



MATERIAIS TÁTEIS INCLUSIVOS: PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PLAQUETAS COM DIAGRAMAS EM RELEVO PARA O ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA A ALUNOS CEGOS E COM BAIXA VISÃO

GT 7: EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

Trabalho completo

Akirah Carvalho GENARO (Grupo de Estudos e Pesquisas em Educação em Ciências /IFMT)
akirah.g@estudante.ifmt.edu.br

Emanuelly Cristini CAVALCANTE (Grupo de Estudos e Pesquisas em Educação em Ciências /IFMT)
emanuely.cavalcante@estudante.ifmt.edu.br

Karine Felinto de Souza VIEIRA (Grupo de Estudos e Pesquisas em Educação em Ciências /IFMT)
karine.felinto@estudante.ifmt.edu.br

Marcio do Nascimento GOMES (Grupo de Estudos e Pesquisas em Educação em Ciências /IFMT)
marcio.gomes@ifmt.edu.br

Adriane BARTH (Grupo de Estudos e Pesquisas em Educação em Ciências /IFMT)
adriane.barth@ifmt.edu.br

Resumo

O presente estudo desenvolveu e realizou avaliações de plaquetas táteis texturizadas para o ensino de conceitos básicos da óptica geométrica, visando incluir alunos cegos e com baixa visão em aulas de física em uma sala regular. Através de uma explanação expositiva, as ilustrações com relevo e cores contrastantes, além das escritas em Braille e língua portuguesa, foram os principais ajustes indicados por colaboradores cegos e com baixa visão para a melhoria das plaquetas. Os feedbacks desses colaboradores indicaram que os materiais pedagógicos desenvolvidos facilitaram a compreensão dos conceitos ópticos, corroborando estudos presentes na literatura sobre materiais táteis inclusivos.

Palavras-chave: Educação inclusiva. Materiais táteis. Óptica geométrica.

1 Introdução

Figuras em livros didáticos, falas de professores, desenhos e diagramas no quadro, slides, experimentos em laboratório utilizando espelhos, lentes, lasers, lanternas, entre outros, são ferramentas comumente utilizadas no ensino de óptica geométrica. O ensino deste tema pode despertar a curiosidade dos alunos, principalmente quando envolver fenômenos como reflexão, refração, difração e óptica da visão. Esse cenário é muito comum em aulas de física para alunos videntes.

Olhando para essa realidade, os alunos com baixa visão e cegos não estão nas mesmas condições de aprendizagem que os demais. A deficiência com o sentido da visão impossibilita que esse público acompanhe e manipule os instrumentos que poderiam colaborar com sua aprendizagem. Ao participarem de aulas que não estejam planejadas e adaptadas para suas condições, os alunos cegos ou com baixa visão estabelecem contato com o conteúdo apenas por

meio da voz do professor que está ministrando as aulas de óptica.

Pensando em compreender como está o cenário acadêmico do ensino de física para pessoas com deficiência visual, Phutante et al. (2022) e Dickman e Pertence (2024) indicaram em seus estudos que materiais didáticos adaptados para alunos com deficiência visual poderiam auxiliar no processo de aprendizagem. França e Siqueira (2019) que compilou diversos trabalhos com propostas didáticas voltadas para o ensino de física para alunos com deficiência visual, concluíram o uso de materiais táteis é fundamental para beneficiar tanto alunos videntes quanto cegos, mas que a implementação destes em sala de aula ainda está escassa.

Na perspectiva de contribuir com essa questão, este trabalho foi elaborado para desenvolver e utilizar objetos impressos por impressoras 3D. Tais materiais foram planejados para conter elementos representativos como relevo, textura, contrastes de cores e uso da escrita em Braille, possibilitando tanto o uso da visão quanto do tato. Dessa forma, espera-se que alunos videntes, cegos e com baixa visão possam ter as mesmas oportunidades de aprendizado dos conceitos de óptica em aulas de física.

O pressuposto teórico que fundamenta a proposta aqui descrita baseia-se nos princípios defendidos pelo uso de modelos mentais de Philip Johnson-Laird. No processo metodológico para o desenvolvimento dos modelos foram estudados material bibliográfico sobre o ensino de óptica geométrica, na criação e impressão de objetos em 3D, nos ajustes indicados por pessoas cegas e/ou com baixa visão e na validação dos materiais desenvolvidos em unidades escolares que atendem alunos videntes e cegos.

Os resultados aqui apresentados mostraram que os modelos desenvolvidos possuem símbolos fáceis de serem identificados ao toque, cores contrastantes que favorecem a diferenciação entre os elementos gráficos, relevo e textura adequados para o uso da linguagem tátil, e escrita em Braille contendo informações suficientes para leitura e compreensão dos alunos cegos.

2 Fundamentação Teórica

O ensino dos conceitos da física na educação básica é objeto de estudo entre os educadores de diversas vertentes metodológicas, dentre elas a aprendizagem baseada em problemas, o ensino por investigação, o uso de tecnologias e a abordagem contextualizada. No caso de estudantes cegos ou com baixa visão presentes em sala de aula, o uso de materiais didáticos adaptados que contenham relevo, contrastes de cores e inscrições em Braille pode auxiliar no processo de ensino e aprendizagem desse público.

Partindo desse contexto, a óptica é uma área da física que estuda fenômenos relacionados à luz. Diversos fenômenos, como os princípios básicos da óptica e a reflexão da luz, podem ser compreendidos utilizando fontes de laser, espelhos, escalas, transferidores, dentre outros. A limitação de indivíduos com deficiências visual não traduz a experiência vivida com o meio, pois a forma como percebem o ambiente ao seu redor é diferente da percepção do indivíduo vidente (Ferreira, 2014).

Para Rodrigues, Fujita e Dal'Evedove (2018), os processos mentais que utilizamos para compreender o mundo à nossa volta estão relacionados às nossas atividades mentais, que vão desde o pensamento mais simples até a resolução de problemas complexos, além das adaptações necessárias para ajustar essas atividades às diferentes situações. Nesse sentido, Veraszto et al. (2019) entendem que o ensino da óptica geométrica na educação inclusiva deve estar desvinculado de experiências visuais para serem planejados e desenvolvidos de outras formas.

Nessa perspectiva, a partir das ideias de Philip Johnson-Laird, em que os indivíduos transformam suas experiências externas em modelos internos (Moreira, 1999), modelos didáticos adaptados para estudantes cegos e/ou com baixa visão podem proporcionar uma experiência com estímulos táteis (Rodrigues; Fujita; Dal'Evedove, 2018) para traduzir o conceito físico presente nas imagens dos livros didáticos e nas falas dos professores em uma ideia concreta e perceptível.

Em um recente trabalho, Phutante et al. (2022) mostraram que o uso de materiais táteis pode promover a independência do aluno, possibilitando experiências multissensoriais, movimento e colaboração no ambiente escolar. Os autores destacaram ainda que modelos reais em 3D proporcionam uma melhor compreensão do conteúdo, mas são difíceis de serem elaborados ou adquiridos.

Dickman e Pertence (2024) elaboraram e testaram símbolos táteis, em relevo, que representam as imagens dos raios de luz refletidos em espelhos. No trabalho, as autoras retratam que os símbolos foram eficazes no aprendizado dos conceitos, mas há necessidade de capacitação dos professores para o uso adequado do material.

Silva (2022) utilizou materiais de baixo custo, como barbante, folhas de E.V.A. (mistura de alta tecnologia de etileno, vinil e acetato), isopores, colas, entre outros, para criar quadros táteis que permitissem elaborar uma sequência didática para apresentação do conteúdo. Seguindo nessa mesma linha de trabalho, Ferreira (2014) utilizou materiais semelhantes, demonstrando que a linguagem tátil pode ser utilizada como ferramenta de ensino no lugar da linguagem visual.

Por fim, Silva, Franco-Patrocínio e Fernandes (2023) concluíram em seus estudos

realizados com materiais táteis que a deficiência visual não é um impedimento para a construção de modelos mentais. Além disso, esses materiais apresentam eficácia para estudantes videntes, pois oferecem uma forma concreta de representar conceitos abstratos.

3 Metodologia

Com o intuito de obter resultados sobre a problematização apresentada, iniciou-se um processo de pesquisa. Primeiramente, foram estudados artigos que abordam as dificuldades e as possibilidades de adequações para o aprendizado de alunos com deficiência visual. Em seguida, realizou-se um novo levantamento focado nos conteúdos que os professores de Física do Instituto Federal de Mato Grosso, *campus* Rondonópolis, identificavam como os de maior dificuldade para os alunos com alguma deficiência visual. Após filtrar as informações, observou-se que a óptica geométrica foi o conteúdo mais citado.

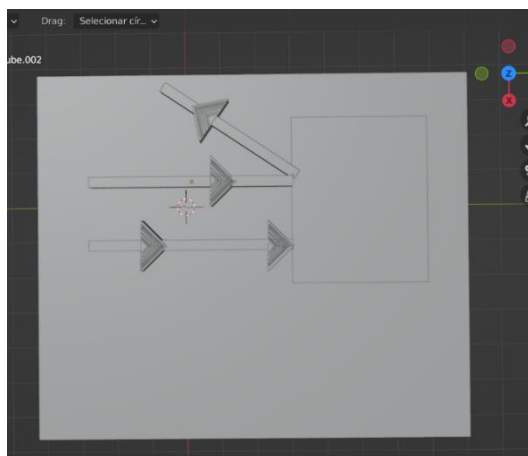
Tendo isso em vista, com a conclusão dessa etapa, tornou-se possível iniciar a produção e elaboração de materiais pedagógicos que pudessem representar mentalmente, fenômenos físicos da óptica geométrica que pudessem ser utilizados tanto por alunos videntes quanto com deficiência visual.

Em primeiro plano, buscou-se a representação dos conceitos da óptica geométrica nos livros didáticos: Tópicos de física 2 dos autores Ricardo Helou Doca, Gualter José Biscuola e Newton Vilas Bôas, edição 21; Os fundamentos da física 2: termologia, óptica, ondas dos autores Francisco Ramalho Junior, Nicolau Gilberto Ferraro e Paulo Antônio de Toledo Soares, edição 9; Física para o ensino médio 2: termologia, óptica, ondulatória dos autores Kazuhito Yamamoto e Luiz Felipe Fuke, edição 2. O uso dessas obras levou em conta a preferência de alguns professores.

Em segundo plano, iniciou-se a modelagem em 3D das representações selecionadas a partir da ferramenta *3D Blender* versão 3.3.0 para Windows 10. A seguir, um dos modelos projetados pela ferramenta como exemplo (figura1).

Em terceiro plano, utilizou-se a ferramenta Bambu Studio, versão 1.9.7, para Windows 10, a fim de possibilitar a inclusão no modelo das cores e do Braille, um sistema de escrita composto por pontos em relevo que permite a leitura por pessoas com deficiência visual. Essa implementação exigiu um estudo direcionado, baseado no vídeo “Alfabeto Braille - lógica das letras”, do canal Erlison Albuquerque, e na cartilha “O Sistema Braille”, publicada na revista *Trocando Saberes*, por Érika Rack Drezza.

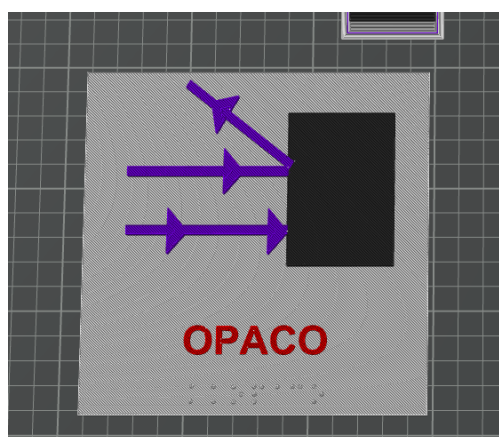
Figura 1 - Exemplo de um dos projetos desenvolvidos no software 3D Blender 3.3.0



Fonte: Autoria do projeto (2024).

Esses recursos foram fundamentais para garantir que o aluno cego pudesse realizar a leitura do modelo. A seguir, apresenta-se um dos modelos projetados pela ferramenta como exemplo (figura 2).

Figura 2 - Exemplo de um dos projetos sendo criados utilizando a software Bambu Studio, versão 1.9.7



Fonte: Autoria do projeto (2024).

Com os objetos impressos, colaboradores da Associação Rondonopolitana de Deficientes Visuais (ARDV) e do Centro de Reabilitação Louis Braille, ambos localizados em Rondonópolis, analisaram, sugeriram modificações importantes para que os modelos e posteriormente, validaram os objetos para uso de pessoas com deficiência visual.

4 Resultados e discussões

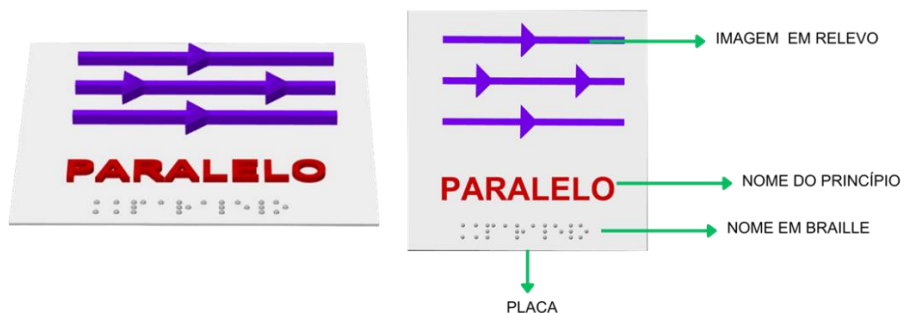
Nesta seção, discutimos resultados obtidos a partir da criação dos modelos didáticos e sua validação para posterior uso em sala de aula. Em primeiro plano será descrito o processo de criação dos modelos. Posteriormente foi avaliado os feedbacks preliminares dos usuários cegos e/ou baixa visão.

4.1 Materiais táteis elaborados para o ensino dos princípios básicos óptica e reflexão

Para desenvolver os modelos, utilizamos metodologias como aulas expositivas, auxiliadas por livros didáticos. Esses livros frequentemente inspiram professores a reproduzir no quadro figuras e diagramas que ilustram o conteúdo ensinado. Além disso, os alunos das escolas públicas em Mato Grosso recebem apostilas do Sistema Estruturado de Ensino, que contêm conteúdos, atividades e sugestões de atividades experimentais.

Os modelos didáticos produzidos são plaquetas que representam raios de luz em relevo, com descrições do fenômeno impressas em fonte ampliada e em Braille, permitindo a identificação do fenômeno. A figura 3 exemplifica como as plaquetas impressas com impressora 3D estão estruturadas.

Figura 3 - Exemplo de plaquetas e a identificação do que elas demonstram

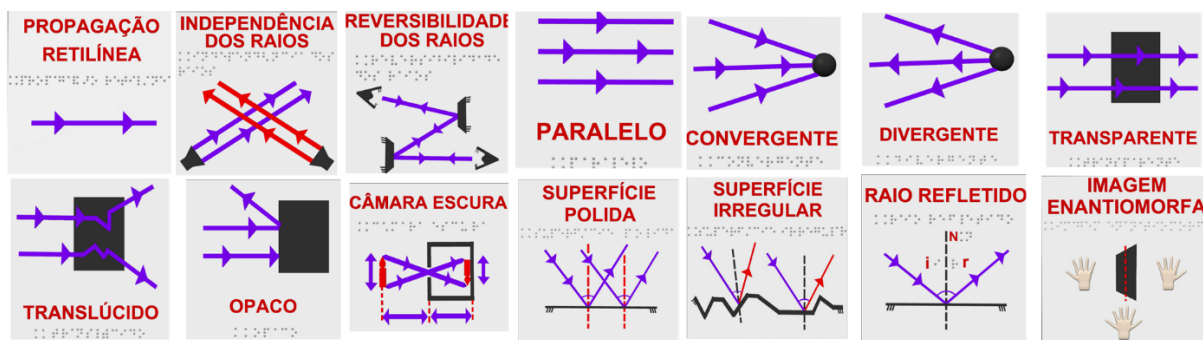


Fonte: Autoria do projeto (2024).

Basicamente, o aluno com baixa visão, ao manusear a plaqueta consegue diferenciar os elementos pela forma, contraste de cores e escrita ampliada. Alunos cegos, por meio do tato, identificam os elementos pelo relevo e textura, além de lerem a escrita em Braille. Para alunos videntes, a plaqueta oferece um estímulo visual e uma oportunidade de colaborar com colegas cegos ou com baixa visão, auxiliando no manuseio das plaquetas, se necessário.

Foram impressos elementos básicos comuns em todas as plaquetas, para padronização e identificação tátil dos princípios básicos da óptica geométrica, meios de propagação da luz, câmara escura de orifício, tipos de reflexão, leis da reflexão, e espelhos planos e formação de imagens. A figura 4 apresenta os modelos confeccionados para o ensino de ótica geométrica por meio de impressão 3D

Figura 4 - Modelos para o ensino de óptica geométrica produzidos por meio de impressão 3D



Fonte: Autoria do projeto (2024).

4.2 Feedback do uso das plaquetas

Entre os indivíduos videntes, as plaquetas transmitiram a informação desejada de maneira eficaz, desde a primeira versão impressa dos protótipos. No entanto, ao disponibilizar as primeiras versões para usuários cegos ou com baixa visão, os resultados não foram satisfatórios, pois a percepção desses indivíduos não é equivalente à de pessoas sem dificuldades visuais.

Diante desse desafio, foram sugeridas adaptações como a qualidade da textura, altura do relevo da escrita Braille, contraste e tons de cores mais perceptíveis para pessoas com baixa visão, cor, tamanho e estilo de fonte da escrita em português. A evolução do projeto é ilustrada na figura 5.

Figura 5 - Processo de evolução na confecção dos modelos.



Fonte: Autoria do projeto (2024).

Na figura 5 podemos ver que as primeiras versões não traziam contraste de cores. Na figura "A", há apenas a escrita em Braille e os elementos gráficos. Na figura "B", foi adicionada a escrita em português, pois nem todos os alunos com baixa visão são alfabetizados em Braille. Além disso, a altura do padrão Braille foi alterada para facilitar a leitura.



Figura 6 - Processo de avaliação e validação dos modelos para o ensino de óptica geométrica.



Fonte: Autoria do projeto (2024).

Na figura 6, temos em A um colaborador cego que fez a validação da escrita em Braille, do relevo e da textura das figuras impressas em 3D nas plaquetas. Na figura 6B a colaboradora possui baixa visão. Ela fez a validação do contraste e tom das cores, tamanho, estilo e cor das fontes da escrita em língua portuguesa.

Durante cada fase de adequação das plaquetas, os colaboradores expressaram satisfação em participar do projeto e mencionaram a expectativa de outros materiais adaptados às suas necessidades, além de relataram a compreensão de alguns conteúdos de óptica geométrica que ainda não haviam aprendido. A partir das versões finais, visualmente classificadas como "mais agradáveis" pelos videntes, foram desenvolvidas as demais plaquetas, seguindo os padrões indicados pelos colaboradores.

4.3 Primeiras impressões sobre os resultados já alcançados

Os materiais táteis desenvolvidos e produzidos neste projeto cumprem com os objetivos de serem facilitadores da compreensão dos conceitos de óptica geométrica para alunos videntes, com baixa visão e cegos.

A ideia de trazer para a sala de aula, além da fala do professor, os desenhos e diagramas comuns nos quadros e/ou slides, além das figuras e esquemas frequentemente associados a fenômenos ópticos, conforme descritos nos livros didáticos, indica que as plaquetas desenvolvidas seguem os modelos mentais previstos por Philip Johnson-Laird. Os colaboradores cegos e/ou com baixa visão forneceram indícios de que conseguiram transformar suas experiências externas, vividas ao manusearem as plaquetas, em modelos internos.

Essas impressões estão em conformidade com alguns estudos presentes na literatura. Em

uma pesquisa de mercado não foi encontrado materiais que sejam adaptados para alunos alguma deficiência visual que esteja focado no ensino da física. Isso está descrito no estudo de Phutante et al. (2022). No entanto, conforme o estudo dos autores, as plaquetas desenvolvidas neste projeto proporcionaram experiências multissensoriais, graças ao relevo em 3D das imagens, facilitando a materialização dos conceitos na mente dos alunos com ou sem deficiência visual durante o ensino de óptica.

Outro aspecto importante foi a capacidade dos colaboradores de compreender o conteúdo de óptica geométrica representado nas plaquetas. Perguntas como "O que aconteceria se um raio de luz interferisse no caminho do outro?" e "Então é assim que minha mão fica no espelho?" são indícios que as plaquetas auxiliam na formação de modelos mentais e que a deficiência pode ser superada, conforme previsto no estudo de Silva, Franco-Patrocínio e Fernandes (2023).

5 Conclusões

Diante dos fatos aqui abordados, as plaquetas desenvolvidas para auxiliar a compreensão do conteúdo de óptica geométrica de alunos videntes e com deficiência visual mostram-se promissores processos metodológicos que envolvem a aprendizagem baseada em problemas, o ensino por investigação, o uso de tecnologias e situações contextualizadas.

A criação de materiais pedagógicos inclusivos é fundamental para ambientar, envolver e engajar os alunos durante as aulas. Dessa forma, alunos com deficiência visual podem estar em condições de aprendizado equivalentes às de alunos sem dificuldades visuais.

Embora os resultados obtidos até a escrita deste trabalho sejam promissores, alguns pontos importantes foram revelados durante a produção das plaquetas. A capacitação dos professores para o uso eficaz do material não pode ser descartada, conforme prevê Dickman e Pertence (2024). Materiais de apoio, sugestões de atividades e avaliações devem ser desenvolvidos e distribuídos junto com os materiais, para usos e adaptação dos professores.

Essas questões, associadas ao incentivo à pesquisa e ao investimento no planejamento, desenvolvimento e produção de materiais pedagógicos inclusivos, são desafios que ainda precisam ser superados. O uso de materiais táteis mostra-se eficaz na implementação de uma nova linguagem na área do ensino: a comunicação tátil.

Agradecimentos

Agradecemos ao IFMT, a FAPEMAT, ao CNPq, a Associação Rondonopolitana de Deficientes Visuais e ao Centro de Reabilitação Louis Braille

Referências

DICKMAN, Adriana Gomes; PERTENCE, Maria Luiza Barbosa. Símbolos táteis para o ensino de óptica geométrica a estudantes com deficiência visual. **Benjamin Constant**. Rio de Janeiro, p. 1-22. set. 2024. Disponível em: <https://revista.abc.gov.br/index.php/BC/article/view/1008>. Acesso em: 20 set. 2024.

FERREIRA, Maurisete Fernando. **Uma abordagem para o ensino de física a alunos deficientes visuais**: um olhar diferente para o espelho. 2014. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

FRANÇA, Simonalha; SIQUEIRA, Maxwell. Propostas didáticas no ensino de física para deficientes visuais: análise de trabalhos em periódicos e eventos nacionais (2000 -2018). **Latin-American Journal Of Physics Education**. México, p. 1-8. 20 nov. 2019. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7587112>. Acesso em: 21 set. 2023.

MOREIRA, Marco Antônio. A teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird. In: MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Epu, 1999. p. 181-195.

PHUTANE, Mahika; WRIGHT, Julie; CASTRO, Brenda Veronica; SHI, Lei; STERN, Simone R.; LAWSON, Holly M.; AZENKOT, Shiri. **Tactile Materials in Practice**: understanding the experiences of teachers of the visually impaired. *Understanding the Experiences of Teachers of the Visually Impaired*. 2022. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2202.12280>. Acesso em: 12 ago. 2023.

RODRIGUES, Talita Andrade; FUJITA, Mariangela Spotti Lopes; DAL'EVEDOVE, Paula Regina. Representações mentais e a deficiência visual: uma abordagem dos modelos mentais de johnson laird. **Páginas A&B Arquivos & Bibliotecas**, Porto, n. , p. 71-85, 2018. Universidade do Porto, Faculdade de Letras. <http://dx.doi.org/10.21747/21836671/pag2018a6>.

SILVA, Camila FranciClaudia da. **Proposta de ensino sobre a óptica geométrica**: usando quadros táteis para cegos Natal. 2022. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Física, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

SILVA, Marcos Antonio Pereira da; PATROCÍNIO, Sandra de Oliveira Franco; FERNANDES, Jomara Mendes. O USO DE MATERIAIS DINÂMICO-TÁTEIS NA ELABORAÇÃO CONCEITUAL POR UM ESTUDANTE CEGO: trabalhando o efeito de forças e a estabilidade energética de sistemas intramoleculares. **Experiências em Ensino de Ciências**. Cuiabá, p. 1-25. abr. 2023. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/1113>. Acesso em: 19 out. 2023.

VERASZTO, Estéfano Vizconde; PEREIRA, Pâmela Freitas de Souza; SOUZA NETO, Osório Augusto de; CAMARGO, José Tarcísio Franco de; CAMARGO, Eliana Anunciato Franco de. Inclusão escolar e formação de professores: análise de propostas de ensino de óptica geométrica para. In: XXIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, , 2019, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: Sbf, 2019. p. 1-9.