

# Ilusões de óptica nas aulas de física do nível médio: Aplicação e resultados

David Henrique da Silva Araujo

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mail:

araujo.davidhenrique@gmail.com

Leonardo Rodrigues de Jesus

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mail: leo\_cp2d@hotmail.com

Almir Guedes dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Nilópolis, RJ, Brasil

Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, São Paulo, SP, Brasil

E-mail: almirdgs\_if@yahoo.com.br

Vitorvani Soares

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mail: vsoares@if.ufrj.br

Apresentamos um relato sobre a aplicação da ilusão de óptica como uma ferramenta educacional, realizada com os alunos do nível médio técnico de um instituto federal fluminense. O trabalho foi realizado a partir de um roteiro didático elaborado por monitores sob a orientação do professor da turma. Ele foi aplicado em uma aula regular da turma e foi apresentado após as atividades experimentais e exposições teóricas realizadas sobre óptica geométrica. As ilusões de óptica discutidas estão relacionadas à reflexão e à refração da luz, incluindo a formação de imagens anamórficas, às projeções em 3D, aos truques com espelhos planos, às miragens e à “garrafa invisível”. A análise das respostas dos estudantes às perguntas incluídas em um questionário apresentado no mesmo roteiro revelaram que os alunos foram capazes de descrever os fenômenos observados com base nos conceitos científicos discutidos previamente.

## Introdução

O Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência, PIBID, é um programa que incentiva a integração entre a universidade (professores orientadores e monitores licenciandos) e a escola pública (professor supervisor), incrementando a experiência profissional dos licenciandos desde os períodos iniciais da sua graduação e promovendo a realização de um ensino público de melhor qualidade nas escolas públicas parceiras [1–3]. O PIBID/UFRJ-Física é um subprojeto do PIBID realizado em parceria com os professores e alunos do curso de licenciatura em Física da UFRJ, e uma de suas características é a realização de atividades para serem aplicadas no horário regular das aulas por meio de roteiros instrucionais que envolvam experimentos, história da ciência e artes ou outras abordagens alternativas à apresentação tradicional da disciplina. A elaboração dessas atividades é feita pela atuação da tríade formada por licenciandos, supervisor e orientador, sendo os licenciandos e supervisores os principais responsáveis pela aplicação dos roteiros didáticos em sala de aula [4, 5].

As motivações para a criação do material discutido neste artigo surgiram da necessidade de incluir um novo roteiro que tratasse dos fenômenos de reflexão e refração da luz e que também avaliasse o quanto foi retido pelos alunos em relação aos conteúdos discutidos em aulas anteriores. Outro elemento motivador foi a carência de material instrucional, em língua portuguesa, que tratasse dos conceitos de ilusão de óptica em nível médio, apesar de o tema ser atrativo para alunos

dessa faixa etária.

A utilização de ilusões de óptica na educação é recente, com suas primeiras aplicações datadas da década de 1970 com Vannan [6] e Ward [7, 8]. Segundo esses autores, as ilusões de óptica apresentam não somente um valor artístico, mas também um valor educacional ao permitir que os alunos explorem sua capacidade investigativa para interpretar esses fenômenos e sejam capazes de descrever os conceitos de natureza óptica associados às ilusões.

Os trabalhos de Postiglione [9], Brandes [10], Edge e Jones [11] e Medeiros [12] dão continuidade ao estudo das ilusões de óptica e suas aplicações nas áreas de matemática e óptica geométrica. Ramos e Souza [13], Parisoto e Hilger [14] observam que as ilusões de óptica levam desconforto ao aluno ao serem observadas por ele e, ao mesmo tempo, o estimulam a procurar uma explicação para o fenômeno considerado.

No Brasil, algumas atividades envolvendo ilusões de óptica podem ser encontradas em livros didáticos de física para o

Ensino Médio como, por exemplo, nos livros de Barreto e Xavier [15] e Bonjorno e Alves [16]. Essas referências também nos serviram como fonte para a preparação de algumas atividades desenvolvidas em nosso roteiro didático,

além das atividades pertinentes encontradas em artigos em revistas de ensino de física.

A partir de tais apontamentos, elaboramos um roteiro didático composto de cinco atividades, todas utilizando fenômenos de reflexão e refração da luz. O objetivo principal do roteiro é apresentar e consolidar os conceitos de óptica geométrica em uma aula regular de física através

**O PIBID/UFRJ-Física tem como uma de suas características a realização de atividades para serem aplicadas no horário regular das aulas por meio de roteiros instrucionais que envolvam experimentos, história da ciência e artes ou outras abordagens alternativas**

de atividades envolvendo a criação de diferentes ilusões de óptica e a sua análise.

### Descrição e aplicação das atividades

O roteiro elaborado e aplicado na aula consiste de cinco atividades, com os seguintes títulos: “Imagens anamórficas em espelho cilíndrico”; “Imagem projetada em 3D”; “Cofre cúbico”; “Miragens” e “Copo da invisibilidade”. Essas atividades foram aplicadas posteriormente às aulas expositivas e às aplicações dos roteiros introdutórios de história da luz e de experimentos de reflexão e refração da luz, sendo recomendado que elas sejam realizadas após os alunos conhecerem tais fenômenos em óptica geométrica. As atividades foram feitas com grupos de três ou quatro alunos em duas turmas de cerca de 30 alunos, com duração de aproximadamente 90 minutos, durante o primeiro e o segundo semestres letivos de 2015 no campus Nilópolis do IFRJ, uma das escolas parceiras onde é realizado o subprojeto PIBID/UFRJ-Física.

As atividades abordam temas lúdicos mediante questões do cotidiano e curiosidades que podem ser explicadas do ponto de vista científico, e suas explicações são construídas pelos alunos ao responderem às questões do roteiro. Os materiais utilizados são em grande maioria de baixo custo, e alguns deles foram obtidos no laboratório da escola.

Anteriormente à primeira atividade, introduzimos os alunos a uma breve explicação sobre o que é uma ilusão de óptica e, junto com a explicação, apresentamos a ilustração representada na Fig. 1.

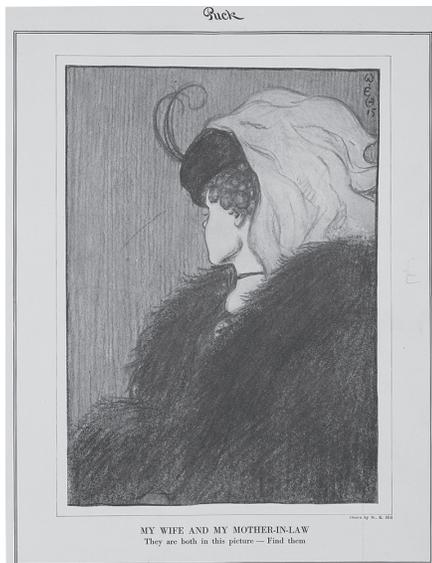


Figura 1: *My Wife and My Mother-in-Law*. Ilustração feita em 1915 para a revista americana *Pluck* pelo cartunista W.E. Hill, a partir do desenho original realizado em 1888 [17].

Essa ilustração, denominada *Young Girl-Old Woman Illusion* ou *My Wife and My Mother-in-Law*, foi originalmente criada por um cartunista anônimo, em 1888, para a propaganda de uma empresa alemã da época [18]. Posteriormente, em 1915, o cartunista William Ely Hill produziu a ilustração indicada na Fig. 1 para a revista de humor americana *Pluck*, onde ela ganhou popularidade e é conhecida até hoje.

A primeira atividade consiste na reflexão em espelhos cilíndricos. Inicialmente entregamos a cada grupo de alunos algumas imagens anamórficas, uma delas indicada na Fig. 2a, e pedimos que eles as observem e tentem dizer o que elas representam.

Após as tentativas de explicação pelos alunos, entregamos a eles um espelho cilíndrico, cujo material pode ser um cano de alumínio ou um cano espelhado, sendo importante que o espelho tenha uma boa reflexão. Com o espelho em mãos, eles o posicionam de forma a ficar no centro do “círculo” formado pela imagem e conseguem, então, observá-la em sua forma “regular.” Além de imagens anamórficas, também é pedido aos estudantes que peguem objetos comuns para serem refletidos pelo espelho e, a partir disso, questiona-se qual fenômeno físico foi percebido pelo aluno. Nessa pergunta é desejável que o aluno não responda apenas que é a reflexão da luz, e sim como ela se manifesta.

A segunda atividade aborda brevemente a holografia, a partir de exemplos. Para tal, utilizamos uma associação de espelhos côncavos, um de frente para o outro e um deles com um furo circular. Entre

eles colocamos um objeto para ser refletido, de modo que acima do furo é percebida uma imagem real do objeto refletido (Fig. 2b). Foi informado aos alunos para que ficassem em certa posição antes que o furo no espelho fosse descoberto, de forma que eles pudessem ver com clareza a imagem real. Observamos certa surpresa por parte dos alunos ao verem a imagem surgir logo após o furo ser descoberto. Em seguida, solicitamos a um dos alunos que ele tocasse na imagem que ele estava

vendo, e ele constatou que não havia algo palpável. O material permaneceu com os alunos para que eles observassem diferentes imagens e assim construíssem suas próprias conclusões acerca dos

**A atividade envolvendo ilusão de óptica usa um tema lúdico do cotidiano permeado por abordagem científica, onde as conclusões são construídas pelos alunos ao responderem questões do roteiro**

fenômenos envolvidos no experimento. Na sequência, perguntamos a eles como aquela imagem é formada e quais as suas características em termos de tamanho, orientação e natureza.

A terceira atividade foi realizada com um brinquedo encontrado em lojas, denominado “cofre mágico” e representado na Fig. 3. O cofre tem formato cúbico, suas paredes internas possuem geralmente alguma ilustração, uma das suas faces é transparente e dentro do cofre, posicionado a 45°, há um espelho plano que produz a sensação de profundidade e faz o cofre parecer vazio.

Posicionando o cofre de forma que os alunos não fiquem mexendo, pedimos que eles coloquem uma moeda no cofre. Ao depositarem a moeda, ela bate em algo, que parece ser o fundo, mas não aparece para os alunos que estão olhando a face transparente do cofre. A maioria dos alunos tem a sua curiosidade aguçada e

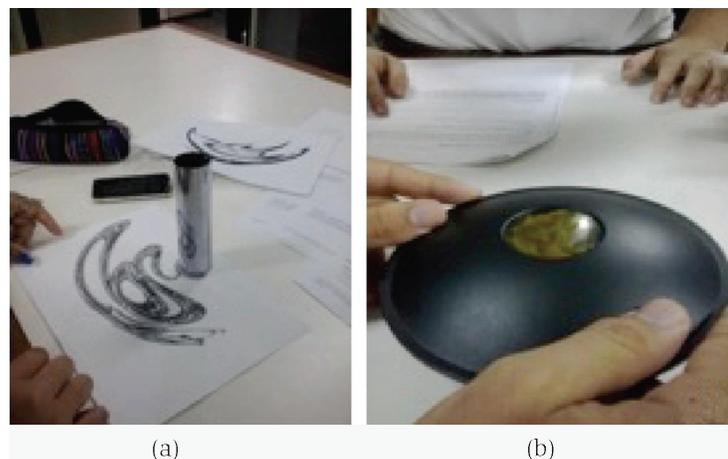


Figura 2: Duas atividades desenvolvidas: (a) A imagem anamórfica sobre o papel é reconstruída sobre a superfície do cilindro; e (b) na projeção 3D, a imagem do objeto (um “sapiinho” de plástico) no interior dos espelhos aparece acima do orifício.



Figura 3: O cofre “mágico” sendo utilizado na terceira atividade.

eles começam a se questionar por que a moeda não apareceu. No roteiro é perguntado o que aconteceu quando os alunos puseram a moeda e por que ela não apareceu no fundo do cofre.

A quarta atividade aborda o tema de formação de miragens que podem ser geradas em estradas e desertos e contextualizamos essa introdução com um pequeno vídeo do clássico desenho animado *Speed Racer* [19], em que os personagens

se perdem no deserto e começam a ver a miragem de um oásis e, de forma cômica, mergulham em um pequeno lago até perceberem que era apenas areia (Figs. 4a e 4b).

Explicamos então que o desenho não retrata fielmente a realidade, embora as miragens existam, e as exemplificamos com a apresentação de fotos e vídeo reais. Em uma delas, pedimos aos alunos que observem e expliquem o que há de diferente na figura.



(a)



(b)

Figura 4: Trechos do desenho animado *Speed Racer*, retratando de forma errada dois personagens do desenho nadando na miragem de um lago (a) em um deserto (b).

A quinta e última atividade é conhecida em livros didáticos como “a garrafa invisível”. Entregamos aos alunos dois béqueres de tamanhos diferentes, de forma que um encaixe no outro com folga, e, então, depositamos glicerina, aos poucos, no béquer maior, até cerca de metade do recipiente. Após essa etapa, é pedido que os alunos ponham o béquer menor dentro do maior e observem o “desaparecimento” da imagem do béquer menor (Fig. 5).

Os alunos inicialmente estranham, mas começam a manusear o aparato e percebem que na verdade ele não ficou invisível, mas seu tamanho apenas parece maior por conta da refração, como ressaltam Silva e Laburú [20]. Após a experiência, é questionado o que aconteceu com o béquer e quais fenômenos são responsáveis pela “invisibilidade” do objeto, sendo, então, pedido que apresentem uma explicação, evitando apenas a resposta direta.

### Análise das respostas dos alunos

Nesta seção apresentamos uma análise de algumas respostas dos alunos ao questionário apresentado no roteiro. Vale

**A temática do roteiro apresentado gerou interesse de toda a turma, que o realizou de forma sequencial, com poucas dificuldades, otimizando assim o tempo e o trabalho do professor e dos monitores ao aplicarem a atividade**

ressaltar que esse tipo de avaliação não foi individual, visto que as respostas foram dadas em grupo, em um total de oito grupos. As notas dadas nas atividades foram em forma de porcentagem, variando entre 79% a 96% de respostas corretas, com uma média geral de acerto de aproximadamente 89%, apontando um alto aproveitamento e entendimento dos alunos sobre as diferentes atividades. Lembramos que cada atividade tem como objetivo atrair a atenção dos alunos e observar o quanto eles entenderam das aulas expositivas e das atividades anteriores sobre os fenômenos tratados.

ressaltar que esse tipo de avaliação não foi individual, visto que as respostas foram dadas em grupo, em um total de oito grupos. As notas dadas nas atividades foram em forma de porcentagem, variando entre 79% a 96% de respostas corretas, com uma média geral de acerto de aproximadamente 89%, apontando um alto aproveitamento e entendimento dos alunos sobre as diferentes atividades. Lembramos que cada atividade tem como objetivo atrair a atenção dos alunos e observar o quanto eles entenderam das aulas expositivas e das atividades anteriores sobre os fenômenos tratados.



Figura 5: Aplicação da atividade “A garrafa invisível” em sala de aula.

A temática do roteiro gerou interesse de toda a turma, que o realizou de forma sequencial, com poucas dificuldades, otimizando assim o tempo e o trabalho do professor e dos monitores ao aplicarem a atividade. Abaixo serão expostas algumas respostas de alunos a perguntas realizadas no decorrer do roteiro, mas nenhuma delas sem identificação, como usual, e sempre que necessário cada resposta é comentada logo em seguida.

Na primeira atividade foi perguntado aos alunos: “Qual é o fenômeno físico visto nessas experiências?”. Separamos aqui três respostas dadas por grupos com notas gerais diferentes.

Grupo A: Reflexão da luz. A imagem fica normal se for refletida num espelho plano, mas neste caso, ela se distorce devido à curvatura do espelho.

Grupo B: O fenômeno de reflexão.

Grupo C: Reflexão, devido à curvatura do espelho a imagem reflete de forma com que consigamos vê-la diferente.

O grupo A acertou essa questão por completo, por conta dos termos utilizados de forma correta, além de fazer menção à curvatura do espelho, que distorce a imagem de qualquer objeto. O grupo B deixou a resposta incompleta porque não utiliza o termo “reflexão da luz”, e por não apresentar nenhum exemplo ou representação que complete sua explicação. O grupo C também utilizou de forma incompleta o termo para o fenômeno e empregou palavras que não auxiliam o entendimento de sua resposta, como a palavra “diferente”, que talvez seja uma tentativa do aluno para explicar como é formada a imagem no espelho cilíndrico. A pergunta é relativamente fácil e a maioria dos grupos não apresentou dificuldades em respondê-la, mas os termos utilizados foram impor-

## Apêndice: Roteiro “Ilusões de Óptica”

Neste Apêndice apresentamos parte do roteiro “Ilusões de Óptica” usado em sala de aula.

### Introdução

Ilusões de óptica são geralmente imagens que confundem nossa mente, gerando falsas ideias e enganando quem olha à primeira vista. A imagem da Fig. 6 é uma famosa ilusão de óptica feita pelo cartunista W.E. Hill, em 1915. Nela pode-se ver uma senhorita bem arrumada olhando de perfil para longe, mas observando com atenção veremos também uma velha olhando para o chão [21].



Figura 6: Ilusão de óptica. É uma jovem ou uma idosa?

### Atividade 1: Imagens anamórficas em espelho cilíndrico

Estudamos anteriormente a imagem formada por espelhos de diversos formatos, incluindo os planos, côncavos e convexos. Agora vamos analisar as imagens formadas por espelhos cilíndricos, para o que serão utilizadas figuras distorcidas, denominadas imagens anamórficas (Fig. 7).



Figura 7: Imagem refletida por espelho cilíndrico [22].

#### Materiais utilizados

- Espelho cilíndrico

- Folhas com figuras distorcidas
- Objetos comuns

#### Questões

1. O que vemos no espelho cilíndrico quando o posicionamos na frente de objetos comuns e imagens distorcidas?
2. Qual é o fenômeno físico visto nessas experiências? Classifique a imagem em sua natureza, orientação e tamanho.

### Atividade 2: Imagem projetada em 3D

Dentre os tipos de espelhos estudados, apenas com os espelhos planos analisamos a relação entre o número de imagens formadas e o ângulo de abertura entre os espelhos associados. Em outras associações, é possível criar, por exemplo, imagens holográficas, que vocês já devem ter assistido em filmes e shows (Fig. 8). Vamos analisar o que ocorre na prática, ao associarmos dois espelhos côncavos um por cima do outro, sendo que o de cima apresenta um furo circular centrado no vértice.



Figura 8: Show do Michael Jackson produzido por holograma em Maio de 2014 [23].

#### Materiais utilizados

- Par de espelhos côncavos justapostos
- Um objeto pequeno

#### Questões

3. Passe a mão no “sapinho” sem inseri-la no buraco e, em seguida, utilize seus conhecimentos sobre formação de imagens para explicar o que ocorreu.
4. “Abra” os espelhos côncavos e, então, faça um esboço do diagrama de raios e caracterize a imagem formada em termos de tamanho, orientação e natureza.

### Atividade 3: Cofre cúbico

Existem lojas no Rio de Janeiro que vendem cofres de diversos tamanhos e formatos, para depositarmos moedas e notas. É provável que o cofre mais conhecido seja o que tem forma de porquinho. Porém, o cofre que trouxemos tem

forma de cubo, sendo uma de suas faces transparente.

#### Materiais utilizados

- Cofre cúbico
- Moedas

#### Questões

5. Sem mexer no cofre, explique o que aconteceu com as moedas que foram inseridas nele.
6. Porque vemos o cofre vazio? Qual a propriedade responsável por conseguirmos ver o cofre perfeitamente cúbico?

### Atividade 4: Miragens

Você já deve ter assistido, em desenhos animados ou na TV, cenas no deserto onde o personagem vê um oásis com um lago e se joga na água, sem perceber que se trata de uma ilusão (Fig. 9). Apesar de exagerado nesses casos, essa ilusão ocorre na realidade, como aconteceu há pouco tempo na China, e é tão impressionante quanto nos desenhos animados.



Figura 9: Miragem de uma cidade vista no céu da cidade de Foshan, China, em Outubro de 2015 [24].

#### Materiais utilizados

- Vídeo (miragem em desenho animado)
- Vídeo de uma miragem real
- Régua

#### Material de apoio

- Assista o vídeo *Speed Racer Classic – Season 1 – Episode 15 – The desperate desert race part 2* (10:38 min até 12:50 min)
- Assista o vídeo *Giant Floating City Seen Over China* (Duração: 41 s)

#### Questões

7. Observe atentamente a Fig. 10. Há algo de diferente nela? O que parece ser? Responda qual é o fenômeno físico presente na figura e explique por que ele ocorre.

8. Faça um pequeno esboço que exemplifique sua resposta para a questão anterior.



Figura 10: Árvores no deserto da Namíbia, na região de Deadvlei [25, 26].

### Atividade 5: Copo da invisibilidade

A invisibilidade é tema muito abordado em filmes e desenhos animados, como em *Harry Potter* e *Os Incríveis*. Na área da física, muitos estudos já foram realizados sobre esse assunto, os quais permitem criar materiais que reproduzem esse efeito. Se utilizarmos conhecimentos sobre alguns fenômenos físicos básicos, é possível criar um efeito similar à invisibilidade, como faremos a seguir.

### Materiais utilizados

- Béquero
- Glicerina
- Objeto a ser imerso

### Questões

9. O que aconteceu com o objeto imerso no béquer? Se girar ou virar o objeto imerso, é possível vê-lo? Explique por que.

10. Qual foi o fenômeno estudado que pode ser a causa da “invisibilidade” do objeto? Explique.

tantes para avaliar suas respostas.

Na segunda atividade foi feito aos alunos o seguinte pedido: “Pegue o ‘objeto’ com a mão, mas sem inseri-lo no buraco, e, em seguida, utilize seus conhecimentos sobre espelhos côncavos para explicar o que ocorreu”. Apresentamos algumas respostas dos grupos a seguir:

Grupo A: Não foi possível pegar (o objeto), porque era uma imagem formada pelos raios que refletem em um espelho e que se cruzam quando voltam para o outro.

Grupo B: A imagem 3D formada é derivada do encontro dos raios a partir dos raios de repetidas reflexões de raios luminosos dentro dos espelhos justapostos.

O grupo A respondeu bem à pergunta, utilizando da melhor forma os termos, mesmo com o final da frase um pouco confuso. O grupo B acertou, apesar de se complicar na hora de explicar, utilizando o mesmo termo repetidas vezes. Na terceira atividade foi solicitado aos alunos que “Sem mexer no cofre, explique o que aconteceu com as moedas que foram inseridas nele”. Abaixo estão as respostas de alguns grupos.

Grupo A: As moedas ficam no espelho diagonal e não no fundo do cofre. Esse espelho faz parecer que o papel de parede cobre todo o cubo, pois gera uma imagem virtual.

Grupo B: Um espelho corta a caixa diagonalmente refletindo as listras internas que reveste a parede da caixa, deixando ela parecer vazia. Ao colocar as moedas, estas correm por trás do espelho, não aparecendo na caixa.

Os grupos A e B, apesar de usarem termos diferentes e explicarem de forma própria, acertaram a questão ao informar que existe um espelho e que este reflete as paredes do cofre, fazendo-o parecer vazio.

Na quarta atividade foi realizada a seguinte pergunta: “Há algo de diferente com a figura? Se sim, o quê?”. A seguir,

selecionamos algumas respostas dadas pelos grupos.

Grupo A: Há. A agitação molecular que ocorre devido à alta temperatura gera refração, que por sua vez nos dá uma imagem da árvore embaixo da própria árvore. Nosso cérebro relaciona a refração à presença de água.

Grupo B: Sim. Parece que as árvores estão sendo refletidas numa espécie de lago.

Grupo C: Sim, há um reflexo das árvores na areia do deserto.

O grupo A responde de forma completa a pergunta, não se abstendo de detalhar o que está sendo visto, o que nos auxilia na avaliação. O grupo B apresenta uma resposta vaga e pouco científica. A resposta do grupo C também apresenta uma resposta incompleta e ainda afirma que as árvores estão sendo refletidas pela areia, um material opaco que não reflete objetos.

Finalmente, na quinta atividade, pergunta-se “Qual foi o fenômeno estudado que pode ser a causa da invisibilidade do objeto? Explique.” A seguir apresentamos algumas respostas dos grupos para a pergunta.

Grupo A: Refração. Quando os raios refratam da glicerina para o ar, eles sofrem um desvio de trajetória, dando a ilusão que o objeto aumentou de tamanho.

Grupo B: O fenômeno estudado foi o da refração. Quando dois corpos estão cheios de glicerina, não é possível ver o corpo menor, pois a luz não muda de meio deixando assim a impressão que o corpo imerso na glicerina fica invisível.

Grupo C: Refração, pois os raios que

partem do objeto para os olhos desviam ao passar pelo meio da glicerina, que por sua vez ampliam o objeto por conta do maior ângulo de refração.

Os grupos A e C respondem à pergunta corretamente, apesar de o grupo A detalhar melhor como ocorre o fenômeno. O grupo B erra a questão, pois há sim refração entre cada meio, inclusive entre a glicerina e o vidro, de modo que a resposta deles se assemelha à resposta que alguns livros já deram sobre essa experiência, mas que já foram refutadas por Silva e Laburú [20].

Os três grupos foram escolhidos por meio de sua nota geral, sendo o grupo A o de maior nota, o grupo B com uma nota intermediária e o grupo C com menor nota. Não foram comentadas aqui todas as perguntas realizadas, e as perguntas foram selecionadas por atividade e pela diferença

entre as respostas dos grupos, de modo a gerar uma melhor análise da eficiência das atividades como auxílio didático.

### Considerações finais

As atividades apresentadas neste trabalho foram criadas e elaboradas como parte da atuação do grupo de licenciandos e professores do subprojeto Física do PIBID/UFRJ atuante no IFRJ-Nilópolis. O trabalho foi realizado com duas turmas do quarto período do curso de Controle Ambiental, a partir de um roteiro didático elaborado pelo grupo. O trabalho foi aplicado em uma aula regular das turmas, respeitando-se o conteúdo programático de física para esse curso. Essas atividades foram analisadas pelos próprios monitores com o auxílio do professor supervisor, após a aplicação nas turmas. O tema ilusões de óptica é muitas vezes

**O trabalho realizado na turma mostrou que o potencial educacional deste tema é grande, não só por atrair a atenção dos alunos para uma disciplina considerado difícil mas também por permitir explicar de forma prática a diferentes fenômenos da óptica geométrica no seu cotidiano**

ignorado pelos professores de física. Entretanto, o trabalho realizado no IFRJ mostra que o potencial educacional desse tema é grande, não só por atrair a atenção dos alunos para uma disciplina considerada difícil mas também por

permitir explicar de forma prática diferentes fenômenos da óptica geométrica no seu cotidiano. Vale ressaltar que além de o tema ser instigante, construir uma atividade para um aluno realizar é gratificante do ponto de vista

educacional. Observamos que o aluno se sente participante da construção de seu próprio conhecimento, supera a passividade de uma aula puramente expositiva e assume um papel atuante na sua própria educação.

## Referências

- [1] A.G. dos Santos *et al.*, in: *Resumos do XI Conferência Interamericana sobre Educação da Física*, Guayaquil, Equador, 2013.
- [2] J.J.F. de Sousa, D.M. Vianna e L.F. Moreira, in: *Resumos do XX Simpósio Nacional de Ensino de Física*, São Paulo, 2013.
- [3] J.J.F. de Sousa *et al.*, in: *Resumos do XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Manaus, 2011.
- [4] A.G. dos Santos *et al.*, in: *Resumos do II Congresso Internacional de Educação em Ciências*, Foz do Iguaçu, 2014.
- [5] A.G. dos Santos *et al.*, in: *Resumos do XX Simpósio Nacional de Ensino de Física*, São Paulo, 2013.
- [6] D.A. Vannan, *Science Activities: Classroom Projects and Curriculum Ideas* **10**, 26 (1973).
- [7] A. Ward, *Science Activities: Classroom Projects and Curriculum Ideas* **10**, 42 (1973).
- [8] A. Ward, *Science Activities: Classroom Projects and Curriculum Ideas* **12**, 19 (1975).
- [9] R.A. Postiglione, *The Clearing House* **55**, 314 (1982).
- [10] L.G. Brandes, *School Science and Mathematics* **83**, 149 (1983).
- [11] D. Edge e E.R. Jones Jr., *Physics Teacher*. **22**, 591 (1984).
- [12] A. Medeiros, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **23**, 329 (2006).
- [13] P.B. Ramos e R.R. de Souza, *Física na Escola* **4**(1), 25 (2003).
- [14] M.F. Parisoto e T.R. Hilger, *Física na Escola* **12**(2), 48 (2011).
- [15] B. Barreto e C. Xavier, *Física Aula por Aula: Mecânica dos Fluidos, Termologia, Óptica – 2º Ano* (FTD, São Paulo, 2013) 2ª ed., v. 2.
- [16] J.R. Bonjorno, C.M. Ramos e L.A. Alves, *Física: Termologia, Óptica, Ondulatória – 2º ano* (FTD, São Paulo, 2013) 2ª ed., v. 2.
- [17] W.E. Hill. *My Wife and My Mother-in-Law*, 1915. Disponível em <http://www.loc.gov/pictures/item/2010652001/>. Acesso em 4/2017.
- [18] E.W. Weisstein, in: *Mathworld – A Wolfram Web Resource* (2011). Disponível em <http://mathworld.wolfram.com/YoungGirl-OldWomanIllusion.html>. Acesso em 4/2017.
- [19] J. Toriyumi, *Speed Racer*, 1967. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=tsZnpctqfuM>. Acesso em 4/2017.
- [20] O.H.M. da Silva e C.E. Laburú, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **21**, 111 (2004).
- [21] SóFísica, *Ilusões de Óptica*, 2014. Disponível em <http://www.sofisica.com.br/%20conteudos/Otica/Instrumentosoticos/ilusaodeoptica.php>. Acesso em 4/2017.
- [22] A.G. dos Santos, *acervo pessoal*, 2014.
- [23] Diariorio24h, *Holograma do cantor Michael Jackson*. 2014. Disponível em <http://www.diariorio24horas.com.br/imgs/artigos/20-05-2014-michael-jackson-holograma-2.jpg>. Acesso em 4/2017.
- [24] YouTube, *Giant floating city seen over China*. 2015. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=oC3Exk65ZAA>. Acesso em 4/2017.
- [25] A. Gaspar, *Compreendendo a Física: Ondas, Óptica, Termodinâmica* (Ática, São Paulo, 2013) 2ª ed., v. 2.
- [26] M. McCaffrey, in: *A Mirage, Sossusvlei, Namibia*. 2016. Disponível em <http://www.nomadic-by-nature.com/sand-skrit-dunes-sossusvlei-namibia/sossusvlei-namibia-17-2/>. Acesso em 4/2017.