Determinação do Foco de uma Lente: Uma Proposta de Atividade Virtual



Natália Alves Machado[1]; Thalyta Thalyta de Oliveira Inocêncio[2]; Frederico Alan de Oliveira Cruz[2]

[1] Universidade do Porto; [2] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

RESUMO

O estudo das lentes esféricas é um dos temas abordados no estudo da óptica geométrica, seja na aulas teóricas ou nas práticas laboratoriais. No entendo, devido ao cenário pandêmico de COVID-19, em que as atividades presenciais foram, em sua maioria, interrompidas, as aulas de cunho experimental sofreram um impacto direto. Uma vez que a realização destas aulas são fundamentais para a compreensão de muitos temas, é importante que sejam utilizadas metodologias que supram, mesmo que em parte, a falta das aulas experimentais. A proposta trazida neste trabalho, busca apresentar de forma teórica os métodos comuns existentes e propor uma alternativa virtual, com o uso de uma simulação computacional, para o estudo comportamento dos raios luminosos quando em contato com lentes convergentes e divergentes. A análise se assemelha ao que é feito durante as práticas experimentais, com aquisição de dados, registro e análise gráfica, com o objetivo de preparar o estudante para a rotina do laboratório real. Um aspecto importante é que mesmo não sendo uma situação real, o recurso apresenta suas pequenas peculiaridades e discrepâncias em relação a um sistema ideal, o que enriquece a análise realizada pelos estudantes.

Palavras chave: óptica, ensino de física, lentes esféricas, simulações.

ABSTRACT

The study of spherical lenses is one of the topics addressed in the study of geometric optics, whether in theoretical classes or in laboratory practices. However, due to the pandemic scenario of COVID-19, in which the classroom activities were mostly interrupted, the experimental classes suffered a direct impact. Since the realization of these classes are fundamental for the understanding of many themes, it is important that methodologies are used that supply, even in part, the lack of experimental classes. The proposal presented in this work, seeks to present, in a theoretical way, the existing common methods and to propose a virtual alternative, using a computer simulation, for the study of the behavior of light rays when in contact with converging and diverging lenses. The analysis is similar to what is done during experimental practices, with data acquisition, registration and graphic analysis, in order to prepare the student for the routine of the real laboratory. An important aspect is that even though it is not a real situation, the resource presents its small peculiarities and discrepancies in relation to an ideal system, which enriches the analysis carried out by the students .

Key Words: optics, physics teaching, spherical lenses, simulations.

1. INTRODUÇÃO

O estudo da óptica compõem grande parte do conteúdo do programa curricular dos cursos voltados a formação de físicos, licenciados ou bacharelados, e se encontra presente nas disciplinas de física básica ofertadas às áreas de ciências exatas e da natureza. Em geral as abordagens utilizadas no para o estudo dos fenômenos ópticos, avaliam os princípios da trajetória dos raios luminosos, durante a sua propagação e incidência sobre os materiais, considerando os princípios geométricos e a sua natureza ondulatória (SANTOS, 2017), permitindo compreender os limites do comportamento dual da luz. Os conteúdos abordados sobre o tema, apesar de algumas variações, são em geral: “Equações de Maxwell e Oscilações Eletromagnéticas. Ondas eletromagnéticas. Natureza e propagação da luz. Reflexão e refração: ondas e superfícies planas. Reflexão e refração: ondas esféricas e superfícies esféricas. Interferência. Difração. Polarização” (UFAM, 2020).

A discussão acerca dos processos associados à reflexão e refração das ondas em superfícies esféricas, como espelhos e lentes, tem como base a formação de imagem, levando em conta as condições de nitidez de Gauss, no caso dos espelhos, e os princípios de propagação das ondas em diferentes meios transparentes. Apesar destes temas serem de grande importância na formação dos estudantes, sua relevância no meio científico, nem sempre foi considerada:

> [...] tratados ligados à óptica no século XVI sugere que a ideia de que as lentes e os espelhos distorciam a percepção visual [...] Isso sugere que as lentes receberam pouca atenção nos estudos de óptica não porque elas não merecessem um estudo sério, mas porque, provavelmente, eram vistas como brinquedos sem nenhum interesse para com questões ligadas à filosofia natural [...] No entanto, a partir do final do Quinhentos, as lentes começaram a chamar a atenção de um grupo de estudiosos. Elas passaram gradativamente a ter lugar de destaque nos capítulos dedicados à refração [...] (SAITO, 2008, p. 85)

Apesar do estudos dos conceitos relacionados a esse tema terem ganhado importância por serem muito presentes em nosso quotidiano, como a correção de problemas da visão ou nas diversas aplicações tecnológicas existentes, como câmeras fotográficas, telescópios e etc, os princípios são apresentados basicamente a partir da construção de figuras estáticas na lousa ou em atividades experimentais nas quais os estudantes não conseguem conectar os fundamentos teóricos e práticos de forma clara por seguirem roteiros fechados que desprezam a autonomia. No caso dos estudantes dos cursos de física em nível superior, esse processo de alguma forma acaba não atingindo os objetivos previstos nas Diretrizes Nacionais Curriculares destinada à área (BRASIL, 2001) nas quais espera-se o desenvolvimento de várias habilidades como por exemplo:

> 1. Utilizar a matemática como uma linguagem para a expressão dos fenômenos naturais;
> 2. Resolver problemas experimentais, desde seu reconhecimento e a realização de medições, até à análise de resultados;
> 3. Propor, elaborar e utilizar modelos físicos, reconhecendo seus domínios de validade;
> 4. Concentrar esforços e persistir na busca de soluções para problemas de solução elaborada e demorada [...] (*ibidem*, p. 4)

No caso da formação dos licenciados, especificamente, espera-se o desenvolvimento de habilidades e competências que sejam utilizadas durante a atuação docentes, tais como:

> 1.O planejamento e o desenvolvimento de diferentes experiências didáticas em Física, reconhecendo os elementos relevantes às estratégias adequadas;
> 2. A elaboração ou adaptação de materiais didáticos de diferentes naturezas, identificando seus objetivos formativos, de aprendizagem e educacionais [...] (BRASIL, 2001, p. 5)

A questão é que, para os estudantes de licenciatura, atividades distintas com o uso de simulações para o ensino ou outras formas que permitam a compreensão do problema abordado, ocorrem apenas nas disciplinas como “Prática de Ensino” e “Instrumentação de Ensino”. Deste modo, fica clara a necessidade de implementação de diferentes atividades em outras disciplinas para que os professores em formação percebam a importância da utilização das mesmas e passem a fazer parte das suas futuras aulas no ensino básico.

2. A IMPORTÂNCIA DOS LABORATÓRIOS DIDÁTICOS NO ENSINO SUPERIOR E AS POSSIBILIDADES DO USO DE SIMULAÇÕES PARA O ENSINO

A organização das atividades práticas nos laboratórios didáticos segue um modelo, no qual os conteúdos de óptica são quase sempre apresentados em disciplinas comummente nomeadas de Física Experimental IV (UFAL, 2017; UFAM, 2009; UFGO, 2013; UFPR, 2001; UFRRJ, 2011), sendo um dos temas abordados, a formação de imagens por lentes esféricas. Como em qualquer situação dentro dos laboratórios didáticos é importante que os estudantes possam se desenvolver academicamente com a participação ativa do professor neste processo, como dito por Sodré Neto e Oliveira (2015):

> Tratando-se de uma modalidade didática de caráter investigativo, a aula prática experimental deve servir para que os seus resultados sejam interpretados e discutidos pelos estudantes e pelo professor que, por sua vez, deve ser um mediador da aprendizagem e consequentemente um facilitador do processo de construção do conhecimento, ao invés de atuar como um

> apresentador de conceitos num ambiente marcado pela passividade dos alunos [...] (*ibidem*, p. 63)

Além da ação ativa do professor, que é um elemento importante no processo de ensino-aprendizagem, as atividades laboratoriais exercem um papel fundamental na formação dos estudantes. A riqueza deste espaço e a forma de apresentação dos temas foram discutidos por Andrade e Massabini (2011):

> [...] as possibilidades de aprendizagem proporcionadas pelas atividades práticas dependem de como estas são propostas e desenvolvidas com os alunos. Atividades práticas que investiguem e questionem as ideias prévias dos educandos sobre determinados conceitos científicos podem favorecer a mudança conceitual, contribuindo para a construção de conceitos, embora este processo de mudança nem sempre ocorra no sujeito e existam diferentes acepções sobre a gênese e desenvolvimento conceitual. Além disto, a compreensão de um só conceito não dá conta de explicar a complexidade e riqueza de fenômenos naturais estudados, e a prática permite explorar outros conceitos envolvidos no fenômeno [...] (*ibidem*, p. 837)

A questão central é que nos dias atuais, esperar que todos esses elementos sejam trabalhados em situações presenciais não condiz com os avanços tecnológicos dos últimos anos, no qual as tecnologias de digitais de comunicação e informação tem se mostrado uma ferramenta poderosa na educação. Além disso, emergiu necessidade de mudança comportamental produzida pela pandemia de Covid-19 em 2020, em que as atividades presenciais em muitas instituições de ensino foram interrompidas, obrigando a utilização de formas alternativas de abordagem dos diferentes temas que compõem a grade curricular.

Uma possibilidade viável e que ganhou muito espaço no contexto educacional nas últimas duas décadas é a utilização de simulações computacionais, que apresentam potencialidades para aprendizagem de conceitos físicos, como demonstrados por Felix et al. (2013) e Martins et al., 2015, e em outras áreas, como mostrado por Vaccari, Farias e Porto (2020):

> O desenvolvimento de habilidades pode ser construído com a simulação de baixa complexidade, ou também chamada de treino de habilidades. Essa se constitui pela utilização de simuladores de baixa ou média fidelidade, porém com os recursos necessários para a reprodução mais realista possível do procedimento que será executado, aproximando o estudante com a prática que ele realizará [...] (*ibidem*, p. 2)

Se levarmos em consideração os vários temas apresentados no início desta secção, existem algumas propostas que fazem uso de simulações para a discussão dos fenômenos ópticos (SILVA, J. B. et al., 2015; BARROSO et al., 2018; DURÃES et al.,

2017), mas a questão é que essas, em sua maioria, tem como público alvo o ensino básico, tornando o ensino superior carente de propostas como essas.

3. COMPREENDENDO O PROCESSO DE CONVERGÊNCIA DOS RAIOS E OS MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA DISTÂNCIA FOCAL DE UMA LENTE

Um tema importante, frequentemente discutido nas aulas práticas, é a formação da imagem de um objeto por uma lente, visto que essa estrutura compõe instrumentos como a lupa, o microscópio e alguns telescópios. Sabe-se que esse processo depende fundamentalmente do formato e do material que constitui a lente utilizada, visto que o comportamento dos raios luminosos ao incidir sobre essas estruturas sofrerá convergência ou divergência dependendo dos fatores descritos anteriormente. De uma forma simples temos as seguintes condições:

- Índice de refração da lente (n_L) maior que o índice de refração do meio (n_m) em que a lente está localizada - Nesta condição as lentes bordas finas (biconvexa, plano convexa e côncavo-convexa) produzem uma convergência dos raios incidentes (figura 1), enquanto as lentes bordas grossas (bicôncava, plano côncava e convexo-côncava) produzem a divergência dos raios incidentes (figura 2).

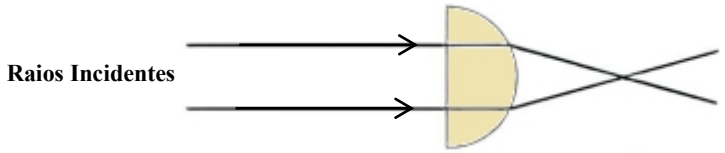

FIGURA 1: CONVERGÊNCIA DOS RAIOS POR UMA LENTE BORDA FINA, DO TIPO PLANO CONVEXA, QUANDO $n_L > n_m$.
FONTE: ACERVO DOS AUTORES (2020)

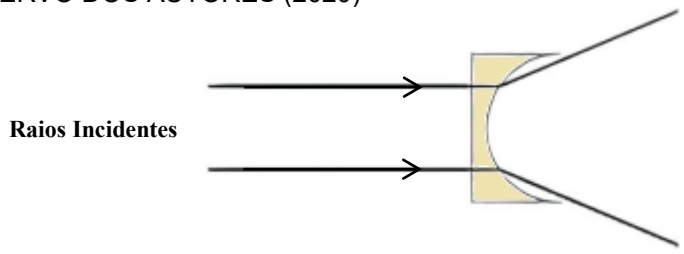

FIGURA 2: DIVERGÊNCIA DOS RAIOS POR UMA LENTE BORDA GROSSA, DO TIPO PLANO CÔNCAVA, QUANDO $n_L > n_m$.
FONTE: ACERVO DOS AUTORES (2020)

- Índice de refração da lente (n_L) menor que o índice de refração do meio (n_m) em que a lente está localizada - Nesta condição as lentes bordas finas (biconvexa, plano convexa e côncavo-convexa) produzem uma divergência dos raios incidentes (figura 3), enquanto as lentes bordas grossas (bicôncava, plano côncava e convexo-côncava) produzem a convergência dos raios incidentes (figura 4).

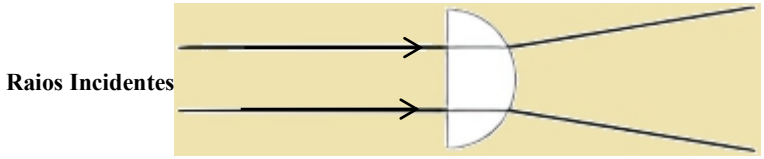

FIGURA 3: DIVERGÊNCIA DOS RAIOS POR UMA LENTE BORDA FINA, DO TIPO PLANO CONVEXA, QUANDO $n_L < n_m$.
FONTE: ACERVO DOS AUTORES (2020)

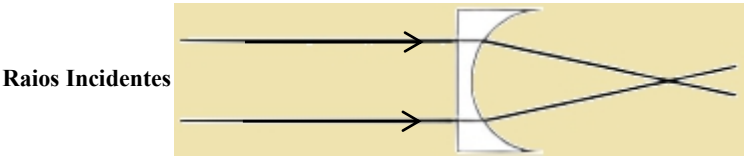

FIGURA 4: CONVERGÊNCIA DOS RAIOS POR UMA LENTE BORDA GROSSA, DO TIPO PLANO CÔNCAVA, QUANDO $n_L < n_m$.
FONTE: ACERVO DOS AUTORES (2020)

Equação dos pontos conjugados

A determinação da distância focal pode ser obtida com o uso da equação dos pontos conjugados, independentemente da lente atuar como convergente ou divergente, escrita como (YOUNG, FREEDMAN, 2015):

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \qquad (1)$$

sendo f a distância focal da lente, p a distância do objeto ao centro da lente e p' a posição da imagem ao centro da lente (figura 5 e 6).

Deste modo, caracteristicamente essas quantidades podem ser generalizadas da seguinte forma:

- Lente convergente: f > 0, p > 0, p' > 0 se a imagem for real e p' < 0 se a imagem for virtual;
- Lente divergente: f < 0, p > 0, p' < 0.

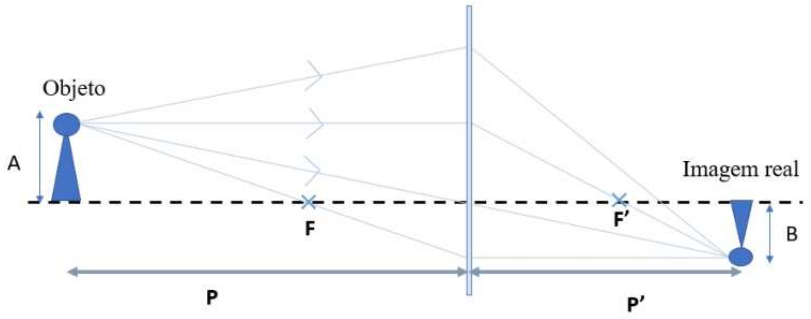

FIGURA 5: ESQUEMAS REPRESENTATIVO DAS POSIÇÕES DO OBJETO E IMAGEM EM RELAÇÃO A UMA LENTE (CONVERGENTE).
FONTE: ACERVO DOS AUTORES (2020)

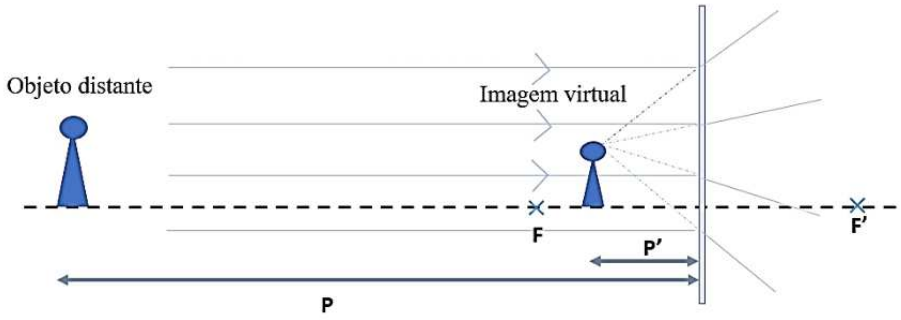

FIGURA 6: ESQUEMAS REPRESENTATIVO DAS POSIÇÕES DO OBJETO E IMAGEM EM RELAÇÃO A UMA LENTE (DIVERGENTE).
FONTE: ACERVO DOS AUTORES (2020)

Método de Bessel (Método do deslocamento)

Uma outra forma de determinação da distância focal, *f*, de uma lente pode ser feita pelo Método de Bessel (UFU, 2009), no qual demonstra-se que para uma distância fixa, *A*, entre o objeto e um anteparo, é possível formar uma imagem colocando a mesma lente em duas posições distintas. Essa grandeza pode ser determina com o uso da relação:

$$f = \frac{A^2 - D^2}{4A} \tag{2}$$

sendo *D* a distância entre as posições em que as lentes foram colocadas durante a análise. É válido destacar que essa metodologia é aplicada apenas paras as lentes convergentes.

Método de acoplamento

Este método é usado para determinar a distância focal (f_d) de uma lente divergente, acoplando a ela uma lente convergente (f_c) com distância focal conhecida. Esse processo produzirá uma "nova" lente com distância focal resultante (f_R), tal que (UFSC, 2019):

$$f_d = \frac{f_R}{f_c} \tag{3}$$

4. JUSTIFICATIVA E PROPOSTAS DE ABORDAGEM

As formas de determinação da distância focal demonstradas na secção anterior são realizadas em laboratórios didáticos dos cursos de física básica que discutem os conteúdos de óptica (COSTA, 20.12; USP, 2016), no entanto é perceptível que eles exigem dos estudantes a realização de medidas com certa precisão para que os dados

obtidos forneçam o valor correto para a lente analisada. Sendo assim, propor uma atividade de preparação, com o uso de uma simulação pode ser importante para que, no momento da prática real, sejam compreendidas todas as etapas que serão necessárias para obtenção do valor da grandeza de interesse.

Uma vez que a utilização de atividades virtuais como treinamento para uma realização posterior da prática laboratoriais têm apresentado resultados interessantes para a aprendizagem, como já mencionado anteriormente, a proposta que será apresentada neste trabalho se mostra como uma possibilidade factível para o ensino de óptica a nível superior. É intuitivo que pensar no uso de simulações na plataforma PhET (UCB, 2020), pois ela está razoavelmente difundida, no entanto a simulação disponível não permite o estudo da imagem formada por lentes divergentes e que é limitante caso se proponha utilizá-la como etapa para construção do conhecimento. Uma opção viável para essa atividade é a simulação “Laboratório de lentes” (figura 7), disponível na plataforma Educaplus (PEÑAS, 2017), que apesar funcionar apenas de forma online, permite avaliar a formação de imagens com lentes convergentes e detergentes.

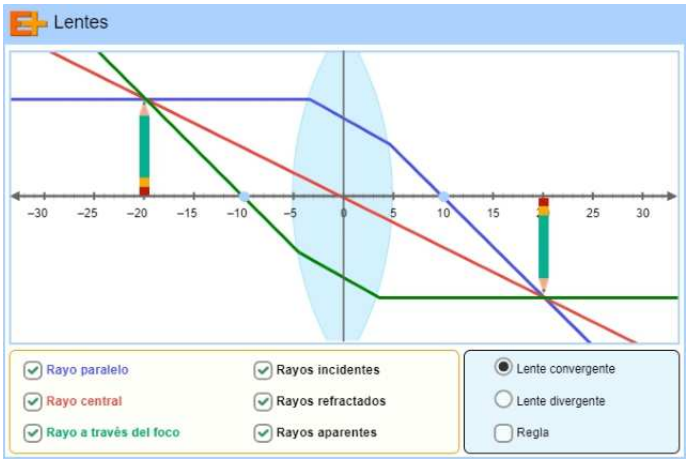

FIGURA 7: IMAGEM DA SIMULAÇÃO USADA NA PROPOSTA.
FONTE: PEÑAS (2017)

A ideia é determinar, através da simulação, a distância focal de uma lente, esférica, pela análise gráfica da função dos pontos conjugados, usando dois métodos distintos de avaliação da equação (1) sendo eles:

Método 1: Análise do gráfico $p'^{-1}\times p^{-1}$

Essa é a forma mais simples e geralmente aplicada na determinação da distância focal de uma lente, visto que a expressão que será analisada terá a forma:

$$y = ax + b \qquad (4)$$

tal que y = 1/p', x = 1/p, b = 1/f e a = - 1.

Método 2: Análise do gráfico p×p'

A outra forma é reorganizar a expressão (1) para que seja escrita uma função da forma:

$$p' = \frac{fp}{p - f} \tag{5}$$

Para realizar as análises previstas acima, o objeto estudado será posicionado em diferentes locais a frente da lente, de forma a projetar uma imagem. As posições do objeto e da imagem, em cada configuração escolhida será registrada e através do gráfico será obtido o valor da distância focal que deverá ser comparado o resultado encontrado com o valor presente na simulação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na realização da atividade virtual foram feitas cinco medidas, para apresentar as potencialidades da prática virtual na determinação da distância focal, em que foi possível construir uma tabela a seguir (Tabela 1) com os valores obtidos.

TABELA 1 – DADOS OBTIDOS DURANTE AS ATIVIDADES COM A SIMULAÇÃO

MEDIDA	**POSIÇÃO DO OBJETO (p)**	**POSIÇÃO DA IMAGEM (p')**	
		LENTE CONVERGENTE	LENTE DIVERGENTE
1	30,0 cm	14,7 cm	-7,5 cm
2	25,0 cm	16,5 cm	-7,1 cm
3	23,5 cm	17,3 cm	-6,9 cm
4	20,0 cm	20,0 cm	-6,6 cm
5	15,0 cm	31,6 cm	-5,9 cm

FONTE: Autores (2021)

Como ambos os métodos se utilizam de uma análise gráfica para a determinação da distância focal optou-se por utilizar a metodologia descrita por Inocêncio e Cruz (2019), na qual é utilizando um software para construção de gráficos matemáticos e nele é inserida a equação de ajuste que se busca analisar. Essa forma, segundo os autores, é utilizada visando permitir que o estudante se habitue com o uso de ferramentas computacionais para análise dos fenômenos físicos e também compreenda a necessidade de avaliar os valores associados ao problema analisado a partir de considerações científicas adequadas e nãa apenas das equações a eles apresentadas.

Para ambos os métodos foi utilizado o *software* Graph, descrito por seu desenvolvedor da seguinte forma:

> [...] e caracteriza por ser é um aplicativo de código aberto usado para desenhar gráficos matemáticos em um sistema de coordenadas. Qualquer pessoa que queira desenhar gráficos de funções achará este programa útil. O programa torna muito fácil visualizar uma função e colá-la em outro programa. Também é possível fazer alguns cálculos matemáticos nas funções. (JOHANSEN, 2020)

No caso da análise do gráfico $p'^{-1} \times p^{-1}$ a sintaxe da função para análise, inserida, ficou da forma:

$$1/\$f - x \qquad (6)$$

impondo que os pontos sejam ajustados respeitando a relação adequada para o problema. Nesta condição as retas de ajuste apresentaram boa aproximação dos dados obtidos na simulação, com valores próximos a 0,99% para o caso da lente divergente e convergente (Figura 8, Figura 9).

A partir dos ajustes, os valores encontrados para a distância focal, f, para as lentes convergente e divergente (9,99 cm e -9,85 cm) usadas na simulação, foi determinado o desvio percentual em relação ao valor apresentado em ambas as situações, |f| = 10,0 cm, obtendo-se valores em torno de 0,1% e 1,5% respectivamente. Um ponto importante neste processo é que apesar do *software* utilizado possuir uma relação de ajuste linear, pré programada, ocorrerá um ajuste em que o valor do coeficiente angular (a) da reta será diferente de -1, que é uma imposição do problema analisado e que fornecerá um valor da distância focal, f, razoavelmente diferente do que ele realmente deveria possuir.

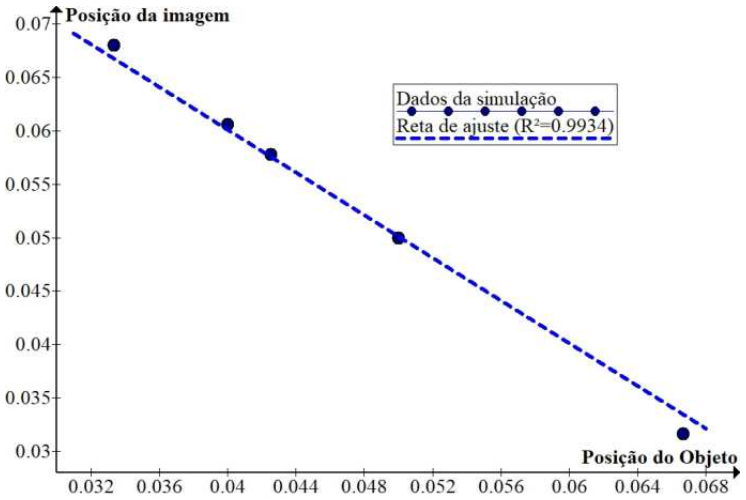

FIGURA 8: POSIÇÃO DA IMAGEM, EM FUNÇÃO DA POSIÇÃO DO OBJETO, PARA UMA LENTE CONVERGENTE, COM UM FUNÇÃO DE AJUSTE: f(x) = - x + 0,100.
FONTE: ACERVO DOS AUTORES (2020)

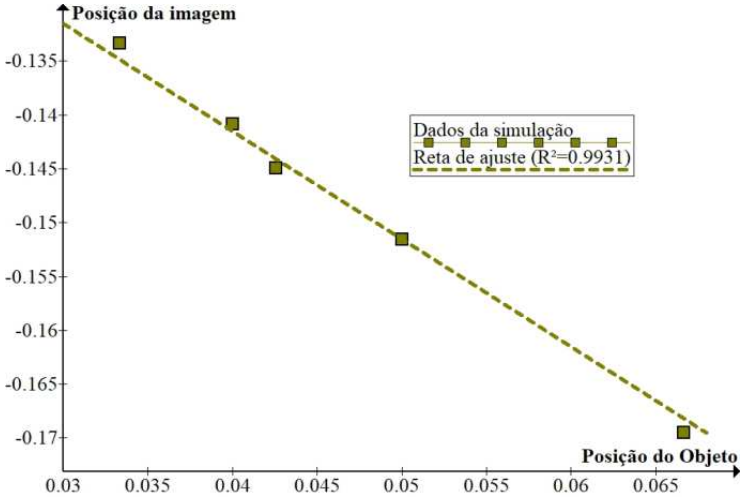

FIGURA 9: POSIÇÃO DA IMAGEM, EM FUNÇÃO DA POSIÇÃO DO OBJETO, PARA UMA LENTE DIVERGENTE, COM UMA FUNÇÃO DE AJUSTE: f(x) = - x - 0,101.
FONTE: ACERVO DOS AUTORES (2020)

No caso da análise do gráfico p'×p a sintaxe da função ficou da forma:

$$(\$f * x)/(x - \$f) \tag{7}$$

e, como no caso anterior, impondo que os pontos sejam ajustados respeitando a relação adequada. Para essa nova condição os ajustes também apresentaram boa aproximação, com o coeficiente de correlação (r²) igual a 0,99% para ambas as lentes (Figura 10, Figura 11).

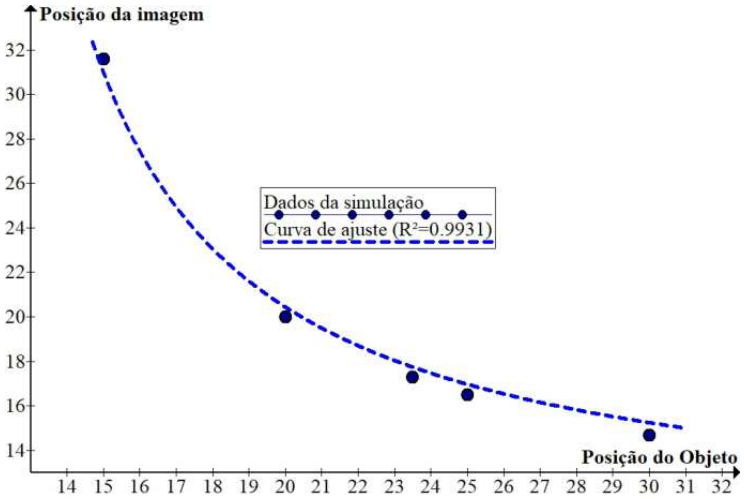

FIGURA 10: POSIÇÃO DA IMAGEM, EM FUNÇÃO DA POSIÇÃO DO OBJETO, PARA UMA LENTE CONVERGENTE, COM UMA FUNÇÃO DE AJUSTE: f(x) = 10,11x/(x-10,11).
FONTE: ACERVO DOS AUTORES (2020)

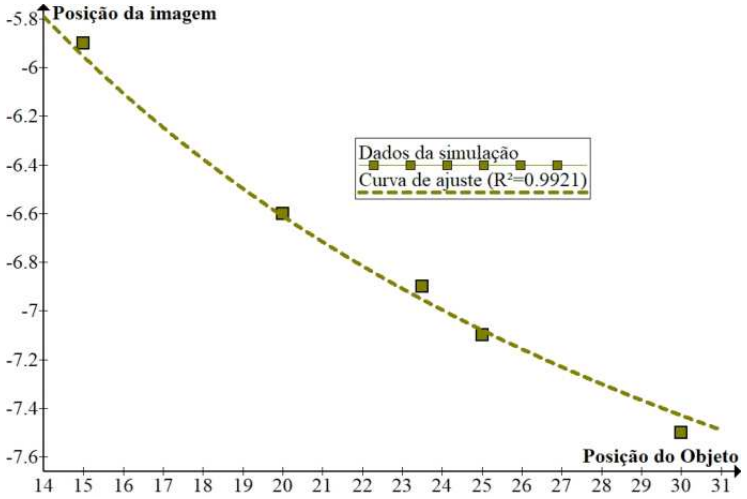

FIGURA 11: POSIÇÃO DA IMAGEM, EM FUNÇÃO DA POSIÇÃO DO OBJETO, PARA UMA LENTE DIVERGENTE, COM UMA FUNÇÃO DE AJUSTE: f(x) = -9.87x/(x+9.87).
FONTE: ACERVO DOS AUTORES (2020)

A partir dos ajustes os valores encontrados para a distância focal, f, para as lentes convergente e divergente (10,1 cm e -9,87 cm) usadas na simulação, foi determinado o desvio percentual em relação ao valor apresentado em ambas as situações, |f| = 10,0 cm, obtendo-se valores em torno de 1,0% e 1,3% respectivamente. Apesar do desvio encontrado para a lente convergente ser razoavelmente maior que no ajuste por linearização ele ainda pode ser considerado bom para este tipo de atividade.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prática apresentada neste trabalho não deve ser considerada como uma solução única, mas como uma ferramenta complementar para a aprendizagem das grandezas associadas a formação de imagens por lentes esféricas. No entanto ela deve ser considerada igualmente importante no processo de ensino por fornecer aos estudantes um momento para a testarem hipóteses e verificar as leis envolvidas no fenômeno. Assim, por mais que não seja um experimento real, ela pode suscitar interesse sobre o tema e servir como um contributo pedagógico fundamental para a discussão em sala de aula.

Além disso, a proposta também pode criar um ambiente em que os estudantes tenham autonomia em relação ao tema e não fiquem numa posição passiva em relação aos conteúdos. Neste processo, pela autonomia criada, os estudantes poderão testar suas hipóteses e compreender os procedimentos que serão necessários quando tiverem em contato com o experimento físico propriamente dito.

Por fim, apesar de terem sido apresentados ao longo do texto outros métodos de obtenção da distância focal este não foram abordados por limitações da simulação utilizada. No entanto elas fizeram parte desta discussão para mostrar ao leitor que estamos abordando uma das possibilidades de determinação da distância focal das lentes esféricas e não o único existente, isso também deverá ser mencionado com os estudantes para que eles percebam que em muitos casos não existem uma única solução para um determinado problema.

7. REFERÊNCIAS

BARROSO, F. F. et al. ***Formação de imagens na óptica geométrica por meio do método gráfico de Pierre Lucie***. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 40, n. 2, e2501, p. 1-9, 2018.

BRASIL. **Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Parecer CNE/CES 1.304/2001**. Brasília: Ministério da Educação, 7 dez. 2001. Disponível em: https://is.gd/hCzb5j, Aceso em: 25 dez. 2020.

COSTA, A. C. **Nota experimental 18 – Atividades com Lentes**, 2012. Disponível em: https://is.gd/CyVatI, Aceso em: 25 dez. 2020.

DURÃES, C. P. et al. O ensino da dispersão da luz com auxílio do PhET por meio do ensino por investigação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIêNCIAS, 11., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. p. 1-9.

FELIX, J. S. et al. Experimentando em Física: praticando no real e no virtual. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 20., 2013, São Paulo. **Atas [...]**. São Paulo: SBF, 2013. T0370, p. 1-9.

INOCENCIO, T. O.; CRUZ, F. A. O. ***Significando o movimento oscilatório****: uma proposta exploratória com o uso de softwares livres*. Dynamis, v. 25, p. 96-114, 2019.

JOHANSEN, J. **Graph**, 2020. Disponível em: https://is.gd/L9DNZI, Acesso em: 25 dez. 2020.

MARTINS, T. F. et al. ***Princípio de Arquimedes****: do treinamento virtual a execução experimental*. Vivências, v. 11, p. 199-205, 2015.

MASSABNI, V. G.; ANDRADE, M. L. F. ***O desenvolvimento de atividades práticas na escola****: um desafio para os professores de ciências*. Ciência & Educação, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011.

PEÑAS, J. **Laboratorio de lentes**, 2017. Disponível em: https://is.gd/IaEUzT, Acesso em: 25 dez. 2020.

SAITO, F. ***Experimento e matemática**: o estudo das lentes segundo a perspectiva de Giambattista della Porta (1535-1615)*. Circumscribere, v. 4, n. 4, p. 83-101, 2008.

SANTOS, J. S. **Óptica geométrica - A construção de conceitos através da experimenação**. 2017. 144 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal Fuminense, Volta Redonda, 2017.

SILVA, J. B. et al. Mudança conceitual em óptica geométrica facilitada pelo uso de TDIC. In: WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 21., 2015, Maceió. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2015. p. 385-394.

SODRÉ NETO, L.; OLIVEIRA, M. L. A. ***Aulas experimentais no ensino superior**: a visão de estudantes do curso de licenciatura em ciências biológicas sobre esse tipo de prática*. Revista de Educação, Ciências e Matemática, v. 5, n. 2, p. 62-72, 2015.

UFAL - Universidade Federal de Alagoas. **Programa da disciplina**, 2017. Disponível em: https://is.gd/zAyJ13, Acesso em: 26 dez. 2020.

UFAM - Universidade Federal do Amazonas. **Conteúdo Programático**, 2009. Disponível em: https://is.gd/stuM0e, Acesso em: 26 dez. 2020.

UFAM - Universidade Federal do Amazonas. **Ementa**: ISM094 - Física IV, 2020. Disponível em: https://is.gd/HHoWQh, Acesso em: 26 dez. 2020.

UFG - Universidade Federal de Goiás. **Programa de disciplina**, 2013. Disponível em: https://is.gd/C7XbXV, Acesso em: 26 dez. 2020.

UFPR - Universidade Federal do Paraná. **Plano de Ensino**, 2001. Disponível em: https://is.gd/acHPqz, Acesso em: 26 dez. 2020.

UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio De Janeiro. **Disciplina**, 2011. Disponível em: https://is.gd/iaeoiJ, Acesso em: 26 dez. 2020.

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. **Exp. 9**: Espelhos e Lentes, 2019. Disponível em: https://is.gd/M2AAjc, Acesso em 25 dez. 2020.

UFU - Universidade Fderal de Uberlândia. **Física Experimental IV**: Lentes Delgadas, 2009. Disponível em: https://is.gd/YOUaTh, Acesso em: 25 dez. 2020.

USP - Universidade de São Paulo. **4302214 - Física Experimental IV**, 2016. Disponível em: https://is.gd/myT17k, Acesso em: 25 dez. 2020.

VACCARI, A.; FARIAS, G. F.; PORTO, D. S. ***Implementação de um modelo para roteiros de aula no laboratório de enfermagem**: fortalecendo a aprendizagem*. Revista Gaúcha de Enfermagem, v. 41, n. esp, e20190174, p. 1-5, 2020.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física**: Sears & Zemansky - Óptica e Física Moderna. v. 4. 14ª ed. Franca: Pearson Universidades, 2015.