
EXPLORANDO A INTERCONEXÃO ENTRE TEORIAS DE APRENDIZAGEM NA ÓPTICA GEOMÉTRICA: UM ESTUDO DE CASO NO ENSINO MÉDIO

EXPLORING THE INTERCONNECTION BETWEEN LEARNING THEORIES IN GEOMETRIC OPTICS: A CASE STUDY IN HIGH SCHOOL EDUCATION

Ronielson Francisco Gonçalves Araújo¹
Fábio Ferreira Monteiro²

Resumo

Este artigo descreve uma experiência de ensino realizada em uma escola particular em São Sebastião, Distrito Federal, que investiga a interconexão entre a teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel e a teoria das comunidades de investigação de Matthew Lipman no contexto do ensino dos princípios da óptica geométrica. Através do uso de um material paradidático, as estratégias didáticas foram hierarquizadas, seguindo as funções pedagógicas de organização prévia, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. A formação de pequenas comunidades de investigação foi adotada para centrar as ações no estudante. Durante a realização de experimentos, leituras e discussões de textos, bem como nas explicações do professor, observaram-se indicadores de desenvolvimento de habilidades de raciocínio, investigação, formação de conceitos e tradução, sugerindo indícios de aprendizagem significativa. Os resultados indicaram que o material paradidático e as estratégias didáticas propostas trouxeram uma nova dinâmica às aulas, despertando o interesse dos estudantes, estimulando a investigação e promovendo melhorias no processo de ensino-aprendizagem. Este estudo contribui para o aprimoramento do ensino de óptica geométrica, destacando a importância da interconexão entre teorias de aprendizagem na promoção de uma educação significativa e engajadora.

Palavras chave: Ensino de física; Óptica geométrica; Paradidático; Aprendizagem significativa.

Abstract

This article describes a teaching experiment conducted in a private school in São Sebastião, Distrito Federal, which investigates the interconnection between David Ausubel's theory of meaningful learning and Matthew Lipman's theory of communities

1 Mestre em Ensino de Física pela Universidade de Brasília (UnB). Professor da Secretaria de Educação do Distrito Federal.

2 Doutor em Física Teórica pela Universidade de Brasília (UnB). É professor e pesquisador no Instituto de Física da UnB e no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da UnB.

of inquiry in the context of teaching the principles of geometric optics. The instructional strategies were hierarchically organized using supplementary teaching material, following the pedagogical functions of advance organizers, progressive differentiation, and integrative reconciliation. The formation of small inquiry communities was adopted to center the actions on the students. During the execution of experiments, readings, text discussions, and teacher explanations, development indicators in reasoning, investigative, translation, and concept formation skills, and evidence of meaningful learning were observed. The findings suggested that the supplementary teaching material and proposed instructional strategies brought a new dynamic to the lessons, fostering student interest, stimulating inquiry, and enhancing the teaching-learning process. This study contributes to improving geometric optics education, highlighting the significance of interconnecting learning theories to promote meaningful and engaging education.

Keywords: Physics teaching; Geometric optic; Supplemental related material; Meaningful learning.

Introdução

No ensino médio, a introdução dos princípios de óptica geométrica marca o primeiro contato dos estudantes com o estudo dos fenômenos luminosos. No entanto, uma compreensão inadequada desse tema pode resultar em dificuldades de aprendizado de conceitos mais complexos, como o estudo de espelhos, lentes e instrumentos ópticos. Para que os estudantes possam compreender esse conhecimento científico como parte de uma construção humana inserida em um contexto histórico, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) recomendam o estabelecimento de uma relação histórica entre ciência e tecnologia (PCN, 2000). Além disso, os PCNs também destacam a importância de desenvolver competências específicas em física que possam lidar com fenômenos naturais e tecnológicos presentes no cotidiano, por meio da contextualização e integração com outras áreas de conhecimento. Para alcançar esse objetivo, os estudantes devem ser estimulados a participar de situações-problemas, experimentos, leituras e debates, incorporando o contexto histórico, a interdisciplinaridade e a contextualização. Sem esses elementos, o conhecimento pode se tornar fragmentado, sem sentido e ineficaz (MONTEIRO et al., 2021) (FERREIRA et al., 2021).

Uma ferramenta importante nesse processo é o material paradidático, que apresenta as informações de maneira leve e ágil, com uma linguagem menos formal e um visual mais agradável (LAGUNA, 2012). O uso de material paradidático permite conduzir o conhecimento de forma contextualizada, dinâmica e agradável aos

estudantes. A utilização de materiais diversificados e cuidadosamente selecionados, em vez de se concentrar apenas nos livros-texto, é um princípio facilitador da aprendizagem significativa (MOREIRA, 2006). Nesse sentido, o presente trabalho analisa uma experiência de ensino onde as estratégias didáticas exploram a interconexão entre a teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel e a teoria das comunidades de investigação de Matthew Lipman.

Figura 1: Imagens do paradidático “Mundo da óptica”.

Mundo da Óptica

Universidade de Brasília - UNB
Instituto de Física - IF
Mestrado Profissional em Ensino de Física
MNPEF
CNPq
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA - SBPF
Ronilson Francisco Gonçalves Araújo

Atividade 1

Complete corretamente as lacunas, observando as dicas indicadas logo abaixo:

Luz: história e fenômenos

Vertical

1. Fonte de luz própria.
2. Fenômeno luminoso de difração, desproprietário em relação à direção da propagação da luz.
3. Meio que permite a passagem da luz luminosa sem absorção.
4. Luz de uma cor só.
5. Número de fendas espaçadas pelo mesmo comprimento luminoso.
6. Correlação de duas luminâncias (diretamente inversa).

Horizontal

7. Luz transmitida por diferentes cores.
8. Fenômeno no qual a luz incide em uma superfície, refletindo-se e refratando-se a um novo meio.
9. Desdobramento da luz por prisma.
10. Tipo de prisma que produz o espectro de luz visível.
11. Cor que sofre menos a refração de luz, absorvendo todo o comprimento de onda.
12. Fenômeno luminoso no qual a luz incide em uma superfície a 90 graus ao eixo normal de incidência.
13. Fenômeno luminoso de difração construtiva.
14. Atribuído pelo experimento crucial que demonstrou a natureza da luz.

TEXTO III

Tales de Mileto e a pirâmide de Quéops

Tales de Mileto foi o primeiro matemático grego, nascido por volta do ano 640 e falecido em 550 a.C., em Mileto, cidade da Ásia Menor, descendente de uma família oriunda da Fenícia ou Babilônia. Tales foi incluído entre os sete sábios da antiguidade. Estrangeiro rico e respeitável, o famoso Tales durante a sua estadia no Egito estudou Astronomia e Geometria.

Após voltar de novo a Mileto, Tales abandonou, passado algum tempo, os negócios e a vida pública, para se dedicar inteiramente às especulações filosóficas, às observações astronômicas e às matemáticas. Fundou a mais antiga escola filosófica que se conheceu - a Escola Jônica.

À sua fama estendeu-se a todo o mundo heleno, graças especialmente à predição de um eclipse do sol, cuja data não se sabe bem ao certo se foi a de 28 de Maio de 585 ou a de 30 de Setembro de 609 a.C. - predição resultante do uso de uma das tábuas compostas pelos Caldéus, que anunciavam os períodos de 18 anos e 11 dias dos eclipses solares.

Proclo, Lactácio e Plutarco atribuem a Tales não só a transplantação de conhecimentos matemáticos do Egito para a Grécia, mas ainda à descoberta de várias proposições isoladas relativas às paralelas, aos triângulos e às propriedades do círculo, não apresentando nenhuma sequência lógica, mas com demonstrações dedutivas. Poderá dizer-se que Tales deu a essa matemática uma característica que se conserva até hoje, o conceito de "demonstração ou prova". [...]

Proposição: Os triângulos equiláteros têm os seus lados proporcionais.

É uma proposição de grande importância, que Tales utilizou na determinação da altura da pirâmide Quéops. Quando Tales de Mileto, cerca de seiscentos anos antes do nascimento de Cristo, se encontrava no Egito, foi-lhe pedido por um mensageiro do faraó, o nome do soberano, que calculasse a altura da pirâmide Quéops. Tales apoiou-se a uma vara espetada perpendicularmente ao chão e esperou que a sombra tivesse comprimento igual ao da vara. Disse então a um colaborador:

- Vai medir depressa a sombra: o seu comprimento é igual à altura da pirâmide.

Tales, para ser rigoroso, deveria ter dito para adicionar à sombra da pirâmide metade do lado da base desta, porque a pirâmide tem uma base larga, que rouba uma parte da sombra que teria se tivesse a forma de um pau direito e fino; pode acontecer que o tenha dito, ainda que a lenda não refira.

Disponível em: <<http://www.educ.fc.ul.pt/~cm/cm99/cm28Tales.htm>>. Acesso em 14/05/2017, 8h46

Fonte: Disponível em 2018 - OneDrive (sharepoint.com).

Aporte teórico

A teoria psicológica de David Ausubel (AUSUBEL, 1968) (AUSUBEL; ROBSON, 1969) descreve o processo de assimilação do conhecimento a partir de conhecimentos pré-existent na estrutura cognitiva dos estudantes, denominados subsunçores. Segundo Ausubel, a aprendizagem significativa ocorre quando uma integração entre conhecimentos prévios e novos, resulta em pensamentos de ordem superior, como pensamento crítico, criativo e cuidadoso. Esses pensamentos são desenvolvidos por meio das habilidades de tradução, raciocínio, investigação e formação de conceitos. Portanto, é importante utilizar materiais de ensino que estabeleçam uma relação lógica entre a estrutura cognitiva do estudante e a essência do objeto de estudo. Além disso, uma metodologia centrada no estudante, com participação ativa nas tarefas designadas, é essencial para promover a aprendizagem (MOREIRA, 2010).

A teoria educacional de Matthew Lipman introduz uma metodologia conhecida como comunidades de investigação. Lipman aborda o processo cognitivo em uma perspectiva social, especialmente no contexto escolar. As comunidades de investigação promovem discussões e diálogos filosóficos, desafiando os estudantes a refletir, construir conceitos e buscar significados. A abordagem de Lipman incentiva os estudantes a questionarem, analisar e avaliar, estimulando o desenvolvimento do pensamento crítico, criativo e cuidadoso, que estão associados ao pensamento de ordem superior (LIPMAN, 1976, 1988, 2008).

Os materiais paradidáticos consistem em livros e recursos com potencial educativo, porém diferente dos materiais didáticos, não são tão formais, estruturados e diretamente relacionados ao currículo escolar. Eles têm uma abordagem mais flexível e costumam explorar o conteúdo de maneira mais lúdica e acessível. São muitas vezes destinados a estimular o interesse dos alunos por um tópico específico e tornar o aprendizado mais envolvente e acessível. Os paradidáticos possuem uma estrutura não linear, estabelecendo relações entre vários assuntos, viabilizando a interdisciplinaridade e promovendo a articulação entre conteúdos de diversas disciplinas (ASSIS, 2005). Privilegiam a promoção de uma leitura interativa, diferenciada e diversificada do tema abordado, ao mesmo tempo em que valoriza os fatos históricos e estabelece conexões com o conteúdo (BENETI, 2008).

Dessa forma, a combinação das teorias de Ausubel e Lipman (FILHO et al., 2018), mediada por um material paradidático cuidadosamente planejado, tem o potencial de oferecer uma experiência de aprendizagem significativa, com foco nos estudantes e enfatizando aspectos culturais e sociais, entre outros.

Encaminhamento metodológico

Esta pesquisa utilizou uma abordagem metodológica translacional (GUIMARÃES, 2013) para analisar a interconexão entre dois referenciais teóricos e sua aplicação prática no contexto do ensino de física no ensino médio. O objetivo foi investigar como essas teorias podem ser aplicadas de forma efetiva por meio de um material paradidático.

Quadro 1: Estratégias didáticas da experiência de ensino.

Funções Pedagógicas	Aula 1	Aula 2	Aula 3
		Introdução ao Mundo da óptica	Breve história da óptica geométrica e seus atores
Organizador prévio	O paradidático e a nova dinâmica das aulas		
Diferenciação progressiva	Atividade em grupo: Leitura e discussão do prefácio do paradidático com questões intrigantes (pág. 2)	Atividade em grupo: Leitura e discussão dos textos: "A luz e os meios ópticos" e "Óptica e a outra face de Newton" (pág. 3 e 4)	Atividade em grupo: Leitura e discussão do texto: conceitos e propriedades importantes (pág. 5 a 8)
Reconciliação integrativa	Explicações do professor	Explicações do professor	Explicações do professor
Avaliação	Participação nas discussões e Aplicação do pré-teste	Participação nas discussões	Participação nas discussões e Palavra cruzada (pág.9)
Funções Pedagógicas	Aula 4	Aula 5	Aula 6
	Princípios da óptica geométrica	Sombras, penumbras e eclipses	Encerramento
Organizador prévio	Experimento: "Princípios Luminosos" (pág. 12 e 13)	Experimentos: "Câmera escura de orifício" (pág. 14 e 15) "Sombra e penumbra" (pág. 17 e 18)	
Diferenciação progressiva	Atividade em grupo: Leitura e discussão dos textos: "Princípios da OG (pag. 10) "História da fotografia" (pág. 11)	Atividade em grupo: Leitura e discussão dos textos: "Tales de Mileto e a pirâmide de Quéops". (pág. 16) "Eclipses". (pág.19)	
Reconciliação integrativa	Explicações do professor	Explicações do professor	Explicações do professor
Avaliação	Participação nas discussões dos textos e dos questionários dos experimentos	Participação nas discussões e resolução dos exercícios (pág. 20 a 22)	Pós-teste e Avaliação do paradidático

Fonte: Autores (2023).

O interesse e os conhecimentos prévios dos estudantes em relação à óptica geométrica foram considerados, bem como o contexto em que estavam inseridos. Os temas abordados nesta experiência de ensino foram organizados didaticamente com base na teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel e enriquecidos por diversas atividades em grupo, adaptadas de acordo com a teoria das comunidades de investigação de Matthew Lipman. Dessa forma, as ações pedagógicas foram centradas no estudante, e as estratégias didáticas apresentadas no Quadro 1 foram hierarquizadas em funções pedagógicas como: organização prévia, diferenciação progressiva, reconciliação integrativa e avaliação. Além disso, durante as atividades em grupo as pequenas comunidades de investigação entraram em ação, incentivando os estudantes a investigarem alguns fenômenos ópticos por meio de experimentos e

a participarem de leituras e discussões de textos. Os estudantes foram constantemente desafiados a reflexão, a construção conceitos e a busca por significados.

Os efeitos das estratégias didáticas podem ser investigados em cada uma das funções pedagógicas utilizadas nas aulas. A qualidade dos comentários e perguntas dos estudantes sobre o paradidático ou sobre os experimentos realizados, durante a organização prévia, possibilita identificar a presença ou ausência de subsunçores relacionados ao tema. As intervenções feitas pelos estudantes no sentido propor mudanças nos parâmetros dos experimentos possibilitam identificar o nível de interesse dos estudantes. A qualidade das intervenções dos estudantes durante as atividades de leitura e discussão de texto, possibilita identificar a ocorrência da diferenciação progressiva. As perguntas e comentários que relacionam o conteúdo abordado com as observações feitas nos experimentos, durante as explicações do professor, possibilitam identificar a reconciliação integrativa dos subsunçores. E finalmente, a qualidade das interações entre os estudantes, no sentido de buscar uma compreensão mais profunda dos conceitos, dos textos e dos experimentos, durante as atividades em grupo, possibilita identificar o nível de funcionamento das comunidades de investigação.

Resultados e Discussão

Análise das estratégias didáticas

As estratégias didáticas podem ser analisadas com base em suas funções pedagógicas, conforme apresentado no Quadro 1:

A) Organizadores prévios:

Durante a entrega do livro paradidático foi possível perceber o entusiasmo dos estudantes relacionado ao aspecto visual do livro, e à introdução de uma nova dinâmica para as aulas, sugerindo a presença de motivação para estudar o tema.

Durante o experimento "Princípios luminosos", páginas 12 e 13, os estudantes participaram ativamente e alguns conseguiram estabelecer associações com situações cotidianas, como demonstra este relato de um estudante:

Aluno A: *"Professor, de manhã cedo quando meu quarto tá escuro, às vezes eu percebo uma coisa parecida com isso, só que eu achava que era uma linha de poeira entrando por uns buraquinhos na janela. Agora eu sei que é o caminho da luz, que vai reto pelo buraquinho."*;

As reflexões e perguntas dos estudantes durante a discussão do experimento evidenciaram o desejo de atribuir significados e o desenvolvimento da habilidade de construir conceitos.

Nos experimentos "Câmera escura de orifícios", páginas 14 e 15, e "Sombra e penumbra", páginas 17 e 18, alguns estudantes foram capazes de relacionar propriedades geométricas associadas à modelagem matemática envolvida na descrição da óptica, como se pode ver nestes relatos de estudantes:

Aluno A: *"Professor, percebi que na câmera escura a gente usa a mesma regra do teorema de Tales e nas sombras a gente usa semelhança de triângulos."*;

Aluno B: *"Deve ser por isso que o nome da matéria é óptica geométrica."*;

A qualidade dos comentários e questionamentos dos estudantes durante a realização e discussão desses experimentos permitiram identificar indícios de habilidades de tradução, raciocínio, investigação e formação de conceitos.

B. Diferenciação progressiva:

Durante a discussão das questões presentes no prefácio, página 2 (atividade em grupo), os comentários dos estudantes revelaram interesse pelo novo material e motivação para estudar o tema. Alguns exemplos destes comentários foram:

Aluno1: *"Professor, a gente vai usar só esse livro agora né? Ele é melhor pra trazer, é mais fino!"*;

Aluno 2: *"Esse bonequinho é mó engraçado, parece que fala olhando pra gente!"*;

Aluno 3: *"Professor, esses triângulos aqui no fundo da página é por causa do bonequinho amarelo?"*;

Aluno 4: *"Que massa professor, já começou falando da DC. Gostei!"*.

Durante a leitura e discussão dos textos "A luz e os meios ópticos" e "Óptica e a outra face de Newton", páginas 3 e 4, alguns estudantes demonstraram surpresa ao descobrir que Newton e Galileu desempenharam papéis importantes no desenvolvimento da óptica geométrica. Também ficaram surpresos ao perceber a

presença de nomes de cientistas mencionados em outras disciplinas dentro do contexto histórico, como se observa neste comentário de um estudante:

Aluno A: "Professor, tô me lembrando agora de uma aula de história que o professor X deu e ele falou sobre esses cientistas Galileu e Descartes, dizendo que eles tinham vários estudos naquela época."

A qualidade dos comentários e perguntas dos estudantes revelou interesse pelo novo material e indícios de motivação para estudar o tema. Além disso, durante a discussão, a expressão "raio de luz" foi mencionada várias vezes pelos estudantes. Alguns deles mencionaram filmes de ficção científica onde esses raios são frequentemente retratados. Isso permitiu identificar a presença de subsunçores relacionados aos raios luminosos e sua propagação retilínea.

Durante a leitura e discussão do texto "Conceitos e propriedades importantes", páginas 5 a 8 do paradidático, os estudantes participaram ativamente, refletindo sobre possíveis aplicações tecnológicas relacionadas aos diferentes tipos de lentes de óculos de sol (pretas, azuis, prateadas ou amarelas) que proporcionam diferentes tonalidades de visão, aos vidros translúcidos dos basculantes de banheiros e aos filmes esportivos e vidros fumê que dificultam a visualização de pessoas e objetos, bem como aos efeitos visuais das luzes coloridas em boates.

A qualidade dos comentários e reflexões dos estudantes, bem como sua capacidade de relacionar a teoria a elementos presentes em seu cotidiano, permitiu identificar indícios de habilidades de tradução, raciocínio e formação de conceitos.

C. Reconciliação integrativa:

Durante as explicações, o professor envolveu os estudantes, solicitando que relatassem o que foi discutido durante as leituras. Aproveitou também as falas dos estudantes para realinhar algumas ideias, formalizar conceitos e estruturar o tema. Alguns estudantes também fizeram intervenções por meio de questionamentos e comentários, demonstrando interesse pelo tema e indícios de habilidade de formação de conceitos.

D. Avaliação:

Observou-se a participação dos estudantes durante as discussões dos textos e a realização de questionários nos experimentos, permitindo avaliá-los em vários momentos, e ao longo de todo o processo, conforme mencionado anteriormente.

O desempenho dos estudantes na resolução dos exercícios do paradidático e nas resoluções dos itens do pré-teste e do pós-teste proporcionou uma avaliação mais objetiva sobre os tópicos abordados nas aulas.

O pré-teste e o pós-teste utilizaram o mesmo instrumento de avaliação, mas foram aplicados com uma diferença de três semanas. O primeiro foi aplicado antes de os estudantes terem contato com o tema, com o paradidático e com a nova dinâmica das aulas. Ele foi recolhido, corrigido e guardado. O segundo foi aplicado na última aula e os resultados de ambos foram comparados, com o objetivo de fornecer mais uma dimensão no processo de avaliação.

Análise comparativa entre pré-teste e pós-teste

O Quadro 2 apresenta os resultados obtidos em um instrumento de avaliação³ aplicado aos estudantes antes da experiência de ensino, e reaplicado três semanas depois, no encerramento das atividades. Os dados foram organizados nas classes: pré-teste e pós-teste, e nos grupos: número de resposta adequada N1 e em desacordo N2. Os 23 estudantes participaram das duas avaliações e responderam todas as questões.

Quadro 2: Resultados obtidos nas aplicações do pré-teste e do pós-teste.

Questões	pré-teste		pós-teste		Total
	N1	N2	N1	N2	
1	7	16	19	4	23
2	1	22	20	3	23
3	6	17	20	3	23
4	5	18	17	6	23
5	7	16	19	4	23
6	11	12	19	4	23
7	7	16	21	2	23
8	6	17	18	5	23
Total	50	134	153	31	184
	27%	73%	83%	17%	

Fonte: Autores (2023).

Embora o Quadro 2 registre um número expressivo de respostas adequadas (83%) no pós-teste, quando comparado ao pré-teste (27%), este resultado isolado

³ A fim de dar fluidez ao texto o instrumento de avaliação utilizado como pré-teste e pós-teste foi alocado no anexo 1.

serve apenas como indicativo da presença de aprendizagem significativa, e deve ser considerado conjuntamente com as análises obtidas das estratégias didáticas.

No Quadro 3 pode-se observar uma análise do nível de respostas adequadas N1 e respostas em desacordo N2 referentes ao pré-teste e ao pós-teste. Os dados entre parênteses referem-se aos valores esperados conforme a hipótese (nula) H_0 , que pressupõe a independência entre as variáveis de grupo e de classe. A qualidade das respostas foi validada por um teste de aderência qui-quadrado (TURNER, 2000) ao nível de significância de 1%, apresentando evidências estatísticas de que as respostas não foram aleatórias.

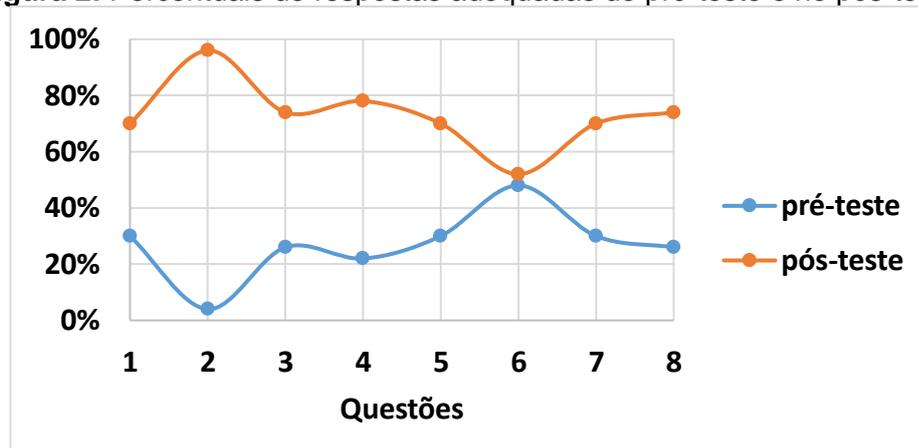
Quadro 3: Análise do nível de respostas adequadas (N1) e respostas em desacordo (N2).

Quadro de valores observados (valores esperados sob H_0 entre parênteses)			
OBSERVADO	pré-teste	pós-teste	TOTAL
N1	50 (101,5)	153 (101,5)	203
N2	134 (82,5)	31 (82,5)	165
TOTAL	184	184	368

Fonte: Autores (2023).

Além disso, a hipótese nula (H_0) da independência entre as variáveis de grupo e de classe foi verificada por um teste de contingência qui-quadrado (GADDIS, 1990) ao nível de significância de 1%. O resultado nos fez rejeitar a hipótese nula, revelando evidências estatísticas de que o número de respostas adequadas está associado à intervenção pedagógica realizada. A figura 2 traz a distribuição do percentual de respostas adequadas no pré-teste e no pós-teste.

Figura 2: Percentuais de respostas adequadas do pré-teste e no pós-teste.



Fonte: Autores (2023).

É possível notar que nas questões 5, 6 e 7 a diferença foi menos expressiva, indicando a preexistência de subsunçores em parte dos estudantes sobre os temas “sombra e penumbra”, “meios ópticos” e “câmara escura”. Contudo, com relação à questão 6 em particular, o fato das duas linhas se encontrarem próximo à marca dos 50%, também sugere que a intervenção pedagógica não foi significativa para os estudantes que não possuíam os subsunçores relativos ao tema “meios ópticos”. Por outro lado, a questão 2 apresentou a diferença mais expressiva, revelando ausência de subsunçores em grande parte dos estudantes sobre como o “sentido dos raios luminosos” está associado à visão dos objetos e, ao mesmo tempo, sugerindo que a intervenção pedagógica foi significativa para estes estudantes.

Análise do paradidático

Para análise da percepção dos estudantes sobre o paradidático 11 proposições afirmativas foram organizadas no formato de escala tipo-Likert de 5 pontos. Foi escolhido uma escala de 5 pontos por apresentar nível de confiabilidade adequado e se ajustar melhor aos respondentes com diferentes níveis de habilidades (MONTEIRO, 2021). Neste caso, o diferencial semântico foi estabelecido como: 1- discordo totalmente; 2-discordo parcialmente; 3-não discordo nem concordo; 4-concordo parcialmente; 5-concordo totalmente. O grau de concordância com as proposições (CGp) foi interpretado conforme sugerido por James A. Davis (DAVIS, 1976).

As 11 proposições afirmativas foram:

1. O livro leva o leitor a obter um conhecimento qualitativo e significativo acerca dos conceitos iniciais de Óptica Geométrica.
2. O livro adota uma abordagem conceitual, experimental e histórica.
3. O livro promove uma articulação entre ciência e tecnologia
4. O livro desperta a curiosidade do leitor para o tema abordado.
5. O livro explora a relação entre diferentes áreas do conhecimento em seu texto.
6. O livro apresenta dados históricos, mostrando o constante desenvolvimento da ciência.
7. O livro torna o conteúdo interessante e pertinente.
8. O livro possui linguagem simples e facilitadora do aprendizado.

9. O livro possui ilustrações didáticas que facilitam o aprendizado.
10. O livro proporciona uma boa compreensão do tema abordado.
11. A proposta do livro evidencia atividades que fomentam o diálogo, a discussão e trabalho em equipe.

Quadro 4: Resultado de uma pesquisa de opinião sobre o paradidático.

Avaliação do produto educacional										
P	DIFERENCIAL SEMÂNTICO					TR	OBSERVAÇÕES		GCp	INTERPRETAÇÃO
	1	2	3	4	5		Cp	Dp		
1	0	0	0	5	18	23	23	0	100%	forte concordância
2	0	0	1	4	18	23	22,5	0,5	98%	forte concordância
3	0	0	1	6	16	23	22,5	0,5	98%	forte concordância
4	0	0	0	3	20	23	23	0	100%	forte concordância
5	0	0	0	1	22	23	23	0	100%	forte concordância
6	0	0	2	4	17	23	22	1	96%	forte concordância
7	0	0	0	6	17	23	23	0	100%	forte concordância
8	0	0	0	0	23	23	23	0	100%	forte concordância
9	0	0	0	0	23	23	23	0	100%	forte concordância
10	0	0	0	7	16	23	23	0	100%	forte concordância
11	0	0	2	5	16	23	22	1	96%	forte concordância
	3			250		253	0,9881	0,0119		
	FD			FC			μc	μd		

Fonte: Autores (2023).

O Quadro 4 apresenta o resultado de uma pesquisa de opinião, autopreenchida pelos respondentes, aplicada aos 23 estudantes que participaram da experiência de ensino. Apesar da adesão maciça de respondentes, 100% da amostra, a generalização do resultado a partir desta análise deve ser adotada com cautela e interpretada como resultados preliminares.

Contudo, apresenta potencial de aplicação, como hipótese inicial de trabalho, em estudos de maior amplitude e com amostras mais representativas. A qualidade da pesquisa de opinião foi validada por um teste de aderência (qui-quadrado) ao nível de significância de 1%, apresentando evidências estatísticas de que as respostas não foram aleatórias. É possível verificar na tabela que as proposições 6 e 11 referentes à capacidade do paradidático em “apresentar dados históricos, mostrando o constante desenvolvimento da ciência” e de “evidenciar atividades que fomentam o diálogo, a discussão e trabalho em equipe” apresentaram graus de concordância levemente mais baixos que os demais. De fato, boa parte das novidades históricas foram

apresentados pelo professor durante as explicações e nas atividades de discussão em equipe, o professor participou ativamente delas, fomentando o debate e as discussões. Contudo, a presença maciça de forte concordância com as proposições afirmativas revela grande entusiasmo dos estudantes em relação ao paradidático e sugere que ele apresenta bom potencial de envolvimento e motivação dos estudantes para o tema proposto.

Considerações finais

O presente trabalho analisou uma experiência de ensino envolvendo os princípios da óptica geométrica. A proposta pedagógica foi mediada por um material paradidático e as estratégias de ensino se basearam na articulação entre a teoria psicológica de David Ausubel e a teoria educacional de Matthew Lipman. Além disso, com a finalidade de promover uma compreensão da ciência como uma construção humana inserida em um contexto histórico, procurou-se estabelecer conexões entre ciência, tecnologia e sociedade.

As atividades foram centradas no aluno, promovendo a realização de experimentos, leituras e debates em pequenas comunidades de investigação. A qualidade dos comentários e das perguntas dos estudantes durante as atividades realizadas indicou o desenvolvimento de habilidades de investigação, tradução, raciocínio e formação de conceitos, sugerindo ocorrência de aprendizagem significativa dos temas de óptica geométrica apresentados. Além disso, a comparação entre os percentuais de respostas corretas obtidas no pré-teste e no pós-teste também sugeriu evidências de aprendizagem significativa.

A reação dos estudantes ao receber o material paradidático e a notícia de uma nova dinâmica para as aulas foi entusiástica, evidenciando sinais de motivação para estudar o tema.

A análise da pesquisa de opinião, autopreenchida pelos estudantes, sobre o material paradidático indicou uma boa aceitação pelos estudantes e um bom potencial pedagógico.

Finalmente, foi possível concluir que as estratégias pedagógicas mediadas pelo paradidático despertaram o interesse dos estudantes, estimularam a investigação e promoveram melhorias no processo de ensino-aprendizagem. A experiência relatada proporcionou uma nova dinâmica à sala de aula, contrapondo-se ao ensino

tradicional, frequentemente desgastado, desmotivador e desconectado do contexto histórico.

Referências

ASSIS, A. **Leitura, argumentação e ensino de física: análise da utilização de um texto paradidático em sala de aula**. 2005. 286f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência, Área de Concentração: Ensino de Ciências) – Faculdade de Ciências, Câmpus de Bauru, Universidade Estadual paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 2005.

AUSUBEL, D.; ROBINSON, F.G. **School Learning: An Introduction to Educational Psychology**. Holt, Rinehart and Winston, Michigan, 1969.

AUSUBEL, D. **Educational Psychology: A Cognitive View**. Holt, Rinehart and Winston, Michigan, 1968.

BENETI, Alysson Cristiano. **Textos paradidáticos e o ensino de física: uma análise das ações do professor no âmbito da sala de aula**. Dissertação (Mestrado), 138 f., Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2008.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio: bases legais**. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 12 setembro. 2017.

DAVIS, J. A. **Levantamento de dados em sociologia: Uma análise estatística elementar**, Zahar, Rio de Janeiro, 1976.

FERREIRA, M.; COUTO, R. V. L.; FILHO, O. L. S.; PAULUCCI, L.; MONTEIRO, F. F. Ensino de astronomia: uma abordagem didática a partir da Teoria da Relatividade Geral. **Revista brasileira de ensino de física**, 43, e20210157, 2021.

FILHO, O. L. S., FERREIRA, M., Teorias da aprendizagem e da educação como referenciais em práticas de ensino: Ausubel e Lipman. **Revista do Professor de Física**. 2, 104 (2018).

GADDIS, G. M.; GADDIS, M. L. Introduction to biostatistics: Part 5, Statistical inference techniques for hypothesis testing with nonparametric data. **Ann Emerg Med**. 19(9):1054-9, 1990.

GUIMARÃES, R. Pesquisa Translacional: uma interpretação. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 6, p. 1731-1744, 2013.

LAGUNA, A. G. J. A contribuição do livro paradidático na formação do aluno-leitor. **Augusto Guzzo Revista Acadêmica**, São Paulo, n. 2, p. 43-52, 2012.

LIPMAN, M. Philosophy for children. **Metaphilosophy**, 7(1), 17–39, 1976.

LIPMAN, M. **Philosophy Goes to School**, Philadelphia: Temple University Press, 1988.

LIPMAN, M. **A life teaching thinking**, Montclair State University, NJ: Institute for the Advancement of Philosophy for Children, 2008.

MONTEIRO, F. F.; FERREIRA, M.; FILHO, O. L. S.; CRUZEIRO, W. S. Modelo 5E e aprendizagem por descoberta: a luz e seus impactos na tecnologia cotidiana. **Plurais revista multidisciplinar**, 6, n.2, p. 138-159, 2021.

MONTEIRO, F. F. Análise de uma experiência híbrida no ensino de Física 1. **Revista brasileira de ensino de física**, 43, e20200315, 2021.

MOREIRA, M. A. **Unidades de ensino potencialmente significativas – UEPS**. Instituto de Física – UFRGS, Porto Alegre, RS.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora da UnB, 2006

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro editora, 2010.

MOREIRA, M.A. **Teorias de Aprendizagem**. EPU, São Paulo, 2011.

TURNER N. Chi-squared test. **J Clin Nurs**. 9(1), 93 ,2000.

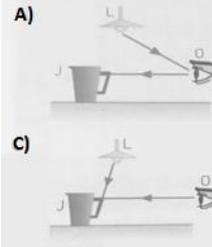
ANEXO

Instrumento de avaliação usado como pré-teste e pós-teste

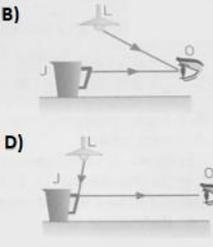
Gabarito: D, D, B, A, C, C, D, D

- O estudo da Óptica Geométrica está centrado
 - Na natureza da luz.
 - No comportamento da luz enquanto partícula.
 - No estudo dos espelhos, apenas.
 - Nos fenômenos, na propagação e nos conceitos referentes à luz.
- Nas figuras a seguir assinale a alternativa na qual estão representados corretamente os trajetos dos raios luminosos que permitem ao observador O a visão da jarra, sabendo que as setas indicam o sentido de propagação dos raios de luz.

A)



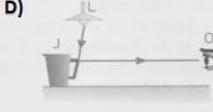
B)



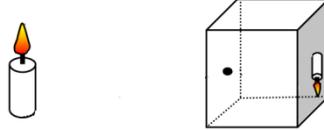
C)



D)


- Dos corpos a seguir, qual representa uma fonte de luz primária:
 - uma xícara verde
 - uma lâmpada amarela acesa
 - um copo vermelho
 - a lua cheia
- Os princípios básicos da óptica geométrica são:
 - princípio da propagação retilínea da luz e princípio da independência dos raios de luz.
 - princípio da propagação retilínea da luz e princípio das cores primárias.
 - princípio da independência dos raios de luz e princípio das cores primárias.
 - princípio da máxima velocidade da luz e princípio da propagação retilínea da luz
- É possível calcular a medida da sombra de uma pessoa posicionada em pé sobre o solo terrestre, ou até mesmo a medida da sua altura utilizando um princípio da óptica geométrica. Que princípio é esse?
 - Princípio de formação da sombra dos corpos.
 - Princípio da independência dos raios de luz.
 - Princípio da propagação retilínea da luz.
 - Princípio da dispersão da luz.
- Em um dia ensolarado é fácil perceber a formação de nossas sombras no solo. De acordo com os fenômenos da óptica geométrica, por que em dias nublados é difícil de perceber a formação de sombras?
 - porque as nuvens dificultam a propagação orientada dos raios luminosos emitidos pelo sol, tais quais os corpos transparentes.
 - porque as nuvens dificultam a propagação orientada dos raios luminosos emitidos pelo sol, tais quais os corpos opacos.
 - porque as nuvens dificultam a propagação orientada dos raios luminosos emitidos pelo sol, tais quais os corpos translúcidos.
 - porque as nuvens dificultam a propagação orientada dos raios luminosos emitidos pelo sol, tais quais os corpos de cores primárias.

7. A câmara escura de orifício é um dispositivo que historicamente foi utilizado primeiramente por Leonardo da Vinci (1452-1519). Ela consiste, em geral, por um paralelepípedo onde uma das faces apresenta um pequeno orifício – única entrada de luz – e a face interna oposta a este contém uma superfície projetável (papel vegetal, folha branca, vidro fosco, etc.). A figura abaixo mostra a projeção de uma vela no interior de uma câmara escura.



Qual princípio básico da óptica geométrica garante à imagem projetada essa orientação (forma, tamanho, posição etc.)?

- a) princípio da absorção da luz.
- b) princípio da dispersão da luz.
- c) princípio da refração difusa da luz.
- d) princípio da propagação retilínea da luz.

8. Considere uma vela de 20 cm, localizada a 4,0 m do orifício de uma câmara escura, posicionada exatamente em frente à vela. Considere ainda que a distância entre o orifício e a face interna projetável da câmara seja de 60 cm. O tamanho da imagem formada é igual a:

- a) 12 cm
- b) 8 cm
- c) 4 cm
- d) 3 cm