forcedownload=1)>. Acesso em: 26 out. 2019.
- COMPOSIÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DA LUZ.** Disponível em: <<http://fisicanoja.blogspot.com/2009/10/7-composicao-e-decomposicao-da-luz.html>>. Acesso em: 30 Jul. 2021.
- CORREIA, S. F. **O USO DE EXPERIMENTOS PARA AUXILIAR O ENTENDIMENTO DA FÍSICA.** Universidade Federal Fluminense, Instituto de física. Nitéroi-RJ, 2018.

CRUZ, J. B. **Laboratórios**. Brasília: Universidade de Brasília, 2009. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000013620.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2019.

**DICIONÁRIO ONLINE DE PORTUGUÊS**. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

EXPERIMENTOS EM FÍSICA – **Dispersão da luz branca**. Disponível em: <<http://fisicanoja.blogspot.com/2009/10/9-dispersao-da-luz.html>>. Acesso em: 29 Jul. 2021.

FEIX, E. C.; SARAIVA, S. B.; KIPPER, L. M. **A importância da física experimental no processo ensino-aprendizagem**. In: SALÃO DE ENSINO E EXTENSÃO. Universidade de Santa Cruz do Sul. 2012. Disponível em: <[http://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/salao\\_ensino\\_extensao/article/view/10269/97](http://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/salao_ensino_extensao/article/view/10269/97)>. Acesso em: 26 out. 2019.

FUKE, L. F.; YAMAMOTO, K. **Física para o ensino médio**: terminologia, óptica, ondulatória. v. 2, 4. ed, São Paulo, Saraiva, 2016.

GALLIANO, A. G. **O método científico: teoria e prática**. São Paulo: Mosaico. 1979. Disponível em: <<http://www.ets.ufpb.br/pdf/2013/2%20Metodos%20quantitativo%20e%20qualitativo%20-%20IFES/Bauman,%20Bourdieu,%20Elias/Livros%20de%20Metodologia/Galliano%20-%20O%20Metodo%20Cientifico%20-%20Teoria%20e%20Pratica.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2019.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. De C.; MONTEIRO, M. A. A. **Um estudo sobre as atividades experimentais de demonstração em sala de aula**: Proposta de uma fundamentação teórica. In Enseñanza de las Ciencias, 2005. Disponível em: <[https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc\\_a2005nEXTRA/edlc\\_a2005nEXTRAap359estsob.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAap359estsob.pdf)>. Acesso em 31 out. 2019.

GASPAR, A. **Investigações em Ensino de Ciências** – v. 10, p. 227-254, 2005.

GASPAR, A. **Experiências de Ciências para o 1º Grau**. São Paulo: Ática. 232p. 1990.

GASPAR, A. **Museus e Centros de Ciências- Conceituação e proposta de um referencial teórico**. In NARDI, R. (org.) Pesquisas em Ensino de Física. Escrituras. São Paulo. 1998.

GIRCOREANO, J.; PACCA, J. **O ensino da Óptica na perspectiva de compreender a luz e a visão**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 18, n.1, p. 26-40, Abril, 2001.

GLEISER, M. **Por que ensinar Física?** Revista Física na Escola, v.1, n. 1, 2000. Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol01-Num1/artigo11.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2019.

GRUBBA, L. S. **Método empírico-indutivo**: de Bacon aos trabalhos científicos em direito. Revista do Instituto do Direito Brasileiro – RIDB. Ano 1, nº 10. Lisboa. 2012. Disponível em: <[https://www.cidp.pt/publicacoes/revistas/ridb/2012/10/2012\\_10\\_6095\\_6128.pdf](https://www.cidp.pt/publicacoes/revistas/ridb/2012/10/2012_10_6095_6128.pdf)>. Acesso em: 25 out. 2019.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. v. 4, 10. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2016.



HELERBROCK, R. "**Experimento disco de Newton**"; Brasil Escola. Disponível em: <<https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/experimento-disco-newton.htm>>. Acesso em: 16 ago. 2021.

HELERBROCK, R. "**Experimento disco de Newton**"; Brasil Escola. Il color. p.1 Disponível em: <<https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/be/conteudo/images/o-disco-newton-ilustracao-composicao-espectro-visivel-5aa2785858bc3.jpg>>. Acesso em: 16 ago. 2021.

HELERBROCK, R. "**Dispersão da luz branca**"; Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-dispersao-luz-branca.htm>>. Acesso em: 17 ago. 2021.

HELERBROCK, R. "**Espelhos esféricos**"; Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/espelhos-esfericos.htm>>. Acesso em: 22 ago. 2021.

ISQUIERDO, E. F.; BERGHAUSER, N. A. C.; RECIT, ISSN:2175-1846. **O uso do laboratório de física e a sua eficácia para o processo de ensino/aprendizagem.** Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/recit/article/download/5185/pdf>. Acesso em: 23 ago. 2021.

**Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo** ou (IFSC) é uma unidade da Universidade de São Paulo, localizada no campus da cidade de São Carlos-SP. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Instituto\\_de\\_F%C3%ADsica\\_de\\_S%C3%A3o\\_Carlos\\_da\\_Universidade](https://pt.wikipedia.org/wiki/Instituto_de_F%C3%ADsica_de_S%C3%A3o_Carlos_da_Universidade)>. Acesso em: 29 out. 2019.

FUKE, L. F.; KAZUITO, Y.; SHIGEKIYO, C. T. **Os alicerces da Física.** v. 1, 2 ed. São Paulo: Ed. Saraiva, 1989.

**Lente, Enciclopédia Wikipedia.** Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Lente>>. Acesso em 20 ago. 2021.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da Metodologia Científica.** São Paulo: ed. Atlas, 2003.

**Método de Bessel, Wikipedia:** Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Lente#M%C3%A9todo\\_de\\_Bessel](https://pt.wikipedia.org/wiki/Lente#M%C3%A9todo_de_Bessel)>. Acesso em: 26 Jul. 2021.

MOREIRA, A. M.; **Pesquisa em ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos,** Porto Alegre-RS, 2 ed. 2016. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/Subsidios11.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2020.

**NEOVISÃO OFTALMOLOGIA,** Il color. p.3. Disponível em: <<http://www.neovisao.com/wp-content/uploads/2017/01/1-miopia-hipermetropia-astigmatismo.jpg>>. Acesso em: 05 de ago. 2021

PINHO ALVES, J. **Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 174-188. 2000.

RAMALHO JUNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. T. **Os fundamentos da Física.** v. 1, 5 ed. São Paulo: Moderna, 1989.

RIBEIRO, J. P. L. **Experimentos em óptica: Uma proposta de reconceitualização das atividades experimentais demonstrativas.** Universidade de Brasília, 2010.

SALUSTRIANO, R.; **Ametropias**. Il color. p.2. Disponível em:  
<<http://drrodrigosalustiano.com.br/tratamentos/ametropias/>>. Acesso em: 05 de ago. 2021.

SILVA, D. C. M. da. "**Experimento das duas fendas**"; **Brasil Escola**. Disponível em:  
<<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/experimento-das-duas-fendas.htm>>. Acesso em: 16 ago. 2021.

SILVEIRA, F.; SARAIVA, M. **O encolhimento das sombras**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.25, n.2, p. 228-246, 2008.

**TAVARES, E.**: Pinterest. Il color. Disponível em:  
<<https://fisicoquimica2013.files.wordpress.com/2013/03/prismant.gif>>. Acesso em 15 de jul. 2021.

TOGINHO, F. D. O.; LAURETO, E., **Catálogo de Experimentos do Laboratório Integrado de Física Geral**, UEL. Disponível em:  
<<http://www.uel.br/pessoal/inocente/pages/arquivos/2FIS010%20-%20LABORATORIO%20DE%20FISICA%20GERAL%20II/12-Elementos%20opticos.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2021.

VIEIRA, Ricardo da Silva. **Bacon e o império da epistemologia indutivista**. In: ANAIS DE FILOSOFIA (UFSJ), São João Del Rei, v. 1, p. 1, 2003. Disponível em:  
<<http://happyslide.org/doc/372687/bacon-e-o-imp%C3%A9rio-da-epistemologia-indutivista>>. Acesso em: 25 out. 2019.

VASCAK, Vladmir; **Física na escola – Simulador** : Disponível:  
<<https://www.vacak.cz/?id=1&language=pt#>>. Acesso em: 15 Jun 2021.

WIEMAN, C.; **Phet Interactiva Simulations – Simulador** . Universidade do Colorado em Boulder. Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)>. Acesso em: 15 Jun. 2021.

## APÊNDICE A: EXPERIMENTOS SUGERIDOS

### A.1 – LENTES – DETERMINAÇÃO DO FOCO

Nesta prática será apresentada uma demonstração da física das lentes, essa aplicação da óptica geométrica terá como objetivo determinar o foco de uma lente delgada, utilizando o método de Bessel (1804).

- **Momento pedagógico:**

- Introdução ao conteúdo elementar de lentes.
- Apresentar aos estudantes os tipos de lentes, convergente e divergente, seus elementos fundamentais como o foco, índice de refração, o tipo e as características de imagens projetadas em um anteparo por essas lentes.
- Apresentar aos alunos o método de Bessel (1804), para a determinação do foco de uma lente delgada.

- **Objetivos:**

- Problematizar a situação física, instigando os alunos através de uma prática experimental de física óptica, em lentes delgadas.
- Determinar a distância focal de uma lente, a partir de elementos conhecidos e utilizando a equação Bessel (1804) para essa finalidade.
- Realizar a prática experimental, utilizando recursos digitais e analógicos.

- **Recursos didáticos:**

**(a) Para prática digital:**

- Usaremos um simulador digital, “Física animações/simulações”,
- Disponível em:  
[https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt\\_ohnisko&l=pt](https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_ohnisko&l=pt)

**Determinação do foco de uma lente**

- Parâmetros para a realização do experimento no simulador:
  - Selecionar o experimento Determinação do foco de uma lente – Lentes.
  - Determinar no campo inferior da tela o grau da lente desejado.
  - Selecionar o experimento tipo B, método de Bessel. Observar o método dinâmico de determinação do foco da lente registrando os dados

apresentados, para posteriormente se averiguar nas equações usadas nesse procedimento.

**(b) Para prática analógica:**

- Usaremos alguns equipamentos para a prática analógica

- *Equipamentos e materiais*

- Bancada de mesa no laboratório
- Uma lente delgada de grau desconhecido
- Suporte de apoio para a lente delgada
- Lanterna de LED “fonte de luz”
- Suporte de apoio para a lanterna
- Anteparo rígido plano na cor branca de cartolina.
- Suporte para o anteparo rígido.
- Anteparo rígido perfurado “formato de seta” de cartolina, para ser o objeto.
- Suporte para o anteparo perfurado.
- Fita métrica flexível, graduada em cm, de comprimento 150cm.

- *Montagem*

- Posicionar na fita métrica gradua sobre a bancada de mesa.
- Posicionar a lanterna fixada no suporte sobre a bancada de mesa.
- Posicionar a lente sobre a fita métrica e a frente da vela.
- Posicionar o anteparo rígido sobre a fita métrica a frente da lente delgada.
- Posicionar o anteparo rígido perfurado entre a lente e a lanterna “fonte de luz”.
- Alinhar todos os instrumentos sobre a fita.
- Ajustar a lente delgada afastando e aproximando da fonte de luz até que a imagem projetada no anteparo tenha nitidez apropriada.
- Registrar os dois pontos em que a imagem projetada apareça com nitidez, quando se aproxima  $P_1$  e quando se afasta da fonte de luz  $P_2$ .

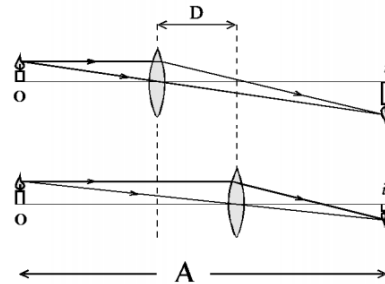
• **Fundamentação Teórica**

O método de Bessel (1804?), consiste num procedimento experimental utilizado para determinar o foco de uma lente delgada. O método foi batizado em homenagem ao alemão Friedrich Wilhelm Bessel (1784-1846).

Ele consiste em utilizar um objeto, um anteparo (onde se formará a imagem) e a lente da qual queremos determinar o seu foco. Para uma distância fixa "A" e duas posições diferentes  $P_1$  e  $P_2$ , para a lente, separadas por uma distância "D".

O esquema abaixo montado, conforme figura (a), é o experimento para a determinação do foco de uma lente convergente pelo método de Bessel. Nele

devemos mover a lente, até acharmos as duas posições  $P_1$  e  $P_2$ , em que a imagem do objeto se tornará nítida, registra-se essas medidas e posições para posteriormente serem aplicadas na fórmula definida por ele.



Para a lente na primeira posição temos (a partir da fórmula de Gauss):

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{P_1} + \frac{1}{(A-P_1)} \quad (1)$$

E na segunda:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{P_2} + \frac{1}{(A-P_2)} \quad (2)$$

Considerando as equações acima simétricas em relação a  $P_1$  e  $P_2$ , para uma única solução de  $f$ , devemos ter:

$$P_2 = A - P_1$$

Substituindo na equação 1 e fazendo algumas manipulações algébricas chegamos à:

$$\frac{1}{f} = \frac{[2(A+D)+2(A-D)]}{(A^2-D^2)}$$

E finalmente à fórmula de Bessel.

$$f = \frac{A^2 - D^2}{4A}$$

Figura 33 - Montagem do experimento de Bessel (Autor, 2021)



- **Procedimentos:**

**Prática digital:**

- Pedir aos alunos que acessem simulador digital, “Física animações/simulações”,
- Disponível em:  
[https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt\\_ohnisko&l=pt](https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_ohnisko&l=pt)

**Determinação do foco de uma lente**

- Orientar os alunos a ajustarem o simulador nos parâmetros para dois casos, conforme segue abaixo.
- Primeiro caso: ajustar o grau da lente para  $\varphi = 5,0di$ , e marcar o botão B, que iniciará o cálculo do foco da lente pelo método de Bessel. O foco determinado será  $f = 20cm$ .
- Segundo caso: ajustar o grau da lente para  $\varphi = 8,93di$ , e marcar o botão B, que iniciará o cálculo do foco da lente pelo método de Bessel. O foco determinado será  $f = 11,2cm$ .
- O aluno deverá anotar as informações do primeiro e do segundo caso afim de se averiguar os resultados por meios das equações utilizadas.
- Usar o referencial de Gauss para as anotações e averiguações.
- Repetir o experimento se necessário.

**Prática analógica:**

- Esta pratica será realizada no laboratório da Universidade Federal do Maranhão-UFMA. Campus de Balsas. Pelo discente Roney da Silva Gomes, com a supervisão do professor mediador Dr. Alyson Bruno Fonseca Neves e o técnico Samuel.
- A demonstração da prática será registrada com vídeos e fotos, para depois ser apresentada aos alunos das escolas participantes da pesquisa.

- A prática ocorrerá conforme equipamentos e roteiro mencionado no tópico Recursos didáticos - prática analógica, pág. 30 “Determinação do foco de uma lente”.
- Orientar os alunos a observarem no vídeo os parâmetros ajustados nos equipamentos para a realização do experimento.
- Os parâmetros no experimento analógico serão coletados pelos alunos durante o experimento para assim determinar a distância focal e o grau de vergência da lente em uso.
- No experimento realizado em laboratório, espera-se para a lente escolhida uma determinação de foco igual 11,2 cm e vergência de grau  $\varphi = 8,93di$
- Repetir o experimento se necessário.

## A.2 – ESPELHOS ESFÉRICOS

Nesta prática será apresentada uma demonstração das aplicações das leis da óptica geométrica para estudar espelhos esféricos na formação de imagens. Essa demonstração será realizada tanto usando ferramentas digitais.

- **Momento pedagógico**

- Introdução ao conteúdo elementar sobre espelhos esféricos, classificação e seus elementos segundo o referencial de Gauss.
- Apresentar aos estudantes os tipos de espelhos esféricos, côncavo e convexo, seus pontos fundamentais e os seus tipos de imagens geradas em sua superfície refletora, a partir da convergência de três raios particulares.
- Observar a partir de manipulações simples o que muda nas imagens geradas em diferentes situações propostas.

- **Objetivos:**

- Problematizar a situação física, instigando aos estudantes alguma previsão na formação da imagem de um objeto em espelhos esféricos, evidenciar suas diversas aplicações no cotidiano e em diferentes contextos.
- Gerar animações que mostram imagens em espelhos esféricos côncavo e/ou convexo, explorando todas as possibilidades de formação de imagem, a partir do posicionamento do objeto em relação ao vértice do espelho, e do tipo de espelho.
- Alguns parâmetros serão pré-fixados, como o a distância focal e a altura do objeto, afim de se conseguir um resultado mais satisfatório durante a demonstração dessa prática experimental com espelhos esféricos.

- **Recursos didáticos:**

- **Prática digital:**

- Usaremos um simulador digital web, “Física animações/simulações”,
- Disponível em:

[https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt\\_dute&l=pt](https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_dute&l=pt)

### **Espelho côncavo**

[https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt\\_vypukle&l=pt](https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_vypukle&l=pt)

### **Espelho convexo**

- Parâmetros para a realização do experimento no simulador:

- Acessar a prática experimental desejada através do link determinado.
- Para espelho tipo côncavo, ajustar os parâmetros necessários antes do início da prática experimental. Sugestão: distância focal  $f = 3,50$  cm e altura do objeto 2cm.
- Selecionar os raios notáveis que serão projetados contra o espelho de forma ordenada e significativa, nos botões na parte superior.
- Fazer as devidas anotações para cada uma das cinco situações observadas no **espelho côncavo** de comportamento da imagem, tanto quanto ao tamanho como a posição da mesma em relação ao vértice do espelho, usando sempre o referencial de Gauss.
- Sugestão de posicionamento no **“espelho côncavo”**;  $P_1 = 9$ cm (antes do centro),  $P_2 = 7$ cm (em cima do centro),  $P_3 = 5$ cm (entre o centro e o foco),  $P_4 = 3,5$ cm (no foco) e  $P_5 = 1$ cm (entre o foco e o vértice)
- Verificar via equação de Gauss se os valores anotados correspondem aos do experimento demonstrado.
- Fazer as devidas anotações para cada uma das duas situações observadas no **espelho convexo** de comportamento da imagem, tanto quanto ao tamanho como a posição da mesma em relação ao vértice do espelho, usando sempre o referencial de Gauss.
- Sugestão de posicionamento no **“espelho convexo”**;  $P_1 = 6$ cm e  $P_2 = 2$ cm. Em ambos os casos para o espelho convexo a imagem gerada será sempre virtual e menor.

- **Fundamentação Teórica**

Os espelhos esféricos são sistemas ópticos formados com base em calotas polidas e refletoras, hoje eles tem uma grande utilidade no cotidiano e são capazes de refletir os raios de luz em diferentes ângulos, produzindo assim, imagens que podem tanto ser reais “invertidas” como virtuais. Existem dois tipos de espelhos esféricos: são eles, os espelhos côncavos e os espelhos convexos. (HELERBROCK, 2021).

Os elementos de um espelho esférico são: distância focal ( $f$ ), raio de curvatura do espelho  $R = \frac{f}{2}$ , superfície refletora, vértice do espelho. O posicionamento de objetos em relação ao vértice de um espelho esférico, obedecendo o referencial de Gauss é dado pelos elementos: posição do objeto em relação ao espelho ( $p$ ), posição da imagem gerada em relação ao vértice do espelho ( $q$ ). A altura ou tamanho do objeto e da imagem são dados por: altura do objeto ( $o$ ) e altura da imagem ( $i$ ). (HELERBROCK, 2021).



Sabe-se que esses elementos são fundamentais para uma melhor compreensão do estudo analítico dos espelhos esféricos. Independentemente do formato (côncavo ou convexo), vejamos: Vértice (V), marca a região central dos espelhos esféricos. É sobre esse ponto que traçamos o eixo principal (ou eixo de simetria) do espelho. Qualquer raio de luz que incida sobre o vértice de um espelho esférico é refletido com o mesmo ângulo de incidência, do mesmo modo que um espelho plano o faria. Centro de curvatura (C) é o ponto médio da calota esférica que dá origem ao espelho, portanto, é igual ao raio dessa esfera. Qualquer raio de luz que incida sobre o centro de curvatura de um espelho esférico deve ser refletido sobre si mesmo, de modo que os raios de luz incidente e refletido percorram o mesmo caminho. O raio de curvatura (R) mede a distância entre o vértice do espelho e o seu centro de curvatura, é denotado pela letra R e é comumente medido em metros. Foco (F) é o ponto em que raios de luz paralelos convergem após serem refletidos por um espelho côncavo. No caso dos espelhos convexos, os raios de luz refletidos divergem de sua superfície e, por isso, são os prolongamentos dos raios de luz que se cruzam, em um ponto localizado “atrás” da superfície desses espelhos. Por esse motivo, dizemos que o foco dos espelhos convexos é virtual, enquanto o foco dos espelhos côncavos é real. O tipo de foco do espelho influencia diretamente a realização dos cálculos. Espelhos com foco real (côncavos) têm seu ponto focal escrito com o sinal positivo, já os espelhos convexos recebem o sinal negativo para o seu foco: Espelho côncavo → Foco real, sinal positivo, a frente do espelho e Espelho convexo → Foco virtual, sinal negativo, atrás do espelho. (HELERBROCK, 2021).

A relação matemática para esta observação, é dada pela equação (1), chamada de equação de Gauss em homenagem ao físico alemão Johann Carl Friedrich Gauss (1777-1855)

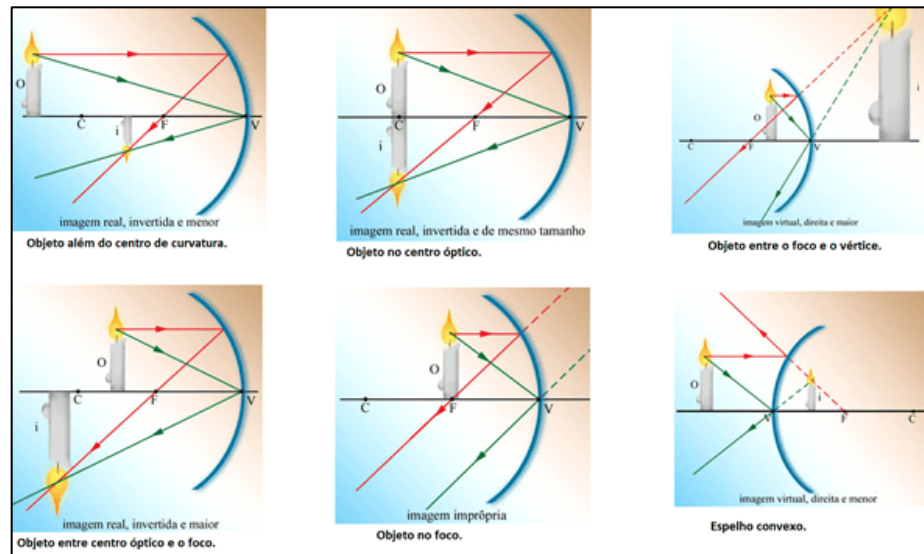
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} \quad (1)$$

Utilizaremos também a equação (2), que relaciona o tamanho ou altura do objeto (o) e o tamanho ou altura da imagem (i) com suas distâncias em relação ao vértice do espelho, distância do objeto (p) e distância da imagem (q), chamada de equação da ampliação, dada por:

$$A = \frac{i}{o} = \frac{-q}{p} \quad (2)$$

As imagens geradas pelos raios particulares em um espelho esférico, podem ser melhor compreendidas observando o esquema abaixo:

Figura 34 - Esquema do comportamento da luz em espelhos esféricos



Fonte: Modificado de ALVES (2019,p.10)

- **Procedimento**

**Prática digital:**

- Pedir ao aluno que acesse o simulador digital web, seja espelho côncavo ou convexo, um de cada vez.
- Ajustar o raio de curvatura do espelho em uma medida fixa, e uma unidade de medida conhecida e adequada a observação.
- Utilizar o referencial de Gauss para as anotações elementares, como medida do foco, posição do objeto e da imagem em relação ao espelho, tamanho do objeto e da imagem gerada, para diferentes posições selecionadas.

- **Sugestões**

- Solicitar aos alunos que pesquisem sobre aplicações envolvendo espelhos esféricos e que seja promovido um momento para compartilhar essas informações entre os alunos na sala de aula.

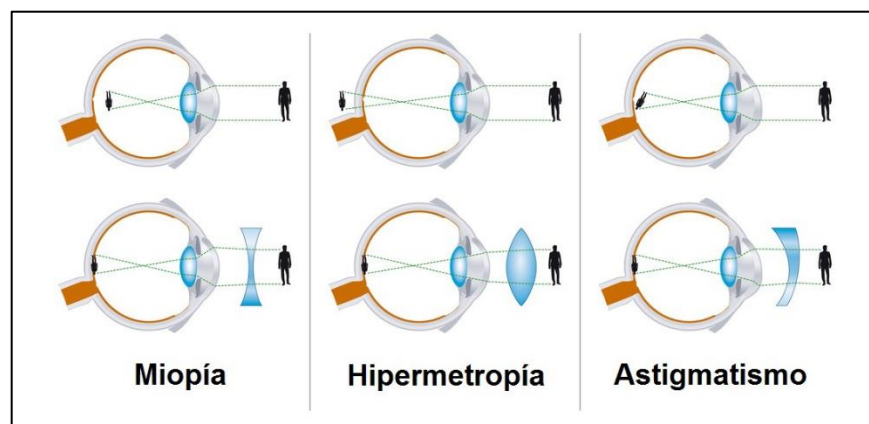
### A.3 – DEFEITOS DA VISÃO (DIGITAL)

Nesta prática será apresentada uma demonstração das aplicações das leis da óptica geométrica, para estudar os defeitos da visão humana mais conhecidos, e a correção desses defeitos utilizando lentes delgadas. Essa demonstração será realizada usando ferramentas digitais.

- **Momento pedagógico**

- Introdução ao conteúdo elementar sobre defeitos da visão humana e as possíveis correções desses defeitos a partir de lentes corretivas.
- Apresentar aos alunos os três tipos mais comuns de defeitos na visão, como a Hipermetropia, Astigmatismos e a Miopia, evidenciando a anatomia do olho humano para cada um desses defeitos e evidenciar com clareza as causas desses defeitos e os meios corretivos a partir de lentes delgadas.
- Apresentar os conceitos de convergência e divergência dos raios de luz quando atravessam uma lente esférica.
- Observar a partir de manipulações e ajustes simples no simulador, o defeito existente, classificando-o e corrigindo a partir de ajustes no simulador e observando em loco a nitidez da imagem ser melhorada.

Figura 35 - Esquema dos principais problemas da visão humana



Fonte: Modificado de NEOVISÃO (2021, p.3)

- **Objetivos:**

Apresentar aos alunos o conhecimento sobre, os principais defeitos da visão humana como Hipermetropia, Astigmatismo e Miopia, evidenciando suas causas e a possível correção desse defeito a partir de ajustes em lentes delgadas posicionadas a frente do olho que recebe estímulos de luz do meio externo, acredita-se que com manipulações simples em um simulador digital o aluno compreenderá de forma mais objetiva a causa do problema e a sua possível a correção.

- **Recursos didáticos:**

- Usaremos um simulador digital, “Física animações/simulações”,

- Disponível em:

[https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt\\_vady&l=pt](https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_vady&l=pt)

#### **Defeitos da visão**

- Parâmetros para a realização do experimento no simulador:

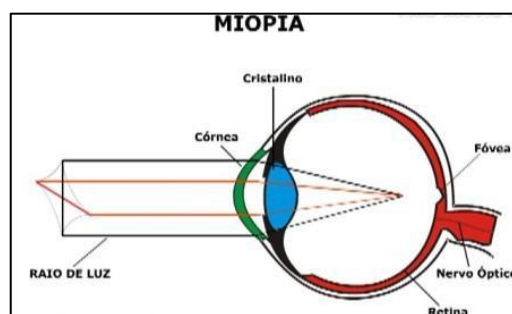
- Selecionar o experimento Defeitos da visão – tipo de defeito.
- Selecionar o defeito visão “Astigmatismo” e ajustar a barra horizontal que diz respeito ao ajuste da lente corretiva até o defeito seja corrigido.
- Selecionar o defeito visão “Miopia” e ajustar a barra horizontal que diz respeito ao ajuste da lente corretiva até o defeito seja corrigido.
- Selecionar o defeito visão “Hipermetropia” e ajustar a barra horizontal que diz respeito ao ajuste da lente corretiva até o defeito seja corrigido.

#### • **Fundamentação Teórica**

A maioria dos defeitos da visão humana podem ser corrigidos, desde que seja avaliado por um profissional capacitado, como o médico oftalmologista, com o uso de equipamentos mais avançados, esses defeitos podem ser constatados e o profissional pode indicar a melhor opção para a correção do defeito. Os defeitos mais conhecidos são: Miopia: dificuldade para enxergar de longe; Hipermetropia: dificuldade para enxergar de perto; Astigmatismo: perda de nitidez, ocasionando uma visão manchada dos objetos. (FUKE; YAMAMOTO, 2016).

Sabe-se que a miopia, “É uma anomalia da visão que consiste em um alongamento do globo ocular. Nesse caso há um afastamento da retina em relação ao cristalino, fazendo que a imagem seja formada antes da retina, tornando-a não nítida.” (CAVALCANTE, 2021).

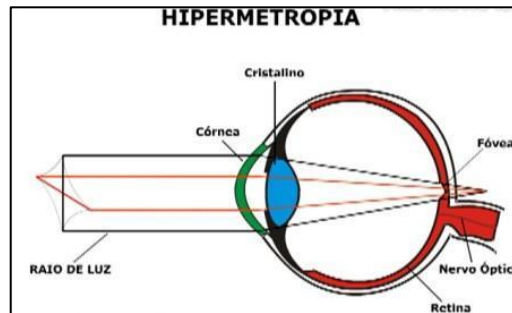
Figura 36 - Esquema do olho míope



Fonte: Modificado de Salustriano (2021, p.2)

Sabe-se que a hipermetropia, “A hipermetropia é um defeito oposto à miopia, ou seja, aqui existe uma diminuição do globo ocular. Nesse caso a imagem de objetos próximos é formada além da retina, fazendo aquelas imagens não sejam formadas com nitidez.” (CAVALCANTE, 2021).

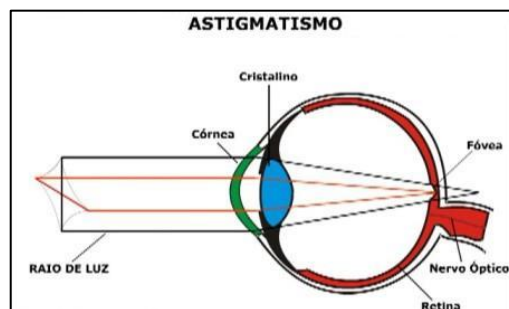
Figura 37 - Esquema do olho hipermetrope



Fonte: Modificado de Salustriano (2021, p.3)

Sabe-se que o astigmatismo “consiste no fato de que as superfícies que compõem o globo ocular apresentam diferentes raios de curvatura, ocasionando uma falta de simetria de revolução em torno do eixo óptico. A correção é feita com a utilização de lentes cilíndricas capazes de compensar tais diferenças entre os raios de curvatura.” (CAVALCANTE, 2021).

Figura 38 - Esquema do olho astigmata



Fonte: Modificado de Salustriano (2021, p.4)

- **Procedimento:**

**Prática digital:**

- Pedir ao aluno que acesse o simulador digital web, Defeitos da visão, conforme link indicado:

[https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt\\_vady&l=pt](https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_vady&l=pt)

- Orientar os alunos a ajustarem o simulador nos parâmetros adequados para a realização do experimento, selecionando as opções pré-determinadas, no tópico Recursos didáticos – Defeitos da visão, prática digital p.35.

- Iniciar o experimento solicitando aos alunos que analisem as anotações sobre o defeito da visão em específico, observando os detalhes na formação da imagem na retina durante o experimento, antes e após a correção do defeito pelas lentes.

- Ajustar o de nível de vergência da lente, a partir do controle de barra afim de se conseguir fazer a acomodação perfeita da imagem na retina do olho humano observado no experimento.

- **Sugestões**

- O professor, poderá sugerir aos alunos que façam uma pesquisa sobre outros defeitos da visão não mencionados nesse trabalho.

#### **A.4 – DISPERSÃO DA LUZ BRANCA**

Nesta prática apresentaremos o fenômeno da dispersão da luz branca apresentada pela primeira vez pelo físico Isaac Newton (1672). Ela consiste basicamente em montar um experimento onde se possa observar a dispersão da luz branca, as sete cores do arco íris, ao através um prisma em um ambiente controlado. (HELERBROCK, 2021).

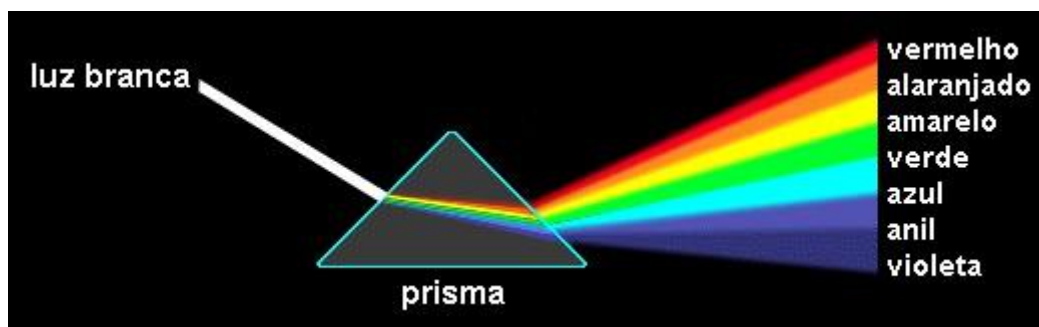
- **Momento pedagógico**

- A dispersão da luz, é definida como a separação da luz em vários componentes espectrais com diferentes frequências. Esse fenômeno ocorre devido à diferença dos índices de refração que separa os meios e também a diferença de velocidade de propagação do feixe de luz (HELERBROCK, 2021).

- Apresentar aos alunos o que ocorre quando a luz branca incide sobre uma superfície que separa dois meios como água e ar, surge um leque de cores. Esse fenômeno é denominado dispersão da luz e acontece em razão da diferença de incidência de refração, como também da diferença de velocidade de propagação do feixe de luz. Sabe-se que quando a luz se propaga no ar e atinge um prisma de vidro, sua velocidade muda para um valor menor do que no meio menor que anterior.

- Esse fenômeno pode ser associado fisicamente na formação do arco íris.

Figura 39 - Esquema da dispersão da luz branca



Fonte: Modificado de TAVARES (2021, p.1)

- **Objetivos:**

- Mostrar aos alunos que a luz branca é decomposta em feixes de várias cores, e evidenciar a posição e a natureza das cores na dispersão, como as cores do arco-íris.
- Aplicar a refração da luz para provocar desvio e dispersão em meios mais refringentes como no caso de um prisma.
- Fazer uma analogia empiricamente, sobre o efeito contrário, ou seja a composição da luz.

- **Recursos didáticos:**

**Prática digital:**

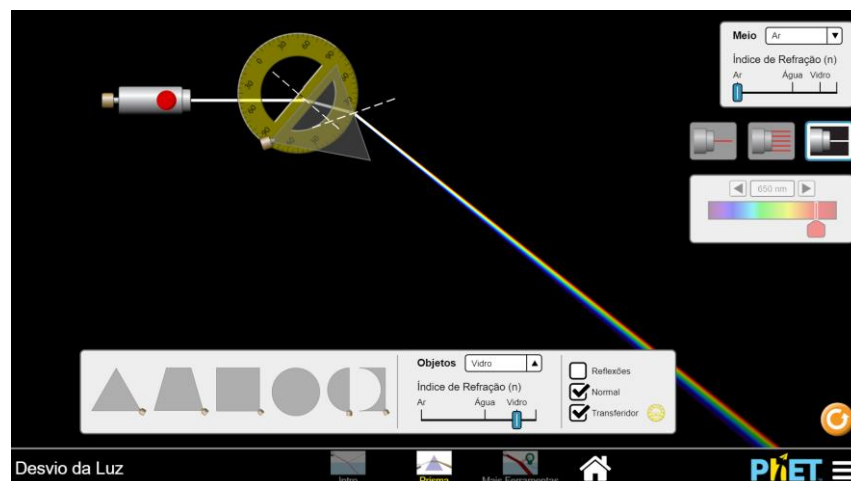
- Usaremos um simulador digital web, “Phet Interactive Simulations”,
- Disponível em:  
[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/bending-light](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/bending-light)

**Dispersão da luz branca**

- Parâmetros para a realização do experimento no simulador:

- Selecionar o experimento Desvio da Luz através do link
- Selecionar a opção Prisma
- Selecionar a fonte de luz branca
- Selecionar o prisma triangular, posicionando-o a frente da fonte de luz.
- Selecionar os parâmetros do prisma, opção vidro e exibir o eixo normal.
- Ajustar o prisma em frente a fonte de luz, rotacionando-o com o ângulo correto até surgir os vários feixes de luz coloridos.
- Habilitar o transferidor no experimento, para se averiguar o ângulo de incidência no prisma em relação a normal.

Figura 40 - Esquema do experimento dispersão da luz no simulador digital Phet



Fonte: Modificado de Wieman, C (2021)



### Prática analógica:

- Usaremos alguns equipamentos para a prática analógica
- *Equipamentos e materiais*

- Bancada de mesa no laboratório
- Um canhão de luz (laser) mod.v21880 five rays projector.
- Prato giratório (graduado em graus) SN5K2403
- Prisma acrílico de seção reta triangular (dimensões: aresta 11,5cm, profundidade 1,5cm)
- Anteparo de cartolina branca

#### - Montagem

- Ligar o canhão de luz em cima da bancada.
- Posicionar o prisma em cima do prato giratório, na posição de alinhamento.
- Regular as alturas do canhão de luz e do prisma, de forma que estejam completamente alinhados.
- Posicionar o anteparo branco, em posição oposta a fonte de luz e em frente ao prisma.
- Ajustar o prisma triangular de frente ao canhão de luz, rotacionando-o até o ângulo de  $30^\circ$  em relação a normal, afim de se observar o fenômeno da dispersão da luz, no anteparo de cartolina branca, posicionado a frente do prisma.

Figura 41 - Esquema montagem do experimento da dispersão no laboratório (Autor, 2021)





- **Fundamentação Teórica:**

O fenômeno da dispersão da luz branca, ocorre quando ela incide em uma superfície ou meio onde sua velocidade resultante é influenciada pelo valor da frequência. Isso provocará uma separação entre as diversas frequências e cores de luz.

Esse espalhamento da luz é conhecido como **dispersão cromática**, em que a palavra “dispersão” se refere ao espalhamento da luz de acordo com o comprimento de onda, e a palavra “cromática” se refere às cores associadas aos diferentes comprimentos de onda. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016, p. 63).

O índice de refração de um meio material é uma propriedade particular que muda de um meio para outro, portanto, a dispersão é mais acentuada em alguns materiais do que outros.

O prisma consegue separar a luz em as várias cores, evidenciando os diferentes ângulos, para cada componente: a componente azul, tem o ângulo mais desviado que a componente vermelha; as outras componentes possuem ângulos intermediários. (HELERBROCK, 2021).

Figura 42 - Esquema da decomposição da luz



Fonte: Modificado de Carfiofi (2021, p.14)

- **Procedimento**

**Prática digital:**

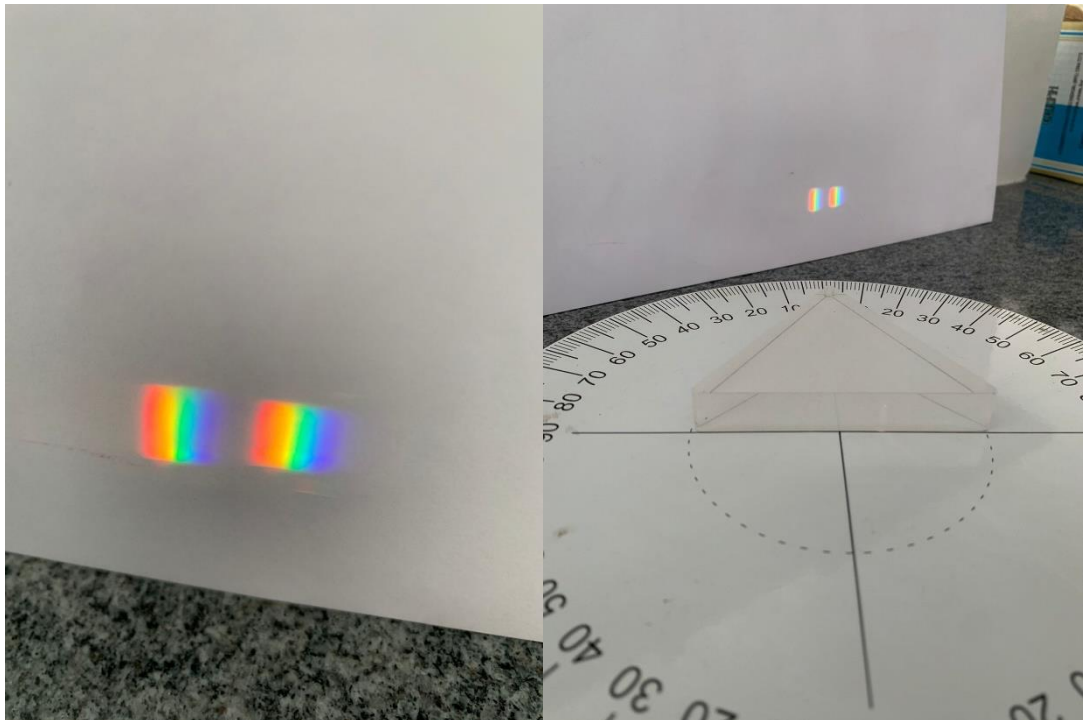
- Solicitar aos alunos que acessem o simulador digital, Dispersão da luz, conforme link indicado. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/bending-light](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/bending-light)
- Orientar os alunos a ajustarem o simulador nos parâmetros adequados para a realização do experimento, selecionando as opções pré-determinadas, no tópico Recursos didáticos – Dispersão da luz branca, prática digital p.36.
- Iniciar o experimento, pressionando o botão que liga a fonte de luz e observar o fenômeno da dispersão da luz, observando os detalhes do ângulo de inclinação do feixe luz na entrada e na saída do prisma.

- Utilizar o transferidor digital afim de medir e registrar os ângulos de entrada e saída do feixe de luz no prisma.
- Observar e registrar as sequências de cores na dispersão da luz, constatando, qual componente realmente desviou mais em relação ao eixo normal do prisma.

### **Prática analógica:**

- Esta pratica será realizada no laboratório da Universidade Federal do Maranhão-UFMA. Campus de Balsas. Pelo discente Roney da Silva Gomes, com a supervisão do professor mediador Dr. Alyson Bruno Fonseca Neves e o técnico Samuel.
- A demonstração da prática será registrada com vídeos e fotos, para depois ser apresentada aos alunos das escolas participantes da pesquisa.
- A prática ocorrerá conforme equipamentos e roteiro mencionado no tópico Recursos didáticos - pratica analógica, pág. 36 “Dispersão da luz branca”.
- Iniciar o vídeo que apresenta o experimento realizado analogicamente.
- Orientar os alunos a observarem no vídeo os parâmetros ajustados nos equipamentos para a realização do experimento
- Observar e registrar as sequências de cores na dispersão da luz, constatando, qual componente, realmente desviou mais em relação ao eixo normal do prisma.

Figura 43 - Imagem do resultado do experimento (Autor, 2021)



- **Sugestões**

- O professor, poderá sugerir aos alunos que façam uma analogia sobre o fenômeno da dispersão da luz branca com o da formação do arco íris no céu em dias de chuva.

## A.5 – COMPOSIÇÃO DA LUZ, DISCO DE NEWTON

Nesta prática será apresentada uma demonstração da composição da luz branca, através do experimento do disco de Newton em rotação. Essa prática será realizada tanto usando ferramentas digitais como analógicas.

- **Momento pedagógico**

- Introdução ao conteúdo de física óptica, a composição da luz branca é definida como a união de todas as cores ou componentes espectrais com diferentes frequências e comprimentos de onda.
- Apresentar aos alunos o que a luz branca é obtida pela composição de outras cores. Esse fenômeno é denominado composição da luz branca, é um fenômeno contrário ao da dispersão da luz.

Figura 44 - montagem do experimento



Fonte: Modificado de Helerbrock (2021, p.1)

- **Objetivos:**

- O objetivo principal é mostrar que a luz branca, pode ser formada de componentes coloridas. Isaac Newton (1643), mostrou que a luz que consideramos ser branca é na verdade, uma mistura de luzes visíveis de diferentes cores. No experimento cada segmento do disco refletirá a luz de uma cor e, ao girar o disco, as cores se misturam, formando um disco na cor branca quando atinge uma certa velocidade de rotação.

- **Recursos didáticos:**

**Prática digital:**

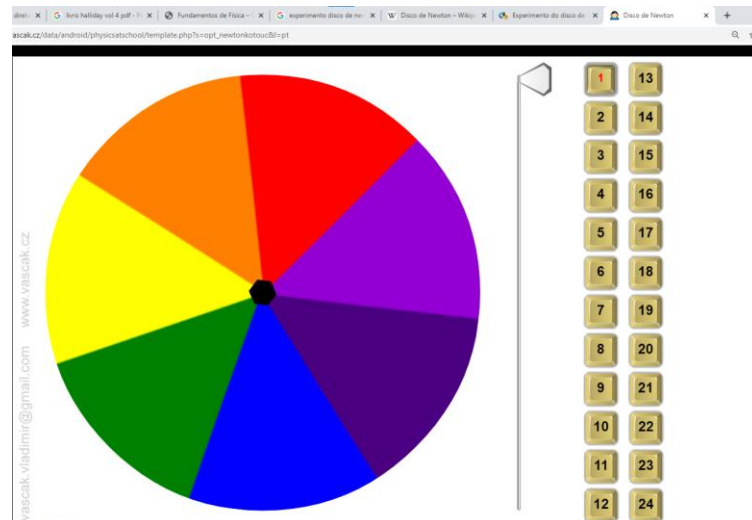
- Usaremos um simulador digital, “Física animações/simulações”,
- Disponível em:  
[www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt\\_newtonkotouc&l=pt](http://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_newtonkotouc&l=pt)

**Disco de Newton**

- Parâmetros para a realização do experimento no simulador:

- Selecionar o experimento disco de Newton
- Mudar o nível de velocidade para os números pares a cada 3 segundos
- Deixar por 60 segundos no nível máximo de velocidade.

Figura 45 - Experimento disco de Newton no simulador



Fonte: Modificado de Vascak, V (2021)

### Prática analógica:

- Usaremos alguns equipamentos para a prática analógica
- Equipamentos e materiais

- Bancada de mesa no laboratório
- Disco para furadeira (p/colar o disco)
- Dispositivo para rotacionar o disco, “furadeira” potência 550w (Hammer)
- Uma folha de papel com a impressão de um disco que contenha as sete cores do espectro visível com divisões iguais de área e raio 6cm.

- Cola branca e tesoura

#### - Montagem

- Preparar o disco de Newton, recortando e colando a folha de papel no disco.
- Ajustar o posicionamento da furadeira de forma segura e ligá-la na energia.
- Ajustar os níveis de velocidade da furadeira durante o seu funcionamento, até atingir a velocidade máxima de rotação, deixar no mínimo 30 segundos nessa rotação.

- **Fundamentação Teórica:**

Sabe-se que Isaac Newton (1643), conseguiu provar que a luz branca é a composição ou reunião de todas as cores visíveis. Ele realizou um experimento onde demonstrou em um disco colorido em rotação, com cores primárias do espectro visível

(vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta), nele apresentava-se a cor branca. Quando o disco estava parado, a separação das cores era nítida, no entanto, ao colocar o disco para girar novamente, as cores misturavam-se, e o disco ficava branco aos olhos dos observadores. Esse experimento ficou conhecido como disco de Newton. (HELERBROCK, 2021).

A velocidade de propagação da luz no ar atmosférico e no vácuo é praticamente igual: cerca de  $3 \cdot 10^8$  m/s. Isso significa que ela viaja cerca de 300 milhões de metros a cada segundo. Na prática, isso significa que, qualquer que seja a distância dos objetos ao nosso redor, o tempo necessário para a luz chegar até a nossa retina não seria maior que  $10^{-8}$  s, um tempo realmente muito pequeno. No entanto, o processo da visão é mais do que simplesmente a luz chegar até os nossos olhos. Um processo bioquímico bastante complexo é iniciado quando a luz incide sobre a retina e ilumina as células fotorreceptoras da visão: os **cones** e os **bastonetes**. Essas células contêm um pigmento chamado opsina, e essa molécula sofre uma mudança estrutural muito veloz quando atingida pelos fótons. O tempo dessa mudança é de alguns poucos picossegundos ( $10^{-12}$  s). Em seguida, um impulso elétrico é produzido e propaga-se pelo sistema nervoso até o cérebro, onde a informação luminosa é reconhecida e convertida em imagem. Esse processo, por sua vez, é muito mais lento e pode levar até um décimo de segundo ( $10^{-1}$  s). Esse tempo, chamado de tempo de persistência retiniana ou tempo de persistência da visão, é também o tempo que um estímulo visual leva para sair da nossa retina. Em decorrência desse fenômeno, existe uma velocidade mínima que o disco precisa mover-se para que possamos enxergar a cor branca. Essa mesma exigência ocorre quando assistimos a um filme no cinema. Existe uma taxa mínima de quadros por segundo (cerca de 24 quadros por segundo) necessária para termos a ilusão do movimento contínuo. (HELERBROCK, 2021)

## • Procedimento

### Prática digital:

- Pedir aos alunos que acessem o simulador digital web, “Física animações/simulações”, disco de Newton, conforme link indicado abaixo.  
Disponível em:  
[www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt\\_newtonkotouc&l=pt](http://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_newtonkotouc&l=pt)
- Orientar os alunos a ajustarem o simulador nos parâmetros adequados, alterando a velocidade do disco, para os números pares.
- Iniciar o experimento, pressionando os botões para alterar a velocidade de rotação a cada de segundo e quando chegar na velocidade máxima de rotação, observar o fenômeno por 60 segundos, constatando a composição da cor branca no disco nesse intervalo de tempo.
- Repetir o experimento se necessário.

### Prática analógica:

- Esta prática será realizada no laboratório da Universidade Federal do Maranhão-UFMA. Campus de Balsas. Pelo discente Roney da Silva Gomes, com a supervisão do professor mediador Dr. Alyson Bruno Fonseca Neves e o técnico Samuel.
- A demonstração da prática será registrada com vídeos e fotos, para depois ser apresentada aos alunos das escolas participantes da pesquisa.
- A prática ocorrerá conforme equipamentos e roteiro mencionado no tópico Recursos didáticos - prática analógica, pág. 38 “disco de Newton”.
- Orientar os alunos a observarem no vídeo os parâmetros ajustados nos equipamentos para a realização do experimento
- Iniciar o vídeo que apresenta o experimento realizado analogicamente.
- Observar o fenômeno da composição da luz branca, quando o disco de Newton atinge a maior velocidade possível de rotação, se tornando completamente branco no momento de máxima velocidade e com as cores visíveis e sem distorção quando completamente parado.

Figura 46 - Imagem do experimento no laboratório (Autor, 2021)



- **Sugestões**

- O professor mediador pode solicitar aos estudantes que pesquisem outros exemplos de composição da luz branca além do disco de Newton.

### A.6 – INTERFERÊNCIA DA LUZ NA FENDA DUPLA

Nesta prática será apresentada uma demonstração chamada de experimento da fenda dupla de Thomas Young (1801), cujo o objetivo é mostrar o caráter ondulatório da luz.

### • Momento pedagógico

- Sabe-se que a luz é uma onda eletromagnética, constituída por campos elétrico e magnético que oscilam, periodicamente, no tempo e no espaço, perpendiculares entre si. Sua natureza ondulatória, fica evidente, quando seu comprimento de onda é comparável às dimensões de obstáculos ou aberturas existentes em seu caminho. O fenômeno da interferência é um exemplo de sua natureza ondulatória.
- O efeito de duas ou mais ondas ao se encontrarem em um ponto do espaço, em certo instante, é definido como princípio da superposição de ondas. Se essas se encontrarem em fase, ou seja, se os máximos das ondas coincidem, elas produzem uma onda resultante, cuja amplitude é igual à soma das amplitudes de cada uma das ondas, neste caso, diz-se que ocorre interferência construtiva das ondas. Por outro lado, se as ondas, ao se encontrarem, estiverem fora de fase — ou seja, se o máximo de uma, coincide com o mínimo da outra —, ocorre interferência destrutiva e a amplitude da onda produzida é igual à diferença entre as amplitudes das duas ondas. (SILVA, 2021).

### • Objetivos:

- O objetivo principal é mostrar a luz como uma onda, experimentando o fenômeno da interferência, para uma luz monocromática, a partir de uma prática realizada de duas maneiras, digitalmente e analogicamente. Esse experimento é convencionalmente chamado de experimento da fenda dupla de Young.

### • Recursos didáticos:

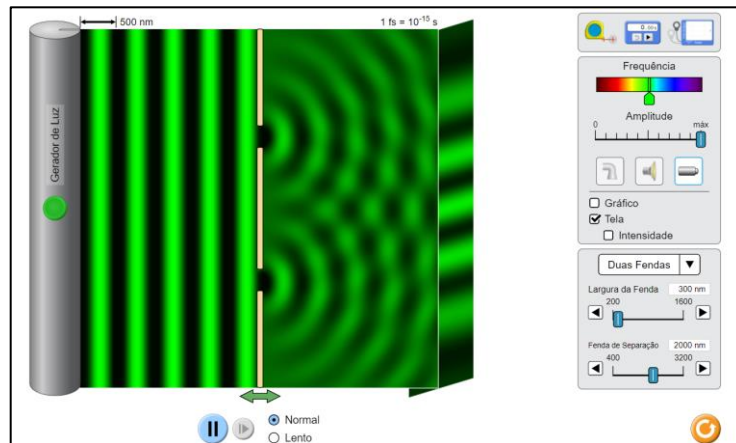
#### Prática digital:

- Usaremos um simulador digital, “Phet Interactive Simulations”,
- Disponível em:  
[https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_pt_BR.html)

#### Interferência da Luz (Fenda dupla)

- Parâmetros para a realização do experimento no simulador:
  - Selecionar experimento fendas.
  - Marcar velocidade normal de apresentação.
  - Selecionar amplitude de frequência máxima.
  - Selecionar a fonte, canhão de luz.
  - Marcar, apresentar tela.
  - Marcar a opção, duas fendas.
  - Selecionar a largura da fenda 300nm.
  - Selecionar a fenda de separação 2000nm.

Figura 47 - Imagem do experimento funcionando no simulador digital



Fonte: Modificado de Wieman, C (2021)

### Prática analógica:

- Usaremos alguns equipamentos para a prática analógica
- Equipamentos

- Bancada de mesa no laboratório
- Um canhão a laser (classe-II-laser radiation kay-102).
- Lâmina fenda dupla (ELWE m<sup>o</sup> 1000885, b: 0,075/0,15/0,04mm)
- Suporte para lâmina da fenda (ELWE-1000855)
- Anteparo na cor branca (cartolina)

- Montagem

- Apoiar o canhão de luz sobre a bancada de mesa.
- Posicionar o anteparo sobre a bancada de frente para o canhão de luz
- Posicionar o suporte com a lâmina de fendas entre o canhão de luz e o anteparo, efetuar o alinhamento entre eles.
- Realizar os ajustes quanto ao melhor posicionamento entre as partes.



Figura 48 - Experimento da fenda dupla montado no laboratório (Autor, 2021)

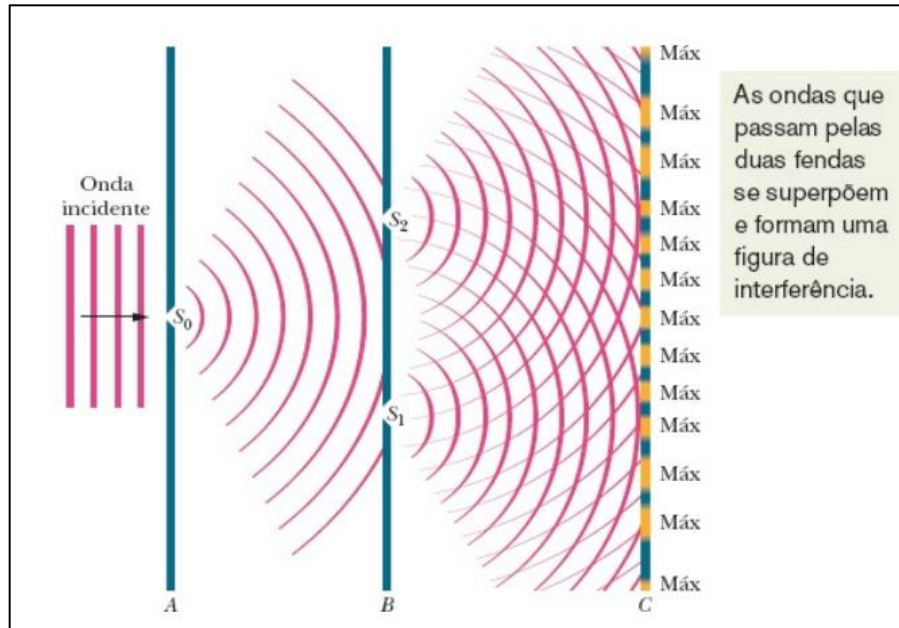


- **Fundamentação Teórica:**

Sabe-se que Thomas Young (1801), provou experimentalmente que a luz é uma onda, ao contrário do que pensavam muitos cientistas da época. O que o cientista fez foi demonstrar que a luz sofre interferência, como as ondas do mar, as ondas sonoras e todos os outros tipos de ondas (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016, p. 190). Agora vamos analisar o experimento de Young como um exemplo de interferência de ondas luminosas:

A Fig. 35-8 mostra a configuração usada no experimento de Young. A luz de uma fonte monocromática distante ilumina a fenda  $S_0$  do anteparo A. A luz difratada pela fenda se espalha e é usada para iluminar as fendas  $S_1$  e  $S_2$  do anteparo B. Uma nova difração ocorre quando a luz atravessa essas fendas e duas ondas esféricas se propagam simultaneamente no espaço à direita do anteparo B, interferindo uma com a outra. O “instantâneo” da Fig. 35-8 mostra a interferência das duas ondas esféricas. Não podemos, porém, observar a interferência, a não ser se uma tela de observação C for usada para interceptar a luz. Nesse caso, os pontos em que as ondas se reforçam formam listras iluminadas, denominadas franjas claras, ao longo da tela (na direção perpendicular ao papel na Fig. 35-8). Os pontos em que as ondas se cancelam formam listras sem iluminação, denominadas franjas escuras. O conjunto de franjas claras e escuras que aparecem na tela é chamado de figura de interferência. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016, p. 191).

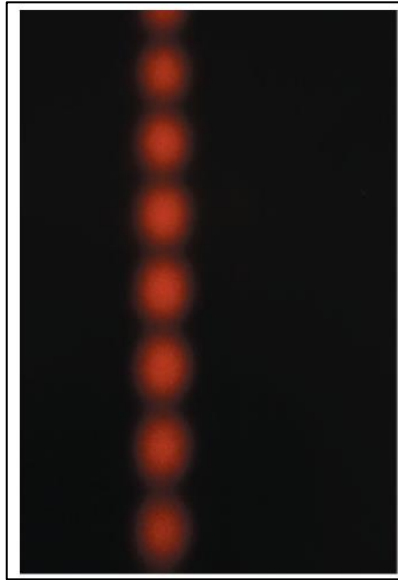
Figura 49 - Imagem do experimento no livro



Fonte: Modificado de Halliday; Resnick; Walker (2016, p.191)

Figura 35-8 No experimento de Young, a luz monocromática incidente é difratada pela fenda  $S_0$ , que se comporta como uma fonte luminosa pontual, emitindo frentes de onda semicirculares. Quando a luz chega ao anteparo B, é difratada pelas fendas  $S_1$  e  $S_2$ , que se comportam como duas fontes luminosas pontuais. As ondas luminosas que deixam as fendas  $S_1$  e  $S_2$  se combinam e sofrem interferência, formando um padrão de interferência, composto de máximos e mínimos, na tela de observação C. A ilustração é apenas uma seção reta; as telas, as fendas e a figura de interferência se estendem para dentro e para fora do papel. Entre os anteparos B e C, as frentes de onda semicirculares com centro em  $S_2$  mostram as ondas que existiriam se apenas a fenda  $S_2$  estivesse descoberta; as frentes de onda semicirculares com centro em  $S_1$  mostram as ondas que existiriam se apenas a fenda  $S_1$  estivesse descoberta. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016, p. 192).

Figura 50 - Imagem do experimento da interferência no livro



Fonte: Modificado de Halliday; Resnick; Walker (2016, p.191)

Figura 35-9 Fotografia da figura de interferência produzida por um arranjo como o da Fig. 35-8, mas com fendas curtas. (A fotografia é uma vista frontal de parte da tela C.) Os máximos e mínimos de intensidade são chamados de franjas de interferência porque lembram as franjas decorativas usadas em colchas e tapetes. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016, p. 192).

• **Procedimento:**

**Prática digital:**

- Pedir aos alunos que acessem o simulador digital web, Interferência da onda (Fendas), conforme link indicado abaixo.

Disponível em:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_pt_BR.html)

- Orientar os alunos a ajustarem o simulador nos parâmetros adequados para a realização do experimento, selecionando as opções pré-determinadas, no tópico Recursos didáticos - prática digital p.39 “Fenda Dupla”.

- Iniciar o experimento, pressionando o botão gerador de ondas.

- Observar o fenômeno da interferência ocorrendo no anteparo a frente, evidenciado pelo aparecimento de franjas, claras e escuras, que determinam os pontos de máximo e mínimo, ocasionado pela interferência construtiva “franjas claras” ou destrutiva “franjas escuras” das ondas luminosas.

Figura 51 - Fenômeno da interferência no simulador digital Phet



Fonte: Modificado de Wieman, C (2021)

### Prática analógico:

- Esta prática será realizada no laboratório da Universidade Federal do Maranhão-UFMA, campus de Balsas. Pelo discente Roney da Silva Gomes, com a supervisão do professor mediador Dr. Alyson Bruno Fonseca Neves e o técnico Samuel.
- A demonstração da prática será registrada com vídeos e fotos, para depois ser apresentada aos alunos das escolas participantes da pesquisa.
- A prática ocorrerá conforme equipamentos e roteiro mencionado no tópico Recursos didáticos - prática analógica, pág. 39 “Fenda Dupla”.
- Orientar os alunos a observarem no vídeo os parâmetros ajustados nos equipamentos para a realização do experimento.
- Iniciar o vídeo que apresenta o experimento realizado analogicamente.
- Observar o fenômeno da interferência ocorrendo no anteparo a frente, evidenciado pelo aparecimento de franjas, claras e escuras que surgiram no anteparo, que determinam os pontos de máximo e mínimo, ocasionados pela interferência construtiva “franjas claras” ou destrutiva “franjas escuras” das ondas luminosas.

Figura 52 - Registros do experimento da interferência no laboratório (Autor, 2021)



- **Sugestões**

- O professor mediador poderá solicitar aos estudantes que pesquisem outros exemplos de experimentos que mostram o fenômeno da interferência de uma onda qualquer, em outros contextos.

## APÊNDICE B: REGISTROS FOTOGRÁFICOS

### B.1 – NO CENTRO DE ENSINO DOM DANIEL COMBONI

Figura 53 - Alunos do grupo de controle (Autor, 2021)



Figura 54 - Alunos do grupo de controle (Autor, 2021)





Figura 55 - Alunos do grupo experimental (Autor, 2021)



Figura 56 - Apresentação dos experimentos para o grupo experimental



## B.2 – NO COLÉGIO EDUCAR ADVANCED

Figura 57 - Alunos do grupo de controle (Autor, 2021)



Figura 58 - Alunos do grupo de controle (Autor, 2021)





Figura 59 - Alunos do grupo experimental com o professor da turma (Autor, 2021)



Figura 60 - Apresentação aos alunos – grupo experimental (Autor, 2021)



Figura 61 – Apresentação aos alunos – grupo experimental (Autor, 2021)

