



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS SÃO RAIMUNDO NONATO
CURSO LICENCIATURA EM FÍSICA**

CAMILA DE LIMA SANTOS

**INTRODUÇÃO AO ENSINO DE ÓPTICA ATRAVÉS DA EXPERIÊNCIA COM
CÂMERA ESCURA: UMA ABORDAGEM SIGNIFICATIVA PARA ALUNOS DO
ENSINO MÉDIO**

SÃO RAIMUNDO NONATO-PI

2024

CAMILA DE LIMA SANTOS

**INTRODUÇÃO AO ENSINO DE ÓPTICA ATRAVÉS DA EXPERIÊNCIA COM
CÂMERA ESCURA: UMA ABORDAGEM SIGNIFICATIVA PARA ALUNOS DO
ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí. Campus São Raimundo Nonato.

Orientador: Dr. Rafael de Alencar Rocha

SÃO RAIMUNDO NONATO-PI

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Santos, Camila de Lima

S237i Introdução ao ensino de óptica através da experiência com câmera escura :
uma abordagem significativa para alunos do ensino médio / Camila de Lima
Santos. - 2024.
55 p.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus São Raimundo
Nonato, 2024.

Orientador : Prof Dr. Rafael de Alencar Rocha.

1. óptica. 2. ensino de física. 3. métodos experimentais. 4. instrumentos
ópticos. I.Título.

CDD - 530

Elaborado por Uliscley Silva Gomes CRB 15/938

CAMILA DE LIMA SANTOS

INTRODUÇÃO AO ENSINO DE ÓPTICA ATRAVÉS DA EXPERIÊNCIA COM
CÂMERA ESCURA: UMA ABORDAGEM SIGNIFICATIVA PARA ALUNOS DO
ENSINO MÉDIO

Trabalho de Conclusão de Curso
(monografia) apresentado como exigência
parcial para obtenção do diploma do Curso
de Licenciatura em física do Instituto
Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí, Campus São
Raimundo Nonato - PI.

Aprovada em: 12/09/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rafael de Alencar Rocha (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Antonio Sousa Ribeiro
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Guilherme S. M. Araujo
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Dedico este trabalho aos meus pais, irmãos e aos colegas que me acompanharam durante essa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dá forças e sabedoria para enfrentar todos os desafios ao longo dessa jornada.

Agradeço aos meus pais Louraci e Gonzaga, pelo amor que sempre me deram e pelo incentivo para chegar até aqui.

Agradeço a minha Madrinha Nilva Maria que é como a uma mãe, por todo amor e incentivo.

Um agradecimento especial ao meu orientador, Prof. Dr. Rafael Alencar, pela a orientação, paciência e compreensão que foram essenciais para a conclusão deste trabalho. Agradeço aos demais professores do curso por todos os ensinamentos.

Ao instituto federal do Piauí, por essa valiosa oportunidade, a Capes pelo valioso aprendizado na residência pedagógica.

Agradeço à minha companheira de vida Tamyres Antunes por todo o zelo e amor para comigo, nessa grande jornada.

Um agradecimento especial para minha amiga Meily Ribeiro que sempre segurou a mão durante toda essa trajetória, não é apenas uma colega de curso, mas considero uma irmã, que sempre me levantou quando eu caí.

Agradeço aos colegas de classe pela amizade, compreensão, pela parceria e troca de conhecimentos durante todo o curso.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente contribuíram para que este objetivo se torna realidade.

Se eu vi mais longe, foi por estar sobre
ombros de gigantes.

Issac Newton

RESUMO

A presente pesquisa abordou o ensino de óptica no Ensino Médio por meio da prática experimental com câmeras escuras e outros instrumentos ópticos. A relevância deste estudo está na necessidade de métodos pedagógicos que tornem o aprendizado de conceitos complexos de física mais acessível e engajador para os alunos. Através de atividades práticas, buscamos explorar como a luz interage com diferentes meios e os princípios fundamentais que regem o funcionamento de diversos dispositivos ópticos, como câmeras fotográficas, telescópios, lunetas e binóculos. Utilizamos uma abordagem experimental que envolveu a seleção de alunos do Ensino Médio, preparação de material didático específico, aplicação de questionários e realização de sessões de discussão e observação. Os dados coletados foram analisados para medir o impacto das atividades práticas no aprendizado dos estudantes. Os principais resultados indicam que a metodologia adotada teve um impacto positivo significativo no entendimento dos alunos sobre os princípios de óptica. Os estudantes demonstraram uma compreensão melhorada dos conceitos após participarem das atividades práticas, refletindo-se em um aumento nos acertos nos questionários aplicados antes e depois do experimento. Esses achados sugerem que a integração de práticas experimentais pode ser uma estratégia eficaz para o ensino de conceitos abstratos em física. Diante disso, destacamos que o uso de atividades experimentais pode melhorar significativamente a compreensão dos alunos sobre conceitos complexos, além de aumentar seu interesse e engajamento na matéria. Os resultados obtidos apontam para a necessidade de mais pesquisas sobre o tema, especialmente em relação à aplicação desses métodos em outras áreas da física e em diferentes contextos educacionais.

Palavras-chave: óptica; ensino de física; métodos experimentais; instrumentos ópticos.

ABSTRACT

This research addressed the teaching of optics in high school through experimental practice with pinhole cameras and other optical instruments. The relevance of this study lies in the need for pedagogical methods that make the learning of complex physics concepts more accessible and engaging for students. Through practical activities, we aimed to explore how light interacts with different media and the fundamental principles governing the operation of various optical devices such as cameras, telescopes, monoculars, and binoculars. We used an experimental approach involving the selection of high school students, preparation of specific teaching materials, application of questionnaires, and conducting discussion and observation sessions. The collected data were analyzed to measure the impact of practical activities on students' learning. The main results indicate that the adopted methodology had a significant positive impact on students' understanding of optics principles. Students showed improved comprehension of concepts after participating in practical activities, as reflected in an increase in correct answers on questionnaires administered before and after the experiment. These findings suggest that integrating experimental practices can be an effective strategy for teaching abstract physics concepts. In light of this, we highlight that the use of experimental activities can significantly enhance students' understanding of complex concepts, as well as increase their interest and engagement in the subject. The results obtained point to the need for further research on the topic, especially concerning the application of these methods in other areas of physics and in different educational contexts.

Keywords: optics; physics education; experimental methods; optical instruments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Câmara escura de orifício.....	26
Figura 2 Refratação lumisona.....	29

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Resultado o questionário	43
Gráfico 2 Resultado do questionário (Pós- Experimentos).....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição das atividades	36
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 HISTÓRIA E EVOLUÇÃO DA ÓPTICA	17
3. APLICAÇÕES PRÁTICAS DO PRINCÍPIO DA CÂMERA ESCURA E OUTROS INSTRUMENTOS ÓPTICOS	21
3.1 CÂMERA FOTOGRÁFICA	21
3.2 TELESCÓPIOS E LUNETAS	22
3.3 BINÓCULOS	23
4. TEORIA DA CÂMERA ESCURA	25
5. FÍSICA DOS RAIOS DE LUZ	29
6. ENSINO DE ÓPTICA NO ENSINO MÉDIO	33
7. METODOLOGIA	37
8. DESENVOLVIMENTO/ RESULTADOS	38
8.1 CONSTRUÇÃO DA CÂMERA ESCURA	38
8.2 EXPERIMENTOS REALIZADOS	40
8.3 ANÁLISES DOS RESULTADOS	42
9. DISCUSSÃO	46
10. CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS	50
APÊNDICES	54

1. INTRODUÇÃO

A óptica, ramo da física que estuda a interação da luz com a matéria, desempenha um papel fundamental na compreensão do mundo ao nosso redor. Explorar os princípios da óptica de maneira prática e envolvente é essencial para despertar o interesse e a compreensão dos alunos sobre esse fascinante campo do conhecimento. Neste contexto, o presente trabalho propõe uma abordagem inovadora para o ensino de óptica, através da utilização de uma câmera escura como instrumento pedagógico. Esta experiência proporcionará aos estudantes do Ensino Médio a oportunidade de vivenciar de forma direta as informações ópticas, promovendo uma aprendizagem mais significativa e rigorosa.

A escolha da câmera escura como recurso central desta proposta se justifica pela sua simplicidade conceitual e pela riqueza de características ópticas que pode ilustrar. Ao criar um ambiente escuro no qual a luz projeta uma imagem invertida e nítida do mundo exterior, os alunos terão a oportunidade de explorar conceitos como formação de imagens, expansão retilínea da luz, e até mesmo noções básicas de geometria óptica. Além disso, a experiência com a câmera escura estimula a observação cuidadosa e a interpretação crítica dos fundamentos naturais, proporcionando um contexto prático para a aplicação dos conhecimentos teóricos adquiridos em sala de aula. Dessa forma, esta abordagem busca não apenas transmitir conceitos, mas também fomentar a curiosidade e o pensamento científico nos estudantes, apresentando-os para uma compreensão mais aprofundada das características ópticas e sua relevância no mundo contemporâneo.

A compreensão das ciências ópticas desempenha um papel crucial no estudo da física e na apreciação da interação entre a luz e a matéria. Nesse contexto, as investigações de Helene e Helene (2011) sobre a óptica do olho humano oferecem uma perspectiva valiosa. Ao analisar os aspectos ópticos do sistema visual humano, os autores destacam a complexidade e a precisão das estruturas oculares na formação de imagens nítidas. A pesquisa ressalta a importância do entendimento da refração e da formação de imagens para visão, evidenciando a aplicação prática dos princípios ópticos em nosso cotidiano. Ao considerar a relevância do estudo da óptica do olho humano, percebe-se a necessidade de abordagens pedagógicas inovadoras

que possam transmitir esses conceitos de maneira acessível e envolvente aos estudantes do Ensino Médio.

Outro aspecto relevante na abordagem da óptica é o emprego de lentes difrativas, conforme planejado por Castro-Ramos et al. (2006). A utilização de lentes difrativas oferece uma perspectiva intrigante para o design e construção de sistemas ópticos. Ao explorar os princípios da óptica difrativa, os autores destacam a capacidade dessas lentes em padrões de produção complexos de interferência e difração, expandindo as possibilidades de manipulação da luz. A pesquisa enfatiza a importância da compreensão dos conceitos difrativos na concepção de sistemas ópticos avançados. Portanto, ao considerarmos as contribuições de Castro-Ramos et al. (2006), percebemos a riqueza de possibilidades que o estudo da óptica difrativa pode oferecer aos estudantes, enriquecendo sua compreensão sobre a interação da luz com a matéria.

Dessa forma, a importância do tema da óptica no contexto acadêmico é incontestável, uma vez que abrange uma vasta gama de conceitos fundamentais para diversas áreas do conhecimento. A compreensão dos princípios ópticos é crucial não apenas para os estudantes de física, mas também para aqueles envolvidos em disciplinas relacionadas, como astronomia, biologia, engenharia e ciências da saúde. Além disso, a óptica desempenha um papel central na tecnologia contemporânea, sendo fundamental para o desenvolvimento de dispositivos e sistemas ópticos avançados utilizados em campos tão diversos quanto comunicações, medicina, fotônica e nanotecnologia. Compreender as opiniões ópticas permite o avanço de pesquisas e inovações em diversas frentes, contribuindo para o progresso científico e tecnológico global. Além disso, ao introduzir conceitos de óptica de maneira significativa e prática no ensino médio, como proposto neste trabalho, cria-se uma base sólida para futuros estudantes e pesquisadores, preparando-os para enfrentar os desafios e oportunidades do mundo acadêmico e profissional contemporâneo. Portanto, a abordagem da óptica não apenas enriquece o repertório teórico dos estudantes, mas também os capacita a aplicar esse conhecimento de forma inovadora e impactante em suas futuras trajetórias acadêmicas e profissionais.

O problema de pesquisa que este trabalho pretende abordar é a dificuldade dos alunos do Ensino Médio em compreender conceitos abstratos de óptica, especificamente relacionados à formação de imagens, refração e reflexão da luz. Essa dificuldade é frequentemente atribuída à abordagem teórica tradicional utilizada no

ensino dessas temáticas, que, muitas vezes, não consegue despertar o interesse dos estudantes ou proporcionar uma compreensão prática dos fenômenos. Diante disso, o objetivo geral deste trabalho é investigar se o uso da câmera escura como recurso didático pode facilitar a compreensão desses conceitos, promovendo uma aprendizagem significativa e engajadora, ao permitir que os alunos visualizem e experimentem os princípios ópticos de forma concreta.

A pesquisa está estruturada de forma a abordar de maneira abrangente e detalhada o uso da câmera escura como ferramenta pedagógica no ensino de óptica no Ensino Médio. A escolha da metodologia e estabelece os objetivos gerais e específicos do estudo. Em seguida, o referencial teórico explora a evolução histórica da óptica, detalha o funcionamento da câmera escura, e revisa a literatura sobre as abordagens pedagógicas existentes para o ensino desse conteúdo, com destaque para estudos relevantes que embasam a proposta. A metodologia descreve o tipo de pesquisa adotado, os procedimentos experimentais, os instrumentos de coleta e análise de dados, fornecendo uma base sólida para a execução do estudo. O desenvolvimento apresenta a construção da câmera escura, os experimentos realizados, e os resultados obtidos, seguidos por uma análise crítica dos mesmos. A discussão interpreta esses resultados à luz do referencial teórico, destacando as implicações pedagógicas e as limitações do estudo. Finalmente, a conclusão sintetiza os principais achados, avalia o cumprimento dos objetivos e oferece recomendações para futuras pesquisas. A justificativa para essa estrutura reside na necessidade de proporcionar uma compreensão clara e sequencial do processo de pesquisa, desde a fundamentação teórica até a aplicação prática, assegurando que o leitor possa acompanhar o desenvolvimento do estudo de maneira lógica e coerente, ao mesmo tempo em que se valoriza a relevância pedagógica e científica do tema no contexto educacional atual.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A câmera escura é a ancestral das câmeras fotográficas! Ao construir uma câmera escura, os alunos fazem uma viagem no tempo e compreendem como a tecnologia evoluiu. Essa experiência interdisciplinar conecta a física com a história e a arte, despertando a curiosidade dos estudantes.

2.1 História e evolução da Óptica

A história da óptica remonta aos primórdios da civilização, quando os seres humanos começaram a explorar e tentar entender os fenômenos relacionados à luz e à visão Melo et al. (2005). As primeiras reflexões sobre a natureza da luz e o funcionamento da visão podem ser encontradas em textos filosóficos e escritos de antigos pensadores gregos, como Empédocles e Euclides, que acreditavam que a visão ocorria devido a raios emitidos pelos olhos que tocavam os objetos. No entanto, foi com a obra de Alhazen, um cientista árabe do século XI, que a óptica começou a tomar forma como uma disciplina científica. Alhazen refutou as teorias de emissão da visão e propôs que a luz era uma forma de energia que se propagava em linhas retas, sendo refletida e refratada ao entrar em contato com diferentes superfícies. Melo et al. (2007), em sua obra, "Livro de Óptica", foi fundamental para o desenvolvimento da óptica e influenciou significativamente o pensamento científico na Europa durante a Idade Média.

Com o advento da Renascença e a Revolução Científica, a óptica sofreu uma transformação profunda, evoluindo para uma ciência rigorosamente baseada em experimentação e observação. Nomes como Johannes Kepler e Isaac Newton foram cruciais nesse processo. Kepler, por exemplo, fez contribuições significativas ao descrever a formação de imagens no olho humano e ao entender o funcionamento das lentes na formação de imagens. Segundo De Melo e Peduzzi (2007), Newton, por sua vez, revolucionou a óptica ao demonstrar que a luz branca é composta por um espectro de cores, o que ele provou ao decompor a luz com um prisma. A partir dessas descobertas, a óptica moderna começou a se consolidar, incorporando não apenas estudos sobre a natureza da luz, mas também sobre sua interação com a matéria, o que levou ao desenvolvimento de novos instrumentos ópticos, como microscópios e telescópios, que expandiram o alcance da observação científica. De acordo com De Melo e Peduzzi (2007), no século XIX, com o advento da teoria ondulatória da luz de Thomas Young e Augustin-Jean Fresnel, e posteriormente, a

teoria eletromagnética de James Clerk Maxwell, a óptica passou a ser compreendida como um ramo da física que estuda a luz tanto como uma onda quanto, no início do século XX, com o advento da teoria quântica, como partícula, levando ao desenvolvimento da óptica moderna e suas aplicações tecnológicas avançadas, como lasers e fibras ópticas.

No decorrer do século XIX, a óptica continuou a evoluir com descobertas e teorias que ampliaram ainda mais o entendimento da luz e suas propriedades. Malacara (2015) discute que a teoria ondulatória de Thomas Young, comprovada pelo experimento de fenda dupla, foi um marco ao demonstrar a natureza ondulatória da luz, onde ele observou padrões de interferência que não podiam ser explicados pela teoria corpuscular defendida anteriormente por Newton. Essas descobertas abriram caminho para o trabalho de Augustin-Jean Fresnel, que refinou a teoria ondulatória, introduzindo a ideia de que a luz é uma onda transversal e desenvolvendo as equações que descrevem a propagação da luz como ondas. No final do século XIX, James Clerk Maxwell unificou as teorias da eletricidade, magnetismo e óptica ao demonstrar que a luz é uma onda eletromagnética. Essa teoria não apenas explicou a natureza da luz, mas também previu a existência de outras formas de radiação eletromagnética, como as ondas de rádio, mudando fundamentalmente a compreensão da óptica e da física em geral, pois como discute os autores De Melo e Peduzzi (2007).

O início do século XX trouxe uma nova revolução na óptica com a introdução da teoria quântica. Max Planck e Albert Einstein foram figuras centrais nesse desenvolvimento, com Einstein explicando o efeito fotoelétrico ao sugerir que a luz poderia se comportar como partículas chamadas fótons, um conceito que conciliou as propriedades ondulatórias e corpusculares da luz, como discute no artigo de Vieira (2014). Essa dualidade onda-partícula tornou-se um dos pilares da mecânica quântica e abriu novas possibilidades para a óptica, que passaram a incluir não apenas os fenômenos tradicionais de reflexão, refração e difração, mas também os efeitos quânticos como a emissão estimulada de radiação, base para o desenvolvimento do laser. Avanços subsequentes, como a teoria da relatividade e a descoberta de novas partículas subatômicas, continuaram a expandir o campo da óptica, integrando-a com outras áreas da física e promovendo inovações tecnológicas que revolucionaram diversas indústrias. Balestri (2000), discute que a óptica moderna, portanto, abrange tanto os fundamentos teóricos quanto às aplicações práticas que vão desde a

comunicação óptica por meio de fibras até a medicina, com técnicas avançadas de imagem e cirurgia, tornando-se uma área central da ciência contemporânea.

No decorrer do século XX, a óptica evoluiu não apenas no campo teórico, mas também em suas aplicações práticas, impulsionando uma série de inovações tecnológicas que moldaram a sociedade moderna. A invenção do laser em 1960 por Theodore Maiman, utilizando a emissão estimulada descrita por Einstein décadas antes, marcou um ponto de virada na óptica aplicada, como discute Malacara (2015). O laser, com sua capacidade de produzir um feixe de luz coerente e altamente focado, encontrou aplicações imediatas em diversas áreas, desde a medicina, com a cirurgia a laser, até as telecomunicações, com a transmissão de dados por fibras ópticas, revolucionando a forma como a informação é compartilhada globalmente. Além disso, Melo et al. (2007), aborda que a óptica moderna contribuiu significativamente para o desenvolvimento de tecnologias de imagem, como a microscopia de fluorescência e a tomografia por coerência óptica, permitindo avanços sem precedentes na biologia, na medicina e na ciência dos materiais.

Nardi e Gusmán (2021), argumentam que a contínua miniaturização dos dispositivos ópticos, aliada ao avanço das tecnologias computacionais, levou ao desenvolvimento da óptica integrada e dos sistemas fotônicos, onde a luz é utilizada para realizar operações que anteriormente dependiam de eletrônica. A fotônica, ao combinar a óptica com a eletrônica, permitiu a criação de circuitos fotônicos que processam sinais de luz em vez de eletricidade, aumentando drasticamente a velocidade e a eficiência dos sistemas de comunicação e computação. Essas inovações não apenas ampliaram o alcance das aplicações ópticas, mas também abriram novas fronteiras de pesquisa, como a óptica não-linear, a óptica quântica e a óptica meta material, que explora novos materiais com propriedades ópticas exóticas, como objeta Malacara, (2015). Assim, Calvo (2015), explana que a evolução da óptica, desde os estudos filosóficos antigos até as complexas aplicações modernas, demonstra como o entendimento da luz continua a ser uma força motriz na ciência e na tecnologia, influenciando profundamente o desenvolvimento da sociedade contemporânea.

Concluindo, a história e a evolução da óptica revelam uma trajetória fascinante, que começou com especulações filosóficas e observações empíricas nos tempos antigos e culminou em uma ciência altamente sofisticada e central para o desenvolvimento tecnológico moderno. Segundo Melo et al. (2005), a transição da

óptica clássica, focada na compreensão básica dos fenômenos de refração, reflexão e dispersão da luz, para a óptica moderna, onde o domínio da luz é aplicado em tecnologias avançadas como lasers, fibras ópticas e fotônica, demonstra como essa área do conhecimento foi, e continua a ser, um pilar fundamental para a inovação científica e tecnológica. O progresso na óptica não apenas permitiu avanços significativos em áreas como medicina, telecomunicações e computação, mas também abriu novas fronteiras de pesquisa, desafiando continuamente nossos entendimentos e aplicações da luz. Assim, o estudo da óptica permanece essencial para o desenvolvimento futuro da ciência e da tecnologia, garantindo que seu impacto seja sentido em todas as esferas da vida moderna, como aborda Melo et al. (2007).

3. APLICAÇÕES PRÁTICAS DO PRINCÍPIO DA CÂMERA ESCURA E OUTROS INSTRUMENTOS ÓPTICOS

Diversos instrumentos ópticos foram desenvolvidos com base no mesmo princípio fundamental da câmera escura. De acordo com Santos e Cunha (2015), as câmeras fotográficas, por exemplo, evoluíram diretamente da câmera escura, incorporando lentes para focar e manipular a luz de maneira mais controlada e sofisticada. Telescópios e lunetas, por sua vez, utilizam lentes e espelhos para captar e ampliar a luz de objetos distantes, aplicando princípios similares de refração e reflexão da luz para formar imagens ampliadas. Binóculos, que são essencialmente dois telescópios compactos montados lado a lado, também empregam esses princípios para permitir que os usuários observem objetos distantes com clareza. Cada um desses instrumentos, enquanto se baseia nos fundamentos da câmera escura, também expande e refina esses conceitos para diferentes aplicações, desde a captura de imagens fotográficas até a exploração dos céus e a observação da natureza. Os autores De Azevedo, Novikoff, Siqueira (2016) abordam que a compreensão de como esses dispositivos funcionam não apenas destaca a evolução da tecnologia óptica, mas também a contínua relevância do princípio da câmera escura na ciência e na educação.

3.1 Câmara fotográfica

A evolução das câmeras fotográficas, desde as analógicas até as digitais, é uma narrativa fascinante de avanços tecnológicos e inovações que transformaram a forma como capturamos e preservamos imagens. Lucena (2023), aborda que as primeiras câmeras, baseadas no princípio da câmera escura, eram dispositivos simples que projetavam uma imagem invertida em uma superfície interna. Com o advento das câmeras analógicas, especialmente no século XIX, surgiu o uso de filmes fotossensíveis, permitindo que a luz capturada através de uma lente fosse registrada permanentemente em um material químico, como retrata Souza et al. (2012). Este processo requer uma compreensão profunda de exposição à luz, composição, e desenvolvimento químico, características que definiram a fotografia durante grande parte do século XX. Oliveira, (2020) debate sobre a transição para as câmeras digitais, que a partir do final do século XX, revolucionou a fotografia ao eliminar a necessidade

de filme e processamento químico, substituindo-os por sensores eletrônicos que captam a luz e a convertem em sinais digitais. Essa mudança permitiu a captura de imagens com maior facilidade e versatilidade, além de promover a possibilidade de edição instantânea, armazenamento mais eficiente e compartilhamento imediato, complementa Nascimento (2020).

O funcionamento básico de uma câmera, seja ela analógica ou digital, ainda é enraizado nos princípios ópticos descobertos com a câmera escura. Em ambas as tecnologias, a entrada de luz através de uma abertura ou lente é fundamental para a formação de imagens, como discute Santos e Carvalho, (2019). Quando a luz passa pela lente da câmera, ela é focalizada para formar uma imagem invertida do cenário externo no plano de captura — seja um filme fotossensível em câmeras analógicas ou um sensor digital em câmeras modernas. Santos e Cunha, (2015) abordam que nas câmeras analógicas, a luz exposta no filme cria uma reação química que registra a imagem, que posteriormente é revelada através de um processo de desenvolvimento. Nas câmeras digitais, por outro lado, os sensores captam a luz e convertem a informação luminosa em dados eletrônicos, que são então armazenados em cartões de memória. Essa conversão digital permite que as imagens sejam imediatamente visualizadas e editadas, proporcionando uma flexibilidade que era impossível com a fotografia analógica. Assim, apesar das diferenças tecnológicas, o princípio de operação das câmeras modernas continua a refletir os fundamentos ópticos estabelecidos há séculos, demonstrando a durabilidade e a adaptabilidade desses conceitos básicos na era digital, conforme Oliveira, (2020).

3.2 Telescópios e luneta

Telescópios e lunetas são instrumentos ópticos que compartilham o objetivo comum de ampliar imagens distantes, mas possuem diferenças significativas em sua construção e aplicação. Ambos utilizam lentes para coletar e focalizar luz, mas as lunetas, também conhecidas como telescópios refratores, são mais simples em design. Elas consistem basicamente de uma lente objetiva convexa que coleta a luz e uma lente ocular que amplia a imagem formada pela objetiva, como aborda Bernardes et al., (2006). Este design, embora eficaz para observações básicas e para visualizações terrestres ou astronômicas de corpos celestes como a Lua e os planetas mais próximos, limita a capacidade de ampliação e a quantidade de luz que pode ser coletada devido ao tamanho das lentes. Telescópios, por outro lado, abrangem uma

gama mais ampla de instrumentos, incluindo os refratores, que funcionam de maneira semelhante às lunetas, e os telescópios refletores, que utilizam espelhos em vez de lentes para coletar e focalizar a luz. Os autores Bernardes, Iachel e Scalvi, (2008) discutem que os telescópios refletores, como o telescópio de Newton, são mais complexos em sua construção, mas oferecem vantagens significativas, como a capacidade de construir espelhos maiores do que as lentes de um refrator, permitindo a observação de objetos muito mais distantes e tênues no espaço.

Esses instrumentos ópticos operam com base nos princípios da óptica geométrica, utilizando a refração e a reflexão da luz para criar imagens ampliadas. Para, Teixeira et al. (2022), nas lunetas e telescópios refratores, a luz que entra pela lente objetiva é refratada, ou seja, desviada ao passar pela lente, o que focaliza os raios de luz em um ponto onde a imagem é formada. A lente ocular, então, amplia essa imagem para o observador. Em telescópios refletores, a luz é coletada por um grande espelho côncavo primário que reflete a luz para um ponto focal. Um segundo espelho menor, o espelho secundário, desvia essa luz para uma ocular, onde a imagem é ampliada, como aborda Martioli Eder (2009). A escolha entre um telescópio refrator ou refletor depende das necessidades do observador; telescópios refratores são geralmente preferidos para observações planetárias e de detalhes lunares devido à sua capacidade de produzir imagens de alto contraste e sem obstruções, enquanto os telescópios refletores são ideais para observações de objetos de céu profundo, como nebulosas e galáxias, devido à sua capacidade de coletar mais luz e oferecer grandes ampliações sem aberrações cromáticas significativas. Assim, discute Teixeira et al. (2022), a diversidade de tipos de telescópios reflete a vasta gama de aplicações na astronomia, desde a observação amadora até a exploração científica avançada do cosmos.

3.3 Binóculos

Os binóculos são instrumentos ópticos amplamente utilizados no cotidiano para ampliar imagens distantes, permitindo uma visão detalhada de objetos que, de outra forma, estariam além da capacidade de percepção a olho nu. Nas palavras de Feldman (2020), eles são populares em uma variedade de atividades, desde observação de pássaros e natureza até eventos esportivos, concertos e uso militar. A característica fundamental dos binóculos é que eles utilizam duas lentes objetivas e duas oculares, uma para cada olho, proporcionando uma visão binocular que oferece

maior percepção de profundidade e uma imagem mais tridimensional em comparação com telescópios monolulares, conforme apontado por Chrispino (2005). Esse design permite que o usuário obtenha uma imagem clara e ampliada enquanto mantém a estereopsia, ou a percepção de profundidade, que é crucial para a localização espacial precisa de objetos.

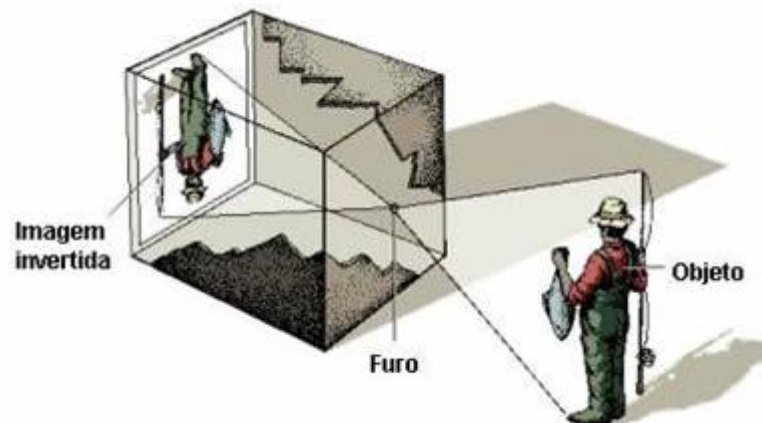
O funcionamento dos binóculos envolve o uso de lentes e prismas para manipular a luz que entra no instrumento, corrigindo a orientação da imagem e proporcionando ampliação. Quando a luz entra pelas lentes objetivas dos binóculos, ela é refratada e converge para formar uma imagem invertida. Para corrigir essa inversão, os binóculos usam prismas de Porro ou prismas de teto, segundo o que foi discutido por Feldman (2020). Esses prismas têm a função de refletir a luz várias vezes dentro do dispositivo, revertendo a imagem para sua orientação correta e reduzindo o comprimento necessário para o caminho óptico, tornando os binóculos mais compactos, tal como discutido por Franco (2009). Além disso, as lentes oculares amplificam a imagem criada pelas lentes objetivas. A combinação de lentes e prismas permite que os binóculos ampliem a imagem de um objeto distante enquanto mantêm uma qualidade de imagem clara e estável. Conforme argumenta Feldman (2020), a convergência dos raios de luz através das lentes e prismas é cuidadosamente ajustada para que a luz chegue aos olhos do usuário de forma precisa, criando uma imagem nítida e detalhada, mesmo a grandes distâncias. Esse processo de manipulação de luz é fundamental para o funcionamento dos binóculos e é um exemplo prático de como os princípios da óptica são aplicados em tecnologias do dia a dia.

4. TEORIA DA CÂMERA ESCURA

A teoria da câmera escura, um conceito fundamental no estudo da óptica e precursor das modernas técnicas fotográficas, remonta a períodos antigos, sendo amplamente documentada na Idade Média, conforme apontado por Heineck e Arribas (2004). O princípio básico da câmera escura é bastante simples: consiste em uma câmara fechada com um pequeno orifício em uma das paredes, por onde a luz entra e projeta uma imagem invertida do exterior na parede oposta. Esse fenômeno é explicado pela propagação retilínea da luz, onde os raios que passam pelo orifício mantêm suas trajetórias, cruzando-se e formando uma imagem invertida. Embora as imagens produzidas pela câmera escura fossem inicialmente apenas projeções temporárias, sem possibilidade de captura permanente, esse conceito abriu as portas para uma série de desenvolvimentos na física da luz e na criação de dispositivos ópticos, de acordo com Nascimento et al. (2020).

O impacto da câmera escura foi além do simples entretenimento ou curiosidade científica. Segundo Nascimento et al. (2020), no Renascimento, artistas como Leonardo da Vinci utilizaram o conceito para estudar perspectiva e luz, o que revolucionou as técnicas de pintura e desenho da época. A capacidade de reproduzir uma cena tridimensional em uma superfície bidimensional com precisão proporcionou um novo nível de realismo nas artes visuais. Além disso, a câmera escura foi um passo crucial para a invenção da fotografia. O princípio subjacente à sua operação foi o alicerce sobre o qual, séculos mais tarde, seriam construídos os primeiros dispositivos capazes de capturar permanentemente imagens, com a invenção da fotografia no século XIX. Ainda nas ideias de Nascimento et al. (2020), a evolução dessa ideia simples, mas poderosa, continua a ressoar na tecnologia moderna, mostrando como uma observação básica sobre o comportamento da luz pode ter consequências profundas e duradouras.

Figura 1 Câmara escura de orifício



Fonte: MUNDO EDUCAÇÃO (.2024)

A compreensão aprofundada da teoria da câmera escura envolve a análise dos princípios ópticos que governam o comportamento da luz ao atravessar o pequeno orifício que caracteriza este dispositivo. Segundo Nascimento *et al.* (2020), fundamentalmente, a câmera escura exemplifica o princípio da propagação retilínea da luz, onde os raios luminosos provenientes de uma fonte externa passam através do orifício e projetam uma imagem invertida e reduzida na superfície interna oposta. A inversão da imagem ocorre devido ao cruzamento dos raios de luz: os raios provenientes da parte superior do objeto externo atravessam o orifício e são projetados na parte inferior da superfície interna, enquanto os raios da parte inferior do objeto seguem o caminho oposto. A nitidez e o tamanho da imagem projetada são influenciados diretamente pelo diâmetro do orifício e pela distância entre este e a superfície de projeção, aspectos que foram objeto de estudo detalhado por físicos e matemáticos ao longo dos séculos, conforme apontado por Souza Cruz e Carvalho Madio (2017).

Além disso, a teoria da câmera escura também incorpora conceitos de abertura e difração. Um orifício menor tende a produzir imagens mais nítidas devido à redução da dispersão dos raios de luz, porém, se o orifício for excessivamente pequeno, efeitos de difração começam a ocorrer, resultando em imagens menos claras e mais difusas, como indicado por Heineck e Arribas (2004). Este equilíbrio delicado entre o tamanho do orifício e a qualidade da imagem projetada foi estudado extensivamente por cientistas como Johannes Kepler e posteriormente por Robert Boyle, que exploraram matematicamente essas relações e contribuíram para o aprimoramento dos dispositivos ópticos. Com o desenvolvimento da óptica

geométrica, foram estabelecidas equações e modelos que permitem prever e manipular as características das imagens formadas pela câmera escura, tornando-a não apenas uma ferramenta de observação, mas também um instrumento científico para investigar os fundamentos da propagação da luz e o comportamento das imagens ópticas. Assim, Heineck e Arribas (2004) ressalta que esses estudos pavimentaram o caminho para o desenvolvimento de lentes e sistemas ópticos mais complexos, incluindo câmeras fotográficas e equipamentos de projeção, demonstrando a relevância contínua da teoria da câmera escura na ciência e na tecnologia modernas.

Pintores do Renascimento, como Leonardo da Vinci, exploraram os princípios da câmera escura para entender a perspectiva e a representação tridimensional em superfícies bidimensionais, como discutem os autores Azevedo, Novik Off e Siqueira (2016). Eles ainda ressaltam que ao projetar uma cena real em uma superfície plana, a câmera escura permitia aos artistas capturar com precisão as proporções e a disposição espacial dos elementos, resultando em uma representação mais realista do mundo visível. Este uso da câmera escura nas artes não apenas transformou as técnicas de pintura, mas também proporcionou uma compreensão mais profunda de como a luz e a visão humana interagem para formar a percepção das imagens. Dessa forma, como discute Lucena (2023), a câmera escura serviu como uma ponte entre a ciência e a arte, influenciando o desenvolvimento de técnicas artísticas e, simultaneamente, contribuindo para o avanço da óptica como ciência.

A autora complementa que com o passar do tempo, a teoria da câmera escura evoluiu e se expandiu para outras áreas além da arte e da ciência pura. No século XIX, por exemplo, com o advento da fotografia, a câmera escura tornou-se a base tecnológica para o desenvolvimento das primeiras câmeras fotográficas. A adaptação do princípio da câmera escura, agora equipado com placas fotossensíveis, permitiu capturar imagens permanentes, revolucionando a forma como os seres humanos registram e compartilham informações visuais. As primeiras câmeras fotográficas utilizavam a mesma lógica da câmera escura, com uma lente para focar a luz e um orifício ajustável para controlar a quantidade de luz que atinge a superfície sensível, apontam os autores Azevedo, Novik Off e Siqueira, (2016). Esse princípio simples, mas poderoso, continua a ser o fundamento das tecnologias de captura de imagem modernas, desde câmeras digitais até sensores de imagem em smartphones. Assim, Santos e Carvalho Madio (2019) apontam que a teoria da câmera escura não só

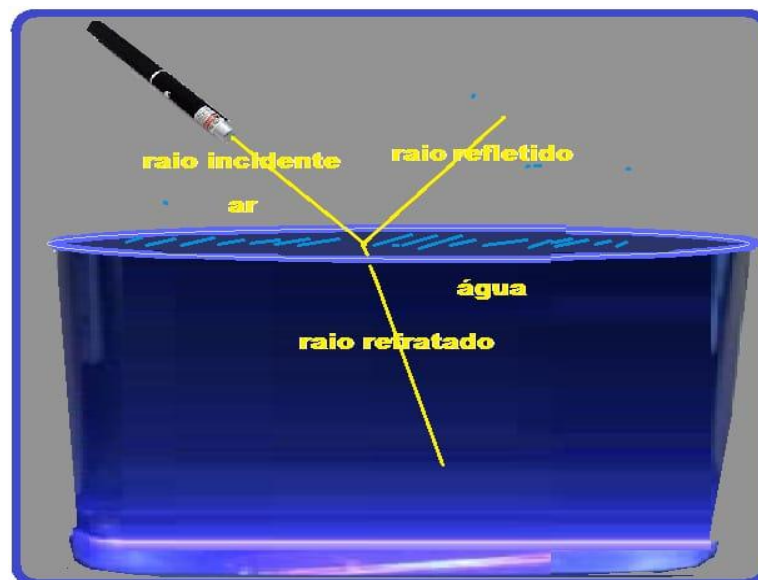
explica fenômenos ópticos fundamentais, mas também tem uma aplicação prática duradoura, demonstrando a interconexão entre a física teórica e as inovações tecnológicas que moldam a nossa sociedade.

Assim, é evidente que a teoria da câmera escura desempenha um papel central na compreensão dos princípios fundamentais da óptica e na evolução das tecnologias de captura de imagem. Dessa forma, os autores Santos e Carvalho Madio (2019), descrevem que desde suas primeiras menções na filosofia e na ciência antiga, até sua aplicação prática nas artes visuais do Renascimento e, posteriormente, na invenção da fotografia, a câmera escura simboliza a interseção entre a observação natural e a inovação tecnológica. Este dispositivo simples, mas extraordinariamente eficaz, não apenas elucidou os mecanismos básicos da propagação da luz e da formação de imagens, mas também impulsionou uma revolução na maneira como capturamos e reproduzimos o mundo ao nosso redor, conforme Souza Cruz (2017). A câmera escura não é apenas um conceito histórico, mas uma ideia que continua a reverberar na ciência moderna e nas tecnologias contemporâneas, demonstrando como uma compreensão profunda dos princípios ópticos pode levar a avanços significativos em diversas áreas do conhecimento humano. Assim, para Nascimento *et al.* (2020), ao explorar a história e a teoria da câmera escura, podemos apreciar não só o desenvolvimento da óptica, mas também a forma como essas descobertas moldaram nossa percepção visual e tecnológica, conectando passado e presente em um contínuo de inovação.

5. FÍSICA DOS RAIOS DE LUZ

O comportamento da luz ao atravessar diferentes meios é um fenômeno fundamental na óptica e é regido por várias leis, como a lei da refração e a lei da reflexão. Quando a luz passa de um meio para outro com uma densidade diferente, ela muda de velocidade, o que provoca uma alteração em sua direção. Gomes, Giorgi e Raboni (2012) comentam que esse fenômeno é conhecido como refração. A refração ocorre porque a luz se propaga com diferentes velocidades em diferentes meios; por exemplo, a luz viaja mais rápido no ar do que na água, tal como defendido por Borges (2009). Essa mudança de velocidade resulta em uma mudança no ângulo de propagação da luz, que é descrito pela Lei de Snell. Fassarella (2007), comenta que essa lei afirma que o produto do índice de refração do primeiro meio pelo seno do ângulo de incidência é igual ao produto do índice de refração do segundo meio pelo seno do ângulo de refração. Assim, quando a luz passa de um meio menos denso, como o ar, para um meio mais denso, como a água, ela se curva em direção à normal (à linha perpendicular à superfície de separação dos dois meios). Inversamente, quando a luz passa de um meio mais denso para um menos denso, ela se afasta do normal.

Figura 2 Refratação lumisona



Fonte: FÍSICA E VESTIBULAR. (2024)

Além da refração, a luz também pode ser refletida ao encontrar uma superfície que separa dois meios. Dependendo da suavidade e do tipo da superfície, a luz pode ser refletida de maneira especular ou difusa. Em uma reflexão especular, como a que ocorre em espelhos, a luz reflete de maneira ordenada, mantendo os ângulos de incidência e reflexão iguais e proporcionando uma imagem clara e nítida do objeto. Em uma reflexão difusa, que acontece em superfícies rugosas, a luz é espalhada em várias direções, fazendo com que não haja formação de uma imagem clara, conforme Parreira *et al.* (2010). Essas interações da luz com diferentes superfícies e meios não apenas ajudam a entender a transmissão e a reflexão de luz, mas também explicam fenômenos do dia a dia, como a formação de arco-íris, miragens e a aparência de objetos submersos. Neste viés, Fassarella (2007) comenta que a compreensão desses comportamentos é crucial para o desenvolvimento de tecnologias ópticas avançadas, como lentes corretivas, instrumentos de ampliação, e sistemas de comunicação por fibra óptica, que dependem da manipulação precisa do caminho da luz através de diferentes materiais.

A reflexão é o fenômeno pelo qual a luz retorna ao meio original após incidir sobre uma superfície. Dependendo da natureza da superfície, essa reflexão pode ser especular, como em espelhos planos, onde a luz reflete em um único ângulo e forma uma imagem nítida, ou difusa, como em superfícies ásperas, onde a luz é refletida em várias direções. Instrumentos ópticos como espelhos utilizam a reflexão especular para redirecionar os raios de luz, o que é essencial em dispositivos como telescópios refletores, que usam um grande espelho parabólico para coletar e focar a luz de estrelas e outros objetos celestes segundo o estudo dos autores Bauer e Westfall (2013). Assim, o princípio da reflexão é usado para controlar a direção dos raios de luz e formar imagens precisas e ampliadas de objetos distantes.

A refração, por sua vez, é o fenômeno que ocorre quando a luz passa de um meio para outro com diferentes índices de refração, causando uma mudança na direção de propagação dos raios de luz. Segundo, Fassarella (2007) essa mudança é descrita pela Lei de Snell, que estabelece a relação entre os ângulos de incidência e refração e os índices de refração dos dois meios. Instrumentos ópticos como lentes de câmeras, óculos e telescópios refratores utilizam a refração para focalizar a luz e formar imagens. Para os autores Ortega e Moura (2019) as lentes convergentes, por exemplo, têm uma forma que faz com que os raios de luz paralelos que passam por elas sejam refratados e convergidos em um ponto focal, permitindo a ampliação de

imagens. A dispersão, outro fenômeno óptico importante, ocorre quando a luz branca se decompõe em suas cores componentes ao passar por um prisma ou uma gota de água, como no caso dos arco-íris. Esse efeito é causado pela variação do índice de refração de um material para diferentes comprimentos de onda de luz. Telescópios e binóculos modernos, por exemplo, utilizam combinações de lentes e prismas para corrigir aberrações cromáticas causadas pela dispersão, garantindo uma imagem mais clara e precisa. Portanto, a compreensão de reflexão, refração e dispersão é essencial para o desenvolvimento e aprimoramento de instrumentos ópticos, permitindo a manipulação da luz para obter imagens detalhadas e ampliadas de objetos tanto próximos quanto distantes, de acordo com Bicas (1993).

A análise da luz como onda e partícula é fundamental para entender sua natureza dual e como ela afeta a percepção e a imagem capturada por instrumentos ópticos. Conforme Bassalo (1988), a teoria ondulatória da luz, proposta inicialmente por Christiaan Huygens e desenvolvida posteriormente por Thomas Young e Augustin-Jean Fresnel, descreve a luz como uma onda eletromagnética que se propaga através de diferentes meios. Esse modelo explica fenômenos como a interferência e a difração da luz, que ocorrem quando ondas de luz se sobrepõem ou passam por fendas estreitas, produzindo padrões característicos de faixas claras e escuras. Esses fenômenos são essenciais na óptica para a compreensão de como as lentes e outros componentes ópticos manipulam a luz para formar imagens. Uzêda (2011) comenta, por exemplo, em telescópios e microscópios, a difração pode limitar a resolução das imagens, uma vez que ondas de luz são desviadas nas bordas das lentes, criando padrões de interferência que podem afetar a nitidez da imagem capturada.

Por outro lado, Lopes (2009) comenta que a teoria da luz como partícula, conhecida como teoria quântica da luz, foi proposta por Albert Einstein no início do século XX, baseado no trabalho de Max Planck sobre a radiação de corpos negros. Einstein introduziu o conceito de fótons, partículas discretas de luz, para explicar o efeito fotoelétrico, onde elétrons são ejetados de um material quando este é exposto à luz, conforme discute Dionísio (2005). Essa perspectiva é crucial para entender como a luz interage com a matéria em um nível microscópico e tem implicações significativas na tecnologia de captura de imagens, como sensores de câmeras digitais, segundo argumenta Castro Moreira, (2005). Em uma câmera digital, por exemplo, os fótons de luz são capturados por um sensor composto por milhões de fotodetectores, cada um capaz de converter fótons individuais em sinais elétricos, que

são então processados para criar uma imagem digital. Desse modo, Corrêa (2015) aborda sobre a compreensão da luz como partícula e permite otimizar o design de sensores para capturar a maior quantidade possível de fótons, melhorando a sensibilidade e a qualidade da imagem. Assim, a dualidade onda-partícula da luz é uma característica fundamental que influencia tanto a teoria quanto a prática na construção e operação de instrumentos ópticos, afetando diretamente a forma como percebemos e capturamos imagens do mundo ao nosso redor.

6. ENSINO DE ÓPTICA NO ENSINO MÉDIO

O ensino de Óptica no Ensino Médio desempenha um papel crucial na formação científica dos estudantes, proporcionando-lhes uma compreensão fundamental dos fenômenos luminosos e suas aplicações no cotidiano. Os autores Albuquerque, Santos e Ferreira (2015) discutem que nesta etapa educacional, os alunos têm a oportunidade de explorar conceitos que vão desde a natureza da luz até a formação de imagens em lentes e espelhos, passando pelo estudo da refração, reflexão, dispersão e difração. No entanto, o ensino de Óptica enfrenta desafios significativos, tanto em termos de abordagem pedagógica quanto de recursos didáticos disponíveis. Segundo Ribeiro e Verdeaux (2013), a abstração dos conceitos e a necessidade de uma forte base matemática podem dificultar a assimilação dos conteúdos pelos alunos, especialmente em contextos onde o acesso a laboratórios ou a experimentos práticos é limitado. Assim, a adoção de metodologias inovadoras, como o uso de simulações computacionais e experimentos de baixo custo, pode ser uma estratégia eficaz para tornar o ensino de Óptica mais acessível e envolvente, permitindo que os estudantes visualizem e compreendam os fenômenos ópticos de maneira mais concreta.

Além dos desafios pedagógicos, o ensino de Óptica no Ensino Médio também desempenha um papel fundamental na preparação dos alunos para disciplinas científicas mais avançadas, tanto no ensino superior quanto em suas vidas profissionais. A Óptica é uma área de conhecimento que permeia diversas disciplinas, como Física, Química e Biologia, além de estar intimamente ligada a tecnologias emergentes, como a fotônica e a nanotecnologia, conforme os autores Albuquerque, Santos e Ferreira (2015). Portanto, uma sólida compreensão dos conceitos de Óptica pode abrir portas para os estudantes em carreiras nas áreas de engenharia, medicina, astronomia e ciências ambientais, entre outras. Contudo, para que o ensino de Óptica seja eficaz e significativo, é fundamental que os educadores desenvolvam abordagens que integrem teoria e prática, conectando os conceitos ópticos a situações reais e estimulando a curiosidade científica dos alunos. Dessa forma, os autores complementam que o ensino de Óptica no Ensino Médio não só contribui para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, mas também para a formação de cidadãos mais conscientes e preparados para enfrentar os desafios tecnológicos e científicos

do século XXI.

Ainda no contexto dos autores, os mesmos dizem que o ensino de Óptica no Ensino Médio também oferece uma oportunidade única para abordar o desenvolvimento histórico e a evolução das teorias ópticas, permitindo aos estudantes entenderem como o conhecimento científico é construído e transformado ao longo do tempo. Na visão dos autores Ribeiro e Verdeaux (2013) ao explorar a trajetória das descobertas em Óptica, desde os primeiros estudos sobre a natureza da luz realizados por filósofos gregos até as contribuições de cientistas como Isaac Newton e James Clerk Maxwell, os alunos podem perceber que a ciência é um processo dinâmico, feito de hipóteses, experimentos e revisões constantes. Este enfoque histórico pode ser particularmente valioso para despertar o interesse dos estudantes, ao mostrar como a Óptica, embora complexa, está profundamente enraizada na história do pensamento humano e na evolução tecnológica. Além disso, ao conectar o estudo da Óptica com o contexto histórico, os professores podem ajudar os alunos a desenvolverem uma visão crítica sobre o impacto social e tecnológico das descobertas científicas, refletindo sobre como a Óptica tem influenciado desde a arte renascentista até as modernas tecnologias de comunicação e medicina, como sugere Cavalcante (2013).

No entanto, para que o ensino de Óptica seja verdadeiramente eficaz no Ensino Médio, é essencial que se vá além da simples transmissão de conteúdo teórico. Para Bernardes et al. (2006) a aprendizagem significativa em Óptica exige que os alunos tenham a oportunidade de vivenciar os conceitos na prática, através de experimentos, simulações e projetos interdisciplinares. Por exemplo, atividades práticas que envolvem a construção de câmeras escuras, a análise do espectro de luz através de prismas ou a criação de hologramas simples podem ajudar os alunos a internalizar os princípios ópticos de maneira mais profunda e duradoura. Além disso, integrar a Óptica com outras disciplinas, como Arte e Tecnologia, pode ampliar a compreensão dos estudantes, ao mostrar como os princípios da luz e da visão influenciam campos diversos, desde a pintura e a fotografia até o design de dispositivos eletrônicos. Este tipo de abordagem não só torna o aprendizado mais atraente e relevante, mas também prepara os alunos para pensar de maneira interdisciplinar, uma habilidade cada vez mais valorizada no mundo contemporâneo, conforme discutem os autores Andrade e Costa (2006). Ao proporcionar um ensino de Óptica que combina teoria, prática e contexto histórico-cultural, é possível formar estudantes mais engajados, curiosos e preparados para os desafios futuros.

Desse modo, os autores defendem que o ensino de Óptica no Ensino Médio representa um componente crucial para a formação científica dos alunos, oferecendo não apenas o entendimento de conceitos fundamentais da Física, mas também a oportunidade de explorar o papel da luz e da visão em diversos contextos históricos, culturais e tecnológicos. Ao integrar teoria e prática, conectando o conhecimento científico com aplicações cotidianas e desenvolvimentos tecnológicos, o ensino de Óptica pode tornar-se uma ponte para o pensamento crítico e a compreensão interdisciplinar. Esse enfoque permite aos estudantes não só dominar os princípios da Óptica, mas também apreciar a sua relevância para a sociedade e seu impacto na evolução da ciência e da tecnologia. Em suma, o argumento dos autores Albuquerque, Santos e Ferreira (2015) indica que ao incentivar a exploração prática e a análise crítica, os alunos desenvolvem habilidades que vão além da sala de aula, preparando-os para enfrentar desafios futuros com uma base sólida em ciência e uma mente aberta para a inovação. Assim, o ensino de Óptica no Ensino Médio não só contribui para a formação acadêmica, mas também para o desenvolvimento integral dos alunos, preparando-os para uma participação mais consciente e ativa no mundo ao seu redor.

7. METODOLOGIA

Nessa seção, será descrito o local onde o projeto foi desenvolvido, assim como as etapas de sua execução, desenvolvimento e seus resultados, a descrição da construção da câmera, realização do experimento e a análise dos resultados. O trabalho foi realizado na Unidade Escolar CEEP - Centro Estadual de Educação Profissional Gercílio de Castro Macedo, localizada na Avenida João Dias, no Bairro - Aldeia, CEP: 64770000, no município de São Raimundo Nonato-PI. A seguir, as descrições dessa aplicação e resultados desse trabalho.

Tabela 1- Descrição das atividades

Etapas	Descrição
1. Definição dos Objetivos de Aprendizagem	Estabelecimento claro dos principais conhecimentos e habilidades que os alunos deverão adquirir, com ênfase nos fundamentos da óptica e na aplicação prática desses conceitos através da construção e análise de uma câmera escura.
2. Seleção dos Alunos do Ensino Médio	Identificação e seleção de alunos interessados, levando em conta a disponibilidade de participação e o entusiasmo demonstrado pelos estudantes em explorar conceitos avançados de óptica.
3. Preparação do Material Didático	Criação de um guia abrangente que inclui instruções detalhadas sobre a construção de uma câmera escura, juntamente com material teórico que abrange os princípios ópticos fundamentais, como reflexão, refração e dispersão da luz.
4. Registro de Observações sobre o Desempenho dos Alunos	Coleta sistemática de dados qualitativos através de anotações detalhadas, focando no nível de entendimento dos conceitos ópticos pelos alunos e sua habilidade em aplicar esses conceitos na construção e uso da câmera escura.
5. Promoção de Sessões de Discussão	Organização de sessões interativas onde os alunos são encorajados a compartilhar suas observações, levantar questões e discutir descobertas sobre os princípios da óptica e suas aplicações, promovendo um ambiente de aprendizagem colaborativa.
6. Aplicação de Instrumentos de Avaliação	Implementação de questionários e atividades práticas para medir o entendimento teórico e a capacidade de aplicação prática dos conceitos ópticos estudados, garantindo uma avaliação abrangente do aprendizado dos alunos.
7. Produção do Projeto Final	Elaboração de um relatório detalhado que analisa os resultados obtidos, avalia a eficácia da metodologia utilizada e fornece recomendações para aprimoramento e

Etapa	Descrição
	futuras implementações do projeto.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

8. DESENVOLVIMENTO/ RESULTADOS

Nessa seção, analisaremos e apresentaremos os dados coletados durante a pesquisa de forma detalhada, fornecendo uma compreensão abrangente dos resultados obtidos e seu impacto no contexto estudado. Diante disso, esperamos revelar resultados cruciais sobre a compreensão dos conceitos ópticos pelos participantes, a eficácia dos métodos de ensino aplicados e as possíveis lacunas no conhecimento dos estudantes. Ao apresentar os resultados, é essencial destacar não apenas os acertos e erros individuais, mas também identificar padrões e tendências que possam informar melhorias no processo educacional. A discussão subsequente abordará a implicação desses resultados, comparando-os com as expectativas e teorias previamente estabelecidas. Assim, iremos explorar como as variáveis investigadas influenciam o desempenho dos alunos e considerar fatores contextuais que possam ter impactado os resultados. A conclusão desta análise oferecerá recomendações baseadas nos dados, visando aprimorar o ensino de óptica e maximizar a eficácia da aprendizagem.

8.1 Construção da câmara escura

Para construir uma câmara escura funcional, é fundamental garantir que a abertura ou lente esteja devidamente alinhada e posicionada para projetar a imagem com clareza. Além disso, a qualidade da imagem projetada depende do tamanho e da forma da abertura, bem como da distância entre a abertura e a superfície onde a imagem é projetada. Segundo Nascimento et al. (2020), ajustes precisos podem ser feitos para otimizar a nitidez da imagem, considerando aspectos como a focalização e a iluminação ambiente. A experimentação com diferentes tamanhos de abertura e materiais internos permite observar como essas variáveis afetam a qualidade da projeção. Dessa forma o autor complementa que a compreensão desses princípios não apenas ilumina a evolução da óptica, mas também demonstra a relevância contínua da câmara escura na compreensão e aplicação dos conceitos ópticos.

A estrutura principal da câmara pode ser feita de diversos materiais, como madeira, metal ou até papelão, dependendo da robustez desejada e da precisão necessária. A caixa deve ser completamente opaca para evitar a entrada de luz

externa que poderia prejudicar a projeção da imagem, conforme Nascimento *et al.* (2020). Após a construção da caixa, uma abertura pequena e circular é feita em um dos lados. Essa abertura pode ser criada com um simples furador ou uma ferramenta de corte, e o tamanho deve ser cuidadosamente escolhido: uma abertura menor resulta em uma imagem mais nítida, enquanto uma abertura maior pode proporcionar uma imagem mais clara, mas menos definida. A abertura deve ser coberta com uma lente, se disponível, para melhorar a qualidade da imagem projetada.

Após a montagem da caixa e da abertura, o próximo passo é o revestimento interno. Na visão de Souza Cruz (2017) o interior da caixa deve ser pintado com um acabamento preto mate para minimizar os reflexos e absorver a luz que entra, garantindo que a imagem projetada seja o mais clara e precisa possível. A superfície oposta à abertura, onde a imagem será projetada, deve ser tratada para refletir e visualizar a imagem adequadamente. Pode-se usar uma folha de papel branco ou um material semelhante para garantir que a imagem projetada seja visível. De acordo com o ponto de vista de Nascimento *et al.* (2020) em alguns casos, ajustes adicionais podem ser necessários, como a modificação da posição da abertura ou a adição de um mecanismo de ajuste para focar a imagem corretamente. A construção da câmera escura é um processo de experimentação e refinamento, permitindo que a qualidade da imagem projetada seja melhorada através de ajustes meticulosos e testes práticos, como sugere Souza Cruz (2017).

Para otimizar a construção da câmera escura e assegurar que ela funcione eficazmente, a calibragem da abertura e do revestimento interno é crucial. Para Nascimento *et al.* (2020), a abertura deve ser feita com precisão para garantir que a luz que entra seja focada corretamente na superfície oposta, criando uma projeção nítida. Em muitos casos, a abertura é coberta com uma lente convexa pequena, que pode ser encontrada em lentes de óculos antigas ou em lentes de microscópios. A lente ajuda a concentrar a luz que passa pela abertura, melhorando a qualidade da imagem projetada. A posição da lente pode ser ajustada para conseguir o foco desejado, e experimentos com diferentes tamanhos de abertura e tipos de lentes podem ser realizados para observar as variações na nitidez da imagem.

Além disso, o processo de construção da câmera escura envolve a realização de testes práticos para garantir que a imagem projetada seja clara e bem definida. No entendimento de Nascimento *et al.* (2020) após a montagem inicial e os ajustes necessários, a câmera escura deve ser testada em condições variadas de iluminação

e distância. A superfície onde a imagem é projetada deve ser mantida limpa e plana para evitar distorções. É útil realizar vários testes utilizando diferentes tipos de luz e objetos externos para ajustar a abertura e a lente. A construção e o ajuste da câmera escura são um exercício de paciência e precisão, pois pequenas alterações podem impactar significativamente a qualidade da imagem projetada. De forma complementar, o autor afirma que, ao final, uma câmera escura bem construída não só proporciona uma experiência prática da física da luz, mas também serve como uma ferramenta educativa valiosa para entender os princípios fundamentais da óptica.

A construção da câmera escura, embora pareça simples, é uma experiência profundamente reveladora sobre os princípios da óptica e da formação de imagens. Através da elaboração cuidadosa e dos ajustes finos na abertura e na superfície de projeção, é possível compreender de forma prática a maneira como a luz interage com os objetos e como as imagens são formadas, conforme discutem os autores Santos e Cunha (2015). O processo não só ilustra a aplicação dos conceitos de refração e projeção de luz, mas também oferece uma visão tangível da evolução histórica dos dispositivos ópticos. Na opinião de Nascimento *et al.* (2020), a construção e o uso de uma câmera escura servem como uma excelente introdução aos fundamentos da óptica, proporcionando um ponto de partida para explorar tecnologias fotográficas mais complexas e modernas. Assim, a prática da construção da câmera escura não só reforça a compreensão teórica da óptica, mas também valoriza a importância dos métodos experimentais e da inovação na evolução dos instrumentos ópticos.

8.2 Experimentos realizados

Nessa subseção, a descrição das atividades com a câmera escura deve focar nas observações práticas e nos resultados obtidos durante a execução dos experimentos. O processo começou com a montagem da câmera escura, seguindo as especificações detalhadas, que incluíam a escolha adequada dos materiais, como caixas escuras e lentes. A primeira fase dos experimentos envolveu a calibração da abertura da câmera e a preparação da superfície de projeção. Os experimentos foram realizados em um ambiente controlado, onde a intensidade da luz e o ângulo de incidência foram cuidadosamente ajustados para garantir imagens nítidas e bem definidas. Foram utilizados diferentes tipos de fontes de luz e objetos para observar a variabilidade na formação das imagens projetadas. A análise dessas imagens permitiu observar a inversão e a distorção, características típicas da câmera escura, e ajudou

a entender como a luz é manipulada para formar uma imagem.

Durante a realização dos experimentos, foram coletadas várias imagens em diferentes condições, como variações na abertura da lente e no tempo de exposição. Observou-se que a precisão da projeção dependia diretamente do tamanho da abertura e da distância entre a abertura e a superfície de projeção. Imagens projetadas eram notoriamente invertidas e exibiam uma representação precisa dos objetos externos, com clareza e detalhes que demonstraram a eficácia do dispositivo em simular o processo de formação de imagens. Além disso, foram realizadas medições para avaliar a qualidade das imagens em diferentes condições de iluminação e alinhamento. Essas observações e medições forneceram dados valiosos sobre o funcionamento da câmera escura e possibilitaram uma compreensão mais profunda dos princípios ópticos envolvidos. O sucesso desses experimentos evidenciou a importância da câmera escura como ferramenta educacional e histórica no estudo da óptica.

Nos experimentos realizados, foi possível explorar a relação entre o tamanho da abertura da câmera escura e a qualidade da imagem projetada. Inicialmente, foi experimentado um conjunto de aberturas de diferentes diâmetros, desde pequenos orifícios e aberturas mais amplas. Através dessas variações, observou-se que a nitidez das imagens projetadas aumentava com a redução do tamanho da abertura, embora com a consequência de uma diminuição na intensidade da luz e, consequentemente, uma imagem mais escura. Isso demonstrou a clássica relação inversa entre a profundidade de campo e a abertura, reforçando o conceito óptico de que uma menor abertura proporciona uma maior profundidade de campo, enquanto uma abertura maior resulta em imagens mais iluminadas, mas com menor definição. A experimentação também incluiu a variação na distância entre a abertura e a superfície de projeção, permitindo observar como a distância afeta o tamanho e a clareza das imagens, evidenciando a dependência do sistema óptico em relação ao comprimento focal e à geometria da câmera escura.

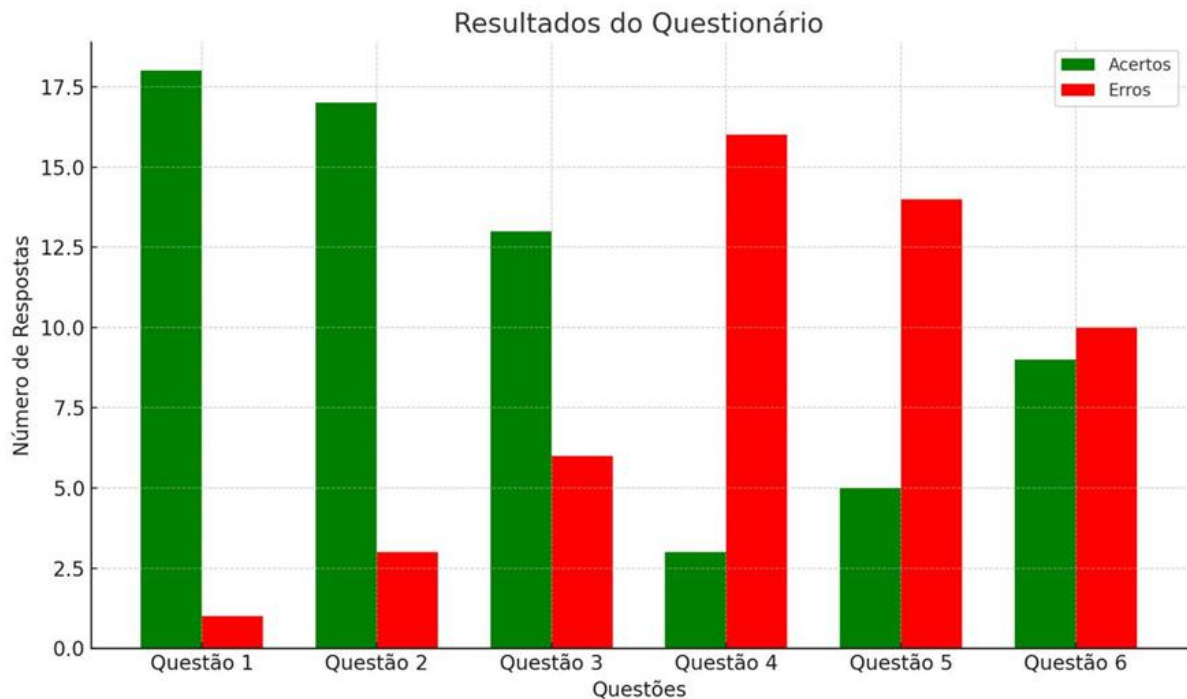
Além das análises quantitativas, foram realizadas observações qualitativas para avaliar a distorção e a inversão das imagens projetadas. Foram utilizados diversos objetos, como letras, figuras geométricas e padrões complexos, para testar a capacidade da câmera escura em reproduzir imagens com precisão. As imagens projetadas exibiram a característica inversão vertical, um fenômeno esperado e compreendido através dos princípios ópticos da câmera escura. Notou-se que a

qualidade da imagem projetada variava conforme a estabilidade e a calibração da câmera, com imagens mais estáveis e precisas obtidas quando a câmera estava bem alinhada e fixada. Esses experimentos reforçaram a relevância histórica e educacional da câmera escura na demonstração de princípios ópticos básicos, além de fornecer uma base prática para entender as complexidades da formação de imagens em sistemas ópticos mais avançados.

8.3 Análises dos resultados

A primeira tabela apresenta os resultados obtidos a partir da aplicação inicial do questionário, antes da realização do experimento prático com os alunos. Essa tabela foi construída com o objetivo de ilustrar claramente as dificuldades encontradas pelos alunos em compreender conceitos fundamentais da óptica, como a definição e o funcionamento da câmera escura, a formação de imagens, a propagação da luz, e o desenvolvimento histórico das tecnologias fotográficas. Os dados refletem o desempenho individual dos alunos em cada questão, permitindo uma análise detalhada das áreas onde os conhecimentos prévios estavam mais sólidos e onde, ao contrário, havia lacunas significativas. A baixa taxa de acertos em algumas questões, particularmente nas que exigiam maior compreensão teórica ou aplicação de conceitos, evidencia a necessidade de uma intervenção pedagógica mais efetiva, a qual será posteriormente comparada aos resultados obtidos após a execução do experimento. Essa comparação será fundamental para avaliar o impacto da metodologia experimental na melhoria da aprendizagem dos alunos.

Gráfico 1 Resultado o questionário



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

Na análise dos resultados obtidos com o questionário aplicado antes do experimento, é evidente que havia uma compreensão limitada dos conceitos relacionados à câmera escura e à propagação da luz entre os participantes. Observa-se que na questão 1, que abordava o conceito básico da câmera escura, houve um alto índice de acertos (18 acertos e 1 erro), indicando que a maioria dos alunos tinha uma ideia básica correta sobre o assunto. No entanto, conforme o questionário avançava para questões mais complexas, como a Questão 4, que tratava da propagação da luz, o desempenho caiu significativamente, com apenas 3 acertos e 16 erros. Essa queda acentuada no desempenho reflete uma lacuna no entendimento dos princípios ópticos fundamentais, possivelmente decorrente de abordagens pedagógicas que não enfatizam a visualização prática e experimental desses conceitos. Além disso, a Questão 5, que abordava a história da fotografia, também mostrou um alto índice de erros, com 14 alunos errando a questão, o que pode indicar um déficit na contextualização histórica dos temas abordados.

A Figura 2 ilustra os resultados obtidos após a aplicação do questionário pela segunda vez, logo após a realização do experimento prático, permitindo uma análise

comparativa com os resultados iniciais. Este gráfico é fundamental para avaliar o impacto da intervenção pedagógica e verificar se houve um progresso significativo na compreensão dos conceitos relacionados à óptica por parte dos alunos. A melhoria no desempenho, especialmente em questões que anteriormente apresentaram altos índices de erro, demonstra a eficácia de abordagens que combinam teoria e prática, reforçando a importância de métodos de ensino que engajem os estudantes de maneira ativa e participativa. A Figura 2, portanto, não apenas visualiza o impacto positivo da metodologia aplicada, mas também serve como uma ferramenta de reflexão sobre como estratégias de ensino dinâmicas podem superar as barreiras de aprendizagem identificadas na análise inicial.

Gráfico 2 Resultado do questionário (pós- Experimentos)



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

Após a realização do experimento didático, os resultados do segundo questionário demonstram uma melhoria substancial na compreensão dos conceitos de óptica por parte dos alunos. Na Questão 1, todos os alunos responderam corretamente, o que sugere que o experimento consolidou o entendimento inicial sobre a câmera escura. A Questão 4, que havia sido a mais problemática antes do experimento, apresentou uma melhoria considerável, com 15 acertos e 9 erros, evidenciando que, embora ainda haja dificuldades, a maioria dos alunos conseguiu

assimilar o conceito de propagação da luz. Além disso, a Questão 5, relacionada à história da fotografia, também mostrou progressos, com um aumento no número de acertos para 13, embora 11 alunos ainda tenham errado. Esses resultados indicam que o uso de abordagens experimentais e práticas foi eficaz para melhorar a compreensão dos alunos sobre a óptica, mas também destaca a necessidade de reforçar a aprendizagem em áreas que ainda apresentam dificuldades, sugerindo que uma abordagem contínua e multifacetada seja necessária para consolidar o aprendizado.

Após a análise dos resultados apresentados na Figura 2, fica evidente que a intervenção pedagógica baseada no uso da câmera escura e outras estratégias de ensino ativo promoveu uma melhora significativa na compreensão dos conceitos de óptica pelos alunos. As questões que, inicialmente, apresentavam maiores índices de erro, como as relacionadas à propagação da luz e à formação de imagens, demonstraram uma redução notável no número de respostas incorretas. Este avanço sugere que os estudantes conseguiram superar as dificuldades conceituais, especialmente em tópicos mais abstratos e complexos, graças à experimentação prática e à aplicação contextualizada dos conhecimentos teóricos. A interação direta com os fenômenos ópticos, aliada a discussões orientadas e exercícios de fixação, parece ter sido determinante para consolidar o aprendizado, proporcionando uma compreensão mais aprofundada e menos fragmentada dos temas abordados.

Destarte os dados evidenciam que a metodologia utilizada foi eficaz na promoção do aprendizado, refletindo diretamente na melhoria dos índices de acerto após a intervenção pedagógica. O contraste entre os resultados obtidos antes e depois do experimento destaca a importância de abordagens didáticas que não se limitam à transmissão expositiva de conteúdo, mas que busquem envolver ativamente os estudantes no processo de construção do conhecimento. A diminuição dos erros em quase todas as questões e o aumento consistente dos acertos indicam que os alunos não apenas memorizam as respostas corretas, mas realmente internalizam os conceitos fundamentais da óptica. Esses resultados corroboram a necessidade de práticas educacionais que favoreçam a participação ativa, a experimentação e a reflexão crítica, elementos essenciais para uma aprendizagem significativa e duradoura.

9. DISCUSSÃO

Diante do exposto, é fundamental interpretar os resultados à luz dos objetivos estabelecidos inicialmente para o trabalho. Assim, avaliamos o impacto de uma metodologia de ensino experimental, centrada na utilização da câmera escura e em atividades práticas, na compreensão dos conceitos fundamentais de óptica pelos alunos do ensino médio. Ao comparar os resultados obtidos antes e após a intervenção, verificamos uma melhora significativa no desempenho dos estudantes em quase todas as questões. Esta melhoria não foi apenas quantitativa, com um aumento no número de acertos, mas também qualitativa, evidenciando uma compreensão mais profunda dos conceitos. Esse resultado reflete diretamente o sucesso da abordagem pedagógica adotada, que visava justamente superar as dificuldades tradicionais encontradas pelos alunos ao lidar com temas abstratos e teóricos, promovendo uma aprendizagem mais significativa e concreta.

Ademais, ao analisar os resultados em comparação com os objetivos do trabalho, podemos afirmar que a metodologia empregada conseguiu atingir, de forma eficaz, as metas propostas. A redução no número de erros e o aumento expressivo nos acertos após a intervenção pedagógica indicam que os alunos foram capazes de assimilar e aplicar os conceitos de óptica com maior segurança e precisão. Este dado é especialmente relevante considerando que um dos desafios do ensino de ciências exatas é justamente tornar acessíveis e compreensíveis os conteúdos que, muitas vezes, parecem distantes da realidade dos estudantes. A utilização de recursos práticos e visuais, como a câmera escura, mostrou-se uma ferramenta poderosa para concretizar os fenômenos ópticos, facilitando a construção do conhecimento e contribuindo para a formação de uma base sólida que poderá ser expandida em estudos futuros. Dessa forma, os resultados alcançados não apenas confirmam a eficácia da estratégia pedagógica, como também ressaltam a importância de práticas educativas inovadoras e interativas no ensino de ciências.

As implicações pedagógicas dos resultados obtidos nesta pesquisa são significativas e sugerem uma transformação potencial no ensino de óptica no Ensino Médio. O aumento notável no desempenho dos alunos após a aplicação de uma metodologia experimental, centrada no uso da câmera escura e em práticas laboratoriais, aponta para a necessidade de repensar as abordagens tradicionais no

ensino de ciências. Muitas vezes, o ensino de óptica é abordado de forma excessivamente teórica e abstrata, o que pode dificultar a compreensão e o engajamento dos alunos. No entanto, a introdução de métodos práticos, que permitem aos alunos visualizar e experimentar os fenômenos ópticos, pode transformar o aprendizado, tornando-o mais acessível e interessante. Este estudo evidencia que, quando os estudantes são envolvidos ativamente no processo de aprendizagem, manipulando instrumentos e observando diretamente os fenômenos em questão, a internalização dos conceitos se torna mais efetiva.

Além disso, os resultados sugerem que a incorporação de metodologias práticas no currículo de Física pode não apenas melhorar a compreensão dos alunos sobre a óptica, mas também aumentar seu interesse e motivação em relação à disciplina como um todo. A educação científica moderna deve, idealmente, promover a curiosidade, o pensamento crítico e a capacidade de resolução de problemas, preparando os alunos para enfrentar desafios complexos. Ao permitir que os estudantes explorem os princípios da óptica de maneira prática, o ensino se torna mais alinhado com essas metas educacionais. As implicações desse estudo, portanto, vão além da simples melhora no desempenho acadêmico; elas apontam para um modelo de ensino mais interativo e envolvente, que pode ser estendido para outras áreas da Física e das ciências em geral. Dessa forma, as práticas pedagógicas baseadas em experimentação e em atividades que estimulem a exploração e a descoberta devem ser consideradas fundamentais para a formação de um ensino de qualidade, que prepare os alunos para uma compreensão mais aprofundada e aplicável do mundo ao seu redor.

10. CONCLUSÃO

Diante disso, por meio da presente pesquisa, exploramos o ensino de óptica no Ensino Médio através da prática de construção e experimentação com câmeras escuras e outros instrumentos ópticos. Os principais resultados alcançados demonstraram que o uso de métodos experimentais e práticos contribuiu significativamente para o entendimento dos conceitos fundamentais de óptica pelos alunos. Notavelmente, houve uma melhora expressiva na compreensão sobre como a luz se comporta ao atravessar diferentes meios e como esses princípios são aplicados em instrumentos ópticos, como câmeras fotográficas, telescópios e binóculos. Estes achados reforçam a eficácia do ensino prático na facilitação do aprendizado de conceitos complexos de física.

Os objetivos propostos no início do trabalho foram em grande parte atingidos. O aumento nos acertos dos alunos nos questionários aplicados antes e após os experimentos indica que as atividades práticas e a abordagem experimental adotada ajudaram a esclarecer e fixar os conceitos teóricos abordados em sala de aula. Através dos resultados apresentados, fica evidente que a metodologia aplicada respondeu às hipóteses levantadas, comprovando que a integração de atividades experimentais no ensino de óptica pode ser uma estratégia pedagógica eficaz para o Ensino Médio.

Diante disso, por meio da presente pesquisa, conseguimos ampliar a compreensão sobre o impacto do ensino prático no aprendizado de conceitos de física. Praticamente, fornece um modelo para a implementação de atividades experimentais no ensino médio que pode ser replicado em outras escolas e contextos. Metodologicamente, o trabalho propõe uma abordagem inovadora ao combinar teoria e prática de maneira integrada, destacando a importância de experiências visuais e táteis para o aprendizado.

No entanto, a pesquisa apresenta algumas limitações que devem ser reconhecidas. Uma delas é o tamanho da amostra, que foi relativamente pequeno, limitando a generalização dos resultados para uma população maior. Além disso, a dependência de auto informe dos alunos para o registro de suas percepções e dificuldades pode ter introduzido algum viés nos dados coletados. Outra limitação é a ausência de um grupo controle, o que dificulta uma comparação mais robusta dos

resultados obtidos.

Para trabalhos futuros, sugere-se ampliar o tamanho da amostra e incluir uma diversidade maior de escolas para verificar se os resultados obtidos são consistentes em diferentes contextos educacionais. Além disso, seria benéfico explorar a aplicação de métodos de ensino práticos em outros tópicos de física e comparar sua eficácia com a abordagem tradicional. Também se recomenda a utilização de instrumentos de avaliação mais variados e quantitativos para proporcionar uma análise mais detalhada e menos subjetiva dos resultados.

Destarte, este estudo destaca a importância de integrar práticas experimentais no ensino de óptica, não apenas para melhorar a compreensão teórica dos alunos, mas também para engajá-los ativamente no processo de aprendizado. Ao enfatizar o valor da experiência prática na educação científica, o trabalho contribui para a construção de um ensino mais dinâmico e eficaz, que pode ter impactos significativos tanto na formação acadêmica dos alunos quanto no desenvolvimento de habilidades críticas e analíticas. A continuidade de pesquisas nesta área poderá oferecer ainda mais insights sobre como melhorar e inovar o ensino de ciências, beneficiando educadores e alunos.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Kleber Briz; DOS SANTOS, Paulo José Sena; FERREIRA, Gabriela Kaiana. **Os Três Momentos Pedagógicos como metodologia para o ensino de Óptica no Ensino Médio: o que é necessário para enxergarmos?**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 32, n. 2, p. 461-482, 2015.

ANDRADE, Michele Alberton; DA COSTA, Sayonara Salvador Cabral. **O uso de simulações computacionais para o ensino de óptica no ensino médio**. Experiências em Ensino de Ciências, v. 1, n. 2, p. 18-29, 2006.

BALESTRI, Rodrigo Dias. **A participação da História da Matemática na formação de professores de matemática na óptica de professores/pesquisadores**. PONTE, v. 15, 2000.

BASSALO, José Maria Filardo. **Fresnel: O formulador matemático da teoria ondulatória da luz**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 5, n. 2, p. 79-87, 1988.

BAUER, Wolfgang; WESTFALL, Gary D.; DIAS, Helio. **Física para universitários: óptica e física moderna**. São Paulo: Bookman, 2013.

BERNARDES, Tamara de O.; IACHEL, Gustavo; SCALVI, Rosa Maria Fernandes. **Metodologias para o ensino de Astronomia e Física através da construção de telescópios**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 25, n. 1, p. 103-117, 2008.

BERNARDES, Tamara O. et al. **Abordando o ensino de óptica através da construção de telescópios**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, p. 391-396, 2006.

BICAS, HARLEY EA; URAS, Ricardo. **Temas de refração**. Arquivos Brasileiros de Oftalmologia, v. 56, n. 1, p. 07-12, 1993.

BORGES, Patrícia Duro. **Apostila de física**. Santa Maria, 2009.

CALVO, Maria Luísa. **A contribuição excepcional de Ibn-al-Hytham (Alhacén) para as ciências. Uma intenção de aproximação à ciência da óptica no Renascimento Musulman do século XI**. Revista Espanhola de Física, v. 1, pág. 31-35, 2015.

CASTRO-RAMOS, J. et al. **Óptica difractiva: una revisión al diseño y construcción de sistemas ópticos empleando lentes difractivas**. Revista mexicana de física, v. 52, n. 6, p. 479-500, 2006.

CAVALCANTE, Matheus de Araújo; RODRIGUES, Eriverton da Silva. **Uso do "Espelho de Lloyd" como método de ensino de óptica no Ensino Médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 34, p. 4310, 2013.

CHRISPINO, Alvaro. **Binóculo ou luneta: os conceitos de política pública e ideologia e seus impactos na educação**. Revista Brasileira de Política e Administração da Educação, v. 21, n. 1 e 2, 2005.

CORRÊA, Jose R. **Microscopia Confocal Básica**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília.

DA COSTA, Olímpia Vanessa Vicente et al. **Abordagem problematizadora: uma estratégia para o ensino de ótica geométrica no ensino médio**. Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, p. 8-10, 2013.

DE AZEVEDO, Marcos Cruz; NOVIKOFF, Cristina; SIQUEIRA, Angelo Santos. **Da imagem estática à imagem em movimento: o processo interdisciplinar da invenção do cinema**. Revista Uniabeu, v. 8, n. 20, p. 200-219, 2016.

DE CASTRO MOREIRA, Ildeu. **Einstein e seus Trabalhos de 1905 e 1915**. Revista Educação Pública, v. 2, n. 1, 2005.

DE SOUZA CRUZ, Ana Luiza. **PROJETO DE KIT DIDÁTICO PARA MONTAGEM DE CÂMARA ESCURA COM LENTE: APRENDENDO O FUNCIONAMENTO DO OLHO HUMANO**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina.

DIONÍSIO, Paulo Henrique. Albert Einstein e a física quântica. **Caderno brasileiro de ensino de física**. Vol. 22, n. 2 (ago. 2005), p. 147-164, 2005.

DOS SANTOS, Jullia Mendes Pestana; DE CARVALHO MADIO, Telma Campanha. **Da câmera escura aos pixels: a importância do tratamento informacional imagético**. 2019.

FASSARELLA, Lúcio. **Lei de Snell generalizada**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, p. 215-224, 2007.

FELDMAN, Cláudio. O binóculo. Arquivo Maaravi: **Revista Digital de Estudos Judaicos da UFMG**, v. 14, n. 27, p. 151-154, 2020.

FRANCO, Gilmar Yoshihara. **O Binóculo e a pena: a construção da identidade mato-grossense sob a ótica virgiliana: 1920-1940**. Universidade Federal da Grande Dourados, 2009.

GOMES, Tiago Carneiro; GIORGI, Cristiano Amaral Garboggini Di; RABONI, Paulo César de Almeida. **Física e pintura: dimensões de uma relação e suas potencialidades no ensino de física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, p. 4402, 2012.

HECKLER, Valmir; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira; OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. **Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, p. 267-273, 2007.

HEINECK, Renato; ARRIBAS, Santos Diez. **Câmara escura**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, p. 303-307, 2004.

HELENE, Otaviano; HELENE, André Frazão. **Alguns aspectos da óptica do olho**

humano. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, p. 3312, 2011.

LIMA, Nathan; CAVALCANTI, Cláudio; OSTERMANN, Fernanda. **Concepções de Dualidade Onda-Partícula:** Uma proposta didática construída a partir de trechos de fontes primárias da Teoria Quântica. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 43, p. e20200270, 2020.

LOPES, Cesar Valmor Machado. **Modelos atômicos no início do século XX:** da física clássica à introdução da teoria quântica. 2009.

LUCENA, Eduardo Gomes de. **Fotografia como recorte da paisagem:** o uso de dispositivos móveis para estudos de desenho de observação. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.

MALACARA, Daniel. **Óptica básica.** Fondo de cultura económica, 3ª ed. México : FCE, 2015 600 p, 2015.

MARTIOLI, EDER. **Apostila do curso de construção de telescópios.** São José dos CamposINPE, 2009.

MELO, Ana Carolina Staub de et al. **Contribuições da epistemologia histórica de Bachelard no estudo da evolução dos conceitos da óptica.** 2005.

NARDI, Roberto; GUZMÁN, Lisbeth Lorena Alvarado. **Reconstruindo alguns modelos sobre luz e visão da história da ciência.** Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática, v. 4, n. 3, 2021.

NASCIMENTO, Cláudia Brasil Coimbra et al. **Uma experiência interdisciplinar no ensino da Matemática:** a construção de câmara escura no 9º ano do Ensino Fundamental. Research, Society and Development, v. 9, n. 11, p. e5489119982-e5489119982, 2020.

OLIVEIRA, Ketlly Mônica Dantas de. **A estética da fotografia infantil:** uma análise sobre as mudanças nos ensaios de crianças nos primeiros meses de vida a partir das obras de Francisco Venâncio e Ramon Macedo. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

ORTEGA, Daniel; MOURA, Breno Arsioli. **Uma abordagem histórica da reflexão e da refração da luz.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 42, p. e20190114, 2019.

PARREIRA, Rafael Tomaz et al. **Sistema de Ensino de Física Óptica Geométrica da Reflexão em Espelhos Usando Realidade Virtual.** Anais do WRVA, p. 214-218, 2010.

RIBEIRO, Jair Lúcio Prados; VERDEAUX, Maria de Fátima da Silva. **Atividades experimentais no ensino de óptica:** uma revisão. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 34, p. 4403, 2013.

SANTOS, Gilmário Barbosa; CUNHA, Sidney Pinto. **Câmera escura estéreo:** Construção e atividades experimentais. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 32,

n. 3, p. 879-901, 2015.

SCHENEIDER, Carolina Vedotto et al. **SALÃO DAS CIÊNCIAS: REFLEXÕES SOBRE A OFICINA “CONSTRUÇÃO DE TORRE DE LÍQUIDOS E CÂMARA ESCURA”**. SEPE-Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFFS, v. 5, 2015.

SOUZA, Camila Targino de et al. **No tempo da pose: uma genealogia das figuras de aceleração do tempo em tecnologias fotossensíveis do século XIX**. 2012.

TEIXEIRA, Isabel Maria et al. **Da luneta de Galileu ao telescópio espacial Hubble: contributos do desenvolvimento tecnológico na divulgação da História da Astronomia**. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 5, p. e26811528214-e26811528214, 2022.

UZÊDA, Diego Dias. **Tópicos em Mecânica Clássica**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

VIEIRA, Patrese Coelho. **Perspectivas sobre a evolução histórica do conceito de luz e sua integração com a fotografia para o ensino da óptica**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Rio de Janeiro, v. 31, n. 2, p. 255-272, 2014.

ZILIO, Sérgio C. **Óptica moderna**. São Carlos-SP: Instituto de Física de São Carlos, v. 93, p. 217-233, 2009.

APÊNDICES

Aluno usando o experimento



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

Foto da câmara escura



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

Câmara escura



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

Alunos no momento da aula



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)

Alunos



Câmara escura



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024)