

ENSINO DE ÓPTICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: uma abordagem investigativa utilizando a câmera pinhole

TEACHING OPTICS IN BASIC EDUCATION: an investigative approach using the pinhole camera

Ewerton Walber Faustino de Oliveira Lira

ewfol@discente.ifpe.edu.br

Pedro Henrique Avelino de Andrade

pedro.andrade@pesqueira.ifpe.edu.br

RESUMO

O ensino por investigação tem se destacado como uma abordagem eficaz para promover o aprendizado significativo em disciplinas da área de Ciências, incluindo a Física. Neste estudo, analisou-se o impacto dessa metodologia no ensino de óptica geométrica por meio da construção e experimentação com a câmera *pinhole*. A pesquisa foi conduzida com estudantes do 2º ano do ensino médio de uma escola privada em Pernambuco, utilizando um modelo baseado na proposta de Carvalho (2012), no qual os alunos foram incentivados a formular hipóteses, conduzir experimentos e interpretar criticamente os fenômenos ópticos. A construção e o uso da câmera *pinhole* possibilitaram a exploração de conceitos fundamentais, como a formação de imagens, a relação entre o tamanho do orifício e a nitidez, e os princípios de propagação retilínea da luz. A análise dos resultados indica que a abordagem investigativa favorece a aprendizagem ativa e aprimora a compreensão conceitual dos estudantes. Além disso, foi observado um aumento no engajamento e na autonomia dos alunos ao longo das atividades. Os achados reforçam a importância das metodologias ativas no ensino de Física e evidenciam o potencial da experimentação investigativa para tornar o processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico e eficaz.

Palavras-chave: Investigação no Ensino de Física. Fenômenos Ópticos e Experimentação. Dispositivos Ópticos Simples, Aprendizagem Ativa em Ciências.

ABSTRACT

Inquiry-based teaching has emerged as an effective approach to promoting meaningful learning in science disciplines, including Physics. This study analyzes the impact of this methodology on the teaching of geometric optics through the construction and experimentation with a pinhole camera. The research was conducted with second-year high school students from a private school in Pernambuco, Brazil, using a model based

on Carvalho's (2012) proposal, in which students were encouraged to formulate hypotheses, conduct experiments, and critically interpret optical phenomena. The construction and use of the *pinhole* camera enabled the exploration of fundamental concepts such as image formation, the relationship between aperture size and sharpness, and the principles of rectilinear light propagation. The results indicate that the investigative approach fosters active learning and enhances students' conceptual understanding. Additionally, an increase in student engagement and autonomy was observed throughout the activities. The findings reinforce the importance of active methodologies in Physics education and highlight the potential of investigative experimentation as a pedagogical strategy to make the teaching-learning process more dynamic and effective.

Keywords: Inquiry in Physics Education, Optical Phenomena and Experimentation, Simple Optical Devices, Active Learning in Science.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de metodologias ativas no ensino de Ciências tem sido amplamente debatida na literatura. Especialmente no contexto da Física, a abordagem tradicional expositiva frequentemente resulta em uma aprendizagem passiva e descontextualizada. A aprendizagem ativa ocorre de forma eficaz quando o estudante interage com o assunto em estudo, ouvindo, perguntando, discutindo, fazendo e ensinando, tornando-se capaz de produzir conhecimento ao invés de recebê-lo de forma passiva. Bonwell e Eison (1991) definem essas estratégias de aprendizagem como aquelas em que, ao mesmo tempo em que o aluno faz alguma coisa, ele pensa sobre as coisas que está fazendo, promovendo um envolvimento cognitivo mais profundo no processo de aprendizagem.

Neste sentido, o ensino por investigação surge como uma alternativa metodológica promissora, pois coloca o estudante no centro do processo de construção do conhecimento, incentivando-o a formular hipóteses, realizar experimentações e desenvolver raciocínio crítico a partir da análise de fenômenos naturais.

A óptica geométrica, um dos ramos fundamentais da Física, lida com os princípios de propagação da luz e a formação de imagens, sendo um tema frequentemente desafiador para os estudantes devido ao seu caráter abstrato. O uso de experimentação prática tem se mostrado uma estratégia eficaz para superar essas dificuldades, tornando os conceitos mais concretos e acessíveis.

Neste contexto, a câmera *pinhole* – um dispositivo óptico simples baseado na propagação retilínea da luz – se apresenta como um recurso didático potente para auxiliar no ensino desses conceitos. Sua construção permite a exploração empírica da formação de imagens, além de possibilitar a investigação de variáveis como tamanho do orifício, distância focal e nitidez. Ao inserir os estudantes no processo investigativo, a experimentação com a câmera *pinhole* busca proporcionar uma aprendizagem mais significativa e contextualizada.

Assim, este estudo investiga como o ensino por investigação pode ser aplicado ao ensino de óptica geométrica por meio da construção e experimentação com a câmera *pinhole*. A pesquisa foi realizada com estudantes do 2º ano do ensino médio de uma escola privada de Pernambuco, escolhidos por meio de um processo

voluntário, seguindo uma abordagem baseada no ensino por investigação conforme proposta por Carvalho (2012). Durante cinco encontros, os alunos foram incentivados a levantar hipóteses sobre a formação de imagens, projetar experimentos, coletar dados e interpretar os resultados obtidos. Além disso, a relação entre variáveis experimentais, como o tamanho do orifício da câmera e o tempo de exposição, foi analisada para compreender seu impacto na nitidez e luminosidade das imagens formadas.

A construção da câmera *pinhole* e a análise das imagens obtidas (no processo de revelação em ambiente controlado) permitiram aos alunos vivenciar os conceitos ópticos de forma prática, além de experimentar um processo de aprendizagem contextualizado e significativo. Os resultados indicam que a experimentação investigativa proporcionou uma aprendizagem mais significativa e estruturada, aumentando o engajamento dos estudantes e promovendo uma compreensão mais profunda dos conceitos de óptica. Dessa forma, este trabalho contribui para a discussão sobre metodologias ativas no ensino de Física, destacando a relevância do ensino por investigação como estratégia pedagógica para o desenvolvimento da autonomia e da capacidade analítica dos alunos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O ensino de Física e seus desafios

O ensino de Física apresenta desafios únicos, que podem ser atribuídos à natureza complexa e abstrata dos conceitos envolvidos. Compreender esses desafios é fundamental para entender as dificuldades enfrentadas por professores e alunos na abordagem da disciplina e para buscar estratégias eficazes para superá-las.

Pereira (2011) aponta que a falta de formação específica e contínua para professores de Física, combinada com a desvalorização da profissão docente e a redução da carga horária dedicada a essa disciplina, compromete significativamente a qualidade do ensino. Ele enfatiza que a falta de investimento em formação e recursos, junto à sobrecarga de trabalho, limita a capacidade dos educadores de desenvolver metodologias de ensino inovadoras e eficazes, essenciais para abordar a complexidade dos conceitos de Física de maneira acessível e significativa para os alunos.

Segundo McDermott (1991) a dificuldade em visualizar e compreender esses conceitos da física pode levar a uma compreensão superficial ou incorreta. A natureza abstrata da Física, que envolve a interpretação de fenômenos que não são diretamente observáveis, exige um nível elevado de raciocínio lógico e habilidades analíticas, o que pode representar um desafio significativo para muitos alunos. Por exemplo, o entendimento de conceitos relacionados às ondas eletromagnéticas, como a dualidade onda-partícula da luz e a natureza de suas interações com a matéria, requer uma capacidade de abstração que muitas vezes não é facilmente desenvolvida sem uma orientação adequada.

Nardi (2007) enfatiza que a compreensão dos fenômenos físicos, devido à sua natureza contraintuitiva, desafia os alunos que tendem a buscar explicações mais concretas ou baseadas em suas experiências cotidianas.

De acordo com Moran (2002), a complexidade dos conceitos de Física leva os alunos a desenvolverem entendimentos superficiais que não atendem ao rigor matemático ou à precisão científica exigida pela disciplina. Ele observa que a natureza abstrata desses conceitos demanda mais do que a simples memorização de fórmulas e leis. Para alcançar uma compreensão sólida da Física, os estudantes

devem desenvolver um entendimento profundo e significativo que lhes permita aplicar esses conceitos a novas e complexas situações, enfrentando desafios com flexibilidade e criatividade. Para isso, ele sugere que a utilização de novas tecnologias e métodos pedagógicos inovadores pode ajudar a criar um ambiente de aprendizagem mais interativo e eficiente, facilitando a formação de uma compreensão sólida e aplicável dos conceitos científicos.

A complexidade dos conceitos de Física, como discutido por Moran (2002), evidencia a necessidade de abordagens pedagógicas que não apenas transmitam informações, mas também promovam uma compreensão mais profunda e aplicada. Essa necessidade é particularmente relevante no contexto do ensino de óptica, onde conceitos abstratos sobre a luz e suas interações com a matéria devem ser compreendidos e aplicados de forma prática.

Em particular, para que os alunos possam internalizar e aplicar de forma eficaz os princípios ópticos, é essencial que o ensino seja adaptado para superar limitações estruturais e pedagógicas existentes. Portanto, a discussão sobre a complexidade dos conceitos físicos e a busca por práticas pedagógicas inovadoras estão diretamente ligadas à eficácia do ensino de óptica, destacando a importância de adaptar e fortalecer a abordagem educacional para abordar esses desafios de forma eficiente.

2.2 O ensino de Óptica e o uso de práticas pedagógicas inovadoras

O ensino de óptica na educação básica, especificamente no ensino médio, desempenha um papel fundamental na formação dos alunos ao abordar conceitos essenciais relacionados à interação da luz com a matéria. A óptica, que inclui o estudo dos fenômenos ópticos, oferece aos estudantes uma compreensão crucial sobre a forma como percebemos o mundo e como a luz é manipulada em diferentes contextos tecnológicos e científicos. A integração desses conceitos no currículo de Física é vital para promover uma base sólida em ciências físicas, estimulando o pensamento crítico e a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos.

Entretanto, embora os currículos oficiais prevejam a inclusão de temas relacionados à óptica, a eficácia do ensino é frequentemente comprometida por uma combinação de fatores, como a falta de laboratórios equipados e de materiais didáticos adequados. Além disso, a formação inicial e continuada dos professores de Física pode influenciar significativamente a qualidade do ensino, uma vez que a compreensão aprofundada dos conceitos ópticos é essencial para transmiti-los de forma clara e acessível. Diante desses desafios, a implementação de práticas pedagógicas inovadoras e a melhoria das condições estruturais nas escolas tornam-se indispensáveis para garantir um aprendizado mais eficaz e aplicado dos fenômenos ópticos.

Nesse contexto, a busca por alternativas mais eficazes às práticas tradicionais, frequentemente marcadas pela simples transmissão de conteúdos, tem levado ao crescente interesse pelas metodologias ativas. Diferentemente do modelo convencional, em que o professor ocupa o papel central na exposição do conhecimento, essas metodologias propõem uma mudança significativa na dinâmica da sala de aula. O docente assume o papel de mediador do processo de aprendizagem, estimulando a autonomia dos alunos na construção do saber. Assim, os estudantes deixam de ser apenas receptores de informações e passam a investigar fenômenos, formular hipóteses, testar ideias e estabelecer conexões entre os conceitos abordados e situações reais.

As metodologias ativas proporcionam uma transição do ensino tradicional para um modelo mais dinâmico, no qual os alunos assumem um papel central no processo de aprendizagem. Em vez de apenas absorver informações de forma passiva, eles são incentivados a refletir, integrar conhecimentos e reformular conceitos com base em suas experiências. Moran (2015) destaca que essas metodologias não apenas incentivam a participação ativa dos estudantes, mas também favorecem a construção de saberes mais profundos e significativos, promovendo uma aprendizagem mais autônoma e contextualizada.

Dentre as abordagens que se alinham a essa perspectiva, destaca-se o ensino por investigação, cuja aplicação ao ensino de Ciências tem sido amplamente discutida na literatura, incluindo os trabalhos de Carvalho (2001). Essa abordagem coloca o aluno no centro do processo de aprendizagem, incentivando a formulação de perguntas, a realização de experimentos e a análise crítica dos dados coletados. Quando aplicada ao ensino de óptica, essa metodologia permite que os estudantes explorem ativamente os fenômenos ópticos, promovendo uma compreensão mais profunda e prática desses conceitos. Dessa maneira, o ensino por investigação não apenas amplia o entendimento teórico dos alunos, mas também os envolve em um processo mais significativo de construção do conhecimento científico.

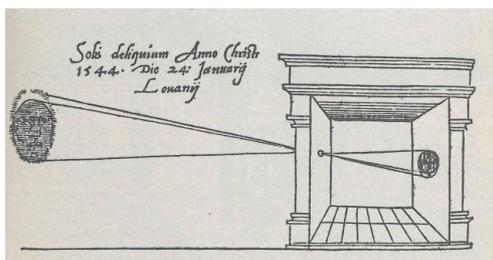
2.2.1 A câmera pinhole e o ensino de Óptica

Os princípios da óptica geométrica são fundamentados no comportamento retilíneo da luz, que, ao atravessar um orifício, projeta uma imagem invertida no interior de um dispositivo. Essa compreensão é central para o estudo da formação de imagens na câmera escura e oferece uma base valiosa para explorar fenômenos como a construção de imagens e o comportamento da luz em diferentes meios.

A câmera pinhole é uma evolução prática da câmera escura, adaptada para registrar permanentemente a imagem projetada por meio de um pequeno orifício. Ao contrário da câmera escura tradicional, que apenas projeta uma imagem invertida em seu interior, a câmera pinhole utiliza um suporte fotossensível, como papel ou filme fotográfico, permitindo a captura e posterior revelação da cena. A imagem apresentada, um desenho histórico datado de 1544, representa com clareza o princípio óptico que fundamenta esses dispositivos: a luz proveniente de uma fonte externa (neste caso, o Sol) atravessa um pequeno orifício e projeta uma imagem invertida no interior de uma estrutura fechada.

A representação técnica mostra a trajetória retilínea da luz e destaca a inversão da imagem, fenômeno essencial para a formação da fotografia pinhole. Essa ilustração é importante não apenas por seu valor histórico, mas também por evidenciar, de forma esquemática, como conceitos simples da óptica podem ser aplicados na criação de dispositivos fotográficos rudimentares, porém eficazes.

Figura 1 – Exemplo de câmera escura



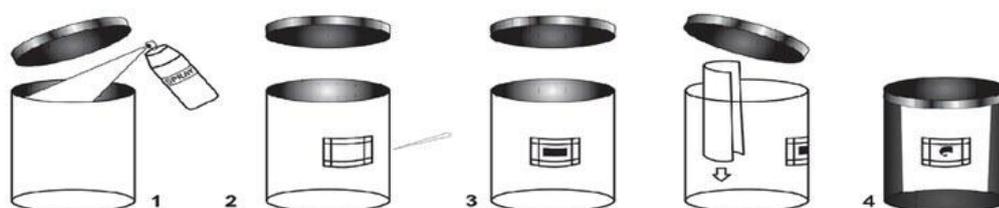
Disponível em: <<https://labclube.com/fotografia-pinhole-como-fazer-tutorial-completo/>>

Quando a luz atravessa o minúsculo orifício da câmera pinhole, ela projeta uma imagem invertida do ambiente externo sobre uma superfície fotossensível posicionada em seu interior, como um papel ou filme fotográfico. Essa projeção ocorre devido ao princípio da propagação retilínea da luz, o mesmo que fundamenta o funcionamento da câmera escura. No entanto, enquanto a câmera escura apenas projeta a imagem de forma efêmera, a pinhole é capaz de fixá-la, transformando um fenômeno óptico em um processo fotográfico rudimentar.

A qualidade da imagem gerada pode ser otimizada a partir do controle de dois elementos essenciais: a distância entre o orifício e o plano de projeção (distância focal) e o tamanho do próprio orifício. Um orifício muito grande permite a entrada excessiva de luz, causando imagens borradas, enquanto um orifício muito pequeno pode resultar em imagens escuras e com perda de definição devido à difração da luz. Ajustar corretamente esses parâmetros permite alcançar um equilíbrio entre nitidez, exposição e profundidade de campo, elementos que conferem à fotografia pinhole sua estética única e atemporal.

A construção de uma câmera pinhole pode ser realizada com materiais simples e acessíveis, tornando-se uma excelente atividade prática para explorar conceitos de óptica e fotografia. Abaixo, está ilustrado um modelo básico de montagem utilizando um recipiente cilíndrico, ideal para fins educativos e experimentais.

Figura 2 – Exemplo de câmera escura



Disponível em: <https://www.gov.br/funarte/pt-br/assuntos/noticias/todas-noticias/voce-ja-ouviu-falar-em-pinhole>

Com base nos princípios da câmera pinhole, é possível construir uma versão funcional utilizando materiais simples do cotidiano. Essa prática não apenas demonstra de forma concreta como a luz se comporta ao atravessar um pequeno orifício, mas também permite compreender o processo fotográfico de maneira artesanal. Abaixo, apresentamos uma descrição do processo de montagem de uma câmera pinhole caseira, ideal para experimentos fotográficos e atividades educativas.

Para começar, deve-se escolher um recipiente que possa ser completamente fechado, como uma lata ou pote cilíndrico, e pintar todo o seu interior com tinta preta fosca, a fim de evitar reflexos indesejados que possam interferir na formação da imagem. Em seguida, é necessário fazer um pequeno furo em um dos lados do recipiente utilizando uma agulha; esse orifício será o “pinhole”. Após a perfuração, o orifício deve ser vedado com uma fita preta até o momento da exposição. Do lado oposto ao furo, fixa-se o material sensível à luz — que pode ser um filme ou papel fotográfico — cuidadosamente posicionado no interior do recipiente. Com isso, a câmera estará pronta para uso. No momento de fotografar, basta posicioná-la no local desejado e remover a fita que cobre o orifício, permitindo a entrada da luz e a consequente formação da imagem sobre o material fotossensível.

A aplicação desses conceitos por meio do ensino por investigação enriquece o aprendizado, pois possibilita que os alunos desenvolvam suas próprias hipóteses e experimentem de maneira ativa, descobrindo como a luz se comporta ao formar imagens. Essa abordagem investigativa incentiva a curiosidade, o pensamento crítico e a compreensão mais profunda dos conceitos, tornando o estudo da óptica geométrica mais dinâmico e significativo para os estudantes.

A câmera escura e a câmera *pinhole* utilizam o mesmo princípio óptico de formação de imagens, mas se diferenciam em aspectos significativos. A câmera escura é, geralmente, uma caixa com um pequeno orifício, projetando uma imagem invertida na superfície interna. Esse dispositivo foi historicamente utilizado para estudar a luz e seus comportamentos. Por outro lado, a câmera *pinhole* é uma versão compacta e portátil da câmera escura. Possui um orifício menor e controlado, sendo projetada para capturar imagens em uma superfície sensível à luz, como papel fotográfico (fotossensível) ou filme fotográfico. Diferente da câmera escura, que serve para observação, a câmera *pinhole* é voltada para a captura de imagens, funcionando como uma ferramenta rudimentar de fotografia, sem o uso de lentes.

2.3 O ensino por investigação

O ensino por investigação é uma abordagem pedagógica que busca transformar a maneira tradicional de ensinar e aprender (Carvalho, 2018). Essa metodologia tem como objetivo transformar a sala de aula em um ambiente investigativo, no qual os alunos possam compreender, de forma simplificada, o trabalho científico. Assim, eles se familiarizam com a cultura científica, aprimoram sua linguagem específica e passam por um processo de alfabetização científica (Sasseron e Carvalho, 2008).

Ao invés de apenas aprender sobre as leis da óptica de forma teórica, os estudantes têm a oportunidade de realizar experimentos práticos, como a construção de instrumentos ópticos e a observação de efeitos ópticos, o que facilita a internalização dos conceitos e sua aplicação em contextos reais. O ensino por investigação pode, assim, ajudar a superar as dificuldades típicas do ensino de óptica, proporcionando uma experiência de aprendizagem mais interativa e significativa (Carvalho, 2001).

Para Carvalho (2018), essa abordagem de ensino rompe com a lógica tradicional, centrada na transmissão de informações pelo professor e na memorização de conteúdos pelos alunos. Em vez disso, o ensino por investigação coloca o aluno no papel de protagonista de sua própria aprendizagem, incentivando-o a explorar, investigar e refletir de maneira crítica sobre os fenômenos naturais e sobre o conhecimento científico.

Assim, espera-se que os alunos se tornem mais engajados, motivados e capazes de compreender profundamente os conceitos estudados, pois o aprendizado é construído de forma ativa e significativa. Um outro aspecto importante também apresentado por Carvalho (2018) é que o ensino por investigação promove o desenvolvimento de habilidades científicas como o pensamento crítico, a capacidade de resolver problemas, o trabalho colaborativo e a argumentação baseada em evidências. Essas competências são fundamentais não apenas para o aprendizado das ciências, mas também para a formação de cidadãos críticos e preparados para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo.

Dessa forma, compreende-se que essa abordagem proporciona uma formação mais completa e integrada, conectando o conhecimento científico ao cotidiano dos alunos e à realidade em que vivem. Ao estimular a curiosidade natural dos estudantes e ao valorizar suas perguntas e hipóteses, essa metodologia cria um

ambiente de aprendizagem mais democrático, onde todos têm voz e oportunidade de contribuir para o desenvolvimento coletivo do conhecimento.

Para que essa abordagem seja eficaz, Carvalho (2018) defende que o papel do professor também deve ser ressignificado. Ele deixa de ser um mero transmissor de informações para se tornar um mediador e facilitador do processo investigativo, criando situações de aprendizagem que incentivem a curiosidade, o questionamento e a busca por respostas. O professor deve, portanto, planejar atividades desafiadoras, propor problemas instigantes e fornecer orientações que ajudem os alunos a navegarem pelo processo de investigação, promovendo um ambiente rico em diálogo e troca de ideias.

No contexto relacionado ao ensino de Física, quando aplicamos o ensino por investigação, transformamos o aprendizado da disciplina em uma experiência ativa e prática, em que os estudantes exploram conceitos, testam hipóteses e realizam experimentos para compreender fenômenos físicos de maneira mais profunda, ao invés de simplesmente memorizar fórmulas ou reproduzir cálculos. Os alunos são incentivados a vivenciar o método científico, desenvolvendo competências fundamentais para o pensamento crítico e a resolução de problemas.

De acordo com Carvalho (2012) esse referencial teórico do ensino por investigação, propõem-se as Sequências de Ensino Investigativas (SEIs), que consistem em uma série de atividades centradas em um tema específico do currículo escolar. Cada atividade é cuidadosamente planejada, considerando tanto os materiais a serem utilizados quanto as interações didáticas, com o objetivo de permitir que os alunos mobilizem seus conhecimentos pré-existentes, desenvolvam novas ideias e discutam-nas com seus colegas e professores.

Dessa forma, os estudantes podem avançar do conhecimento intuitivo para o conhecimento científico, assimilando conceitos que foram formulados e refinados ao longo das gerações. Essa abordagem não só permite que os alunos construam seu próprio entendimento, mas também os conecta ao conhecimento acumulado e validado pela história da ciência, integrando essa base histórica ao seu processo de aprendizado.

Para Carvalho (2012), as Sequências de Ensino Investigativas (SEI) devem seguir uma dinâmica específica em sua aplicação. Elas devem iniciar com uma problematização contextualizada, seja ela experimental ou teórica, que introduza os alunos ao contexto desejado e permita que eles trabalhem com variáveis relevantes relacionadas ao tema científico proposto pelo currículo escolar. Após desenvolverem a resolução do problema, os alunos devem passar por uma atividade de sistematização do conhecimento. Nessa etapa, por meio da leitura de textos, eles são incentivados a discutir e comparar suas produções e a trajetória escolhida para resolver o problema inicialmente proposto.

Ao aplicar esse modelo ao ensino da óptica por meio da construção e uso da Câmera *Pinhole*, cria-se um ambiente propício à investigação científica, permitindo que os estudantes relacionem suas descobertas experimentais com os princípios físicos subjacentes. Esse processo culmina na terceira etapa da sequência investigativa, na qual o conhecimento adquirido é contextualizado no cotidiano, despertando nos alunos o interesse em visualizar suas aplicações práticas, como no funcionamento das câmeras fotográficas e na percepção visual humana.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa tem como objetivo aprimorar o ensino de óptica geométrica por meio da metodologia do ensino por investigação, utilizando a câmera *pinhole* como

ferramenta para estimular a experimentação e a construção ativa do conhecimento. Busca-se compreender como a experimentação e a observação ativa contribuem para o aprendizado dos estudantes, analisando variáveis como a relação entre o tamanho do orifício e a nitidez da imagem.

A pesquisa foi realizada com uma turma do 2º ano do ensino médio, composta por 35 estudantes, com idades entre 15 e 16 anos, em uma escola privada de Pernambuco. Para selecionar as respostas a serem analisadas, foi realizado um sorteio entre os participantes, assegurando uma escolha aleatória e evitando possíveis vieses na formação da amostra.

Para garantir que os estudantes tivessem uma participação ativa e significativa ao longo do processo, a organização das atividades seguiu a proposta das Sequências de Ensino Investigativo (SEI), conforme descrita por Carvalho (2012). Essa abordagem permitiu que os encontros fossem planejados de maneira estruturada, mas sem perder a flexibilidade necessária para que os alunos pudessem explorar os conceitos de óptica de forma dinâmica e reflexiva.

As Sequências de Ensino Investigativo (SEI) são organizadas em três etapas fundamentais que guiam o processo de aprendizagem de forma dinâmica e interativa: a problematização, a experimentação e a sistematização. Cada uma dessas fases tem um papel essencial na construção do conhecimento, incentivando os estudantes a questionarem, explorarem e refletirem criticamente sobre os fenômenos científicos de maneira ativa e significativa.

Na primeira etapa, a problematização, os alunos são instigados a pensar sobre uma questão desafiadora que desperta sua curiosidade e os motiva a investigar. Esse problema deve ser relevante e contextualizado, de modo que provoque reflexões e estimule a formulação de hipóteses iniciais com base nos conhecimentos que já possuem. A intenção é criar um ambiente que favoreça a participação ativa e o engajamento desde o início da atividade.

A experimentação, segunda etapa da SEI, permite que os estudantes testem suas hipóteses e explorem o fenômeno de forma prática. Esse momento pode envolver a realização de experimentos, simulações ou a análise de dados, sempre com o objetivo de desenvolver habilidades investigativas, como a observação detalhada, o levantamento de evidências e a interpretação de resultados. Durante esse processo, o professor assume o papel de mediador, incentivando o pensamento crítico e promovendo discussões que auxiliam os alunos a relacionarem suas descobertas com os conceitos científicos em estudo.

Na terceira etapa, a sistematização representa o momento de organizar e consolidar os conhecimentos adquiridos ao longo da investigação. Nessa etapa, os estudantes analisam seus resultados, revisitam as hipóteses formuladas inicialmente e elaboram conclusões baseadas nas evidências obtidas. Além disso, é um espaço para que o professor traga novos elementos teóricos e auxilie na conexão entre as descobertas e o conhecimento científico formal. Dessa forma, a sistematização fortalece a compreensão dos conceitos e amplia a capacidade dos alunos de aplicá-los em diferentes contextos, tornando o aprendizado mais significativo.

Nesse contexto, para o primeiro encontro, foi apresentado aos estudantes um tema dentro do eixo da óptica denominado formação de imagens em uma câmera escura, esse encontro possibilitou o despertar da curiosidade dos estudantes por meio de uma problematização como proposto por Carvalho (2012) na primeira etapa da sequência de ensino investigativo. Esse foi um momento propício para a construção de hipóteses a partir de questionamentos gerais apresentados nos quadros a seguir:

Quadro 1 – Cronograma de encontros

Encontro	Etapa da SEI	Atividade	Descrição
1° Encontro	Problematização	Levantamento de hipóteses sobre a formação de imagens	Os alunos são desafiados com uma questão norteadora sobre como as imagens se formam e por que enxergamos o mundo da maneira que vemos. A partir disso, discutem suas hipóteses iniciais e conhecimentos prévios sobre luz e visão.
2° Encontro	Problematização → Experimentação	Construção de uma câmera escura	Os alunos constroem uma câmera escura para testar suas hipóteses iniciais e observar diretamente como a luz se comporta na formação de imagens. Durante a atividade, surgem novas questões e reflexões, preparando o caminho para o aprofundamento investigativo.
3° Encontro	Experimentação	Análise dos resultados da câmera escura e relação com a câmera <i>pinhole</i>	Os alunos registram e discutem os fenômenos ópticos observados, reformulando suas hipóteses conforme necessário. Em seguida, são introduzidos ao conceito da câmera <i>pinhole</i> e desafiados a prever como seu funcionamento pode diferir da câmera escura.
4° Encontro	Experimentação → Sistematização	Construção da câmera <i>pinhole</i> e introdução ao laboratório de fotografia	Os alunos constroem a câmera <i>pinhole</i> e realizam testes fotográficos, analisando fatores como tempo de exposição e distância do objeto. O professor media discussões para que os estudantes elaborem explicações fundamentadas.
5° Encontro	Sistematização	Análise qualitativas das imagens capturadas	Os alunos organizam os dados coletados, comparando as hipóteses formuladas no início do processo com os resultados obtidos. A partir dessa reflexão, constroem conclusões embasadas e relacionam os conceitos investigados com aplicações reais da óptica.

No primeiro encontro, os alunos foram desafiados a refletir sobre a formação das imagens e os mecanismos que permitem a percepção visual. Para instigar a curiosidade e estimular a investigação, foi apresentada uma questão norteadora: ‘Como as imagens se formam e por que enxergamos o mundo da maneira que vemos?’. A partir dessa provocação, os estudantes compartilharam suas hipóteses

iniciais e conhecimentos prévios sobre luz e visão, estabelecendo assim as bases para a sequência investigativa que se desenvolveria ao longo dos encontros.

Quadro 2 – Levantamento de hipóteses iniciais dos estudantes

Pergunta 01: Como as imagens se formam e por que enxergamos o mundo da maneira que vemos?	
Estudante 1	"Eu acho que as imagens se formam diretamente como as vemos, do mesmo tamanho e sem inversões. O que a gente vê é exatamente o que está lá na frente, porque a luz vai direto para os nossos olhos e a gente percebe tudo do jeito que é."
Estudante 2	"Eu imagino que as imagens se formam porque a luz bate nos objetos e entra nos nossos olhos. Aí, o olho leva a informação para o cérebro, e a gente vê a imagem do jeito certo, do mesmo tamanho, sem mudanças. A gente vê o mundo igual ao que está acontecendo, sem distorções."
Estudante 3	"Pelo que eu sei, as imagens se formam quando a luz bate nos objetos e depois passa pelas lentes dos nossos olhos. Eu sei que a imagem não é exatamente do tamanho do objeto, porque o olho trabalha com uma forma diferente de ver, mas não sei muito bem como o cérebro corrige isso. Acho que o cérebro ajusta a imagem para a gente ver do jeito certo."
Estudante 4	"Eu acho que a luz entra nos olhos e as imagens são formadas diretamente na retina, mas eu sei que tem uma inversão. A imagem que chega nos nossos olhos é invertida, e depois o cérebro faz essa correção para a gente enxergar tudo certo. Acho que é assim que a gente vê o mundo da maneira que vemos."
Estudante 5	"Acredito que as imagens se formam a partir da luz refletida nos objetos. O que acontece é que a luz passa pelas lentes dos nossos olhos e chega na retina de forma invertida, mas depois o cérebro faz uma adaptação para que a gente veja tudo do jeito certo. O cérebro é quem organiza tudo, ajustando o que vemos para ser mais claro."
Pergunta 02: Como é possível capturar imagens sem usar lentes ou eletrônicos?	
Estudante 1	"Talvez porque a luz consegue passar pelo furinho e formar uma imagem dentro da câmera."
Estudante 2	"Pode ser que o buraco funcione como uma lente natural, organizando a luz de algum jeito."
Estudante 3	"Acho que tem a ver com a forma como a luz bate nos objetos e reflete pra dentro da caixa."
Estudante 4	"Deve ter algo a ver com o jeito que a luz viaja... tipo, ela entra reta e projeta a cena no fundo."
Estudante 5	"Quem sabe o escuro dentro da câmera ajuda a 'guardar' a imagem, igual acontece no olho humano?"
Pergunta 03: Por que a imagem aparece invertida em uma câmera escura?	
Estudante 1	"Talvez porque a luz se cruza quando passa pelo buraco, fazendo a parte de cima ir pra baixo e vice-versa."
Estudante 2	"Deve ser parecido com o que acontece no nosso olho... a gente enxerga invertido, mas o cérebro corrige."
Estudante 3	"A luz deve entrar de um jeito que muda a posição da imagem quando chega na parede da câmera."
Estudante 4	"Pode ser que só alguns raios de luz passem e se organizem desse jeito, tipo um reflexo invertido."
Estudante 5	"Talvez seja uma questão de perspectiva... tipo, como a luz entra por um ponto só, ela pode virar ao atravessar."

Na primeira etapa da SEI, a problematização, os estudantes foram convidados a refletir sobre como as imagens se formam e por que enxergamos o mundo da maneira que vemos, o que gerou uma diversidade de hipóteses e concepções iniciais. Alguns sugeriram que as imagens se formam diretamente, do mesmo tamanho e sem inversões, enquanto outros reconheciam a inversão das imagens e a correção feita pelo cérebro. Essas respostas, embora imprecisas, foram fundamentais para estimular o debate e o questionamento, criando um espaço onde os estudantes puderam explorar e compartilhar suas ideias sobre a visão e o funcionamento dos olhos.

Com o levantamento dessas hipóteses, os estudantes foram levados a refletir mais profundamente sobre os princípios ópticos, sendo desafiados a investigar como seria possível capturar imagens sem o uso de lentes ou eletrônicos, o que gerou novas respostas que indicavam uma compreensão inicial sobre o funcionamento da câmera escura. Além disso, o questionamento sobre a inversão da imagem na câmera escura permitiu que os alunos começassem a perceber como a luz se organiza e influencia a forma como vemos o mundo. Esses momentos de reflexão coletiva foram essenciais para preparar o caminho para os próximos encontros, nos quais o conhecimento científico seria aprofundado, mas sempre a partir das ideias e curiosidades que surgiram de suas próprias perguntas.

Para o segundo encontro, utilizou-se a segunda etapa da sequência de ensino por investigação. Nesta fase, os alunos foram conduzidos por um processo de experimentação e investigação científica, explorando a construção e o manuseio de uma câmera escura. Antes de construir a câmera *pinhole*, era essencial compreender seu funcionamento básico. As etapas de construção estão descritas a seguir:

Imagem 1 – Confecção da câmera *pinhole*



Imagem 2 - Confecção da câmera *pinhole*



Fonte: própria

Na segunda etapa da Sequência de Ensino Investigativo (SEI), conforme proposta por Carvalho (2012), os estudantes são conduzidos a um processo de experimentação e análise crítica dos fenômenos observados. Essa fase tem como objetivo a coleta e interpretação de dados por meio da manipulação direta de variáveis, permitindo que os alunos testem suas hipóteses iniciais e construam novos conceitos a partir das evidências empíricas. Abaixo, são apresentadas algumas hipóteses sugeridas pelos estudantes.

Quadro 3 – Hipóteses propostas pelos estudantes referentes à influência do tamanho do orifício na nitidez da imagem projetada na câmera escura

Estudante	Hipótese inicial	Procedimento	Observações (Furo Pequeno - 1 mm)	Observações (Furo Maior – 5 mm)	Conclusão
Estudante 1	"Acho que o tamanho do furo não vai fazer muita diferença na imagem."	"Testei a projeção com os dois furos."	"A imagem ficou mais nítida, mas um pouco escura."	"A imagem ficou mais clara, mas bem borrada."	"O tamanho do furo influencia na nitidez da imagem."
Estudante 2	"Se o furo for maior, a imagem pode ficar mais nítida porque entra mais luz."	"Comparei os dois furos em diferentes ambientes."	"A imagem ficou bem definida, mas exigiu mais luz."	"A imagem ficou iluminada, mas sem definição."	"O furo maior deixa entrar mais luz, mas prejudica a nitidez."
Estudante 3	"Acho que o furo pequeno vai deixar a imagem mais nítida, mas mais fraca."	"Observei as projeções em papel vegetal."	"A imagem apareceu com mais detalhes, mas um pouco escura."	"A imagem ficou clara, mas meio tremida."	"O furo pequeno melhora a nitidez, mas reduz a luz."
Estudante 4	"O furo maior deve mostrar mais detalhes."	"Fiz o teste ao ar livre e em sala de aula."	"A imagem apareceu bem definida."	"A imagem ficou distorcida e sem forma."	"O furo projetor melhor as imagens."
Estudante 5	"O furo pequeno vai formar a melhor imagem porque deixa passar só a luz necessária."	"Comparei a qualidade da imagem em diferentes distâncias."	"A projeção ficou nítida, mas exigiu um tempo de adaptação para enxergar bem."	"A imagem perdeu nitidez e ficou meio embaçada."	"O furo pequeno favorece imagens mais definidas."

Para esse experimento, investigou-se a influência do tamanho do orifício na nitidez da imagem projetada na câmera escura. Os estudantes compararam dois diâmetros distintos e registraram suas observações, verificando que um orifício menor resulta em imagens mais nítidas, porém menos iluminadas, enquanto um orifício maior gera projeções mais claras, mas desfocadas. A análise dos dados obtidos na experimentação permitiu que os estudantes compreendessem, de forma prática, a relação entre o tamanho do orifício e a qualidade da imagem projetada. Esse conhecimento tornou-se essencial para a etapa seguinte, na qual os alunos aplicaram os conceitos investigados na construção da câmera *pinhole*.

A abordagem investigativa proposta por Carvalho (2012) demonstrou-se fundamental nesse processo, pois possibilitou que os alunos construíssem o conhecimento de maneira ativa, partindo da observação e análise de fenômenos reais para formular explicações científicas. Dessa forma, a transição entre a experimentação e a construção da câmera *pinhole* ocorreu de maneira natural durante o terceiro encontro, pois os estudantes já possuíam um embasamento sólido sobre o comportamento da luz e a formação da imagem. Assim, a aprendizagem não se limitou à memorização de conceitos, mas sim à compreensão aprofundada dos princípios ópticos envolvidos, consolidando o ensino investigativo como uma metodologia eficaz para a assimilação significativa do conhecimento científico.

Após a construção da câmera escura e a investigação sobre o tipo de imagem formada por esse dispositivo óptico, os estudantes avançaram para uma nova etapa: a construção da câmera *pinhole*. Nesse estágio, já compreendendo o funcionamento da câmera escura, eles puderam aplicar os conhecimentos adquiridos para desenvolver sua própria câmera *pinhole*, explorando, na prática, os princípios ópticos estudados.

Nesta etapa de desenvolvimento da câmera *pinhole*, manteve-se o processo experimental investigativo proposto nas Sequências de Ensino Investigativo (SEI). Os estudantes foram conduzidos a um ambiente controlado, garantindo maior precisão na manipulação dos materiais e no correto funcionamento da câmera. A seguir, são apresentados os principais momentos do processo de construção da câmera *pinhole*.

Imagem 3 - Escolha da lata para construção da câmera *pinhole* e pintura da parte interna para redução da reflexão da luz na parte interior da lata



Fonte: própria

Imagem 4 - Vedação da lata com pintura da tampa de revestimento opaco para garantir a integridade da câmera *pinhole* e o isolamento total de entrada de luz



Fonte: própria

Imagem 5 - Marcação do centro para a elaboração do furo (obturador) na lata



Fonte: própria

Imagem 6 - Câmera *pinhole* pronta



Fonte: própria

Durante essa fase os estudantes iniciaram o manuseio do papel fotossensível. Para isso, foi montado um laboratório fotográfico, onde os alunos puderam inserir o papel fotossensível na câmera *pinhole*, removê-lo após a exposição à luz e realizar o processo de revelação das imagens capturadas. Esse ambiente controlado foi essencial para evitar a contaminação da luz ambiente e assegurar a correta execução do processo fotográfico.

Imagem 7 - Desenvolvimento do laboratório e utilização da câmera *pinhole* para seu carregamento com o papel fotossensível



Fonte: própria

Imagem 8 - Manipulação do papel fotossensível em ambiente controlado



Fonte: própria

Imagem 9 - Carregamento da câmera com papel fotossensível



Fonte: própria

Para o quarto encontro, foi explorado o processo de revelação das imagens obtidas por meio da câmera *pinhole*. Após a retirada do papel fotossensível da câmera *pinhole*, ele foi imerso em uma bandeja contendo um fluido revelador. Esse fluido contém agentes reveladores como Metol (4-Metilaminofenol) e Hidroquinona, além de alcalinizantes como o Carbonato de sódio que ajusta o pH e ativa os agentes reveladores.

O fluido revelador reage com os sais de prata expostos à luz, transformando-os em prata metálica visível, formando assim, a imagem latente. Em seguida, o papel foi mergulhado em um fluido interruptor, contendo ácido acético, que inibe a ação do revelador e estabiliza a tonalidade da imagem. Em sequência o papel fotográfico foi mergulhado em um fluido fixador contendo em sua composição o hipossulfito de sódio e o tiosulfato de amônio, removendo assim, os sais de prata não expostos e não reduzidos, tornando a imagem estável e insensível à luz.

Imagem 10 - Fluidos responsáveis pela revelação da imagem no papel fotossensível em ambiente controlado



Fonte: própria

Por fim, o papel fotossensível foi mergulhando em um fluido eliminador cuja sua composição química contém sulfito de sódio que auxilia na remoção dos resíduos do fixador, principalmente os resíduos de tiosulfato de sódio, prevenindo o amarelamento ou degradação da imagem ao longo do tempo. Finalizado o processo químico, o papel fotossensível foi lavado em água corrente, para garantir que todos os resíduos químicos sejam eliminados. Isso protege a qualidade e a longevidade da fotografia. Esse processo de revelação da imagem foi realizado na total ausência de luz, ou seja, em um ambiente controlado (laboratório fotográfico) e só após alguns minutos, quando o processo já foi concluído, o papel pôde ser exposto à luz.

Imagem 11 - Revelação e secagem das fotos produzidas pela câmera *pinhole*



Fonte: própria

Essas etapas são fundamentais para a formação da imagem revelada. O papel fotossensível é recoberto por uma gelatina com sais de prata, que escurece quando exposto à luz. As áreas mais iluminadas de um objeto refletem mais luz, causando um maior escurecimento da gelatina na emulsão. Já as áreas mais escuras, que refletem menos luz, geram um escurecimento menor. Assim, a imagem gerada dentro da câmera *pinhole* será invertida (característica proveniente da propagação retilínea da luz), formando uma imagem negativa. Para transformá-la em uma imagem positiva, o processo de conversão foi feito digitalmente, utilizando um aplicativo disponível para smartphones, chamado Snapseed. Esse procedimento final permite que os estudantes visualizem a versão positiva das imagens capturadas de forma simples e acessível.

A seguir são apresentadas as fotos obtidas com o experimento (à esquerda, fotos negativas produzidas pela câmera *pinhole*. À direita, fotos editadas digitalmente para a “forma positiva” pelo aplicativo Snapseed):

Imagem 12 - Foto produzida pela câmera *pinhole*



Fonte: própria

Imagem 12 - Foto produzida pela câmera *pinhole*



Fonte: própria

Na terceira etapa da Sequência de Ensino Investigativo (SEI), denominada Sistematização e Conclusão, busca-se consolidar os conhecimentos adquiridos ao longo do processo investigativo. Nesse momento, os estudantes são incentivados a organizar e interpretar os dados obtidos, relacionando-os com os conceitos teóricos previamente discutidos. Assim, por meio da análise crítica dos experimentos realizados, torna-se possível validar ou reformular hipóteses, promovendo uma compreensão mais aprofundada dos fenômenos ópticos explorados. Esse processo não apenas reforça a aprendizagem, mas também desenvolve habilidades científicas essenciais, como argumentação, reflexão e comunicação dos resultados obtidos.

A partir do experimento realizado, que comparou diferentes dimensões do orifício da câmera *pinhole* e sua influência na qualidade da imagem formada, foi possível observar uma relação direta entre o tamanho do orifício e a nitidez da fotografia obtida. Assim, os estudantes puderam verificar que orifícios muito grandes permitem a entrada de uma quantidade maior de luz, o que resulta em imagens mais iluminadas, porém menos nítidas devido à superposição dos raios luminosos que atingem o papel fotossensível de diferentes ângulos. Por outro lado, orifícios muito

pequenos aumentam a definição da imagem, pois restringem a passagem da luz a um feixe mais direcionado, reduzindo a dispersão dos raios, mas exigem um tempo de exposição maior para que a imagem seja adequadamente registrada.

Com base nesses resultados, pode-se concluir que há um equilíbrio ideal no tamanho do orifício da câmera *pinhole* para garantir uma boa qualidade da imagem, considerando tanto a nitidez quanto a quantidade de luz captada. Esse ajuste ideal permite a formação de imagens bem definidas sem comprometer a exposição adequada. Dessa forma, o experimento possibilitou aos estudantes não apenas compreender na prática o princípio da formação de imagens em sistemas ópticos simples, mas também desenvolver habilidades investigativas ao analisar e interpretar como variáveis experimentais influenciam o fenômeno estudado.

Os resultados obtidos no experimento estão diretamente relacionados aos princípios fundamentais da óptica geométrica, especialmente no que se refere à propagação retilínea da luz e à formação de imagens em sistemas ópticos. A variação do tamanho do orifício da câmera *pinhole* influencia a nitidez da imagem devido ao comportamento dos raios luminosos ao atravessar pequenas aberturas, um conceito que se alinha com o estudo da difração e do limite de resolução dos sistemas ópticos.

Além disso, o fenômeno observado dialoga com a construção de instrumentos ópticos mais complexos, como câmeras fotográficas e telescópios, que utilizam lentes e diafragmas para controlar a entrada de luz e otimizar a qualidade das imagens formadas. Dessa maneira, a investigação experimental proporcionou aos estudantes uma aplicação concreta dos conceitos da óptica, demonstrando como a física está presente na tecnologia e no cotidiano.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O estudo demonstrou que a metodologia de ensino por investigação foi eficaz para promover a construção ativa do conhecimento, permitindo aos estudantes desenvolverem suas próprias hipóteses e análises sobre os fenômenos ópticos. A participação ativa no processo investigativo, que incluiu a construção e experimentação com a câmera *pinhole*, favoreceu uma aprendizagem significativa e engajante.

Desde o primeiro encontro, a proposta metodológica despertou a curiosidade dos alunos ao incentivá-los a questionar e explorar a formação de imagens sem o uso de lentes ou dispositivos eletrônicos. Esse estímulo inicial promoveu uma aprendizagem mais profunda, além de engajar os estudantes em reflexões críticas sobre os fenômenos científicos observados. A participação ativa dos estudantes, aliada à manipulação dos experimentos, proporcionou um ambiente de aprendizagem dinâmico, favorecendo a autonomia intelectual e a construção do conhecimento a partir da experiência empírica.

O uso da câmera *pinhole* como ferramenta prática foi central para a aplicação dos conceitos de óptica. Ao construir e testar a câmera, os alunos tiveram a oportunidade de vivenciar de maneira concreta os princípios científicos estudados. A experimentação com variáveis como o tamanho do orifício e o tempo de exposição, juntamente com a análise crítica dos resultados, permitiu aos estudantes desenvolverem habilidades científicas essenciais, como observação, análise de dados e reflexão sobre os processos investigativos. Esses aspectos facilitaram a compreensão teórica, proporcionando uma conexão mais profunda com o conteúdo e tornando a aprendizagem mais relevante e contextualizada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste estudo evidenciou de maneira consistente como a metodologia de ensino por investigação, combinada ao uso da câmera *pinhole* como ferramenta pedagógica, contribui para um aprendizado significativo e contextualizado dos conceitos ópticos. Ao seguir as etapas de exploração e experimentação propostas por Carvalho (2012), foi possível envolver os estudantes de forma ativa no processo de construção do conhecimento, permitindo-lhes desenvolver habilidades críticas e analíticas por meio da observação e manipulação direta dos fenômenos.

A investigação das variáveis relacionadas à formação e nitidez da imagem, como o tamanho do orifício, possibilitou que os alunos testassem suas hipóteses iniciais e compreendessem, de maneira empírica, o comportamento da luz.

O processo de construção da câmera *pinhole*, aliado ao uso de papel fotossensível e ao procedimento de revelação das imagens, foi essencial para consolidar os princípios estudados, tornando a aprendizagem mais prática e envolvente.

A abordagem investigativa demonstrou ser eficaz em promover uma compreensão aprofundada dos conceitos ópticos, superando a simples memorização de fórmulas e teorias. Ao final do processo, os estudantes não só adquiriram conhecimentos científicos sólidos, mas também desenvolveram habilidades de pesquisa, análise crítica e resolução de problemas. Esses resultados reforçam a relevância de metodologias ativas no ensino de ciências, que priorizam a participação do aluno e a construção do saber a partir da experimentação e investigação.

A metodologia de ensino por investigação, ao promover a exploração ativa e o uso de ferramentas práticas, pode ser uma abordagem poderosa para o ensino de conceitos de física, como a óptica. Além disso, o uso de experimentos, como a construção da câmera *pinhole*, reforçou a compreensão dos fenômenos, tornando o aprendizado mais significativo e engajante para os alunos.

REFERÊNCIAS

Bonwell, Charles C.; EISON, James A. **Active learning: creating excitement in the classroom**. ASHE-ERIC Higher Education Report, n. 1. Washington, DC: George Washington University, School of Education and Human Development, 1991.

Carvalho, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências: Unindo a prática à pesquisa**. São Paulo: Cortez Editora. 2001.

Carvalho, A. M. P. **Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação**. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>>. Acesso em: Out. 2024.

Carvalho, A. M. P. **O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. 2012. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2670273/mod_resource/content/1/Texto%206_Carvalho_2012_O%20ensino%20de%20ci%C3%A2ncias%20e%20a%20proposi%C3%A7%C3%A3o%20de%20sequ%C3%A2ncias%20de%20ensino%20investigativas.pdf>. Acesso em: Out. 2024.

McDermott, L. C. **Palestra Millikan de 1990: O que ensinamos e o que é aprendido – diminuindo a lacuna**. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4267109/mod_resource/content/1/Palestra%20Millikan%20de%201990_%20O%20que%20ensinamos%20e%20o%20que%20%C3%A9%20aprendido%20%E2%80%93%20diminuindo%20a%20lacuna.pdf?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: Nov. 2024.

Moran, J. M. **Mudando a educação com metodologias ativas**. *Coleção Mídias Contemporâneas: Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens*, Ponta Grossa, 2015. Disponível em: <https://moran.eca.usp.br/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf>. Acesso em: Nov. 2024.

Moran, J. M. **Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica**. São Paulo: Papirus. 2002.

Nardi, R. **Didática da Física: Reflexões e Investigações**. São Paulo: Editora Autores Associados, 2007.

Pereira, J. E. D. **Formação de professores de ciências: desafios e perspectivas**. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 1(1), 7-29, 2011. Disponível em: <https://old.periodicos.uem.br/~eduem/novapagina/?q=node%2F683&utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: Out. 2024.

Sasseron, L. H., Carvalho, A. M. P. **Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo**. *Investigações em Ensino de Ciências (UFRGS)*. v.13, p.333 - 352, 2008. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001708591?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: Out. 2024.

ANEXOS

1 TCLE – Participante/Responsável legal

Título do Estudo: **ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NA ÓPTICA: construção e experimentação com a câmera *pinhole***

Pesquisadores Responsáveis: **Ewerton Walber Faustino de Oliveira Lira e Pedro Henrique Avelino de Andrade**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O (A) Senhor (a) está sendo convidado (a) a participar da pesquisa intitulada **ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NA ÓPTICA: construção e experimentação com a câmera *pinhole***. Por favor, leia este documento com bastante atenção antes de assiná-lo.

Caso haja alguma palavra ou frase que o (a) senhor (a) não consiga entender, converse com o pesquisador responsável pelo estudo para esclarecê-los.

A proposta deste termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) é explicar tudo sobre o estudo e solicitar a sua permissão para participar do mesmo.

O objetivo desta pesquisa é aprimorar o ensino de óptica geométrica por meio da metodologia do ensino por investigação, utilizando a câmera *pinhole* como ferramenta para estimular a experimentação e a construção ativa do conhecimento.

Se o(a) Sr.(a) aceitar participar da pesquisa, os procedimentos envolvidos em sua participação são os seguintes: cinco encontros estruturados, cada um com atividades planejadas para estimular a formulação de hipóteses, a realização de experimentos e a análise crítica dos fenômenos ópticos observados. Com tempo médio de realização de 60 minutos em cada encontro.

Toda pesquisa com seres humanos envolve algum tipo de risco. No nosso estudo, os riscos envolvem a manipulação de materiais na etapa de revelação das fotos, mas tal etapa, assim como as demais, será realizada com a participação e orientação de um dos pesquisadores. Ressalta-se que todas as providências serão tomadas para evitar e/ou reduzir os riscos.

Contudo, esta pesquisa também pode trazer benefícios. Os possíveis benefícios resultantes da participação na pesquisa são aquisição de conhecimento e a contribuição para o aumento do conhecimento sobre o assunto estudado.

Sua participação na pesquisa é totalmente voluntária, ou seja, não é obrigatória. Caso o(a) Sr.(a) decida não participar, ou ainda, desistir de participar e retirar seu consentimento durante a pesquisa, não haverá nenhum prejuízo.

Não está previsto nenhum tipo de pagamento pela sua participação na pesquisa e o(a) Sr.(a) não terá nenhum custo com respeito aos procedimentos envolvidos.

Solicitamos também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área de licenciatura e publicar em revista científica nacional e/ou internacional. Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo absoluto, bem como em todas as fases da pesquisa.

Caso o(a) Sr.(a) tenha dúvidas, poderá entrar em contato com o pesquisador responsável Ewerton Walber Faustino de Oliveira Lira, pelo telefone (81) 9.9112-3824, e/ou pelo e-mail (ewfol@discente.ifpe.edu.br).

Esse Termo é assinado em duas vias, sendo uma do(a) Sr.(a) e a outra para os pesquisadores.

Declaração de Consentimento

Concordo em participar do estudo intitulado: "ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NA ÓPTICA: construção e experimentação com a câmera *pinhole* " e em permitir o uso de minha imagem para fins de apresentação de pesquisa.

<hr/> Nome do participante ou responsável <hr/> Assinatura do participante ou responsável	 Data: ____/____/____
--	---