

DESEMPENHO DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO EM ÓPTICA: A COMPETIÇÃO USP DE CONHECIMENTOS COMO CONTEXTO

PERFORMANCE OF HIGH SCHOOL STUDENTS IN OPTICS: THE USP COMPETITION OF KNOWLEDGE AS CONTEXT

**Ariane Baffa Lourenço¹, Herbert Alexandre João², Caroline Polizei Lorente³,
Lucas Bichara⁴, Mariana Soares Alves de Souza⁵, Antonio Carlos Hernandez⁶**

¹Universidade de São Paulo/Instituto de Química de São Carlos, arianebaffa@gmail.com

²Universidade de São Paulo/Instituto de Física de São Carlos, herbert.joao@usp.br

³Universidade de São Paulo/Instituto de Física de São Carlos, caroline.lorente@usp.br

⁴Universidade de São Paulo/Instituto de Física de São Carlos, lucasgb@usp.br

⁵Universidade de São Paulo/Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação,
msads.soares@usp.com

⁶Universidade de São Paulo/Instituto de Física de São Carlos, hernande@ifsc.usp.br

Resumo

A óptica é uma área da Física que apresenta uma forte relação com os fenômenos ocorridos no cotidiano do aluno, como a formação de imagem em seus diferentes contextos. Diante de sua importância é primordial que os estudantes apresentem conhecimentos científicos adequados sobre a temática, em especial a compreensão qualitativa dos fenômenos. Nesta pesquisa avaliamos o desempenho dos estudantes do segundo ano participantes da Competição USP de Conhecimentos (CUCo), no ano de 2018, em questões específicas que trataram de propagação retilínea da luz e reflexão em espelhos planos. O trabalho foi desenvolvido a partir de respostas das questões de múltipla escolha realizada por alunos de mais de 3.000 escolas públicas situadas em mais de 500 municípios do estado de São Paulo. Obter um panorama em estudo de larga escala de conceitos de óptica poderá propiciar caminhos para a melhoria do ensino de física. As questões específicas de óptica não requeria o uso de competências matemáticas para a sua resolução. Na análise dos resultados procuramos estabelecer alguma relação de assertividade associadas com a etnia, gênero e tipo de escola frequentada pelos discentes. Nossa investigação revelou que os alunos apresentaram um baixo entendimento dos fenômenos ópticos independente de etnia, gênero e tipo de escola.

Palavras-chave: Óptica, Ensino Médio, Competição USP de Conhecimentos (CUCo).

Abstract

Optics is an area of physics that has a strong relationship to phenomena that occur in the student's daily life, as an image formation in its different contexts. Given its importance, it is essential that students understand scientifically the theme, especially, the qualitative understanding of the phenomena. In this research we evaluated the performance of the second year students participating in the USP Knowledge Competition (CUCo), in the year 2018, in optics in specific questions about rectilinear propagation of light and plane mirror reflection. The work was developed based on answers to multiple choice questions by students from more than 3,000

public schools located in over 500 municipalities in the state of São Paulo. Obtaining an overview in a large-scale study of optical concepts may provide ways to improve the teaching of physics. The specific questions in optics do not require the use of mathematical skills to solve them. In the analysis of the results we tried to establish a relationship of assertiveness associated with the ethnicity, gender and type of school attended by students. Our results show that students had a low understanding of optical phenomena regardless of ethnicity, gender and type of school.

Keywords: Optics, High school, USP Competition of Knowledge (CUCo).

Introdução

A Competição USP de Conhecimentos, conhecida como CUCo, é uma ação que busca orientar e motivar estudantes do Ensino Médio (EM) de escolas públicas do Estado de São Paulo ao ingresso no Ensino Superior, em especial em cursos da Universidade de São Paulo (USP). Adicionalmente, objetiva valorizar e levar benefícios à escola pública e toda sua comunidade. A CUCo ocorre anualmente desde 2017 e faz parte do *Programa Vem pra USP!*¹. Para participar da Competição o próprio aluno inscreve-se em plataforma específica, procedendo ao preenchimento de um cadastro de dados pessoais e respondendo a um questionário socioeconômico.

A CUCo está conformada em duas fases envolvendo provas de múltipla escolha, em que a primeira fase ocorre no formato on-line e a segunda presencial. A primeira fase fica disponível para realização por um período de uma semana, no entanto, uma vez que o aluno acessa a prova tem duas horas consecutivas para findá-la. Já a prova da segunda fase, é realizada com os alunos aprovados na fase anterior e ocorre de forma presencial na própria escola em que o aluno está matriculado. O Calendário da CUCo é estabelecido entre a equipe de coordenação da CUCo e a Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, a qual atua como parceira da Competição.

Mais de 200 mil estudantes já participaram das três edições da Competição. Os aprovados recebem certificados, participam de visitas e cerimônias de premiação nos campi da USP, os concluintes do EM recebem isenção da taxa do vestibular da FUVEST, dentre outros prêmios. Um diferencial da CUCo é que cada escola participante que tenha aluno na segunda fase tem alunos premiados, ou seja, não há um ranqueamento dos alunos de maneira geral, mas sim na própria escola.

As questões das provas da CUCo envolvem conteúdos do currículo do Estado de São Paulo nas áreas de Ciências Humanas, Ciências da Natureza, Matemática e Língua Portuguesa. Dentre as áreas focamos neste trabalho em apresentar um panorama do desempenho dos alunos participantes da edição da CUCo 2018 sobre a Física, mais especificamente em óptica. Optamos por avaliar essa temática por envolver conceitos com grande relação com o cotidiano (GONÇALVES; ARAUJO; RODRIGUES, 2020; SOUZA; SOARES; ROCHA, 2019), que possibilita o entendimento dos alunos, dentre outros assuntos, sobre formação de imagem, problemas que podem ocorrer na visão e o funcionamento de aparelhos de uso cotidiano, como aparelhos celulares, fibra óptica etc. (SOUZA; SOARES; ROCHA,

¹ Informações disponíveis em: <https://www.fuvest.br/cuco-competicao-usp-de-conhecimentos/>

2019). Além disso, ao considerar a literatura da área, verifica-se que sobre essa temática existe uma expressiva quantidade de experimentos de baixo custo e ações docentes que podem ser desenvolvidos em contexto de sala de aula (GONÇALVES; ARAÚJO; RODRIGUES, 2020; CRUZ et al., 2018; FERREIRA; DIAS, 2017; VILELA; MAGALHÃES, 2017).

À vista da importância e potencialidade da óptica na formação dos alunos do Ensino Médio, avaliamos o desempenho de milhares de alunos em questões envolvendo propagação retilínea da luz e reflexão em espelhos planos. A realização de avaliação educacional, em especial as realizadas em larga escala como ocorrida na CUCo, traz informações que, dentre outras potencialidades, possibilitam obter um panorama do conhecimento dos alunos sobre diferentes áreas, o que pode direcionar na elaboração de metodologias eficazes de ensino, em propostas de currículo para a formação de professores e discutir diferenças no desempenho dos alunos relacionado a variáveis de seu perfil (BAUER, 2012).

Para procedermos a avaliação dos alunos quanto a fenômenos ópticos, lançamos mão de duas questões sobre essas temáticas apresentadas na prova da CUCo-2018. Na apresentação dos resultados, para além de discutir a natureza e o índice de acerto das referidas questões, apresentamos também uma análise sobre variáveis relacionadas ao perfil dos participantes e sua possível relação na assertividade das questões, a saber, etnia, gênero e tipo de escola frequentada pelos discentes.

Metodologia

Para analisarmos o desempenho dos alunos do 2º ano do Ensino Médio de escolas públicas do Estado de São Paulo, em temas de óptica, fizemos uso dos dados da prova da segunda fase da CUCo 2018. A prova foi aplicada no segundo semestre de 2018 e realizada por 6879 alunos, de 1237 escolas e oriundos de 387 municípios. A prova foi composta de 45 questões no formato de múltipla escolha, sendo que para sua resolução foi despendido aos alunos um total de 3 horas. Na prova da CUCo-2018 haviam duas questões de óptica, denominadas neste trabalho de Q1 e Q2. As referidas questões já haviam sido apresentadas em processos seletivos anteriores da Fundação Universitária para o Vestibular (FUVEST).

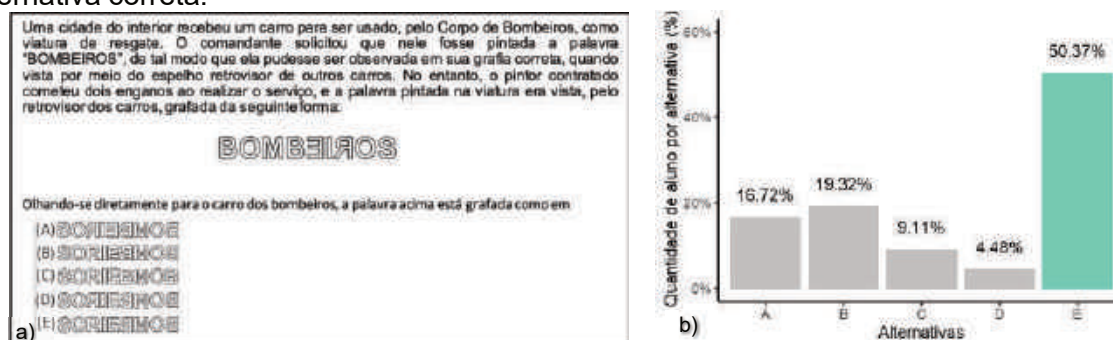
A resolução das mesmas requer o conhecimento conceitual/princípio físico dos temas envolvidos, sem ser preciso o emprego de competências matemáticas. Na seção subsequente, apresentaremos as questões, o índice de acerto de cada uma e uma análise das possíveis variáveis relacionadas ao perfil dos alunos que poderiam ter influenciado a assertividade das questões.

As variáveis analisadas foram: a) gênero dos alunos: masculino e feminino; b) tipo de escola que frequentavam no momento de realizar a prova: estadual, técnica (Etec), federal e municipal e c) etnia: branca, preta, parda, indígena e amarela. A análise dos dados referentes às referidas variáveis foi feita a partir da análise descritiva (BUSSAB; MORETTIN, 2010), que sumariamente consiste na aplicação de um conjunto de ferramentas estatísticas que permite descrever, resumir e explorar os dados.

Resultados

A Q1 abordava o conceito de reflexão da luz em espelhos planos e solicitava que o aluno identificasse a maneira que a palavra Bombeiro havia sido pintada em uma viatura para aparecer como no problema (Figura 1). Aqui, requeria-se o conhecimento de que na formação de uma imagem em um espelho plano há uma inversão da direita para a esquerda, compreendendo sua característica de enantiomorfa (JUNIOR; FERRARO; SOARES, 2009). Cabia assim ao aluno, verificar cada letra da imagem formada considerando os erros cometidos pelo pintor e escrevê-las ao contrário. Das alternativas apresentadas, a resposta correta era a E, a qual teve um total de 50,4% (Figura 1) de acertos equivalendo a 3467 alunos. A segunda alternativa de maior frequência foi a B com 19,3%, nela o erro estava na posição do S da palavra Bombeiros. Considera-se que, embora um pouco mais da metade dos participantes tenham respondido corretamente à pergunta, esperava-se que esse valor fosse mais alto, visto que a problemática, a princípio, envolve um fenômeno de fácil compreensão, bem como é possível se observar regularmente no cotidiano.

Figura 1 – a) Questão (Q1) envolve a temática de formação de imagem em espelhos planos e b) frequência da escolha dos participantes em cada alternativa, destacado em verde a alternativa correta.



Fonte: Figura a) Processo seletivo FUVEST e b) Autoria própria.

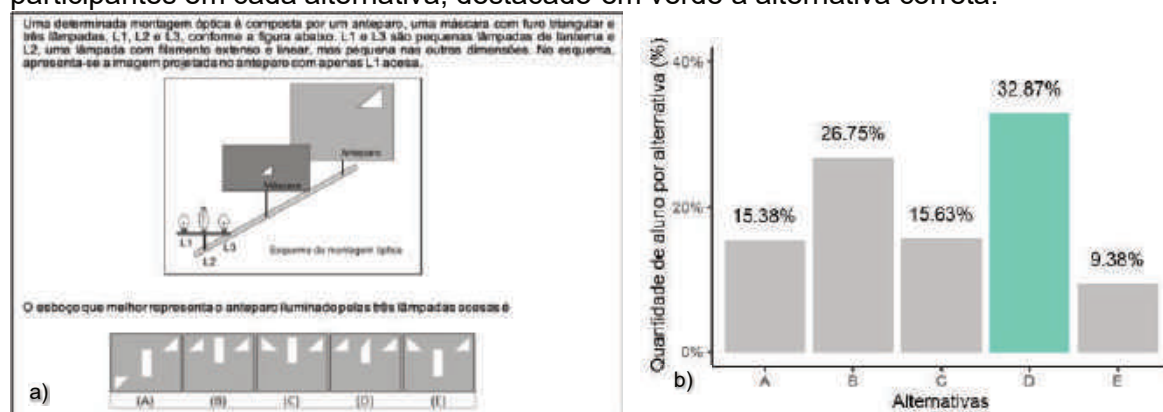
A Q2 envolve o princípio da propagação retilínea da luz, em que o aluno precisa indicar o esboço que melhor representa a formação de cada imagem, bem como sua posição (Figura 2). Para essa questão, o aluno precisa compreender como ocorre a formação de imagens a depender da fonte luminosa (JUNIOR; FERRARO; SOARES, 2009), no caso puntiforme, considerando as lâmpadas L1 e L3 e extensa a L2. As fontes puntiformes no referido exercício formam imagens com a mesma orientação e é semelhante ao triângulo da máscara. Já a L2, é uma lâmpada com filamento extenso e linear, e por ser formada por um conjunto de fontes puntiformes projeta infinitos triângulos, que resultam na imagem mostrada na alternativa D. Dos respondentes, apenas 32,9% acertaram a resposta (alternativa D), o que corresponde a 2263 alunos. A segunda alternativa (letra B) de maior ocorrência com 26,7%, foi a que considera L2 formando uma imagem retangular no anteparo.

Pelos dados da Q2, observa-se um baixo nível de compreensão dos alunos quanto ao fenômeno da propagação retilínea da luz. Tal quadro também é apontado no trabalho de Heron, Schaffer e McDermott (2004). Os autores fizeram uso de experimentos similares ao analisado na Q2 e concluíram que os alunos universitários de cursos introdutórios de Física apresentam grande dificuldade em aplicar conceitos físicos em situações que não envolva uma resposta memorizada. Na busca de alterar tal quadro, consideram como fundamental que o currículo seja baseado na investigação, em que dentre outros elementos, possibilitem aos alunos resolverem

problemas qualitativos e apresentarem/explicarem seu raciocínio. Para isso, trabalhos envolvendo esses autores (WOSILAIT et al., 1998; HERON; SCHAFFER; MCDERMOTT, 2004) sugerem um tutorial de luz e sombra para ser implementado com alunos para auxiliá-los no entendimento dos princípios básicos da óptica geométrica.

Consideração semelhante também foi apontada no trabalho de Roberto, Costa e Catunda (2008). Os autores desenvolveram uma pesquisa com 42 alunos do Ensino Médio e 26 da graduação, em que aplicaram a esses um pré-teste sobre fenômenos da óptica geométrica, em seguida, implementaram atividades experimentais em uma perspectiva investigativa sobre os conceitos questionados e depois aplicaram o pós-teste, composto das mesmas questões do pré-teste. Das atividades do EM, duas estavam focadas na formação de imagem envolvendo situação semelhante a analisadas na Q2. O pré-teste dessas atividades revelou que embora as questões envolvessem conceitos relativamente simples, houve um baixo índice de assertividade. No entanto, após tais conceitos serem discutidos com os alunos por meio de atividades do tipo investigativa sobre os fenômenos, o índice de acerto do pós-teste foi acima de 80%.

Figura 2 – a) Q2 apresentada na segunda fase da CUCo-2018 e b) frequência da escolha dos participantes em cada alternativa, destacado em verde a alternativa correta.



Fonte: Figura a) processo seletivo Vestibular FUVEST e b) Autoria própria.

Considerando agora o desempenho dos alunos em relação às variáveis de etnia, gênero e tipo de escola frequentada, considera-se que a primeira apresentou um efeito significativo apenas para os estudantes autodeclarados amarelos, com um índice de acertos ligeiramente superior. Já para as variáveis de gênero e do tipo de escola frequentada, observa-se um desempenho discretamente superior dos alunos do gênero masculino e dos oriundos das Etecs. Imputamos tais afirmações fazendo um paralelo entre os resultados para cada perfil de estudante e os índices gerais de acerto (Tabela 1).

Quanto à etnia, a proporção dos que prestaram a prova, considerando as categorias de branca, preta, parda, amarela e indígena, esteve bem próxima dos que acertaram. Exemplificando, apontamos que dos participantes, aproximadamente 8,6% eram da etnia preta, dos quais 45,5% acertaram a Q1 e 29,7% assinalaram corretamente a Q2. Explorando a variável de gênero, têm-se, dos que fizeram a prova, aproximadamente 65% eram feminino e 35% masculino, com índice para a Q1 de acerto de 49,1% e 52,8% respectivamente. Já para a Q2, a diferença foi maior, sendo que 29,7% do gênero feminino e 38,8% do gênero masculino acertaram a questão, o que aponta para um melhor desempenho desse último gênero na Q2.

Quanto a variável de tipo de escola que os alunos frequentavam no momento de participarem da CUCo, observa-se uma diferença positiva na assertividade para os alunos oriundos de escolas técnicas. Dos que fizeram a prova 34% eram de Etecs, apresentando índices de acerto de 60,4% em Q1 e 39,5% para Q2. Diante desse quadro, observa-se um desempenho discretamente superior para os alunos procedentes das Etecs. Considerando as características desse tipo de escola comparada às escolas estaduais, observa-se que dentre seus aspectos diferentes encontra-se o fato de alunos passarem por um processo seletivo com prova de ingresso para estudarem nas Etecs.

Tabela 1 – Caracterização dos participantes da prova da segunda fase da CUCo-2018 e distribuição da quantidade de alunos que realizaram a prova e dos que acertaram a Q1 e Q2.

Variável	Categorias	Alunos que fizeram a prova		Alunos que acertaram a Q1 Índice geral de acerto: 50,5%		Alunos que acertaram a Q2 Índice geral de acerto: 32,9%	
		N	%	N	%	N	%
Gênero	Masculino	2398	34,9	1265	52,8	931	38,8
	Feminino	4481	65,1	2200	49,1	1330	29,7
Etnia	Branca	3855	56,0	1989	51,6	1322	34,3
	Preta	593	8,6	270	45,5	176	29,7
	Parda	2235	32,5	1086	48,6	693	31,0
	Amarela	152	2,2	98	64,5	57	37,5
	Indígena	44	0,6	22	50,0	13	29,5
Tipo de escola	Etec	2330	33,9	1407	60,4	920	39,5
	Estadual	4416	64,2	1986	45,0	1295	29,3
	Federal	64	0,9	40	62,5	25	39,1
	Municipal	69	1,0	32	46,4	21	30,4

Legenda: N= Quantidade de alunos em número absoluto de alunos, %= Quantidade de alunos em porcentagem e Etec= Escola Técnica Estadual.

Devido ao fato dos dados estarem desbalanceados entre si, foi necessário efetuar uma reamostragem estatística para obter uma estimativa, a partir de dados simulados, do acerto dos alunos em um banco de dados teórico baseado no original utilizado. Com isto, validamos os dados, possibilitando a comparação dos subconjuntos, neste caso, com os dados balanceado, observamos (Tabela 2) que as variáveis gênero e cor não apresentam diferença significativa entre si.

Tabela 2 – Índice de acerto dos alunos de acordo com reamostragem dos dados para n=1000.

Variável	Categorias	Alunos que acertaram a Q1 Índice geral de acerto			Alunos que acertaram a Q2 Índice geral de acerto		
		Desvio padrão	Média	%	Desvio padrão	Média	%
Gênero	Masculino	3	51	53%	3	33	35%
	Feminino			49%			30%
Etnia	Branca	5	53	56%	5	33	37%
	Preta			47%			29%
	Parda			52%			31%
	Amarela			57%			36%
	Indígena			51%			30%
Tipo de escola	ETEC	10	54	59%	5	34	39%
	Estadual			45%			28%
	Federal			65%			37%

	Municipal			47%			30%
--	-----------	--	--	-----	--	--	-----

Considerações finais

Nossos resultados sugerem um baixo entendimento conceitual dos alunos do segundo ano participantes da CUCo sobre os fenômenos físicos reflexão da luz em espelhos planos e propagação retilínea da luz, em especial para esse último conceito. As questões analisadas neste trabalho não envolviam a necessidade do uso de competências matemáticas à sua resolução, mas somente o entendimento do fenômeno físico envolvido. Diante de tal quadro, considera-se um cenário de se abordar no contexto escolar ações que possibilitem ao aluno a compreensão ampla de aspectos qualitativos dos conceitos, visto que tal habilidade, para um total de mais de 6000 estudantes, não se apresentou satisfatória. A referida recomendação já foi apresentada em literatura da área, na década de 1990 pela pesquisadora McDermott e seus colaboradores (WOSILAIT et al., 1998), e na década de 2000 no trabalho de Roberto, Costa e Catunda (2008). No entanto, observa-se que atualmente ainda se faz emergente e necessária.

Quanto ao desempenho dos alunos nas questões avaliadas, considerando características do seu perfil, observou-se que a variável concernente ao tipo de escola frequentada foi a que apresentou uma maior influência na assertividade das duas questões, especialmente por ter grande representatividade no conjunto dos dados. Já a variável concernente ao gênero, apresentou diferença, em especial na Q2, em que os participantes do gênero masculino foram moderadamente melhores. Em relação à etnia, estudantes autodeclarados amarelos apresentaram um desempenho acima da média, porém este grupo possuía poucos participantes, não possibilitando uma análise conclusiva. Consideramos que os resultados quanto aos fatores que influenciam o desempenho dos alunos apresentam-se em uma análise inicial, sendo que novos estudos serão desenvolvidos, usando outras técnicas estatísticas, de maneira a explorar todas as possíveis relações influenciáveis na assertividade de questões da área da Física, em especial na temática de óptica.

Referências

- BAUER, A. Estudos sobre Sistemas de Avaliação Educacional no Brasil: um retrato em preto e branco. **Revista @mbiente educação**, v. 5, n. 1, p. 7-31, 2012.
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2010. 540 p.
- CRUZ, G. K. et al. Um iluminador de baixo custo para a realização de experimentos de óptica geométrica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 3, p. 3502-1-3502-9, 2018.
- FERREIRA, C. A. A.; DIAS, M. A. Artes Plásticas e o funcionamento das telas dos dispositivos eletrônicos para o ensino de óptica na educação básica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, XXII., 2017, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Instituto de Física de São Carlos, 2017. p. 1-7.
- GONÇALVES, M. H.; ARAUJO, L. E. E.; RODRIGUES, V. Lentes de gelatina. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, p. 20190095-1 - 20190095-6, 2020.
- HERON, P. R. L.; SHAFFER, P. S.; MCDERMOTT, L. C. Research as a Guide to Improving Student Learning: An Example from Introductory Physics. In: Proceedings

of a Course, Curriculum, and Laboratory Improvement Conference Invention and Impac. **Anais** ..., Washington DC, 2004. p. 33-38.

JUNIOR, F. R.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. **Física 2: Os Fundamentos da Física**. 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009. p. 602, v. 2.

ROBERTO, E. V.; COSTA, G. G. G.; CATUNDA, T. Aprendizagem ativa em óptica geométrica: desenvolvimento de instrumentos investigativos. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, XI., 2008, Curitiba. **Anais...** São Carlos: Sociedade Brasileira de Física, 2008. p. 1-12.

SOUZA, A. C.; SOARES, D. B.; ROCHA, A. S. Uma alternativa didática experimental para aulas de óptica geométrica. **Exitus**, v. 9, n. 3, p. 280-308, 2019.

VILELA, J. L. L.; MAGALHÃES, C. S. Laboratórios de óptica para alunos do ensino médio das escolas públicas: montagem e avaliação da aprendizagem. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF, XXII., 2017, São Carlos **Anais...** São Carlos: Instituto de Física de São Carlos, 2017. p. 1-7.

WOSILAIT, K. et al., Development and assessment of a research-based tutorial on light and shadow. **American Journal of Physics**, v. 66, p. 906-913, 1998.