

15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE FÍSICA UTILIZANDO O EFEITO SCHLIEREN

LETÍCIA G. SERRADAS¹, ALEX LINO²,

¹ Graduando em Licenciatura em Física,, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Campus Caraguatatuba, leticia.gasiglia@aluno.ifsp.edu.br.

² Doutor em Educação Para a Ciência e o Ensino de Matemática pela Universidade Estadual de Maringá, alex.lino@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq) :7.08.04.02-8 Métodos e Técnicas de Ensino

RESUMO: Este projeto tem como objetivo apresentar uma proposta pedagógica baseada na técnica de Schlieren para o ensino de Física, utilizando atividades experimentais que facilitam a compreensão de conceitos ópticos. Fundamentadas no Ensino por Investigação, as atividades propostas empregam o experimento como uma ferramenta de problematização, promovendo o confronto entre concepções científicas e os conhecimentos prévios dos estudantes. A técnica de Schlieren permite a observação de fenômenos invisíveis a olho nu, como variações de densidade em meios fluidos, exemplificados pela detecção de mudanças de densidade e pressão causadas pela chama de uma vela. Ao explorar fenômenos como a variação do índice de refração, a refração da luz e a reflexão em espelhos esféricos, essa técnica possibilita a abordagem de diversos conceitos ópticos no ensino de Física. Os resultados demonstraram que a técnica de Schlieren é eficaz, oferecendo uma visualização clara de fenômenos de modo simples e acessível. A proposta pedagógica é, portanto, passível de ser implementada em aulas de Física para o ensino de óptica.

PALAVRAS-CHAVE: Schlieren; Educação; Óptica; Física; Efeito; Ensino;

A PROPOSAL FOR TEACHING PHYSICS USING THE SCHLIEREN EFFECT

ABSTRACT: This project aims to present a pedagogical proposal based on the Schlieren technique for teaching Physics, using experimental activities that facilitate the understanding of optical concepts. Based on Research-Based Teaching, the proposed activities use the experiment as a problematization tool, promoting the confrontation between scientific conceptions and the students' prior knowledge. The Schlieren technique allows the observation of phenomena invisible to the naked eye, such as density variations in fluid media, exemplified by the detection of changes in density and pressure caused by a candle flame. By exploring phenomena such as the variation in the refractive index, the refraction of light and the reflection in spherical mirrors, this technique makes it possible to approach various optical concepts in Physics teaching. The results demonstrated that the Schlieren technique is effective, offering a visualization clear understanding of phenomena in a simple and accessible way. The pedagogical proposal is, therefore, capable of being implemented in Physics classes for teaching optics.

KEYWORDS: Schlieren; Education; Optics; Physical; Effect; Teaching

INTRODUÇÃO

A técnica de Schlieren, cujos avanços significativos foram inicialmente promovidos pelos trabalhos de Toepler e Schardin, constitui um marco importante no desenvolvimento da detecção de variações no índice de refração em diferentes meios, impulsionando sua aplicação em diversas áreas científicas e tecnológicas (Hosch, 1997). Esse método, que se baseia na refração da luz, utiliza espelhos, câmeras e lentes para observar variações de densidade em meios transparentes, como o ar e outros gases (Settles, 2017).

Para compreender esse efeito, é fundamental conhecer os fenômenos e as grandezas associados a esse efeito. A refração é um fenômeno que ocorre quando a luz atravessa dois meios com índices de refração distintos, resultando em uma alteração na direção de propagação (Crockett, 2018). Essa alteração na direção é descrita pela lei de Snell, que relaciona os ângulos de incidência (θ_1) e refração (θ_2) com os índices de refração dos meios envolvidos (n_1 e n_2), conforme a equação abaixo:

$$\frac{\text{Sen}\theta_1}{\text{Sen}\theta_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1)$$

A densidade de um meio está diretamente relacionada ao seu índice de refração. Assim, quanto maior a densidade, maior será o índice de refração e, conseqüentemente, maior será a mudança na direção da luz ao atravessar esse meio (Contrera, 2021). Essa relação pode ser expressa pela equação:

$$n - 1 = kp \quad (2)$$

Em que k é o coeficiente de Gladstone-Dale, que é constante para grande parte do espectro visível, com um valor de $2,310 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{kg}$ para o ar, e L é o alcance da perturbação, que se encontra na direção do eixo óptico. A expressão que descreve a deflexão angular devido a um gradiente de densidade é dada por:

$$\delta = kL \frac{\partial p}{\partial x} \quad (3)$$

Para visualizar o efeito Schlieren, é essencial que haja variações de densidade ou pressão na área a ser estudada. A implementação prática desse efeito demanda uma configuração precisa, onde uma fonte de luz é conduzida através de espelhos côncavos ou lentes até um anteparo.

Foi realizada uma busca por trabalhos que abordassem a aplicação do efeito schlieren no ensino de ciências, especialmente no ensino de física. Contudo, não foram encontrados estudos anteriores que tratassem diretamente dessa temática. A ausência de referências específicas relacionadas à aplicação do efeito schlieren no contexto educacional reflete uma lacuna na literatura científica sobre o uso dessa técnica em atividades pedagógicas.

No âmbito educacional, a aplicação experimental da técnica de Schlieren é coerente com os princípios delineados por Paulo Freire em sua obra *Pedagogia da Autonomia*, na qual o autor enfatiza a importância da experiência prática para a plena compreensão teórica (Freire, 2002). Freire argumenta que o papel do docente transcende a mera transmissão de conhecimento, posicionando-o como facilitador do processo educativo. O educador deve auxiliar os alunos a se reconhecerem como agentes ativos em sua aprendizagem, promovendo sua participação na construção do conhecimento. Essa interdependência entre prática e teoria, pensamento e ação, é crucial para que o estudante se torne sujeito do processo educativo, investigando os fenômenos, construindo e refletindo sobre os conceitos científicos. Dessa forma, podemos aproximar a experimentação com o ensino por investigação.

A Sequência de Ensino Investigativo (SEI) é uma abordagem pedagógica que visa promover a aprendizagem por meio da investigação e da resolução de problemas, incentivando os alunos a explorar, questionar e construir seu próprio conhecimento de maneira ativa. O método envolve a elaboração de problemas desafiadores que estimulam o pensamento crítico, a formulação de hipóteses e a busca por soluções de forma autônoma. Além disso, a SEI valoriza a liberdade intelectual,

permitindo que os estudantes expressem seus pensamentos e argumentações de maneira criativa e reflexiva (Carvalho, 2018).

Neste sentido, este estudo tem como objetivo analisar se é possível utilizar o celular e um espelho esférico para observar o efeito Schlieren no ensino de Física. A proposta visa integrar a tecnologia acessível dos smartphones com a técnica de Schlieren, permitindo que os alunos visualizem variações de densidade em meios transparentes, como o ar, de maneira prática e interativa. Essa abordagem busca facilitar a compreensão dos conceitos ópticos e promover a participação ativa dos estudantes no processo de construção do conhecimento, alinhando-se aos princípios pedagógicos de Paulo Freire e do ensino por investigação.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo propõe a utilização de um celular com câmera fotográfica comum como ferramenta para observar esse fenômeno de forma acessível e educativa.

Para a montagem do experimento, é necessário um telefone móvel com flash, juntamente a um suporte para segurar o celular, uma fita isolante, um espelho côncavo, uma trena e uma fonte capaz de provocar a variação de densidade ou pressão do meio a ser observado.

A montagem se inicia de modo em que deve-se utilizar um pedaço da fita isolante para cobrir a saída do flash do celular, mas antes de colá-la é necessário fazer um pequeno orifício para que saia um feixe fino de luz, em seguida posicionando o celular no suporte com o flash ligado, se inicia a procura pela formação da imagem do ponto objeto (ponto de luz do flash do celular), que neste caso coincide com raio do espelho, ou seja, a distância do centro ao vértice do espelho (dobro da distância focal do espelho).

Este ponto pode ser encontrado utilizando as mãos, ou qualquer outro aparato, posicionando-as entre o espelho e o celular, isso é possível pois a formação de imagem varia de tamanho dependendo de onde as mãos estão posicionadas, o centro do espelho (raio) está localizado onde o ponto de luz da imagem formada for a mais nítida possível. Utilizando uma régua ou trena, podemos encontrar essa distância. Seguindo as propriedades de formação de imagens dos espelhos esféricos, quando o objeto está localizado a uma distância igual ao raio de curvatura do espelho, a imagem será formada na mesma distância e do mesmo lado. Para encontrar essa distância, medindo da base do suporte do celular até onde o espelho está localizado, sempre será aproximadamente o dobro da distância focal do espelho.

FIGURA 1. Aparato experimental montado.



Fonte: Autoria Própria

Após os ajustes do celular e do balanço branco da câmera, é possível observar o efeito Schlieren se formando ao colocar uma fonte de calor na frente do espelho, assim poderemos observar

as modificações de densidade do meio ocasionadas por variações de temperatura ou pressão. Por exemplo, podemos observar as variações de densidade do ar ocasionadas pelo aumento de temperatura da chama de uma vela ou pela diminuição de temperatura provocadas por cubos de gelo.

Uma sequência didática foi criada para ensinar o efeito Schlieren a estudantes do ensino médio, organizada em seis aulas de 45 minutos cada. O objetivo central é compreender e demonstrar o efeito Schlieren, integrando conceitos essenciais de reflexão, refração e densidade dos fluidos. O processo inicia-se com a contextualização e preparação dos participantes, onde os estudantes são introduzidos ao tema por meio de debates e exposição teórica como mostrado na tabela abaixo:

TABELA 1. Relação da sequência didática com o ensino por investigação.

Número do encontro (Tempo)	Descrição da aula	Atuação do ensino por investigação
1° (90 minutos)	Aplicação de um questionário sobre os conhecimentos prévios dos fenômenos relacionados ao efeito Schlieren. Explicação sobre os fenômenos: Espelhos esféricos; Densidade de fluidos; Refração e Reflexão.	Neste momento será estabelecido o contrato didático acerca da sequência dos encontros posteriores e pesquisa sobre os fenômenos.
2° (90 minutos)	Formação de grupos e elaboração de hipóteses sobre Espelhos esféricos; Densidade de fluidos; Refração e Reflexão e como os fenômenos estão ligados ao efeito Schlieren. Apresentação das hipóteses formuladas pelos estudantes.	Os estudantes farão pesquisas e apresentações sobre as hipóteses que desenvolveram.
3° (90 minutos)	Em grupos, os estudantes vão realizar o experimento e responder questões do roteiro experimental.	Pesquisa experimental e análise de dados.

Fonte: Autoria própria

Os estudantes utilizariam um roteiro experimental para configurar o aparato que demonstra o efeito Schlieren, utilizando materiais como câmera fotográfica (celular), suportes, espelho côncavo, fita isolante, gelo e velas. Durante o experimento, os alunos observariam o efeito Schlieren ao posicionar objetos como gelo e velas em frente ao espelho côncavo, coletando dados e respondendo a perguntas específicas sobre o comportamento da luz e do ar ao redor dos objetos. A experiência é complementada com uma discussão sobre as observações feitas e a reflexão sobre possíveis aplicações do efeito Schlieren em diferentes contextos. A análise dos dados envolve a observação qualitativa das respostas dos estudantes e a verificação da consistência dessas observações com os princípios teóricos abordados nas aulas iniciais. A discussão dos resultados permite uma compreensão mais profunda do fenômeno estudado, destacando as possíveis aplicações práticas do efeito Schlieren em situações cotidianas ou em outros experimentos científicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do experimento demonstraram com clareza a eficácia da técnica de Schlieren na visualização de variações de densidade em fluidos, como o ar. A observação das correntes de

convecção geradas pela chama de uma vela e pela presença de gelo comprovou a sensibilidade da técnica para detectar mudanças de densidade causadas por variações de temperatura. Esses achados estão em conformidade com estudos anteriores, como os de Hosch (1997) e Settles (2017), que destacam a aplicabilidade da técnica Schlieren na observação de fenômenos ópticos em diferentes condições experimentais.

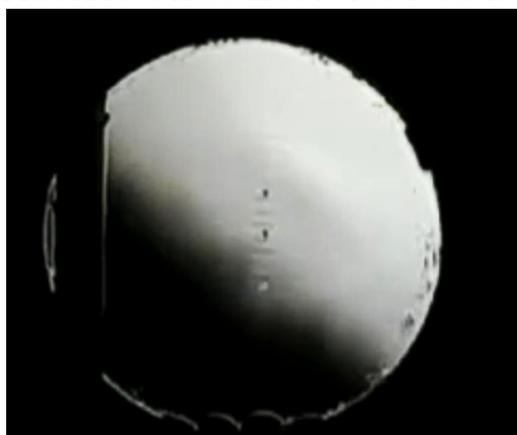
FIGURA 2. Variação do ar frio.



Fonte: Autoria própria

Além disso, a utilização de um levitador acústico revelou a propagação de ondas sonoras pelo ar, corroborando os resultados obtidos por Crockett (2018), que estudou os efeitos de variações de pressão na refração da luz. Essa confirmação experimental valida a abordagem adotada, reforçando a aplicabilidade da técnica para o ensino de óptica e fluidos em sala de aula.

FIGURA 3. Ultrassom do levitador acústico.



Fonte: Autoria própria

As observações realizadas no laboratório facilitam a visualização de fenômenos complexos, promovendo uma compreensão mais profunda dos conceitos de refração e densidade dos fluidos. Isso está alinhado com os princípios defendidos por Freire (2002), que ressalta a importância da experimentação para a construção ativa do conhecimento científico.

Portanto, os resultados obtidos confirmam que a técnica de Schlieren pode ser um recurso para o ensino de Física, especialmente em abordagens investigativas. No entanto, futuras aplicações devem incluir uma avaliação empírica em sala de aula para validar seu impacto pedagógico em maior escala.

CONCLUSÕES

A técnica de Schlieren mostrou-se eficaz como uma ferramenta experimental para o ensino de Física, permitindo a visualização de fenômenos ópticos invisíveis a olho nu, como variações de densidade em meios fluidos. O experimento realizado demonstrou a aplicabilidade da técnica para explorar conceitos fundamentais como refração, reflexão e densidade de fluidos, corroborando com estudos teóricos e experimentais prévios. A proposta de sequência didática, fundamentada no Ensino por Investigação, tem o potencial de estimular uma aprendizagem ativa, promovendo o engajamento dos estudantes na construção de conhecimento científico.

Contudo, a sequência didática ainda não foi aplicada em sala de aula, o que limita a verificação empírica de seus benefícios pedagógicos. A implementação prática em contextos reais é fundamental para avaliar o impacto dessa metodologia no desenvolvimento de competências investigativas, como a formulação de hipóteses, análise de dados e pensamento crítico. Além disso, sugere-se que futuras pesquisas integrem avaliações qualitativas e quantitativas para mensurar a eficácia da técnica de Schlieren na compreensão dos conceitos ópticos pelos alunos.

Por fim, embora os resultados preliminares sejam promissores, a continuidade da pesquisa deve focar na aplicação prática da sequência didática proposta e na análise dos resultados em sala de aula. Isso permitirá um ajuste mais fino da metodologia e uma adaptação às necessidades pedagógicas específicas do ensino de Física, garantindo maior relevância e impacto educacional

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

L.G.S realizou o trabalho sob orientação do A.L. Ambos os autores contribuíram com a escrita e a revisão deste trabalho, aprovando a versão submetida

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o financiamento e o apoio do PIBIFSP e ao IFSP – campus Caraguatatuba.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, Anna. M. P.** Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, p. 765-793, 30 jun. 2018. Acesso em 15.ago.2024.
- CROCKETT, E.** et al. Visualizing sound waves with schlieren optics. Massachusetts 2018. Acesso em: 16. ago. 2024
- FREIRE, Paulo.** *Pedagogia da Autonomia: Saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 2002. Acesso em 17.ago.2024.
- HOSCH, J. W.; Walters, J. P.** High spatial resolution schlieren photography. *Applied Optics*, p. 473-482, 17 fev. 1977. Acesso em 19.ago.2024.
- SETTLES, Gary S.; HARGATHER, Michael J.** A review of recent developments in schlieren and shadowgraph techniques. *Measurement Science and Technology*, p. 1-25, 24 nov. 2017. Acesso em 18.ago.2024.