

A invariância do tamanho da imagem do próprio corpo em frente a um espelho plano: por que tantos estudantes erram esta questão? ⁺*

*João Batista Siqueira Harres*¹

Universidade Federal de Rio Grande
Rio Grande – RS

Resumo

Este trabalho envolve a aplicação de uma questão a estudantes universitários ingressantes no curso de Biologia, realizada durante a primeira aula de uma disciplina introdutória de Física, ministrada de forma remota devido à pandemia. A questão perguntava o que seria possível fazer para ver uma maior parte do próprio corpo em um espelho plano. Aproximadamente 90% dos estudantes responderam que isso seria possível ao se deslocar para frente ou para trás, replicando um resultado histórico obtido em um levantamento com mais de 400 estudantes. Após a realização de atividades voltadas para uma melhor compreensão do tema, foi aplicado um instrumento de autoavaliação no qual os estudantes explicaram a origem de suas respostas iniciais e descreveram sua compreensão final. A análise de conteúdo dos dados resultou na criação de categorias iniciais e finais para as explicações, assim como em uma matriz de transição das compreensões observadas. As autoavaliações revelaram uma diversidade das interpretações da situação, algumas das quais em consonância com resultados de pesquisas anteriores. Após as atividades, quase metade dos estudantes avançou em direção à resposta correta, embora vários ainda demonstrassem desconfiança do resultado. Ao final, são elencadas implicações para o ensino de óptica geométrica.

Palavras-chave: Espelhos Planos; Ideias dos Alunos; Autoavaliação.

⁺ The size of the image of one's own body in front of a plane mirror: Why do so many students get this question wrong?

* Recebido: 19 de setembro de 2024.
Aceito: 26 de agosto de 2025.

¹ E-mail: jbharres@gmail.com

Abstract

This work involves applying a question to undergraduate students from biology program conducted during the first class of an introductory Physics course, taught remotely due to the pandemic. The question asked what it would be possible to do to see more of one's own body in a plane mirror. Approximately 90% of students responded that this would be possible when moving forward or backward, replicating a historical result obtained in more than 400 students. After conducting activities aimed at better understanding the topic, a self-assessment instrument was applied in which students explained the origin of their initial answers and described their final understanding. Data content analysis resulted in the creation of initial and final categories for explanations, as well as a transition matrix of observed understandings. Self-assessments revealed a diversity of interpretations of the situation, some of which were in line with previous research results. After the activities, almost half of the students moved towards the correct answer, although several still showed distrust of the result. At the end, implications for the teaching of geometric optics are listed.

Keywords: *Plane Mirror; Student's Ideas; Self-Evaluation.*

I. Introdução

Quando estamos em frente a um espelho plano sempre vemos uma imagem do nosso corpo de mesmo tamanho independentemente da distância que estivermos do espelho. Se o espelho tiver uma altura maior que a metade da nossa e desde que esteja colocado em uma altura adequada², poderemos ver sempre o nosso corpo inteiro. Se o espelho tiver uma altura menor que a metade da nossa altura, a fração do nosso corpo que podemos ver não mudará aproximando-se ou afastando-se dele. Enfim, os espelhos planos sempre formam imagens de mesmo tamanho que o objeto. Entretanto, quando se pergunta aos estudantes, mesmo de nível universitário, se essa imagem aumenta ou diminui quando a distância até ele varia, a grande maioria afirma que ocorre mudança nesse tamanho ou na fração do nosso corpo que podemos ver.

Na tentativa de compreender as razões dessa forte incidência, foram analisadas as autoavaliações de estudantes universitários das respostas iniciais dadas a essa pergunta,

² Se a borda inferior do espelho estiver alta demais ou, ainda, se o espelho tiver uma altura maior que a metade da altura da pessoa e menor que altura dela (por exemplo $\frac{3}{4}$ da altura da pessoa) e a borda superior do espelho estiver baixa demais (abaixo da linha dos olhos da pessoa) ela não poderá ter uma visão completa do próprio corpo.

denominada, doravante, de questão TIPEP³. Depois disso, foi analisado se e como essas ideias se modificaram após a realização de algumas atividades específicas a respeito. O contexto foi uma disciplina introdutória de física desenvolvida remotamente (devido à pandemia da COVID-19) para ingressantes ao curso de Biologia de uma universidade privada do sul do país.

Nesse grupo, a porcentagem de acertos foi muito baixa, apenas dois acertos entre 44 estudantes. Poucos acreditavam que o tamanho da imagem formada por um espelho plano seja independente da distância até ele. Entre os que erraram a questão, a maioria afirmou que seria possível, deslocando-se para trás, ver uma maior parte do próprio corpo. A opção de que aproximando-se do espelho isso seria possível foi escolhida por um número bem menor de sujeitos.

Após a aplicação dessa e de outras questões relativas à introdução à óptica geométrica⁴, esses estudantes vivenciaram uma estratégia de ensino orientada para promover a evolução das suas ideias iniciais. A abordagem dedicou ênfase no registro e na análise do próprio processo de aprendizagem a partir de um instrumento de autoavaliação. As atividades desenvolvidas parecem ter colaborado para um deslocamento das compreensões dos estudantes em direção aos conhecimentos científicos coerentes com o fenômeno em estudo. Mesmo assim, ao final, muitos estudantes que afirmaram terem compreendido a questão, ainda expressavam uma desconfiança da resposta correta.

Os registros produzidos pelos estudantes nos instrumentos de autoavaliação ajudaram a elencar possíveis explicações de como a situação TIPEP foi sendo concebida e compreendida. As explicações iniciais parecem ter relação com a perspectiva com que os objetos distantes são vistos parecendo menores. Também apresentam relação com aspectos apontados por outras pesquisas, como o processo da visão e a reflexão da luz. Ao final, discute-se algumas implicações para o ensino de óptica, especialmente dos espelhos planos, o qual, como aponta esta e outras pesquisas, parece envolver uma complexidade não desprezível.

II. Antecedentes

II.1 Outras aplicações da questão TIPEP

Nessa seção são apresentados e comentados dados de algumas aplicações da questão TIPEP. A Tabela 1, a seguir, resume as características dos respondentes e os dados de seis aplicações, nas quais a grande maioria era composta por estudantes do ensino superior. As três primeiras referem-se aos dados coletados por Goldberg e McDermott (1986) e as demais aplicações foram realizadas pelo autor desse estudo.

A tabela destaca quão rara é a escolha da resposta correta (6% em média), isto é, de que nada pode ser feito nessa situação para poder ver uma maior parte do próprio corpo. Além

³ Tamanho da Imagem da Pessoa em um Espelho Plano

⁴ Doravante, a palavra “óptica” é considerada como sendo a óptica geométrica, excetuando a óptica física.

disso, evidencia-se que a opção de que o tamanho da imagem aumenta ao se afastar do espelho é muito mais escolhida (84%) do que a alternativa se aproximar (10%). Outra observação importante é que, aparentemente, já ter estudado o tema no ensino superior parece não influenciar nas respostas.

O trabalho de Goldberg e McDermott (1986), envolvendo aplicações da questão TIPEP, é um dos trabalhos mais citados no que se refere à pesquisa das ideias dos estudantes sobre óptica⁵. Os autores criaram um questionário com quatro questões sobre imagens em espelhos planos e aplicaram em três grupos de estudantes de física; destes apenas um grupo já havia estudado óptica no ensino superior.

O primeiro grupo foi entrevistado com os autores propondo as questões de modo que o entrevistador e o estudante estivessem sentados em frente a um espelho e, quando era o caso, fazendo uso de objetos relativos às questões propostas. O segundo grupo respondeu as questões de forma impressa durante uma aula. Os autores afirmam que, nesta situação, buscaram replicar o máximo possível o contexto de uma entrevista, por exemplo, explicando oralmente as questões, mas sem interagir com os respondentes. O terceiro grupo foi entrevistado logo após os estudos relativos aos espelhos planos. A questão perguntava: “O que, sendo possível, você pode fazer para ver mais do próprio corpo no espelho?”⁶. As primeiras três linhas da Tabela 1 apresentam os dados dessas três aplicações. O índice de acerto médio destes grupos foi de 10%, aproximadamente. Mover-se para trás foi a resposta de aproximadamente 80% dos entrevistados.

Tabela 1 – Aplicações da Questão TIPEP.

Ano	N	Curso(s)	Tipo e local da instituição	n	Instrução Anterior	Resposta		
						Nada	Afastar-se	Aproximar-se
1986	S	Física	privada (EUA)	35*	Não	2 (6%)	33	0
1986	S	Física	privada (EUA)	163	Não	17 (10%)	129	17
1986	S	Física	privada (EUA)	18*	Sim	3 (2%)	15	0
1988	S	Engenharias	privada (RS)	94	Sim	1 (1%)	82	11
1989	M	Téc. Química	pública (RS)	56	Não	2 (4%)	50	4
2018	S	Engenharias	privada (RS)	28	Não	0	22	6
2019	S	Engenharias	privada (RS)	31	Não	0	24	7

⁵ Entre as pesquisas sobre as ideias dos estudantes consultadas, este artigo é citado em quase 70% delas.

⁶ “What, if anything, can you do to see more of yourself in the mirror?”

Todos	425	-	25 (6%)	355 (84%)	45 (10%)
-------	-----	---	------------	--------------	-------------

* Dados coletados a partir de entrevistas

Legenda: N: nível de ensino (S: Superior; M: Médio); n: número de sujeitos. Fonte: Harres (2025).

A Fig. 1 mostra os diagramas construídos pelos autores para representar o ponto de vista dos estudantes entrevistados que previam ser possível ver uma maior parte do próprio corpo afastando-se do espelho. A Fig. 1a representa o pensamento indicado por estudantes que pareciam conceber a situação como se estivessem “olhando para” o espelho com um ângulo de visão de tamanho fixo. Segundo os autores, as Fig. 1b e 1c apresentam esquematicamente a ideia de que o espelho “contém” a imagem.

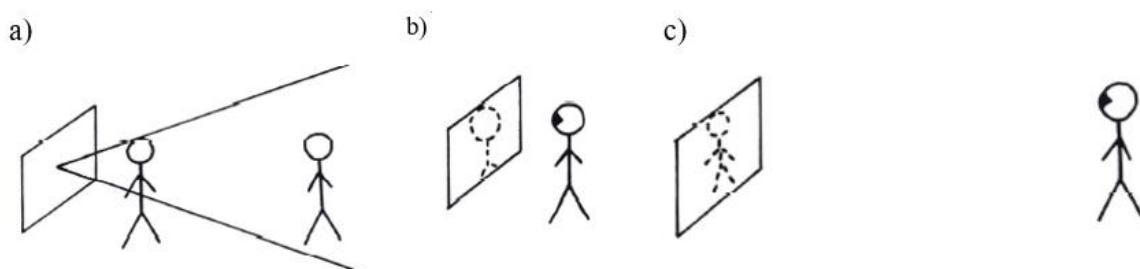


Fig. 1 – Diagrama representando as respostas à questão TIPEP. Fonte: Goldberg e McDermott (1986, p.478).

Pelas entrevistas, ficou claro para os investigadores que as respostas dos estudantes estavam baseadas em como concebiam sua experiência cotidiana, como por exemplo,

“se eu me afasto, todo o meu corpo é capaz de caber no espelho e eu verei meu corpo todo” e “conforme me afasto, minha imagem se torna menor e isto faz com que caiba dentro do espelho e, conforme me aproximo, minha imagem fica maior e o espelho tem um tamanho fixo” (Goldberg; Medermott, 1986, p.478).

Durante as entrevistas, nenhum dos estudantes construiu um diagrama de raios que permitisse determinar a parte do próprio corpo que pode ser vista em diferentes distâncias. Muitos tentaram desenhar um diagrama que provasse estarem corretos. Perguntados sobre o grau de confiança na sua previsão, a maioria dos estudantes estava convicta de que era possível ver mais do seu próprio corpo afastando-se do espelho.

Seguindo com as aplicações da questão TIPEP, a quarta e a quinta linha da Tabela 1 mostram dados obtidos pelo autor em duas aplicações diferentes, mas no contexto de uma mesma pesquisa. Na primeira (Harres, 1993) o teste foi aplicado em um grupo de estudantes de 3º semestre de cursos de engenharia e que já haviam estudado óptica neste nível de ensino. Apenas um estudante, entre 94, acertou. Na outra aplicação (Harres, 1991), a questão TIPEP

foi aplicada, previamente à instrução para estudantes cursando o terceiro ano do curso de Técnico em Química e que tinham o autor como docente. Como se percebe pela Tabela 1, novamente, o acerto foi baixíssimo, sendo de 4% no total deste grupo.

Avançando 30 anos no tempo, a quinta e a sexta linhas da Tabela 1 apresentam duas aplicações mais recentes (2018 e 2019), nas quais uma versão reduzida do mesmo teste, contendo apenas oito questões, incluindo a questão TIPEP, foi aplicada a estudantes de engenharia do 3º semestre no momento em iniciavam uma disciplina de óptica e física moderna. Nessas duas aplicações ninguém acertou a questão. Em ambos os casos, após a aplicação, foram propostas atividades desenvolvidas na pesquisa citada anteriormente (Harres, 1991). A mais simples dessas atividades consistiu em levar para a sala um espelho no qual a pessoa não conseguia ver o corpo inteiro. Os estudantes foram organizados em fila e, diante do espelho cada um se aproximava para marcar até que parte do corpo conseguia ver e, em seguida, afastava-se e aproximava-se para verificar se a visualização mudava. Após essas observações, expressões de espanto e intriga foram notadas. Muitos estudantes não se convenciam e afirmavam que confeririam o resultado em casa, insistindo em suas respostas iniciais.

Concluindo essa revisão da aplicação da questão TIPEP, é possível afirmar que, dada a frequência e a consistência dos dados encontrados ao longo do tempo, provavelmente estamos diante de uma questão relevante para o ensino de óptica e, ao mesmo tempo, intrigante para os estudos sobre aprendizagem dos conceitos envolvidos, o que nos remete às pesquisas realizadas a respeito.

II.2 Ideias dos estudantes sobre espelhos planos

No Brasil, há poucas publicações que analisam a aprendizagem sobre a formação de imagens em espelhos planos, e, especificamente em relação à questão TIPEP, os estudos são ainda mais escassos. Por exemplo, Goulart, Dias e Barros (1989) entrevistaram 80 crianças com idade entre 7 e 10 anos e identificaram (entre outros tópicos de óptica) que apenas 10% delas localizavam a imagem de um objeto “atrás” do espelho. Mais recentemente, Gircoreano e Pacca (2001) concluem que os estudantes apresentam grande dificuldade em conceber imagens, possivelmente devido a que a descrição geométrica dos conceitos se faz em um plano (na lousa ou no papel) havendo, portanto, desconsideração da questão espacial e de outros entes geométricos envolvidos no formalismo das leis da reflexão. Já Valadares e Fonseca (2004) observaram forte resistência do grupo que vivenciou um ensino tradicional em superar a ideia de que, para se ver de corpo inteiro, é necessário que o espelho tenha, no mínimo, o mesmo tamanho da pessoa. No grupo que participou da proposta investigativa, essa superação atingiu 90%.

Publicações fora do Brasil a respeito da formação de imagens em espelhos planos também são pouco frequentes. Tal como no contexto brasileiro, poucas tratam da questão TIPEP diretamente. Langley, Ronen e Eylon (1997) identificaram que, mesmo após um ensino supostamente inovador, poucos estudantes entre 14 e 16 anos conseguiram produzir diagramas

explicativos consistentes para a formação de imagens. Segundo estes autores israelenses, os esboços tendiam a ser mais pictóricos e ilustrativos do que simbólicos e explicativos. Apenas quatro de 140 estudantes explicou corretamente a situação dos raios envolvidos.

Na mesma linha, Chen Lin e Lin (2002) encontraram que apenas 34% de 317 estudantes coreanos com idade entre 15 e 17 anos responderam que a posição e o tamanho da imagem de um objeto não dependem da localização do observador. Já o estudo de Aydin, Keles e Hasiloglu (2012), entrevistando 70 futuros professores de ciências da Turquia, encontrou a ideia de que a posição do observador na posição tem influência no tamanho da imagem.

Em outro trabalho, Cummings e Grillo (2005) entrevistaram 50 estudantes norte-americanos em um curso universitário introdutório de física para melhor entender algumas lacunas do trabalho de Goldberg e McDermott (1986)⁷. Entre os seus resultados, constataram que quase a metade expressava a igualdade do ângulo de incidência com o ângulo de reflexão apenas no discurso e não nos desenhos. Já Osuna, Torregrosa e Carrascosa (2007) aplicaram um questionário em 242 estudantes espanhóis com idade entre 13 e 19 anos que já tinham vivenciado instrução sobre o tema. Nenhum estudante localizou corretamente onde se forma a imagem em um espelho plano. Para os autores, estes estudantes não dispunham de uma representação física do que é uma imagem.

Na mesma direção, Hisik (2011), aplicou um teste com questões sobre óptica antes e depois da implementação da proposta inovadora de ensino a 22 estudantes universitários. As respostas prévias dos estudantes revelaram que estes faziam uma diferenciação entre a observação da imagem e a sua formação. E, embora tenha havido um incremento das respostas corretas dos estudantes após o ensino, muitos estudantes seguiram mantendo as ideias do pré-teste. O autor conclui que o estudo dos espelhos planos requer a consideração da existência de um observador, uma vez que o olho humano é um componente inseparável das explicações para questões de espelho plano.

Ainda na década passada, John, Molepo e Chirwa (2016) investigaram como 70 estudantes sul-africanos com idade entre 15 e 17 anos concebiam a reflexão da luz em espelhos planos. Tal como constatado em outros trabalhos, a maioria dos estudantes parecia não entender o papel do observador e da fonte de luz na formação da imagem. Os autores enfatizam a necessidade de discussões sobre diagramas de raios no processo de formação de imagens em espelhos incluindo o observador e a fonte de luz.

Recentemente Husin (2019), apoiando-se no trabalho de Goldberg e McDermott (1986), buscou compreender as experiências vividas por cinco estudantes universitários sobre a formação de imagens por um espelho plano. As análises qualitativas desenvolvidas por este autor indicaram que as vivências dos estudantes influem de forma a favorecer a presença da ideia de que movendo-se em direção ao espelho, o tamanho da imagem aumenta e, afastando-se dele, o tamanho da imagem se reduz. Foi identificado ainda a ideia de que a imagem de um objeto só pode ser vista por completo se a altura do espelho for maior que a altura do objeto.

⁷ Analisado na próxima seção

Para este autor, o ensino de óptica deve propiciar que os estudantes levem em conta o papel desempenhado pelo observador na formação da imagem em todos os instrumentos ópticos, por exemplo, criando situações que permitam testar se o movimento do observador realmente afeta a imagem formada.

Mais recente ainda, Degirmenci (2023) construiu um questionário com 15 perguntas abordando as dificuldades de aprendizagem identificadas na sua revisão de 18 artigos a respeito e o aplicou em um grupo de 36 futuros professores dos anos iniciais da Turquia, entre os quais a metade já tinham estudado óptica na universidade. A questão nº 6 desse questionário praticamente replica a questão TIPEP. Apenas seis sujeitos deram a resposta correta.⁸

Na revisão de trabalhos sobre espelhos planos, é necessário ainda considerar a produção consistente e estendida sobre as dificuldades de aprendizagem em óptica do grupo de pesquisadoras argentinas formado por Marta Pesa e colaboradores. Avançando em relação às pesquisas anteriores, as investigações deste grupo abarcaram perspectivas teóricas associadas ao modelo de mudança conceitual e ao paralelismo entre a história da ciência e a epistemologia genética (Pesa; Cudmani; Bravo, 1995). Embora tenham investigado vários aspectos da área de óptica, tais como a propagação da luz, o processo da visão e a formação de imagens, não foram encontrados registros de trabalhos envolvendo especificamente a questão TIPEP. Mesmo assim, vale destacar algumas conclusões dessas pesquisas relacionadas com este trabalho.

Este grupo de pesquisadores se orientou por três hipóteses sobre as ideias prévias dos estudantes relativas à natureza e propagação da luz. A primeira é que estas constituem ideias estruturais e profundas nessa área. A segunda é que, em geral, as formas de pensar associadas a estas ideias constituem um obstáculo para a aprendizagem das ideias científicas, justificando a necessidade da sua identificação. E a terceira é que a formulação de estratégias para promover a aprendizagem das ideias científicas deve envolver, ao mesmo tempo, aspectos metodológicos, epistemológicos e atitudinais (Pesa; Cudmani; Sandoval, 1993).

Do mesmo grupo, o trabalho de Sandoval e Salinas (2016) discute e propõe ações para a questão da suposta inversão das imagens formadas por espelhos planos. Segundo as autoras, a observação de imagens formadas por espelhos planos intervém nas nossas vivências cotidianas desde a primeira infância, propiciando a construção de um conhecimento específico com esses e outros instrumentos ópticos. Assim, considerando que o estudo das leis da reflexão da luz e sua aplicação aos espelhos planos faz parte dos programas de ensino, as dificuldades com a suposta inversão das imagens não parecem ser causadas por falta de conhecimento, mas sim pelo mal-entendido papel que o observador desempenha como parte do sistema óptico e como referência de observação. Segundo as autoras, este mal-entendido “transforma as leis da óptica em um conjunto de técnicas (construção de esquemas geométricos e cálculos da posição de formação das imagens) sem maior significado físico e relação com situações reais” (p.36). Isso teria a consequência de atribuir aos espelhos planos efeitos produzidos pelas ações desenvolvidas pelo observador ou de mudanças no sistema de referência.

⁸ O autor não informou a distribuição das respostas entre as opções entre afastar-se e aproximar-se.

Os pesquisadores concluem que os estudantes entre 12 e 15 anos tendem a explicar a formação e visão de uma imagem óptica com base em ideias intuitivas ou outros produtos da escolarização que geralmente são incompletos e incorretos em termos do que é proposto pela ciência. Em muitos casos os estudantes ignoram o papel ativo do observador na formação da imagem e afirmam, por exemplo, que se o observador fechar os olhos a imagem permanecerá no espelho embora ele não possa vê-la, concebendo assim a formação e a visão como processos independentes (Pesa, 1999; Bravo; Pesa; Rocha, 2011; 2012).

Tendo em conta os diversos trabalhos desse grupo argentino, os trabalhos revisados anteriormente e ainda, em especial, a revisão recente de Degirmenci (2023), é possível construir uma lista de ideias (mostradas no Quadro 1) em função da sua relação com a questão TIPEP que se opõem ou dificultam a aprendizagem da formação de imagens em espelhos planos.

Quadro 1 – Relação entre as ideias sobre imagens em espelhos planos e a Questão TIPEP.

Relação	Possíveis ideias dos estudantes
Indireta	Os raios que formam a imagem saem dos olhos do observador.
	A imagem existe mesmo se nenhum observador estiver olhando.
	Quando a luz atinge o espelho, ela permanece na sua superfície.
	A imagem de um objeto num espelho plano está bem na frente do observador.
	Em um espelho plano, a imagem do objeto está na frente/sobre a superfície ou dentro do espelho.
	O tamanho da imagem depende do tamanho do espelho
	As distâncias do objeto e da sua imagem até o espelho plano são diferentes.
	Se as dimensões do espelho plano forem aumentadas, a imagem torna-se maior.
	Quando o observador se move lateralmente, a imagem do objeto se move no sentido oposto.
Direta	Se o observador se move, o tamanho e a localização da imagem do objeto mudam.
	Se uma pessoa se aproxima ou se afasta do espelho plano, ela pode ver mais de si mesma.
	Para que um observador em uma determinada posição veja de corpo inteiro é necessário que o espelho tenha altura, no mínimo, igual à do observador.
	A fração que um observador pode ver do seu corpo em um espelho cuja altura é menor que a metade da altura do observador varia em função da distância do observador até o espelho.

Fonte: Harres (2025).

III. Aplicação da questão TIPEP e atividades subsequentes

A aplicação da questão TIPEP aqui analisada teve um resultado semelhante às aplicações anteriores relatadas na seção II.1. Dos 44 respondentes, apenas dois (4%) escolheram a opção correta e, dos 42 restantes, 82% escolheram a opção “afastar-se”.

Porém, o contexto dessa aplicação foi bem diferente das duas últimas listadas na Tabela 1. Em primeiro lugar, se antes eram estudantes cursando sua terceira disciplina de física (de 60h) em cursos de engenharia, agora a turma era de recém ingressados no ensino superior e cursando Biologia (licenciatura e bacharelado) cujo currículo inclui apenas uma disciplina de

física de 30h, a qual estava prevista para ser desenvolvida em quinze encontros noturnos de duas horas-aula. A turma era composta por 51 estudantes, sendo 72% do gênero feminino.

Em segundo lugar, o início do semestre letivo (fim de fevereiro) coincidiu com o início da pandemia de COVID, resultando em aulas remotas para todas as aulas semanais, exceto a primeira aula. Durante os encontros síncronos, cuja participação não era obrigatória, foi utilizada a ferramenta Zoom para transmissão e gravação das aulas. As aulas gravadas podiam ser assistidas a qualquer momento (forma assíncrona) e respectivos os trabalhos também podiam ser entregues a qualquer momento.

Apoiada em pesquisa anterior (Harres; Guedes, 2018), a disciplina foi organizada segundo uma abordagem que parte das ideias dos alunos sobre os temas a serem estudados para depois propor atividades individuais e coletivas estruturadas em estratégias didáticas de maior potencial para a promoção da evolução conceitual, conforme propõe Hashweh (1996). Nessa perspectiva, estão em ordem crescente desse potencial, respectivamente, as ações de explicar, convencer, refutar e desenvolver as ideias dos estudantes.

A avaliação da aprendizagem, ainda que orientada pelo conhecimento científico aceito, esteve centrada na autoavaliação para favorecer que a expressão do próprio pensamento fosse a mais espontânea possível. Nesse sentido, a evolução conceitual alcançada não tinha relação com a atribuição de nota, a qual esteve condicionada ao cumprimento das tarefas, especialmente, do processo de autoavaliação das atividades. Ao final do semestre, ninguém foi reprovado⁹.

No primeiro encontro, foi aplicada uma versão reduzida de oito questões do teste já mencionado construído pelo autor (Harres, 1993). A média geral de acertos foi 2,5 questões (31%). Dos 44 respondentes, 40 estudantes obtiveram escore médio situado entre um e quatro acertos, do total de oito possíveis. Dois estudantes erraram todas as questões. O escore mais alto foi de cinco acertos, alcançado por dois estudantes. Enfim, um quadro previsível, como mostrou a revisão de pesquisas na área.

Nas aulas seguintes, foram discutidas cada uma das questões do teste. Para cada uma delas, foi apresentada inicialmente a distribuição das respostas da turma entre as opções e, na sequência, foi feita a análise e a discussão dos pressupostos que teriam levado os estudantes à escolha de cada alternativa. Enquanto eram discutidas cada uma das questões do teste, fomentou-se a exposição das opiniões de cada um, além da apresentação de imagens, vídeos e demonstrações experimentais ao vivo sobre a resposta correta, fornecendo subsídios para que os estudantes pudessem refletir sobre suas respostas iniciais ao teste.

Por exemplo, a Fig. 2 mostra fotografias da montagem apresentada aos estudantes na discussão da questão TIPEP usando duas pilhas como objeto e um espelho pequeno apoiado em um bloco de madeira. Depois de colocar uma pilha em frente ao espelho, uma segunda pilha é colocada na direção e ao lado de onde se vê a imagem da primeira até que elas sejam vistas com um mesmo tamanho. Depois disso, pode-se medir a distância de cada uma até o espelho.

⁹ A análise completa do desenvolvimento dessa proposta no formato remoto é apresentada em Harres (2024).

Como mostram as Fig. 2a, 2b e 2c, essas distâncias (aproximadamente 8,0 cm) são iguais. A Fig. 2d mostra a mesma montagem com 4,0 cm de distância das pilhas ao espelho.

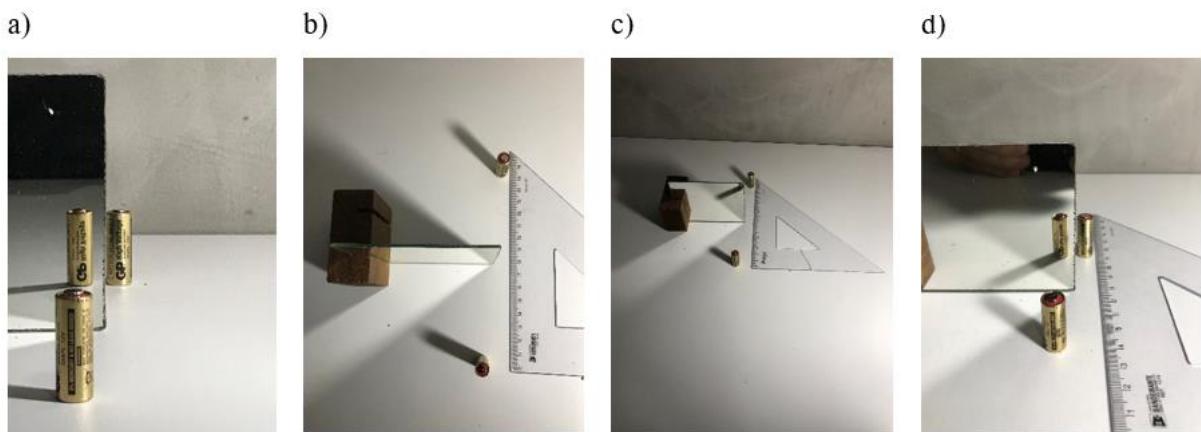


Fig. 2 – Montagem com pilhas em frente a um espelho plano mostrando que a distância entre o objeto e o espelho é a mesma entre a sua imagem e o espelho. Fonte: Harres (2025).

Considerando que a noção de perspectiva possa influenciar nas respostas erradas da questão TIPEP, buscou-se recursos que ajudassem na identificação dessa noção. Assim uma das atividades foi analisar as imagens mostradas em figuras retiradas de Cassidy (1981) e Epstein e Hewitt (1981).

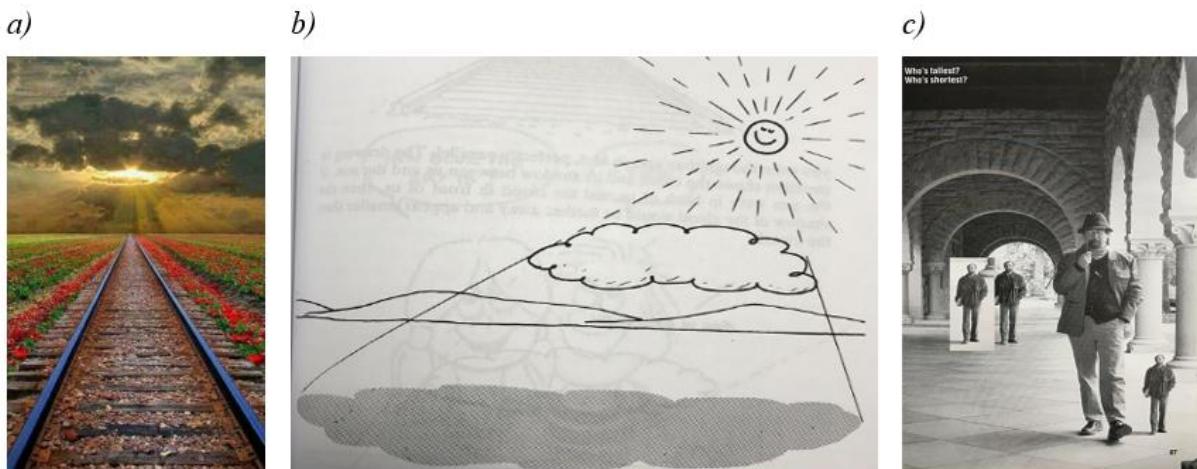


Fig. 3 – Imagens sobre perspectiva. Fonte (a) e (c): Cassidy (1981, p.86 e 87); (b): Epstein; Hewitt (1981, p. 265)

Na fotografia da Fig. 3a, parece que os trilhos vão se encontrar num ponto distante e, nessa ilusão, a distância entre eles e o seu tamanho aparentemente vão diminuindo. Naquele momento perguntou-se o que se encontraria se medíssemos a distância entre os trilhos onde a fotografia foi realizada e, depois, medíssemos muito à frente em um local bem distante. Na

fotografia da Fig. 3c, embora pareça que não, a pequena figura humana que aparece no canto direito embaixo tem o mesmo tamanho daquela que está atrás na foto, o que se constata, como foi feito pelo autor, colando uma cópia dessa imagem ao lado da que está ao fundo.

Em relação à perspectiva, foi analisada ainda a situação mostrada na Fig. 3b sobre o tamanho das nuvens que originam sombras no chão. Essa imagem tende a levar o observador a pensar que essas sombras sejam maiores que a nuvem que as originou. Novamente, sendo possível medir o tamanho da nuvem e o tamanho das sombras observaríamos que são iguais. Ademais, estes autores chamam a atenção ao fato, menos comum, de que se o Sol estiver nas nossas costas e as nuvens na nossa frente, veríamos uma sombra aparentemente menor que as nuvens, como pode ser visto, por exemplo, desde um avião.

Na sequência, enfatizou-se que era muito importante que cada um testasse por si mesmo a resposta da questão TIPEP em frente a um espelho. Assim, foi solicitado que os estudantes fizessem em casa *selfies* em duas distâncias diferentes. Inicialmente muitos não realizaram de forma que propiciasse a comparação proposta. Muitos usaram um espelho em que já era possível ver-se de corpo inteiro. Outros mudavam a posição do corpo ou do telefone celular em relação ao próprio corpo, impossibilitando uma comparação adequada da fração mostrada do corpo em cada uma das duas posições. E outros ainda usaram espelhos que não permitiam uma variação significativa da distância até ele. Em todos esses casos, os estudantes refizeram as fotos.

Para ajudar na tarefa, o autor fez fotos de si mesmo em duas distâncias diferentes de um espelho, como mostram as Fig. 4a e 4b, a seguir, e que foram publicadas posteriormente no ambiente virtual da disciplina. A fotografia da Figura 4c, à direita, mostra a fotografia 4b ampliada para uma melhor comparação com aquela realizada mais perto do espelho. Observando as duas fotos, nota-se que a parte mostrada do corpo é a mesma, isto é, em ambas pode-se ver apenas até a cintura (no fim da camisa).

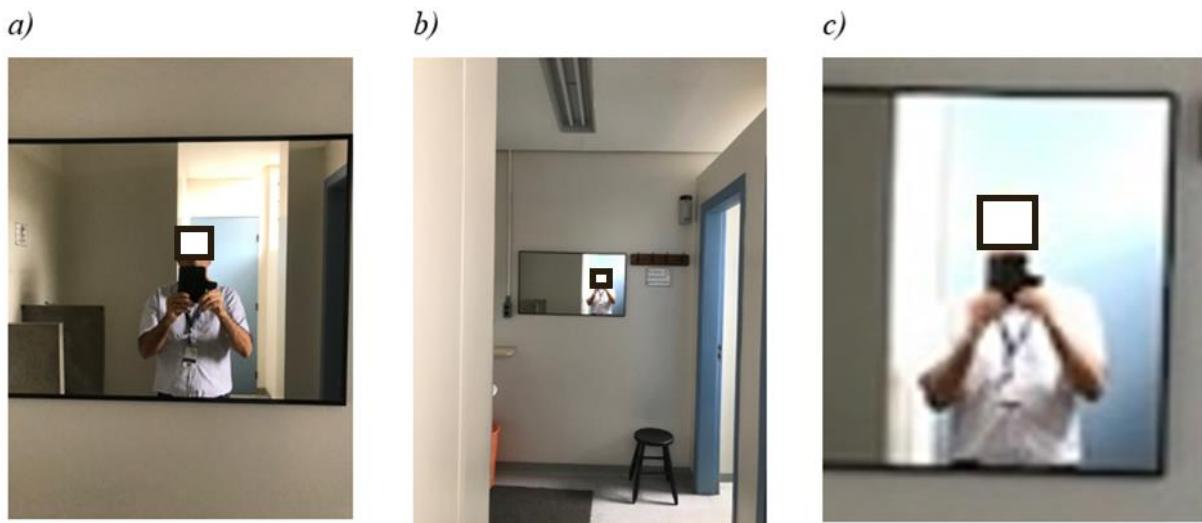


Fig. 4 – Selfies realizadas pelo autor em duas distâncias de um espelho plano (4a e 4b). A Fig. 4c é uma ampliação da parte da imagem da 4b. Fonte: Harres (2025).

Como exemplo desse processo realizado pelos estudantes, as Fig. 5a e 5b mostram as *selfies* feitas por um estudante. Na Fig. 5b o autor usou o mesmo processo da figura anterior, ampliando a foto mais distante para facilitar a comparação. Essa ampliação foi feita em cada uma das fotos recebidas e enviada a todos os estudantes com um parecer a respeito.

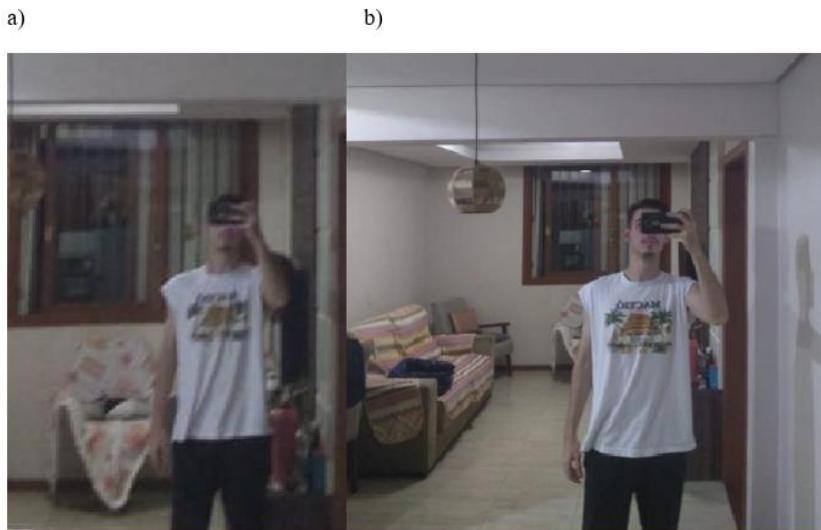


Fig. 5 – Exemplo de *selfie* em duas distâncias diferentes. Fonte: Harres (2025)

IV. Análise das autoavaliações

Após terem respondido o teste na primeira aula e nas duas seguintes terem discutido cada uma das oito questões do teste, havia chegado o momento da primeira autoavaliação. Nessa primeira autoavaliação, os estudantes receberam um documento no qual, para cada uma das questões (especialmente aquelas em que haviam dado uma resposta incorreta), deviam justificar a opção escolhida e tentar expressar o pensamento construído após as atividades. Nas subseções seguintes são detalhadas as análises das justificativas do pensamento inicial e da compreensão após as primeiras atividades relativas à questão TIPEP.

Durante esse processo, houve muitas revisões até que a maioria dos estudantes conseguisse expressar com mais clareza e profundidade sua autoavaliação inicial. As respostas iniciais no instrumento de autoavaliação revelaram pouco sobre o pensamento implícito por trás da escolha da resposta em cada questão, ainda que a produção escrita a respeito tenha sido extensa, com uma média de 25 palavras por justificativa.

Como último momento de autoavaliação, depois de haverem estudado outros tópicos de óptica, foi perguntado (na 8^a semana de aula), qual era o grau de confiança nesse pensamento e como as *selfies* havia ajudado nesse processo. O Quadro 2, sintetiza as perguntas de cada momento de autoavaliação.

Quadro 2 – Perguntas da autoavaliação da questão TIPEP em cada momento.

4^a aula (sobre a 1^a)	4^a aula	8^a aula
O que pensei quando respondi na 1 ^a aula?	O que penso agora após as atividades?	Após a conclusão do primeiro bimestre avalie: a) Qual o grau de confiança você tem hoje na sua compreensão? b) Que influência tiveram as <i>selfies</i> nessa (possível) mudança?

Fonte: Harres (2025).

As subseções seguintes analisam essas autoavaliações. As respostas aos instrumentos de autoavaliação foram categorizadas conforme a Análise de Conteúdo proposta por Moraes (1999). Nesse processo, buscou-se mapear as razões apontadas pelos estudantes quanto às dificuldades com essa questão e de como as compreensões adequadas ou não foram percebidas por eles. Isso propiciou a elaboração de algumas hipóteses para a origem dessas ideias e para a identificação dos obstáculos à aceitação da ideia correta. Para as análises, foram consideradas somente as respostas daqueles sujeitos que completaram todas as tarefas relativas à questão TIPEP (44 estudantes).

IV.1 Primeira parte da Autoavaliação: o que pensei quando respondi no 1º dia de aula?

Nesse momento, foram analisadas 42 justificativas iniciais já que os dois estudantes que acertaram a questão não justificaram suas respostas. Entre os demais, chamou atenção a diversidade das respostas, ainda que, em muitos casos, tenham sido usadas palavras diferentes para se referir a um mesmo aspecto da situação. Como já mostrou a Tabela 1, a frequência da escolha entre as alternativas “afastar-se” e “aproximar-se” e foi bastante desigual, 36 e 6, respectivamente. Para a resposta “afastar-se”, as análises levaram à construção de sete categorias. As justificativas semelhantes foram reunidas em uma mesma categoria. Mesmo assim, foi possível identificar algumas ideias centrais, distintas em algumas categorias, como mostra o Quadro 3 que sintetiza os resultados dessa análise.

Quadro 3 – Categorização e frequência das justificativas das respostas “afastar-se” (n = 36).

Categoria	n	Ideias centrais	Exemplo
11 - Se vê mais se afastando	11	De longe se vê mais.	<i>Se estamos próximos demais do espelho só conseguimos enxergar a parte dele para qual olhamos (E40¹⁰).</i>
12 - Prática cotidiana	11	Prática cotidiana. Experiência própria. Situação real frente a um espelho. Senso comum.	<i>Lembrei de todas as vezes em que estava me arrumando para sair e para conseguir enxergar meu corpo inteiro, me afastava do espelho (E4).</i>

¹⁰ O número junto à letra identifica o código do estudante.

13 - Aumenta o tamanho da imagem	5	Aumenta a área corporal refletida. Fica mais completa a imagem.	<i>Ao me afastar do espelho eu teria acesso a uma maior área que estava sendo refletida pelo espelho (E43).</i>
14 - Campo de visão aumenta	4	Amplia o campo de visão. Aumenta a área vista pelo espelho. Próximos do espelho só enxergamos a parte dele para qual olhamos	<i>Pensei em um espelho de corpo todo, que quando mais me movimento para trás, mais aumenta a área vista pelo espelho (E13).</i>
15 - Outras ideias	5	Se me inclinar vejo todo o corpo. Depende do tamanho do espelho. Cena completamente aleatória.	<i>A questão não trouxe a informação de que tamanho seria o espelho, ao realizar a leitura pensei em um espelho que refletiria todo meu corpo (E5).</i>

Fonte: Harres (2025).

O conteúdo das justificativas de quem optou pela letra “c” (aproximar-se para ver uma fração maior do próprio corpo) foi categorizada como mostra o Quadro 4.

Quadro 4 – Categorização e frequência das justificativas das respostas “aproximar-se” (n=6).

Categorias	n	Exemplos de respostas
15 – Outras ideias	2	<i>Você diminui em relação ao espelho (E16). Pensei num espelho médio e que se uma pessoa aproximar em frente ao espelho daria para ver o tronco do corpo (E40).</i>
16 – Efeito “Zoom”	4	<i>Pensei que se aproximando veremos com um “zoom” a nossa imagem e então ver uma maior parte do meu corpo (E19).</i>

Fonte: Harres (2025).

IV.2 Segunda parte da Autoavaliação: “O que penso agora após a 3ª aula?”

No mesmo momento da autoavaliação anterior, os estudantes deveriam tentar expressar como pensavam depois da realização das atividades. De modo distinto em relação à pergunta anterior, nesse momento os estudantes expressaram com mais profundidade a fonte das suas ideias. Em virtude disso, a análise centrou-se no grau e na qualidade da compreensão expressada. O Quadro 5 mostra as categorias construídas, sua frequência e alguns exemplos.

Entre as respostas da segunda autoavaliação, um total aproximado de 65% expressou uma compreensão adequada ou avançada, incluindo-se nesse grupo apenas um dos dois sujeitos que já haviam inicialmente acertado a questão. O outro que havia acertado não respondeu a essa autoavaliação justificando que já tinha compreensão prévia da questão.

Quadro 5 – Categorização e frequência das compreensões no segundo momento (n=44).

O que penso agora?	n	Exemplos
Compreensão avançada	20	<i>Entendo que, na verdade, se mover não muda o tamanho da imagem gerada. Para se ver inteiro basta que um espelho tenha a metade da nossa altura. Em segundo lugar a pessoa deve estar completamente na vertical (E35).</i>
21- Compreensão adequada	9	<i>Mesmo que eu me mova para trás ou para frente o tamanho do que consigo ver não muda (E5).</i>
- Compreensão referente ao tamanho necessário para se ver de corpo inteiro	10	<i>Pude perceber que realmente é suficiente um espelho com a metade da nossa altura para ver o corpo inteiro (E43).</i>
- Não mudou pensamento	3	<i>Penso igual (E19).</i>
24 - Outras compreensões	2	<i>O que eu entendo agora é que esse pensamento não se aplica a espelhos "não convencionais", já que não acontece o mesmo (E28). Lendo a resposta certa da pergunta que não há que fazer para ver uma parte maior do seu corpo, eu continuo não entendendo como isso é possível (E15).</i>

Fonte: Harres (2025).

A partir das informações para as categorizações nos dois momentos, foi construída uma tabela cruzada da frequência da transição das compreensões expressadas nesses dois momentos (Tabela 2). A compreensão final alcançada não parece ter relação com as ideias iniciais uma vez que as compreensões avançada e adequada se distribuíram de forma proporcionalmente igual entre as diferentes ideias iniciais dos sujeitos. Ao mesmo tempo, três sujeitos expressaram o mesmo posicionamento inicial. Destes, dois estudantes haviam antes marcado letra “b” (afastar-se) e um marcado letra “c” (aproximar-se).

Tabela 2 – Frequência das transições entre categorias iniciais e finais.

Resposta Inicial (n)	Categorias Finais	Categorias Iniciais				22 - Tamanho do espelho para ver o corpo inteiro ¹¹	23 - Não mudou	24 - Outras compreensões	Total
		20 - Avançada	21 - Adequada	22 - Tamanho do espelho para ver o corpo inteiro ¹¹	23 - Não mudou				
Nada (2)	10 – Nada pode ser feito		1	1					2
Afastar-se (36)	11 - Se vê mais se afastando	5	1	2	2	1	11		
	12 - Prática cotidiana	6	3	2				11	
	13- Aumenta a imagem	2	2	1				5	

¹¹ Dois desses sujeitos também apresentaram uma compreensão adequada da questão TIPEP

	14 - Campo de visão aumenta	2	1	1			4
	15 – Outras ideias	3	1	1			5
Aproximar-se (6)	16 – Efeito “Zoom”				1	1	2
	Total	20	9	10	3	2	44

Fonte: Autor (2025).

IV.3 Terceira parte da Autoavaliação: “Qual a minha confiança na resposta correta?” e “Como as *selfies* influenciaram nisso?”

A terceira pergunta do segundo instrumento de autoavaliação indagava sobre o grau de confiança na compreensão alcançada. Entre aqueles que expressaram uma compreensão avançada (23 sujeitos), dois deles não apontaram uma confiança grande ou integral, como afirmou o estudante a abaixo:

Às vezes, ainda penso que indo para trás eu conseguirei ver uma maior parte do meu próprio corpo porque já é algo do cotidiano e, assim, se torna um pensamento automático (E29).

Já os oito estudantes que expressaram uma compreensão adequada, três apontaram um grau de confiança médio.

Bem entendido por mais que o cotidiano tente mostrar o contrário (E11).

Ainda não tenho uma confiança muito grande, pois apesar da questão fazer sentido na prática, a teoria ainda me deixa um pouco perdida, tanto que não consigo explicar essa questão com uma explicação mais concreta e elaborada (E39).

A última pergunta do segundo instrumento de autoavaliação tentou identificar a possível influência da realização das *selfies* no processo de compreensão. Pelas respostas, identificou-se uma atribuição de relevância à realização dessas fotos, dos quais destacamos alguns exemplos:

Influenciou a perceber que as minhas experiências empíricas eram distorcidas, e que eu não deveria basear meu conhecimento nelas (E22).

Antes de fazer as selfies eu não tinha entendido nada dessa questão, tinha certeza de que me afastando do espelho eu veria mais do meu corpo refletido. Com elas consegui enxergar e entender. Grande influência (E27).

Foi o fator que me fez mudar e entender o fenômeno. Apenas com a prática pude ver que a imagem não se modificava. Principalmente pelos detalhes presentes nas fotos que não ficavam maiores quando aproximados do espelho, apenas mais nítidos, mais visíveis (E33).

V. Discussão e implicações para o ensino

A primeira conclusão dessa análise, já confirmada pelos dados históricos, é de que a questão TIPEP não é trivial para os estudantes. Ainda que na aplicação aqui analisada tenha mostrado que após as atividades houve um movimento considerável em direção à resposta correta, segue presente um grau de desconfiança não desprezível, mesmo entre aqueles que afirmam terem compreendido o tema. Também segue presente o entendimento de que a questão trate do tamanho mínimo que deve ter um espelho plano para que possamos nos ver de corpo inteiro.

Uma possível explicação para essa influência pode ser o fato de que muitos livros didáticos apresentam a demonstração geométrica e, em alguns casos, algébrica, do tamanho mínimo de um espelho para que a pessoa se veja de corpo inteiro, como mostra a Figura 6b, a seguir. Ao mesmo tempo, parece plausível que os estudantes relembram essa conclusão mesmo quando apresentam fraco domínio, como mostrou a revisão, no uso das leis da reflexão e na construção de diagramas de raios para localizar e estabelecer o tamanho de imagens. Esta afirmação parece corroborar o fato de que entre as ideias prévias dos estudantes, tendo estudado óptica antes ou não, se destaca a de que um espelho deve ter altura igual ou maior que a da pessoa para que esta possa se ver de corpo inteiro.

Além disso e sem desprezar fatores relacionados com possíveis carências na atuação docente e a influência das adversidades decorrentes do contexto das aulas remotas, inédito para todos os envolvidos em plena pandemia, é possível elencar ainda outros aspectos que colaboram para o grande índice de erro na questão TIPEP e para a resistência em aceitar a resposta correta.

Em primeiro lugar, parece que a reflexão sobre a experiência cotidiana não ajuda. Quando alguém se aproxima de um espelho ela imagina que se vê “maior”, como se houvesse um “zoom”, quando, na verdade, ela se vê com mais detalhes pois a distância entre ela e sua imagem diminui. Por outro lado, em espelhos grandes o suficiente para se ver de corpo inteiro, a pessoa se afasta para, levando a pensar que assim, talvez pela perspectiva, a sua imagem mude de tamanho, quando, na verdade, só aumentou a distância entre a pessoa e a imagem, o que lhe permite ver-se no contexto. A junção dessas duas situações talvez explique por que alguns dizem, inicialmente, que a fração do corpo a ser vista aumenta tanto se afastando como se aproximando do espelho.

Outro aspecto que não favorece a construção da resposta correta é o fato de que muitos dos espelhos cotidianos têm menos da metade da nossa altura (em geral, situados em banheiros). E mais, raramente estes espelhos permitem uma variação grande de aproximação para que se constate que a parte mostrada do corpo não muda. Já os espelhos fixos em paredes ou portas

de roupeiros têm, em geral, uma altura que já permite ver-se de corpo inteiro. independentemente da distância até ele.

Há ainda o fato de que a questão TIPEP envolve também conceitos básicos, tais como, o processo da visão, o conceito de raio de luz, as leis da reflexão e o processo de formação das imagens, cujas dificuldades, conforme mostrou a revisão feita, não são desprezíveis. Para Goldberg e McDermott (1986), ao afastar-se do espelho em geral o sujeito negligencia o corresponde decréscimo no tamanho aparente no espelho e o fato de que diminuição é proporcionalmente a mesma para o espelho e para a imagem.

Estes autores apresentam um diagrama (Figura 6a) que serviria para mostrar a fração do próprio que corpo pode ser vista em um espelho plano em uma determinada posição. Mudando a posição da pessoa “O” e reconstruindo o diagrama dos raios limítrofes do tamanho da pessoa, poder-se-ia mostrar na imagem “I” que a fração observada não muda. Porém, raramente se encontra espaço (literalmente) nos livros didáticos para realizar essa construção em duas distâncias diferentes¹². Em livros e materiais didáticos da área, o que se encontra frequentemente é a análise geométrica ou algébrica demonstrando que em um espelho plano com a metade da altura da pessoa, como mostra a Fig. 6b, na qual a altura “x” do espelho é igual à metade da altura “H”, permite que a pessoa se veja de corpo inteiro.

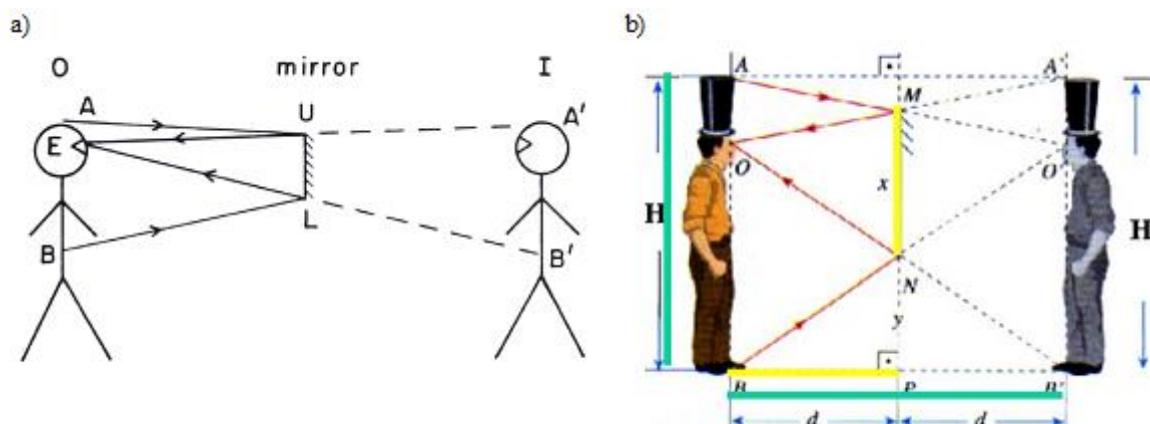


Fig. 6a – Formação da imagem vista pela própria pessoa em frente a espelhos de altura diferentes. Fonte Figura 6a: Goldberg e McDermott (1986, p.478).

Fig. 6b: Demonstração geométrica para ver-se de corpo inteiro em um espelho plano. (www.prevest.com.br/dados/editor/file/AULA_02_E_03_ESPELHOS_PLANOS.pdf. Acesso em: 05 set. 2024)

Nessa mesma linha, Gürel e Eryilmaz (2013) analisaram nove livros didáticos de física comumente usados em todo o mundo e ainda o livro didático de física recomendado pelo

¹² Em Harres (1991) essa situação é apresentada solicitando que o estudante trace o comportamento dos raios limites partindo do corpo de uma pessoa colocada em frente a um espelho plano em duas distâncias diferentes.

Ministério da Educação da Turquia. A partir de uma análise documental, esses autores constataram que oito dos dez livros analisados ou ignoram o papel do olho do observador ou ele não é especificamente enfatizado na formação da imagem ou no processo de observação. Segundo os autores, essas representações muito frequentes nos livros didáticos, podem levar os estudantes a construírem a ideia equivocada de que a presença e o lugar do olho do observador são necessários ao processo de observação de imagens, mas não no de formação.

Maistegui, Chamorro e Tisera (1998), preocupados com as dificuldades na aprendizagem de óptica, já salientavam que o ensino da formação de imagens produzidas por espelhos (ou lentes) é mais geométrico do que físico. Há uma recorrência marcante na construção de diagramas para localizar geometricamente a posição da imagem e pequena atenção a olhar e a pensar sobre o “fato físico” de como a imagem se forma. Os autores propõem procedimentos para diminuir o “abuso ao ensinar óptica e aproveitar o valor educativo de um enfoque mais físico para ensinar” (p. 136).

Essa complexidade alcança ainda uma dimensão epistemológica abarcando tópicos como o papel do observador no processo, a questão da existência da imagem no espelho ou na mente do estudante (“ela existe mesmo quando não se está olhando para o espelho?”). Tudo isso parece colaborar para a diversidade de visões apresentadas pelos estudantes na explicação do próprio pensamento, inclusive alcançando a dicotomia entre o que se pensa e o que se percebe. Em outras palavras, há uma dicotomia entre a prática reflexiva e a prática cotidiana, o que pode explicar também o grau de desconfiança das respostas corretas mesmo por estudantes que expressaram compreensões adequadas (Sandoval; Salinas, 2016).

Ainda quanto ao papel do observador no processo, vale considerar o que Silveira (2016) afirma sobre o processo de formação de imagens na nossa retina ao responder no CREF¹³ a uma pergunta muito semelhante à questão TIPEP. Para este autor, o tamanho dessas imagens depende da distância que este objeto (imagem virtual conjugada pelo espelho) está do nosso olho. Como mostram as Figura 7a e 7b, quanto mais distante estivermos do espelho, tanto menor será a imagem em nossa retina conforme o diagrama acima representa e, por isso, quando nos afastamos do espelho nos vemos diminuir apesar de a imagem no espelho permanecer com o mesmo tamanho. E Silveira (2016) complementa:

O que vemos são imagens em nossa retina! Nunca enxergamos outras imagens a não ser aquelas que acontecem sobre nossa retina, excitando nossos fotorreceptores. Quando estamos postados em frente a um espelho plano, a imagem virtual conjugada pelo espelho (Fig. 7c) tem exatamente o mesmo tamanho do nosso corpo. Esta imagem virtual é um objeto real para os nossos olhos.

¹³ Centro de Referência no Ensino de Física da UFRGS (<https://www.if.ufrgs.br/cref/hp/index.htm>).

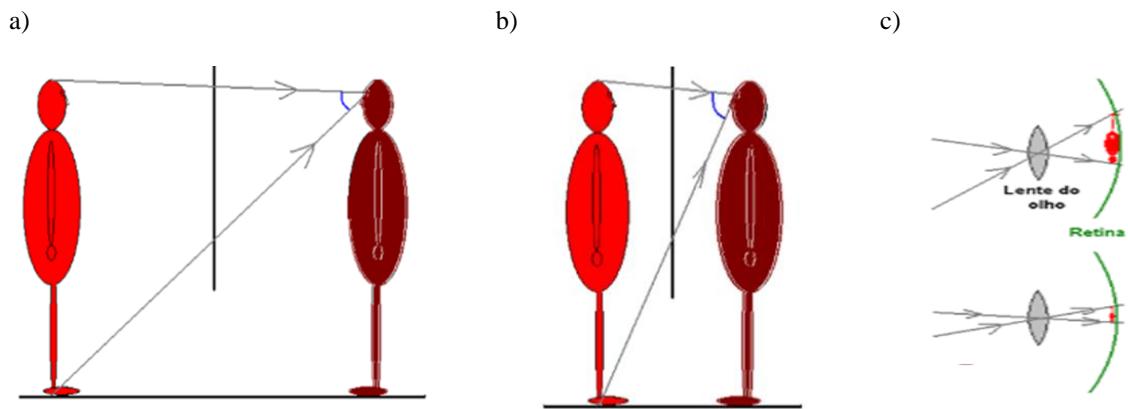


Fig. 7 – Diagramas da formação da imagem do próprio corpo na retina do observador em duas distâncias diferentes ao espelho. Fonte: Silveira (2016).

Quanto às implicações desse trabalho para o ensino de física, é preciso reforçar de antemão que para os estudantes de qualquer nível é difícil lidar com raios de luz, processo da visão e a formação de imagens, mesmo no caso do instrumento óptico mais simples que é o espelho plano. O Quadro 6 lista as principais ideias decorrentes dessa pesquisa e da revisão de outras que apresentam potencial para favorecer a aprendizagem sobre espelhos planos.

Quadro 6 – Dez implicações para o ensino

1	Avaliar, inicialmente, a disponibilidade ou não de um esquema de representação da luz e de um conceito de imagem coerente com o modelo científico.
2	Ter em mente que mesmo estudantes do nível superior podem não entender a natureza e a mecanismo de formação de imagens pela reflexão da luz.
3	Enfatizar a fonte de luz e a presença do observador nos desenhos.
4	Propiciar que os estudantes levem em conta o papel desempenhado pelo observador na formação da imagem em todos os instrumentos ópticos.
5	Considerar o olho humano como um componente inseparável das explicações.
6	Deve haver cuidado no uso da expressão “reflexão no espelho” pelas diferentes interpretações advindas disso.
7	Atentar para o fato de que as representações presentes nos livros didáticos podem levar os estudantes a pensarem que a presença e o lugar do olho do observador são necessários ao processo de observação de imagens, mas não no de formação.
8	Criar situações que permitam verificar que o movimento do observador não altera o tamanho ou a posição da imagem
9	Favorecer que a vinculação entre o pensamento e os fenômenos ocorra, quando for o caso, como resultado de uma reconstrução do conhecimento prévio.
10	Estruturar o ensino a partir das ideias iniciais dos estudantes e propiciar autoavaliação.

Fonte: Harres (2025).

Infelizmente, a abordagem em aula mais frequente dedica muito espaço para o aspecto geométrico em detrimento do estudo mais propriamente físico das imagens. Parece ser raro também a análise sobre a perspectiva com que vemos a realidade a nossa volta. Conforme Viennot (2002), os professores são, em geral, pouco sensíveis às percepções resultantes de caracteres específicos de imagens utilizadas no ensino, desconsiderando “o quanto uma mensagem pictórica pode ser enganosa em um domínio como a óptica elementar” (p. 328).

Do ponto de vista do conhecimento produzido nesse estudo, há que se reconhecer algumas limitações do processo investigativo. Por exemplo, ainda que a análise tenha seguido uma ordem temporal das autoavaliações, na prática, os estudantes não cumpriram as tarefas simultaneamente, prejudicando uma visão mais “instantânea” da evolução das compreensões. Outro aspecto a ser mencionado é que o ineditismo da abordagem vivenciada pelos estudantes pode ter favorecido a dissimulação ao completar as tarefas, embora a intensidade e a qualidade da interação escrita, registrada nos instrumentos de autoavaliação, aponte noutra direção.

Apesar dessas limitações, alguns aspectos inerentes à abordagem didática parecem ter colaborado positivamente para o avanço na qualidade das compreensões como também da consciência e da clareza do próprio pensamento, mesmo quando uma compreensão adequada não tenha sido alcançada. Em outro trabalho, em que todo o processo vivenciado nessa disciplina com este mesmo grupo de estudantes é analisado (Harres, 2024), foi muito valorizado por eles a insistência na explicitação das suas ideias iniciais, já que cada um deveria fazer um esforço para refletir sobre o que pensava no momento inicial de responder às questões e o que veio a pensar depois.

Finalmente, espera-se que este trabalho colabore para uma ampliação na extensão e profundidade com que os espelhos planos sejam abordados no ensino de física e que, nesse processo, sejam consideradas as ideias dos estudantes em contraste com a complexidade de muitas situações estudadas em óptica geométrica, como é o caso a questão TIPEP.

Referências

AYDIN, S.; KELES, U. P.; HASILOGLU, A. M. Establishment for misconceptions that science teacher candidates have about geometric optics. **The Online Journal of New Horizons in Education**, v. 2, n. 3, p. 7-15, 2012.

BRAVO, B. M.; PESA, M.; ROCHA, L. Implicancias de la enseñanza sobre el saber de los alumnos. El aprendizaje de fenómenos ópticos. Primera parte. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 3, p. 489-507, 2011.

BRAVO, B. M.; PESA, M.; ROCHA, L. Implicancias de la enseñanza sobre el saber de los alumnos. El aprendizaje de fenómenos ópticos. Segunda parte. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 1, p.62-76, 2012.

CASSIDY, J. **Explorabook**. Palo Alto (CA): Klutz Press. 1981.

CHEN, C. C.; LIN, H. S.; LIN, M. L. Developing a two-tier diagnostic instrument to assess high school students' understanding the formation of image by plane mirror. **Proceedings of the National Science Council of Republic of Corea**, v. 12, n. 3, p. 106-121, 2002.

CUMMINGS, K.; GRILLO, E. Conceptual underpinnings of students' ability to understand reflections from a plane mirror. **American Institute of Physics**, 2005, p.185-188. DOI: 10.1063/1.2084732.

DEGIRMENCI, S. Examination of prospective science teachers' content knowledge on image in plane mirrors in terms of their approaches to error. **European Journal of Educational Sciences**, v. 10, n. 2, p. 41-76, 2023. DOI: 10.19044/ejes.v10no2a41.

EPSTEIN, L. C.; HEWITT, P. G. **Thinking physics: questions with conceptual explanations**. São Francisco (CA): Insight Press, 1981.

GIRCOREANO, J. P.; PACCA, J. L. A. O ensino da óptica na perspectiva de compreender a luz e a visão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 18, n. 1, p. 26-40, 2001.

GOLDBERG, F. M.; McDERMOTT, L. C. Student's difficulties in understanding image formation by a plane mirror. **The Physics Teacher**, v. 24, n. 8, p. 472-480, 1986.

GOULART, S. M.; DIAS, C. N.; BARROS, S. L. S. Conceitos espontâneos de crianças sobre fenômenos relativos à luz: análise qualitativa. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 6, n. 1, p. 9-20, 1989.

GÜREL, D. K.; ERYILMAZ, A. A content analysis of physics textbooks as a probable source of misconceptions in geometric optics. **Hacettepe University Journal of Education**, v. 28, n.2, p. 234-245, 2013.

HARRES, J. B. S. **Concepções espontâneas como ponto de partida para o ensino**: um estudo quase experimental em óptica geométrica. 1991. Dissertação (Mestrado) - Porto Alegre, PUCRS.

HARRES, J. B. S. Um teste para detectar concepções alternativas sobre tópicos introdutórios de ótica geométrica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 10, n. 3, p. 220-234, 1993.
<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6245>

HARRES, J. B. S. “Avaliação de trás para a frente”: Autoavaliação da aprendizagem em aulas remotas de física no ensino superior. **Revista Signos**, v. 45, n.2, p. 485-504, 2024. <https://doi.org/10.22410/issn.1983-0378.v45i2a2024.3698>

HARRES, J. B. S.; GUEDES, M. V. K. Avaliação ampla de uma proposta didática inovadora para introdução à mecânica no ensino superior. **Pesquisa e Debate em Educação**, v. 8, n. 2, p. 243–274, 2018.

HASHWEH, M. Z. Effects of science teacher’s epistemological beliefs in teaching. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 33, n. 1, p. 47-63, 1996.

HIŞIK, H. College student learning of pinhole and plane-mirror knowledge with a guided inquiry instruction. **Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education**, v. 5, n. 1, 2, p. 139-151. 2011.

HUSIN, S. S. Student’s understanding of image formation by plane mirror: a phenomenological study. **Science International**, v. 31, n. 6, p. 885-890, 2019.

ANGLEY, D.; RONEN, M.; EYLYON, B. Light propagation and visual patterns: preinstruction learner's conceptions. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 34, n. 4, p. 399-424, 1997.

JOHN, M.; MOLEPO, J. M.; CHIRWA, M. How do learners conceptualize plane mirror reflection? A case study of grade 11 south African learners. **International Journal of Educational Sciences**, v. 13, n. 2, p. 221-230, 2016.

MAISTEGUI, A. P.; CHAMORRO, G.; TISERA, J. Un procedimiento experimental para ubicar imágenes. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 15, n. 2, p. 136-163, 1998.

MORAES, R. Análise de conteúdo. **Educação**, Porto Alegre, n. 37, p. 7-32, 1999.

OSUNA, L. G.; TORREGROSA, J.; CARRASCOSA, J. A. Planificando la enseñanza problematizada: el ejemplo de la óptica geométrica en educación secundaria. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 25, n. 2, p. 277-294, 2007.

PESA, M. Concepciones y preconcepciones referidas a la formación de imágenes. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 12, n. 1, p. 13-46, 1999.

PESA, M.; CUDMANI, L. C.; BRAVO, S. Formas de razonamientos asociados a los sistemas preconceptuales sobre naturaleza y propagación de la luz: resultados de una experiencia piloto. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 12, n. 1, p. 17-31, 1995.

PESA, M. D.; CUDMANI, L. C.; SANDOVAL, J. S. Transferencia de resultados de la investigación educativa al aprendizaje de la óptica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 15, n. 1/4, p. 42-51, 1993.

SANDOVAL, J.; SALINAS, J. Inversión y reversión en las imágenes formadas por espejos planos. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 8, n. 2, p. 29-36, 2016.

SILVEIRA, F. L. **A nossa imagem no espelho plano diminui quando nos afastamos?** Centro de Referência no Ensino de Física, UFRGS. 2016.

<https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=a-nossa-imagem-no-espelho-plano-diminui-quando-nos-afastamos>. Acesso em: 24 maio 2024.

VALADARES, J.; FONSECA, F. Uma estratégia construtivista e investigativa para o ensino da óptica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação de Ciências**, v. 4, n. 3, p. 74-85, 2004.

VIENNOT, L. **Razonar en física. La contribución del sentido común.** Madrid: Antonio Machado, 2002.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](#).