

Proposta educacional de formação de imagens em espelhos reunindo dois experimentos cativantes

Felipe Moraes Laburú¹,
Osmar Henrique Moura da Silva^{2,#} e
Carlos Eduardo Laburú²

¹Universidade de Campinas,
Faculdade de Engenharia Elétrica e
Computação, Campinas, SP, Brasil.

²Universidade Estadual de Londrina,
Departamento de Física, Londrina, PR,
Brasil.

RESUMO

O trabalho propõe uma estratégia pedagógica que apresenta duas atividades experimentais para o ensino de formação de imagens em espelhos durante o estudo de óptica geométrica. Defende-se a viabilidade da proposta em que se consideram duas demonstrações para o educador interessado em provocar experimentos cativantes com potencial de facilitar a compreensão de imagens reais e virtuais, ideias normalmente de difícil compreensão para estudantes do ensino básico.

Palavras-chave: Ensino Médio; atividades experimentais; imagem; óptica geométrica

1. Introdução

Durante o estudo de óptica geométrica, constata-se grande dificuldade dos estudantes em distinguir e entender imagens reais e virtuais. O professor precisa até superar concepções de senso comum como a de que a imagem formada em espelhos planos se encontra na superfície do espelho e não atrás do mesmo [1, p. 28]. Para tratar em particular essa concepção de senso comum equivocada dentro de uma proposta pedagógica junto a outras propostas experimentais, o presente trabalho dá atenção ao uso de um experimento de fácil realização [2] e de características cativantes [3], dada a transformação de imagens virtuais 2D da tela do celular em imagens 3D. Para o caso instrucional da formação de imagens reais, um considerável auxílio pode ser obtido pela popular demonstração qualitativa, também cativante, do “holograma do porquinho”, denominado comercialmente “Magic Hologram – Mirage 3D”, conforme comentado em Silva e Laburú [4]. Para além do efeito qualitativo e atrativo visual dessa imagem real de tipo “holograma”, em Silva e Laburú [4], sugere-se uma atividade quantitativa e de baixo custo que permite comparar a imagem medida e a calculada teoricamente de um objeto, usando filamentos de lâmpadas incandescentes. Dentro dessa particular contribuição, propõe-se aqui uma atividade experimental inovadora, de baixo custo e cativante [3], com características instrucionais que juntam aspectos qualitativos e quantitativos. Objetiva-se, portanto, no âmbito do ensino de óptica geométrica, contribuir

Superar concepções de senso comum como a de que a imagem formada em espelhos planos se encontra na superfície do espelho e não atrás do mesmo

com uma proposta pedagógica de inserção dessas duas atividades experimentais à instrução de formação de imagens em espelhos.

2. Considerações para o ensino de imagens

As imagens formadas em sistemas ópticos dividem-se em virtual, real e imprópria. Ao contrário da penúltima, a primeira não é projetável, pois sua formação se dá atrás do sistema óptico, ainda que possam ser observadas.

O conceito de imagem virtual costuma ser de difícil compreensão pelos estudantes, dado que é necessário vencer a concepção de senso comum construída pelos sujeitos no dia a dia com espelhos planos, no sentido de que as imagens não estão na face ou superfície, mas atrás delas. Imagens virtuais formadas em espelhos planos são comumente ensinadas por geometria de traços a partir do exemplo de uma fonte

pontual (objeto) observada a certa distância do espelho. A Fig. 1 ilustra essa situação na qual a fonte pontual real (F) forma um ponto imagem virtual I, que pode ser vista

por um observador, pois o raio refletido chega aos olhos.

Todavia, representações como a da Fig. 1 não costumam convencer muitos estudantes de que as imagens se formam atrás do espelho e, por serem incapazes de projeção, dificultam a superação da concepção errônea de a imagem se formar no plano do espelho. Como uma primeira atividade experimental qualitativa e que vem na direção de superar esse problema, tem-se a sugestão educacional mostrada na Fig. 2 [5,

#Autor de correspondência: osmarh@uel.br.

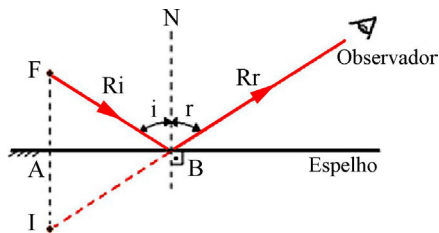


Figura 1 - Representação de como o observador vê a imagem I atrás do espelho, devido ao fato de o prolongamento do raio refletido R_r passar pelo ponto imagem I.

p. 11]. Nela, pode-se partir do ponto (objeto) na frente de um pedaço de espelho plano sobre uma folha de papel, onde se traçam duas retas de modo semelhante às da Fig. 1, indo desse ponto em direção ao espelho. Em seguida, traçam-se ambas as reflexões observadas no espelho com uma régua. Ao retirar o espelho, estando marcada a posição do espelho no papel para evitar seu deslocamento, prolongam-se as retas refletidas atrás da posição do espelho. É possível observar que essas retas convergem para um ponto (imagem) atrás do espelho. Exceto por erros experimentais que dependem da qualidade do traço da reflexão e da consideração da espessura do vidro do espelho, as distâncias de ambos os pontos (objeto e imagem) em relação ao espelho são iguais. Uma prova que tenta convencer de que o ponto achado atrás do espelho é a imagem (virtual) do ponto objeto na frente do espelho é colocar um prego em cada ponto (Fig. 2) e observar que a imagem observada do prego posicionado na frente do espelho não se distingue do prego atrás. Em outras palavras, a imagem observada do prego da frente e o prego observado simultaneamente por detrás do espelho se justapõem, valendo ressaltar que os pregos necessitam ser mais altos que o espelho para se notar o fenômeno dessa justaposição.

Em relação à imagem real de um objeto, um experimento comercializado denominado “Magic Hologram – Mirage 3D¹” (Fig. 3A) destaca-se dentro das demonstrações com potencial para prender a atenção dos estudantes, devido ao seu impacto sensorial/visual bizarro e inesperado, parecendo magia [3, p. 395]. Esse experimento comercializado de óptica geométrica, classificado como cativante [4], atrai a atenção das pessoas por ser capaz de demonstrar a formação da imagem de um objeto no ar (originalmente um pequeno porquinho de plástico), dando a impressão de

que ele se encontra flutuando no ar. Segundo Silva e Laburú [4, p. 247], a demonstração é citada em livros didáticos [6, p. 144], assim como adaptada para experimentação em museus de ciências, podendo-se dizer que ficou bem divulgada “se considerar ainda os vídeos disponíveis na internet” [4, p. 247]. Como alternativa a essa demonstração comercializada, esses autores (ibid.) indicam usar lâmpadas incandescentes caseiras, de modo que a visualização da imagem real do objeto (filamento aceso) também possa ser percebida invertida, quando o filamento da lâmpada não for de tipo retilíneo (Fig. 3B).

O fenômeno da imagem do filamento na Fig. 3B “é semelhante ao da imagem do ‘porquinho’ do experimento Mirage. A diferença entre eles é dada pelo objeto (filamento) que emite luz e as superfícies internas (do bulbo da lâmpada) que não são espelhos, mas vidros transparentes que funcionam também como ‘refletores’” [4, p. 249].

Para além dessa atividade qualitativa vista na Fig. 3B, que permite mostrar a projeção de uma imagem real (invertida e maior), Silva e Laburú [4] ainda propõem a determinação da distância i da imagem aplicando a equação dos pontos conjugados ($\frac{1}{f} = \frac{1}{o} + \frac{1}{i}$), uma vez medidos com uma régua os valores do foco f e da distância o , conforme se indica na Fig. 4. Por fim, viabilizando educacionalmente a proposta, esses autores apresentam, para três lâmpadas de distintos fabricantes, os resultados das distâncias das imagens diretamente medidas com a régua em comparação com as calculadas.

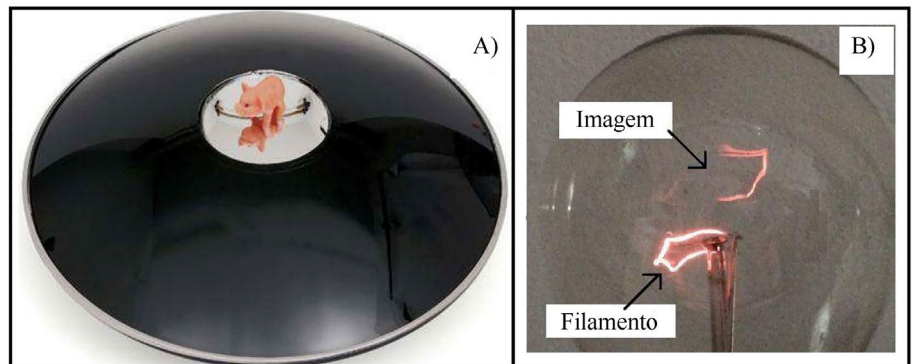


Figura 3 - A) Experimento miragem, em que o objeto (porquinho de plástico) está internamente oculto na foto, e o porquinho ali observado é a imagem real, maior e invertida. B) Alternativa proposta por Silva e Laburú [4]. Fontes: A) Ref. [7]; B) Ref. [4, p. 249].

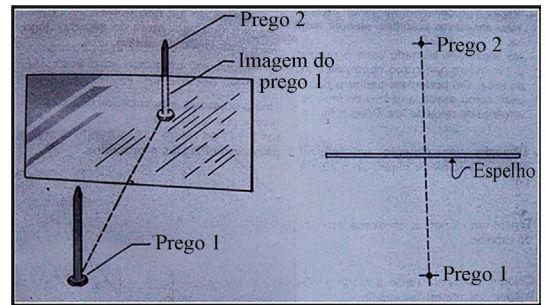


Figura 2 - Experimento para localizar a imagem por paralaxe. Fonte: Ref. [5, p. 11].

3. Alternativa para o ensino de imagens: equipamentos e dados experimentais

A seção anterior encarregou-se de situar duas propostas educacionais e situações peculiares divulgadas: 1) para lidar com a concepção equivocada de imagem virtual formada na superfície de espelhos planos, mencionou-se a atividade experimental simples sugerida em FUNBEC [5, p. 11]; 2) para lidar com a projeção de uma imagem real com atividade quantitativa, citou-se a proposta de baixo custo de Silva e Laburú [4]. Em continuidade, dentro da óptica geométrica, objetiva-se agora caracterizar outras duas alternativas educacionais diferentes. Aliás, por carregarem como aspecto favorável um lado lúdico, considerando que ilusões de óptica sempre despertam a curiosidade de indivíduos de diferentes faixas etárias e níveis de escolaridade [8, 2], ambas as demonstrações podem ser classificadas como experimentos cativantes [3].

3.1. Caso 1- Proposta educacional auxiliar à superação da concepção de senso comum

Nesse caso, alude-se ao “hologra-

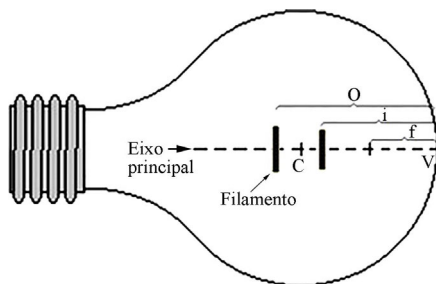


Figura 4 - Obtenção das distâncias em um filamento retilíneo. Fonte: Ref. [4, p. 250].

ma” após e na sequência do experimento citado da FUNBEC (1979, p. 11), pois ele vem tanto na direção de reforçar que a imagem virtual se forma atrás do espelho como realça de maneira convincente o fato, com forte atratividade visual. O experimento, denominado “Pirâmide ‘holográfica’” [2], é apresentado na Fig. 5, cujo material consiste em: um celular, uma pequena pirâmide transparente e oca feita de chapas finas de acrílico¹ e vídeo do “holograma” para celular disponível no YouTube³.

O experimento, de fácil realização, transforma a imagem 2D do celular em 3D por meio da pirâmide invertida de plástico (Fig. 5), sendo porém preciso esclarecer que o termo holograma é inapropriado, uma vez o mesmo deveria ser empregado para produção e observação de imagens 3D mediante raio laser e envolvendo fenômeno de interferência, o que não é o caso. O termo correto seria “imagem bidimensional que a palavra holograma vulgarmente costuma conotar” [2, p. e2506], valendo aí destacar o trabalho desses autores (ibid.). Todavia, embora mencionem erros conceituais e potencial didático do experimento “Pirâmide ‘holográfica’”, o trabalho de Schivani *et al.* [2] não atinge o que aqui se propõe, visto não explicitarem o aspecto positivo do emprego do



Figura 5 - Pirâmide quadrangular “holográfica” para uso em smartphones e tablets. Fonte: Ref. [2, p. e-2506-6].

experimento na superação da concepção de senso comum, abordada aqui de forma estratégica.

Antes de tudo, cabe ressaltar que para a compreensão do experimento da Fig. 5 é importante uma prévia e tradicional instrução do conceito de formação de imagem virtual em espelhos planos, graficamente exemplificada na Fig. 1. Assim sendo, e após a atividade da Fig. 2, o experimento “Pirâmide ‘holográfica’” situa-se como um auxiliador à superação da concepção de senso comum dos sujeitos, mostrando que as imagens nos espelhos planos não se encontram na face ou superfície, mas atrás deles, uma vez mais ajudando a romper com essa concepção equivocada.

Todavia, no tocante à formação da imagem 3D sobre o celular (imagem virtual), e estando preocupado com o esclarecimento da reflexão em espelhos planos a respeito da formação de imagens, é válido realçar para os alunos que a pirâmide invertida empregada na demonstração é oca e feita de material transparente, o que possibilita a passagem da luz e ser vista por trás, diferenciando-se de um espelho propriamente dito. Nesse aspecto ainda, deve-se atentar os estudantes para o fato de que o acrílico (ou outro material, como o vidro) utilizado na montagem da pirâmide tem a capacidade não somente de refratar a luz mas também de refleti-la. Desse modo, se o local da experiência estiver escuro, prevalece a reflexão da luz do vídeo do celular na face da pirâmide voltada para o observador. Este acaba enxergando apenas a reflexão, mas com a impressão de que a imagem está flutuando no interior da pirâmide (ima-

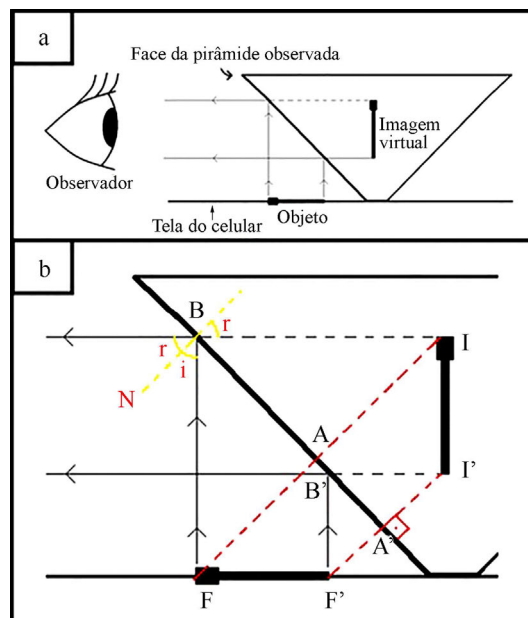


Figura 6 - a) Formação da imagem virtual; b) obtenção geométrica por meio de raios de luz incidentes no “espelho” do objeto (F e F’) e da formação de sua imagem virtual (I e I’).

gem virtual), impressão que é reforçada pela dinâmica das cenas da tela do celular. Por conta disso, essa demonstração particularmente cativante destaca-se em favorecer a compreensão de que imagens virtuais não se formam na superfície refletora dos sistemas ópticos, mas atrás da mesma.

A Fig. 6a apresenta a formação da imagem virtual observada em uma face do “espelho” ou lado da pirâmide. Nessa figura, tem-se uma construção geométrica com base na afirmação de congruência entre o triângulo FBA e o triângulo IBA, situação que equivale também entre os triângulos F’B’A’ e I’B’A’, significando que as extremidades F e F’ da fonte extensa mantêm respectivas simetrias com as extremidades I e I’ da imagem extensa.

3.2. Caso 2 – Proposta educacional: constatação da imagem real com atividade quantitativa

A diferença da proposta agora sugerida, em relação à de Silva e Laburú [4], está no emprego de um globo de vidro⁴ e uma pequena lâmpada de 1,5 V tipo “pingo d’água”, com formato assimétrico para permitir visualizações da inversão de imagens. Com esse material, pode-se experimentar uma variação da posição da lâmpada no interior do globo para a demonstração e obtenção das distâncias da mesma (objeto) e das respectivas imagens que se formam (Fig. 7), tomando por base o eixo princi-

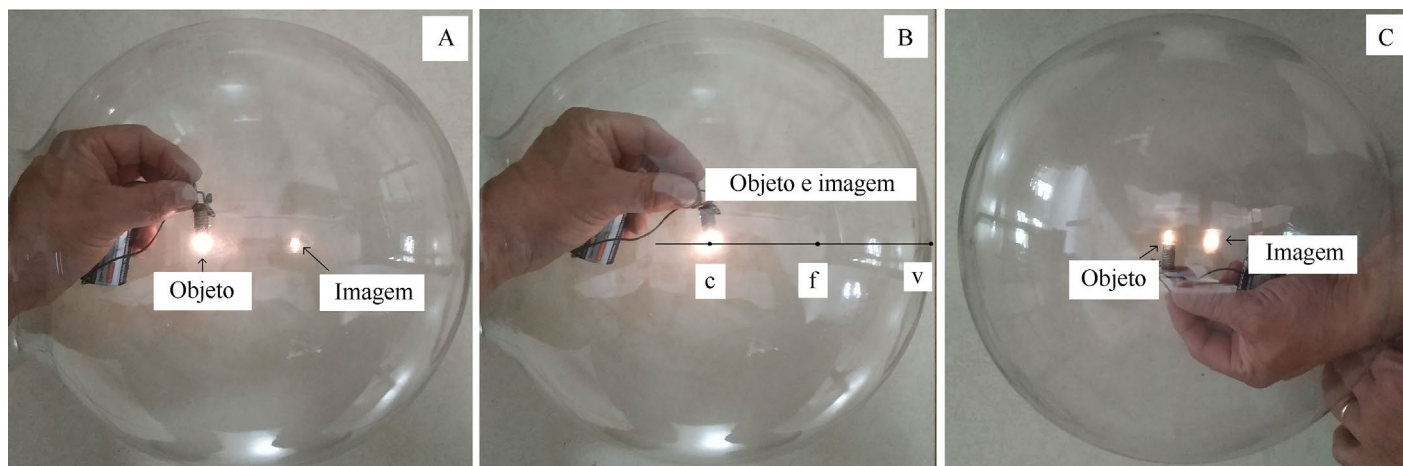


Figura 7 - A) Imagem real, invertida e menor; B) imagem real, invertida e igual; C) imagem real, invertida e maior. Obs.: A visualização de imagens invertidas tem nitidez experimental muito melhor do que as mostradas nas figuras.

pal imaginário como sendo uma reta longitudinal que transpassa o centro da abertura do globo, por onde manualmente se insere a lâmpada, e assim estabelecer o vértice do “espelho” côncavo (Fig. 7B). Nessas ações, uma régua é posta tangencialmente à superfície externa do globo e paralela ao eixo principal imaginado para realizar observações perpendiculares a ela e estimar o valor de cada grandeza.

Seguindo as recomendações dos últimos autores (ibid.), como estratégia pedagógica sugere-se empregar a tão divulgada atividade experimental considerada “ilustração da teoria” [9], há muito defendida no ensino de ciências por inspiração epistemológica kuhniana [10], dentro do interesse de “didaticamente expor um paradigma e não descobrir um conhecimento ou testar hipóteses” [4, p. 250]. Por essa instrução, em primeiro lugar, deve-se orientar o estudante para encontrar a distância focal f do globo. No caso do globo aqui utilizado (Fig. 7), que tem cerca de 26 cm, obtêm-se valores aproximados de 13 cm para o centro c e de 6,5 cm para o foco f . Em seguida, insere-se a lâmpada iluminada no eixo imaginário longitudinal para efetuar as medidas das distân-

Espera-se, com isso, subsidiar o professor de física em suas aulas de óptica geométrica, com uma sugestão pedagógica simples para se usar em atividades experimentais lúdicas no âmbito da educação básica

cias dela (objeto) e de suas respectivas imagens em relação ao vértice do globo. Depois disso, orienta-se o estudante para calcular a(s) distância(s) da(s) imagem(s) pela equação dos pontos conjugados para conferir as distâncias das imagens medidas. É oportuno ressaltar que, em comparação com a proposta de Silva e Laburú (ibid.), duas vantagens pedagógicas da presente proposta distinguem-se devido à

possibilidade de variação da distância do objeto no eixo principal: 1) pode-se obter diferentes distâncias de objetos e imagens para comparações a partir de uma única lâmpada (objeto), 2) pode-se demonstrar três tipos de formação de imagens reais⁵, mostrados na Fig. 7⁶ e na Tabela 1.

A Tabela 1 apresenta dados experimentais em que é possível comparar os valores de imagens medidas com os de imagens calculadas.

Recomenda-se ao educador interessado que, devido à proposta permitir gerar vários resultados quantitativos, cabe sua utilização tanto em momento de instrução como de posterior avaliação.

4. Conclusão

Este trabalho buscou contribuir

com uma proposta que atrela atividades cativantes e de baixo custo ao estudo de formação de imagens em espelhos, dentro do tópico óptica geométrica. Para os espelhos planos, discutiu-se uma sugestão de emprego do experimento “Pirâmide ‘holográfica’” ao final de uma sequência estratégica de atividades, com a finalidade de auxiliar a superar uma forte, expressiva e disseminada concepção de senso comum errônea dos estudantes. Para os espelhos curvos, discutiu-se a viabilidade de uma atividade tanto qualitativa quanto quantitativa, cujo mérito se justificou em dois quesitos quando comparada a outra proposta divulgada: 1) maior número de dados experimentais para usar na instrução e avaliação, mediante o uso de um único equipamento, e 2) maior número de demonstrações de tipos distintos de imagens reais, podendo inclusive ser usada para imagens virtuais.

Espera-se, com isso, subsidiar o professor de física em suas aulas de óptica geométrica, com uma sugestão pedagógica simples para se usar em atividades experimentais lúdicas no âmbito da educação básica.

Recebido em: 25 de Novembro de 2020
Aceito em: 19 de Março de 2021

Tabela 1: Resultados experimentais relativos às situações da Fig. 7.

Objeto (cm)	Imagem medida (cm)	Imagem calculada (cm)	Tipo de imagem
16,0	11,0	10,9	Real, invertida e menor
13,2	13,2	12,7	Real, invertida e igual
11,8	15,0	14,4	Real, invertida e maior

Notas

¹AZEHEB – Laboratórios Educacionais. Disponível em <https://azeheb.com.br/mirage-hologram-mirage-3d.html>, acesso em 13/12/2020.

²Proposta de construção com as devidas dimensões pode ser facilmente encontrada no YouTube, como por exemplo no site <https://www.youtube.com/watch?v=ejIDPkVXbqs>, acesso em 17/7/2020).

³Por exemplo, no endereço Hologram Technology HOLHO 4 Faces Pyramid. for hologram, site: <https://youtu.be/TcUHV6bHOeg>, acesso em 17/7/2020.

⁴Globo de vidro transparente e incolor usado em luminárias de praças e jardins.

⁵Obs.: A proposta de Silva e Laburú [4] limita-se a apenas um tipo de imagem real (invertida e maior).

⁶Ademais, há a possibilidade de colocar o objeto (lâmpada) fora do globo e assim observar a formação das imagens virtuais do lado convexo do “espelho” (direitas e menores).

Referências

- [1] P. Gircoreano, A.R.J. Pacca, Caderno Catarinense de Ensino de Física **18**, 26 (2001).
- [2] M. Schivani, G.F. Souza, E. Pereira, Revista Brasileira de Ensino de Física **40**, e2506 (2018).
- [3] C.E. Laburú, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **23**, 384 (2006).
- [4] O.H.M. Silva, C.E. Laburú, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, **31**, 246 (2015).
- [5] FUNBEC, *Atividade 3. Reflexão em Espelhos Planos. Subsídios para Implementação da Proposta Curricular para o Segundo Grau* (Secretaria de Estado da Educação de São Paulo e FUNBEC, São Paulo, p. 10-11 (1979).
- [6] A. Gaspar, *Física 2 - Ondas, Óptica, Termodinâmica*. (Editora Ática, São Paulo, 2000).
- [7] AZEHEB, Magic Hologram – Mirage 3D. Disponível em <https://www.google.com/search?q=Magic+Hologram+%E2%80%93+Mirage+3D&oq=Magic+Hologram+%E2%80%93+Mirage+3D&aqs=chrome..69i57j0j69i61.1497j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8>, acesso em 15/7/2020.
- [8] A. Medeiros, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **23**, 329 (2006).
- [9] I. Higa, O.B. Oliveira, Educar em Revista **44**, 75 (2012).
- [10] R. Millar, Studies in Science Education **14**, 109 (1987).