Revista Amazônica de Ensino de Física
Amazonic Journal of Physics Teaching
https://doi.org/10.5281/zenodo.16664884

Aplicação do Software de Simulação *PhET* como Ferramenta Didática no Ensino de Física Contemporânea: Exploração de Conceitos de Pinças Ópticas

Application of the *PhET* Simulation Software as a Didactic Tool in Contemporary Physics Teaching: Exploring Concepts of Optical Tweezers

Carlos Henrique Moreira Lima[1], Marcelo Castanheira da Silva[1], Tiago de Jesus Santos[1], Sabrita Cruz da Silva[1]

[1] Universidade Federal do Acre/Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, carlos.lima@ufac.br; marcelo.silva@ufac.br; tiago.jesus@ufac.br; **sabrita.silva@gmail.com**

Resumo – *Este trabalho apresenta a elaboração e aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino de Física no nível médio, com foco no fenômeno do pinçamento óptico, utilizando o simulador PhET como recurso metodológico. O objetivo foi facilitar a compreensão de conceitos complexos de Óptica Geométrica e Física Contemporânea por meio da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. A sequência didática foi aplicada em uma escola pública do município de Bujari-AC, envolvendo cinco encontros com alunos do 2º ano do Ensino Médio. As atividades foram desenvolvidas com o uso de vídeos, imagens, simulações e experimentos acessíveis, promovendo um ambiente interativo e contextualizado. Os dados coletados indicam indícios de aprendizagem significativa, principalmente após o uso do simulador PhET, que possibilitou a visualização e compreensão do fenômeno de forma concreta. Apesar de dificuldades iniciais, atribuídas principalmente ao déficit de aprendizagem causado pela pandemia da COVID-19, a maioria dos estudantes demonstrou avanços conceituais relevantes. Os resultados sugerem que o uso de simulações virtuais, aliado a metodologias ativas e contextualizadas, pode contribuir de maneira efetiva para a transposição didática de conteúdos científicos considerados complexos, tornando-os mais* ***acessíveis e significativos para os estudantes da educação básica.***

Palavras chave*: Ensino de Física, Aprendizagem Significativa, PhET, Pinçamento Óptico, Simulações Virtuais.*

Abstract

This work presents the development and implementation of a Potentially Meaningful Teaching Unit (UEPS) for high school Physics education, focusing on the phenomenon of optical trapping, using the PhET simulator as a methodological tool. The objective was to facilitate the understanding of complex concepts from Geometrical Optics and Modern Physics through Ausubel's Theory of Meaningful Learning. The teaching sequence was applied in a public school in Bujari, Acre, and consisted of five sessions with second-year high school students. Activities included videos, images, simulations, and low-cost experiments, creating an interactive and contextualized learning environment. Data collected indicated evidence of meaningful learning, especially after using the PhET simulator, which allowed students to visualize and comprehend the phenomenon in a concrete way. Although initial difficulties were observed mainly due to learning gaps caused by the COVID-19 pandemic most students showed significant conceptual progress. The results suggest that virtual simulations, when combined with active and contextualized methodologies, can effectively support the didactic transposition of complex scientific content, making it more accessible and meaningful to basic education students.

Keywords*: Physics Teaching, Meaningful Learning, PhET, Optical Trapping, Virtual Simulations.*

1. Introdução

A docência em Física no ensino médio apresenta desafios, entre os obstáculos mais recorrentes enfrentados pelos professores da disciplina, destacam-se: abstração conceitual (a necessidade de os alunos compreenderem fenômenos que não são facilmente perceptíveis em seu cotidiano), falta de motivação (a percepção de muitos estudantes acerca da irrelevância da Física em suas vidas diárias pode resultar em desmotivação frente à disciplina) e, acesso a recursos e equipamentos (a carência de laboratórios adequados ou de condições para sua manutenção em grande parte das instituições escolares).

Nesse contexto, o uso de tecnologias digitais surge como uma alternativa promissora para superar tais desafios, permitindo um ensino mais dinâmico, acessível e contextualizado às necessidades dos estudantes. Com base nessa perspectiva, o presente trabalho dedicou-se à elaboração e aplicação de uma sequência didática com auxílio do simulador *PhET* como agente metodológico, na desenvoltura dos conteúdos referentes à Óptica Geométrica, especificamente, como a luz pode transportar momento para um objeto e a partir disso, conseguir aprisioná-lo, através de um advento que ocorreu em 1969 por Arthur Ashkin, o pinçamento óptico, uma inovação da Física Moderna laureada com o prêmio Nobel de Física em 2018 [1].

Através do simulador *PhET*, os alunos podem explorar como a luz pode ser usada para manipular

partículas microscópicas e os fundamentos físicos que sustentam o fenômeno. Essa estratégia facilita a transposição didática de conhecimentos científicos para o contexto educacional. Além disso, os alunos se tornam protagonistas de sua própria aprendizagem, promovendo uma compreensão significativa dos conceitos estudados, tornando o ensino mais envolvente e interativo.

Importa ressaltar que a adoção do simulador *PhET* não se propõe a substituir o papel do professor ou a experiência prática em laboratórios reais, mas a atuar como um recurso complementar que torna as aulas mais atrativas e dinâmicas. Essa abordagem visa otimizar os resultados no ensino de Física, considerando as potencialidades oferecidas por ferramentas digitais interativas.

Segundo [2], o ensino de Física deve transcender o formato tradicionalmente expositivo para suscitar maior interesse por parte dos alunos, exigindo que o docente explore e adapte estratégias pedagógicas que tornem as aulas mais instigantes e participativas.

Em face do avanço científico e tecnológico, o conhecimento científico se consolida como base do ensino de Ciências na sociedade contemporânea. Nesse contexto, o ensino de Física busca não apenas transportar as teorias e conceitos desenvolvidos pela comunidade científica para a sala de aula, mas também adaptá-los de forma a promover compreensão significativa desses saberes, considerando as especificidades dos estudantes.

Diante disso, foi elaborado um produto educacional no formato de uma sequência didática, sendo aplicado na primeira quinzena do mês de julho de 2022, para alunos do 2º ano do ensino médio, em uma escola pública estadual localizada na zona rural do município de Bujari-Acre.

Com o objetivo de verificar a ocorrência de aprendizagem significativa e a transposição didática, foram realizados cinco encontros. No primeiro encontro, aplicou-se um questionário inicial, procedimento que foi repetido no último encontro. Ao longo das atividades, foram abordados os conceitos de Óptica Geométrica e Física Contemporânea relacionados ao fenômeno estudado, o pinçamento óptico.

A partir de uma análise qualitativa, levando em consideração também, onde o produto educacional foi aplicado, verificou-se indícios de uma aprendizagem significativa e a transposição didática por meio do simulador *PhET*.

2. Metologias Utilizadas

Em meados do século XX, tivemos marcos científicos que contribuíram para o desenvolvimento da Física, no Brasil. Um exemplo disso, foi a criação do primeiro laser na década de 60. Apesar desse progresso, o ensino de Física ainda enfrenta inúmeros desafios, especialmente no que tange à necessidade de maior abstração conceitual e ao uso de recursos matemáticos por parte dos estudantes, fundamentais para uma compreensão efetiva dos conteúdos. Ademais, muitas instituições de ensino carecem de tecnologias aplicadas pedagogicamente e não adotam abordagens didáticas fundamentadas no construtivismo [3-4].

Sob a perspectiva cognitivista, a aprendizagem trata-se de um armazenamento de informação, sendo incorporada a uma estrutura no cérebro do sujeito, para que possa ser utilizada e manuseada posteriormente. Nesse contexto, Ausubel desenvolveu a Teoria da Aprendizagem Significativa, que reconhece a relevância dos aspectos afetivos, mas enfatiza que o aprendizado significativo ocorre quando novos conhecimentos são incorporados a estruturas cognitivas já existentes de forma lógica e não arbitrária [5].

Para que essa aprendizagem ocorra, é necessário que existam alguns aspectos que sejam mais relevantes aos que de fato nos deparamos em sala de aula. O conteúdo escolar necessita ser significativo, ou seja, precisa seguir uma lógica psicologicamente significativa. Isto é, a natureza dos conteúdos estará interligada com as experiências que cada indivíduo possui, tais conhecimentos estão dispostos na estrutura cognitiva do sujeito, formando-a, e a qualquer momento o discente poderá “acessá-lo”.

A introdução de novas informações a essa estrutura, por sua vez, deve ser conduzida com cuidado para evitar contradições ou “danos” aos conceitos já consolidados. Além disso, essa nova informação que será repassada ao aluno, tem que ser não-literal e não-arbitrária, ou seja, o discente não pode apenas memorizar conceitos de maneira aleatória e irrelevante, sem que dê um significado no que está estudando. O material didático deve ser potencialmente significativo, como ocorre com as UEPS (Unidades de Ensino Potencialmente Significativos), conforme definido por [6]. Um recurso utilizado para obter um ensino aprendizagem significativo são os laboratórios, com o intuito de suprir as dificuldades encontradas no decorrer do aprendizado, porém, conforme o resumo técnico do Censo da Educação Básica 2019, apenas cerca de 40% das escolas públicas estaduais possui suporte físico, e, acabam por não ter recursos viáveis para manter

Sem um recurso metodológico executável, no ponto de vista do aluno, as aulas de Física não são atrativas e não possuem nexo com o seu cotidiano. Desse modo, à medida que o avanço tecnológico surgiu, tornou-se crucial utilizá-lo como ferramenta para o ensino, tendo em vista que, a

internet e seus meios de comunicação passaram a ser agregados cada vez mais no cotidiano de crianças e jovens.

Dito isto, no ensino de Física, os professores trazem como inovação para as salas, o uso de simuladores, na busca de proporcionar uma aula dinâmica e atrativa. A aplicabilidade das simulações como um laboratório virtual, reapresenta situações físicas que possibilitam uma melhor compreensão dos fenômenos físicos.

Uma vez que, utilizadas no ensino de Física, colaboram na visualização do conceito através de experimentos virtuais, a fim de trabalhar conceitos abstratos de maneira experimental. Logo, o emprego dessa ferramenta tende a aperfeiçoar o conhecimento científico a ser mediado pelo professor materializando a abstração, transformando a sala de aula em um ambiente atrativo e dinamizado.

Além disso, o discente pode analisar situações que se assemelham ou se aproximam de um fenômeno físico real, facilitando ao mesmo o manejo e identificação de grandezas físicas. São inúmeras as vantagens de trabalhar com simulações em sala de aula, ainda podemos citar a animação ao reproduzir um fenômeno e sua representação gráfica (o que faz lembrar um jogo).

Fundado em 2002, pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o *PhET* Interactive Simulations é um laboratório virtual que possui inúmeras simulações de experimentos científicos, dentre elas, a de Pinça Óptica. Um de seus princípios é incentivar a investigação científica por meio da interatividade que o software fornece [7].

Assim como os demais softwares de simulações, o professor terá o *PhET* como um recurso proveitoso no decorrer de suas aulas, viabilizando a inclusão de seus alunos nessa nova era digital, onde ele servirá de suporte nas escolas que não possuem laboratórios de ciências para praticar ou reproduzir experimentos para fundamentação e refinamento das metodologias de ensino e ainda em escolas que possuem laboratórios reais, essa plataforma pode ser útil, uma vez que o aluno tende a ficar mais ativo nesse processo de ensino, podendo analisar de maneira qualitativa e quantitativa os fenômenos físicos que ocorreram em cada simulação 5,6 [8].

Dessa forma, o discente poderá fazer um paralelo entre o conhecimento científico adquirido a partir da mediação do docente em sala, com o seu conhecimento prévio, estabelecendo um vínculo entre teoria e prática na busca ativa de compreender e relacionar os fenômenos físicos presentes em seu cotidiano.

3. Produto Educacional e Metodologia de Implementação

A avaliação da UEPS é realizada ao longo do processo de ensino aprendizagem, mas também sugere que sejam realizadas avaliações ao final, de tal maneira que o professor possa registrar tudo o que possa ser considerado indícios de aprendizagem significativa [6].

Um dos objetivos específicos que vamos tentar alcançar é verificar a possibilidade do fenômeno de pinçamento óptico, que é um conceito não usual no ensino médio, ser descrito em uma linguagem acessível para o público-alvo utilizando como metodologia simulações já descritas no *PhET*, mas que até o momento, são poucos os trabalhos que fazem uso desta simulação como suporte pedagógico.

O produto educacional (Tabela 1) foi desenvolvido como sendo uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS, em que é sugerida uma estrutura didática teoricamente orientada à aprendizagem significativa.

Tabela 1: Momentos da Sequência Didática.

Aula	Título	Objetivo	Duração
1	Avaliação de conhecimentos prévios e o conceito de pinçamento óptico.	· Discutir as propriedades da luz com ênfase nos fótons; Mostrar que o momento linear descrito no universo newtoniano pode ser aplicado para partículas; Refletir sobre o tipo de força que a luz exerce sobre objetos e visualizar sua ordem de grandeza;	80
2	Fótons.	Entender a natureza da luz; Descrever as principais características dos fótons;	50

3	Apresentação do simulador PhET e Características da luz LASER.	Compreender a importância de utilizar o simulador *PhET*. Conhecer e relacionar cada fenômeno físico presente no pinçamento óptico. Manusear a simulação. Discutir as características da luz LASER.	80
4	Refração da luz e Reflexão da luz.	Compreender os conceitos de refração e reflexão da luz;	80
5	Fazer o experimento no PhET e aplicar o questionário.	Aplicar a simulação e questionário;	80

O primeiro encontro, composto por duas aulas, tem como objetivo instigar os organizadores prévios dos discentes, por meio de imagens (memes), para discutir a influência da luz e de seus fenômenos, em específico o pinçamento óptico.

Será exposta a situação-problema, em nível introdutório, levando-se em conta aspectos gerais do fenômeno de pinçamento óptico. Os discentes assistirão a um episódio do clássico desenho da turma da Mônica – episodio "abduzidos" (https://www.youtube.com/watch?v=tMI6X-3ZP6k) –, que mostra o efeito de pinças ópticas através de "naves espaciais".

Para que o discente participe de maneira ativa no processo de ensino aprendizagem, pediremos a eles que realizem uma pesquisa em seu navegador com a frase "pessoas abduzidas memes". Feito isto, terá um levantamento de opiniões da turma, sobre os elementos constitutivos do desenho e dos memes, especialmente no que diz respeito a propriedades ópticas. O desenho e imagens servirão como organizadores prévios para o ensino do pinçamento óptico **[5].**

A docente pode mediar o processo de resolução da situação-problema, fazendo perguntas acerca da natureza dos materiais apresentados, bem como: É possível ocorrer este fenômeno no cotidiano? Se sim, a força que a luz exerce pode "puxar" qualquer objeto independentemente do formato dele e de sua massa? Que tipos de luz existem, e quais delas podem "puxar" um objeto? Se a luz "puxa" tal objeto, ela exerce força nesse corpo, se exerce força há um gasto energético, então de onde vem a energia da luz?

Espera-se que, nas atividades realizadas na primeira aula, os estudantes percebam as propriedades da luz, que não é qualquer luz que ocorrerá o pinçamento óptico. Caso este conceito não apareça, ele será indicativo de falhas no subsunçor e no avanço hierárquico da aprendizagem, pressupondo a adoção de estratégias complementares e redirecionadoras dos problemas de ensino aprendizagem.

Entre a primeira e a segunda aula, a docente fará as devidas análises das atividades entregues pelos discentes, buscando encontrar evidências de que os memes e historinhas serviram como organizadores prévios, resgataram ou introduziram os subsunçores necessários para a segunda aula na estrutura cognitiva dos estudantes.

O segundo encontro seguirá a problemática do primeiro, a docente irá mostrar duas imagens específicas (memes), que retratam o comportamento da luz, projetada a partir do datashow.

Figura 1-"'meme" sobre onda-partícula

Figura 2 -"'meme" sobre onda-partícula

Em seguida, a professora instigará os alunos sobre qual seria a relação existente entre as duas imagens, a partir do primeiro encontro, qual a ideia agora de luz. Após isso, será trabalhado de maneira prática e sucinta o processo histórico e suas características, por meio do vídeo "O que é luz: Onda ou Partícula" (https://youtu.be/oSUHXeiaQ98).

Feito isto, duas novas imagens serão exibidas para introduzir o conceito de fótons e suas características.

Figura 3-"'meme" sobre onda-partícula

Para proporcionar aos discentes uma compreensão mais aprofundada e uma melhor abstração do conceito, além de destacar a importância do efeito fotoelétrico, a docente apresentará o vídeo "Como surgem os fótons: as partículas de luz" (https://youtu.be/6EG2ttCYbrA).

O terceiro encontro, será abordado por meio de projeção multimidia (slides), a professora desenvolverá a aula abordando a importância da tecnologia na área de física e algumas de suas aplicações e, como surgiu a ideia do pinçamento óptico através do vídeo "Pinça de luz: a luz movimentando matéria" (https://youtu.be/FOI51N07ixs) (ASHKIN, 2018). Mencionando as características do laser e seu funcionamento, a partir de dois vídeos (https://youtu.be/TX4Hyp3TWqQ, https://youtu.be/y3SBSbsdiYg) e da microesfera, para que ocorra o fenômeno que estamos analisando. Em seguida, apresentará a plataforma PhET, manuseando a simulação em questão (pinças ópticas).

Com o auxílio de uma lâmpada, um laser, uma caneta e uma bolinha de Ping Pong, a professora irá propor aos discentes que tentem fazer a bolinha "flutuar", conforme observaram na simulação. Após a demonstração, instigará os alunos – por que o pequeno experimento não funcionou como durante a simulação? Em que momento os fótons são "protagonistas" no experimento? E o laser, o que ocorre quando varia sua potência?

É importante que a docente ressalta aos alunos que, na Física, assim como usamos nossos olhos para ver, utilizamos experimentos como uma segunda forma de observar e validar as teorias físicas. Devido à falta de recursos para montar o equipamento necessário para observar o fenômeno em estudo, estamos utilizando simulações. O intuito aqui, também é mostrar para os alunos que o prêmio Nobel de Física traz conceitos que eles podem ter acesso desde o ensino médio, corroborando para o ensino aprendizagem e ainda os motivando, deixando a premiação mais importante da ciência palpável, para os discentes do ensino básico [9].

No quarto encontro, formado por duas aulas, a professora utilizará como problemática duas situações, em que a primeira é expor uma poesia, dando ênfase nos primeiros versos (nome da poesia: Ismália, cujo autor é Alphonsus de Guimaraens). A segunda situação a docente apresentará um fato comum da região, que consiste em as pessoas colocarem sacos plásticos com água, dependurados em suas casas, para espantar moscas.

Em roda de conversa, os alunos serão instigados sobre a relação das duas situações expostas com os fenômenos que estamos estudando – a turma acha que existe algum fenômeno físico apresentado nos versos da poesia? Por que as moscas realmente são espantadas pelo saco plástico com água? Em seguida, a professora irá expor os conteúdos do tema sobre Refração da luz, por meio de projeção multimídia (slides).

No segundo momento da aula, a turma será dividida em dois grupos, cada um irá fazer um pequeno experimento (nome: Onde está o dinheiro?), que consiste em pegar um pequeno copo plástico não transparente (desses para cafezinho), uma moeda pequena e água. A moeda será colocada no fundo do copo, bem no centro. O copo precisa estar em cima de uma mesa ou em outro suporte qualquer, de maneira que os alunos consigam enxergar o fundo do copo, mas não a moeda. Em seguida, iriam acrescentar a água aos poucos no copo, até que fique cheio.

Feito isto, a professora pedirá que a turma expresse o que foi observado durante o experimento. Instigar aos alunos, se existe algum fenômeno físico ali. Caso a resposta seja positiva, a professora questionará se trata do mesmo fenômeno estudado anteriormente. Coletada as opiniões dos alunos, o docente irá expor os conteúdos referentes à refração da luz por meio de projeção multimídia (slides).

Em um último momento da aula, a docente pedirá que os alunos identifiquem os fenômenos estudados no pinçamento óptico, no decorrer da simulação Pinças Ópticas.

O quinto e último encontro, será dividido em duas aulas, cada uma com 40 minutos. No primeiro momento, a docente irá dividir a turma em dois grupos, cada grupo formado por quatro alunos. Os grupos irão manusear a simulação (nesse momento o professor irá mediar apenas às dúvidas referentes ao uso dos computadores) e observando o fenômeno pinçamento óptico, irão detalhar de maneira discursiva e individual, cada processo que ocorre durante a simulação. No segundo momento, será aplicado o questionário, que os alunos deverão responder

individualmente.

O primeiro encontro tinha por finalidade verificar a presença ou ausência de subsunçores na turma relacionado às forças que a luz exerce em um objeto. Com base nas imagens e vídeos apresentados, juntamente com a interação dos alunos, referente às características básicas da luz, por exemplo, refletir sobre um objeto, foi possível perceber que 58% (sete alunos) da turma possuíam subsunçores necessários para os demais encontros, enquanto outros 42% não foi identificado subsunçores.

Salienta-se que eles sabiam da presença do fenômeno, identificando no cotidiano, mas não o abordando precisamente, bem como o conceito físico. Utilizando como suporte a explicação da cauda dos cometas para demonstrar nesse primeiro momento as forças que a luz exerce em um corpo, percebeu-se que 100% da turma não tinham conhecimento dessa característica, tampouco do comportamento duo da luz e que sua partícula é denominada fóton.

Consequentemente foi introduzido então neste primeiro encontro, dois subsunçores: as forças que a luz exerce (pressão de radiação – reflexão e força de gradiente – refração) e seu comportamento onda-partícula. Ainda sobre a fixação de novos subsunçores, foi instruída a turma sobre o Prêmio Nobel de Física. No que concerne ao questionário, após a desenvoltura do encontro, percebeu-se que, cerca de 75% da turma admitiu a presença de novos subsunçores.

Essa mesma parcela tinha a noção que poderia compreender assuntos abordados pelo Nobel de Física e que tais ideias necessitavam de uma comprovação por experiência para que fossem de fato validadas. Constatou-se que, aproximadamente, 58% dos estudantes tinham subsunçores relevantes sobre a luz Laser, antes mesmo da citação do tema em sala, tal como o reconhecimento de suas aplicações em nosso cotidiano e que existiria diferença de potência entre elas.

As questões presentes no questionário (8, 9 e 10) que diz respeito ao fenômeno Pinças Ópticas, notou-se que os alunos não tinham conhecimento e não conseguiram opinar, para eles a concepção da luz aprisionar um determinado objeto era improvável, o que era esperado. No entanto, quando indagados sobre a possibilidade de reproduzir tal fenômeno que tipo de luz seria utilizada, responderam que não poderia ser a de uma lâmpada, pois se assim fosse, os objetos do dia a dia, inclusive os presentes em sala, sairiam "levitando".

A partir dos dados obtidos do 1º encontro, percebeu-se que a turma tinha organizadores prévios suficientes para darmos continuidade à aplicação do produto, não sendo necessárias estratégias complementares, uma vez que os estudantes corresponderam às definições que foram incorporadas na primeira aula. Instintivamente, os estudantes opinaram acerca da luz (66%), exemplificando-a em sua rotina.

Em torno de 42% da turma conseguiu relacionar uma das imagens apresentadas com conceitos introduzidos no primeiro encontro, bem como o fenômeno ora onda, ora partícula, porém não sabiam dizer em quais momentos isso ocorreria. Foram apontadas dificuldades pela turma, para compreender conceitos que necessitavam de abstração, quando estudado o processo histórico da luz, através do vídeo "o que é luz: onda ou partícula" notou-se que as ideias ficam embaraçadas em um quantitativo de 100%, de preferência no que diz respeito à onda e partícula, o que dificultou o raciocínio dos conteúdos, por exemplo.

O vídeo foi visualizado algumas vezes e com o auxílio da docente, que mediou o conteúdo explanando no quadro (partes que consideraram relevantes e de fácil entendimento), verificou-se que 50% da turma conseguiram assimilar o tema proposto no recurso audiovisual com as imagens anteriores. No que diz respeito às figuras relacionadas aos fótons, um dado interessante e que merece ser mencionado é que boa parte dos estudantes conseguiram entender a piada referente à ausência de massa na partícula da luz, antes mesmo de assistirem ao vídeo e estudar com mais atenção as suas características.

De maneira geral, quanto às representações audiovisuais referentes a esse tema, por volta de 58% dos alunos apropriaram-se das novas informações. Decerto, também foram encontradas dificuldades para entender o efeito fotoelétrico, por se tratar de um assunto um pouco subjetivo; contudo, como é originado um fóton foi esclarecido, dado que, paralelo às aulas do produto, na disciplina de Química a turma estava estudando "Modelos Atômicos", o que contribuiu para a aprendizagem deste segundo encontro e os temas abordados.

Vale enfatizar que as dificuldades apresentadas até o momento e as subsequentes eram aguardadas pela docente, visto que era o primeiro contato da turma com a temática apresentada por este produto educacional, também foi encontrado barreiras em outras disciplinas que discorrem tópicos mais abstratos, que iam do conceitual ao interpretativo, o que levou ao seguinte diagnóstico: saímos da pandemia com um grande déficit de aprendizagem.

Desse modo, a docente optou por elaborar e aplicar um questionário, para averiguar a presença desse agente externo, sendo executado no último encontro, a fim de esclarecer as dificuldades manifestadas. O terceiro encontro se deu em duas aulas, a primeira discorreu sobre a importância da tecnologia na área de Física e aplicações e

como surgiu a ideia do pinçamento óptico.

Boa parte dos alunos (60%) reconheceu que a Física, por ser uma ciência, teria sua importância tanto no avanço tecnológico quanto em suas aplicações em nosso cotidiano. Sobre essas possíveis aplicações, os alunos destacaram a lâmpada e o LASER, ambos presentes em seu dia a dia. Aqui, poderíamos inferir que o LASER foi citado aleatoriamente, todavia, na resolução do questionário da Etapa 1, têm-se indícios que eles tinham noção do assunto.

Essa informação foi relevante, pois pressupõe que a turma discerne bem sobre um dos principais conceitos da nossa sequência. Ainda nesse momento foi debatido sobre o pinçamento óptico, através do vídeo e abordagem do tema no quadro, observou-se que os subsunçores (partícula da luz, forças que a luz exerce) tinham sido fixados no cognitivo dos alunos e que novos foram inseridos nessa aula da temática em questão (a luz se comporta como partícula no pinçamento óptico).

Aproximadamente 70% dos estudantes compreenderam sobre o fenômeno, mesmo sendo o primeiro contato com o tema. Os outros 30%, não conseguiam comentar ainda sobre o conceito e não demonstrava presença ou assimilação dos conteúdos. Na segunda aula deste encontro, foi desenvolvida a característica da luz LASER e em seguida apresentado o simulador *PhET*.

Sobre o LASER, vimos que os alunos já tinham conhecimento dessa tecnologia, porém não era sabido sobre o seu funcionamento e propriedades básicas. Teve-se uma parcela de 60% da turma que alcançou os objetivos desta parte da aula.

Posteriormente, apresentada a plataforma PhET, com ênfase na simulação Pinças Ópticas, pode-se verificar o reconhecimento em algumas características para que o fenômeno ocorra, tal como, as forças aumentam ou diminuem conforme a mudança na potência do LASER, com isso, a microesfera pode ficar ou sair do foco da objetiva.

Aqui, já se observou que o simulador PhET é uma ferramenta valiosa para a transposição didática, pois ele possibilitou a representação visual dos fenômenos ópticos da pinça, tornando-os mais tangíveis e compreensíveis.

A partir do manuseio da simulação (feito pela docente), foi evidenciado que os alunos estavam distinguindo os temas incorporados em cada encontro e apesar de termos subsunçores introduzidas nas duas primeiras aulas, estes ainda se faziam presentes no cognitivo deles. Em suma, 80% dos discentes interpretaram e assimilaram o conceito de Pinça Óptica, após a demonstração por meio da simulação.

Na primeira aula do quarto encontro, começamos com a exposição da Poesia: Ismália, com ênfase nos primeiros versos, 91% da turma sabia que existia um reflexo na água, mas não o apontavam como um fenômeno óptico, logo, não conheciam suas propriedades básicas.

O segundo recurso foi fazer uso da exemplificação dos sacos plásticos com água para espantar moscas, todos ali presentes conheciam esse experimento e sua comprovação que realmente funcionava. No entanto, ao serem indagados sobre a relação com o verso da Poesia trabalhado anteriormente e o porquê que essa prática tinha eficácia, apenas 54% dos estudantes opinaram sobre o assunto, respondendo que “as moscas enxergavam seus reflexos nos sacos e com isso ocorria a evasão desses insetos”.

A respeito da explicação de reflexão da luz, embora sendo um assunto complexo, a partir das problemáticas apresentadas, 63% dos alunos absorveram os conteúdos, o que antes não tinha ocorrido.

Em contrapartida, a segunda aula foi bastante difícil. Toda a turma não ouvira sequer a palavra refração antes da aplicação desse produto e com isso não deliberaram sobre o tema. Embora o retratando através das práticas experimentais, apenas um aluno comentou que “a caneta parecia estar quebrada por conta da água presente no copo”, o que fez outros concordarem com o comentário.

A opinião deste aluno foi considerada para iniciarmos a abordagem do tema, pois a grosso modo refração é a passagem de um raio de luz de um meio para outro. Ao final da aula, verificou-se que 45% da turma assimilaram refração.

O quinto e último encontro, foi formado por duas aulas (40 min cada), tendo como finalidade avaliar a compreensão que a turma obteve no decorrer de todos os encontros acerca do fenômeno pinçamento óptico.

O quantitativo de alunos que quiseram participar das atividades no decorrer deste produto incluindo a fase final, não foi questionado pela docente, pois para que tivéssemos um resultado adequado embasado na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, se fez necessário partir do pressuposto que o aluno precisa ter disposição para aprender, sendo assim, o diagnóstico final foi deliberado apenas com os estudantes que se dispuseram a colaborar para o mesmo.

Vale ressaltar alguns pontos importantes para a nossa análise de dados: foi o primeiro contato da turma com este tema – Pinças Ópticas; assuntos que se referem sobre os

fenômenos ópticos (comportamento duo da luz, reflexão da luz, refração da luz) e até mesmo as características da luz LASER, também era o primeiro contato dos estudantes. Ou seja, tudo era novidade para a turma.

Apesar das dificuldades encontradas no decorrer das aulas, foi possível perceber que o objetivo principal foi alcançado: a turma compreendesse o fenômeno, soubesse da sua existência e que pudéssemos utilizar simulações para descrever este e demais fenômenos na área da Física.

A Figura 4 retrata o relato de um aluno após o manuseio da simulação. Podemos observar que apesar do curto prazo em que ocorreu a aplicação do produto e por ser a primeira vez que tem contato com o tema, o estudante conseguiu assimilar moderadamente o conteúdo e a finalidade da simulação. Este mesmo aluno no questionário da Etapa 1, não soube responder as questões 8, 9 e 10 (referente ao tema central), após os encontros ao responder novamente o mesmo questionário, porém agora na última etapa, conseguiu responder às questões 8 e 10, como demonstra na Figura 5.

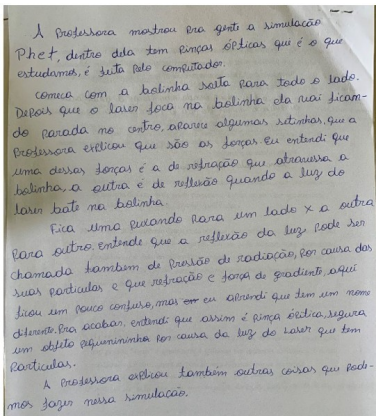

A Professora mostrou pra gente a simulação Phet, dentro dela tem pinças ópticas que é o que estudamos, é feita pelo computador.
Começa com a bolinha solta para todo o lado. Depois que o laser foca na bolinha ela vai ficando parada no centro, aparece algumas setinhas, que a Professora explicou que são as forças eu entendi que uma dessas forças é a de refração que atravessa a bolinha, a outra é de reflexão quando a luz do laser bate na bolinha.
Fica uma puxando para um lado x a outra para outro, entende que a reflexão da luz pode ser chamada também de pressão de radiação, por causa das suas partículas, e que refração é força de gradiente, aqui fica um pouco confuso, mas ~~em~~ eu entendi que tem um nome diferente pra acabar, entendi que assim é pinça óptica, segura um objeto pequeninho por causa da luz do laser que tem partículas.
A Professora explicou também outras coisas que podemos fazer nessa simulação.

Figura 4 – Descrição (síntese) de um aluno após o manuseio da simulação.

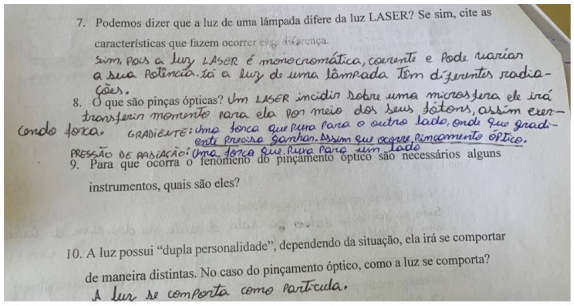

7. Podemos dizer que a luz de uma lâmpada difere da luz LASER? Se sim, cite as características que fazem ocorrer essa diferença.
Sim pois a luz LASER é monocromática, coerente e pode variar a sua potência. já a luz de uma lâmpada tem diferentes radiações.
8. O que são pinças ópticas? Um LASER incidir sobre uma microesfera ele irá transferir momento para ela por meio dos seus fótons, assim exercendo força. GRADIENTE: uma força que puxa para o outro lado, onde que gradiente precisa ganhar. Assim que ocorre pinçamento óptico.
PRESSÃO DE RADIAÇÃO: uma força que puxa para um lado
9. Para que ocorra o fenômeno do pinçamento óptico são necessários alguns instrumentos, quais são eles?
10. A luz possui "dupla personalidade", dependendo da situação, ela irá se comportar de maneira distintas. No caso do pinçamento óptico, como a luz se comporta?
A luz se comporta como partícula.

Figura 5 – Resolução de um aluno das questões na Etapa 5

Notamos que o aluno conseguiu identificar que a partir da partícula fóton, presente na luz, haverá forças que atuam na microesfera, o que faz ocorrer o pinçamento óptico, novamente, outro indício da transposição didática do conhecimento científico para o contexto educacional.

Nessa outra descrição (figura 6), nos atentemos ao comentário que o aluno fez sobre a luz LASER, em que o mesmo percebe que a partir do aumento ou diminuição da potência, é que temos o aprisionamento da microesfera e, que através disso surgem forças, embora aparente que o conceito de força pressão de radiação e força de gradiente ficou "aberto", nota-se que o princípio básico para que ocorra o pinçamento óptico foi assimilado.

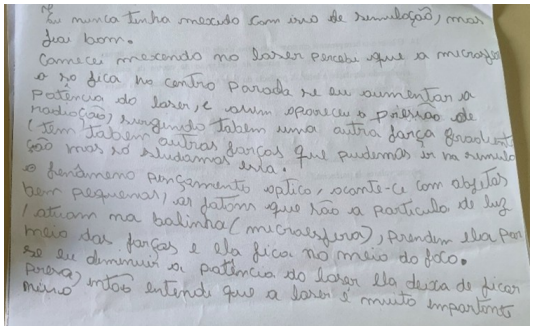

Eu nunca tinha mexido com isso de simulação, mas foi bom.
Comecei mexendo no laser percebi que a microesfera só fica no centro parada se eu aumentar a potência do laser, e assim apareceu a pressão de radiação, surgindo também uma outra força gradiente, tem também outras forças que pudemos ver na simulação mas só estudamos essa.
O fenômeno aprisionamento óptico, acontece com objetos bem pequenos, os fótons que são a partícula de luz atuam na bolinha (microesfera), prendem ela por meio das forças e ela fica no meio do foco.
Porém se eu diminuir a potência do laser ela deixa de ficar preso, então entendi que a laser é muito importante

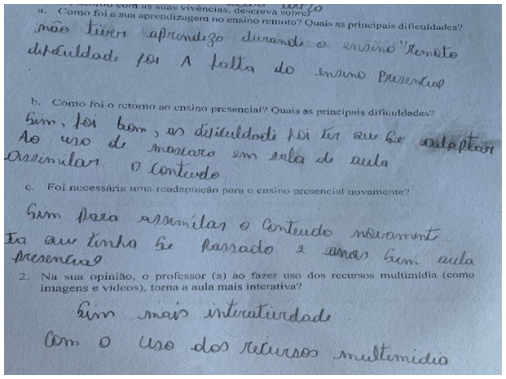
Figura 6 - Síntese de um aluno sobre o manuseio da simulação.

A maioria dos estudantes que estavam presentes em todos os encontros conseguiu responder as questões de maneira significativa e coerente, principalmente no que diz respeito às questões 8, 9 e 10.

É notório que ficaram ainda lacunas a serem preenchidas diante desse tema, pois se trata de um assunto complexo, sendo todos os seus conceitos novos para estes estudantes. No entanto, as dificuldades apresentadas pela turma que alguns estudantes – no qual não foi possível identificar evidências de aprendizagem significativa, não se deve ao modelo em que a sequência didática deste produto foi desenvolvida, uma vez que, em disciplinas anteriores que abordavam temas bem menos complexos também se teve barreiras para assimilação de conteúdo.

Sendo assim, percebeu-se que o ensino remoto ocasionado pela pandemia do COVID-19 não foi suficiente para a aprendizagem dos alunos, trazendo ainda mais déficit na assimilação e compreensão dos conteúdos, inclusive no decorrer da aplicação deste produto educacional. Desse modo, foi elaborado e aplicado um questionário referente a este agente externo, com quatro questões, onde 6 alunos responderam e entregaram.

Podemos observar que os próprios alunos reconhecem a falta de aprendizagem que não ocorreu no ensino remoto, o que prejudicou a eficácia dos resultados deste produto. Nas figuras abaixo (5 e 6), é notório erros ortográficos e dificuldades em expressar suas ideias, que em média, alunos que estão cursando a 2º série do ensino médio não teriam.

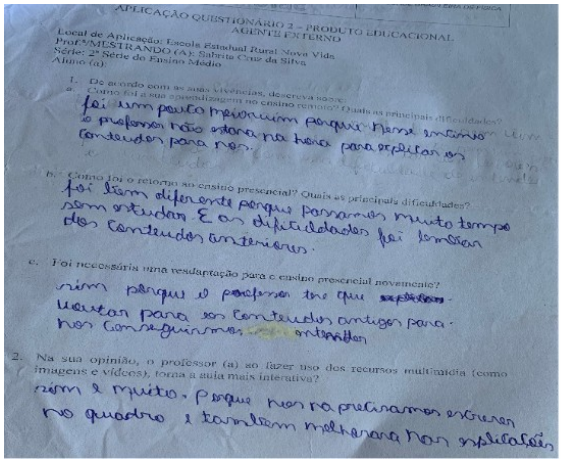

a. Como foi a sua vivências, descreva sobre
Não tive aprendizado durante o ensino remoto
dificuldade foi A falta do ensino Presencial

b. Como foi o retorno ao ensino presencial? Quais as principais dificuldades?
Sim, foi bom, as dificuldades foi ter que se adaptar
Ao uso de mascara em sala de aula
Assimilar o conteudo

c. Foi necessária uma readaptação para o ensino presencial novamente?
Sim para assimilar o conteudo novamente
Ja que tinha se passado 2 anos sem aula
presencial

2. Na sua opinião, o professor (a) ao fazer uso dos recursos multimídia (como imagens e vídeos), torna a aula mais interativa?
Sim mais interatividade
Com o uso dos recursos multimidia

Figura 7 – resposta do aluno nas questões 1 e 2 do questionário externo.


APLICAÇÃO QUESTIONÁRIO 2 – PRODUTO EDUCACIONAL
AGENTE EXTERNO
Local de Aplicação: Escola Estadual Rural Nova Vida
Prof.ª MESTRANDO (A): Sabrita Cruz da Silva
Série: 2ª Série do Ensino Médio
Aluno (a):

1. De acordo com as suas vivências, descreva sobre:
a. Como foi a sua aprendizagem no ensino remoto? Quais as principais dificuldades?
foi um pouco prejudicado porque nesse ensino o professor não estava na hora para explicar os conteudos para nós.

b. Como foi o retorno ao ensino presencial? Quais as principais dificuldades?
foi bem diferente porque passamos muito tempo sem estudar. E as dificuldades foi lembrar dos conteudos anteriores.

c. Foi necessária uma readaptação para o ensino presencial novamente?
sim porque o professor tive que explicar novamente para os conteudos antigos para nós conseguirmos entender

2. Na sua opinião, o professor (a) ao fazer uso dos recursos multimídia (como imagens e vídeos), torna a aula mais interativa?
sim e muito. Porque nós na praticamos escrever no quadro e também melhorava nas explicações

Figura 8 – resposta de aluno no item c da questão 1 e questão 2 do questionário externo.

4. Considerações Finais

Uma das barreiras que se pretende quebrar ainda no ensino de Física é atrair a atenção dos alunos durante a exposição dos temas, de maneira que não se sintam desestimulados no decorrer das aulas, sobretudo, em conteúdo que se é necessária uma atenção maior dos estudantes, para que de fato ocorra uma assimilação dos temas a serem abordados, como é o caso de conceitos que envolvem Óptica Geométrica e Física Contemporânea.

No que diz respeito, ao uso da simulação e dos recursos multimídias, esse recurso metodológico foi bem aceito por boa parte dos estudantes, o que nos leva a concluir que o desafio de "prender" a atenção dos alunos no decorrer das aulas, por ora, foi vencido. Embora, existindo algumas exceções na turma, que decaíram sua atenção no encontro final, não sendo possível observar indícios de aprendizagem significativa, obteve-se resultados satisfatórios, sendo os resultados negativos também sido observados em outras disciplinas e em outros temas.

Uma possível justificativa para isso foi a pandemia do COVID-19 que ocasionou muitos déficits de aprendizagem em nosso sistema de ensino, adotado na época, sendo os seus prejuízos refletidos nas salas de aulas atualmente.

Corroborando ainda mais para a validação deste produto, alguns estudantes acreditam que o aluno do ensino médio pode aprender temas debatidos pela sociedade científica, esse tipo de opinião permaneceu como resposta na aplicação de ambos os questionários do produto educacional, logo, ocorreu de fato uma transposição didática.

Em suma, o ensino de pinças ópticas utilizando o simulador PhET pode ser efetivamente conduzido com base na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, garantindo que os alunos construam um conhecimento sólido e bem fundamentado. A Transposição Didática permite que o professor adapte o conteúdo de forma a torná-lo acessível e relevante, promovendo uma aprendizagem mais envolvente e significativa para os estudantes.

5. REFERÊNCIAS

[1] Lima CHM. Prêmio Nobel de Física: o que são pinças ópticas? South Am J Basic Educ Tech Technol. 2020;7(3):85-98.

[2] Klajn I. Estratégias didáticas no ensino de Física. Rev Bras Ens Cienc. 2002;2:145-150.

[3] Piaget J. A psicologia da inteligência. Rio de Janeiro: Zahar; 1967.
[4] Vygotsky LS. Pensamento e linguagem. São Paulo: Martins Fontes; 1934.

[5] Ausubel DP. The psychology of meaningful verbal learning. New York: Grune & Stratton; 1968.

[6] Moreira MA. Teorias de Aprendizagem. 3rd ed. Rio de Janeiro: LTC; 2021.

[7] Wieman CE. Using PhET Simulations to Promote Learning in Physics Education. J Interact Learn. 2008;5:213-218.

[8] Davidovitch N, Parush A, Sood RJ. Simulation-based learning: The importance of conceptual and procedural knowledge in professional education. Int J Educ Res. 2014;62:1-9.

[9] Ashkin A. Nobel Lecture: Optical trapping and manipulation of neutral particles using lasers. Rev G. J. AUBRECHT, *Redesigning courses and textbooks for the twenty-first century*. Woodbury: American Journal of Physics, 1989, vol. 57.