

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

TELMA CORDEIRO LOPES ESSER

O ENSINO DE ÓPTICA PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

CAMPO MOURÃO

2021

TELMA CORDEIRO LOPES ESSER

O ENSINO DE ÓPTICA PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Teaching optics for people with visual impairment

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física do Programa de Mestrado Profissional de Ensino de Física – Polo 32 (MNPEF) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR),
Orientadora: Dra Roseli Constantino Schwerz
Coorientador: Dr Michel Corci Batista

CAMPO MOURÃO

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão**



TELMA CORDEIRO LOPES ESSER

O ENSINO DE ÓPTICA PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ensino De Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Física Na Educação Básica.

Data de aprovação: 22 de Maio de 2021

Prof.a Roseli Constantino Schwerz, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Aline Alves De Oliveira, Doutorado - Universidade Estadual do Centro Oeste (Unicentro)

Prof.a Debora Ferreira Da Silva, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 24/05/2021.

Dedico esse trabalho a minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pela vida, pela sabedoria, por todas as minhas conquistas pessoais e profissionais, e por ter colocado em meu caminho pessoas tão especiais, que não mediram esforços em me ajudar durante a realização deste mestrado e desta dissertação. A estas pessoas os meus sinceros agradecimentos.

Professora Dra. Roseli Constantino Schwerz, minha orientadora, por suas orientações, pelo compartilhar de conhecimentos e pelo carinho e confiança em mim dispensados desde o início dessa parceria.

Agradeço ao Prof. Dr. Michel Corci Batista, pela paciência e por toda ajuda, pelo apoio, e pela sua disposição. Aprendi muito nesses anos e agradeço muito por esse aprendizado.

Aos colegas do mestrado, que compartilharam alegrias, angústias, conhecimentos e ideias. Foi uma convivência maravilhosa e enriquecedora.

Ao meu aluno do Colégio Estadual João Farias da Costa, Arthur Daiko, que se propôs a embarcar comigo nesse projeto. A ele meu “muito obrigada”, sem ele este trabalho não seria possível.

A minha querida mãe e meu pai por todos os esforços para garantir meus estudos e pelos ensinamentos de vida, ao meu irmão Junior, não poderia deixar de citar que mesmo longe, esteve sempre perto. A Andressa Agnes Dalbianc que nas minhas angústias, sempre me colocou para cima, a minha sobrinha Julia Gabrielly Dalbianc Lopes e minhas filhas Maria Eduarda Cordeiro Esser e Isadora Maria Cordeiro Esser, aceitaram os meus momentos de ausência até mesmo em seus aniversários.

Ao meu marido, Vanderlei Esser, por entender minha ausência em alguns momentos de sua vida nesses dois anos e meio, por ter paciência e sempre me dar ânimo para concluir este mestrado.

Agradeço à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus de Campo Mourão, por tornar possível a realização do mestrado. Agradeço à Sociedade Brasileira de Física e à CAPES por apoiarem meu projeto.

Muito obrigada a todos!

A educação, qualquer que seja ela, é sempre uma teoria do conhecimento posta em prática.

Paulo Freire

RESUMO

A legislação brasileira busca garantir a inclusão escolar de crianças com necessidades especiais. No entanto, uma inclusão efetiva necessita que haja modificações dentro do ensino tradicional de forma a permitir o desenvolvimento da autonomia dos alunos nas atividades em sala de aula, a socialização e condições de aprendizagem. Diante disto, esta dissertação tem como objetivo desenvolver, aplicar e avaliar um material destinado ao ensino de óptica a pessoas com deficiência visual. Para tanto, foram construídas maquetes multissensoriais para facilitar o ensino da propagação da luz, incluindo os processos de reflexão, refração e, por fim, a dispersão da luz branca. A aplicação em contexto escolar foi desenvolvida com um aluno deficiente visual em horário extraclasse. Concluímos que os materiais desenvolvidos foram muito bem recebidos pelo aluno que apresentou facilidade em explorá-los de modo autônomo e que foram de grande importância para a compreensão dos conceitos trabalhados. Sendo um material de baixo custo, de simples confecção e que pode ser utilizado por alunos com ou sem deficiência visual, esperamos que este trabalho possa ser empregado no ensino da óptica como recurso que permite a inclusão do deficiente visual na escola.

Palavras-chave: inclusão; deficiência visual; propagação da luz; ensino.

ABSTRACT

Brazilian legislation seeks to guarantee the school inclusion of children with special needs. However, effective inclusion requires modifications within traditional education in order to allow the development of students' autonomy in classroom activities, as well as their socialization and enabling learning conditions. Given this, this dissertation aims to develop, apply and evaluate a material for teaching optics to people with visual impairments. Therefore, multisensory models were built to facilitate the teaching of light propagation, including the processes of reflection, refraction and, finally, the dispersion of white light. The application in a school context was developed with a visually impaired student during extra-class hours. We concluded that the developed materials were very well received by the student, who was able to explore them autonomously and that they were of great importance for understanding the concepts worked on. As a low-cost material, simple to manufacture and that can be used by students with or without visual impairment, we hope that this work can be used in the teaching of optics as well as a resource that allows the inclusion of the visually impaired in school.

Keywords: inclusion; visual impairment; propagation of light; teaching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Onda Mecânica	20
Figura 2: O espectro eletromagnético.	21
Figura 3 - Leis da reflexão e refração.....	24
Figura 4 - Reflexão interna total	26
Figura 5 - Decomposição da luz branca em um prisma.	27
Figura 6 - Maquetes 1 e 2 representando as ondas transversais.....	29
Figura 7 - Maquetes 3 e 4 para representação dos fenômenos de reflexão e refração.	30
Figura 8 - Maquetes 5, 6 e 7 com três casos de refração da luz.....	30
Figura 9 - Maquete 8 sobre a dispersão da luz.	31
Figura 10 - Maquete 1	35
Figura 11 - Aluno manipulando a maquete 2 com ondas de diferentes comprimentos de onda construída em impressora 3D	36
Figura 12 - Aluno manuseando a Maquete 3 com representações de reflexão luz em três ângulos de incidência distintos. A ponta do palito de madeira indica a direção de propagação do feixe luminoso antes e depois de incidir sobre a interface (EVA).	37
Figura 13 - Aluno manipulando a maquete 4 que exemplifica a refração e a reflexão da luz ao incidir sobre a interface entre dois meios. Diferentes texturas indicam diferentes meios de propagação e a ponta do palito de madeira indica a direção de propagação do feixe luminoso.....	38
Figura 14 - Maquetes apresentadas nos momentos 4 (superiores) e 5 (inferiores) ..	40
Figura 15 - Aluno manipulando a Maquete 8 que exemplifica a dispersão da luz branca ao passar por um prisma.....	42
Figura 16 - Ilustração feita pelo aluno para explicar o fenômeno de dispersão da luz	43
Tabela 1 - Cores do espectro visível	22
Quadro 1- Organização do produto educacional.....	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 Atividades experimentais	12
2.1.1 A Prática Experimental no Ensino de Ciências	12
2.1.2 Atividades Experimentais segundo a teoria de Vygotsky	14
2.2. O ensino de Física para pessoas com deficiência visual	16
2.3 A luz: natureza, reflexão, refração e dispersão da luz	19
2.3.1 A Luz	19
2.3.2 Reflexão e Refração.....	23
2.3.3 Dispersão	27
3 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO	28
4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	32
CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS.....	49
APÊNDICE – PRODUTO EDUCACIONAL.....	54

1 INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, a discussão de como possibilitar a inclusão social da pessoa com deficiência na sociedade se tornou mais frequente. Recentemente, temos o Estatuto da Pessoa com Deficiência (BRASIL, 2015), que trata de diversos aspectos relacionados à inserção social destas pessoas, dentre eles a acessibilidade à educação de forma inclusiva. Outras diversas leis que tratam da integração da pessoa com deficiência já existiam desde o final do século XX, assim como a Constituição Federal de 1988.

Embora haja vários dispositivos legais existentes, que visam garantir a inclusão do deficiente na sociedade como um todo, assim como no contexto da educação, é frequente sua exclusão no processo de ensino e aprendizagem. No caso dos alunos com deficiência visual, por exemplo, sabemos que há a necessidade da utilização de materiais que permitam ser usados por este aluno. Para isto, estes recursos devem permitir sua exploração por meio de outros sentidos, não sendo exclusivamente visual, como em boa parte dos recursos empregados no ensino tradicional. Deste modo, o professor necessita propiciar ao aluno atividades e materiais que permitam a ele participar de forma efetiva do processo de ensino e aprendizagem.

Para qualquer aluno, segundo Zabala (2008), os conteúdos de ensino são compreendidos em termos conceituais, procedimentais e atitudinais. Os conteúdos conceituais estão ligados ao conhecimento de fato, os procedimentais são as regras técnicas e habilidades e os atitudinais são valores, princípios éticos, atitudes etc. Sendo assim é necessário que se leve em consideração, além das habilidades, o conhecimento prévio do aluno.

As salas de aula são heterogêneas. Podemos encontrar indivíduos com diferentes habilidades e limitações. Diante disto, como podemos proceder de forma que todos os alunos tenham a oportunidade de participar das atividades em sala de aula? Para isto, precisamos pensar em utilizar recursos que maximizam a oportunidade de aprendizagem e de participação para todos da turma. Neste contexto, surge o Desenho Universal para a Aprendizagem¹, no qual busca-se estratégias de ensino que permitam que os processos/materiais sejam acessíveis a

¹Tradução para Universal Design for Learning (UDL).

todos os indivíduos participantes. Para o caso de um material adaptado para alunos com deficiência visual, “por exemplo, tal recurso, normalmente, é pensado e adaptado para os alunos alvo da turma, porém, na perspectiva do DUA, o mesmo material pode ser utilizado por todos da sala de aula” (ZERBATO; MENDES, 2018, p.150).

Segundo Camargo (2012), é importante que haja um planejamento das atividades de modo a atender às especificidades de toda turma para que realmente seja possível a inclusão. Neste sentido, a utilização de materiais que possam ser usados por alunos com ou sem deficiências permite que todos tenham a possibilidade de participar juntos efetivamente das atividades, favorecendo a troca de experiências, discussões e, deste modo, a inclusão. Assim, recursos desenvolvidos na perspectiva do Desenho Universal para a Aprendizagem podem desempenhar um papel importante no processo de inclusão do aluno com deficiência.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo geral desenvolver, aplicar e avaliar um material destinado ao ensino da propagação da luz para alunos com deficiência visual. Neste sentido, foram desenvolvidas maquetes multissensoriais como recursos educacionais aplicadas ao ensino da reflexão, refração e dispersão da luz e que podem ser utilizadas por alunos com ou sem deficiência visual.

Segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (BRASIL, 1996), a educação básica tem por finalidade desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores. Diante disto, o presente trabalho apresenta-se com a justificativa de inserir o aluno deficiente visual no contexto a ser trabalhado em sala de aula, visando uma proposta pedagógica que se adapte às condições do educando, proporcionando a ele possibilidades de atuar de forma ativa e participativa nas atividades desenvolvidas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Atividades experimentais

2.1.1 A Prática Experimental no Ensino de Ciências

Dentro do ensino das ciências temos a prática por intermédio de experimentos para o uso do mesmo na respectiva disciplina é preciso promover uma análise da experimentação sob a ótica de que a disciplina de ciências se caracteriza por promover um aprendizado que gera uma autonomia nos alunos. Essa autonomia oportuniza aos alunos a capacidade de compreender os aspectos da natureza que se manifestam em processos considerados dinâmicos. Desse modo, a disciplina de ciências naturais tem um papel de colaborar para que se compreenda esse mundo e suas respectivas transformações, colocando o homem como indivíduo que participa dessas mudanças sendo parte integrante do mesmo (BRASIL, 1999).

Dentro das ciências naturais é relevante que se tenha uma articulação entre os conhecimentos produzidos dentro da mesma e os saberes construídos historicamente nas demais áreas do conhecimento. Essa articulação deve ser estruturada visando criar estratégias que gerem nos estudantes situações de desafio e reflexão, conseqüentemente de aprendizado. O que se espera é que essas situações oportunizem aos alunos que dentro dos conhecimentos vivenciem processos que envolvam a investigação científica, seguindo a estrutura: observar, registrar, questionar, levantar hipóteses, experimentar e concluir (CATELAN e RINALDI, 2018).

Os educadores dentro das ciências naturais devem cuidar para que haja uma apropriação dos saberes científicos adotando-se metodologias específicas que oportunizem a aquisição dos saberes, indo além da compreensão dos conceitos, mas, contribuindo para que os alunos tenham uma visão crítica das ciências (LORENZETTI e DELIZOICOV, 2001).

O que se observa é que as ciências naturais são por si só experimentais e fazem uma abordagem que visa a construção de conceitos e compreensão de significados envolvendo métodos teóricos-experimentais de forma que se promova a reflexão no âmbito do fazer, oportunizando que os alunos adquiram capacidade de

argumentar e questionar sobre seus saberes e de seus colegas (ZANON e SILVA, 2000).

A realização de práticas experimentais representa uma abordagem diferenciada desde o momento em que o aluno realiza as atividades experimentais na busca por construir conceitos, estabelecendo uma relação dinâmica que envolve a teoria e a prática (CATELAN e RINALDI, 2018).

Ao usar as aulas experimentais é oportunizado aos alunos encontrar soluções, levando-os a investigar, elaborar hipóteses, interpretar os dados, até que se chegue a construir conclusões. A partir do uso de experimentações em ciências, os saberes construídos evidenciam que as intervenções docentes quando se baseiam nos resultados se constituem em um melhor aprendizado (ZANON e SILVA, 2000). Nesse contexto, Galiazzi *et al.* (2001, p. 250) comenta que: “o uso de experimentos, apesar de aparecer pouco no espaço da sala de aula, são vistas como a solução que precisa ser implementada para melhorar o ensino de ciências”.

Para que se tenha sucesso na aplicação da experimentação dentro das aulas de ciências no espaço escolar, é preciso que o professor seja o mediador desse processo, ele deve se posicionar enquanto motivador dos alunos para que os experimentos sejam oferecidos visando levantar e testar as ideias e hipóteses dos fenômenos propostos e que sejam protagonistas dos seus saberes (LORENZETTI e DELIZOICOV, 2001)

Nesse contexto, os experimentos dentro do âmbito das ciências podem ser vistos como eventos considerados educativos e devem fazer parte do processo que envolve o ato de ensinar e aprender, devido a sua relevância em aliar a teoria com a prática. Dessa forma os experimentos que aliam a teoria com a prática contribuem para que se faça a resolução de problemas, oportunizando a construção de conhecimentos e gerando nos alunos a reflexão sobre os conceitos, favorecendo as inter-relações com o dia a dia, desenvolvendo competências, as atitudes e os valores que são preconizados pelas políticas públicas do contexto educacional. Quando se usa os experimentos nas aulas, os alunos deixam de ser observadores para se tornarem sujeitos que argumentam tendo ações de interferência, questionando e fazendo parte do contexto em que os saberes são construídos (CARVALHO, 1998).

Portanto, os experimentos como estratégias de aprendizagem têm um papel importante para que se desenvolva nos alunos o pensamento científico. Dessa

forma, a proposição dessas práticas deve levar em consideração os objetivos propostos visando o desenvolvimento das habilidades de investigar e observar num constante diálogo entre os alunos e o professor. Nessa perspectiva, o trabalho com experimentos nas ciências deve levar em conta cinco questões consideradas importantes, a saber: (I) que haja um domínio dos conceitos pelos professores, (II) a equivalência entre o material a ser usado e as condições para o ensino aprendizagem dentro do espaço escolar, (III) que os materiais sejam adequados às necessidades e conseqüentemente às habilidades dos estudantes, (IV) integração dos experimentos com a construção dos conceitos (AXT e MOREIRA, 1991).

Os experimentos devem atingir os objetivos propostos a partir de contextos simples que podem ser feitos nas salas de aula ou mesmo no pátio da escola, com materiais do cotidiano e que levem ao entendimento dos conceitos propostos (CATELAN e RINALDI, 2018).

2.1.2 Atividades Experimentais segundo a teoria de Vygotsky

Nessa seção faremos uma abordagem com relação a utilização das atividades experimentais no ensino, de acordo com o livro “Atividades Experimentais no Ensino de Física: uma Nova Visão Baseada na Teoria de Vygotsky” de Alberto Gaspar.

A primeira ideia é de que a teoria de Vygotsky para o uso em atividades experimentais surja da adoção, por parte dos professores, de uma postura realista no que diz respeito aos objetivos que norteiam a mesma, em que ideias ingênuas devem ser combatidas como aquelas de que basta fazer um experimento para que o conteúdo esteja dominado (GASPAR, 2014).

É preciso entender que para que a aprendizagem dos conteúdos ocorra efetivamente, é preciso que os alunos contem com a colaboração de uma pessoa que tenha domínio do conteúdo e que possa orientar na execução das atividades. Só assim o aprendizado ocorrerá de forma significativa para os alunos. Mas a ajuda tem início muito antes da realização da experiência, com a organização dos materiais para a execução da mesma. Os alunos precisam compreender o objetivo da experiência e a teoria que a norteia. Neste momento de orientação é preciso especificar os procedimentos a serem usados, e por fim tirar as conclusões.

Diante desse contexto, fica evidente que o papel do professor é essencial para que os alunos aprendam os conteúdos teóricos, mas também para conhecer como a prática experimental se realiza na disciplina de física. Assim ele se torna figura de grande relevância nesse processo de execução de atividades experimentais na sala de aula ou nos laboratórios. À medida que os alunos se familiarizam com a prática experimental, a colaboração do professor torna-se menor, ou seja, ele passa a ser um mediador para a experiência e aprendizagem dos alunos. Na perspectiva de Vygotsky o papel do professor consiste em guiar o aluno enquanto fornece instrumentos adequados para que o desenvolvimento cognitivo deste aluno ocorra de maneira apropriada. Dessa forma a função do professor é conduzir o indivíduo até a aquisição do conhecimento (GASPAR, 2014).

Na perspectiva de Vygotsky duas grandes vantagens podem ser atribuídas às atividades experimentais na abordagem dos conteúdos do currículo em relação as demais práticas pedagógicas: a motivação e a concretização dos conceitos.

No que diz respeito à motivação, Vygotsky afirma que a escola deve promover uma concentração de esforços para motivar os alunos, estimulando o uso de recursos cognitivos, sendo a motivação parte essencial no processo de aprendizagem, sendo as mesmas intrínsecas e extrínsecas. Já na concretização dos conceitos durante os processos de ensino e aprendizagem, as funções psicológicas superiores, assim como o desenvolvimento e a aprendizagem e a zona de desenvolvimento proximal devem estar claros durante todo o processo, de organização e estruturação dos conteúdos dentro do currículo.

Vygotsky (1989, p. 30) “os indivíduos devem ser avaliados de forma completa dentro do ambiente escolar, promovendo uma verificação de quais pontos precisam ser trabalhados ou melhorados por parte dos mesmos para conseguir uma estabilidade maior junto ao aprendizado”. Vale ressaltar que ao longo dos anos foram sendo utilizadas interações entre jogos ou atividades lúdicas e disciplinas onde existem uma maior dificuldade de aprendizagem, dessa forma os alunos conseguem realizar o aprendizado de uma forma diferenciada, ou mesmo, buscando destacar de uma forma mais interativa alguns conceitos e aplicações, para facilitar ainda mais o processo de aprendizagem.

A escolha da atividade experimental deve se basear em alguns critérios, um deles diz respeito a escolha da atividade experimental que deve ser orientada pelo conteúdo que quer se explorar. No entanto, isso se mostra uma tarefa complicada

justamente pelas limitações apresentadas, uma delas diz respeito ao despreparo dos professores, a falta de recursos e instalações para a execução dos experimentos, e também ao nível de elaboração da experiência. O primeiro critério para promover as escolhas junto as atividades experimentais estão voltado para seleção, onde serão excluídos procedimentos ou compostos que não se enquadram na rotina experimental, o segundo consiste na descoberta dos resultados, e o último na descrição por meio de relatórios das informações ou resultados obtidos. (GASPAR, 2014).

Baseado na teoria de Vygotsky pode-se considerar útil toda atividade experimental desde que por intermédio dela o professor promova interações sociais que oportunizem a exploração de forma adequada aos conteúdos previstos. Nesse contexto, cita-se quatro indicações que servem para orientar no momento de realizar as atividades experimentais na sala de aula ou nos laboratórios. São elas: (I) sua visibilidade, (II) escolha daquela mais adequada para ser realizada, (III) seleção de conteúdo a serem apresentados, (IV) compatibilização de conteúdos com as atividades escolhidas (GASPAR, 2014).

Dessa forma, é essencial avaliar a viabilidade de realizar a atividade antes de apresentá-la, por isso devem ser verificados: o local e o material, o tempo a ser gasto em detrimento do tempo disponível e a eficiência da atividade no que diz respeito ao alcance dos objetivos propostos. Tudo isso, tem como exigência que o professor teste a atividade antes de aplicá-la.

2.2. O ensino de Física para pessoas com deficiência visual

De acordo com Rodrigues (2003) um dos maiores desafios impostos aos professores na atualidade é o atendimento das diferentes necessidades educacionais dos alunos com e sem deficiência. Camargo (2012, p.15) ressalta que “o professor deveria estar preparado para planejar e conduzir atividades de ensino que atendam às especificidades educacionais dos alunos com e sem deficiência”.

Nesse texto abordaremos dentre as diferentes necessidades especiais, o ensino para pessoas com deficiência visual, mais especificamente, o ensino de Física. De acordo com o Decreto n. 5.296 são consideradas pessoas com deficiência visual duas categorias de pessoas: as cegas e as que possuem baixa visão

(BRASIL, 2004). A cegueira consiste na falta total de visão por parte dos indivíduos, já a baixa visão está relacionada a uma visão parcial.

Camargo (2016, p.27-28) diz que “o ensino de Física para alunos com deficiência visual nos impôs uma questão: quais devem ser as características das atividades de ensino de Física comuns a todos os discentes e as de um determinado aluno específico”. Entendemos que tal questão está alicerçada no entendimento de um ensino inclusivo, porém, Mantoan (2004) enfatiza que existem diferenças e igualdades e que ambas devem ser consideradas com muito cuidado, segundo o autor, “nem tudo deve ser igual e nem tudo deve ser diferente, [...] é preciso que tenhamos direito de ser diferentes quando a igualdade nos descaracteriza e o direito de sermos iguais quando a diferença nos inferioriza” (MANTOAN, 2004, p. 7-8). Segundo Custódio, Nogueira e Chaves, (2011, p. 580):

As pessoas com deficiência visual, devido à inexistência de facilitadores que possibilitem sua interação com o meio onde estão inseridas e as barreiras encontradas no processo de escolarização, deparam-se com grandes dificuldades de acesso às informações. Esses entraves, muitas vezes, impedem as pessoas com deficiência visual de unir suas experiências cotidianas com o saber apreendido em sala de aula, resultando na formação de conceitos totalmente desvinculados da realidade.

Nessa perspectiva de inclusão temos que o ensino de Física para pessoas com deficiência visual ainda se encontra no âmbito da pesquisa, ocorrendo de forma rara e limitando-se muito a atividades elaboradas por pesquisadores para o contexto da sala de aula (SOUZA e PALMA, 2017).

Camargo (2016) considera a necessidade de se buscar metodologias que atendam às diferentes necessidades dos alunos, sempre levando-se em consideração os princípios da inclusão. Para isso, apresenta para a comunidade acadêmica o referencial da multissensorialidade desenvolvido em 1999 por Soler. Este por sua vez inicia seu trabalho questionando o fato do ensino de Ciências Naturais possuir um enfoque apenas em elementos visuais. Para Soler (1999) os encaminhamentos metodológicos utilizados nas disciplinas de Física, Química e Biologia possuem um forte apelo visual, não explorando os demais sentidos do corpo, podendo ocasionar na exclusão de um aluno com uma necessidade educacional especial, como por exemplo a deficiência visual.

Segundo Camargo (2016):

Segundo a didática multissensorial, o tato, a audição, a visão, o paladar e o olfato podem atuar como canais de entrada de informações importantes. Nessa perspectiva, a observação deixa de ser um elemento estritamente visual. Observar requer a captação do maior número de informações por meio de todos os sentidos que um indivíduo possa pôr em funcionamento (CAMARGO, 2016, p. 31).

É nesse sentido que o autor supracitado propõe que métodos especiais, técnicas, demonstrações táteis devem ser utilizadas para ensinar os princípios da Física para alunos que possuem deficiência visual, ou seja, explorar nas atividades outros sentidos que não a visão para permitir a observação do aluno. Souza e Palma (2017), vão além, e afirmam ser necessária a adaptação do livro didático de Física para o braile.

Nessa perspectiva, quando se faz adaptação do livro didático e o uso de materiais adaptados especificamente para pessoas com deficiência, influencia e otimiza o mesmo, oportunizando aos alunos o desenvolvimento de suas habilidades na disciplina de Física. Assim os alunos que possuem deficiência visual podem estudar disciplinas como a Física, se houver assistência individual e, se o material disponível estiver adaptado para o ensino (CAMARGO *et al.*, 2008).

Um encaminhamento que vem apresentando resultados positivos no ensino de Física para pessoas com deficiência visual de acordo com Silva (2013), Camargo (2016) e Martins (2017) é a utilização de maquetes táteis, a partir delas podemos representar uma situação ou um conceito em relevo, de modo que o aluno com deficiência visual consiga observar a situação através do tato. Segundo Martins (2017) uma maquete tátil pode ser confeccionada de várias formas, desde as mais simples com materiais de baixo custo até as mais tecnológicas, produzidas em impressoras 3D. Estas opções podem se constituir numa ferramenta importante para a promoção do ensino de forma tátil para os alunos com deficiência visual, mas que devem ser acompanhados por material curricular que incorpore seu uso. Esses modelos se constituem em exemplos de ensino baseado em um planejamento de aula que seja acessível (SANCHES *et al.*, 2017).

Entendemos que a utilização de maquetes táteis no ensino de Física constitui-se numa importante ferramenta de ensino e aprendizagem, pois de acordo com Silva (2013), a utilização adequada das maquetes pode promover um ambiente de aprendizagem diferente, estabelecendo comunicações adequadas e a utilização de

bases sensoriais que ilustrem os fenômenos físicos, corroborando assim para o sucesso do ensino de Física para alunos com deficiência visual.

2.3 A luz: natureza, reflexão, refração e dispersão da luz

2.3.1 A Luz

Antigamente os cientistas acreditavam que a luz era emitida por feixes de partículas ou corpúsculos. Por volta de 1665 os cientistas começaram a encontrar as primeiras evidências de que a luz se comportava como uma onda (FORATO, 2009). O modelo ondulatório é o mais adequado para explicar a propagação da luz. Entretanto, somente essa característica não explicava os outros efeitos relacionados à emissão e à absorção de luz. Para isto, foi necessário considerar também a natureza corpuscular, na qual a energia transportada pela onda luminosa é contida em pacotes de energia (era fótons ou quanta).

Ondas podem ser longitudinais ou transversais. As ondas longitudinais são aquelas que se propagam na mesma direção da vibração (perturbação), como as ondas sonoras. Já as ondas transversais são aquelas que se propagam perpendicularmente à oscilação, como uma onda em uma corda ou onda eletromagnética (ver Maquete 1).

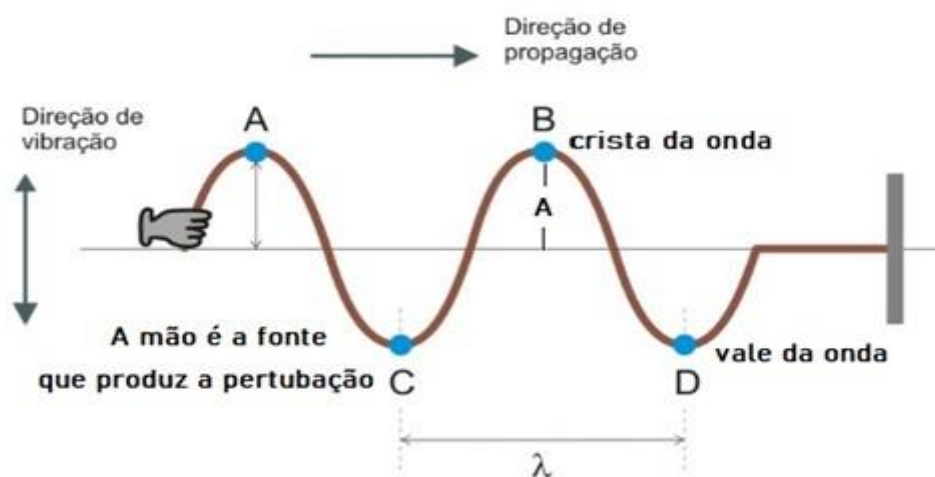
As ondas transversais podem ser classificadas em ondas mecânicas e eletromagnéticas. As ondas mecânicas precisam de um meio (ar, água, corda etc.) para se propagar já as ondas eletromagnéticas como a luz, não necessitam de um meio, ou seja, propagam-se também no vácuo (como a luz, um tipo de eletromagnética).

Ondas eletromagnéticas podem ser produzidas por cargas elétricas aceleradas que emitem uma radiação em diversos comprimentos de ondas. Todos os corpos aquecidos à temperatura elevada também podem imitar luz. Temos, por exemplo, o ferro de um aquecedor elétrico que se torna incandescente, de cor vermelha. Independentemente do tipo de fonte, as ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo na mesma velocidade c :

$$c = 2,99792458 \times 10^8 \frac{m}{s}$$

Por definição as ondas apresentam um vale (ponto mais baixo) e uma crista (ponto mais alto). A amplitude da onda se dará entre a extremidade de uma crista ao eixo central, enquanto a distância horizontal entre dois vales ou duas cristas consecutivas é definida como comprimento de onda. Já a frequência de onda pode ser definida como o número de comprimentos de onda completos que passam por um determinado ponto no espaço a cada segundo e sua unidade é expressa em hertz (hz). Se formos fazer analogia com a onda mecânica em uma corda, por exemplo, a frequência é maior quanto mais rápido movemos a extremidade da corda para cima e para baixo.

Figura 1: Onda Mecânica



Fonte: Walker, 2016, p. 46

Quanto maior for a frequência, menor é o comprimento de onda, ou seja, são inversamente proporcionais. Além disso as ondas eletromagnéticas apresentam algumas características:

- São transversais, ou seja, a sua direção de propagação é perpendicular à perturbação
- Propagam-se na mesma velocidade da luz
- Sua intensidade refere-se a sua amplitude, ou seja, quanto maior sua amplitude maior a perturbação que é capaz de produzir

geralmente não causam danos à saúde, entretanto a exposição prolongada a algumas delas como a luz solar (que contém raios ultravioleta) pode causar o envelhecimento e câncer de pele.

Os tipos de radiação eletromagnética são: ondas de rádio, micro-ondas, ondas infravermelhas, luz visível, radiação ultravioleta, raios X e raios gama. Alguns exemplos são discutidos a seguir.

Um dos menores comprimentos de onda são das micro-ondas. Os aparelhos de micro-ondas são utilizados desde que para aquecer alimentos até transmitir informações para o espaço. As micro-ondas podem ter comprimentos de onda da ordem de 10^{-10} m. Os roteadores de internet sem fio, popularmente conhecidos como Wi-Fi, também utilizam micro-ondas com frequências entre 2,4 GHz e 5,8 GHz.

Na outra extremidade do espectro, temos as ondas de rádio. As ondas de rádio, como o próprio nome diz são aquelas transmitidas por transmissões de rádio, TV e telefone celulares. As ondas de rádio têm baixos níveis de energia devido ao seu longo comprimento (10^3 m). São utilizadas no sensoriamento remoto, em sistemas de radar, em que liberam energia de rádio e coletam a energia de volta. Além disso são amplamente utilizadas para previsões do tempo uma vez que as ondas de rádio podem romper a atmosfera facilmente.

A radiação infravermelha, da ordem de 10^{-8} m, pode ser liberada na forma de calor ou energia térmica. A radiação infravermelha é mais comumente usada em sensoriamento remoto, pois os sensores infravermelhos coletam energia térmica, fornecendo condições climáticas.

A luz visível, é a única e pequena parte do espectro eletromagnético que os humanos podem enxergar a olho nu, e varia de aproximadamente 380 nm a 740 nm. Essa parte do espectro é constituída por uma gama de cores diferentes que representam um comprimento de onda específico (Tabela 1).

Tabela 1 - Cores do espectro visível

	Violeta	Azul	Ciano	Verde	Amarelo	Laranja	Vermelho
Comprimento de onda (nm)	380-435	435-500	500-520	520-565	520-565	590-625	625-740

Fonte: Autoria própria (2021)

Os raios ultravioletas, radiação, raios X e gama estão todos relacionados a eventos que ocorrem no espaço. A radiação UV é mais conhecida por causa de seus efeitos na pele devido a ocorrência do sol, levando ao câncer. Raios-X são usados para produzir imagens do corpo. Os raios gama podem ser usados em quimioterapia para livrar-se de tumores no corpo, uma vez que possui um nível de energia muito alto.

Podemos notar que a luz branca não está presente no espectro. Isso porque a luz branca é na verdade a junção de todas as cores que temos no espectro visível.

2.3.2 Reflexão e Refração

O modelo de raio luminoso é importante para entendermos os efeitos de reflexão e refração da luz. Geralmente quando a luz atinge uma superfície transparente a onda é parcialmente refletida e refratada. Vamos tomar por exemplo uma janela de vidro de uma casa. Supondo que está de dia (lado externo com mais iluminação que o lado interno), a pessoa que está de fora da casa observa o reflexo de algum acontecimento no ambiente externo. Há o efeito da reflexão de luz. Por outro lado, a pessoa que está no interior da casa consegue olhar para fora e ver o mesmo ambiente, uma vez que a luz externa passa através do vidro e chega até ela. Neste caso, ocorre o efeito da refração.

A direções dos raios incidentes, refletidos e refratados em uma superfície lisa são descritos com base nos ângulos formados com a superfície do ponto de incidência, enquanto em superfícies rugosas os raios transmitidos e refletidos são espalhados em diversos ângulos. A reflexão especular é aquela que acontece em uma superfície lisa, gerando apenas um ângulo de reflexão, enquanto a reflexão difusa acontece em uma superfície rugosa com a formação de diversos ângulos de reflexão.

Os dois tipos de reflexão podem ocorrer em objetos transparentes ou opacos. O índice de refração (n) é muito importante na ótica geométrica onde c é igual a velocidade da luz no vácuo e v é igual a velocidade da luz do material:

$$n = \frac{c}{v}$$

Em que a luz sempre irá se propagar mais lentamente através de um material do que no vácuo, portanto qualquer valor de n em um material sempre será menor que 1, enquanto no vácuo sempre será igual a 1.

Os resultados e conclusões dos principais estudos sobre reflexão e refração podem ser resumidos em (PELLEGRINI, 2015):

1) Os raios incidente, refletido e refratado e a normal à superfície no ponto de incidência estão sobre um mesmo plano de incidência.

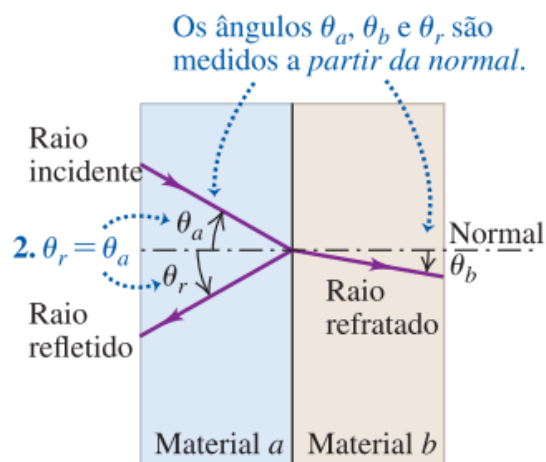
2) A Lei da reflexão diz que o ângulo de reflexão θ_r é igual ao ângulo de incidência θ_a para todos os comprimentos de onda e para qualquer material

$$\theta_r = \theta_a$$

3) A Lei da refração diz que para a luz monocromática e para um determinado par de materiais a razão entre o seno dos ângulos θ_a e θ_b em que os dois ângulos são medidos a partir da normal à superfície é igual ao inverso da razão entre os dois índices de refração.

$$\frac{\text{sen}\theta_a}{\text{sen}\theta_b} = \frac{n_b}{n_a}$$

Figura 3 - Leis da reflexão e refração



Fonte: Young; Freedman (2016, p.24)

Essas equações mostram que quando um raio passa de um material a para o outro b com um índice de refração maior, o raio irá se desviar aproximando-se da normal, enquanto quando um raio passa de um material a para outro b com um índice de refração menor, ele irá se desviar afastando-se da normal e por fim, quando um raio passa com a mesma orientação da normal ele não irá sofrer desvio independentemente dos materiais.

O ângulo de incidência afeta a intensidade dos raios refletidos e refratados. Por exemplo, quando a incidência é perpendicular ($\theta_\alpha = 0^\circ$) a fração é próxima de 1% e irá aumentar até atingir 100% quando o ângulo de incidência θ_α chegar a 90° . O índice de refração também irá depender do comprimento de onda da luz, fenômeno chamado de dispersão (PELLEGRINI, 2015).

O índice de refração do ar em condições normais de temperatura e pressão é próximo de 1. No caso de outros gases esse índice irá aumentar de acordo com a sua densidade. Já no caso de vidros e outros instrumentos de óptica esse índice geralmente varia entre 1,5 e 2,0 (YOUNG; FREEDMAN, 2009).

Também é importante lembrar que a frequência ($f =$ número de ciclos por unidade de tempo) não varia quando a luz passa de um material para o outro, uma vez que a superfície de contorno não cria nem destrói uma onda, enquanto o comprimento de onda (λ) sim, uma vez que a velocidade em um material é sempre menor que a velocidade no vácuo. Então o comprimento de onda da luz em um material (λ) será igual à razão entre o comprimento de onda no vácuo (λ_0) e o índice de refração do material (n):

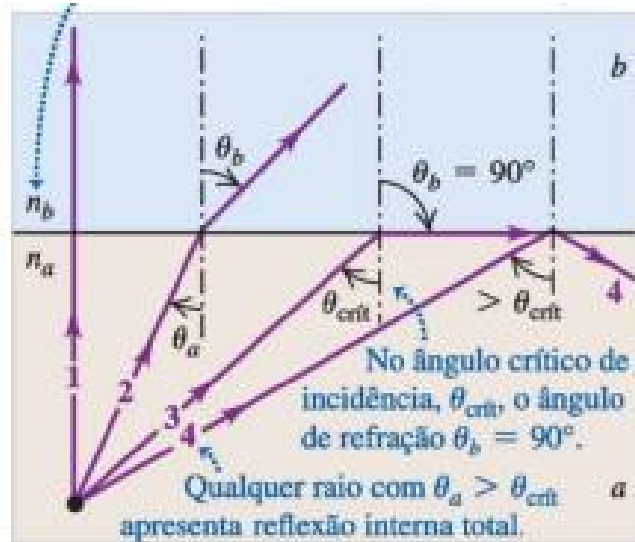
$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$

Nesse sentido, quando a onda passa de um material com índice de refração maior, a velocidade da onda diminui e o comprimento de onda também é comprimido, sendo o mesmo válido para o contrário quando passagem de onda ocorre em materiais com índice de refração menor, a velocidade aumenta e a onda dilata-se (PELLEGRINI, 2015).

Existem alguns casos, mesmo quando o segundo material é transparente, que a luz é integralmente refletida. É a reflexão interna total. Existe um ângulo de

incidência, denominado de ângulo crítico ($\theta_{\text{crít}}$), para o qual o raio é refratado de forma tangencial à superfície ($\theta_b = 90^\circ$). Para qualquer valor de θ_a maior que $\theta_{\text{crít}}$, o raio de luz incidente é completamente refletido (OLIVEIRA JÚNIOR, 2015).

Figura 4 - Reflexão interna total



Fonte: Young; Freedman (2016, p.29)

A reflexão interna total tem muitas aplicações na tecnologia óptica. Supondo que o ângulo crítico em uma interface vidro e ar seja de 41° , toda luz que se propagar no vidro será totalmente refletida se o ângulo de incidência for igual ou maior que 41° . Nesse sentido podemos utilizar um prisma com ângulos de 45° - 45° - 90° (Prisma de Porro) como uma superfície totalmente refletora ao invés de usar superfícies refletoras metálicas (espelhos comuns) uma vez que nenhuma superfície metálica é capaz de refletir 100% da luz, mas um prisma pode refletir totalmente a luz que incide sobre ele (OLIVEIRA JÚNIOR, 2015).

Uma outra aplicação é o aprisionamento de um feixe de luz em uma barra transparente, como feixes de fibras de vidro, os quais são constituídos de milhares de fibras individuais que são agrupadas de um modo que forme e transmita imagens (fibras óticas). As fibras óticas são usadas tanto na medicina em instrumentos (endoscópios), quanto nos sistemas de comunicação para transmitir informações via onda. Outra vantagem das fibras óticas são o seu pequeno diâmetro e seu isolamento elétrico, o que permite o agrupamento de cabos com diferentes sinais como telefone, televisão e internet.

2.3.3 Dispersão

A luz branca que conhecemos é composta de diversas ondas pertencentes ao espectro visível. Como vimos anteriormente, a velocidade da luz no vácuo é igual para todos os comprimentos de ondas, porém dentro de um material a velocidade pode variar dependendo do comprimento de onda. Quando um feixe de luz branca passa de um meio para o outro e se decompõe em infinitos raios de luz monocromáticos, popularmente conhecido como as cores do arco-íris. Chamamos esse efeito de decomposição ou dispersão da luz branca. Enquanto o índice de refração está relacionado com o comprimento de onda, a dispersão irá indicar como a velocidade de onda e o índice de refração irão depender do comprimento de onda.

Quando um feixe de luz branca incide sobre um prisma, o desvio aumenta junto com o índice de refração, com a frequência e com a redução do comprimento de onda. Por exemplo, como a luz monocromática vermelha apresenta a maior velocidade (dentre as cores do espectro visível) ela irá sofrer um menor deslocamento, enquanto a cor violeta que apresenta menor velocidade se deslocará mais, e o restante das cores irá variar entre esses dois espectros (Figura 5).



Fonte: Young; Freedman (2016, p.32)

O arco-íris é um efeito visual combinado da dispersão, refração e reflexão. A luz solar entrando em contato com uma gotícula de água e sofrendo a primeira refração, sendo então refletida na superfície de trás e depois refratada novamente, permitindo se observar com maior clareza a decomposição das cores. O arco-íris é formado através desse efeito aplicado a milhares de gotículas.

3 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO

Propagação da luz é o tema central deste trabalho, sendo que abordamos, principalmente, os conceitos de reflexão, refração e dispersão da luz. O produto (Apêndice A) é composto de diversas maquetes que podem ser exploradas de dois modos: visual ou tátil. Assim, este produto pode ser utilizado tanto por alunos videntes quanto alunos com deficiência visual.

Em uma aula convencional sobre reflexão, refração e dispersão, normalmente o professor utiliza como recursos imagens contidas nos livros didáticos ou atividades experimentais nos quais estes fenômenos são estudados por meio da observação do comportamento de feixes de luz em diversas situações. No entanto, para um deficiente visual, isto não é possível. Desta forma, as imagens ou experimentos tradicionais relacionados a estes temas são representados em forma de maquetes.

Também compondo o produto, desenvolvemos uma sequência didática. Com ela almejamos orientar o professor quanto aos encaminhamentos das atividades.

Quadro 1- Organização do produto educacional.

Tipo de sequência didática: Curta com metodologia de pesquisa e produto destinado ao cotidiano		
Público-alvo: Alunos do ensino médio com e sem deficiência visual.		Duração: 5 aulas de 50 minutos
Momento 1	Introdução	<ul style="list-style-type: none"> • Questão inicial: O que é luz?
Momento 2	Ondas transversais	<ul style="list-style-type: none"> • Questão inicial: O que são ondas? • Ondas longitudinais e transversais na mola e na corda. • Maquete 1 – comprimento de onda e amplitude – Onda transversal. • Conceitos de amplitude, comprimento de onda e frequência de onda
Momento 3	Tipos de ondas eletromagnéticas	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação das ondas do espectro eletromagnético • Maquete 2 – Diferentes comprimentos de onda
Momento 4	Raios luminosos e introdução à reflexão e refração	<ul style="list-style-type: none"> • Situação inicial: a luz e a vitrine da loja. • Introdução aos fenômenos de reflexão e refração. • Maquete 3 – Reflexão da luz

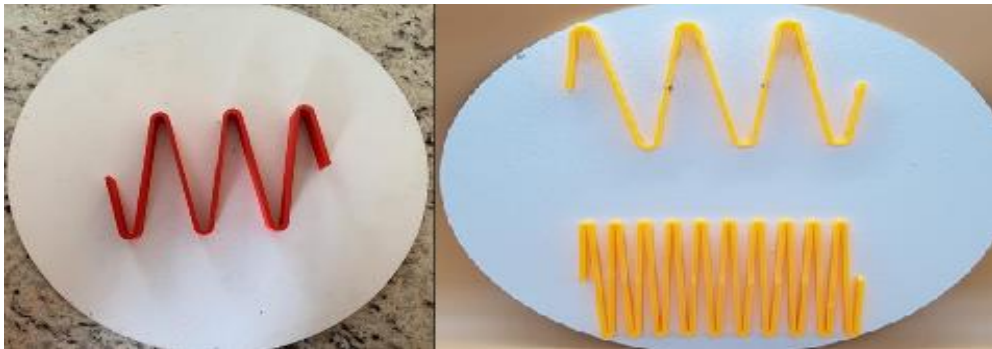
		<ul style="list-style-type: none"> • Propagação e sentido dos raios luminosos refletidos • Maquete 4 – Raios refletidos e refratados
Momento 5	Teoria e aplicação da refração	<ul style="list-style-type: none"> • A lei de Snell • Diferentes desvios de luz para diferentes meios. • Maquete 5 – refração (ar - água) • Maquete 6 – refração (ar - vidro) • Maquete 7 – refração (ar - diamante) • Índice de refração • Lei da refração
Momento 6	Dispersão da luz	<ul style="list-style-type: none"> • Pergunta inicial: o que é o arco-íris • Maquete 8 – dispersão da luz • Dispersão da luz branca • Avaliação

Fonte: Autoria própria (2021)

Foram desenvolvidas 8 maquetes, com diferentes objetivos:

I. Maquetes 1 e 2 – Explorar o conceito de onda e suas características

Figura 6 - Maquetes 1 e 2 representando as ondas transversais.



Fonte: Autoria própria (2021).

II. Maquete 3 e maquete 4 – Apresentar os fenômenos de reflexão e refração.

A maquete 3 traz três casos de reflexão (explorando a relação entre ângulo de incidência e ângulo de reflexão) e a maquete 4 demonstra que raios de luz podem ser refletidos, permanecendo no mesmo meio, quanto refratados, ao atravessarem para um segundo meio. As pontas dos palitos de madeira foram

utilizadas para indicar o sentido de propagação e os meios (1 e 2) foram compostos de materiais de diferentes texturas (MDF e lixa).

Figura 7 - Maquetes 3 e 4 para representação dos fenômenos de reflexão e refração.



Fonte: Autoria própria (2021).

III. Maquetes 5, 6 e 7: A relação dos desvios de luz (refração) com o índice de refração dos meios. Para isto, foram escolhidos para a representação as interfaces ar-água, ar-vidro e ar-diamante.

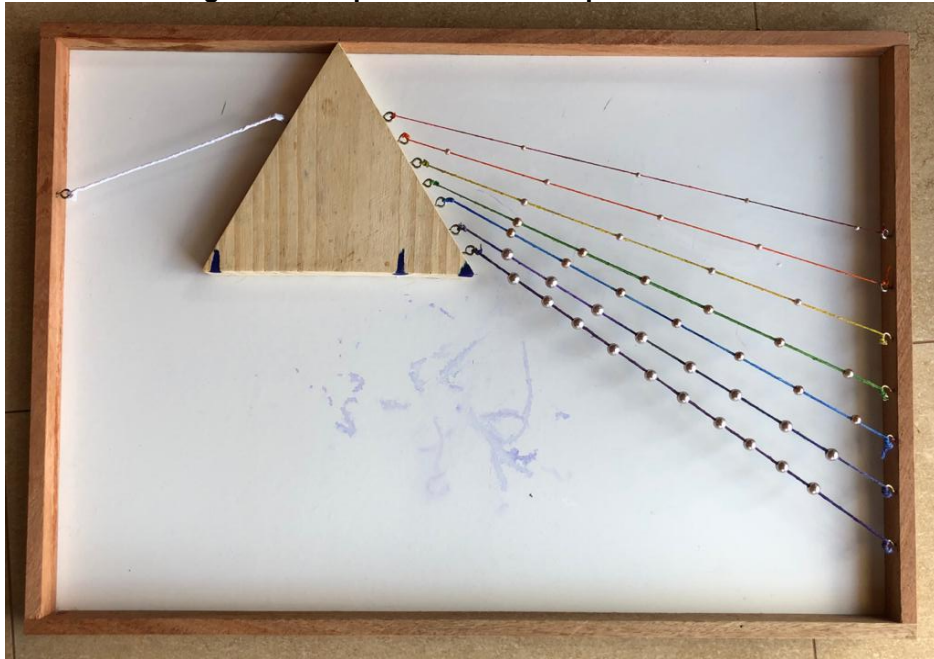
Figura 8 - Maquetes 5, 6 e 7 com três casos de refração da luz.



Fonte: Autoria própria (2021).

IV. Maquete 8: Dispersão da luz. Foram utilizadas diferentes espessuras de fios para diferentes espaçamentos entre as miçangas, fazendo uma analogia com a variação do comprimento de onda para as cores escolhidas.

Figura 9 - Maquete 8 sobre a dispersão da luz.



Fonte: Autoria própria (2021).

4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

As atividades foram realizadas nos dias 06 e 07 de outubro de 2020 no Colégio Estadual João Farias da Costa. Devido a aplicação ter ocorrido em meio à pandemia de COVID-19, o projeto que antes pretendia aplicar o produto em sala de aula, com a participação dos demais estudantes, infelizmente só pode ocorrer de forma individual.

A aplicação do material desenvolvido neste trabalho ocorreu com um aluno de baixa visão do 9º ano que possui 5% de visão. Segundo seu relato, ele nasceu prematuro e devido a luz violeta utilizada na incubadora, sua visão foi prejudicada. Mesmo com tão baixa visão, o aluno sabe escrever e ler (dependendo do tamanho da fonte do texto).

Para a realização da presente pesquisa-ação, optou-se pelo modelo qualitativo. As coletas de dados qualitativas são aquelas que priorizam as informações apuradas pelo pesquisador, as quais não são indicadas em números, ou, se existem dados numéricos, as conclusões neles fundamentadas possuem uma importância menor na análise.

Dito de outra forma, a análise dos dados coletados não é feita estatisticamente. Caracteriza-se pela empiria e sistematização progressiva do conhecimento até o entendimento lógico interno de um grupo ou do processo em estudo (GUERRIERO e MINAYO, 2013).

Seguindo esta mesma concepção, Marconi e Lakatos (2017, p. 269) apontam que “a metodologia qualitativa se preocupa em analisar e interpretar aspectos mais profundos, descrevendo a complexidade do comportamento humano. Fornece análise mais detalhada sobre as investigações, hábitos, atitudes, tendências de comportamento etc”. Neste sentido, entende-se que esta pesquisa se enquadra neste tipo de abordagem.

A investigação de natureza qualitativa defende uma interpretação holística dos fenômenos, e não uma compreensão somente a partir dos aspectos quantitativos, priorizando o modo como acontece dada situação em determinado contexto. Tem como característica principal o envolvimento do pesquisador, como um observador, em forma de intervenção, pois ele interage com os sujeitos da pesquisa, utilizando procedimentos teórico-metodológicos para compreender como eles organizam e atribuem sentido a fatos socialmente construídos, porém mantendo

a consciência de que há uma distância entre a interpretação desses dados e a realidade (MARCONI e LAKATOS, 2017).

Os dados coletados foram tanto por meio de questões respondidas pelo aluno quanto pela observação do professor que aplicou a sequência didática.

5 RELATO DE EXPERIÊNCIA

A aplicação foi iniciada por meio de uma conversa com o aluno, de forma a explicar a ele o que seria nosso trabalho e conhecer algumas concepções que ele trazia sobre a óptica, que serão apresentadas ao final do relato. Dentre outras informações, o aluno mencionou que na escola ainda não havia estudado o tema. Ou seja, era a primeira vez que tinha contato com o conteúdo de óptica.

O propósito desta seção é apresentar o relato de experiência da aplicação da sequência didática. Para melhorar a apresentação dos resultados, optou-se por organizá-los de acordo com os momentos experimentados, finalizando com uma avaliação.

- I - Ondas transversais e suas características;
- II - Ondas eletromagnéticas;
- III - Raios luminosos e introdução à reflexão e à refração;
- IV - Teoria e aplicação da refração;
- V – Dispersão da luz;
- VI – Avaliação;

I - Ondas transversais e suas características

Antes de falarmos sobre a natureza da luz, como onda eletromagnética, optamos por iniciar a sequência didática trabalhando os conceitos de onda. É sabido que as ondas eletromagnéticas são tridimensionais e transversais. No entanto, sendo nosso foco trabalhar o conceito de comprimento de onda e frequência da luz, necessários para entendimento dos fenômenos estudados posteriormente, optamos por abordar de modo prático apenas a onda transversal bidimensional. Sabemos que para uma abordagem mais completa das ondas eletromagnéticas seria necessário trabalhar vários outros conceitos, no entanto, para este recorte escolhido, não foi realizado.

Iniciamos nossa discussão sobre o tema com as perguntas “Você sabe o que é uma onda, no contexto da Física? Quais as características de uma onda?”. No entanto, a elas não obtivemos nenhuma resposta dada pelo aluno.

Diante dessa ausência de respostas, e da suposição de ausência de conhecimento sobre o conceito e características de onda, optamos por iniciar a

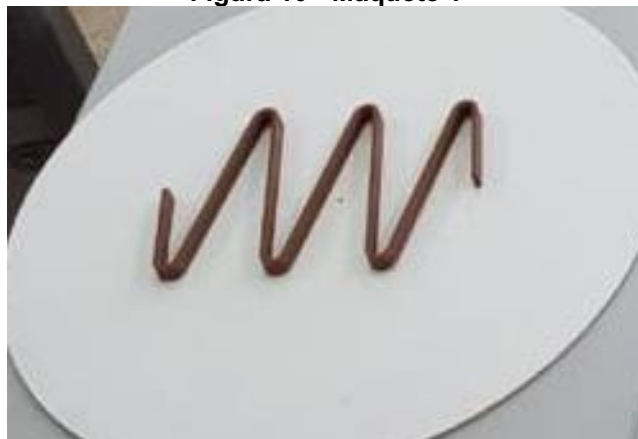
abordagem sobre ondas apresentando as ondas (I) longitudinais e (II) transversais. Para isto, utilizamos uma mola longa e uma corda, primeiramente, e, posteriormente, a Maquete 1.

A mola utilizada representou uma onda longitudinal e a corda uma onda transversal. Assim, por meio do tato, pode-se proporcionar ao aluno uma percepção não visual dos deslocamentos que são produzidos em dois meios, bem como aspectos relacionados à direção de propagação da onda.

No primeiro ambiente (mola), a perturbação ocorreu na mesma direção de propagação, sendo ambos na horizontal; já no segundo (corda), a perturbação ocorreu de forma perpendicular à propagação, seguindo direção vertical e horizontal.

Seguindo-se as explicações, focou-se nas características da onda transversal fazendo uso da Maquete 1, que, construída por meio de uma impressora 3D, proporcionou ao aluno condições para que ele pudesse explorar, sob nossa orientação, os conceitos de amplitude, de frequência e de comprimento de onda. Assim, após as observações e as conclusões do aluno, explicamos verbalmente e com o auxílio do material as características e variáveis da onda transversal.

Figura 10 - Maquete 1



Fonte: Autoria própria (2021).

// - Tipos de ondas eletromagnéticas

Neste momento, apresentamos a composição do espectro eletromagnético, constituído de diferentes frequências e comprimentos de onda.

Falamos da natureza da luz visível, como sendo uma onda eletromagnética, assim como de outras ondas, como de rádio e raio x. No entanto, elas se

diferenciam na frequência (ou comprimento de onda). Também conversamos sobre a composição da luz branca e dos das demais diferentes ondas do espectro eletromagnético.

Para auxiliar a distinguir as ondas com diferentes comprimentos de onda, ou frequência, o aluno manuseou a maquete 2, como mostra a Figura 11.

Figura 11 - Aluno manipulando a maquete 2 com ondas de diferentes comprimentos de onda construída em impressora 3D



Fonte: Autoria própria (2021).

Para melhor compreensão das características de cada onda, foram desenvolvidas duas maquetes com ondas de mesma amplitude, mas com diferentes comprimentos de onda (Maquete 2). As ondas produzidas em impressora 3D permitem que o aluno as explore utilizando o tato. As percepções do aluno em relação à maquete 2 e ao conteúdo discutido estão a seguir transcritas:

A Maquete nº 2 pra mim representa uma onda, uma perturbação. Eu também aprendi que quanto maior a frequência maior a radiação, e quanto menor a frequência, menor a radiação. O comprimento de uma onda se chama lâmbida ($\lambda \rightarrow$ letra grega). É a maior parte da onda que não se repete. Temos também a frequência (f). Quanto maior a frequência, maior a radiação, ou mais perigosa é a onda.

Com nossas observações durante este momento, acreditamos que a comparação entre as duas representações foi de grande importância para auxiliar o aluno na busca da compreensão do conceito comprimento de onda (e consequentemente de frequência).

III – Raios luminosos e introdução à reflexão e à refração

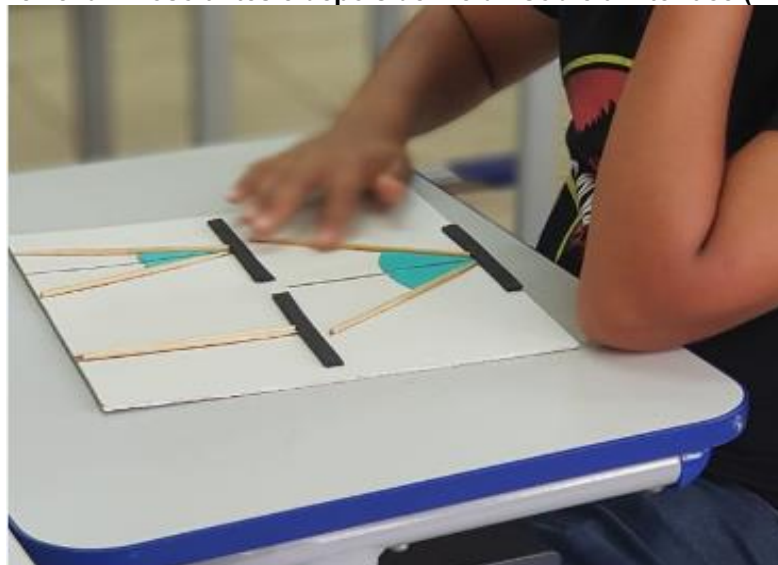
Continuamos nossa aplicação comentando sobre a situação de quando nos encontramos do lado de fora de uma vitrine: em algumas, as vezes, conseguimos nos ver refletidos no vidro, como se fosse um espelho, e em outros momentos ele é mais transparente, permitindo enxergar tudo o que está do outro lado.

O aluno informou que foi algo novo para ele e que é algo interessante, pois não sabia nada disso. Então, continuamos nossa discussão a fim de explicar o que seria esta situação e porque, utilizando os conceitos da Física, isto era possível.

Sabemos que em tal situação, a nossa imagem reproduzida no vidro se deve ao fenômeno de reflexão da luz (que anteriormente foi refletida em nosso corpo), e quando vemos a imagem do outro lado da vitrine é porque a luz (refletidas pelos objetos internos) atravessou o vidro, ocorrendo a refração da luz.

Para explorar a reflexão da luz, propusemos ao aluno manusear a maquete 3, como mostrado na Figura 11. Nela, assim como explicamos a ele previamente, os raios de luz foram representados por palitos de madeira, sendo sua parte pontiaguda a indicação do sentido de propagação. Para facilitar a exploração por meio do tato, os ângulos entre os raios de luz e a reta normal à interface foram representados por arcos de circunferência de E.V.A.

Figura 12 - Aluno manuseando a Maquete 3 com representações de reflexão luz em três ângulos de incidência distintos. A ponta do palito de madeira indica a direção de propagação do feixe luminoso antes e depois de incidir sobre a interface (EVA).



Fonte: Autoria própria (2021).

Após o manuseio das representações da maquete 3, sob nossas orientações, questionado sobre suas percepções, o aluno se expressou:

(1) “A 1ª: *Toda luz que bate em um espelho plano volta na mesma direção*”, referente ao primeiro caso, com incidência perpendicular à superfície reflexiva,

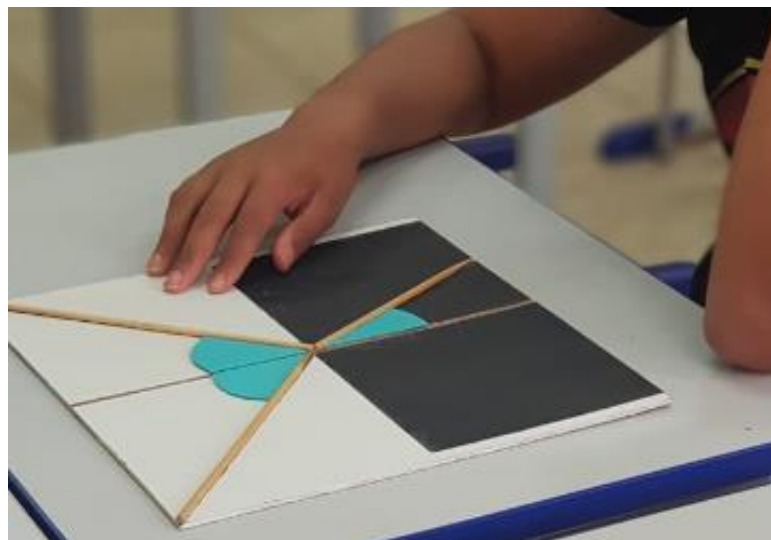
(2) “A 2ª: *o ângulo de reflexão aumenta sempre*”, comparando principalmente o segundo e o terceiro caso, que possuem ângulos de incidência distintos,

(3) “E a 3ª: *O tamanho dos ângulos de reflexão e o ângulo de incidência são os mesmos*”.

Por meio deste relato, nota-se que o aluno conseguiu identificar as principais características relacionadas ao efeito de reflexão da luz. A partir disto, retornamos à análise da luz incidindo sobre a vitrine, em que é parcialmente refletida e parcialmente refrata. Para discutirmos a ocorrência destes dois fenômenos, disponibilizamos ao aluno a maquete 4. Descrevemos sua construção utilizando duas superfícies de diferentes texturas para representar dois diferentes meios de propagação e seus distintos índices de refração. A parte com menor índice de refração era representada por uma superfície lisa (parte branca de MDF) e o meio com maior índice de refração por uma superfície mais áspera (lixa 80).

Na Figura 13, podemos ver a maquete 4 sendo manuseada pelo aluno.

Figura 13 - Aluno manipulando a maquete 4 que exemplifica a refração e a reflexão da luz ao incidir sobre a interface entre dois meios. Diferentes texturas indicam diferentes meios de propagação e a ponta do palito de madeira indica a direção de propagação do feixe luminoso



Fonte: Autoria própria (2021).

Foi explicado sobre o assunto e depois foi posta a maquete para que o aluno pudesse tateá-la. O aluno foi perguntando sobre o assunto para o professor e o professor respondia as suas perguntas e fazia novas para ele.

É preciso compatibilizar os tipos de atividades experimentais com os conteúdos selecionados, a fim de tornar os mesmos mais eficientes tanto no sentido prático quanto pedagógico. Na perspectiva de Vygotsky, é relevante que o professor, encerre a discussão explicando o fenômeno. E desta forma procedemos.

Sabemos que os raios refletidos sempre retornam com mesmo ângulo em relação à reta normal à superfície, enquanto a direção do raio refratado depende da velocidade da luz no segundo meio, ou do seu índice de refração. Assim, abordamos que quanto menor a velocidade da luz em um meio, maior seu índice de refração. Como exemplo, falamos sobre a velocidade da luz no vidro, inferior à sua velocidade no vácuo, e como era calculado o índice de refração para este meio e terminamos explorando as leis da reflexão.

IV – Teoria e aplicação da refração

Para aprofundarmos os conceitos relativos à refração, disponibilizamos ao aluno as maquetes 5, 6 e 7 que tratam apenas o efeito de refração (sem reflexão). Novamente representamos os diferentes índices de refração por diferentes texturas. Quanto maior o índice de refração do meio representado, maior a aspereza. Ou seja, utilizamos lixas de diferentes numerações. Para as três maquetes, escolhemos representar as seguintes interfaces (meio 1 e meio 2) e ângulos θ dos feixes incidentes e refratados em relação à reta normal.

Maquete 5: ar e água – 45° e 32°

Maquete 6: ar e vidro – 45° e 28°

Maquete 7: ar e diamante – 45° e 17°

Esses materiais para o segundo meio foram escolhidos pois possuem valores distintos de índice de refração n ($n_{\text{diamante}} > n_{\text{vidro}} > n_{\text{água}} > n_{\text{ar}}$) e assim o raio sofre diferentes desvios.

Considerando que a lei de Snell, para dois meios a e b, estabelece a relação entre n e θ por $n_a \sin \theta_a = n_b \sin \theta_b$, quanto maior o índice de refração do meio, menor o seno do ângulo, e conseqüentemente, menor θ . Ou seja,

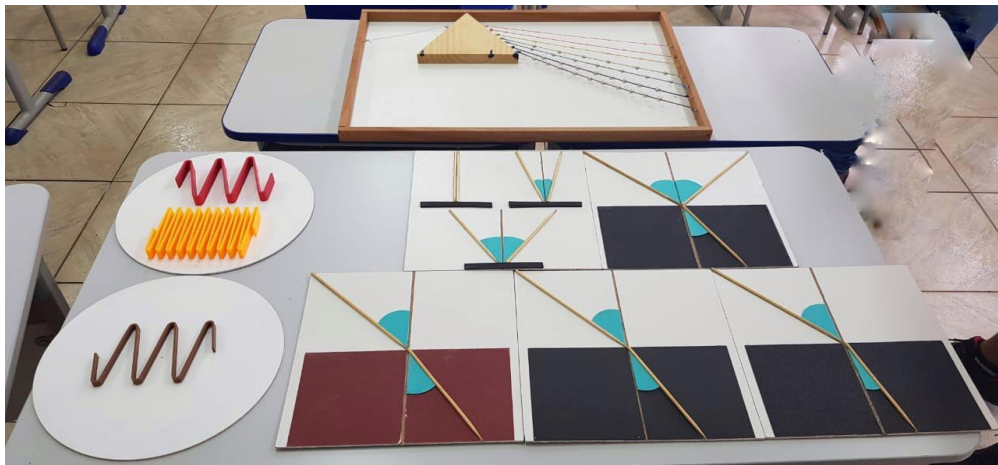
quanto mais distintos os índices de refração entre o meio 1 e o meio 2, maior o desvio do feixe refratado em relação ao feixe incidente.

O professor, ao fornecer as maquetes para o aluno, indicou os feixes incidentes, os feixes refratados, a reta normal e a analogia da aspereza com índice de refração, dizendo qual representa o ar, a água, o vidro e o diamante.

Nesse contexto, nos reportamos a Vygotsky quando o mesmo aborda sobre a importância da mediação do professor e as interações que podem ocorrer no desenvolvimento das atividades. Na perspectiva de Vygotsky a mediação ocorre por intermédio do professor que se constitui num elo entre o conhecimento e o aluno. Dessa forma na percepção Vygotskyana, a criança além de apresentar-se ativa, é sobretudo interativa (VYGOTSKY, 2007). Mais uma vez durante a aplicação, buscamos desenvolver as atividades de acordo com esta perspectiva.

A Figura 14, mostra as três maquetes utilizadas para o estudo da Lei de Snell.

Figura 14 - Maquetes apresentadas nos momentos 4 (superiores) e 5 (inferiores)



Fonte: Autoria própria (2021).

Após explorar as maquetes 5, 6 e 7, sob nossa orientação e questionamentos, o aluno fez o seguinte relato:

*Eu aprendi que a refração acontece quando a luz bate em algum material que é denso (índice de refração) e ela não continua, ela desvia.
Quando a luz desvia, o ângulo de incidência que está no ar continua do mesmo jeito e o ângulo de refração diminui, assim como a velocidade.
Quanto maior o índice de refração, menor é o ângulo de refração e a velocidade em que a luz atravessa.
Por classificação de densidade
Ar
Água*

*Vidro
E o diamante.*

Ao que parece, o aluno conseguiu identificar por meio das maquetes, discussão, exemplos e questionamentos a principal relação definida pela lei de Snell, ao mencionar, por exemplo, que “quanto maior o índice de refração, menor o ângulo de refração”.

Após as observações do aluno, o professor retomou o tema e explicou em pormenores a Lei de Snell e como ela estava relacionada com as percepções que ele relatou, buscando, assim, correlacionar, em sua mente, a teoria com a prática por ele aprendida no experimento.

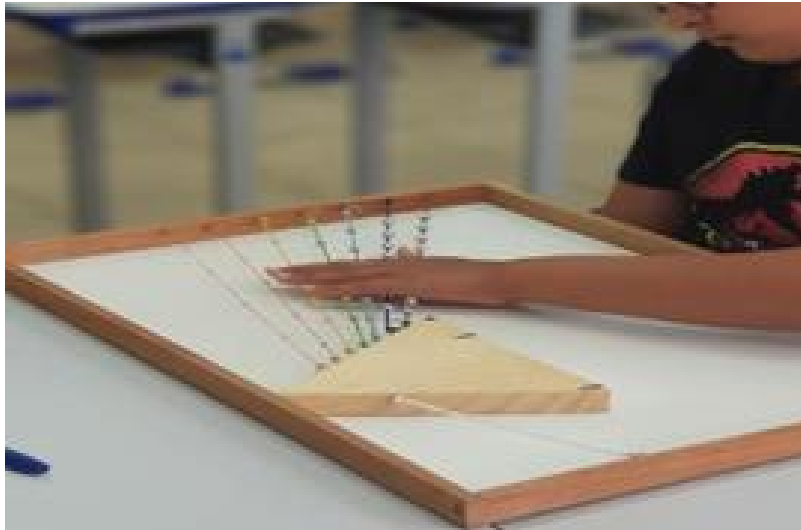
V – Dispersão da luz

Por fim, após abordarmos o conceito de onda, a composição do espectro eletromagnético e os conceitos de reflexão e refração da luz, chegamos à nossa última atividade: explorar a dispersão da luz.

Questionamos o aluno se ele já havia observado (ou já ouviu falar sobre) o arco-íris e como ele se forma. O aluno respondeu que não conhecia o caso. Portanto, explicamos esse fenômeno que é um efeito visual combinado de três fatores, dois já estudados (refração e reflexão) e um terceiro: a dispersão.

Em seguida, foi apresentada a maquete 8, que exemplifica, por meio de figuras em 3D representando as ondas e miçangas o seu comprimento, a dispersão experimentada pela luz branca ao atravessar um prisma. Valendo-se de percepções sensoriais (tato), o aluno pode perceber o que ocorre com a luz branca quando ela passa por um prisma, se decompondo. O aluno pode relacionar as distâncias e o número de miçangas com o comprimento de onda dos feixes monocromáticos dispersos pelo prisma.

Figura 15 - Aluno manipulando a Maquete 8 que exemplifica a dispersão da luz branca ao passar por um prisma.



Fonte: Autoria própria (2021).

Após apresentarmos o efeito da dispersão da luz e o aluno manusear a maquete, pedimos ao aluno que explicasse com suas palavras o que seria o fenômeno de dispersão em suas palavras.

Sobre refração e dispersão da luz, as concepções do aluno foram as seguintes:

- Refração

Eu aprendi que a refração acontece quando a luz bate em algum material que é denso (índice de refração) e ela não continua, ela desvia. Quando a luz desvia, o ângulo de incidência que está no ar continua do mesmo jeito, e o ângulo de refração diminui, assim como a velocidade. Quanto maior o índice de refração, menor é o ângulo de refração e a velocidade em que a luz atravessa.

Por classificação de densidade, elencou os seguintes elementos em ordem crescente: ar, água, vidro e diamante.

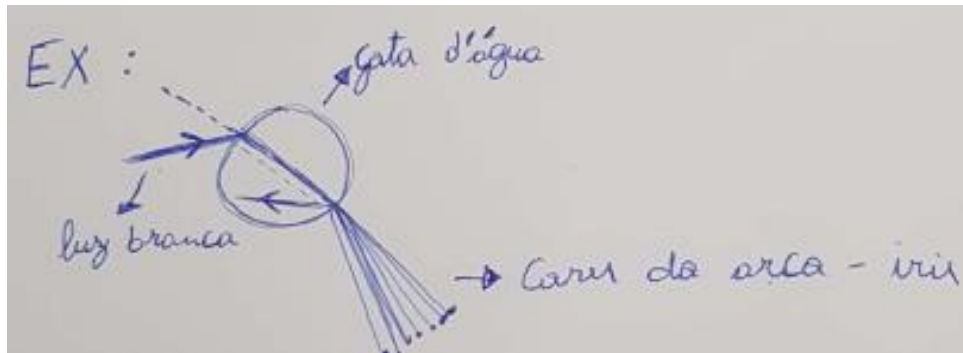
- Dispersão da luz

A dispersão da luz acontece tanto em vidro como em água (eu acho), é igual na gota de água e o arco-íris. Quando uma gota de água está caindo, a luz do sol bate na gota e lá acontece os três fenômenos importantes.
* Reflexão

* Refração
 * Dispersão
 [...]

Para explicar esse fenômeno, o aluno fez a seguinte ilustração (Figura 16):

Figura 16 - Ilustração feita pelo aluno para explicar o fenômeno de dispersão da luz



Fonte: Autoria própria (2021).

A explicação por ele apresentada para o fenômeno foi a seguinte: “A luz branca bate na gota, atravessando-a e formando as cores do arco-íris, e enquanto o mesmo raio de luz bate na gota d’água e volta”.

O aluno em sua resposta dá ênfase à formação do arco-íris, mencionando os três fenômenos envolvidos (reflexão, refração e dispersão) os representando em um desenho. Também faz analogia entre o vidro (representado como prisma na maquete 8) e a água, das gotas suspensas na atmosfera e que são responsáveis pela dispersão da luz no sol na formação do arco-íris.

VI – Avaliação da atividade

Ao final desta aplicação, propusemos algumas questões ao aluno, algumas idênticas às questões realizadas antes de iniciarmos as atividades.

Em nossa conversa inicial, questionamos o aluno quais seriam as cinco palavras que lhe vinham à mente sobre o que seria “luz”. As palavras expressadas, foram:

- (1) Sol;
- (2) claridade;
- (3) calor;

- (4) brilho;
- (5) temperatura.

Pedido para que escrevesse o porquê de mencionar estas palavras, qual a relação delas para ele, o aluno respondeu que “A claridade nos faz ver, o sol é quente e brilha muito, o calor nos deixa quente e alegres e a temperatura pode ser alta como baixa”.

Ao final da aplicação, fizemos a mesma pergunta a ele, o retorno dado foi:

- (1) Reflexão;
- (2) Refração;
- (3) Dispersão;
- (4) Raios;
- (5) Sol

Observamos que as relações que o aluno faz com a palavra “luz” antes da aplicação são todas relacionadas a suas vivências diárias, como “claridade” e “aquecimento”. No entanto, ao ver a lista das palavras mencionadas por ele após nosso trabalho, notamos que novas palavras surgem. Não mais as relacionadas ao cotidiano, com exceção do Sol (que saiu da primeira e foi à quinta posição), mas palavras relacionadas ao conhecimento científico trabalhando nesta sequência didática.

Segundo Silva e Moreira (2010), essa mudança do conhecimento cotidiano para o conhecimento científico ocorre a partir do momento que se vislumbra a escola como um espaço epistemológico do saber escolar. Na verdade, conforme os autores, o conhecimento cotidiano não deve ser dispensado, na medida em que se carece preservar a identidade cultural do aluno no espaço escolar; antes, ele deve ser tido como base para construir/produzir saberes nesse âmbito, desenvolvendo-se importante compreensão sobre a sua importância para o processo de aprendizagem.

Visando conferir esta conversão do conhecimento científico escolar foi entregue formulário ao aluno para sua autoavaliação, tendo sido obtidos os seguintes resultados: aos questionamentos “Sei ouvir o professor e presto atenção às explicações”, “Participo ativamente dos trabalhos em grupo na sala de aula” e “Respeito a opinião dos outros e tento ajudar meus colegas” o aluno respondeu “Sim, sempre”. Já aos questionamentos “Quando não entendo um assunto faço uma pergunta ao professor” e “Sinto-me à vontade na sala de aula e com meus colegas” a resposta foi “às vezes”.

Às perguntas diretas, sobre o conceito de “luz”, respondeu ele tratar-se de ondas eletromagnéticas do tipo transversal. Já a definição de ondas eletromagnéticas e suas características foi assim por ele apresentada:

“As ondas eletromagnéticas são ondas com muita frequência, que tem energia. As características de uma onda são crista, vale, comprimento e frequência”.

Sobre a formação da luz branca e do arco-íris, o aluno respondeu o seguinte: “A luz branca é formada por raios solares” e “O arco-íris é formado pelo fenômeno de dispersão”.

Questionado sobre os fenômenos da reflexão e refração, explicou o aluno que a diferença entre ambos é que, enquanto, na reflexão, a luz bate e volta, na refração, a luz bate e atravessa. A relação por ele estabelecida entre o índice de refração e o desvio da luz, em sua percepção, é de que quando a luz bate em um material denso ela se desvia.

Sobre as maquetes (materiais táteis utilizados), o aluno afirmou que eles permitiram melhorar sua compreensão sobre o conteúdo, e deu votos de que eles possam, também, auxiliar outras pessoas nesse sentido. Falou, inclusive, que, a seu ver, as maquetes são melhores que os materiais puramente visuais, porque congregam em si elementos tanto táteis como visuais, ajudando, assim, no processo de ensino-aprendizagem de pessoas com deficiência visual.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De um modo geral, o que podemos constatar é que, considerando-se as atividades e os conteúdos que foram apresentados, é possível verificar que as maquetes foram fundamentais para a compreensão do conteúdo (ondas) trabalhado junto ao aluno, já que este, como destacado, contava somente com conhecimento cotidianos relacionado à luz, não contando com o conhecimento escolar/científico para responder questões pontuais sobre como, por exemplo, o conceito de onda e suas características.

A verificação da viabilidade do experimento se torna essencial para que os objetivos sejam alcançados, sempre combatendo ideias ingênuas de que basta fazer um experimento para que o conteúdo seja dominado, por isso os alunos precisam compreender o objetivo do mesmo e toda a teoria que a rodeia. Para isso, deve receber orientação de forma que fique claro os procedimentos a serem usados para que se chegue as conclusões pertinentes

Nesse contexto, a postura mediadora do professor se faz necessária, à perspectiva de Vygotsky, o papel do professor consiste em guiar o aluno enquanto fornece instrumentos adequados para que o desenvolvimento cognitivo dele ocorra de maneira apropriada, professor mediador, conduzindo o aluno até a aquisição do conhecimento.

Mesmo assim, podemos perceber, pelos feedbacks dados por ele em cada um dos questionamentos, sempre que sua manifestação era solicitada, que os fenômenos ensinados a partir da aplicação de cada uma das maquetes foram por ele bem assimilados. Cada deficiente visual é um ser único, com suas limitações e habilidades distintas dentro deste próprio grupo. No entanto, este trabalho nos indica que este material tem potencial para ser utilizado no ensino de alunos com deficiência visual, na medida em que explora características não visuais para a explicação do conteúdo. É uma forma diferente de ensino do modelo tradicional (com muitos recursos visuais) que traz consigo limitações para a aprendizagem de alunos com deficiência visual, traduzindo dificuldades diversas nesse processo.

No mundo educativo observa-se constantes problemas relacionados às práticas de inclusão das pessoas deficientes ou com algumas necessidades especiais, por isso as rotinas educativas e os métodos de ensino dos docentes são apontados como uma das formas de motivar ou impulsionar a inclusão dos alunos

junto às rotinas da sala de aula. Buscando compreender quais pontos são impactantes para os alunos de Física que apresentam deficiência visual, foi realizado um questionário junto a um aluno deficiente visual, buscando obter informações tanto sobre as rotinas escolares como sobre o ensino de Física junto aos ambientes escolares dos alunos.

Como se pode observar diante da entrevista realizada com o aluno, este por sua vez, destaca que se sentiu à vontade dentro dessa aplicação, algo que comprova uma estabilidade no ambiente fornecido ao aluno, se tornando um ponto de motivação para que este retorne ou continue indo para as aulas.

O aluno também nos relatou que já passou por alguma situação em que não foi incluído no grupo ou chamado para participar de atividades devido a sua deficiência. Vale ressaltar que o preconceito é algo que ainda impacta no desenvolvimento da educação inclusiva, uma vez que tanto os alunos como alguns docentes apresentam resistência em conceder aos alunos com deficiência uma oportunidade de desenvolvimento positivo.

Durante toda a aplicação, o aluno se mostrou bem participativo e atento aos conteúdos apresentados ao longo da rotina educativa, embora não ficasse claro o quanto o referido aluno estivesse motivado diante da possibilidade de explorar um material que foi desenvolvido a fim de buscar contornar algumas de suas dificuldades. Isto vai ao encontro com a perspectiva de Vygotsky, na qual a motivação se torna importante para a aprendizagem e o desempenho dos alunos de forma efetiva e duradoura na busca por propósitos definidos, visando gerar um interesse e um empenho que só ocorre quando o mesmo se encontra motivado.

Para nós, este trabalho foi muito gratificante, pois o aluno elogiou bastante os instrumentos utilizados desejando que eles pudessem contribuir para a aprendizagem de outros alunos como contribuíram para a dele. Pelas percepções por ele traduzidas é bem possível evidenciar que a aprendizagem foi realmente proveitosa, o que tornou todo o esforço bastante recompensador.

Diante da atipicidade que enfrentamos no ano de 2020, devido à pandemia de COVID-19 que impossibilitou as aulas presenciais neste ano letivo, não pudemos trabalhar com o material em sala de aula ou em grupos de alunos. No entanto, neste trabalho, almejamos desenvolver recursos metodológicos que possam ser utilizados tanto por alunos videntes quanto alunos com deficiência visual, de modo que todos possam desenvolver as atividades de modo ativo. Sendo um material de baixo custo

e de simples confecção, desejamos que nosso produto possa ser utilizado em salas de aula por alunos de modo geral e, principalmente, que os alunos com deficiência visual, não sejam privados de recursos adaptados a suas necessidades e que estes recursos os auxiliem na inclusão efetiva.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. S. T. d.; ABIB, M. L. V. d. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de ensino de física**, 25, n. 2, p. 176-194, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/PLkjm3N5KjnXKqDsXw5Dy4R/?format=pdf&lang=pt> Acesso em 17 nov. 2020.
- AXT, R. O papel da experimentação no ensino de Ciências. *In*: MOREIRA & AXT. **Tópicos em ensino de Ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1991. Disponível em: <http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf> Acesso em 17 nov. 2020.
- BIAGGIO, A. M. B. **Psicologia do desenvolvimento**. 18 ed. Rio de Janeiro: VOZES. 2005. p. 343.
- BRASIL. Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004. Regulamenta as Leis n. 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 dez. 2004.
- BRASIL. **Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015**. Estatuto da Pessoa com Deficiência. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em 17 nov. 2020.
- CAMARGO, E. P.; NARDI, R.; FILHO, P. R. P. M.; ALMEIDA, D. R. V. Como ensinar óptica para alunos cegos e com baixa visão. **Física na Escola**, v. 9, n. 1, 2008. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol9/Num1/optica-para-cegos.pdf> Acesso em 17 nov. 2020.
- CAMARGO, E. P.; NARDI, R.; CORREIA, J. N. A comunicação como barreira à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de Física Moderna. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, p. 1-18, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/3981/2545> Acesso em 17 nov. 2020.
- CAMARGO, E. P. **Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de Física**. São Paulo: Editora Unesp, 2012.
- CAMARGO, E. P. **Inclusão e necessidade educacional especial: compreendendo identidade e diferença por meio do ensino de física e da deficiência visual**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.
- CARVALHO, R E. **Temas em educação especial**. Rio de Janeiro: WVA, 1998
- CATELAN, S. S.; RINALDI, C. **A atividade experimental no Ensino de Ciências Naturais: contribuições e contrapontos**. Experiências em Ensino de Ciências, v. 13, n. 1, p. 306-320, 2018. Disponível em:

https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID474/v13_n1_a2018.pdf Acesso em 17 nov. 2020.

CUSTÓDIO, G. A.; NOGUEIRA, R. E.; CHAVES, A. P. N. Mapas e maquetes táteis como recursos para o enfrentamento às barreiras educacionais. Vitória, ES. *In*: colóquio de cartografia para crianças e escolares; VII Colóquio de Cartografia para crianças e escolares, 7., 2011. Vitória. **Anais [...]** Vitória, 2011. p. 577-597.

Disponível em:

<https://cartografiaescolar2011.files.wordpress.com/2012/03/mapasmaquetestateisrecursosenfrentamentobarreiraseducacionais.pdf>. Acesso em 13 de dez. 2021.

ELIA, Marcos da Fonseca; SAMPAIO, Fábio Ferrentini. Plataforma Interativa para Internet (PII): Uma Proposta de Pesquisa-Ação a Distância para Professores. **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)**, [S.l.], p. 247-252, nov. 2001. ISSN 2316-6533. Disponível em: <https://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/130>. Acesso em 17 nov. 2020.

FORATO, T. C. M. **A natureza da ciência como saber escolar**: um estudo de caso a partir da história da luz. 2009. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. 2009. Disponível em:

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-24092009-130728/publico/Thais_Volume_2.pdf. Acesso em 17 nov. 2020.

FRANCO, M. A. R. S. Prática pedagógica e docência: um olhar a partir da epistemologia do conceito. **Rev. Bras. Estud. Pedagog.** v.97, n..247, 2016.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbeped/a/m6qBLvmHnCdR7RQjJVSPzTq/abstract/?lang=pt>
Acesso em 17 nov. 2020.

GALIAZZI, M. C. et al. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p.249-263, 2001. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/xJ9FZcgBpg8NKq3KyZNs3Hk/?lang=pt> Acesso em 17 nov. 2020.

GUERRIERO, I.C.Z.; MINAYO, M.C.S. **O desafio de revisar aspectos éticos das pesquisas em ciências sociais e humanas**: a necessidade de diretrizes específicas. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v.23, n.3, p.763-782, 2013. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/physis/a/J4kGfdfNgyJBtJBtzg9wGWS/abstract/?lang=pt>
Acesso em 17 nov. 2020.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n. 1, jun. 2001. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/epec/a/N36pNx6vryxdGmDLf76mNDH/?lang=pt> Acesso em 17 nov. 2020.

MANTOAN, M. T. E. O direito de ser, sendo diferente, na escola. **Revista CEJ – Conelho da Justiça Federal/Centro de Estudos Judiciários da Justiça Federal**. V.8, n.26, p. 36-44 2014. Disponível em: <https://revistacej.cjf.jus.br/cej/index.php/revcej/article/view/622/802> Acesso em 17 nov. 2020.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 8ª ed. São Paulo: Atlas, 2017

MARTINS, D. Q. **Guia de montagem de maquetes táteis para o auxílio do ensino de física para pessoas com deficiência visual**. 2017. Monografia (graduação em física) - Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ. 2017. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/6212/Daianne%20Quintanilha%20Martins.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 17 nov. 2020.

OLIVEIRA, M. K. de. **Teorias psicogenéticas em discussão**. 5. Ed. São Paulo: Sumus, 1992.

OLIVEIRA JÚNIOR, M. G. **Proposta para o estudo de polarização da luz no ensino médio através da medida de rotação em soluções opticamente ativas**. 2015. Monografia (graduação em Física) - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, Minas Gerais. 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/26498/4/PropostaEstudoPolarizacao.pdf>. Acesso em 17 nov. 2020.

PELLEGRINI, B. Q. **Aplicações de equações diferenciais ordinárias na deflexão de vigas**. 2015. Monografia (graduação em Ciências Exatas e Tecnológicas) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Bahia, BA. 2015. Disponível em: https://www2.ufrb.edu.br/bcet/components/com_chronoforms5/chronoforms/uploads/tcc/20190314163009_2015.X_-_TCC_Beethoven_Queiroz_Pellegrini_-_Aplicaes_de_Equaes_Diferenciais_Ordinrias_na_Deflexo_de_Vigas.pdf. Acesso em 17 nov. 2020.

PERPÉTUO, S. C.; GONÇALVES, A. M. **Dinâmicas de grupos na formação de lideranças**. Rio de Janeiro: DP&A, 2005.

RODRIGUES, A. J. Contextos de aprendizagem e integração/inclusão de alunos com necessidades educacionais especiais. *In*: RIBEIRO, M. L. S.; BAUMEL, R. C. R. (Org.) **Educação especial: do querer ao fazer**. São Paulo: Avercamp, 2003, p. 13-26.

SANCHES, E. C. P.; MACEDO, C.; BUENO, J. **Imagens táteis tridimensionais: um modelo para a tradução tátil a partir de imagens estáticas bidimensionais**. InfoDesign 2017.

SANTOS, J. L.; SGANZERLA, M. A. R. Impressora 3D de baixo custo para auxiliar cegos e/ou baixa visão na construção de sólidos geométricos: Projeto Mark. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA**, Canoas, n.16 p.88-107 2018.

SILVA D. F. **Concepções alternativas de pessoas com deficiência visual sobre óptica: uma análise fenomenológica**. 2013. Dissertação (Mestrado em Educação

para a Ciência e a Matemática). Instituição: Universidade Estadual de Maringá-UEM, PR. 2013. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/4421/1/000202526.pdf>. Acesso em 17 nov. 2020.

SILVA, J. I; MOREIRA, E. M. S. Saber cotidiano e saber escolar: uma análise epistemológica e didática. **Revista de Educação Pública**, v. 19, n. 39, jan-abr. 2010. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/educacaopublica/article/view/375/343> Acesso em 17 nov. 2020.

SILVA, L. H. A; ZANON, L. B. A experimentação no ensino de ciências. p.120-153. In: SCHNETZLER, R. P. (org.). **Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens**. São Paulo: R. Vieira Gráfica e Editora Ltda, 2000.

SOLER, M. A. **Didáctica multisensorial de las ciências**. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, 1999.

SOUZA, F.; PALMA, F. Proposta de um sistema de representação da reflexão da luz em um espelho esférico para alunos com deficiência visual. **Revista Areté| Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, 9, n. 20, p. 67-71, 2017. Disponível em: <http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/download/247/246/> Acesso em 17 nov. 2020.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

VYGOTSKY, L. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 2007

YOUNG, H; FREEDMAN, R. **Física IV: ótica e física moderna**. Editora Pearson Education do Brasil, São Paulo, 2009

ZABALA, A. **Enfoque globalizador e pensamento complexo: uma proposta para o currículo escolar**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

ZERBATO, A. P.; MENDES, E. G.; **Desenho universal para a aprendizagem como estratégia de inclusão escolar**. Educação Unisinos; v.22, n.2, p. 147-155, 2018. Disponível em: <http://revistas.unisinos.br/index.php/educacao/article/view/edu.2018.222.04/6074620> Acesso em 17 nov. 2020.

APÊNDICE A - Produto Educacional

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ÓPTICA PARA PESSOAS COM
DEFICIÊNCIA VISUAL**

TELMA CORDEIRO LOPES ESSER

CAMPO MOURÃO

2021

TELMA CORDEIRO LOPES ESSER

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ÓPTICA PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Teaching Sequence for Teaching Optics for People with Visual Impairment

Produto Educacional apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Polo 32 MNPEF), campus Campo Mourão, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.
Orientadora: Dra Roseli Constantino Schwerz
Coorientador: Dr Michel Corci Batista

**CAMPO MOURÃO
2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	57
2	PROPOSTA DIDÁTICA	57
2.1	Objetivos Propostos	58
2.2	Papel do Professor	58
2.3	Organização e Estrutura da Sequência Didática	58
2.4	Desenvolvimento da Sequência Didática	60
2.5	Avaliação	73
3	CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRODUTO	75
	REFERÊNCIAS	76
	SUPLEMENTOS	77

1 APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática é um produto de apoio ao professor na construção do conhecimento sobre um determinado tema, promovendo um envolvimento mais efetivo dos alunos durante as aulas. Os principais temas escolhidos para este material foram reflexão, refração e dispersão da luz, os quais foram fundamentados em métodos que permitem o desenvolvimento de diversas atividades como a leitura, observação e experimentação, além de valorizar o trabalho em equipe, propiciando um ambiente interativo e de parceria entre os alunos. Por isso o objetivo dessa metodologia é aprimorar o processo de aprendizagem de conteúdos conceituais e promover o pensamento, a reflexão, os valores e atitudes dos alunos.

2 PROPOSTA DIDÁTICA

Nosso objetivo nesse trabalho é de transformar o prévio conhecimento do aluno sobre Física em uma forma de aprendizagem que tenha significado e sentido para a sua formação humana. Nesse sentido as atividades foram organizadas para que a aprendizagem de conhecimentos e o desenvolvimento de habilidades sobre o ensino da Física seja de forma integral, fazendo o aluno entender que o conhecimento nunca é finito e deve ser constantemente transformado.

A presente proposta foi desenvolvida para ser trabalhada em grupos. De acordo com Perpétuo; Gonçalves (2005), a dinâmica em grupo é um valioso instrumento educacional, para trabalhar o ensino-aprendizagem quando se objetiva valorizar tanto a teoria quanto a prática considerando todos os envolvidos como sujeito. Portanto quando a aprendizagem é coletiva, os alunos promovem a construção do saber em conjunto, estimulando ainda mais a capacidade criativa, a produtividade e as relações interpessoais.

Sabe-se que os alunos com deficiência visual frequentemente lutam para obter uma educação, especialmente em ciências (PASSOS, 2018). Materiais adicionais são recomendados ao ensinar ciências para pessoas com deficiência visual. A adaptação do livro didático de física para o braille é necessária, pois figuras e gráficos, às vezes, são inacessíveis para as pessoas com deficiência visual (DE SOUZA E PALMA, 2017).

Materiais táteis e gráficos audíveis podem ser usados para auxiliar o ensino de Física para estudantes que possuam deficiência visual. Pesquisa sobre ensino de disciplinas para as pessoas com deficiência visual são escassos e tem sido limitada para estudar possíveis adaptações individuais à sala de aula que os próprios professores precisam projetar e criar (DE SOUZA E PALMA, 2017).

2.1 Objetivos Propostos

Temos como principais finalidades para este produto:

- Debater sobre a natureza luz como uma onda eletromagnética;
- Trabalhar os conceitos de reflexão, refração e dispersão da luz;
- Promover o ensino inclusivo de alunos com deficiência visual.

2.2 Papel do Professor

O professor será aquele que conduzirá as atividades como um mediador de forma bastante ativa e participativa devendo sempre encaminhar o conteúdo de forma estruturada, organizada e compreensível para o máximo entendimento possível por parte dos alunos. Deverá auxiliar sempre que necessário, facilitando a compreensão do conteúdo e instigando o debate entre os alunos.

2.3 Organização e Estrutura da Sequência Didática

Aula: Ondas eletromagnéticas		
Tipo de sequência didática: Curta com metodologia de pesquisa e produto destinado ao cotidiano		
Público-alvo: Alunos do ensino médio com e sem deficiência visual		Duração: 5 aulas de 50 minutos
Momento 1	Introdução	<ul style="list-style-type: none"> • Questão inicial: O que é luz?
Momento 2	Ondas transversais	<ul style="list-style-type: none"> • Questão inicial: O que são ondas? • Ondas longitudinais e transversais na mola e na corda.

		<ul style="list-style-type: none"> • Maquete 1 – comprimento de onda e amplitude – Onda transversal. • Conceitos de amplitude, comprimento de onda e frequência de onda
Momento 3	Tipos de ondas eletromagnéticas	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação das ondas do espectro eletromagnético • Maquete 2 – Diferentes comprimentos de onda
Momento 4	Raios luminosos e introdução à reflexão e refração	<ul style="list-style-type: none"> • Situação inicial: a luz e a vitrine da loja. • Introdução aos fenômenos de reflexão e refração. • Tipos de reflexão (especular e difusa) • Maquete 3 – Reflexão da luz • Propagação e sentido dos raios luminosos refletidos • Maquete 4 – Raios refletidos e refratados
Momento 5	Teoria e aplicação da refração	<ul style="list-style-type: none"> • A lei de Snell • Maquete 5 – refração (ar - água) • Maquete 6 – refração (ar - vidro) • Maquete 7 – refração (ar - diamante) • Pergunta: Comparação entre maquetes • Índice de refração • Lei da refração
Momento 6	Dispersão da luz	<ul style="list-style-type: none"> • Pergunta inicial: o que é o arco-íris • Prismas • Luz branca • Decomposição da luz branca • Auto-avaliação • Maquete 8 – dispersão da luz

Fonte: Autoria própria (2021)

2.4 Desenvolvimento da Sequência Didática

MOMENTO 1

INTRODUÇÃO (Duração: 10-15 min)

No primeiro momento o professor iniciará a aula perguntado aos alunos: o que é luz?, e os alunos devem falar as cinco primeiras palavras que vierem a cabeça (Suplemento 1). Após ouvir a resposta, os alunos sob orientação do professor irão classificá-las de acordo com grau de importância o que servirá de ponto de partida para uma discussão sobre a natureza da luz e o seu comportamento em forma de ondas.

MOMENTO 2

ONDAS TRANSVERSAIS E SUAS CARACTERÍSTICAS (Duração: 30-40 min)

O momento 2 será iniciado com as seguintes perguntas aos alunos: Vocês sabem o que é uma onda, no contexto da Física? Quais as características de uma onda? Após os levantamentos dos alunos, o professor irá discutir as ondas longitudinais e transversais, utilizando uma mola e uma corda, e apresentar no Modelo 1 (ver Suplemento 2) para poder explicar o que é uma onda transversal e as suas características. Na onda longitudinal, com uma mola permitirá que o aluno cego perceba de modo tátil (os demais alunos visualizam) como a perturbação se propaga no mesmo sentido da onda. Na onda transversal, o aluno cego fica com a mão sobre a corda e sente os momentos que a crista da onda, ou pulso, bate da mão dele. O professor explica o que está fazendo. Posteriormente a isto o aluno identifica como é uma onda transversal, utilizando a Maquete 1.

TEORIA – MOMENTO 2

Ondas podem ser longitudinais ou transversais. As ondas longitudinais são aquelas que se propagam na mesma direção da vibração (perturbação), como as ondas sonoras. Já as ondas transversais são aquelas que se propagam

perpendicularmente à oscilação, como uma onda em uma corda ou onda eletromagnética, ver Maquete 1 (Suplemento 2).

As ondas transversais podem ser classificadas em ondas mecânicas e eletromagnéticas. As ondas mecânicas precisam de um meio (ar, água, corda, etc.) para se propagar já as ondas eletromagnéticas como a luz, não necessitam de um meio, ou seja, propagam-se também no vácuo.

Ondas eletromagnéticas podem ser produzidas por cargas elétricas aceleradas que emitem uma radiação em diversos comprimento de ondas. Todos os corpos aquecidos a temperatura elevada também podem imitar luz. Temos, por exemplo, o ferro de um aquecedor elétrico que se torna incandescente, de cor vermelha. No entanto, independentemente do tipo de fonte, as ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo na mesma velocidade c :

$$c = 2,99792458 \times 10^8 \frac{m}{s}$$

Por definição as ondas apresentam um vale (ponto mais baixo) e uma crista (ponto mais alto). A amplitude da onda se dará entre a extremidade de uma crista ao eixo central enquanto a distância horizontal entre dois vales ou duas cristas consecutivas é definida como comprimento de onda. Já a frequência de onda é pode ser definida como número de comprimentos de onda completos que passam por um determinado ponto no espaço a cada segundo e sua unidade é expressa em Hertz. Se formos fazer analogia com a onda mecânica em uma corda, por exemplo, a frequência é maior quanto mais rápido movemos a extremidade da corda para cima e para baixo.

Quanto maior for a frequência, menor é o comprimento de onda, ou seja, são inversamente proporcionais. Além disso as ondas eletromagnéticas apresentam algumas características:

- São **transversais**, ou seja, a sua direção de propagação é perpendicular à perturbação
 - Propagam-se na mesma velocidade da luz
 - Sua intensidade refere-se a sua amplitude, ou seja, quanto maior sua amplitude maior a perturbação que é capaz de produzir
- São tridimensionais, ou seja, depois de produzidas as ondas eletromagnéticas se propagam em todas as direções

- Ao atravessar meios materiais (ar, água etc.) sua velocidade diminui enquanto seu comprimento de onda aumenta sem alterar sua frequência.

MOMENTO 3

TIPOS DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS (Duração 30-40 min)

O professor irá iniciar o Momento 3 com a apresentação verbal do que é uma onda eletromagnética e a composição do espectro eletromagnético. Aqui evidenciamos que a luz é uma onda eletromagnética como as ondas de rádio e micro-ondas, mas o que diferencia elas são suas características, como frequência e comprimento de onda. A Maquete 2 (Suplemento 2) será utilizada neste momento para comparar duas ondas de mesma amplitude, mas com diferentes comprimentos de onda. As ondas produzidas em impressora 3D permitirão que os alunos com deficiência visual as diferenciem através do tato. A impressão 3D é uma técnica em que o modelo é construído camada após camada o que permite a criação de protótipos de forma rápida e barata (SANTOS E SGANZERLA, 2018).

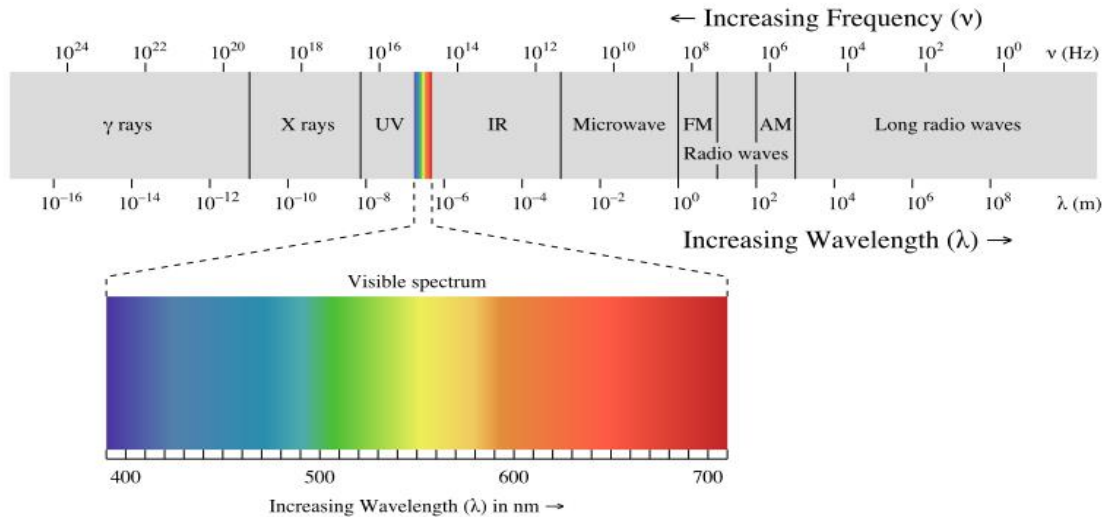
A partir de então, o professor deverá falar um pouco de cada faixa do espectro eletromagnético, dando ênfase ao espectro da luz visível, no qual para cada cor temos um comprimento de onda. Nesta abordagem, o professor após apresentar verbalmente o espectro visível, com todas as cores, pode questionar: Mas e a luz branca? Ela não está no espectro eletromagnético. Por quê? O aluno saberia explicar? Assim, com a explicação da composição da luz branca, o professor pode encerrar este momento.

TEORIA – MOMENTO 3

O espectro eletromagnético é composto por ondas muito pequenas, da ordem de 10^{-16} m, até ondas com comprimentos de onda muito maiores, da ordem de 10^8 m (100 milhões de metros). A velocidade de uma onda eletromagnética no vácuo é de 300.000 km/s. Para se ter uma ideia, com esta velocidade poderíamos

sair da Terra e chegar à lua em apenas 1,25 s ou dar 8 voltas em torno da Terra em 1 s.

Figura 1: O espectro eletromagnético.



Fonte: Patel, Vo, Mateo (2020, p.10)

Ondas com diferentes comprimentos de onda, mas com amplitudes iguais, podem ser vistas na Maquete 2.

As ondas eletromagnéticas podem ser classificadas em radiações ionizantes e não ionizantes. Radiações não ionizantes não possuem energia suficiente para arrancar elétrons dos átomos do meio em que está se propagando, enquanto as ionizantes possuem energia suficiente para alterar o estado físico de um átomo através da perda de elétrons. A radiação ionizante pode causar danos à saúde humana (queimaduras, câncer, doenças congênitas etc.) e este risco aumenta com o aumento da exposição, dentre elas podemos destacar as ondas de raios X e de gama. Já as radiações não ionizantes (ondas de rádio, micro-ondas, luz solar) geralmente não causam danos à saúde, entretanto a exposição prolongada a algumas delas como a luz solar (contém raios ultravioleta) pode causar o envelhecimento e câncer de pele.

Os tipos de radiação eletromagnética são: ondas de rádio, micro-ondas, ondas infravermelhas, luz visível, radiação ultravioleta, raios X e raios gama. Alguns exemplos são dados a seguir.

Um dos menores comprimentos de onda são das micro-ondas. As micro-ondas são utilizadas desde aquecer alimentos até transmitir informações para o espaço. As micro-ondas podem ter comprimentos de onda da ordem de 10^{-10} m. Os

roteadores de internet sem fio, popularmente conhecidos como Wi-fi, também utilizam micro-ondas com frequências que entre 2,4 GHz e 5,8 GHz.

Na outra extremidade do espectro, temos as ondas de rádio. As ondas de rádio, como o próprio nome diz são aquelas transmitidas por transmissões de rádio, TV e telefone celulares. As ondas de rádio têm baixos níveis de energia devido ao seu longo comprimento (103 m). São utilizadas no sensoriamento remoto, em sistemas de radar, onde liberam energia de rádio e coletam a energia de volta. Além disso são amplamente utilizadas para previsões do tempo uma vez que as ondas de rádio podem romper a atmosfera facilmente.

A radiação infravermelha, da ordem de 10^{-8} m, pode ser liberada na forma de calor ou energia térmica. A radiação infravermelha é mais comumente usada em sensoriamento remoto, pois os sensores infravermelhos coletam energia térmica, fornecendo condições climáticas.

A luz visível, é a única e pequena parte do espectro eletromagnético que os humanos podem enxergar a olho nu, e varia de aproximadamente 380 nm a 740 nm. Essa parte do espectro é constituída por uma gama de cores diferentes que representam um comprimento de onda específico (Tabela abaixo).

Tabela 1 - Cores do espectro visível

	Violeta	Azul	Ciano	Verde	Amarelo	Laranja	Vermelho
Comprimento de onda (nm)	380-435	435-500	500-520	520-565	520-565	590-625	625-740

Fonte: Autoria própria (2021)

Os raios ultravioletas, radiação, raios X e gama estão todos relacionados a eventos que ocorrem no espaço. A radiação UV é mais conhecida por causa de seus efeitos graves na pele do sol, levando ao câncer. Raios-X são usados para produzir imagens médicas do corpo. Os raios gama podem ser usados em quimioterapia para livrar-se de tumores no corpo, uma vez que possui um nível de energia tão alto.

Podemos notar que a luz branca não está presente no espectro. Isso porque a luz branca é na verdade a junção de todas as cores que temos no espectro visível.

MOMENTO 4

RAIOS LUMINOSOS E INTRODUÇÃO À REFLEXÃO E À REFRAÇÃO

(Duração 30-40 min)

O professor iniciará o Momento 4 com o seguinte problema: Muitas vezes ao olharmos pelo lado de fora o vidro da vitrine de uma loja, conseguimos enxergar tudo o que está no interior facilmente. No entanto, em outros momentos, fica mais difícil e podemos ver nossa imagem refletida, como se estivéssemos em frente a um espelho. Para os alunos de modo geral, o professor pode questionar se já observaram (ou já ouviram falar, no caso do aluno cego) dessas situações e o que explicaria isso. Após os levantamentos, o professor pode explicar o fenômeno.

Em seguida o professor irá falar sobre o fenômeno de reflexão e apresentar a Maquete 03 (Suplemento 2) para os alunos explorarem. Enquanto isso o professor deverá ir explicar que embora apresente características de uma onda, o raio luminoso geralmente é representado por uma linha reta, indicando sua direção de propagação. Na Maquete 03 os raios luminosos são feitos em relevo com palitos de churrasco nos quais os alunos poderão identificar o sentido dos raios incidentes e refletidos pela ponta do palito. Após os alunos analisarem os exemplos da maquete eles serão questionados sobre a direção e propagação dos raios luminosos encerrando então o Momento 04.

Neste momento, o professor irá falar sobre a possibilidade do feixe ser parcialmente refletido e parcialmente refratado, como acontece nas vitrines das lojas, e apresentar a Maquete 4 (Suplemento 2) para auxiliar na explicação e substituir as figuras que geralmente usamos. É importante ao apresentar a Maquete 4, o professor mostrar o que é o meio 1, o meio 2, a reta normal, o feixe incidente e os feixes refletidos (que permaneceram no meio 1) e refratados (que atravessaram para o meio 2).

Na Maquete 4, poderá ser notado que parte da luz é refletida com mesmo ângulo de incidência e que o raio refratado, que atravessa o meio, não segue a mesma direção original que tinha no meio 1. O professor finalizará o Momento 5 explicando sobre a teoria do fenômeno da reflexão enquanto a parte teórica da refração será discutida no momento seguinte.

O modelo de raio luminoso é importante para entendermos os efeitos de reflexão e refração da luz. Geralmente quando a luz atinge uma superfície transparente a onda é parcialmente refletida e refratada. Vamos tomar por exemplo uma janela de vidro de uma casa. Supondo que está de dia (lado externo com mais iluminação que o lado interno), a pessoa que está de fora da casa observa o reflexo de algum acontecimento no ambiente externo. Há o efeito da reflexão de luz. Por outro lado, a pessoa que está no interior da casa consegue olhar para fora e ver o mesmo ambiente, uma vez que a luz externa passa através do vidro e chega até ela. Neste caso, ocorre o efeito da refração (Figura 2).

Figura 2: Ondas refletidas e refratadas em uma janela.



Fonte: Young; Freedman (2016, p.23).

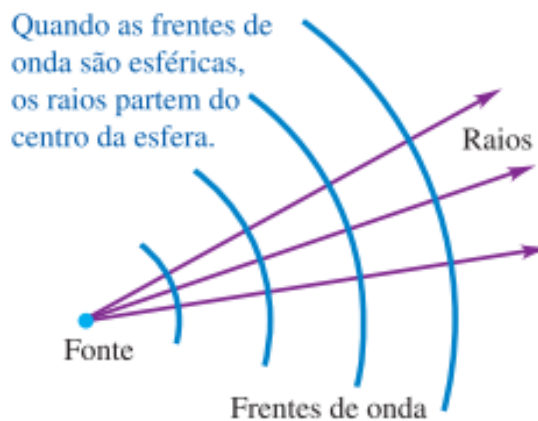
De acordo com Silva, (2013, p .25)

Consideremos um feixe luminoso que se propaga no ar e incide na superfície lisa de um bloco de vidro. É um fato conhecido que, em virtude de ser o vidro transparente, parte dessa luz penetra no bloco, mas a outra parte volta a se propagar. Dizemos que a porção do feixe que voltou a se propagar no ar sofreu reflexão, ou seja, parte da luz se refletiu ao encontrar a superfície lisa do vidro. O feixe de luz que se dirige para a superfície é denominado feixe incidente e o feixe devolvido pela superfície refletora, feixe refletido. Isto é, quando a superfície refletora é bem plana e polida, a luz incidente muda de direção, mas se mantém ordenada.

Para entender melhor sobre as a propagação de uma onda luminosa, primeiro temos que entender o conceito de frente de onda que pode ser definida

como “lugar geométrico de todos os pontos adjacentes em que a fase da vibração de uma grandeza física associada com a onda e a mesma” (YOUNG; FREEDMAN, 2016). Por exemplo, os círculos que se formam ao jogar uma pedra no lago são frentes de ondas. Geralmente, para representar os movimentos ondulatórios em diagramas, são desenhadas frentes de ondas ou suas seções transversais em um plano de referência. Por exemplo, ao representar ondas eletromagnéticas irradiadas por uma fonte luminosa, as frentes de ondas são desenhadas como círculos concêntricos com a fonte (Figura 3). Já para representar a direção da propagação de luz utiliza-se de raios, cuja definição é: “uma linha imaginária ao longo da direção de propagação da onda” (YOUNG; FREEDMAN, 2016).

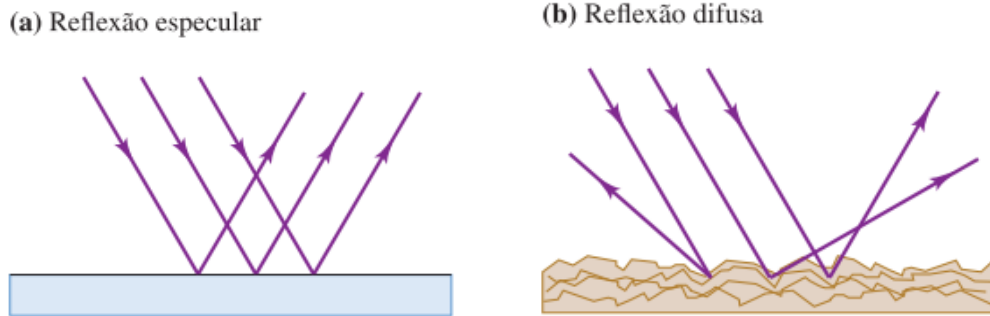
Figura 3: Diagrama: frentes de onda e raios.



Fonte: Young; Freedman (2016, p. 22).

As direções dos raios incidentes, refletidos e refratados em uma superfície lisa são descritos com base nos ângulos formados com a superfície do ponto de incidência, enquanto em superfícies rugosas os raios transmitidos e refletidos são espalhados em diversos ângulos. A reflexão especular é aquela que acontece em uma superfície lisa, gerando apenas um ângulo de reflexão, enquanto a reflexão difusa acontece em uma superfície rugosa com a formação de diversos ângulos de reflexão (Figura 4).

Figura 4: Tipos de reflexão de raios.



Fonte: Young; Freedman (2016, p.24).

Como ocorre a reflexão especular, também pode ser visto na Maquete 3.

A reflexão da luz é um fenômeno óptico em que um feixe de luz, ao incidir sobre uma superfície, retorna ao seu meio de origem. Graças a esse fenômeno conseguimos enxergar os objetos ao nosso redor, pois a luz incide sobre os corpos, que, por sua vez, refletem-na, fazendo com que os raios de luz cheguem aos nossos olhos, possibilitando, assim, a nossa visão.

As direções dos raios incidentes, refletidos e refratados em uma superfície lisa são descritos com base nos ângulos formados com a superfície do ponto de incidência (reta normal), enquanto em superfícies rugosas os raios transmitidos e refletidos são espalhados em diversos ângulos. A reflexão especular é aquela que acontece em uma superfície lisa, gerando apenas um ângulo de reflexão, enquanto a reflexão difusa acontece em uma superfície rugosa com a formação de diversos ângulos de reflexão.

A luz, no vácuo, tem uma velocidade aproximada de 300.000 km/s ou 3 milhões de metros por segundo, para ser mais preciso, 299.792.458 m/s. Para se ter ideia, com essa velocidade, poderíamos dar 8 voltas em torno da Terra em um intervalo de 1 segundo apenas! É a maior velocidade que existe. Nada é mais rápido. A velocidade da luz depende do meio por onde se propaga. No ar, é praticamente a mesma que no vácuo, mas em outros meios pode ser bem mais lenta.

Associado à velocidade da luz, temos o índice de refração (n) que é muito importante na ótica geométrica. Ele é a razão entre a velocidade da luz no vácuo c e a velocidade da luz no material v :

$$n = \frac{c}{v}$$

Como a sempre se propaga mais lentamente através de um material do que no vácuo, qualquer valor de n em um material sempre será < 1 , enquanto no vácuo sempre será $= 1$.

Exemplo 1. Sabendo que quando a luz passa por um meio (vidro) onde a sua velocidade é reduzida de $3,0 \times 10^8$ para $2,0 \times 10^8$ m/s. Qual será o índice de refração desse meio?

$$n = \frac{c}{v}$$

$$n = \frac{3,0 \times 10^8}{2,0 \times 10^8}$$

$$n = 1,5$$

O índice de refração e o ângulo de incidência da luz determinam se um feixe de luz ao viajar e incidir sobre uma superfície, reflete, se mantendo neste primeiro meio, ou refrata, atravessando o segundo meio.

Podemos resumir as conclusões dos principais estudos sobre reflexão em dois pontos (YOUNG; FREEDMAN, 2016):

4) Os raios incidente, refletido e refratado e a normal à superfície no ponto de incidência estão sobre um mesmo plano de incidência.

5) A Lei da reflexão diz que o ângulo de reflexão θ_r é igual ao ângulo de incidência θ_a para todos os comprimentos de onda e para qualquer material

$$\theta_r = \theta_a$$

Sobre o efeito de refração, será visto melhor a diante.

MOMENTO 5

TEORIA E APLICAÇÃO DA REFRAÇÃO (Duração: 20-30 min)

Antes de abordar sobre a teoria das leis da refração, o professor irá mostrar as maquetes 5, 6 e 7 (Suplemento 2) que tratam apenas o efeito de refração (sem reflexão). Essas maquetes terão uma superfície lisa (placa MDF) e rugosa (lixa) para

ilustrar sempre dois diferentes meios por exemplo ar (menos denso) e vidro (mais denso). Os alunos poderão acompanhar pelo tato a diferença nos ângulos formados em relação ao prolongamento do raio de incidência normal. Nesse momento o professor deverá indicar os feixes incidentes, os feixes refratados, a reta normal e a analogia da aspereza com índice de refração, dizendo qual representa a água, o vidro e o diamante.

Em seguida, o professor pode fazer alguns questionamentos:

- O que você observa de diferente nas três maquetes?
- Percebe alguma relação entre o índice de refração e o desvio da luz?

O professor deverá retomar alguns conceitos e explicar que na refração existe uma relação direta na mudança da velocidade da propagação e do comprimento onda, tendo a frequência como constante de proporcionalidade, ou seja, é a mesma independente do meio.

TEORIA – MOMENTO 5

Antes (Momento 4) falamos sobre duas principais conclusões sobre os efeitos da reflexão. Agora, sobre o efeito da refração, temos um ponto a levantar: a Lei de Snell. (YOUNG; FREEDMAN, 2016):

A **lei de Snell** ou Lei da refração diz que para a luz monocromática e para um determinado par de materiais a razão entre o seno dos ângulos θ_a e θ_b em que os dois ângulos são medidos a partir da normal à superfície é igual ao inverso da razão entre os dois índices de refração.

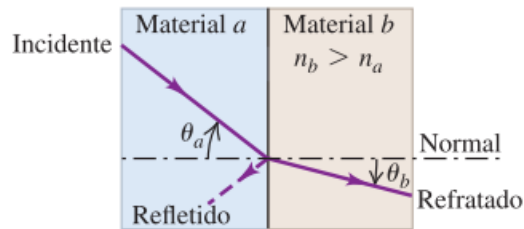
$$\frac{\text{sen}\theta_a}{\text{sen}\theta_b} = \frac{n_b}{n_a}$$

Essas equações mostram que quando um raio passa de um material *a* para o outro *b* com um índice de refração maior o raio irá se desviar aproximando-se da normal, enquanto quando um raio passa de um material *a* para outro *b* com um índice de refração menor ele irá se desviar afastando-se da normal e por fim quando

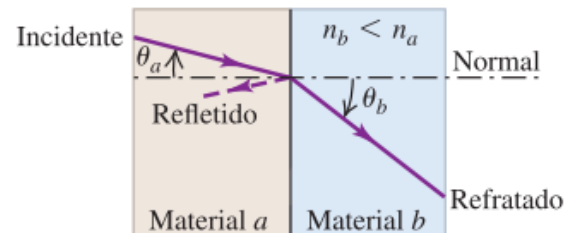
um raio passa com a mesma orientação da normal ele não irá sofrer desvio independente dos materiais (Figura 5).

Figura 5: Reflexão e refração em três casos.

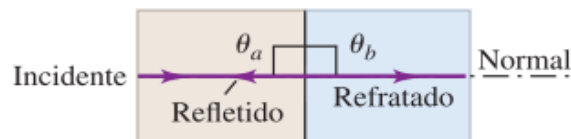
(a) Um raio entrando em um material de índice de refração *maior* se desvia aproximando-se da normal.



(b) Um raio entrando em um material de índice de refração *menor* se desvia afastando-se da normal.



(c) Um raio com a mesma orientação da normal não sofre desvio, independentemente dos materiais.



Fonte: Young; Freedman (2016, p. 25).

As leis de reflexão e refração mostram que a incidência dos raios é independente ao lado da interface, além de serem reversíveis, ou seja, seguem a mesma trajetória independente do lado, isso explica do porquê quando enxergamos os olhos de uma pessoa no espelho, ela também nos vê.

O ângulo de incidência afeta a intensidade dos raios refletidos e refratados. Por exemplo, quando a incidência é perpendicular ($\theta_a = 0^\circ$) fração é próxima de 1% e irá aumentar até atingir 100% quando o ângulo de incidência θ_a chegar 90° . O índice de refração também irá depender do comprimento de onda da luz, fenômeno chamado de dispersão.

O índice de refração do ar em condições normais de temperatura e pressão é próximo de 1. No caso de outros gases esse índice irá aumentar de acordo com a sua densidade. Já no caso de vidros e outros instrumentos de óptica esse índice geralmente varia entre 1,5 e 2,0 (YOUNG; FREEDMAN, 2016).

Também é importante lembrar que a frequência ($f =$ número de ciclos por unidade de tempo) não varia quando passa de um material para o outro, uma vez que a superfície de contorno não cria nem destrói uma onda, enquanto o

comprimento de onda (λ) sim, uma vez que a velocidade em um material é sempre menor que a velocidade no vácuo. Então o comprimento de onda da luz em um material (λ) será igual a razão entre o comprimento de onda no vácuo (λ_0) e o índice de refração do material (n):

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$

Nesse sentido, quando a onda passa de um material com índice de refração maior a velocidade da onda diminui e o comprimento de onda também é comprimido, sendo o mesmo válido para o contrário quando passagem de onda ocorre em materiais com índice de refração menor, a velocidade aumenta e a onda dilata-se.

MOMENTO 6

DISPERSÃO DA LUZ (25 a 35 minutos)

O professor iniciará esse momento perguntando aos alunos se já observaram (ou já ouviram falar, no caso do aluno cego) o arco-íris e como ele se forma. Após ouvir as respostas o professor deverá explicar esse fenômeno que é um efeito visual combinado de três fatores, dois já estudados (refração e reflexão) e um terceiro: a dispersão.

Em seguida para que os alunos entendam sobre a dispersão da luz branca, será apresentada a Maquete 8 (Suplemento 2). Os alunos com deficiência visual poderão explorar através do tato como a luz branca ao passar por um prisma se decompõe. Eles poderão relacionar as distâncias e o número de miçangas com o comprimento de onda dos feixes monocromáticos dispersos pelo prisma.

Por fim o professor encerrará o Momento 6 pedindo para que os alunos reflitam sobre o conteúdo através de uma autoavaliação (Suplemento 3) do conteúdo que aprenderam na aula.

O prisma é um elemento óptico transparente com superfícies retas e polidas que refratam a luz. A luz branca é composta por diferentes frequências de luz, cujo índice de refração também é diferente para cada uma dessas frequências. Conseqüentemente o desvio angular da luz também é diferente para cada uma delas. O índice de refração é proporcional à frequência da luz e inversamente proporcional ao seu comprimento de onda. Portanto quando um feixe de luz branca passa por ele, podemos observar a dispersão das cores. Isso indica que a luz violeta, por exemplo, sofre um desvio angular maior do que a luz vermelha, uma vez que, para essa componente da luz, o índice de refração é maior.

O arco-íris surge quando há um grande número de gotículas de água no ar. A luz solar entra em contato com uma gotícula de água e sofrendo a primeira refração, sendo então refletida na superfície de trás e depois refratada novamente, permitindo se observar com maior clareza a decomposição das cores (Figura 6).

Figura 6: Decomposição da luz e formação do arco-íris.



Fonte: Kazuhito; Fuke (2013, p.61).

Assim, utilizando um prisma, podemos verificar que a luz branca na verdade é a junção de todas as cores, aquelas cores que vimos no espectro eletromagnético.

2.5 Avaliação

A avaliação da aprendizagem serve como ferramenta para aprimorar a qualidade do ensino, para que os alunos possam alcançar o sucesso ao invés do fracasso (SCHON e LEDESMA, 2008). A escolha do tipo de avaliação irá determinar a formação do ser humano em um indivíduo ativo e autônomo ou em um indivíduo submisso e passivo (ALBINATI, 2011).

Para avaliar a aprendizagem nessa forma de trabalho, ela deve ser contínua e cumulativa durante todo processo de ensino. Portanto a participação e o desempenho do aluno no decorrer das atividades é o principal objeto deste tipo de avaliação. O seu caráter deve ser diversificado tanto no valor qualitativo como quantitativo do trabalho desenvolvido. Nesse sentido para que se tenha um resultado positivo para este projeto, espera-se que o professor consiga:

- Desenvolver o conteúdo de forma clara, objetiva e organizada
- Possibilitar a compreensão dos conceitos de ondas eletromagnéticas
- Analisar os conhecimentos prévios dos alunos
- Contextualizar o conteúdo possibilitando uma aprendizagem mais significativa aos alunos

Por fim recomenda-se dar a oportunidade os alunos a realizarem uma autoavaliação que servirá para que eles possam refletir sobre seu desempenho e evolução durante todo o processo de aprendizagem.

CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRODUTO

A construção desse produto se resume em pensar uma maneira de trabalhar a física enquanto disciplina dentro das ciências, oportunizando que as pessoas com deficiência visual aprendam os principais conceitos da física.

Nesse viés, a proposta teve como objetivo desenvolver, aplicar e avaliar um material destinado ao ensino da propagação da luz para alunos com e sem deficiência visual. Portanto, foram desenvolvidas maquetes multissensoriais como recursos educacionais aplicadas ao ensino da reflexão, refração e dispersão da luz e que podem ser utilizadas por alunos com ou sem deficiência visual. Todas as atividades propostas se sustentam nas práticas experimentais das ciências na perspectiva de Vygotsky.

Espera-se que a proposta de ensino aqui apresentada oportunize uma maior interação entre o professor e o aluno e um olhar diferenciado para o processo de ensino aprendizagem de física, já que devido a aplicação da atividade ter ocorrido em meio à pandemia COVID-19, o projeto que antes pretendia aplicar o produto em sala de aula, com a participação dos demais estudantes, só pode ocorrer de forma individual com o aluno. Sendo que a mesma pode ser trabalhada tanto com os alunos com deficiência visual dentro da disciplina de física quanto com os demais alunos, pois oportuniza uma aprendizagem concreta e significativa.

A proposta está organizada em seis momentos, embora um pouco longa, cada momento consiste na aplicação de uma atividade realizada individualmente pelo professor, podendo sofrer alterações de acordo com as especificidades do aluno e sua realidade. A proposta foi implementada como descrita ao longo do texto e apresentou resultados que podem ser considerados positivos, tanto no que diz respeito a motivação, quanto a participação do aluno. No decorrer da aplicação desta proposta, mante-se uma boa interação com o aluno, fator este que oportunizou o desenvolvimento das atividades e o estabelecimento e a aprendizagem dos conceitos de física propostos.

REFERÊNCIAS

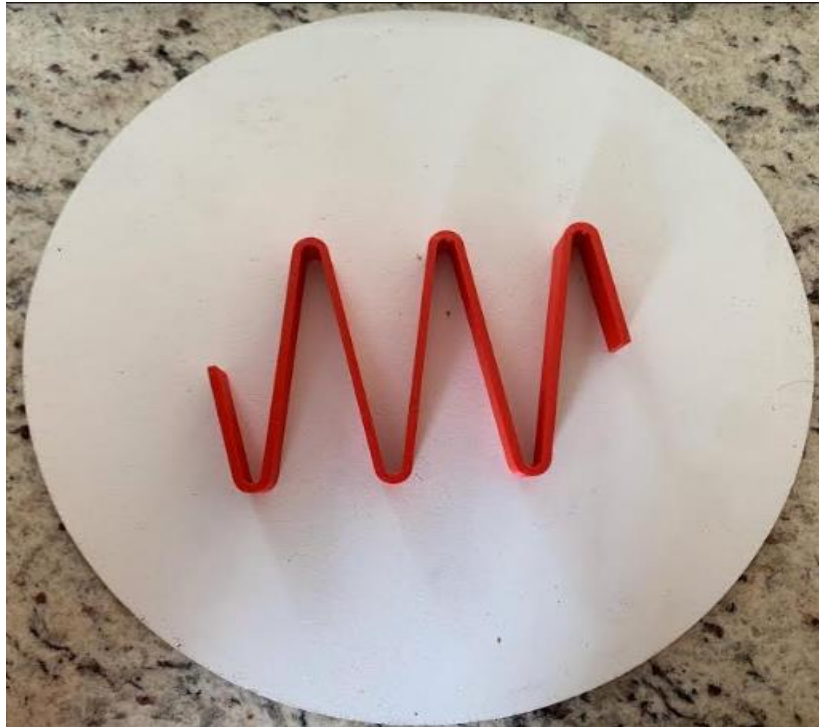
- KAZUHITO, Yamamoto; FUKU, Luiz Felipe. **Física para o ensino médio**. São Paulo: Saraiva, 2011, V.3.
- PERPÉTUO, S. C.; GONÇALVES, A. M. **Dinâmicas de grupos na formação de lideranças**. Rio de Janeiro: DP&A, 2005.
- SANTOS, J. L.; SGANZERLA, M. A. R. Impressora 3D de baixo custo para auxiliar cegos e/ou baixa visão na construção de sólidos geométricos: Projeto Mark. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA**, Canoas, n.16 p.88-107 2018. Recuperado a partir de: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/ic/article/view/4691>. Acesso em: 17 nov. 2020
- SCHON, C.K.; LEDESMA, M.R.K. **Avaliação da aprendizagem**. Programa PDE, SEED – PR, 2008. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2516-8.pdf>. Acesso em: 17 nov.2020
- SILVA D. F. **Concepções alternativas de pessoas com deficiência visual sobre óptica: uma análise fenomenológica**. 2013. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática). Instituição: Universidade Estadual de Maringá-UEM, PR. 2013. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/4421/1/000202526.pdf>. Acesso em 17 nov. 2020.
- SOUZA, F.; PALMA, F. Proposta de um sistema de representação da reflexão da luz em um espelho esférico para alunos com deficiência visual. **Revista Areté| Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, 9, n. 20, p. 67-71, 2017. Disponível em: <http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/download/247/246/>. Acesso em 17 nov. 2020.
- YOUNG, Hugh D; FREEDMAN, Roger A. **Física IV: Ótica e física moderna**, Pearson, 2016.
- WALKER, **Fundamentos de Física 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica** (LTC - Livros Técnicos e Científicos. Editora SA, Rio de Janeiro, 2016.

SUPLEMENTOS

SUPLEMENTO 2: MAQUETES

MAQUETE 1

Figura 7: Representação didática de uma forma de onda.



Fonte: Autoria própria (2021)

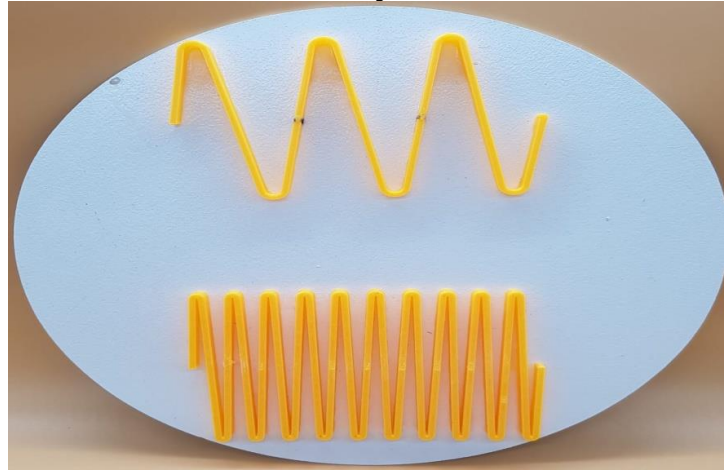
Para a construção da Maquete 1 foi utilizado uma impressora em 3D.

Para a construção do momento também foi utilizado uma mola e uma corda

Figura 8: Mola e corda utilizada para diferenciar ondas longitudinais e transversais



Fonte: Autoria própria (2021)

MAQUETE 2 :**Figura 9: Representação didática dos comprimentos de ondas associadas a diferentes radiações**

Fonte: Autoria própria (2021)

Para a construção da Maquete 2 foi utilizado uma impressora em 3D.

MAQUETE 3:

Figura 10: Representação didática do fenômeno da reflexão da luz.



Fonte: Autoria própria (2021)

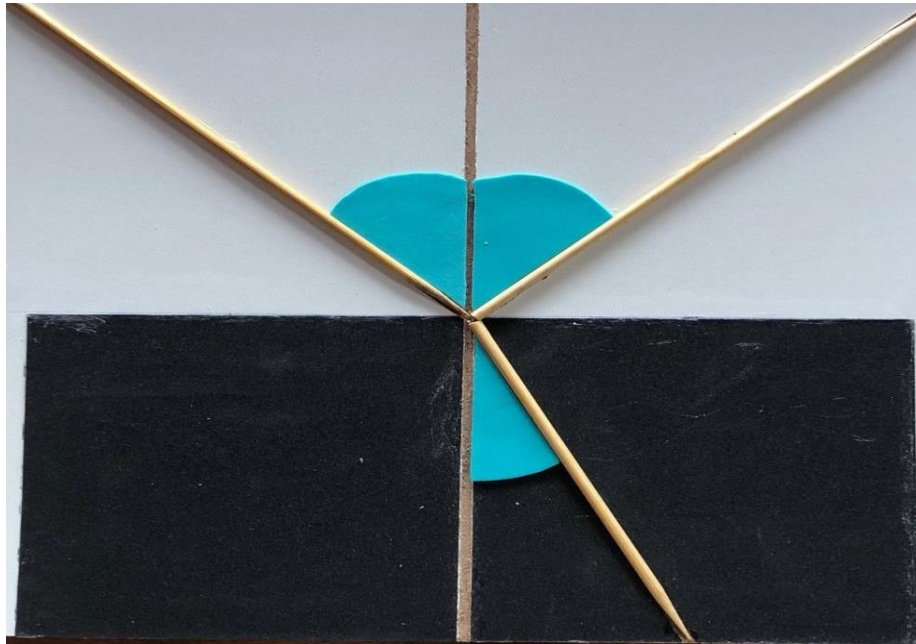
Para a construção da Maquete 3 serão necessários:

- 1 chapa de MDF de 5 mm de espessura com 30 x 30 cm
- 6 palitos de churrasco (14 cm de comprimento) envernizado
- EVA
- Serra fita
- Régua e transferidor
- Cola silicone líquida
- Canivete multiferramentas

Modo de preparo: Confeccione a placa em MDF, corte os palitos de churrasco e o EVA. Faça a reta normal para cada um dos casos, em relevo marcando a placa com auxílio do Canivete. Em seguida cole-os posicionando a ponta dos palitos de forma a indicar o sentido dos raios incidentes refletidos.

MAQUETE 4

Figura 11: Refração e Reflexão (ar x água)



Fonte: Autoria própria (2021)

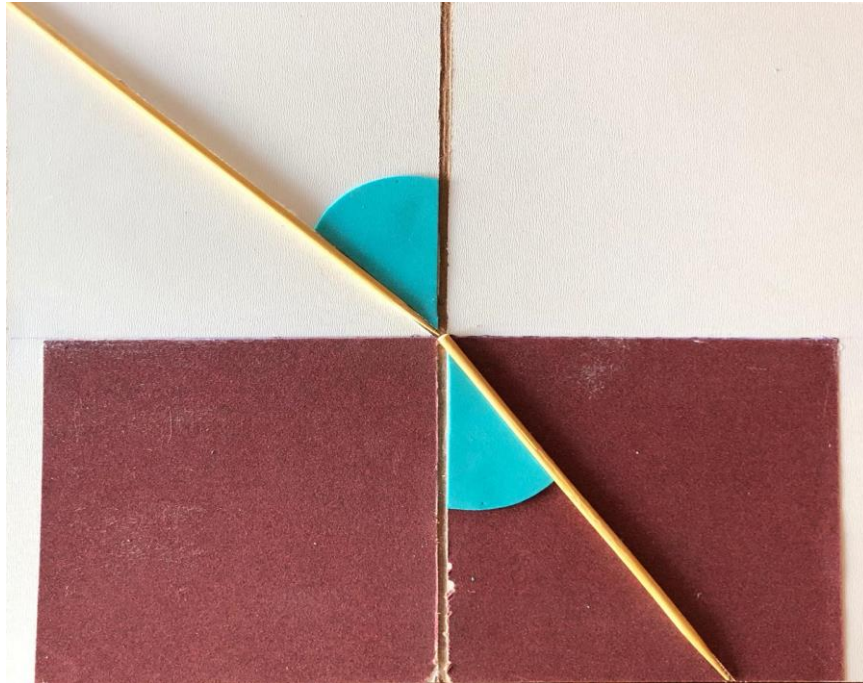
Para a construção da Maquete 4 serão necessários:

- 1 Chapa de MDF de 5 mm de espessura com 30 x 30 cm de lados:
- 3 palitos de churrasco envernizado 2 palitos com 21 cm e outro com 16 cm.
- EVA com 6,5 cm de altura com ângulo de 45° (2) e 30°
- LIXA 80
- Serra fita
- Régua, transferidor
- Cola Silicone Líquido,
- Lixa madeira P150
- Canivete Multiferramentas

Sugestão de atividades: Confeccione a placa de MDF. Desenhe sobre o centro da placa de madeira com ajuda do canivete o tamanho da reta (5 mm) para representar a Reta Normal. Cole a lixa (30 x 15 cm) na metade da placa, para representar o meio mais denso (água). Cole os palitos (dicione a ponta, para ilustrar o sentido dos raios) formando um ângulo de 45° e 30° com a normal para os raios incidentes, refletidos e refratados.

MAQUETE 5

Figura 12: Refração na interface água x ar (45° vs 32°)



Fonte: Autoria própria (2021)

Para a construção da Maquete 5 serão necessários:

- 1 Chapa de MDF de 5 mm de espessura com 30 x 30 cm de lados:
- 3 palitos de churrasquinho envernizado 2 palitos com 21 cm e outro com 18 cm.
- EVA com 6,5 cm de altura com ângulo de 45° (2) e 30°
- Lixa P150
- Serra fita
- Régua, transferidor
- Cola Silicone Líquido,
- Lixa madeira P150
- Canivete Multiferramentas

Modo de preparo: Confeccione a placa de MDF. Desenhe sobre o centro da placa de madeira com ajuda do canivete o tamanho da reta (5 mm) para representar a Reta Normal. Cole a lixa (30 x 15 cm) na metade da placa, para representar o meio mais denso (água). Cole os palitos (determine a ponta, para ilustrar o sentido dos raios) formando um ângulo de 45° e 30° com a normal para os raios incidentes e refratados.

MAQUETE 6

Figura 13: Refração na interface ar-vidro ($45^\circ - 28^\circ$)



Fonte: Autoria própria (2021)

Para a construção da Maquete 6 serão necessários:

- 1 Chapa de MDF de 5 mm de espessura com 30 x 30 cm de lados:
- 3 palitos de churrasquinho envernizado, 2 palitos com 21 cm e outro com 15 cm.
- EVA com 6,5 cm de altura com ângulo de 45° (2) e 28°
- LIXA 80
- Serra fita
- Régua, transferidor
- Cola Silicone Líquido,
- Lixa FERRO 80
- Canivete Multiferramentas

Modo de preparo: Confeccione a placa de MDF. Desenhe sobre o centro da placa de madeira com ajuda do canivete o tamanho da reta (5 mm) para representar a Reta Normal. Cole a lixa (30 x 15 cm) na metade da placa, para representar o meio mais denso (vidro). Cole os palitos (direcione a ponta, para ilustrar o sentido dos raios) formando um ângulo de 45° e 28° com a normal para os raios incidentes e refratados.

MAQUETE 7

Figura 14: Refração na interface ar - diamante (45° - 17°)



Fonte: Autoria própria (2021)

Para a maquete 7 serão necessários:

- 1 Chapa de MDF de 5 mm de espessura com 30 x 30 cm de lados:
- 3 palitos de churrasco envernizado, 2 palitos com 21 cm e outro com 15 cm.
- EVA com 6,5 cm de altura com ângulo de 45° (2) e 17°
- Serra fita
- Régua, transferidor
- Cola Silicone liquido,
- Lixa FERRO 80
- Canivete Multiferramentas

Modo de preparo: Confeccione a placa de MDF. Desenhe sobre o centro da placa de madeira com ajuda do canivete o tamanho da reta (5 mm) para representar a Reta Normal. Cole a lixa (30 x 15 cm) na metade da placa, para representar o meio mais denso (diamante). Cole os palitos (dê direção à ponta, para ilustrar o sentido dos raios) formando um ângulo de 45° e 17° com a normal para os raios incidentes e refratados

MAQUETE 8

Figura 15: dispersão da luz branca em um prisma



Fonte: Autoria própria (2021)

Materiais utilizados

- Quadro MDF 45 x 60 cm
- Prisma de MDF (15 x 15 x 15)
- Barbantes coloridos
- Missangas
- Argolas
- Cola quente

Modo de preparo: Cole o prisma de MDF na parte superior a uma distância de 10 cm da borda esquerda. Cole 1 argola no lado esquerdo do quadro e do prisma, e passe o barbante branco para ilustrar a luz branca incidente. Em seguida cole as demais argolas no lado direito do prisma (1 cm de distância entre elas) e do quadro (2, 5 cm de distância entre elas) em distâncias equidistantes. Cole as miçangas nos barbantes coloridos (raios dispersos) de forma a aumentar a distância das miçangas (0,5 cm) proporcionalmente entre os barbantes.

SUPLEMENTO 3: AUTOAVALIAÇÃO

Sobre o seu desempenho nas aulas que foram trabalhadas o tema marque um X na alternativa que mais te representa:

PERGUNTA	SIM, SEMPRE	AS VEZES	NÃO, NUNCA
1 Sei ouvir o professor e presto atenção as explicações			
2 Participo ativamente dos trabalhos em grupo na sala de aula			
3 Quando não entendo um assunto faço uma pergunta ao professor			
4 Respeito a opinião dos outros e tento ajudar meus colegas			
5. Sinto-me a vontade na sala de aula e com meus colegas			

P1) O que é luz?

P2) O que são ondas eletromagnéticas, e quais suas características?

P3) A luz branca não aparece no espectro eletromagnético então como ela é formada?

P4) Qual a diferença entre a reflexão e a refração? Fale sobre as duas.

P5) Qual a relação entre o índice de refração e o desvio da luz?

P6) Como são formados os arco-íris?

P7) O que achou dos materiais táteis utilizados? Permitiram melhorar sua compreensão sobre o conteúdo?

P8) Vocês acreditam que eles são melhores que os materiais puramente visuais, como desenhos e fotografias?
