



JOISILANY SANTOS DOS REIS

**ENSINO DE ONDAS PARA INCLUSÃO DE ALUNOS COM
DEFICIÊNCIA VISUAL OU AUDITIVA**

RIO BRANCO
Setembro - 2021



JOISILANY SANTOS DOS REIS

**ENSINO DE ONDAS PARA INCLUSÃO DE ALUNOS COM
DEFICIÊNCIA VISUAL OU AUDITIVA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação na Universidade Federal do Acre (UFAC) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador (a): Prof. Dra. Bianca Martins Santos

RIO BRANCO
Setembro – 2021

JOISILANY SANTOS DOS REIS

**ENSINO DE ONDAS PARA INCLUSÃO DE ALUNOS COM
DEFICIÊNCIA VISUAL OU AUDITIVA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação na Universidade Federal do Acre (UFAC) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: 06/09/2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Bianca Martins Santos
Orientadora

Prof. Dr. Eduardo de Paula Abreu
Examinador Interno

Prof. Dra. Simone da Graça de Castro Fralha
Examinadora Externa

Prof. Dr. Carlos Henrique Moreira Lima
Suplente

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

R375e Reis, Joisilany Santos dos, 1996- .
Ensino de ondas para inclusão de alunos com deficiência visual ou auditiva /
Joisilany Santos dos Reis. – 2021.
247f. : il. ; 30cm. + Produto Educacional.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Acre. Programa de Pós-Graduação
em Ensino de Física. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Rio
Branco, Acre, 2021.

Orientadora: Profa. Dra. Bianca Martins Santos.
Inclui referências e apêndice.

1. Física - estudo e ensino. 2. Educação inclusiva. 3. Materiais didáticos - adaptação.
4. Ondulatória. I. Santos, Bianca Martins (orientadora) II. Universidade Federal do Acre.
MNPEF. III. Título

CDD: 530

Bbliotecária Kezia Santos CRB-11/508

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, por me sustentar e me capacitar até aqui, Ebenézer (até aqui nós ajudou o Senhor) minha eterna gratidão!

A minha família, em especial aos meus pais e minhas irmãs, por sempre demonstrarem companheirismo, torcendo por minhas conquistas e me estimulando a ter coragem para prosseguir mesmo diante das dificuldades.

Ao meu amado Tio Carlos (*in memoriam*) pelo incentivo aos estudos e pelo amor incondicional, pela força, pelo companheirismo e pela aprendizagem contínua e por mesmo antes de partir acreditar que um dia poderia chegar tão longe, ainda consigo lembrar-me dele ao chamar “minha doutora”, saudades eternas.

AGRADECIMENTOS

“Aqueles que passam por nós não vão sós. Deixam um pouco de si, levam um pouco de nós.”

(Antoine de Saint-Exupéry)

Agradeço a Deus pela oportunidade e por acreditar em minhas escolhas e torná-las possíveis e reais, ao me permitir ingressar no Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física. Por ter trilhado meu caminho e conduzido minha vida durante esses dois anos, por ter me dado à permissão de chegar até aqui, e por toda a força concedida na concretização desse sonho. Além disso, agradeço a Ele por todas as pessoas que cruzaram meu caminho e que estão aqui citadas, todas muitíssimo especiais. Foi um período difícil com momentos tristes, desafiadores e felizes também, entretanto, sua presença me fez persistir e crer que era preciso continuar.

A minha família, em especial aos meus pais Carla Silva dos Santos e Marcos Antônio dos Reis, minhas irmãs: Werislany Santos, Erilany Santos, Debora Santos. Obrigada por ser minha base, por me incentivar e motivar a buscar meus sonhos, por acreditarem em mim; em momentos que nem eu mesmo acreditei (em especial minhas maninhas Eri e Deh), amo vocês!

Aos amigos (as) de fé que sempre me sustentaram por meio de suas orações; ao se lembrarem de mim, suplicando graça e sustento divino nessa fase de mestrado, a vocês minha eterna gratidão. Em especial, agradeço a minha segunda família, ao meu pai de coração e pastor Antônio da Rocha e Maria José por sempre me acolherem tão bem, me aconselhando e orientando em meio aos momentos de ansiedade.

Às minhas irmãs de fé e por escolha: Débora Montenegro e Adriellen Montenegro as quais apesar da distância, acreditaram em meus esforços, me proporcionando momentos de descontração.

A minha querida e amada Lídia Andrade por suas sábias palavras e por sempre estar presente apesar da distância física. Gratidão por me ouvir e aconselhar quando a carga estava muito pesada, obrigada ainda por permitir compartilhá-la com você.

A minha amiga, companheira de faculdade e parceira de lutas de mestrado, amizade que levarei por toda a vida, Victoria Cristina Oliveira, que mesmo residindo em outro Estado, sempre dividiu as lutas diárias do árduo percurso de formação, incentivando e apoiando.

Obrigada por mesmo distante conseguir estar presente, tenho orgulho de você, estou na torcida para que em breve estejamos juntas como mestres (Amém Jesus!).

À minha orientadora Dr^a Bianca Martins Santos, pela dedicação e inspiração, por sempre me incetivos proferindo a todo o momento: “vai dar certo”, grata pelo excelente trabalho como orientadora, por suas intervenções tão necessárias para meu amadurecimento e evolução como profissional da educação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) que fomenta ações no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). À Universidade Federal do Acre (UFAC). Aos docentes do MNPEF, Polo 59, obrigada por compartilharem conhecimento e vivências, que certamente auxiliaram no caminho deste mestrado.

Meu agradecimento especial à aluna Deficiente Visual a qual se dispôs a participar do estudo e a mediadora que atuou de forma proativa para que ocorresse com êxito, contribuindo com os resultados positivos dessa dissertação e, aos alunos do Curso de Licenciatura de Física da Universidade Federal do Acre (UFAC), Igualmente meu reconhecimento ao Marcos Samuel Lima Carneiro pelo excelente trabalho desenvolvido nas edições dos materiais que fizeram parte do Produto e sua família, em especial à Kívia Carneiro, minha parceira nos momentos de descontração, tão relevantes em meio a este percurso exaustivo de formação.

Enfim, gratidão a todos que diretamente ou indiretamente me ajudaram a chegar nessa etapa final, é com imensa alegria que compartilho esse trabalho, obrigada a todos!

“Portanto dele, por Ele e para Ele são todas as coisas. A Ele seja a glória perpetuamente! Amém”.

Romanos 11:36

“Deus é grande, grande é o seu poder e infinita a sua sabedoria. Louvai-o, céu e terra, sol, lua e as estrelas com sua própria linguagem. Meu Senhor e meu Criador! A magnificência de tuas obras que eu quero anunciar aos homens na medida em que a minha inteligência limitada possa compreender.”

Johannes Kepler

RESUMO

O presente trabalho visa compartilhar um relato de experiência didática sobre a temática de ondas para a inclusão de deficientes: visual e auditivo, a partir da aplicação de recursos que viabilizem a inclusão e interação dos indivíduos participantes da aula, de forma a colaborar com o ensino e a aprendizagem de todos os estudantes, na perspectiva da reflexão sobre a problemática de inclusão de alunos com deficiência em aulas de Física. A proposta de ensino foi aplicada em uma escola de rede pública de Rio Branco/AC, com o público alvo os estudantes do segundo ano do Novo Ensino Médio, para tal finalidade foi desenvolvido um Produto Educacional, com orientações para a aplicação de uma Sequência Didática (SD), porém com a pandemia ocasionada pelo Covid-19 foi apenas possível aplicar com uma aluna DV em sua residência. Contudo a proposta também foi aplicada de forma remota para uma turma de graduandos em física da Universidade Federal do Acre (UFAC), de maneira a instigar os futuros docentes a refletirem sobre a inclusão em aulas de física, salienta-se que a aula teve a participação de uma aluna cega do curso de pedagogia da UFAC. Como estratégias para alcançar os objetivos do trabalho, utilizou-se: Audiodescrição, maquetes táteis visuais e imagens em alto relevo, vídeo com audiodescrição e Libras, e brinquedo, a maioria dos recursos foram elaborados com materiais de baixo custo. A pesquisa buscou verificar como uma SD utilizando recursos adaptados pode facilitar o processo de inclusão de alunos com deficiência em aulas de Física, de forma a viabilizar o ensino de ondas. Adotou-se como metodologia do trabalho, a pesquisa qualitativa descritiva, e o relato de experiência com base no estudo de caso. A proposta oferece recursos pedagógicos para que o docente seja capaz de atender às diferenças; de modo a promover a acessibilidade para os estudantes com e sem deficiência, de maneira que nenhum aluno sintam-se excluído da aula, para promover uma real inclusão. Evidenciou-se que a proposta foi satisfatória, promovendo a inclusão e interação social, além disso, o produto educacional pode ser reutilizado de forma adaptada aos novos desafios encontrados pelo professor, frente à diversidade em uma sala de aula. Descarte vale a reflexão dos desafios de promover de fato a inclusão em aulas de física. É essencial o diálogo e preparação para isso, portanto estimula-se o docente fazer uso dessa proposta e modificá-la conforme as necessidades da turma; pois o produto demonstrou ser potencialmente útil para o uso, beneficiando dessa maneira todos os estudantes da turma de física, sem distinção. Portanto é de suma importância a elaboração de metodologia alternativa para impulsionar a inserção de alunos com especificações nas aulas, além do diálogo sobre o processo de inclusão de forma a melhorar o atual cenário educacional.

Palavras-chave: Ensino de Física inclusivo; Adaptação de materiais didáticos; Ondulatória; Deficiente Visual; Audiodescrição.

ABSTRACT

The present paper aims to share a didactic experience report on the theme of waves for the inclusion of the disabled: visual and auditory, from the application of resources that enable the inclusion and interaction of individuals participating in the class, in order to collaborate with teaching and the learning of all students, from the perspective of reflection on the issue of inclusion of students with disabilities in Physics classes. The teaching proposal was applied in a public school in Rio Branco/AC, with the target audience of students from the second year of the New High School. For this purpose, an Educational Product was developed, with guidelines for the application of a Didactic Sequence (SD), but with the pandemic caused by Covid-19, it was only possible to apply it with a DV student in her home. However, the proposal was also applied remotely to a group of undergraduate physics students at the Federal University of Acre (UFAC), in order to instigate future teachers to reflect on inclusion in physics classes, it should be noted that the class was attended by a blind student from the UFAC pedagogy course. How strategies to achieve the objectives of the work, we used: Audio description, tactile-visual models and embossed images, video with audio description and sounds, and toys, most of the resources were elaborated with low-cost materials. The research sought to verify how a DS using adapted resources can facilitate the process of including students with disabilities in Physics classes, so as to enable the teaching of waves. It was adopted as work methodology, descriptive qualitative research, and the experience report based on the case study. The proposal offers pedagogical resources so that the teacher is able to meet the differences; in order to promote accessibility for students with and without disabilities, so that no student feels excluded from the class, to promote real inclusion. It was evident that the proposal was satisfactory, promoting inclusion and social interaction, in addition, the educational product can be reused in an adapted way to the new challenges faced by the teacher, given the diversity in a classroom. Therefore, it is worth reflecting on the challenges of promoting indeed inclusion in physics classes. Dialogue and preparation for this is essential, so the teacher is encouraged to make use of this proposal and modify it according to the needs of the class; as the product proved to be potentially useful for use, thus benefiting all students in the physics class, without distinction. Therefore, it is extremely important to develop an alternative methodology to boost the inclusion of students with specifications in classes, as well as dialogue about the inclusion process in order to improve the current educational scenario.

Keywords: Inclusive Physics Teaching; Adaptation of teaching materials; Wave; Visually Impaired; Audio description.

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1: Revisão bibliográfica Deficiente Visual (DV) no ensino de Ciências. | 67 |
| Quadro 2: Revisão bibliográfica sobre o ensino para deficiente auditivo (DA) em ciências... | 72 |
| Quadro 3: Descrição das etapas envolvidas na metodologia da pesquisa | 83 |
| Quadro 4: Etapas da Sequência Didática proposta..... | 86 |
| Quadro 5: Roteiro para Roda de Conversa..... | 89 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Um pulso longitudinal ao longo de uma mola esticada | 6 |
| Figura 2: Onda transversal..... | 6 |
| Figura 3: Onda unidimensional | 7 |
| Figura 4: Onda bidimensional | 7 |
| Figura 5: Onda tridimensional..... | 7 |
| Figura 6: Um pulso unidimensional deslocando-se para a direita numa corda com velocidade v | 8 |
| Figura 7: Uma onda senoidal unidimensional movendo-se para a direita com uma velocidade v | 9 |
| Figura 8: Configuração das forças para dedução da equação da onda. | 10 |
| Figura 9: Elementos de uma onda. | 12 |
| Figura 10: A reflexão de um pulso se movendo na extremidade fixa de uma corda esticada.. | 14 |
| Figura 11: A reflexão de um pulso se movendo na extremidade livre de uma corda esticada. | 15 |
| Figura 12: Frentes de onda | 16 |
| Figura 13: Exemplos de frente de ondas. (a) Fonte pontual, para quais as ondas se espalham radialmente para fora em três dimensões. (b) Muito longe de fontes pontuais, os ângulos entre os “raios” tornam-se muito pequenos atingindo o limite de “raios paralelos” (c) Fonte pontual, para qual as ondas se espalham radialmente para fora em duas dimensões. | 16 |
| Figura 14: Princípio de Huygens | 17 |
| Figura 15: Lei da Reflexão | 17 |
| Figura 16: Lei da Reflexão | 19 |
| Figura 17: Reflexão em uma onda plana | 19 |
| Figura 18: Reflexão e refração em cordas interligadas e de densidades diferentes. A primeira situação mostra um pulso se movendo para a direita em uma corda leve que se aproxima da junção com uma corda mais pesada. A segunda situação após o pulso atingir a junção | 20 |
| Figura 19: Reflexão e refração em cordas interligadas e de densidades diferentes. (a) Um pulso se movendo para a direita em uma corda pesada se aproxima da junção com uma corda mais leve. (b) Após o pulso atingir a junção | 21 |
| Figura 20: Refração em ondas retas (planas)..... | 23 |
| Figura 21: Esquema para dedução da Lei de Snell a partir da refração em ondas retas (planas). | 24 |

| | |
|--|-----|
| Figura 22: Refração em meios com índices de refração diferentes: $n_1 < n_2$ (esquerda) e $n_1 > n_2$ (direita). | 25 |
| Figura 23: Dois pulsos se propagando em sentidos opostos em uma corda esticada, com os pulsos (a) não invertidos e (b) em sentidos invertidos | 26 |
| Figura 24: Interferência (a) construtiva e (b) destrutiva..... | 27 |
| Figura 25: Interferência e ondas circulares..... | 29 |
| Figura 26: Experimento de Young | 30 |
| Figura 27: Representação de raios de luz passando por uma fenda dupla | 30 |
| Figura 28: Esquema do fenômeno de (a) Difração. (b) o princípio de Huygens para o fenômeno | 33 |
| Figura 29: Exemplo da luz como uma onda transversal..... | 35 |
| Figura 30: À direita passagens polarizadas, à esquerda passagens não polarizadas | 37 |
| Figura 31: Maquete tátil-visual do movimento do pêndulo | 50 |
| Figura 32: Utilização da Maquete Oscilações com uma estudante DV de uma escola estadual de Rio Branco/AC. | 92 |
| Figura 33: Momentos da aula presencial com a estudante DV de uma escola estadual de Rio Branco/AC, usando a mola maluca. | 93 |
| Figura 34: Momentos da aula presencial com a estudante DV de uma escola estadual de Rio Branco/AC, usando a mola maluca | 94 |
| Figura 35: Representação do fenômeno de refração em alto relevo para a aluna DV | 94 |
| Figura 36: Representação do fenômeno de difração em alto relevo para a aluna DV | 94 |
| Figura 37: Aula on-line com acadêmicos da Licenciatura em Física da UFAC | 102 |
| Figura 38: Trecho da aula on-line em que foi exibido o vídeo com audiodescrição e Libras | 103 |
| Figura 39: Trecho da aula on-line em que foi realizada a Roda de Conversa..... | 109 |
| Figura 40: Trecho da aula on-line em que foi exibido fotos da aplicação da aula de forma presencial na casa de uma aluna DV do Ensino Médio, de uma escola pública de Rio Branco/AC..... | 113 |
| Figura 41: Alunos matriculados no nível superior com algum tipo de especificação..... | 115 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| INTRODUÇÃO..... | 1 |
| CAPÍTULO 1: ONDAS | 4 |
| 1.1 Conceitos fundamentais sobre ondas..... | 4 |
| 1.2 Fenômenos ondulatórios abordados | 14 |
| 1.2.1 Reflexão..... | 14 |
| 1.2.2 Refração..... | 20 |
| 1.2.3 Interferência..... | 26 |
| 1.2.4 Difração | 32 |
| 1.2.5 Polarização..... | 34 |
| 1.3 Limitações no ensino de ondas para deficientes visuais e surdos | 37 |
| 1.4 ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO DOS CONCEITOS..... | 48 |
| CAPÍTULO 2: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 55 |
| 2.1 INCLUSÃO DE DEFICIENTES VISUAIS E AUDITIVOS NA EDUCAÇÃO BÁSICA | 55 |
| 2.1.1 Contexto Legal da Educação Inclusiva | 57 |
| 2.2 Contribuições de Vygotsky para o ensino de deficientes | 61 |
| 2.3 Adaptação de materiais pedagógicos..... | 64 |
| 2.4 Ensino de ciências para deficientes visuais | 66 |
| 2.5 Ensino de ciências para deficientes auditivos | 71 |
| CAPÍTULO 3: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS | 79 |
| 3.1 Delineamento do trabalho..... | 79 |
| 3.2 SUJEITOS DA PESQUISA | 85 |
| 3.3 Aula ministrada: aplicação do produto educacional..... | 86 |
| CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 91 |
| 4.1 Aplicação da Sequência Didática presencial com uma estudante DV do EM de uma escola pública de Rio Branco | 91 |
| 4.2 Resultados sobre a aula remota com acadêmicos da licenciatura em física..... | 102 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 121 |
| REFERÊNCIAS | 125 |
| APÊNDICE – PRODUTO EDUCACIONAL..... | 138 |

INTRODUÇÃO

A princípio cumpre registrar que existe uma grande preocupação por parte dos docentes da disciplina de Física por uma metodologia de ensino a qual possa correlacioná-la a vida cotidiana dos alunos. Considerando tais pressupostos, o ensino de Física Moderna (FM) no Ensino Médio (EM) tem sido cada vez mais incentivado (SCARINCI; MARINELI, 2014) tendo em vista que a mesma encontra-se diretamente associada aos avanços tecnológicos da sociedade. Insta pontuar que, para o ensino de Física Moderna, torna-se imprescindível o ensino dos conceitos que envolvem a Ondulatória, dependendo do tipo de fenômenos que se pretende estudar, contudo tal assunto não é geralmente tratado adequadamente em aulas de Física.

Dado o exposto, o conceito de ondulatória, foi escolhido como tema para o desenvolvimento deste estudo dissertativo, considerando que o mesmo encontra-se presente na rotina das pessoas, tais como, ao conectar-se ao sinal de Wi-Fi, o processo de ouvir e falar, entre outros. Além disso, diante das especificidades e perspectivas deste ramo da Física vislumbrou-se levantar outra questão de relevância social, a inclusão em sala de aula. Destarte a pesquisa buscou coletar informações no sentido de responder ao seguinte problema; como ensinar ondulatória de forma a incluir estudantes com Deficiência Visual (DV) e/ou Deficiência Auditiva (DA), nas aulas de Física em turmas de Ensino Regular?

A pesquisa justifica-se por compreender que os fenômenos da Natureza tem ligação direta com os órgãos dos sentidos, onde estes são ferramentas que possibilitam o entendimento do mundo que nos cerca. Sendo assim, a ausência de alguma dessas sensibilidades, ocasionadas por algum problema nos órgãos do sistema sensorial, faz com o organismo reaja de maneira a adaptar-se e deste modo notá-lo de forma diferenciada (DICKMAN; FERREIRA, 2008).

Destarte, é sob a ótica do respeito às diferenças que este trabalho se insere, incentivando a inclusão por parte dos docentes, tendo em vista que este processo no âmbito escolar é garantido pela Lei nº 13.146/2015, também conhecida como a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência ou ainda, como Estatuto da Pessoa com Deficiência. Deste modo, para que esta ação se torne uma realidade em um contexto escolar, torna-se necessário que os docentes se conscientizem da relevância deste ato, desenvolvendo competências e habilidades no sentido de reconhecer as singularidades dos processos de

ensino e aprendizagem de cada um de seus discentes, para a identificação de recursos pedagógicos que venham a garantir de fato o direito à escolarização destes estudantes portadores de necessidades educativas especiais.

Entre os objetivos da pesquisa tem-se o de elaborar uma Sequência Didática (SD) que proporcione a interação de estudantes com Deficiência Visual ou Deficiência Auditiva, com a intenção de possibilitar a inclusão destes em aulas de Física. Além disso, tem-se o propósito de aplicar este produto em duas situações distintas e relatar as correspondentes experiências como projeto piloto. Inicialmente submetemos a testagem uma estudante Deficiente Visual de uma escola de Ensino Regular da rede pública de Rio Branco/AC, em sua residência e, em um segundo momento alunos do curso de curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Acre (UFAC), sendo a dinâmica foi aplicada no formato de aula remota on-line devido ao cenário pandêmico do referido ano, o que fez com as aulas presenciais fossem suspensas durante o primeiro semestre de 2020.

O estudo encontra-se estruturado da seguinte forma: o primeiro capítulo aborda os conceitos principais da temática ondulatória, bem como os fenômenos ondulatórios, tais como: reflexão, refração, interferência, difração, e polarização. Ainda neste capítulo serão discutidas as limitações que tais temas podem gerar para a compreensão por parte dos alunos com deficiência, com o propósito de não somente trazer a problemática para o centro da investigação, como também oportunizar ideias de como se ultrapassar as limitações apresentadas. Ao final, são traçadas estratégias para o ensino dos principais conceitos de ondas a alunos com deficiência.

No segundo capítulo estuda-se a inclusão de estudantes com Deficiência Visual e Deficiência Auditiva na educação básica; as políticas públicas e as legislações vigentes que versam sobre a inclusão; assim como as possibilidades para o ensino de ciência para Deficientes Visuais e Deficientes Auditivos. Além disso, realizou-se um levantamento bibliográfico sobre tais questões de forma a colaborar com a presente investigação. É utilizado como referencial teórico de ensino Vygotsky, no qual é apresentado as suas contribuições para o ensino de alunos com deficiência, fez-se também uma pesquisa bibliográfica sobre adaptações de recursos didáticos para ajudar na confecção das ferramentas que são utilizadas na SD, como forma de inteirar-se do assunto e vislumbrar os melhores materiais para construção dos recursos.

No terceiro capítulo apresenta-se o percurso metodológico empregado para o levantamento de dados, destacando os instrumentos que foram utilizados para a investigação, o perfil dos indivíduos participantes, bem como os objetivos gerais e específicos. Ainda no capítulo tem-se a descrição de como se deu a aplicação da SD, detalhando os recursos adaptados elaborados para a aplicação da mesma. Neste mesmo capítulo são expostas sugestões para o uso dos recursos educacionais, os quais podem promover a inclusão em sala de aula, tais como: maquete tátil-visual, imagens em alto relevo e áudio descritas.

A título de esclarecimento, buscou-se elaborar uma SD com a finalidade de envolver os alunos com deficiência e sem deficiência nas aulas para que estes possam participar proativamente, a qual se encontra detalhada no Produto Educacional localizado no Apêndice A, documento este que traz as explicações necessárias para a aplicação de cada etapa da SD, além das ferramentas utilizadas para a inclusão; bem como as instruções gerais de como cada recurso é preparado.

Na sequência, no quarto capítulo apresenta-se a discussão dos resultados obtidos nos dois momentos de aplicação da SD, a saber: os resultados sobre a aplicação da sequência didática presencialmente com uma estudante DV do ensino médio de uma escola pública de Rio Branco/AC e sobre a aula remota com acadêmicos da Licenciatura em Física. Os dados colhidos durante as aulas envolvem observações diretas, interações com os indivíduos participantes, rodas de conversa e entrevistas, sendo estas ferramentas empregadas para avaliação da proposta de ensino do presente trabalho, tendo como finalidade promover uma reflexão sobre as análises dos dados baseados nas informações fundamentadas pelos capítulos anteriores, além de considerações acerca da relevância da SD para a inclusão de estudantes com deficiência objetivando incentivar e propiciar discussões sobre a importância de se desenvolver ações de ensino que contemplem todos os alunos em suas especificidades.

CAPÍTULO 1: ONDAS

O presente capítulo tem como finalidade apresentar conceitos físicos referentes a ondas, para isso, este foi dividido em quatro seções para melhor organização do texto. Deste modo, a primeira subseção apresenta “Conceitos fundamentais sobre ondas”; a segunda: “Fenômenos ondulatórios abordados”; a terceira: “Limitações no ensino de ondas para deficientes visuais e surdos”; e ao final: “Estratégias para o ensino dos conceitos”.

1.1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS SOBRE ONDAS

Inicialmente, vale relatar que, o movimento das ondas do mar, os movimentos oscilatórios como o pêndulo de um relógio, o som de um instrumento, a voz chegando até os ouvidos, o funcionamento de eletrodomésticos como o forno micro-ondas, a possibilidade do uso do sinal de Wi-Fi dentro de casa, a iluminação viabilizada por lâmpadas, a luz do Sol a qual se mostra de suma importância para a vida na Terra, entre outros exemplos relacionam-se um tema abordado na Física.

Analisando tais constatações, surge o seguinte questionamento: qual a relação destes aspectos entre si? A resposta é: todos estes pontos além de se encontrarem presentes no cotidiano de todos os indivíduos tem relação direta com o tema: ondulatória, como são percebidos os fenômenos ondulatórios e sua relação direta com a vida humana.

É de conhecimento geral o fato de que a física básica do ensino médio se divide em algumas áreas principais, sendo elas: Mecânica, Termodinâmica, Ondulatória, Eletromagnetismo e Física Moderna, sendo que dentre elas, uma parte da ondulatória foi adotada como tema principal deste estudo dissertativo. Cumpre ressaltar que, existem variedades de fenômenos ondulatórios presentes na vida cotidiana de todas as pessoas, contudo torna-se pontual questionar: o que de fato a ondulatória estuda? O que essa temática tem de tão relevante para a vida humana? Considerando tais pressupostos, para responder a tais questionamentos, objetiva-se nesta subseção elucidar os conceitos principais deste ramo da Física.

No concernente a ondulatória, esta é o ramo da física que tem como objeto de estudo as ondas, ou seja, é responsável pela caracterização e descrição das propriedades dos movimentos ondulatórios. Entende-se por ondas, qualquer agitação ocasionada em um

determinado espaço de tempo, onde não ocorre transporte de matéria, somente de energia. Nussenzveig (2014) complementa essa concepção revelando que onda é qualquer sinal que se transmite de um ponto a outro de um meio, com velocidade definida. Portanto, compreende-se que o movimento ondulatório em essência faz alusão a transferência de uma perturbação através do espaço sem o acompanhamento do transporte de matéria, somente há transferência de energia, logo se entende as ondas como meios de transferência de energia (SERWAY; JEWETT, 2014).

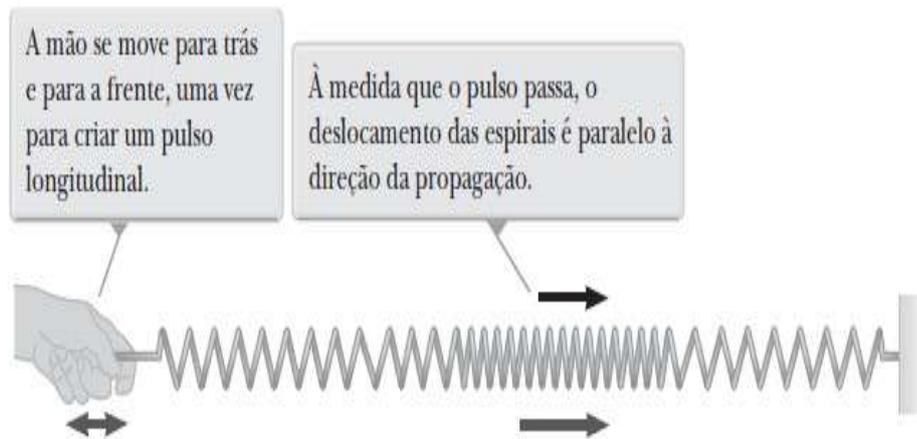
Salienta-se que existem três classificações distintas em que as ondas podem se enquadrar: quanto a sua natureza, conforme a forma assumida da onda, quanto à direção da vibração das ondas e quanto à direção de propagação. Em relação à natureza, as ondas podem ser divididas em dois tipos principais: ondas mecânicas, ondas eletromagnéticas (HALLIDAY et. al., 2012).

Tem-se por **ondas mecânicas** como aquelas que se propagam somente por um meio material se difundindo, envolvendo o transporte de energia cinética e potencial e, dependendo da elasticidade do meio. São exemplos de ondas mecânicas: ondas sonoras (som), pulsos em cordas de um violão e das ondas que se propagam nos líquidos (ondas do mar) Insta registrar que estas se encontram mais presentes no cotidiano das pessoas logo são mais familiares.

Por ondas **eletromagnéticas** consideram-se aquelas que são ocasionadas por cargas elétricas oscilantes, sendo que a propagação das mesmas não depende necessariamente da existência de um meio, podendo se difundir se no vácuo e em determinados meios materiais. Alguns exemplos deste tipo de onda são: a luz visível, as ondas de rádio e de televisão, de radar, os raios x e as micro-ondas. Este tipo de onda contém um campo elétrico e um campo magnético que apresentam intensidades oscilantes, por isso o termo onda eletromagnética.

Quanto à direção de vibração as ondas podem ser classificadas como longitudinais ou transversais. A onda longitudinal é aquela cuja perturbação é transmitida pela onda (compressão e rarefação) tendo lugar ao longo da direção de propagação da onda, (NUSSENZVEIG, 2014), ou seja, são ondas causadas por vibrações com mesma direção da propagação. As ondas sonoras na atmosfera, um pulso propagando-se em uma mola são exemplos de ondas longitudinais, conforme exposto pela figura 1:

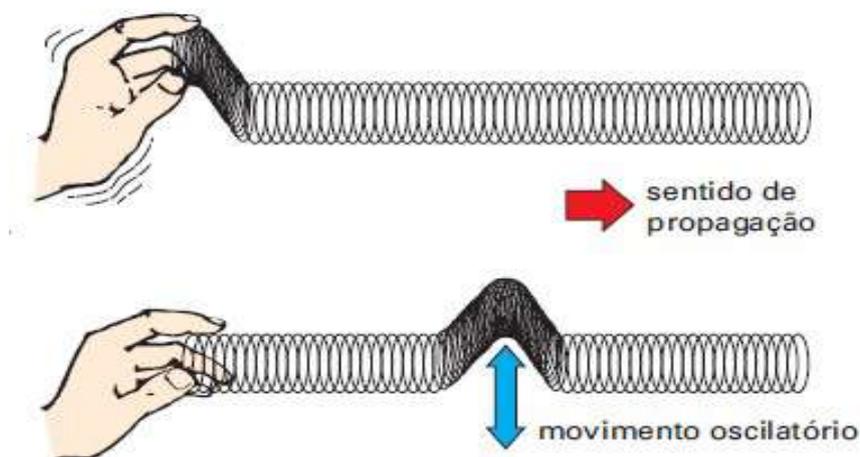
Figura 1: Um pulso longitudinal ao longo de uma mola esticada



Fonte: Serway; Jewett (2014, p. 30).

A **onda transversal** é aquela em que a direção de propagação da energia (onda) é perpendicular à direção de vibração dos pontos do meio, ou seja, o movimento propaga-se na direção y , perpendicular à de propagação da onda em x conforme retratado na figura 2. Convém evidenciar que ondas eletromagnéticas, ondas de instrumentos musicais de cordas, ondas sísmicas (que se propagam no interior da Terra,) são exemplos de ondas transversais.

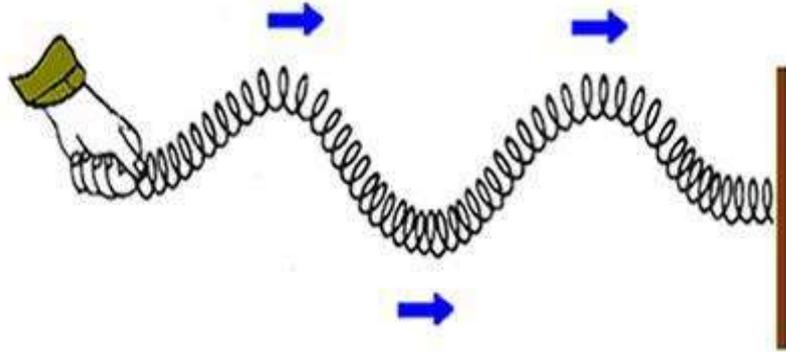
Figura 2: Onda transversal



Fonte: Gaspar (2013, p. 14).

Por fim, tem-se a classificação das ondas em relação ao número de dimensões da propagação de energia, podendo ser classificadas como unidimensionais bidimensionais ou tridimensionais. Em relação às **ondas unidimensionais**, a energia propaga-se linearmente, ou seja, apenas em uma direção como exemplo na mola (Figura 3), que é um meio unidimensional.

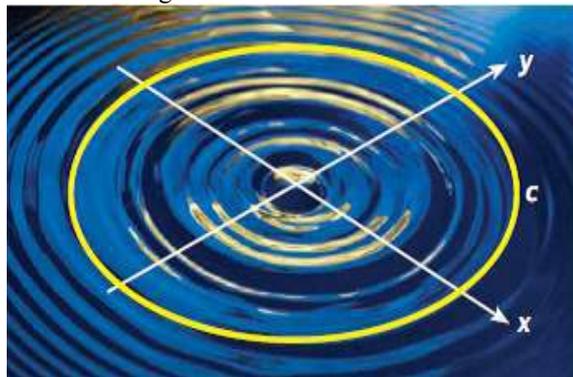
Figura 3: Onda unidimensional



Fonte: <https://static.mundoeducacao.bol.uol.com.br/mundoeducacao/conteudo/onda-transversal.jpg>.

Nas **ondas bidimensionais** a energia propaga-se superficialmente, como na superfície da água, que é um meio bidimensional de acordo com o retratado pela figura 4:

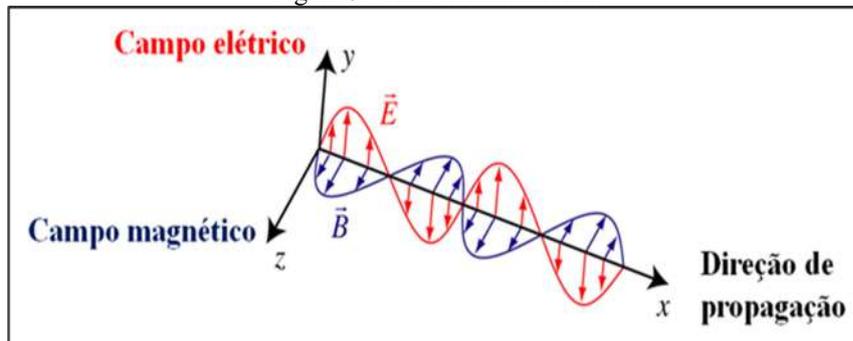
Figura 4: Onda bidimensional



Fonte: Gaspar (2013, p. 14).

E por fim, têm-se as **ondas tridimensionais** nas quais a energia propaga-se no espaço, que é um meio tridimensional, como as ondas sonoras e as ondas luminosas (eletromagnéticas) de acordo com o apresentado pela figura 5:

Figura 5: Onda tridimensional.



Fonte: Adaptado de Bauer et. (2012b).

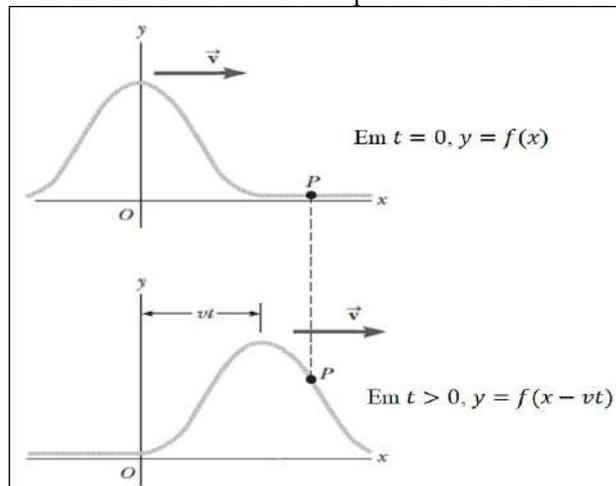
Como visto, até o momento foi apresentada uma representação gráfica de uma onda se deslocando, no entanto, faz-se necessário fornecer uma representação matemática da propagação de um pulso. Para analisar uma onda em uma corda (e o movimento de qualquer elemento da corda), precisa-se de uma função que forneça a forma da onda, ou melhor, a variação da posição de cada trecho da onda em relação ao espaço e tempo. Tal função é dada por Eq. (1).

$$y(x, t) = f(x, t)$$

Eq. 1

Essa função descreve a posição vertical y do elemento da corda localizada em cada valor de x , para o tempo t , ou seja, dar-nos a forma do pulso em qualquer tempo. Na representação da Figura 6 adotou-se um modelo simplificado, onde a forma do pulso não varia com o tempo, logo a forma da onda é a mesma em todos os instantes t , isso implica também que um elemento na corda em x tem a mesma posição y que um elemento localizado em $x - v \cdot t$.

Figura 6: Um pulso unidimensional deslocando-se para a direita numa corda com velocidade v .



Fonte: Serway; Jewett (2014, p. 31).

Pode-se caracterizar de maneira geral a posição y para todos os valores x e t , sendo que estes ao serem mensurados através de uma estrutura estacionária com origem no ponto fixo O (Figura 6), tem-se um pulso movimentando-se para a direita, conforme a Eq. (2):

$$y(x, t) = f(x - v \cdot t)$$

Eq. 2

Considerando que o pulso se desloca para a esquerda, a posição de um elemento na corda é descrita pela Eq. (3).

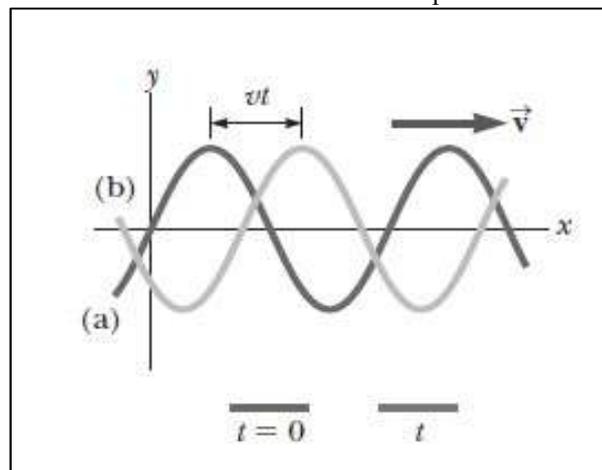
$$y(x, t) = f(x + v \cdot t)$$

Eq. 3

Constata-se que a função está sujeita às duas variáveis x e t , geralmente é descrita por $y(x, t)$, lida como “ y como função de x e t ”. É fundamental compreender o significado de y , considerando que o ponto P na corda (Figura 6 - Parte de cima), equivale a um valor específico em sua coordenada x . Em seguida, o pulso passa por P (Figura 6 - Parte de baixo), na qual a coordenada y do ponto aumenta, atinge o máximo e, então, diminui para zero. Assim, a função de onda $y(x, t)$ representa a posição y de qualquer elemento da corda localizado na posição x em qualquer instante t (SERWAY; JEWETT, 2014).

A função da onda pode ser representada por uma função seno ou cosseno, pois ambas apresentam a mesma forma para uma onda. Deste modo, esse tipo de onda pode ser estabelecido em uma corda, conforme a Figura 7, que exibe uma agitação para cima e para baixo em um Movimento Harmônico Simples (MHS).

Figura 7: Uma onda senoidal unidimensional movendo-se para a direita com uma velocidade v



Fonte: Serway; Jewett (2014, p. 32),

*Nota: A curva (a) representa a fotografia de uma onda em $t = 0$, e a(b), a fotografia de algum tempo t depois.

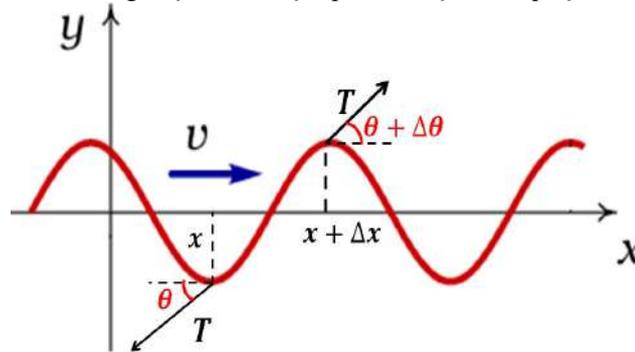
A onda senoidal é o exemplo mais simples de uma onda periódica contínua, assim, para $t = 0$, tem-se a Eq. (4):

$$y(x, t = 0) = A \times \text{sen}(kx)$$

Eq. 4

A seguir é apresentada a dedução da equação da onda (Eq. 4) a partir da propagação de uma onda em uma corda. Para isso, algumas considerações serão adotadas, com base na Figura 8. (1) Considere uma corda vibrante com deslocamento pequeno somente na direção y; (2) A Tensão T na corda é considerada grande de forma que podemos desprezar a força gravitacional; (3) A corda não oferece resistência às dobras; e (4) A massa da corda em um Δx é: $\Delta m = \mu \Delta x$.

Figura 8: Configuração das forças para dedução da equação da onda.



Fonte: Vilatte (2004).

O somatório de forças em x é dado pela Eq. (5),

$$F_x = T \cos(\theta + \Delta\theta) - T \cos(\theta) = 0 \rightarrow \cos(\theta + \Delta\theta) = \cos(\theta)$$

Eq. 5

E o somatório de forças em y é dado pela Eq. (6),

$$F_y = T \sin(\theta + \Delta\theta) - T \sin(\theta) = \Delta m a = \mu \Delta x \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

Eq. 6

Dividindo a Eq. (6) para F_y por: T e por $\cos(\theta + \Delta\theta) = \cos(\theta)$, Eq. (5), encontra-se:

$$\frac{\sin(\theta + \Delta\theta)}{\cos(\theta + \Delta\theta)} - \frac{\sin(\theta)}{\cos(\theta)} = \frac{\mu \Delta x}{T \cos(\theta)} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \rightarrow \frac{\tan(\theta + \Delta\theta) - \tan(\theta)}{\Delta x} = \frac{\mu}{T \cos(\theta)} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

Eq. 7

Utilizando a interpretação de derivada como a inclinação da reta tangente em certo ponto, tem-se a relação:

$$\left\{ \tan(\theta) = \frac{\partial y}{\partial x} \text{ em } x \quad \tan(\theta + \Delta\theta) = \frac{\partial y}{\partial x} \text{ em } x + \Delta x \right.$$

Eq. 8

Usando este resultado (Eq. 8) na expressão (7), obtém-se:

$$\frac{\frac{\partial y}{\partial x}(x + \Delta x) - \frac{\partial y}{\partial x}(x)}{\Delta x} = \frac{\mu}{T \cos(\theta)} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

Eq. 9

Para $\Delta x \rightarrow 0$ e θ pequeno, pode reescrever a expressão como:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{\mu}{T} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \rightarrow \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0$$

Eq. 10

Onde a velocidade de propagação da onda é tomada como:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Eq. 11

em função da densidade linear de massa μ e a tensão T da corda. As unidades para cada grandeza envolvidas são: v = velocidade [m/s]; T = força de tração [N]; e μ = densidade linear [kg/m].

A solução da equação diferencial de segunda ordem no tempo e espaço (Eq. 10) produz uma função solução que dependente de x e t , da forma:

$$y(x, t) = A \sin(kx - \omega t + \varphi)$$

Eq. 12

Onde A é a amplitude; $kx - \omega t + \varphi$ é a fase da onda (o argumento da função seno); $k = k = 2\pi/\lambda$ é o número de onda angular (unidade no SI: rad/m): número de vezes que uma onda atinge a mesma fase por unidade de distância de propagação; $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = kv$ é a frequência angular; x é a posição; t é o tempo; e φ é a fase inicial. Algumas destas relações são demonstradas mais à frente.

A dedução apresentada aqui partiu do problema inicial de uma onda se propagando para direita, entretanto o cálculo poderia ser feito a partir das informações iniciais de uma onda se propagando para esquerda. De forma resumida tem-se a relação:

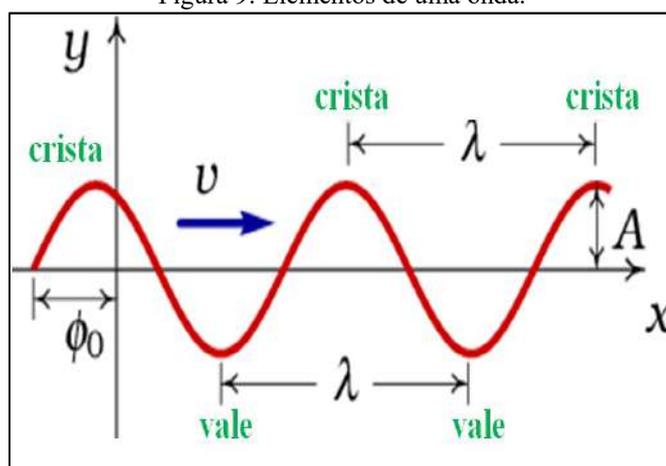
$$y(x, t) = \begin{cases} A \sin(kx - \omega t + \varphi) & \text{para onda se movendo para "direita"} \\ A \sin(kx + \omega t + \varphi) & \text{para onda se movendo para "esquerda"} \end{cases}$$

Eq. 13

Para $t = 0$ e a fase inicial igual à zero, obtêm-se a Eq. (4). Observa-se que a diferença entre as equações (4) e (12) é o argumento do seno que inclui a variação linear com o tempo t para $\varphi = 0$. Por ser uma função seno, a onda irá se repetir quando o ângulo (ou argumento) aumentar após $2\pi \text{ rad}$ ou ainda $k\lambda = 2\pi$, onde **k é número de ondas**, a unidade no SI para esse parâmetro é radiano por metro (rad/m), ou m^{-1} , para obter o número de ondas a sentença é dado por $k = \frac{2\pi}{\lambda}$.

A seguir são apresentadas as principais características e representações matemáticas do modelo de análise de uma **onda progressiva** (Figura 9), que são ondas que se propagam de um lugar para outro como um todo sem modificar sua forma, com velocidade v (NUSSENZVEIG, 2014). Tais ondas são usadas como modelo em situações onde não se verifica interação com outras ondas.

Figura 9: Elementos de uma onda.



Fonte: Villate (2004).

A função seno ou cosseno é caracterizada por três parâmetros: a amplitude (A), o comprimento de onda (λ) e a fase inicial(ϕ). Na sequência serão discutidos cada um destes elementos que descrevem qualquer onda. A saber:

O comprimento de onda (λ) é representado pela letra grega lambda (λ) e, equivale à distância mínima entre dois pontos iguais em ondas adjacentes (Figura 9), podendo ser a distância entre dois pontos mais baixos, denominados vales da onda, ou ainda a distância entre os dois pontos mais altos da onda, chamados de crista da onda (SERWAY; JEWETT, 2014).

Ao contar o número de segundos entre a chegada de duas cristas próximas em dado ponto no espaço, obtém--se o **período** das ondas, representado pela letra **T**. Em outras

palavras o intervalo de tempo necessário para realizar exatamente uma oscilação, é similar ao período da onda. Matematicamente este se encontra relacionado com a **frequência** (f). De maneira geral, a frequência de uma onda periódica é dada pelo o número de cristas (ou vales ou qualquer outro ponto na curva) em um determinado intervalo de tempo, podendo-se afirmar que a frequência é o inverso do período, na qual também está correlacionada a frequência angular (ω), dado pela Eq. (14).

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

Eq. 14

As unidades do Sistema Internacional de medidas (SI) do período é o segundos (s), e da frequência é hertz (Hz), que equivale ao inverso de segundo (s^{-1}). Vale ressaltar que a frequência da onda depende exclusivamente da fonte que gerou a onda. Na figura 9, pode-se verificar a posição máxima de um elemento em comparação a sua posição de equilíbrio, denominado **amplitude**, representada pela letra **A**. Logo a amplitude de uma onda é o módulo do deslocamento máximo sofrido pelos elementos a partir da posição de equilíbrio quando a onda passa por eles (HALLIDAY et. al., 2012). Sublinhe-se que o módulo sempre será positivo, independente se é mensurado para baixo ou para cima na onda.

Ainda na figura 9, é possível verificar que para um ponto do movimento da onda se repetir tem-se que estar associado a uma distância $\Delta x = \lambda$, a qual está relacionada a uma variação de tempo demandada, $\Delta t = T$. Logo a **velocidade da onda** ($v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$) está relacionada ao período e ao comprimento de onda, dado pela expressão, Eq.(15):

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$$

Eq. 15

Se a velocidade de propagação da onda é constante, a partir da expressão (15) conclui-se que a frequência e o comprimento de onda são sempre grandezas inversamente proporcionais. Substituindo a relação $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ e a Eq. (14) no resultado acima, obtêm-se:

$$v = \frac{2\pi}{k} \cdot \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\omega}{k} \rightarrow \omega = kv$$

Eq. 16

Como podem ser observadas, as principais grandezas que caracterizam uma onda são descritas matematicamente.

1.2 FENÔMENOS ONDULATÓRIOS ABORDADOS

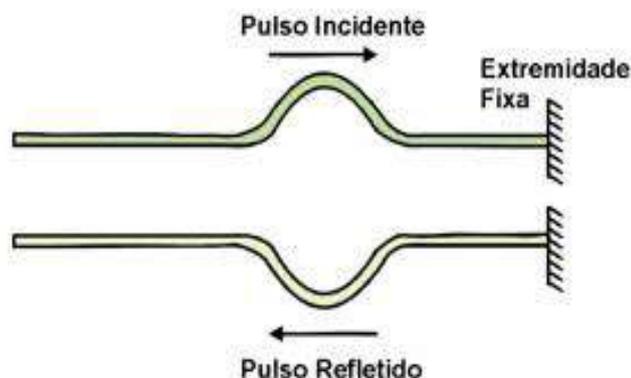
Nas próximas subseções, algumas discussões são elencadas acerca dos fenômenos ondulatórios, tais como: Reflexão, Refração, Difração, Interferência e Polarização.

1.2.1 Reflexão

Cumprе registrar que a reflexão ocorre em uma onda que, ao alcançar uma determinada superfície, regrida propagando-se de volta para onde incidiu. Existem dois casos que podem ocorrer à reflexão em um pulso, sendo com a extremidade fixa ou livre. Em síntese, considera-se que a reflexão em uma onda unidimensional inicialmente. Quando um pulso ao ser refletido permanece com a velocidade, frequência e comprimento de onda, idênticos aos da onda incidente, ou seja, a onda ao sofrer reflexão não modifica suas características iniciais, porém podem ocorrer alterações na direção da propagação da onda e no sentido do pulso.

Para uma melhor compreensão, considere um pulso movendo-se em uma corda que se encontra presa por um suporte em uma extremidade fixa, conforme representado pela Figura 10 que ao atingir o fim da extremidade da corda, ocorre um fenômeno denominado reflexão. Na sequência, o pulso volta para trás ao longo da corda com direção oposta e sentido invertido. Tal inversão pode ser explicada pela 3ª Lei de Newton, quando a onda alcança a extremidade fixa da corda, acontece o par: ação e reação, no qual o suporte aplica uma reação de módulo igual, porém sentido contrário (para baixo), a força aplicada para baixo é responsável pela inversão do pulso ao sofrer a reflexão (SERWAY; JEWETT, 2014).

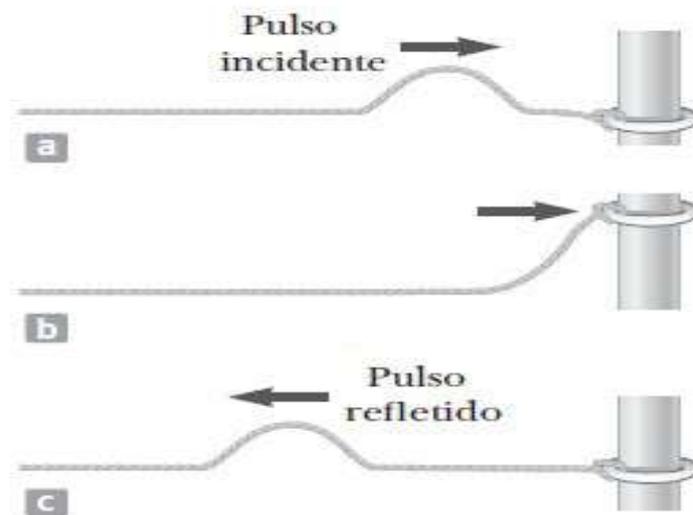
Figura 10: A reflexão de um pulso se movendo na extremidade fixa de uma corda esticada



Fonte: https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/pro-api-homolog/content/apostila/images/Screenshot_2603.jpg.

Imagine agora um pulso movimentando-se em uma corda de extremidade livre, a tensão na ponta da corda se manterá, pois a mesma está ligada a um anel de massa insignificante, livre para deslocar-se na vertical em um suporte sem atrito conforme retratado na Figura 11. Ao atingir a extremidade móvel, o pulso sofre reflexão, porém neste caso sem inversão do pulso, o anel realiza um pulso refletido que não está invertido, e que tem igual amplitude que o pulso de entrada, mudando apenas a direção de propagação da onda.

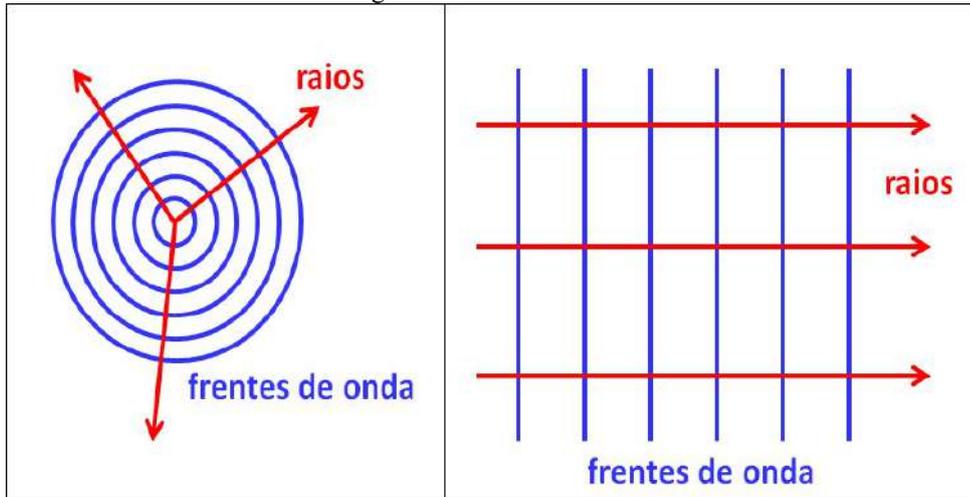
Figura 11: A reflexão de um pulso se movendo na extremidade livre de uma corda esticada



Fonte: Serway; Jewett, (2014, p. 40).

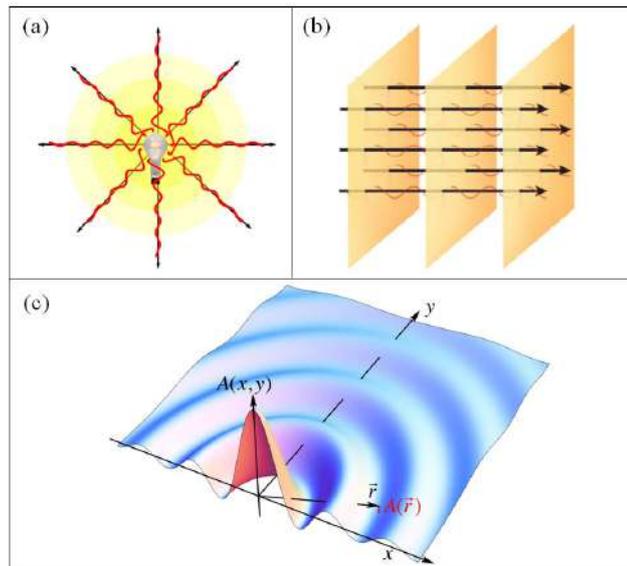
Para continuar a discussão dos fenômenos ondulatórios nas ondas bi e tridimensionais precisa-se compreender que ambas têm características específicas, tais como as frentes de ondas e raios de propagação (Figura 12). A **frente de onda** é o limite da região ainda não atingida por ela com a região já atingida, ou seja, é o conjunto dos pontos atingidos pela perturbação com os demais pontos em determinado instante. O **raio de onda** é definido como a linha que parte da fonte e, é perpendicular às frentes de onda, indicando a direção e o sentido de propagação, em outras palavras é a trajetória dos pontos da frente de onda, que são perpendiculares às frentes de ondas nos pontos analisados. Alguns exemplos das frentes de ondas podem ser vistos na Figura 13.

Figura 12: Frentes de onda



Fonte: Elaborado pela autora.

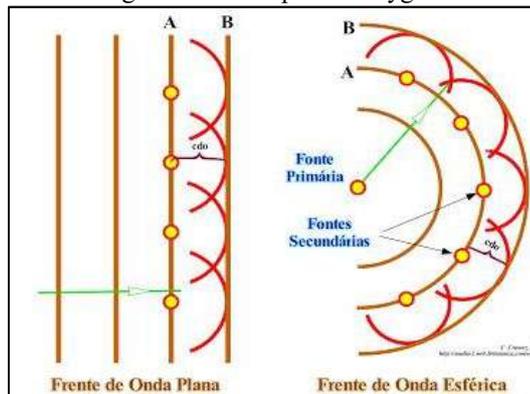
Figura 13: Exemplos de frente de ondas. (a) Fonte pontual, para quais as ondas se espalham radialmente para fora em três dimensões. (b) Muito longe de fontes pontuais, os ângulos entre os “raios” tornam-se muito pequenos atingindo o limite de “raios paralelos” (c) Fonte pontual, para qual as ondas se espalham radialmente para fora em duas dimensões.



Fonte: Bauer et. al. (2012a).

Sabendo-se o que são as frentes de ondas se torna menos complexa a compreensão de um princípio conhecido como “**Princípio de Huygens**”, no qual se afirma que cada ponto de uma frente de onda comporta-se como fonte puntiforme de novas ondas (Figura 14), chamadas de ondas secundárias. A frente de onda num instante posterior é a envoltória das frentes das ondas secundárias dela emanadas, a envoltória refere-se a uma superfície que tangencia todas as outras (NUSSENZVEIG, 2014).

Figura 14: Princípio de Huygens



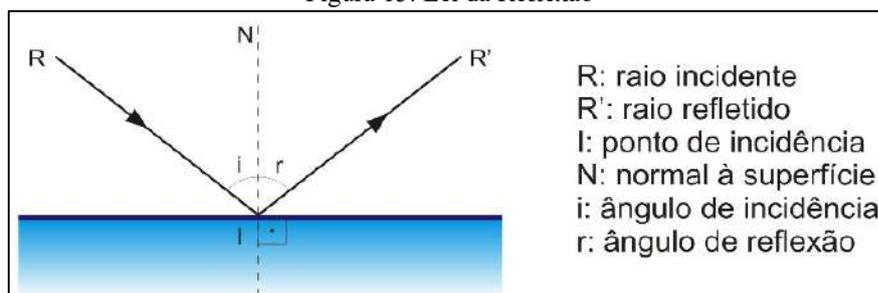
Fonte:

https://lh3.googleusercontent.com/proxy/nKBTS3_tkyOcTaLvIiuH0zdtLb_CcrSI7WT6SNQImFYcZ6KdjN4j87zHin_KJjik6V_BnZqaOHON4QbkeSxgxQN-hitePn7rSrSUZ4SFBjgIwTIQi-Cdc-sXmskotZKurRhGvr7_7Tv6R6ouQw57NA.

As ondas produzidas pela frente de onda propagam-se com a mesma frequência, velocidade e direção das ondas originais. Tal princípio explica o fenômeno de reflexão e difração das ondas. Esta última será descrita a seguir. Considerando agora a reflexão em ondas bi e tridimensionais, faz-se necessário enunciar as Leis da Reflexão e Refração, pois nesses casos as reflexões ocasionadas em tais ondas serão regidas pelas as Leis da reflexão.

A **1ª Lei da Reflexão** afirma que o raio incidente, a reta perpendicular à fronteira no ponto de incidência e o raio refratado estão contidos no mesmo plano. O ângulo formado entre o raio incidente i e a normal N ao anteparo I é o ângulo de incidência θ_1 , conforme apresentado na Figura 15.

Figura 15: Lei da Reflexão



Fonte: https://2.bp.blogspot.com/albhOf_ReSU/VkuQaQvvgLNI/AAAAAAAAABA/fePo1FNjLes/s1600/reflex%25C3%25A3o.PNG.

Quando uma onda unidimensional encontra uma superfície de descontinuidade separando dois meios diferentes, ela é parcialmente refletida e parcialmente transmitida. O mesmo acontece com ondas em duas ou três dimensões, quando uma frente de onda incide em

um obstáculo, cada frente de onda reflete-se seguindo a Lei de Reflexão, onde o ângulo formado entre o raio incidente i e a normal N ao anteparo I é o ângulo de incidência θ .

A **2ª Lei da Reflexão** diz que o ângulo de incidência θ é igual ao ângulo de reflexão θ' , conforme a Eq.(17), as frentes de ondas planas se refletem e dão origem a novas frentes de ondas, representadas por R' (Figura 15).

$$\theta = \theta'$$

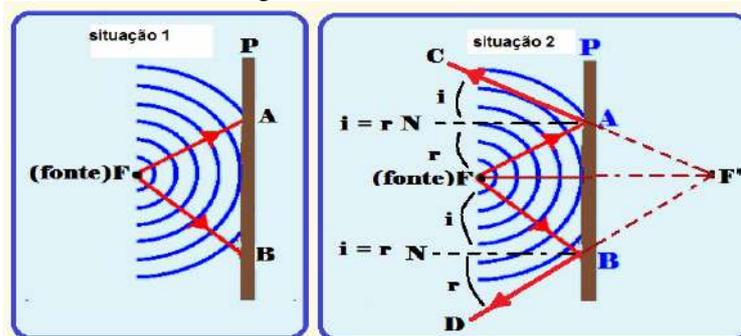
Eq. 17

As direções de propagação das ondas refletidas e transmitidas de um meio para outro, procedem conforme a direção da onda incidente, e são as leis de Reflexão e Refração que correlacionam às direções das ondas refletidas e refratadas. Supondo que uma frente de onda, propagando-se em superfície líquida através de uma onda bidimensional e incidindo sobre um obstáculo, cada ponto da frente reflete-se, sendo então possível representá-las por seus raios de onda. A reflexão de uma onda num meio bidimensional, como no exemplo anterior, pode ocorrer em duas situações: Ondas circulares e ondas planas.

Em **ondas circulares**, conforme apresentado na Figura 16, uma onda circular é produzida pela fonte F . Suponha que está incida no obstáculo plano P , observe que na Figura 16 (esquerda), F_A e F_B são dois raios de onda incidentes, perpendiculares a cada frente de onda e que apontam a direção e sentido de sua propagação. Ao alcançar o plano P , nas ondas ocorre a reflexão de modo que cada ponto do obstáculo torna-se fonte de uma onda secundária (princípio de Huygens). De acordo com o princípio da reflexão os raios incidentes F_A e F_B sofrem reflexão e retornam (AC e BD), de modo que os ângulos i e r entre a normal N , e os raios incidente e refletido sejam iguais, ou seja, $i = r$ (figura 16).

Obedecendo ao princípio de Huygens, todos os raios refletidos se encontram em um ponto comum F' , e as ondas refletidas se comportam como se fossem originadas por uma fonte F' , simétrica de F , em relação ao obstáculo refletor P , conforme esquematizado na Figura 16.

Figura 16: Lei da Reflexão

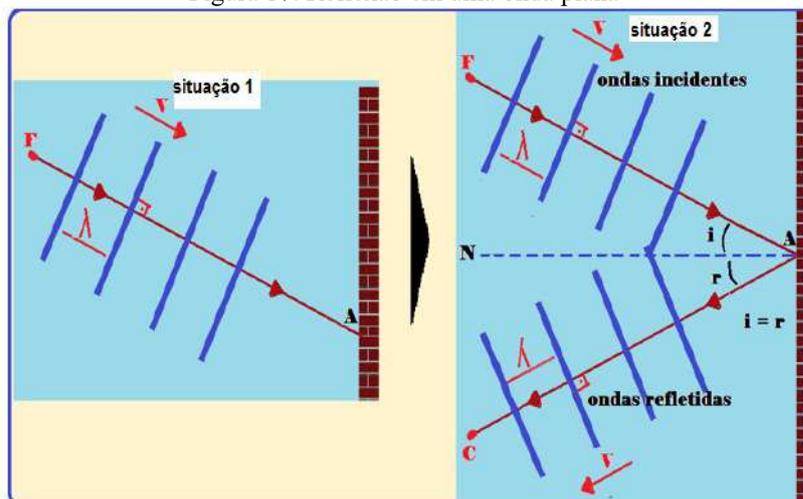


Fonte: http://fisicaevestibular.com.br/content/uploads/migracao/ondulatoria/reflexao_refracao/ee6ce0fe36358_html_ac9b3792.png.

Agora no caso das ondas planas, que são ocasionadas ao ser tocadas continuamente na superfície de um líquido, os raios são aproximadamente linhas paralelas (Figura 13 – parte b). Por exemplo, uma pequena parte de uma frente de onda se aproxima por um plano, ou uma frente de onda ocasionada na superfície de um líquido, produzida por uma régua, tocando-a totalmente.

Considere a representação da reflexão em uma onda plana, Figura 17, na qual se tem uma fonte F e o raio da onda que incide perpendicularmente a cada frente de onda, apontando a direção e o sentido da propagação. Esta frente de onda ao encontrar a barreira, as ondas sofrem reflexão, cada ponto do obstáculo torna-se uma fonte das ondas secundárias. Conforme o princípio da reflexão o raio incidente, o segmento de reta FA, sofre reflexão e retorna (o segmento de reta AC), de modo que os ângulos i e r entre a normal N , e o raio incidente e refletido sejam iguais, ou seja, $i = r$ (Figura 17).

Figura 17: Reflexão em uma onda plana



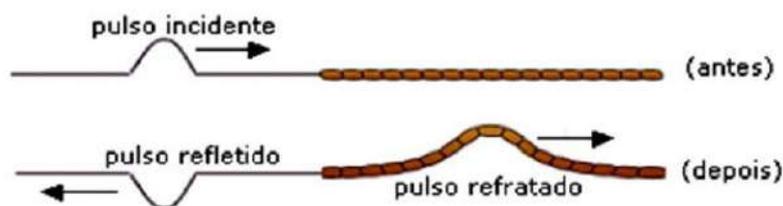
Fonte: http://fisicaevestibular.com.br/novo/wpcontent/uploads/migracao/ondulatoria/reflexao_refracao/i_html_533f4e5c.png.

É importante salientar que a velocidade de propagação e o comprimento de onda das ondas incidentes e refletidas são os mesmos, pois o meio é o mesmo. A frequência também não mudará, pois é característica da fonte emissora da onda.

1.2.2 Refração

Considere duas cordas interligadas, com um limite intermediário entre esses dois extremos de cordas de densidades distintas (Figura 18). Ao ocasionar um pulso na corda, quando a onda atingir a extremidade de ligação entre as duas cordas, e não for impedida de continuar se propagando, acontece o fenômeno denominado **refração**, parte do pulso é refletida e parte é refratada.

Figura 18: Reflexão e refração em cordas interligadas e de densidades diferentes. A primeira situação mostra um pulso se movendo para a direita em uma corda leve que se aproxima da junção com uma corda mais pesada. A segunda situação após o pulso atingir a junção



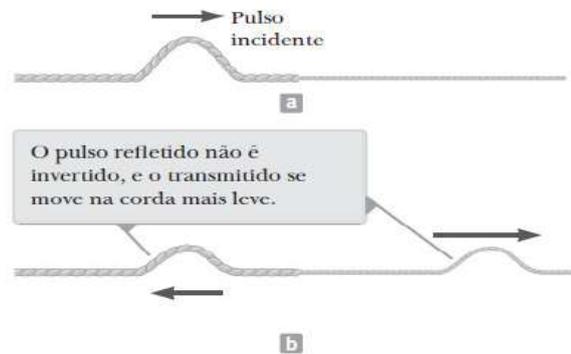
Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/9524129/30/images/14/Refra%C3%A7%C3%A3o+de+um+pulso+numa+corda.jpg>.

Quando a refração ocorre, parte da energia do pulso incidente é refletida, e parte sofre transmissão, ou seja, parte da energia passa pela fronteira. A refração pode ocorrer de duas formas em cordas: um pulso passado de uma corda menos densa para mais densa, ou ainda um pulso propagando-se da corda mais densa para a menos densa.

Na Figura 18 está representada a refração de um pulso, onde este se propaga numa corda de menor densidade, para outra de maior densidade, nessa situação ocorre uma inversão de fase no pulso refletido, pois a junção das cordas comporta-se como uma extremidade fixa para a onda. Uma parte do pulso é refletida e invertida e a outra parte é transmitida para a corda mais pesada (SERWAY; JEWETT, 2014).

Agora considerando que um pulso passando de uma corda de maior densidade para outra de menor densidade (Figura 19), ao atingir uma corda menos densa, refletirá sem inversão, onde a junção comporta-se como extremidade móvel.

Figura 19: Reflexão e refração em cordas interligadas e de densidades diferentes. (a) Um pulso se movendo para a direita em uma corda pesada se aproxima da junção com uma corda mais leve. (b) Após o pulso atingir a junção



Fonte: Serway; Jewett (2014, p. 41).

Como apresentado na Eq. (11), a velocidade de uma onda está relacionada com a densidade (massa por unidade de comprimento), assim, uma onda se propaga mais lentamente em uma corda pesada do que em uma mais leve, se estiverem submetidos à mesma tensão. Assim na expressão (Eq. 11) pode-se afirmar que a velocidade v é inversamente proporcional à densidade linear μ , logo, a velocidade da onda na corda mais densa (v_1), “mais pesada”, é menor do que a velocidade na corda menos densa (v_2), “mais leve”. Tomando $v_2 > v_1$, e o fato da frequência f ser a mesma nas duas cordas, pois a fonte é a mesma, obtêm-se a relação:

$$f = \frac{v}{\lambda} \rightarrow f = \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2}$$

Eq. 18

Como parte da energia do pulso incidente é transportada ao pulso refletido e a outra parte ao transmitido, isso implica em uma diminuição da amplitude desses dois pulsos, pois de acordo princípio da conservação de energia, quando o pulso se divide em um refletido e um transmitido na fronteira, a soma das energias desses dois pulsos deve ser igual à energia do pulso incidente. Assim, como o pulso refletido contém apenas uma parte da energia do incidente, sua amplitude deve ser menor (SERWAY; JEWETT, 2014), ou seja, $A > A_1$ e $A > A_2$.

Em síntese, quando uma onda, ou pulso, é refletida, propagando-se do meio A para B e a velocidade $v_A > v_B$, isto é, quando B é mais denso do que A, ela é invertida na reflexão. Quando uma onda ou pulso viaja do meio A para B, e $v_A < v_B$, isto é, quando A é mais denso

do que B, ela não é invertida na reflexão. Para discorrer sobre a refração em ondas bi e tridimensionais, necessita-se enunciar as Leis da Refração, que são:

- (a) **1ª Lei:** os raios de onda incidente, refratado e a normal são coplanares, ou seja, pertencem ao mesmo plano.
- (b) **2ª Lei de Snell:** relaciona os ângulos, as velocidades e os comprimentos de onda de incidência de refração, matematicamente expressa por:

$$\frac{\text{sen}\theta_i}{\text{sen}\theta_r} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

Eq. 19

Onde:

θ_i : ângulo de incidência entre o raio de onda incidente e a reta normal à superfície.

θ_r : ângulo de refração entre o raio de onda refratada e a reta normal à superfície.

n_1 : índice de refração do meio 1.

n_2 : índice de refração do meio 2.

λ_1 : comprimento de onda das ondas do meio 1.

λ_2 : comprimento de onda das ondas do meio 2.

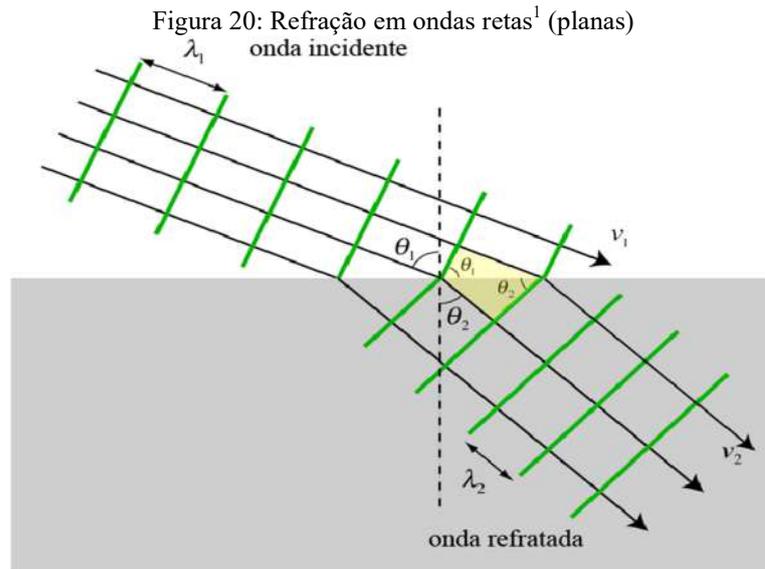
O índice de refração absoluto pode-se ser obtidos pela equação:

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

Eq. 20

Onde n é índice de refração de um dado meio, v é a velocidade da luz no meio de propagação e c é a velocidade da luz no vácuo, no qual é uma constante e equivale aproximadamente a $3,0 \times 10^8$ m/s. A derivação da Lei de Snell é demonstrada a seguir.

A refração de ondas bidimensionais e tridimensionais acontece quando a onda incidente atinge a superfície que separa dois meios e penetra no segundo meio, conforme a Figura 20. Considere uma onda com frentes de onda separadas por um comprimento de onda λ_1 , viajando com velocidade v_1 em um meio opticamente transparente incidente sobre a superfície limite formada com um segundo meio transparente (BAUER et. al. 2012b).



Fonte: Bauer et. al. (2012b).

De forma semelhante ao que ocorre na corda, para este caso a Eq. (18) também é válida, podendo ser reescrita como:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

Eq. 21

Um exemplo disso é o fato de se perceber cores pela frequência da luz, em vez de pelo comprimento de onda. Logo, ao passar de um meio para outro, a onda não muda a frequência, por exemplo: ao colocar um objeto colorido em uma jarra de água, para qual se sabe que a água tem índice de refração maior que do ar, neste caso, o objeto aparenta ter a mesma cor sob a água que no ar. Assim, ao colocar um objeto dentro da água, não se altera a percepção da sua cor.

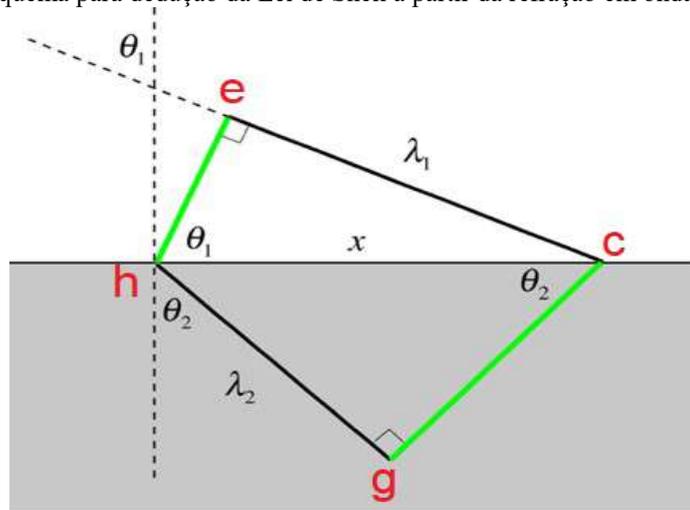
Retomando a dedução da Lei de Snell, tem-se que os comprimentos de onda da luz nos dois meios são proporcionais à velocidade da luz naqueles meios. Com base na Figura 21 é possível obter uma relação entre o ângulo das frentes de onda incidentes na superfície, θ_1 , e o ângulo das frentes de onda transmitidas na superfície, θ_2 , analisando a região expandida do desenho de Huygens. Tomando os triângulos [hec] e [hcg] da Figura 21, obtêm-se respectivamente as relações:

$$\text{sen}\theta_1 = \frac{\lambda_1}{x} \quad e \quad \text{sen}\theta_2 = \frac{\lambda_2}{x}$$

Eq. 22

¹ Onda reta é aquela que sua frente é um segmento da reta.

Figura 21: Esquema para dedução da Lei de Snell a partir da refração em ondas retas (planas).



Fonte: Bauer et. al. (2012b).

Ao solucionar as expressões da Eq. (22) para x, obtêm-se:

$$\text{sen}\theta_1 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \text{sen}\theta_2 \rightarrow \frac{\text{sen}\theta_1}{\text{sen}\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

Eq. 23

Substituindo a Eq. (21) no resultado acima, encontra-se:

$$\frac{\text{sen}\theta_1}{\text{sen}\theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

Eq.

Utilizando a relação para o índice de refração (Eq. 20) no resultado encontrado, obtém-se a Lei de Snell:

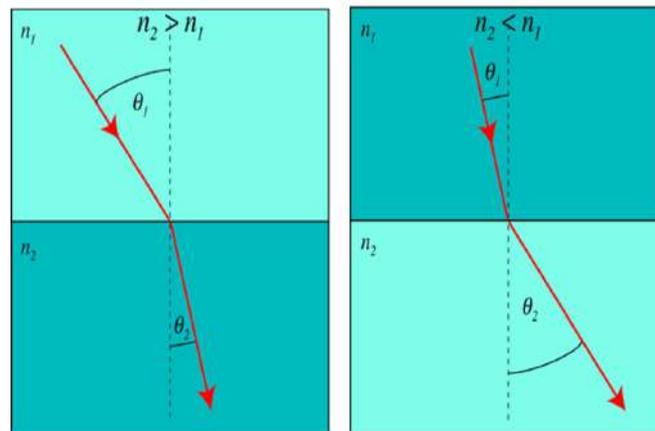
$$\frac{\text{sen}\theta_1}{\text{sen}\theta_2} = \frac{c/n_1}{c/n_2} = \frac{n_2}{n_1} \rightarrow n_1 \text{sen}\theta_1 = n_2 \text{sen}\theta_2$$

Eq. 25

Pode-se concluir que conforme as ondas se propagarem de um meio para outro, onde no meio 1 a onda tem uma velocidade diferente que a respectiva velocidade no meio 2, algumas proposições podem ser realizadas. Considerando-se que a velocidade da onda no meio 1 seja maior que a velocidade da onda no meio 2, $v_1 > v_2$; pela Eq. (20) conclui-se que o índice de refração do meio 1 é menor que a do meio 2, $n_1 < n_2$; logo pela Lei de Snell (Eq. 25), tem-se $\theta_1 > \theta_2$; ou seja, o raio da onda ao entrar no meio 2 se aproxima da normal, Figura 22 - esquerda.

No caso contrário, ao considerar que a velocidade da onda no meio 1 seja menor que a velocidade da onda no meio 2, $v_1 < v_2$; pela Eq. (20) conclui-se que o índice de refração do meio 1 é maior que a do meio 2, $n_1 > n_2$; logo pela Lei de Snell (Eq. 25), tem-se $\theta_1 < \theta_2$; ou seja, o raio da onda ao entrar no meio 2 se afastará da normal, figura 22 - direita.

Figura 22: Refração em meios com índices de refração diferentes: $n_1 < n_2$ (esquerda) e $n_1 > n_2$ (direita).



Fonte: Bauer et. al. (2012b).

Quando uma onda incide em um meio, onde o índice de refração é menor que a do meio de origem, pode ocorrer o fenômeno de reflexão total, se o ângulo de incidência for maior que certo ângulo, chamado de crítico ou limite. O ângulo limite é o ângulo de incidência para qual o ângulo de refração é de 90° .

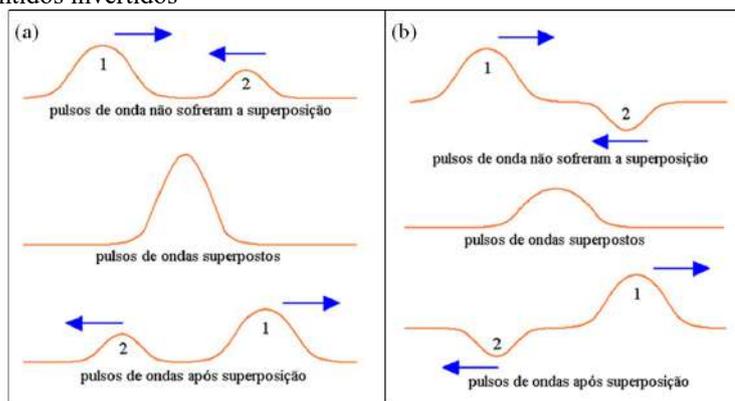
Vale ressaltar que a reflexão interna total, tem aplicações relevantes na medicina, como por exemplo, quando um médico ao examinar o interior de uma artéria de um paciente, posiciona dois feixes de fibra ótica (filamentos capazes de conduzir luz) por meio de um cateter, no qual a luz na extremidade de um dos feixes sofre reflexões internas totais ao longo do caminho, de maneira que as fibras por mais que sigam caminhos curvos, a maior parte da luz alcança a outra extremidade e, ilumina o interior da artéria. Dessa forma parte da luz é refletida e a outra percorre o caminho inverso, sendo detectada e transformada em imagem em um monitor (HALLIDAY et. al., 2012b).

Cumprir registrar que as fibras óticas são formadas por materiais com distintos índices de refração, o que assegura o fenômeno de reflexão total, dessa forma elas são aplicadas neste contexto para diagnósticos de imagens e coletas de dados em pacientes.

1.2.3 Interferência

Quando duas ondas atravessam uma mesma região simultaneamente, ocorre uma superposição de ondas. Suponha que duas ondas se propagam ao mesmo tempo ao longo da mesma corda esticada conforme apresentado na figura 23.

Figura 23: Dois pulsos se propagando em sentidos opostos em uma corda esticada, com os pulsos (a) não invertidos e (b) em sentidos invertidos



Fonte: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcQJWMwnOxS_PX40ICYn-ZqcpDHNz3RycBv10P4kvCBqjs61bYhw&usqp=CAU.

Os deslocamentos das ondas são representados pelas funções $y_1(x, t)$ e $y_2(x, t)$, que representam o movimento que a corda sofreria se cada onda se propagasse sozinha. O princípio da superposição afirma que ondas superpostas se somam algebricamente para produzir uma onda resultante ou onda total (HALLIDAY et.al., 2012), logo a função de onda resultante será:

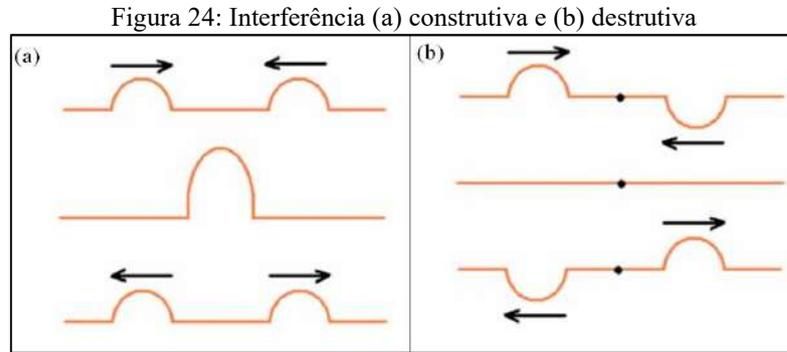
$$y'(x, t) = y_1(x, t) + y_2(x, t)$$

Eq. 26

A tal fenômeno dá-se o nome de interferência quando as ondas se superpõem em um mesmo ponto instantaneamente, originando um efeito que é o resultado da soma algébrica das amplitudes de todas as perturbações no local de superposição. Podem ocorrer de duas formas distintas de interferências: construtiva ou destrutiva. A interferência é construtiva quando ocorre a soma das amplitudes. Quando se usa o termo interferência, está se referindo apenas aos deslocamentos das ondas, a propagação das ondas após o encontro não é alterada, ambas prosseguiram em seu percurso normalmente como mostra a Figuras 23.

Quando ocorre o alinhamento das cristas e os vales no encontro das ondas, elas estão em fase, o deslocamento total a cada instante será o dobro do deslocamento que seria ocasionado por uma onda apenas, nessa situação ocorre à **interferência construtiva** (Figuras

24 - parte a). Porém se as ondas estiverem defasadas, isto é, quando as cristas das ondas estão alinhadas com os vales da outra onda, o deslocamento da onda será nulo, na situação descrita acontece a **interferência destrutiva** (Figuras 24 - parte b) (HALLIDAY et. al., 2012).



Fonte: (a) <https://static.alunosonline.uol.com.br/conteudo/images/ondas2.jpg>;
 (b) <https://static.alunosonline.uol.com.br/conteudo/images/ondas3.jpg>.

Quando acontece o cancelamento das amplitudes das ondas, ocorre uma interferência destrutiva, o cancelamento pode ser total ou parcial (Figura 24 - parte b), e a amplitude da onda resultante é menor do que pelo menos uma das amplitudes das ondas que se superpõem. Considere duas ondas senoidais que se propagam em uma corda, dadas pelas equações:

$$y_1(x, t) = y_m \cdot \text{sen}(k \cdot x - \omega \cdot t) \quad \text{Eq. 27}$$

$$y_2(x, t) = y_m \cdot \text{sen}(k \cdot x - \omega \cdot t + \phi) \quad \text{Eq. 28}$$

Sendo que a segunda onda (Eq. 28) deslocar-se-á em relação à primeira (Eq. 27) com a diferença de fase ϕ . Seguindo o princípio da superposição, para obter-se a onda resultante é necessário fazer a soma algébrica das ondas, no qual se tem:

$$y'(x, t) = y_1(x, t) + y_2(x, t) = y_m \cdot \text{sen}(k \cdot x - \omega \cdot t) + y_m \cdot \text{sen}(k \cdot x - \omega \cdot t + \phi) \quad \text{Eq. 29}$$

A soma de dois senos de dois ângulos α e β é obtida pela identidade:

$$\text{sen}\alpha + \text{sen}\beta = 2\text{sen}\frac{1}{2}(\alpha + \beta)\cos\frac{1}{2}(\alpha - \beta) \quad \text{Eq. 30}$$

Aplicando a identidade (Eq. 30) na relação de soma das ondas (Eq. 29), considerando $\alpha = (k \cdot x - \omega \cdot t)$ e $\beta = k \cdot x - \omega \cdot t + \phi$, encontra-se:

$$y'(x, t) = y_m \left\{ 2 \operatorname{sen} \left[\frac{1}{2} (k \cdot x - \omega \cdot t + k \cdot x - \omega \cdot t + \phi) \right] \right. \\ \left. \times \cos \left[\frac{1}{2} (k \cdot x - \omega \cdot t - k \cdot x + \omega \cdot t - \phi) \right] \right\}$$

Eq. 31

Reagrupando e verificando os termos semelhantes, pode-se cancelá-los e realizar as multiplicações necessárias:

$$y'(x, t) = y_m \left\{ 2 \operatorname{sen} \left[\frac{1}{2} (2 \cdot k \cdot x - 2 \cdot \omega \cdot t + \phi) \right] \right. \\ \left. \times \cos \left[\frac{1}{2} (k \cdot x - k \cdot x - \omega \cdot t + \omega \cdot t - \phi) \right] \right\} \\ = y_m \left\{ 2 \operatorname{sen} \left[\left(k \cdot x - \omega \cdot t + \frac{1}{2} \phi \right) \right] \cos \left[\frac{1}{2} (-\phi) \right] \right\}$$

Eq. 32

Observando que: $\cos \left(-\frac{1}{2} \phi \right) = \cos \left(\frac{1}{2} \phi \right)$ e reagrupando os termos, obtém-se a Eq. (33):

$$y'(x, t) = \left[2y_m \cos \frac{1}{2} \phi \right] \operatorname{sen} \left(k \cdot x - \omega \cdot t + \frac{1}{2} \phi \right)$$

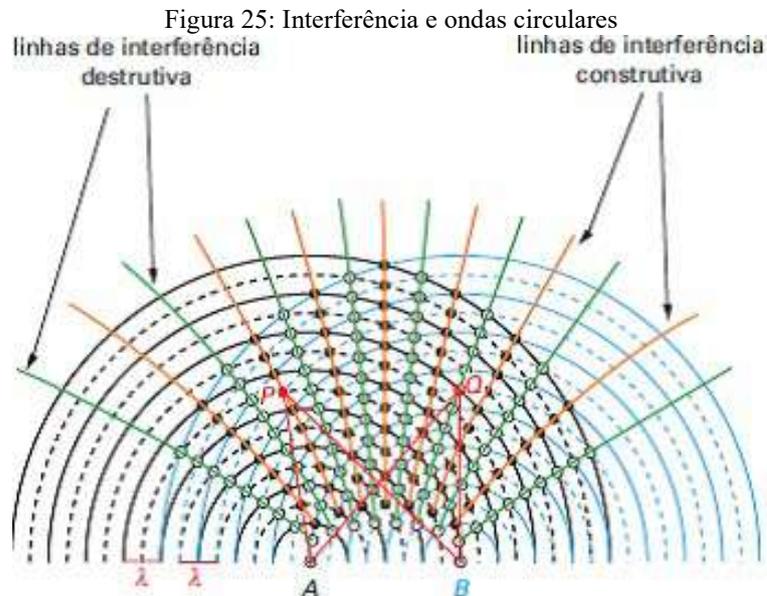
Eq. 33

No exemplo das ondas acima apresentado, ambas têm a mesma frequência angular ω . Isso significa que tem a mesma frequência e o mesmo número de onda k , o que implica no mesmo comprimento de onda λ , se propagando no sentido positivo do eixo x . Entretanto, elas divergem apenas devido ao ângulo de fase ϕ (a constante de fase). Desta forma afirma-se que ambas estão em defasadas de ϕ , conforme explicado pela Eq. (28)

Portanto, pode-se concluir que se duas ondas senoidais de mesma amplitude e comprimento de onda se propagam no mesmo sentido em uma corda, elas interferem para produzir uma onda resultante senoidal que se propaga nesse sentido (HALLIDAY et al., 2012).

Considere agora duas ondas bidimensionais circulares, de mesma frequência, que são geradas nos pontos A e B da Figura 25. A onda tem cristas representadas por linhas contínuas e vales por linhas tracejadas. As linhas laranja, que passam pelos pequenos círculos pretos (bolinha preta), representam regiões em que as cristas ou os vales de ambas as ondas se cruzam e suas amplitudes se somam, onde se observa a interferência construtiva. As linhas verdes, que passam pelos pequenos círculos brancos (bolinha branca), representam regiões em

que as cristas de uma onda cruzam com os vales da outra, reduzindo a amplitude resultante, para qual se observa a interferência destrutiva.

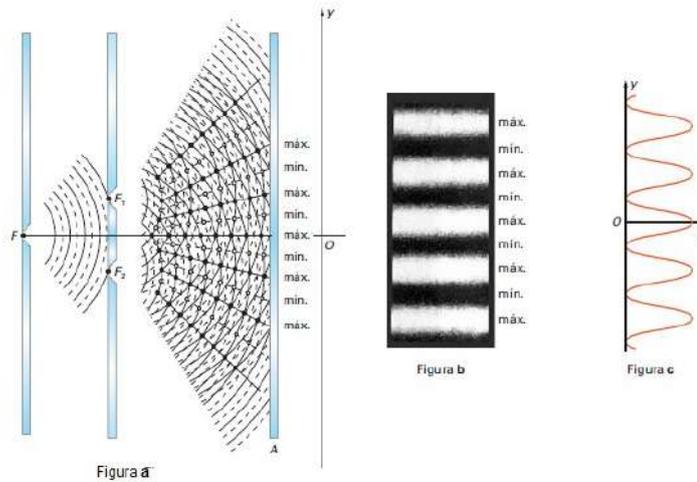


Fonte: Gaspar (2013, p. 33).

Existe ainda a interferência das ondas eletromagnéticas, como por exemplo, o que ocorre com a luz. Em 1803, o inglês Thomas Young, fez um experimento que consistia basicamente em incidir luz monocromática (uma só cor) em um anteparo onde existiam duas fendas estreitas e próximas (Figura 26 - parte a), do tamanho de um cabelo humano. Deste modo, observou-se que em determinado ponto as ondas originadas das duas fendas interferiam entre si, ocorria um padrão de interferência de franjas claras e escuras em um anteparo (WALBORN, 2015). A interferência construtiva de ondas ocasionava franjas claras e a interferência destrutiva das ondas produzia franjas escuras (Figura 26 - parte b), vale ressaltar que foi graças a esse experimento que foi comprovado a natureza ondulatória da luz.

Na representação da Figura 26 (parte a) a fonte de luz atravessa o orifício F, em seguida reproduz outras duas fontes F_1 e F_2 iguais que atingem o anteparo A onde forma a imagem apresentada na Figura 26 (parte b). Na parte c da Figura 26 tem-se a configuração de interferência na perspectiva de mostrar o gráfico de intensidade da luz ao atingir o anteparo, representando a luz chegando ao obstáculo em função da ordenada y , localizada no ponto máximo central (GASPAR, 2013).

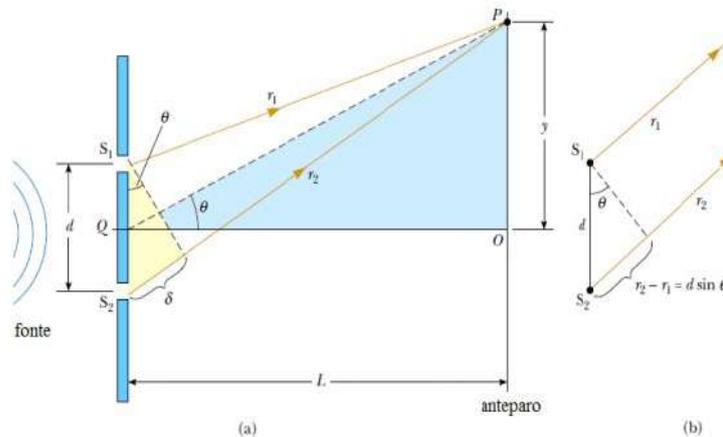
Figura 26: Experimento de Young



Fonte: Gaspar (2013, p. 170).

A partir de uma dedução baseada numa análise geométrica do problema, pode-se localizar a posição das franjas no anteparo. Com base na Figura 27 ao mostrar o instante em que a luz monocromática atinge as duas fendas S_1 e S_2 do obstáculo, verifica-se que os raios após atravessarem o obstáculo, a luz sofre modificações nas frentes de onda que ao interagirem produzem um perfil de interferência. Tomando uma onda apenas que passe por S_1 e S_2 , elas estavam em fases, pois faziam parte da mesma onda incidente, porém após ultrapassarem as fendas caminham distâncias distintas r_1 e r_2 , que são os raios associados à onda, até chegarem a um ponto genérico P do anteparo. Assim sendo, passa a existir uma diferença de fase pois, ambos percorrem distâncias diferentes (HALLIDAY et. al., 2012b).

Figura 27: Representação de raios de luz passando por uma fenda dupla



Fonte: [https://encrypted-](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcQ5gUPw_RsY2fSMr3CWtK2pg7Q6F4onetH9Ksiqhj28RSGuHF2R&usqp=CAU)

[tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcQ5gUPw_RsY2fSMr3CWtK2pg7Q6F4onetH9Ksiqhj28RSGuHF2R&usqp=CAU](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcQ5gUPw_RsY2fSMr3CWtK2pg7Q6F4onetH9Ksiqhj28RSGuHF2R&usqp=CAU).

A alteração de fase acontece pela diferença de percurso ΔL entre as duas ondas, que passam a atravessar caminhos divergentes, onde essa discrepância entre as distâncias percorridas equivale a ΔL ao chegarem ao ponto P. Se ΔL é zero, ou um número inteiro de comprimento de onda (λ), pode-se afirmar que se as ondas chegaram a fase no ponto e, ocorre a interferência construtiva. Porém, se ΔL é um múltiplo ímpar de metade de um comprimento de onda, estas ao chegarem ao ponto em comum do anteparo, estarão em diferença de fase de meio comprimento de onda, e acontece interferência destrutiva (HALLIDAY et. al., 2012b).

Assinale que para calcular a diferença dos percursos basta utilizar a forma $r_2 - r_1$. Supondo que as distâncias trilhadas entre a fenda e o anteparo final (ΔL) é bem mais relevante do que a abertura entre as fendas (d), isto é, quando $d \ll L$, pode-se assumir que as retas são aproximadamente paralelas, formando um ângulo θ com o eixo central (Figura 27 - parte b), pode-se obter assim a diferença de percurso pela Eq.(34):

$$\Delta L = d \cdot \text{sen } \theta$$

Eq. 34

ΔL é a diferença de percursos, e d distância entre as fendas. Assim, para interferência construtiva (franjas claras), a diferença de percursos ΔL deve ser zero ou um número inteiro de comprimento de onda (λ), sendo representado matematicamente pela Eq.(35):

$$d \cdot \text{sen } \theta = m \cdot \lambda, \text{ para } m = 0, 1, 2 \dots (\text{máximos, franjas claras})$$

Eq. 35

E, para a interferência destrutiva (franjas escuras), a diferença de percursos deve ser um múltiplo ímpar de metade de um de onda λ , sendo representado matematicamente pela Eq.(36):

$$d \cdot \text{sen } \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda, \text{ para } m = 0, 1, 2 \dots (\text{mínimos, franjas escuras})$$

Eq. 36

Além disso, segundo Walborn (2015), quando se tem uma abertura com várias grades de fendas, observa-se uma rede de difração. Por exemplo, ao observar o lado inferior de um CD, a luz de várias cores é visualizada, pois, a luz branca foi difratada pelos trilhos do disco. Isso ocorre devido aos distintos ângulos de difração, separando a luz branca em um arco-íris.

Tais fenômenos de interferência e difração podem ser observados em pontos distantes da abertura e quando são comparadas as distâncias das fendas e o comprimento de onda da luz, a interferência construtiva ocasiona a imagem nítida da própria grade de difração

iluminada e as autoimagens são resultados da interferência. Tal efeito é conhecido por efeito Talbot, por ser observado pela primeira vez em 1836 por Henry F. Talbot.

O efeito de interferência com várias fendas tem ligação também com a matemática. Johnathan Dowling e John Clauser em 1995 demonstraram ser possível utilizar a interferência da luz para encontrar os fatores de um número. A fatoração é uma decomposição de N números em fatores primos, todavia, essa ação se torna complexa se o número for muito extenso. Destarte, utiliza-se para sanar essa dificuldade o emprego de algoritmos de criptografia de chave pública, sendo estes normalmente empregados na informática, por exemplo, para enviar um número do cartão de crédito de forma segura e confiável. Entretanto, torna-se relevante compreender como isso é, e para tal buscou-se a explicação dada por Walborn (2015, p. 39) o qual de forma sucinta esclarece que:

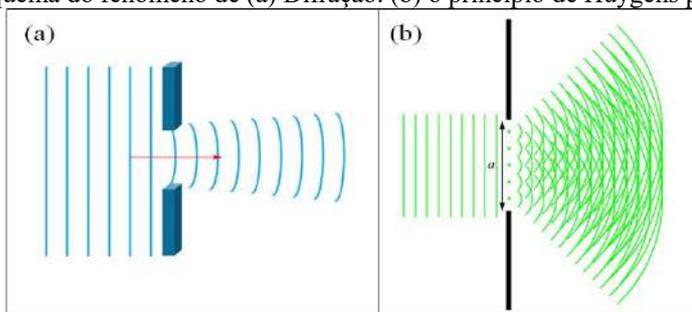
O tempo necessário para fatorar um número com um computador cresce exponencialmente com o tamanho do número. Como fatorar um número N usando a interferência? Imagine uma abertura de N fendas, onde N é um número grande cujos fatores queremos achar. Clauser e Dowling mostraram que, quando essa abertura é iluminada com um feixe de luz de intensidade constante, veremos uma réplica perfeita das fendas somente quando observamos o padrão de interferência a uma distância dada por mDT , onde m é um fator de N . Este é um efeito parecido com o efeito de Talbot, que agora se aplica a um número finito de fendas, N .

Dentro dessa ótica, pode-se constatar que o experimento de Thomas Young foi fundamental para franquear caminhos para novos avanços tecnológicos, como por exemplo, a micro fabricação de guias de ondas, permitindo a construção de interferômetros de vários caminhos, na qual é utilizada em chip integrado. Acrescenta-se ainda que o experimento de Young permitiu a observação da interferência da luz, sendo ponto de partida para que em interferômetros viabilizassem a investigação de novos fenômenos de interferência, principalmente os associados a sua natureza quântica (WALBORN, 2015).

1.2.4 Difração

A difração é um fenômeno ondulatório que pode ocorrer nas ondas ao contornar barreiras (Figura 28 - parte a), independentemente da natureza destas. Isso significa que este fenômeno pode acontecer em ondas mecânicas e eletromagnéticas.

Figura 28: Esquema do fenômeno de (a) Difração. (b) o princípio de Huygens para o fenômeno



Fonte: (a) <https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/img/2017/09/difracao-fenda-grande.jpg>; (b) Bauer; Westfall (2012b).

O princípio de Huygens (Figura 28 - parte b) explica o fenômeno de difração, conforme mencionado anteriormente, sendo que cada frente da onda é composta por infinitos pontos, sendo estes capazes de produzir novas ondas. Registre-se que essas ondas, ao incidirem sobre uma fenda ou barreira, produzirão novas ondas circulares, gerando um padrão de difração (uma distribuição das ondas caracterizadas por regiões de interferência construtiva ou destrutiva).

Convém esclarecer que existe uma condição para ocorrer à difração em ondas, ou seja, é necessário que o tamanho do obstáculo seja análogo ao comprimento da onda (λ) da onda, isto é, a distância entre duas cristas ou dois vales da onda incidente. Igualmente, não ocorrerá a difração se o tamanho do obstáculo for relativamente superior ao comprimento de onda (λ). Quanto maior o comprimento de onda correlacionado ao tamanho da abertura ou obstáculo, mais robustos serão os efeitos de difração (NUSSENZVEIG, 2014).

Conforme exemplifica Nussenzveig (2014), esse fato explica o porquê de ser possível ouvir o som através de uma porta semiaberta, sendo que o som (onda mecânica) contorna a porta (obstáculo), tendo em vista que o comprimento de onda do som está entre 1,7 cm e 17 m. Deste modo, o efeito de difração é perceptível, embora não seja possível visualizar a pessoa através do obstáculo devido ao comprimento de onda da luz visível ser menor ou igual a $1 \mu\text{m} = 10^{-3} \text{ m}$. Portanto o efeito da difração da luz visível é extremamente pequeno.

A onda ao passar por uma fenda, estreita de largura a (Figura 28 – parte b), reproduz imagens de difração de fenda em um monitor de observação, semelhantes aos máximos e mínimos gerados pelo experimento da dupla fenda, porém de forma circular, no qual se tem o máximo central e outros mínimos secundários, distanciados por mínimos localizados em ângulos θ com um eixo central (HALLIDAY et. al., 2012b), onde as posições das franjas escuras acima e abaixo de tal eixo seguem a Eq. (37).

$$a \cdot \text{sen } \theta = m \cdot \lambda, \text{ para } m = 0,1,2 \dots (\text{mínimos, franjas escuras})$$

Eq. 37

Enquanto que a intensidade da onda ao chegar ao anteparo após sofrer difração, considerando um ângulo θ qualquer do centro da fenda, é dada pela Eq.(38). Verifique ainda que I_{max} é a intensidade no centro da imagem de difração.

$$I = I_{\max} \left(\frac{\text{sen } \alpha}{\alpha} \right)^2 \text{ onde } \alpha = \frac{\pi a}{\lambda} \text{sen } \theta$$

Eq. 38

Já no caso da onda quando esta perpassa por dupla fenda, de largura α , que estão separadas por uma distância d , ocorre à difração por dupla fenda. Para este caso, a intensidade da onda ao chegar ao anteparo, considerando um ângulo θ qualquer do centro da fenda, é dada pela Eq.(39):

$$I_{\theta} = I_m (\cos^2 \beta) \left(\frac{\text{sen } \alpha}{\alpha} \right)^2, \text{ onde } I_m = 4I_o, \text{ para } \beta = \left(\frac{\pi d}{\lambda} \right) \text{sen } \theta \text{ e } \alpha = \left(\frac{\pi a}{\lambda} \right) \text{sen } \theta$$

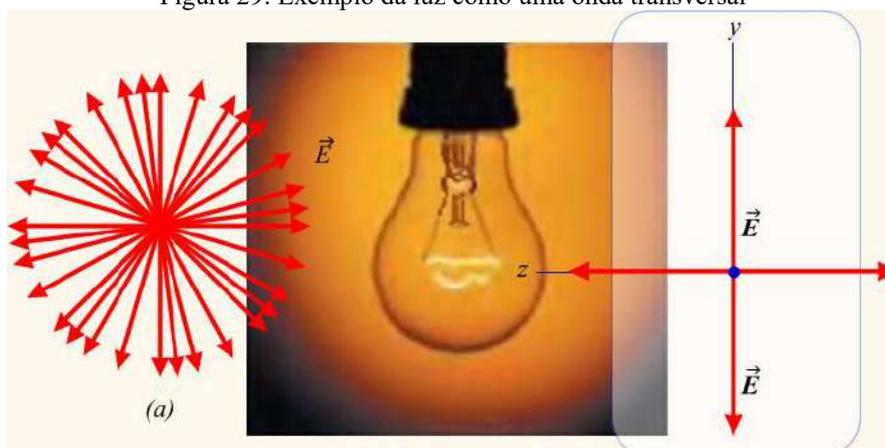
Eq. 39

A compreensão do fenômeno de difração da luz por fendas, pequenos obstáculos, se mostra essencial para a construção de rede de difração, muito usado em espectroscopia óptica, que nada mais é que a interação de radiação com a matéria para a decomposição espectral da luz. Fato este que motivou Joseph Von Fraunhofer em 1820 a elaborar a primeira rede de difração para utilização no espectroscópico, a qual era formada por fios metálicos alinhados paralelamente em espaços iguais, isso ocasionou um avanço na resolução dos espectrógrafos da época, pois neste caso a dispersão da luz dependia unicamente da distância entre as fendas (ranhuras) da rede (OLIVEIRA; AZEVEDO; NUNES, 2015).

1.2.5 Polarização

As ondas transversais podem oscilar perpendicularmente para qualquer direção de propagação, ou seja, as direções de oscilação são totalmente aleatórias, como exemplo, a luz conforme verificado na figura 29 Supondo que uma onda transversal perpassa por uma fenda, a direção de oscilação passará a ser a mesma direção da fenda. Quando acontecer tal situação afirma-se que a onda foi **polarizada**.

Figura 29: Exemplo da luz como uma onda transversal



Fonte: https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/920931/mod_book/chapter/2741/img3.jpg.

A polarização é um fenômeno característico apenas das ondas transversais, pois ondas longitudinais oscilam na mesma direção que se propagam. A saber, para a polarização de uma onda, deve-se posicionar um polarizador no percurso no qual a onda passará. No entendimento de Gaspar (2013) a polarização pode ocorrer de três formas: por reflexão, por transmissão e por polarizadores.

- Por reflexão: Quando luz não polarizada incide em um dióptro, que são dois meios homogêneos e transparentes separados por uma superfície plana, dependendo do ângulo de incidência e da relação entre os índices de refração dos meios, a luz refletida pode ser polarizada parcialmente ou totalmente.
- Por transmissão. Vários tipos de cristais podem ter dois índices de refração, como por exemplo, a calcita, o quartzo, a turmalina e até mesmo o gelo, com isso o mesmo raio de luz se divide em dois.
- Através de polarizadores: O polarizador permite somente a passagem das oscilações paralelas aos vãos das grades, pois os polarizadores funcionam como uma grade.

Um exemplo de polarização por reflexão são os óculos escuros com filtros polarizadores, usados por banhistas nas praias para melhorar a visão neste ambiente, evitando a irritação nos olhos causada pela luz do sol refletida na água, considerando que os raios luminosos tornam-se parcialmente ou totalmente polarizados ao serem refletidos em qualquer superfície (HALLIDAY et. al. , 2012b).

Para uma melhor compreensão, um filtro polarizador é uma espécie de folha de plástico, sendo que em seu processo de fabricação é alongada de maneira que as moléculas se alinhem. Sabe-se que a luz tem um campo elétrico e outro campo magnético, ao atravessar o

filtro polarizador, as componentes do campo elétrico que são paralelas ao filtro, conseguem ultrapassá-lo, porém as componentes perpendiculares às moléculas do filtro são absorvidas e assim somem. Portanto é possível polarizar a luz, por meio de um filtro polarizador, esses filtros são denominados filtro Polaroid, o qual foi inventado em 1932 por Edwin Land (HALLIDAY et. al. , 2012b).

Exemplificando, considerando um a situação que em um trajeto onde passará um feixe de luz tem um polarizador, e depois uma segunda lâmina polarizadora, a intensidade I da luz transmitida diminuirá após transpor cada polarizador (COSTA, 2002), conforme a Eq.(40):

$$I = (I_m \alpha)^2$$

Eq. 40

Registre-se que I_m é a intensidade máxima do feixe incidente e α é o ângulo entre as direções características, do polarizador e da polarização do feixe incidente, sendo que tal equação é denominada como Lei de Malus (COSTA, 2002). Não obstante, quando a luz incidente no filtro polarizador não é polarizada, a intensidade da luz transmitida I , será metade da intensidade original I_0 , dada pela Eq. (41)

$$I = \frac{1}{2} I_0$$

Eq. 41

Conforme apresentado, a polarização altera um feixe luminoso, ocorrendo mudanças nas características espectrais. Neste sentido, existem várias aplicações tecnológicas deste fenômeno para a vida cotidiana, conforme referencia Azevedo et. al., (2010, p. 1):

No entanto, um feixe luminoso ao atravessar um meio material não sofre somente alteração em suas características espectrais, mas pode também sofrer alteração em seu estado de polarização. Essas alterações são usadas em várias aplicações tecnológicas, por exemplo, o valor comercial da cana-de-açúcar é avaliado com base na sua concentração de sacarose, que é determinada utilizando um método que envolve a avaliação das mudanças na direção da polarização da luz ao atravessar uma solução (polarimetria). Já uma aplicação científica comum que envolve a análise da polarização da luz é a técnica denominada dicroísmo circular que, entre outras aplicações, é utilizada para o estudo da estrutura secundária de proteínas.

Outra aplicação da polarização encontra-se no cinema 3D (três dimensões), no qual se podem observar imagens tridimensionais a partir do uso de óculos polarizadores, geralmente fornecidos em sessões de filmes deste tipo. Convém pontuar que através de tal tecnologia, torna-se possível, com o uso da estereoscopia, a formação da mesma cena, contendo imagens por pontos de visão distintos, dessa maneira o cérebro capta tais imagens em uma só, dessa

forma tem-se a formação da imagem em 3D, obtendo a posição, o tamanho e a profundidade das representações presentes nos filmes (PIOVEZAN, 2013).

Entretanto, a imagem exibida sem o uso dos óculos 3D não é visualizada com nitidez, considerando que a imagem é feita por dois diferentes projetores, onde um mandam raios de luz na horizontal e o outro na vertical. Os óculos 3D funcionam baseados no fenômeno da polarização da luz, desta se assemelham a filtros polarizadores, aonde cada lente é um polarizador horizontal e a outra lente um filtro polarizador vertical. Portanto cada olho capta uma imagem distinta e o cérebro interliga as duas imagens culminando com a percepção da imagem de forma mais realista (PIOVEZAN, 2013).

Outro exemplo a ser destacado é o caso dos fotógrafos profissionais, os quais de modo semelhante também utilizam vários filtros polarizadores acoplados para impedir a passagem da luz refletida em superfícies mais claras (Figura 30) ou até mesmo para melhorar o contraste nas superfícies, ocorrendo o espalhamento e difusão da luz onde as fotografias são captadas.

Figura 30: À direita passagens polarizadas, à esquerda passagens não polarizadas



Fonte: <https://media.eotica.com.br/magpleasure/mpblog/upload/3/e/3e022838b6edf05b2c4cba356cada258.jpg>.

1.3 LIMITAÇÕES NO ENSINO DE ONDAS PARA DEFICIENTES VISUAIS E SURDOS

Nesta subseção pretende-se discutir as dificuldades do ensino de Física, mais especificamente, acerca da temática onda, trazendo assim um panorama geral das dificuldades e viabilidades para a inclusão de alunos com deficiência nas salas de aulas, de modo que estes tenham acesso a este conteúdo, sendo que neste estudo serão priorizadas a Deficiência Visual (DV) e a Deficiência Auditiva (DA).

A título de esclarecimento, registre-se que ao se adotar o termo deficiência auditiva faz-se referência exclusivamente ao caso da pessoa surda, tendo em vista que DA e surdez não devem ser classificadas como sinônimos, porém ambas descrevem pessoas que apresentam algum problema auditivo. Porém, para iniciar as discussões deve-se primeiramente elucidar quais são os critérios a serem observados para que classificação de tais patologias conforme a legislação brasileira.

Por seu turno, a surdez é definida pelo Ministério da Educação (2006) com uma perda maior ou menor da percepção normal dos sons, considera-se a existência de vários casos de pessoas com surdez, conforme os distintos graus de perda da audição. Desta pode-se concluir que existe o surdo parcial e o surdo total.

Em relação a DA, conforme preconiza o Decreto nº 5.296/04 capítulo II, artigo 5º, considera-se como deficiente visual aquela pessoa cuja acuidade visual, ou seja, a capacidade de identificar a forma e o contorno dos objetos é menor que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica, e também pessoas com baixa visão, cuja acuidade visual varia entre 0,3 e 0,05 no melhor olho, com correção óptica (BRASIL, 2019).

De modo similar, também são tidas como deficiência os casos em que a somatória da medida do campo visual em ambos os olhos, for igual ou menor que 60º, ou ainda, os casos simultâneos de quaisquer das condições anteriores (BRASIL, 2004). Portanto é considerado DV duas categorias de pessoas: os cegos e os que possuem baixa visão. A saber, em 2019, foi sancionado o Projeto de Lei de nº 1615/19, assegurando à pessoa com visão monocular os mesmos direitos e benefícios garantidos pela legislação brasileira à pessoa com deficiência (BRASIL, 2019).

Diante dos conceitos abordados, torna-se relevante ponderar acerca das limitações educacionais enfrentadas por alunos deficientes visuais e auditivos, as quais variam tendo em vista que estes possuem necessidades especiais distintas (baixa visão, cegueira, surdez) o que exige do docente a adequação das metodologias de ensino, para que de fato se torne factível a inclusão destes discentes em sala de aula, lhes viabilizando o acesso ao conteúdo ensinado de forma adaptada e contribuindo para a aprendizagem significativa dos mesmos. Deste modo, considera-se a relevância de que o docente tenha acesso ao laudo médico do estudante, tendo em vista que este documento é essencial para um planejamento eficiente de suas aulas.

Dado o exposto, é imprescindível a identificação dos conteúdos que podem se tornar insignificantes durante as aulas para o deficiente, conforme a metodologia empregada pelo

docente neste processo de ensino e aprendizagem. Tal percepção deve ser refletiva previamente pelos professores no sentido de que estes possam desenvolver materiais mais acessíveis para este público, com a finalidade de tornar mais atraente o assunto a ser abordado.

Em relação aos conteúdos de ensino, Zabala (1998) menciona que estes são entendidos em termos conceituais, procedimentais e atitudinais. Os conteúdos conceituais relacionam-se ao conhecimento de fatos, conceitos e princípios (ou seja, ao saber); já os procedimentais, são ligados às regras, técnicas, habilidades (ou seja, ao saber fazer); e os atitudinais, a valores, atitudes, princípios éticos (ao ser).

Neste sentido, para o aluno com deficiência visual torna-se relativamente complexa a compreensão dos conteúdos relacionados a temas mais teóricos e abstratos; como por exemplo: ondas e suas classificações, que geralmente são trabalhados por meio de imagens, vídeos, experimentações, entre outros recursos. No entanto, o DV não consegue assistir as imagens ou vídeos. Neste caso, as dificuldades enfrentadas pelo DV seriam para assimilação dos conteúdos seriam: abstração, compreensão e visualização (LIMA; CASTRO, 2012).

Em síntese, existem conteúdos que são de fácil compreensão para os alunos com visão normal, porém abstratos para os alunos DV, como por exemplo, a luz, conteúdo estudado em óptica na Física, sendo que este fenômeno encontra-se presente de várias formas na vida do aluno com visão normal, porém para um cego de nascença, tal conceito não é concreto; pois este não teve essa vivência (BUZZÁ et. al., 2018). No contexto do DA, o som representa um tema que foge das suas percepções naturais, fato que pode gerar dificuldades para a compreensão de tal assunto. E, como é de conhecimento geral, ambos os conteúdos, som e luz, são abordados na física dentro do assunto de ondas.

No tocante ao tema luz, este pode se tornar ainda mais abstrato, ao se analisar a natureza da luz, no qual diz respeito à relação de complementaridade onda-partícula, que significa expressar que a luz pode ser descrita por uma formulação de ondas para certas situações e em outras como partículas. Neste caso, o docente pode frisar o caráter geométrico desse conceito, conseguindo assim relacioná-lo de maneira um pouco mais concreta aos alunos DV.

Exemplo disso, é conforme exposto por Gaspar (2000), muito se sabe sobre energia, suas incontáveis formas, sentenças matemáticas para obter-se o seu valor, que é algo inacabado e presente na natureza e, onde se é conservado; contudo os físicos não sabem o que

realmente é a energia. Frisa-se que este conceito é abstrato tanto para o aluno com visão normal, como para o aluno com DV, colocando ambos no mesmo nível igualitário de abstração (BUZZÁ et. al., 2018). Nessa perspectiva, o docente ao ensinar que a onda encontra-se relacionada à energia, terá que elaborar estratégias que auxiliem tanto o aluno com deficiência auditiva, como o aluno com deficiência visual, aproximando tal temática da realidade em que ambos se encontram inseridos.

Tais dificuldades igualmente são observadas por Camargo (2012, p. 35) em sua obra “Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de Física”, onde ele destaca as objeções vivenciadas pelos graduandos em Física para o delineamento das atividades no ensino de Física em lugares que tenha a presença de alunos DV, como:

1) *Relação entre conhecer fenômenos físicos e ver esses fenômenos*. Essa relação representou uma grande dificuldade ao planejamento de atividades de ensino de Física, pois os fenômenos/conceitos físicos são demasiadamente relacionados à visualização; 2) *O desconhecimento da pessoa com deficiência visual*. Esse desconhecimento não é neutro, constituindo-se num conhecimento equivocado acerca da deficiência visual, conhecimento esse fortemente ligado aos mitos: natureza perfeita que tira com uma mão e dá com a outra, substituição dos órgãos do sentido (exemplo, o tato e a audição substituem a vista), e o envolvimento do cego total de nascimento na escuridão (crença que entende o cego total de nascença como imerso num mundo escuro); 3) *A atribuição de responsabilidades*. Essa dificuldade relaciona-se ao fato de o futuro professor assumir que não é capaz de planejar atividades de ensino porque a Universidade não o preparou, ou porque nas escolas não existem as condições necessárias para a inclusão. Embora muitos desses argumentos sejam verdadeiros, posicionar-se passivamente diante deles é não buscar alternativas para superar as dificuldades oriundas do ensino para alunos com deficiência visual; 4) *A não superação de procedimentos tradicionais de ensino-aprendizagem*. Esse tipo de dificuldade não é exclusivo à problemática do ensino de Física e da deficiência visual, contudo influencia diretamente o planejamento de atividades de ensino de Física que atendam as necessidades de todos os alunos.

Tais dificuldades, encontradas pelos graduandos de Licenciatura em Física, de acordo com Camargo (2012), ainda fazem parte da realidade destes discentes mesmo após a formação inicial. O novo docente de forma geral encontra-se amedrontado pelo desconhecido, por não saber como lidar com as múltiplas realidades de uma sala de aula. Para tanto, torna-se necessário, sobretudo, que estes profissionais perpassem a barreira do preconceito em relação a alunos com deficiências, para então, auxiliá-los a superar seus limites e desafios, contribuindo de forma significativa para suas formações.

Complementando esta percepção, Camargo e Silva (2003, p. 1218) afirmam que:

[...]. é compreensível que os estudantes com deficiência visual tenham grandes dificuldades com a sistemática do Ensino de Física atual visto que o mesmo invariavelmente fundamenta-se em referenciais funcionais visuais.

Logo, é preciso que o docente ao preparar as aulas de Física, compreenda as dificuldades dos alunos cegos, preparando-se para planejar e conduzir as atividades de maneira que estas contemplem as especificidades dos alunos com e sem deficiência (CAMARGO, 2012), levando em consideração que os conteúdos devem ser ensinados de forma diferenciada, não somente utilizando o tradicional quadro branco e pincel, mas de forma mais palpável para os alunos DVs, atentando-se assim para as múltiplas maneiras de relações entre os integrantes das atividades em sala de aula.

Outro problema a ser evidenciado, encontra-se na insuficiência da qualificação dos professores em suas formações iniciais, sendo que tais fatos são comprovados quando se observa a estrutura das aulas destes profissionais, aonde vigora a prática tradicional de ensino em que os estudantes acompanham as aulas e explicações a partir somente do quadro-negro, sem recursos pedagógicos que contemplem estudantes com DV. Registre-se que conforme salientado por Dickman e Ferreira (2008), a Lei garante a inclusão em salas regulares através de materiais pedagógicos adaptados, todavia a realidade observada em sala de aula sem mostra bem distinta conforme exposto anteriormente.

Sob essa ótica, além dos recursos já utilizados normalmente nas aulas de física, como a própria linguagem verbal, a elaboração de materiais que possibilitem ser apalpadados e manuseados é fundamental para que o aluno DV consiga assimilar melhor os assuntos de Física, pois tais materiais táteis proporcionam aos alunos a compreensão de conteúdos relacionados à disciplina (CAMARGO et. al., 2009).

Outrossim, devem-se explorar os outros órgãos dos sentidos do aluno com DV, tais como o tato e a audição, considerando que o conhecimento destes estudantes se dá essencialmente através destes recursos, tendo em vista que esta é a melhor forma deles compreenderem melhor o mundo que os cerca. Com isso, o docente pode elaborar estratégias de aulas que visem utilizar o tato e a audição como recurso a fim de que deficientes visuais assimilem conteúdos relacionados à Física, proporcionando-lhes um o aprendizado significativo (CAMARGO; SILVA, 2003).

Com esta finalidade, o docente pode elaborar maquetes táteis visuais com o intuito de incluir alunos DV nas aulas de física de modo proativo. Neste sentido, para que de fato ocorra à inclusão de alunos com DV nas escolas regulares, é indispensável à oferta de recursos pedagógicos, acessibilidade e professores qualificados, que estejam atentos às especificidades

de cada estudante, seja ele com ou sem deficiência nos processos de ensino e de aprendizado (AZEVEDO et. al., 2018).

Outro aspecto relevante diz respeito à comunicação, a qual é tão importante como qualquer outra atividade corriqueira do cotidiano. Para isso, precisa-se oportunizar o direito de condições igualitárias na sociedade para pessoas com deficiência, desde a comunicação oral à visual, sendo imprescindível a oferta do acesso a informações e a cultura como o meio de se expressar. Neste sentido, surge a audiodescrição, a qual conforme Filho (2010, p.154):

[...] surge como uma tecnologia assistiva que busca suprir a lacuna deixada pela comunicação visual, para aqueles que dela não conseguem tirar proveito. No atual estado da arte dos meios de comunicação, não há dúvidas de que a ausência da audiodescrição cria uma situação de desconforto. Inúmeros são os momentos em que sentimos falta de um detalhamento do que está acontecendo. Seja na televisão, teatro, cinema ou mesmo nas descrições de gráficos e figuras de um livro, ou imagens de uma página da internet, ela é fundamental para a participação efetiva das pessoas com deficiência na interação com a sociedade. Uma pessoa cega que assista sozinha, ao filme *Náufrago*, por exemplo, sem o recurso da audiodescrição, certamente terá um nível de compreensão muito abaixo do mínimo necessário, haja vista que a maior parte do mesmo não possui qualquer diálogo.

Considerando o exposto, o docente deve ponderar acerca da linguagem a ser utilizada em sala de aula ao transmitir determinado conteúdo, pois algumas expressões ou vícios de linguagem podem prejudicar o entendimento dos estudantes DV. Isso acontece quando a comunicação está indissociável da representação visual ao indicar oralmente algum aspecto visual, por exemplo, “olha isto como é”, “olhem como se comporta este gráfico”, “isto somado com isso, resultado nisso”, “mas isto o quê?”.

Outra falha na comunicação encontra-se no uso da linguagem audiovisual interdependente/significado, sendo esta vinculada às representações visuais, que se caracterizam por associar códigos auditivos independentes dos visuais (CAMARGO, 2012, p. 60). Por exemplo, quando o professor fala: “Aqui a gente tem um esquema de um raio de luz” (e indica o local com as mãos). Conforme o estudo de Camargo e Nardi (2012a) essas formas de comunicação do docente rompem com o objetivo que é a transmissão do conteúdo de forma compreensível representando 34,6 % das dificuldades comunicacionais referentes ao aluno que perdeu a visão e 76,0% referentes ao aluno que nasceu cego.

Reitera-se aqui, a necessidade de que os recursos materiais para alunos com DV, devem facilitar a percepção do espaço por seu usuário de modo que este possa ter noções de representações espaciais. Dentre os materiais que podem ser utilizados em sala de aula, têm-se os mapas táteis, as maquetes táteis e/ou sonoras e sinalizações (DIAS et. al., 2014).

Sobre o assunto, vale destacar que o uso de maquetes táteis visuais nas aulas de Física pode minimizar, ou, até mesmo sanar as dificuldades enfrentadas por alunos cegos ou com baixa visão, pois, elas contribuem de modo significativo para o desenvolvimento das aulas, tornando-as mais atrativas e, aproximando os conceitos estudados da realidade dos discentes, transmutando do teórico e abstrato para o palpável, envolvendo deste modo os demais sentidos dos alunos e assim contribuindo para que todas as especificidades que se encontraram em sala de aula sejam atendidas.

É importante salientar que, construir uma maquete tátil visual é uma tarefa desafiante para o docente, considerando que as informações devem ser repassadas ao discente com deficiência visual através do tato ou da audição, o que a torna por vezes fragmentada e complexa de ser compreendida em sua totalidade do que a informação visual (DESTEFANI et. al., 2009).

Deste modo, torna-se fundamental que o projetista da maquete ao desenvolvê-la busque adequá-la o mais próximo possível da realidade que se deseja repassar ao aluno DV, e ao utilizá-la em sala de aula, deve descrever oralmente descrever detalhadamente cada entorno da mesma, para que dessa maneira o estudante não tenha dúvidas ao contorná-la, e ainda, o docente deve considerar aspectos tais como a usabilidade, a durabilidade e se este recurso didático inclusivo possui segurança no manuseio, de modo a garantir a integridade física do discente. De modo similar, os materiais para elaboração de maquete tátil-visual devem ser escolhidos com cautela para que o resultado da imagem construída pela percepção háptica² do aluno cego seja o mais próximo da realidade, superando as dificuldades de comunicação visual e contribuindo para que o usuário deste recurso compreenda o objeto de estudo.

Em relação aos conteúdos atitudinais, voltados para os princípios éticos, pontua-se que é fundamental a convivência em uma classe de ensino regular, de alunos com e sem deficiência, tendo em vista que essa interação é propícia e benéfica para a formação do caráter e dos valores dos indivíduos, inculcando-lhes respeito à heterogeneidade das pessoas,

² O termo háptico é um adjetivo, refere-se ao tato, sinônimo para tátil, a palavra deriva do grego *haptikós*, ou seja, "próprio para tocar, sensível ao tato". Segundo Kastrup (2015, p. 73) trata-se de: "[...] uma percepção por fragmentos, aos pedaços, sempre sucessiva e por vezes parcial", dessa forma tal percepção está diretamente ligado ao tato, envolvendo as mãos e braços, intensificada por movimentos de exploração com tais membros do corpo humano ainda segundo a autora o tato tem uma capacidade. A característica principal do tato é o contato proximal, ou seja, a assimilação do mesmo implica em um contato direto, o que difere de outros sentidos como a visão e audição, nos quais as percepções são possibilitadas a distância.

culminando assim em uma sociedade menos excludente e individualista (CARVALHO; MONTE, 1995).

Partindo agora para uma abordagem acerca das limitações do ensino de física para deficientes auditivos, inicialmente cumpre mencionar que o surdo é aquele sujeito que se relaciona com o mundo por meio de aprendizados visuais, e principalmente pela Língua Brasileira de Sinais (Libras) (BRASIL, 2005). Portanto a comunicação deste público acontece através de uma linguagem visual-gestual (QUADROS, 2004), sendo que no ambiente escolar, normalmente este tem a sua disposição um professor intérprete, o qual atua como um mediador entre este aluno e as pessoas ouvintes, estabelecendo uma ponte de comunicação e interação entre professor-aluno surdo, interação aluno-surdo e colegas de sala, etc. (GOBARA; VARGAS; 2014).

Válido evidenciar que a linguagem verbal é um meio de integração dos indivíduos em terão uma maior dificuldade de desenvolvê-la, todavia, isso não implicará em uma impossibilidade para tal ação. Todavia, mesmo que a deficiência auditiva não interfira no desenvolvimento cognitivo do indivíduo surdo, tal limitação dificulta o raciocínio abstrato, pois existirá uma maior objeção na formação de conceitos e símbolos (ZENARI, 2003).

As dificuldades relacionadas ao ensino de física para alunos surdos são inúmeras, sendo que um dos fatores que intensificam essa realidade é a escassez de pesquisas direcionadas para tal temática, o que gera uma precariedade na estrutura em que os conteúdos são transmitidos para este público. Em particular, no componente curricular de física, foco deste estudo, advém à necessidade dos docentes elaborarem propostas que assistam tais alunos em suas deficiências, colaborando para o desenvolvimento adequado das suas competências e habilidades (PEREIRA; MATTOS, 2017), considerando que o aluno DA, também apresenta certas restrições para a compreensão de determinados conteúdos de física, tendo em vista que a abstração é uma característica da disciplina para a construção de conceitos (NOGUEIRA et. al., 2005).

Convém registrar que nos livros de física, a exemplificação de fenômenos da ondulatória é baseada em experiências sensoriais tais como, a audição e a visão, porém pessoas com deficiência auditiva, não são capazes de compreender os temas abordados, devido à ausência de tais prerrogativas (NOGUEIRA et. al., 2005).

Tais pressupostos levam ao entendimento de que o docente, ao propor o estudo de fenômenos ondulatórios em classes inclusivas, deve utilizar recursos adaptáveis, tais como

imagens para uma melhor compreensão por parte do aluno com DA. Contudo deve desassociá-las da percepção auditiva, para que o aluno surdo consiga compreender tais conteúdos, pois, mesmo as imagens contidas em livros didáticos, em grande parte estão relacionadas à percepção auditiva, o que muitas vezes torna-se um obstáculo para o ensino de ondulatória.

É importante salientar que o docente que leciona a disciplina de física trabalhe em conjunto com o intérprete de Libras, objetivando a compreensão significativa dos assuntos transmitidos em aula aos DAs, planejando suas ações pedagógicas em conjunto com este profissional no sentido que não ocorra nenhum equívoco no momento da tradução da aula aos alunos surdos (PEREIRA; MATTOS, 2017). Nota-se a relevância desta parceria entre o a fim de minimizar as dificuldades enfrentadas na compreensão de conteúdos específicos de Física por estes estudantes.

Há que se considerar ainda que se torna relevante que o professor não transfira a responsabilidade de ensinar os conteúdos de física para o intérprete, pois a formação de tal profissional não é direcionada para o ensino desta disciplina. Complementando este entendimento, Quadros (2004) alerta para o fato de que os intérpretes estão adquirindo obrigações que não lhes competem, pois o papel de tal profissional é unicamente de traduzir em Libras e não de elucidar os conceitos e assuntos, como vem ocorrendo em algumas instituições de ensino. Tal fato se agrava, pois somente este profissional domina a língua de sinais, o que gera uma maior dificuldade na relação entre o aluno surdo e o professor em sala de aula.

Tais situações levam o intérprete, em inúmeras ocasiões, a realizar alterações nas explicações do professor ao traduzir os conteúdos a serem transmitidos aos alunos com surdez. Tal aspecto é evidenciado pela teoria de Vygotsky, a qual evidencia que o intérprete não deveria modificar o que o docente esteja explicando, entretanto, não existem sinais em Libras próprios para disciplinas como a de Física e de Matemática (GOBARA; VARGAS, 2014). Como exemplo, tem-se o comprimento de onda, o qual é simbolizado pela letra grega lambda (λ), porém este não possui representação em Libras, o que causa rupturas na tradução em Libras de tais conteúdos (SAMPAIO et. al., 2018).

Conforme exemplificam Sampaio et. al.,(2018) a grandeza física comprimento de onda é simbolizada pela letra grega lambda (λ), porém não tem sinal em Libras, logo o professor

deve enfatizar o conceito, esquivando-se de utilizar associação de tais simbologias.', o que causa rupturas na tradução em Libras de tais conteúdos.

Tais ponderações levam a percepção de que o profissional da educação ao ensinar a parte da física que contém fórmulas e símbolos, tais como letras gregas como é o caso da equação da velocidade da onda, da frequência angular e da função da onda, deverá estar preparado para entraves que poderão ocorrer. Dado o exposto, este deve frisar de modo pontual os conceitos físicos, a fim de evitar maiores dificuldades ao adentrar na parte matemática que a temática ondulatória demanda.

Além disso, existe uma defasagem na linguagem utilizada pelos surdos, no que se refere ao vocabulário científico, pois muitos termos que possuíam sinais nessa língua tem um sentido distinto do científico, tais como a conceituação de onda, a qual está correlacionada com a onda no mar, e não especificamente a propagação de um pulso ou perturbação em algum meio específico (SAMPAIO et. al., 2018). Deste modo, para tentar minimizar tal problemática, os autores supracitados criaram sinais, para termos que são fundamentais para o entendimento do conteúdo abordado no trabalho e, também para termos do meio científico que são utilizados com frequência nas aulas, sendo que tal técnica pode ser usufruída pelo o docente em conjunto com o intérprete.

Sabe-se que para cada deficiência deve-se elaborar estratégias e artifícios diversificados como jogos pedagógicos e/ou recursos tecnológicos, de forma a auxiliar o ensino e a aprendizagem dos alunos com tais especificações, para assim ser possível à inclusão em salas de ensino regular, como propõem os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) – Adaptações Curriculares (1998):

As adaptações curriculares constituem, pois, possibilidades educacionais de atuar frente às dificuldades de aprendizagem dos alunos. Pressupõem que se realize a adaptação do currículo regular, quando necessário, para torná-lo apropriado às peculiaridades dos alunos com necessidades especiais. Não um novo currículo, mas um currículo dinâmico, alterável, passível de ampliação, para que atenda realmente a todos educandos (BRASIL, 1998, p. 34).

Tendo em vista as diferentes realidades em sala de aula, deve-se usar da criatividade para produzir ou até mesmo adequar materiais pedagógicos para viabilizar o ensino de Física aos alunos com deficiência, estimulando a participação e a aprendizagem destes discentes.

Sublinhe-se que um dos obstáculos ao ensinar a temática ondulatória aos alunos surdos, em específico sobre o som, que é uma onda mecânica, e que carece de um meio para propagar-se, como já citado, é o fato de que o aluno-surdo não pode ouvir o som. Deste modo,

para ultrapassar tal dificuldade, o presente trabalho enfatiza uma estratégia em que se faz uso de uma caixa de som para a propagação deste, permite que o estudante com deficiência auditiva, compreenda este fenômeno através do utilizando o tato onde este sente a vibração.

Cabe ao docente promover as devidas colocações enfatizando para os alunos sobre os fenômenos associados aos vários significado físicos (CAMARGO, 2012), pois desta forma, os conceitos que são de complexa compreensão para alunos DA e DV podem se tornar mais fáceis quando apresentados em abordagens desassociadas das limitações desses alunos, neste caso a visão e audição.

Pretende-se neste trabalho não somente apontar problemas com relação à inclusão de alunos cegos, com baixa visão ou surdos, mas propor possíveis alternativas para o docente em formação continuada ou em formação inicial, a partir da utilização de materiais como maquete tátil visual, imagens em alto relevo e áudio descritas como parte da SD que compõe o produto educacional (Apêndice A). Tais perspectivas tem por finalidade, amenizar a ausência de preparo dos docentes e compartilhar a experiência didática vivenciada a fim de incentivar os professores a refletirem sobre a temática de inclusão dos alunos DV e surdos nas aulas de Física.

Vale ressaltar que o fato do aluno ser deficiente visual ou surdo, não necessariamente significa que ele está limitado a não aprender algum conteúdo. Todavia, é de suma importância que este seja estimulado para se mostrar proativo em seu processo de ensino e aprendizagem.

Convém registrar que a história relata grandes exemplos de superação, entre eles Johannes Kepler (1571-1630), o qual mesmo com visão limitada que lhe fazia enxergar múltiplas imagens (poliopia) e ainda, por apresentar dificuldades para enxergar de longe em decorrência dos efeitos da varíola, é considerado um dos grandes cientistas do campo da astrologia, sendo reconhecido mundialmente por suas Leis planetárias que são fundamentais para o estudo da mecânica celeste. Outro grande nome da música, Ludwig Van Beethoven (1770-1827), que sofria de uma surdez progressiva sem diagnóstico definitivo, o qual mesmo quando perdeu completamente sua audição foi capaz de criar sua maior composição, a nona sinfonia (FERREIRA, 2018).

Desta feita, com os devidos cuidados em traçar metodologias que incluam alunos especiais de forma proativa nas aulas, pode culminar na criação de um ambiente em sala de aula favorável para processos de ensino e de aprendizagens satisfatórios. Mas, para isso, os

docentes devem se atentar para a adoção de mecanismos pedagógicos que venham a ser eficientes para todos os alunos em uma sala de aula, de maneira a atender a diversidade de um

1.4 ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO DOS CONCEITOS

A terceira versão da Base Nacional Comum Curricular (BNCC)³, homologada no final do ano de 2017, possibilita mudanças significativas para o Novo Ensino Médio⁴. Desta forma o currículo do Ensino Médio (EM) é composto pela BNCC e por itinerários formativos, visando substituir o modelo único de currículos do EM, por um flexível e diversificado conforme preconiza a Lei nº 13.415/201755, a qual modifica o artigo 36 deste disposto. (BRASIL, 2017).

A BNCC na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, composta por Biologia, Física e Química, propõem o foco nas interpretações dos fenômenos naturais e processos tecnológicos de forma a instigar os estudantes a compreender os fatos, conceitos, procedimentos e teorias dos mais variados campos de estudos das Ciências da Natureza (BRASIL, 2017). Com base nessa perspectiva, que o tema ondulatória foi escolhido para ser abordado no presente trabalho conforme as unidades de conhecimento e objetivos de aprendizagem na componente curricular Física.

Ao se propor o ensino do tema ondulatória em Física, deve-se enfatizar alguns conceitos para o ensino de alunos com deficiência, deste modo compete ao docente na realização do planejamento, faça o delineamento dos objetivos gerais e específicos de cada aula, levando em consideração todos os alunos que constituem a turma de sala de aula, incluindo os alunos especiais.

É comum nas aulas de Física o uso exacerbado de fórmulas dissociadas do seu significado físico. Por exemplo, pode-se citar o fato de que os estudantes podem conseguir realizar o cálculo do período de uma onda, mas ao ser indagado sobre o que exatamente significa o resultado da operação matemática realizada, alguns podem não conseguir explicar o conceito de período na prática.

³Disponível em http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf.

⁴Guia para Novo Ensino Médio disponível em http://movimentopelabase.org.br/wp-content/uploads/2019/05/Guia_Novo_Ensino_M%C3%A9dio.pdf.

Neste contexto, o docente é peça fundamental na organização das atividades de ensino que irão auxiliar os discentes na construção de conceitos físicos. Baseado neste entendimento, este deve planejar as aulas, buscando alternativas que promovam a participação de todos os alunos presentes na sala de aula. Assim, faz-se necessário que o docente delimite quais são os conceitos primordiais do tema ondulatória, principalmente àqueles que envolvam os alunos com necessidades especiais como surdez e cegueira ou baixa visão nas aulas de Física no ensino regular.

Diante deste contexto, esta subseção discorre acerca dos conceitos imprescindíveis para o ensino de ondas a alunos DA e DV, demonstrando possíveis adaptações que os auxiliem na aprendizagem dos conteúdos referentes ao tema, mesmo com suas limitações físicas.

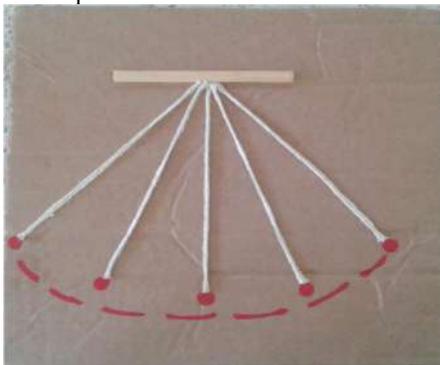
Seguindo esta linha de raciocínio, um dos conceitos iniciais para abordagem de ondulatória pode ser o movimento de oscilação, o qual como o próprio nome sugere é um movimento que muda de sentido, ora está de um lado ora de outro, ou seja, são movimentos que um corpo descreve e se repete em certo momento, como por exemplo, tem-se o movimento de um pêndulo de relógio. Podendo-se introduzir ainda o termo vibração, estando este frequentemente relacionada à oscilação, ou seja, corpos que se deslocam de um lado para o outro, seguindo o mesmo caminho.

Sublinhe-se que uma das estratégias para condução da compreensão dos alunos tanto cegos, como baixa visão e surdos, seria a utilização do tato a fim de que estes estudantes sintam o movimento de oscilação. Com essa finalidade o docente poderia construir um pêndulo simples que conforme explicam Hallais et. al.(2017, p. 223) “[...]consiste num objeto preso por uma corda. Quando afastamos a massa da posição de repouso e a soltamos, o pêndulo realiza oscilações”, com materiais recicláveis os quais de acordo com os autores, podem ser: garrafa pet, 40 cm de linha ou barbante, um pedaço de arame e uma chumbada de pesca. Os autores em sua obra ensinam como pode ser elaborado tal recurso para os alunos DV, assim para os alunos surdos, reiterando que o professor pode direcionar os estudantes a tocarem e perceberem o movimento de vai e vêm, e a partir dessa ação concreta apresentas a este público os conceitos de oscilação e período.

Os autores ainda discorrem acerca das maquetes táteis visuais conforme apresentado pela figura 31, como sendo estratégias para a identificação do movimento do pêndulo em pelo aluno DV. Analisando o protótipo apresentado por Hallais et. al.(2017), percebe-se que as

maquetes táteis visuais não necessariamente precisam de materiais mirabolantes para a suas confecções. Frisa-se que os materiais utilizados devem ser acessíveis para o manuseio em sala de aula e também, para o transporte das mesmas a outras turmas. Assim, o docente ao adotar essa estratégia, deve atentar-se para a durabilidade da maquete tátil-visual, as distintas texturas para o manuseio dos alunos cegos e com baixa visão, de forma que estes possam sentir os diferentes elementos da maquete, aspectos estes que facilitam a aprendizagem desses alunos.

Figura 31: Maquete tátil-visual do movimento do pêndulo



Fonte: Hallais et. al. (2017, p. 224).

Ao inteirar-se da ideia de vibração (uma oscilação em função do tempo) pode-se elucidar o conceito de onda, que pode ser associada a uma oscilação tanto no espaço quanto no tempo, ou seja, tanto em função do espaço quanto do tempo. Assim tem-se onda como uma vibração no determinado espaço, em outras palavras, em determinado meio, é importante salientar que onda não transporta matéria somente energia, deve-se usar de estratégias para que os alunos especiais compreendam tal conceito, usando analogias e imagens em alto relevo para alunos cegos e com baixa visão.

Logo o docente pode introduzir o conteúdo que versa acerca das diferenciações de classificações das ondas, quanto a sua forma de vibração, reiterando que uma onda que vibra na horizontal e se propaga nessa mesma direção, é denominada onda longitudinal e, um exemplo clássico é o som, podendo este ser usado para uma melhor compreensão dos alunos surdos e ouvintes, assim como dos estudantes com DV.

Outro recurso que pode ser empregado pelo docente são os vídeos, os quais explicam a propagação das ondas quanto à forma de vibração. Registre-se que este vídeo deve conter a

tradução em Libras para atender tanto estudantes surdos, e ainda a opção de audiodescrição⁵ para o aluno DV, a qual se mostra extremamente eficiente. O professor pode ainda, utilizar molas, nas quais se podem gerar pulsos e diferentes direções para exemplificação de tais classificações atendendo os alunos cegos permitindo-lhes usar o tato para sentir a propagação nas diferentes direções (SAMPAIO et. al., 2018). Para fixar a compreensão das classificações expostas acima (onda transversal e longitudinal), o docente pode realizar simulações do PhET⁶ (*Physics Education Technology*), “Ondas em cordas”, na aba “Ouvir com pressão do ar variável”, pois, através destes recursos os alunos surdos podem sentir as vibrações das ondas sonoras de um caixa de som do notebook, por exemplo, (SAMPAIO; COSTA; BRAZ, 2018). Convém evidenciar que o uso de simulações no ramo da física para corroborar com o ensino de ondulatória para alunos com especificações, tais como baixa visão, cegos ou surdos se mostra extremamente válido.

Como segunda classificação em relação à vibração de propagação da onda, tem-se a onda transversal, aquela cujas direções de propagação e vibração são diferentes. Por exemplo, uma onda propagando-se na horizontal, porém vibrando na vertical, demonstra que a direção de sua vibração e de sua propagação é perpendicular (transversal), podendo exemplificar tal classificação com uma onda em uma corda propagando-se. Ao discorrer sobre este tópico, o docente pode adentrar na classificação da direção de propagação de energia, a qual pode ser unidimensional, bidimensional e tridimensional.

Em relação ao ensino do movimento nas três direções, pode ser proposta uma analogia através de cenas de personagens de jogos 2D e 3D, tendo como exemplo o Super Mário World, que pode representar o movimento bidimensional, onde o mesmo realiza movimentos de subir e descer. Outro exemplo de cena de jogo que pode ser utilizada na aula é de Tony Hawk, em que tal personagem que é controlado pelo jogador, anda de skate em todas as direções possíveis (SAMPAIO et. al., 2018). Insta esclarecer que as estratégias utilizadas

⁵ Segundo Motta (2016, p. 15) “a audiodescrição é um recurso de acessibilidade comunicacional que amplia o entendimento das pessoas com deficiência visual em todos os tipos de eventos, sejam eles acadêmicos, científicos, sociais ou religiosos, por meio de informação sonora. Transforma o visual em verbal, abrindo possibilidades maiores de acesso à cultura e à informação, contribuindo para a inclusão cultural, social e escolar”. Dessa forma a audiodescrição é um recurso que possibilita o acesso de pessoas com deficiência visual na compreensão e participação na sociedade, esse recurso de acessibilidade tem por finalidade a tradução de imagens em palavras, de maneira objetiva, com descrições diretas de forma que o deficiente compreenda com maior facilidade determinados situações.

⁶<https://phet.colorado.edu/>

pelos autores supracitados se mostram eficientes somente para alunos com visão normal, logo ao usufruir de tal recurso, deve-se ainda traçar outros mecanismos para os alunos cegos.

Ainda para o ensino de onda, no concernente a sua definição, aos estudantes devem ser apresentadas as características que esta possui, tais como cristas e vales, onde as cristas das ondas correspondem aos pontos mais altos e os vales aos pontos mais baixos. Outro conceito fundamental está relacionado às grandezas de uma onda, tais como amplitude, comprimento de onda, período, frequência, e velocidade de uma onda, sendo que algumas dessas grandezas podem ser apresentadas para alunos deficientes com o uso de uma maquete que demonstra um instante da propagação desta onda representada.

Como já mencionado, o conceito físico de oscilação pode ser empregada quando se introduzir o termo período, sendo este o tempo em que uma vibração complete um ciclo, ou seja, o tempo de uma volta completa. Como a onda está associada a oscilações que se propagam, o período estará relacionado ao tempo para oscilação se repetir. Sabe-se que a frequência está correlacionada ao período, para qual a frequência é o número de repetições de algo em determinado espaço de tempo. Pode-se ainda, aprofundar o conceito de frequência associado ao de onda, assim define-se frequência como o número de cristas que passam por um ponto do espaço em um determinado espaço de tempo. Desta forma, após explanação do docente acerca destes que se mostram fundamentais para a compreensão da ondulatória, é possível partir para a abordagem de fenômenos mais avançados da ondulatória para os alunos especiais, podendo também introduzir as relações matemáticas que descrevem o fenômeno e avançar para os cálculos, retirando as lacunas conceituais que são necessárias para aprofundamento em tal temática.

No que diz respeito ao ensino dos fenômenos ondulatórios, sendo estes: reflexão, refração, difração, interferência e polarização aos alunos surdos e cegos/baixa visão, deve-se pontuar que a propagação da onda em uma única dimensão, com exceção da polarização ocorre somente em ondas transversais em três dimensões. Desta forma, o docente mais uma vez estará enfatizando a parte conceitual dos fenômenos ondulatórios. Para compreender a reflexão o fato de que ela acontece quando encontra uma barreira e volta ao seu meio inicial deve ser enfatizado. No tocante a refração deve-se considerar que a ideia principal é que a união de duas cordas de diferentes materiais implica em densidades distintas, devendo-se ainda salientar o conceito de densidade para se aprofundar neste tópico. Sublinhe-se que ao ser provocado um pulso por uma extremidade e, este encontrar o ponto de ligação entre as

duas cordas, ocorre o fenômeno de refração, no qual dependendo da mudança de densidade, pode ou não acontecer uma inversão de fase ao retornar ao meio original da fonte que gerou o pulso, além da propagação do pulso incidente no segundo meio, após passar pelo ponto de intercessão.

Em relação à interferência, deve-se ter em mente que se trata do encontro de duas ondas no mesmo meio, mas em sentidos contrários, que ao encontrarem-se ocorre uma interferência. Igualmente, urge transmitir aos estudantes que tal fenômeno pode ser construtivo ou destrutivo dependendo das fases das ondas ao estarem em superposição. Na difração deve ser frisada a capacidade da onda de rodear barreiras, orifícios ou obstáculos, dependendo do tamanho do comprimento de onda e do tamanho da barreira.

E por último, quando buscar-se ensinar aos estudantes acerca da polarização deve-se ressaltar que esta acontece somente em ondas transversais que oscilam em direções diferentes da propagação da onda e, que polarizar a onda, significa fazer com que o campo elétrico da onda oscile em apenas uma direção.

Convém aqui mencionar que se utilizando o Método de Braille podem-se confeccionar lâminas em alto-relevo como ponte para o leitor cego, com a finalidade de elucidar o ensino de fenômenos ondulatórios, conforme o modelo utilizado por Silva e Santos (2018). Os autores elaboraram e testaram um produto educacional intitulado “*Lâminas em Alto Relevo para o Ensino de Ondas e Fenômenos Ondulatórios a Deficientes Visuais*”, sendo construídas 47 Lâminas em alto relevo com o uso de materiais tais como: material plástico, punções comerciais do tipo punção de centro de 5 mm (utilizada para o contorno das imagens), PZ1 (utilizada para representação de curvas) e T10 (utilizada para salientar pontos ou estruturas diferentes das anteriores).

Importa aqui destacar, que este produto educacional, representa uma estratégia extremamente eficaz para a inclusão de alunos cegos e até mesmo os de visão normal em atividades desenvolvidas em sala de aula ao se ensinar física, principalmente no concernente a fenômenos ondulatórios visto que todos os alunos, podem se valer do tato para contornar as lâminas que representam tais manifestações.

Ainda, para o ensino de difração, podem-se realizar montagens experimentais (PARANHOS; GARCIA, 2009) para DV e kits de laboratório (ALMEIDA *et. al.*, 2011), ferramentas estas que podem estimular a participação ativa de todos os alunos na aula. Acerca da função de ondas é possível ainda utilizar como estratégia a de elaboração de gráficos de

funções trigonométricas, onde a curva é ilustrada com uso de cola alto relevo, utilizando nos eixos barbantes e uma malha quadriculada com cola em alto relevo, e a escrita em Braille, conforme utilizado por Camelo et. al. (2014) utilizadas pelos docentes como estratégias pedagógicas para a inclusão de estudantes com Deficiência Visual ou Auditiva nas aulas de Física ao se propor o ensino da temática ondulatória. Torna-se relevante reiterar que, estes recursos devem ser empregados pelos docentes da disciplina em suas práticas pedagógicas, considerando que não basta simplesmente o aluno deficiente estar presente em uma instituição de ensino regular, se o mesmo é excluído dos processos de ensino e aprendizagem propostos em sala de aula, pois tal ato, nada mais é que uma segregação, o que faz com este público se sinta desmotivando, ocasionando a desistência dos estudos. Deste modo, ao utilizar os mecanismos sugeridos na subseção, o docente colaborará com a inclusão de tais alunos em sala de aula, promovendo a participação proativa dos mesmos e como consequência tem-se uma aprendizagem significativa, que lhe permitirá desenvolver habilidades e competências que poderão ser empregadas em seu cotidiano.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção apresenta-se a fundamentação teórica alicerçada pelas temáticas relevantes para este estudo dissertativo. De início serão abordadas questões relativas à inclusão de deficientes visuais e auditivos na educação básica, perpassando pela legislação que ampara este processo. Na sequência serão discutidas as contribuições de Vygotsky para o ensino de alunos com deficiência. Por fim, se tem uma breve revisão bibliográfica, a qual foi construída com informações coletadas no portal de periódicos da Capes sobre adaptações de materiais pedagógicos, bem como uma revisão do ensino de ciência para DA e DV, visando à inclusão destes discentes nas aulas de Física.

2.1 INCLUSÃO DE DEFICIENTES VISUAIS E AUDITIVOS NA EDUCAÇÃO BÁSICA

De início, vale ressaltar que apesar da inclusão ser um tema amplamente debatido na sociedade, pouco se discute sobre o que de fato é a inclusão de alunos com necessidades especiais em uma sala de aula do ensino regular. Em vista de tais pressupostos, considera-se fundamental que toda a comunidade escolar, principalmente o professor, profissional que terá contato direto com este aluno compreendam o verdadeiro significado de inclusão, tendo em mente que este processo não se resume apenas a permitir a frequência do sujeito deficiente a um ambiente escolar e sim, que para a efetividade da inclusão, o docente deve proporcionar um ambiente acolhedor, que possibilite a integração do estudante através de práticas pedagógicas dinâmicas, flexíveis e inovadoras respeitando, deste modo, a singularidade de cada indivíduo. Assim, esta subseção objetiva-se discorrer sobre a inclusão de estudantes com necessidades especiais, especificamente deficiência visual e deficiência auditiva, em escolas na Educação de Ensino Regular.

A inclusão ampara-se nos preceitos de convivência e aceitação da diversidade, independentemente das peculiaridades dos indivíduos em uma sociedade (MENDES, 2001), o que implica em oportunidades igualitárias em todas as áreas, como na educação. O Brasil desde o império vem implantando políticas públicas voltadas para a educação inclusiva, o que fomentou diversas mudanças na educação brasileira, ressignificando os sistemas de ensino. A título de esclarecimento, a Declaração de Salamanca (UNESCO, 1994) é responsável por

contribuir para a efetividade deste processo, pois estabelece que a educação inclusiva seja um direito de todos os estudantes deficientes independente de suas limitações, sejam elas intelectuais físicas ou sociais.

É interessante ressaltar que quando se fala em inclusão, deve-se pensar em um trabalho em conjunto, onde todos os alunos estejam envolvidos para a sua concretização. Dessa maneira, o processo de inclusão escolar não deve voltado unicamente para a elaboração de uma atividade adaptada a ser aplicada exclusivamente ao estudante com deficiência, mas sim uma tarefa que abranja toda a classe de turma, de maneira que nenhum estudante seja excluído das práticas docentes.

Diante de tais pressupostos, subtende-se que a construção de uma educação inclusiva de excelência, a integração e a permanência do discente com deficiência no Ensino Regular não é suficiente tendo em vista que é fundamental a participação proativa deste estudante em todas as atividades executadas em sala de aula juntamente com os demais colegas para a promoção da igualdade de condições de aprendizagem. Neste contexto, as instituições escolares são agentes fundamentais da educação, as quais devem estar comprometidas com a busca pela efetivação da educação para todos, sem preconceitos ou segregações, propondo mudança de paradigmas e aceitando as diferenças.

Para que se compreenda melhor este processo, faz-se necessário esclarecer que a inclusão de educandos com deficiência visual ou auditiva dar-se por meio do Braille e Libras como mecanismos de linguagem no ensino regular sendo que ensino e aprendizagem de Libras é garantida por Lei para estudantes com surdez e o Braille para Deficientes Visuais, de maneira a facilitar a interação destes no meio escolar, bem como na sociedade de maneira geral, sendo que tais medidas, juntamente com as estratégias utilizadas pelo professor e também com incentivo da equipe gestora da instituição escolar, a inclusão dos discentes DA e DV no Ensino Regular contribuirá para que o processo de inclusão se efetive.

Conforme mencionado incansavelmente no decorrer do estudo, a inclusão escolar de estudantes com deficiência é garantida por lei, e desde os primórdios a legislação vem avançando consideravelmente no Brasil, deste modo, a subseção a seguir discorrerá sobre as leis, diretrizes e normativas que subsidiam a criação de Políticas Públicas para a efetivação do processo de inclusão.

2.1.1 Contexto Legal da Educação Inclusiva

Nesta subseção serão abordados aspectos relacionados às políticas de educação inclusiva no Brasil, considerando como referências leis brasileiras, decretos, diretrizes políticas específicas do Ministério de Educação (MEC) e documentos internacionais. Para tal pesquisa levou-se em consideração um panorama histórico acerca da evolução de tal temática, para posteriormente fomentar possíveis alternativas para validar a legislação inclusiva no Brasil, que infelizmente ainda deixa muito a desejar no que se refere ao fato de envolver o aluno com deficiência em uma sala de aula.

No âmbito internacional, a educação inclusiva fez-se notória através da Declaração de Salamanca (UNESCO, 1994), a qual propõe que os estudantes com as quais deveriam realizar as devidas adequações para receber esse novo público, pois as instituições têm por exigência contribuir para o combate à discriminação, contribuindo para a transformação da sociedade através de uma perspectiva inclusiva disponibilizando uma educação de qualidade para todos.

No Brasil a inserção da Educação Especial no contexto escolar foi um importante marco para a ampliação posterior da Educação Inclusiva, no período imperial com a criação de dois institutos, o primeiro fundado em 1854, o *Imperial “Instituto dos Meninos Cegos”*, atualmente Instituto Benjamin Constant, e o outro em 1857, o *“Imperial Instituto dos Surdos-mudos”*, nos dias de hoje como Instituto Nacional de Educação de Surdos (MAZZOTA, 2005).

Vale salientar que existe uma diferença entre os conceitos de “Educação Inclusiva” e “Educação Especial”, o primeiro termo faz referência ao ingresso do estudante com deficiência em classes comuns de ensino regular. Por seu turno, o segundo, é um modelo de ensino aonde o estudante com deficiência é atendido por um ou mais profissionais especializados em um ambiente dissociado da sala de aula, reservado unicamente com fins de sua escolarização, onde este somente terá contato com estudantes que apresentem deficiências, transtornos e em muitos casos, apenas um déficit cognitivo. (ALENCAR *et. al.*, 2016).

No cenário brasileiro, a Lei de Diretrizes e Base da Educação Nacional (LDBN) 93944/96, foi um marco histórico e oficial no concernente a Políticas Públicas que indivíduos com necessidades especiais deveriam ser incluídos em salas de aula de Ensino Regular (BRASIL, 1998). Consigne-se a educação especial foi instituída pelo Decreto nº 3.298, e regulamentada pela Lei nº7.853/89, ao qual preconiza que a Educação Especial é uma

modalidade transversal para todos os níveis de ensino, atuando de forma complementar ao Ensino Regular (BRASIL, 2006).

Seguindo uma linha histórica, o atendimento para estudantes com necessidades especiais “preferencialmente” em turmas de Ensino Regular, já era mencionado. Segundo Batista (2006), o uso desse termo “preferencialmente” refere-se ao fato da constituição aceitar tal suporte educacional especializado fora da rede regular de ensino, porém devendo este ocorrer prioritariamente nas escolas de ensino regular comum ou especializadas com a devida autorização e registro pela Lei Educacional.

O autor ressalta ainda que tal atendimento é apenas um complemento, da escolarização de estudantes com deficiência, transtornos, etc., não podendo substituir o ensino transmitido em um contexto de sala de aula que garanta a todos os estudantes os mesmos recursos, as mesmas práticas docentes, os mesmos recursos pedagógicos, as mesmas avaliações, obviamente adaptados, sem desconsiderar as especificidades de cada aluno, tendo em vista que o processo de ensino e aprendizagem até então tem se mostrado como uma incógnita, todavia o que se tem certeza, é que cada ser humano possui um nível diferente de aprendizado, em virtude de suas subjetividades. Deste modo, tais ponderações levam a reflexão de que o professor deve ainda desenvolver a habilidade de ser um cientista da educação, pois em sua sala de aula, possui um laboratório valoroso para que através de uma observação crítica e reflexiva de seus alunos durante a execução de atividades, sejam eles deficientes ou não, possa compreender como estes aprendem e assim ter subsídios para elaborar estratégias que contribuam para o avanço acadêmico destes estudantes.

Para discentes com Deficiência Visual ou Deficiência Auditiva, o auxílio especializado acontece de forma simultânea ao Ensino Regular e a Educação Especial. Desta maneira a Educação Especial é um suporte, abandonando o caráter substitutivo do Ensino Regular, servindo como uma complementação na formação do indivíduo com tais deficiências (ALENCAR, et. al. 2016).

Em 2003, o Ministério da Educação elaborou o Programa Educação Inclusiva: Direito à Diversidade, com o objetivo de divulgar a inclusão. Já em 2008, foram divulgadas as Políticas Nacionais de Educação Especial, com intuito de uma educação que visa à participação e aprendizagem de estudantes com deficiências (MEC/SEESP, 2007).

Tais políticas públicas visam delegar as instituições de ensino, a responsabilidade de se adequarem para o atendimento de estudantes com deficiência, proporcionando-lhes

oportunidades para um ensino de qualidade (MEC/SEESP, 2001). Assim, para promover a inclusão dos alunos e auxiliá-los, o Conselho Nacional de Educação (CNE) criou uma estrutura para reforçar o currículo na escola regular, constituiu a resolução (CNE/CEB, 04/2009), denominadas Diretrizes Operacionais para o Atendimento Educacional Especializado (AEE).

As Diretrizes são utilizadas para subsidiar os profissionais da educação na elaboração de materiais pedagógicos de acessibilidade que contribuam para a interação de alunos deficientes com a escola comum, sendo que estes recursos podem ser utilizados tanto no Atendimento Educacional Especializado como em sala de aula. Cumpre evidenciar que o ambiente onde se dará o AEE, seguindo deve estar preparado com mecanismos adaptados e, ainda contar com profissionais especializados na área de ensino especial que auxiliarão o discente com necessidades especiais em seu acesso à escolarização (BRASIL, 2010). Apesar de tais exigências, a instituição de uma sala de AEE em unidade escolar se mostra complexa, pois se observa uma carência de profissionais com formação específica em Atendimento Educacional Especializado de estudantes com deficiência, transtornos e outras especificidades. . (ALENCAR, et. al., 2016).

Em 2015 foi homologada a Lei de nº13.146, de 6 de julho de 2015, também conhecida como a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência ou ainda, Estatuto da Pessoa com Deficiência, a qual em seu artigo 28 garante o acesso à educação à pessoa com deficiência e ainda, em seu capítulo IV, estabelece que seja incumbência do poder público assegurar, criar, desenvolver, implementar, incentivar, acompanhar e avaliar:

I - sistema educacional inclusivo em todos os níveis e modalidades, bem como o aprendizado ao longo de toda a vida; II - aprimoramento dos sistemas educacionais, visando a garantir condições de acesso, permanência, participação e aprendizagem, por meio da oferta de serviços e de recursos de acessibilidade que eliminem as barreiras e promovam a inclusão plena; III - projeto pedagógico que institucionalize o atendimento educacional especializado, assim como os demais serviços e adaptações razoáveis, para atender às características dos estudantes com deficiência e garantir o seu pleno acesso ao currículo em condições de igualdade, promovendo a conquista e o exercício de sua autonomia; IV - oferta de educação bilíngue, em Libras como primeira língua e na modalidade escrita da língua portuguesa como segunda língua, em escolas e classes bilíngues e em escolas inclusivas; V - adoção de medidas individualizadas e coletivas em ambientes que maximizem o desenvolvimento acadêmico e social dos estudantes com deficiência, favorecendo o acesso, a permanência, a participação e a aprendizagem em instituições de ensino; VI - pesquisas voltadas para o desenvolvimento de novos métodos e técnicas pedagógicas, de materiais didáticos, de equipamentos e de recursos de tecnologia assistiva; VII - planejamento de estudo de caso, de elaboração de plano de atendimento educacional especializado, de organização de recursos e serviços de acessibilidade e de disponibilização e usabilidade pedagógica de recursos de

tecnologia assistiva; VIII - participação dos estudantes com deficiência e de suas famílias nas diversas instâncias de atuação da comunidade escolar; IX - adoção de medidas de apoio que favoreçam o desenvolvimento dos aspectos linguísticos, culturais, vocacionais e profissionais, levando-se em conta o talento, a criatividade, as habilidades e os interesses do estudante com deficiência; X - adoção de práticas pedagógicas inclusivas pelos programas de formação inicial e continuada de professores e oferta de formação continuada para o atendimento educacional especializado; XI - formação e disponibilização de professores para o atendimento educacional especializado, de tradutores e intérpretes da Libras, de guias intérpretes e de profissionais de apoio; XII - oferta de ensino da Libras, do Sistema Braille e de uso de recursos de tecnologia assistiva, de forma a ampliar habilidades funcionais dos estudantes, promovendo sua autonomia e participação; XIII - acesso à educação superior e à educação profissional e tecnológica em igualdade de oportunidades e condições com as demais pessoas; XIV - inclusão em conteúdos curriculares, em cursos de nível superior e de educação profissional técnica e tecnológica, de temas relacionados à pessoa com deficiência nos respectivos campos de conhecimento; XV - acesso da pessoa com deficiência, em igualdade de condições, a jogos e a atividades recreativas, esportivas e de lazer, no sistema escolar; XVI - acessibilidade para todos os estudantes, trabalhadores da educação e demais integrantes da comunidade escolar às edificações, aos ambientes e às atividades concernentes a todas as modalidades, etapas e níveis de ensino; XVII - oferta de profissionais de apoio escolar; XVIII - articulação intersetorial na implementação de políticas públicas (BRASIL, 2015. p. 12-13).

Convém esclarecer que o artigo 2º deste dispositivo legal estabelece que considera-se como deficiente o indivíduo que possui restrições de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, onde a interação com tais barreiras podem dificultar a participação efetiva na sociedade em equidade de oportunidades com as outras pessoas (BRASIL, 2015).

Deste modo entende-se que alunos com cegueira/baixa visão, visão monocular ou surdos (total ou parcial) são considerados deficientes segundo o estatuto supracitado. Sendo assim, compete à equipe gestora, juntamente com o corpo docente e demais membros da comunidade escolar, colocar em prática medidas de acessibilidade para tais alunos, viabilizando o ensino de qualidade por meio de práticas docentes, estratégias, técnicas, dispositivos, recursos que oportunizem sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social conforme o artigo 3º da Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (BRASIL, 2015).

A Lei de nº 10.436, homologada no ano de 2002, admite a Língua Brasileira de Sinais – Libras, como uma forma de comunicação e expressão da população surda brasileira (BRASIL, 2002). No ano de 2005 foi publicado o Decreto 5.626 (BRASIL, 2005), onde a educação bilíngue surdos passou a ser levado em consideração para estes estudantes, dessa maneira a formação de profissionais habilitados para esse cargo passou a ser exigido em salas de aulas, tais como professores bilíngue, docente de Libras e o Tradutor e Intérprete de Língua de Sinais (TILS), conforme no Capítulo VI do Art. 22 é ressaltado:

Art. 22. As instituições federais de ensino responsáveis pela educação básica devem garantir a inclusão de alunos surdos ou com deficiência auditiva, por meio da organização de: I - escolas e classes de educação bilíngue, abertas a alunos surdos e ouvintes, com professores bilíngues, na educação infantil e nos anos iniciais do ensino fundamental; II - escolas bilíngues ou escolas comuns da rede regular de ensino, abertas a alunos surdos e ouvintes, para os anos finais do ensino fundamental, ensino médio ou educação profissional, com docentes das diferentes áreas do conhecimento, cientes da singularidade linguística dos alunos surdos, bem como com a presença de tradutores e intérpretes de Libras - Língua Portuguesa (BRASIL, 2005, p. 20).

Em relação ao Ensino Médio de uma escola regular é garantido que o ensino e aprendizagem dos alunos surdos sejam mediados pelo TILS (BRASIL, 2005), sendo que tais decretos são de fundamental importância para assegurar o acesso, a permanência e o desenvolvimento no ambiente escolar, para os discentes com DA. Vale ressaltar que o docente que atua em classe em que esteja matriculado um estudante surdo, este deve respeitar o uso de Libras como primeira língua do aluno surdo.

Por fim, verifica-se a existência de uma base sólida na legislação, porém existe ainda uma grande lacuna ao voltar o olhar para a prática das leis nas escolas para esta ser de fato inclusiva. É necessário, portanto, que toda a gestão escolar esteja envolvida para aplicar o que ordena a legislação, pois se o Brasil garantisse que tudo que está na lei se cumprisse realmente, certamente existiria uma nação devidamente inclusiva (ARRUDA; DIKSON, 2018).

Como se sabe Vygotsky é um grande precursor de estratégias para o ensino de estudantes com deficiência, sendo que na percepção do estudioso, essa condição não constituiria, em si, um impedimento para o desenvolvimento do indivíduo. Considerando a relevância de seus estudos, na sequência será dissertado sobre suas contribuições para o ensino de sujeitos deficientes.

2.2 CONTRIBUIÇÕES DE VYGOTSKY PARA O ENSINO DE DEFICIENTES

Ao se falar sobre a inclusão de alunos com deficiência no contexto educacional, torna-se viável trazer as contribuições de Vygotsky (1896-1934) para a construção de uma educação inclusiva, pois ele dedicou boa parte de sua vida a colaborar com a educação de crianças com necessidades especiais (COSTA, 2006). Dessa forma a presente seção está reservada para embasar teoricamente o trabalho segundo as teorias de Vygotsky, especificamente no que diz

respeito ao ensino de deficientes visuais e auditivos. Dado o exposto, serão apresentados os pontos principais defendidos pelo autor em suas pesquisas que serão utilizados no trabalho.

Para Vygotsky a deficiência não é um empecilho para o desenvolvimento de um indivíduo, ele considera ser um impedimento às mediações estabelecidas e a maneira usual de como se lida com a dificuldade, negando as possíveis trocas significativas que podem proporcionar um crescimento significativo para o sujeito com deficiência. Conforme salienta Costa (2006), Vygotsky acredita na capacidade do ser humano desenvolver-se de maneira adaptável com a finalidade de superar a deficiência, porém defende que isso só acontece através das interações com os ambientes externos e internos. Dessa forma, verifica-se a necessidade das trocas de saberes e experiências com o meio social. Nas palavras da autora:

[...] no caso dos cegos, seres privados de visão, todo o organismo se reorganiza para que as funções restantes trabalhem juntas para superar o impedimento, processando estímulos do mundo exterior com a ajuda de meios especiais, tal como o Braille. O mesmo acontece com os surdos, seres privados da audição, que desenvolverão capacidades visuais e espaço-temporais, na interação com instrumentos diversos, tendo a Língua de Sinais um papel preponderante nesse processo. É nessa perspectiva, também, que, para sujeitos com sérios problemas motores e que tenham grande dificuldade no ato da escrita, o uso de instrumentos como o computador - ou, na falta desse, da máquina de escrever - atua como estímulo e como suporte para a superação de dificuldades (COSTA, 2006, p. 233).

Existem dois tipos de desenvolvimento para Vygotsky: o Desenvolvimento Real (DR) e o Desenvolvimento Potencial (DP); o DR refere-se às capacidades e funções que a criança consegue realizar sem ajuda de outra pessoa, ou seja, sozinha. Já o DP está relacionado às atividades que a criança somente é capaz de executar com o auxílio de outro indivíduo. A distância desses dois níveis de desenvolvimento é conhecida como Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Para Vygotsky, “aquilo que é zona de desenvolvimento proximal hoje será o nível de desenvolvimento real amanhã – ou seja, aquilo que uma criança pode fazer com assistência hoje, ela será capaz de fazer sozinha amanhã” (VYGOTSKY, 1984, p. 98).

Daí nota-se a importância das interações sociais para os indivíduos com necessidades especiais, pois é através delas que tais como troca de saberes, imitação, colaboração, diálogo etc., o indivíduo pode aprender a se desenvolver com o auxílio de tais mediações para posteriormente realizar determinada atividade sem necessariamente necessitar de uma pessoa para estimular o seu desenvolvimento potencial. Dessa maneira, o conceito de ZDP mostra que com o devido estímulo e ajuda de professores, mediadores e intérpretes; alunos com especificações terão probabilidade de produzir mais do que simplesmente sozinhas ou

isoladas, assim o estudante pode ter aumentado o seu potencial de aprender por meio das mediações.

Nessa perspectiva, Coelho e Pisoni (2012) afirmam, Vygotsky defende a educação de forma inclusiva, a qual garanta a acessibilidade para todos os alunos. Os autores salientam ainda, a importância do processo criativo no que tange o domínio da natureza, o uso de ferramentas e estratégias para indivíduos com necessidades especiais como Deficiência visual ou auditiva como, por exemplo, indicando que este pode alcançar um elevado nível de desenvolvimento, além de ressaltar que a escola deve proporcionar ao indivíduo o domínio daquele saber ligado a sua vivência para então ultrapassar aquele saber cotidiano, de maneira que o sujeito desenvolva o seu aprendizado. Mas, para isso, deve ter uma ação planejada. Para evidenciar estes aspectos Coelho e Pisoni (2012, p. 150) afirmam que: “a escola deve estar atenta ao aluno, valorizar seus conhecimentos prévios, trabalhar a partir deles, estimular as potencialidades dando a possibilidade de este aluno superar suas capacidades e ir além ao seu desenvolvimento e aprendizado”. Complementando este raciocínio, Costa (2006) apresenta para os DV, os recursos metodológicos que preferencialmente podem ser explorados sendo eles: as sensações auditivas; táteis; cenestésicas⁷, como a utilização do Braille, da música, no desenvolvimento da oralidade etc., já para DA podem ser usados recursos que proporcionem a exploração do visual, espacial, proporcionando uma interação com os objetos de conhecimentos por meios de outros sentidos do corpo humano, respeitando cada especificação do estudante com deficiência.

Vale salientar que não é qualquer mediação ou adaptação que irá possibilitar o desenvolvimento do sujeito, tendo em vista que a intervenção deve ser adequada a cada especificação, proporcionando trocas dos sujeitos com o objeto do conhecimento, bem como oportunizando as interações sociais. Com esta finalidade, o docente pode trabalhar atividades em equipes, sendo fundamental a interação do estudante com deficiência e os demais colegas da turma, bem como com o professor.

Em vista dos argumentos apresentados, que o presente trabalho fundamenta-se na utilização de mecanismos que colaborem no Desenvolvimento Proximal do aluno com deficiência, na qual se faz a mediação daquilo que o aluno consegue aprender sem auxílio e com aquilo que o aluno necessita de adaptações para alcançar a aprendizagem do mesmo.

⁷Adjetivo relacionado à cinestesia, conjunto de sensações por meio das quais se torna possível perceber os movimentos musculares, através dos estímulos do próprio organismo.

Portanto, faz-se uso de métodos adaptados para o aluno com DV ou DA, tais como: imagens em alto relevo, maquetes tátil-visual, brinquedos, Libras, Braille, audiodescrição, interações entre os indivíduos; de forma que o estudante transforme o seu Desenvolvimento Potencial em Desenvolvimento Real (COELHO; PISONI, 2012), como será apresentado no tópico a seguir.

2.3 ADAPTAÇÃO DE MATERIAIS PEDAGÓGICOS

A presente seção discorre sobre as técnicas e recursos usados para adaptação de materiais didáticos para alunos com deficiência visual e auditiva, tendo em vista que as estratégias e ferramentas são de fundamental importância no processo de inclusão e aprendizado dos alunos com alguma dessas especificações em sala de aula.

Os recursos geralmente utilizados em sala de aula para os estudantes DV são: Braille, maquetes tátil-visual, imagens em alto relevo, audiodescrição, reglete e máquina Braille; Já para os alunos DA, são empregadas como recursos, imagens ampliadas, vídeo aula com legenda/Libras, dentre outros. A seguir serão apresentadas algumas das técnicas citadas que são utilizadas no trabalho.

O Método Braille (MB) foi criado em 1829 por Louis Braille, o qual foi seguido no Brasil somente em 1856 (RODRIGUES, 2010). Neste sentido Silva e Santos (2018) indicam, o MB é um sistema universal onde o indivíduo com deficiência visual pode ler textos, porém o acesso a elementos gráficos não é possível nesse método, sendo um recurso considerado como fundamental para a autonomia do estudante deficiente visual, pois ao aprender o MB, o discente poderá ler e escrever de forma independente, corroborando-se para uma maior facilidade de socialização e comunicação.

Registre-se ainda que sistema Braille é composto por sessenta e três sinais, onde existem seis pontos agrupados em duas colunas, contendo três pontos cada. A partir das probabilidades de combinações entre elas estruturam-se, dessa forma, as letras, os sinais matemáticos e sinais de pontuação (SILVA, SANTOS, 2018).

Por seu turno, têm-se os materiais adaptados em alto relevo os quais proporcionam alcance para ideias ilustrativas em outras ferramentas didáticas (FORMACHARI et. al., 2011), dentre elas: mapas, figuras geométricas, gráficos, desenhos. Possibilitar-se dessa forma uma possível aprendizagem e desenvolvimento das capacidades e habilidades distintas dos

sujeitos envolvidos em tais atividades. Para isso, existem certos critérios e procedimentos a serem obedecidos para melhor elaboração de materiais adaptados em relevo:

1º passo: Análise do material a ser adaptado 2º passo: Com a análise realizada, verifica-se a necessidade e elege-se as texturas a serem utilizadas. 3º passo: Ampliação do material selecionado, verificando a não interferência no original, para que se configure em um formato que permita à pessoa cega percebê-la de forma globalizada. 4º passo: Confeção do material. (SANTA CATARINA, 2011, p. 16)

Convém trazer a baila que Silva (2018) desenvolveu em sua Dissertação de Mestrado, recursos didáticos inclusivos que envolvem o uso do Braille e do alto relevo, como forma de fomentar a aprendizagem de alunos deficientes visuais sobre ondas e fenômenos Ondulatórios. Em sua obra, o autor confecciona quarenta e sete Lâminas em alto relevo em material plástico, com o uso de punções comerciais, tal mecanismo pedagógico foi utilizado por um aluno DV, o qual teve bom rendimento ao ser avaliado, evidenciando que o recurso desenvolvido era satisfatório e potencialmente benéfico para a aprendizagem e inclusão.

Vale ressaltar que existem ainda outros recursos além do Braille, como por exemplo, materiais adaptados em alto relevo, audiodescrição, e maquetes, que podem ser ferramentas eficazes no processo de ensino e aprendizagem de todos os estudantes, para todos, com especificações ou não. As maquetes são classificadas por Martins (2008) como dois tipos específicos: a informacional e a educacional; na maquete informacional as ilustrações são fixas e objetiva-se através dela o reconhecimento do espaço físico. Na maquete educacional as representações estão em constantes alterações, neste caso, enfatiza-se ao sujeito deficiente visual expressar o entendimento sobre o ambiente físico representado na maquete.

A fim de elucidar a relevância deste tipo de recurso, Bastos et. al. (2010) salientam que o uso de maquetes proporcionam ao educando, a análise geográfica, considerar o relevo, aclarar as formas, compreender cada uma dos formatos e as modificações no contexto inserido, além de possibilitar ao estudante (com e sem deficiência) a percepção do abstrato no concreto, o relevo está diretamente ligado aos elementos representados na maquete. Portanto, maquetes táteis visuais podem fortalecer a construção de modelos mentais e compreensão de conceitos físicos. Além disso, adicionado às maquetes, a escrita em Braille, poderá proporcionar ao estudante DV mais desenvoltura e autonomia.

Outra importante ferramenta para mediar o ensino ao aluno DV é a Audiodescrição (AD), aonde a AD é um tipo de tradução que transcreve o visual em linguagem oral (COZENDEY; COSTA, 2018). Este recurso descreve de maneira detalhada os elementos

visuais inseridos em um contexto ou determinada situação, frisando os aspectos visuais da imagem, servindo de alternativa para diminuição da barreira que existe entre a comunicação do docente com o aluno com deficiência visual por meio de imagens.

Complementando tais percepções, Motta (2010) afirma que a linguagem oral é de grande relevância para os alunos com deficiência visual. Destarte, o docente tem por obrigação transmitir a comunicação verbal de maneira entendível para tais alunos, enfatizando os sons e as diferentes formas de entonação. Por sua vez, Oliveira et. al. (2016) salientam que a linguagem visual é substituída pela linguagem oral para o DV, portanto os detalhes não devem ser ignorados na comunicação verbalizada para o estudante com DV.

Com isso, a audiodescrição pode ser um recurso facilitador para estes alunos, de forma a transformar o que antes era uma barreira; em um meio para aprender de maneira mais contextualizada e detalhada, representando um recurso de inclusão para os alunos com deficiências visuais. Segundo Motta (2010), o aluno com deficiência visual tem dificuldade de aprender não necessariamente por falta de parâmetros visuais, mas, sobretudo pelas formas de emissão dos conteúdos e conceitos; ressaltando que é necessário possibilitar experiências através de todos os sentidos para o aluno DV, tais como o tato, o olfato e a audição.

Enfim, é com essa finalidade que neste trabalho procura-se explorar todos os sentidos do aluno DV e com visão normal. Para isso elaborou-se uma maquete tátil visual, além de imagens as quais foram audiodescritas para explicar detalhadamente cada parte deste recurso além de elucidar os conceitos físicos envolvidos, e para a aula presencial foi prevista a presença da intérprete de Libras para alunos com deficiência auditiva. Tais recursos foram de relevância tanto para o estudante com deficiência, como para o sem, corroborando com a aprendizagem e ensinamentos dos mesmos, de modo que todos podem aprender e se desenvolver (VYGOTSKY, 1989). Vale salientar que para Vygotsky (1989), as mais sérias deficiências podem ser compensadas com a interação social e o ensino adequado, resultando no aprendizado do aluno com especificações, sendo que o ensino de ciências para estes estudantes será discorrido na sequência.

2.4 ENSINO DE CIÊNCIAS PARA DEFICIENTES VISUAIS

Esta subseção apresenta uma revisão bibliográfica sobre o ensino de ciências (física, química e biologia) na qual se abordam aspectos relacionados a mecanismos que possam

favorecer o ensino de ciências para estudantes com deficientes visuais, destacando as técnicas usadas para promover a inclusão. Para tal levantamento, o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES⁸) foi consultado, utilizando-se como tema para a busca central: “ensino de ciências para deficientes visuais”, bem como a busca do termo “ensino para deficientes visuais”, especificamente pelas áreas: “de química”, “de biologia” e “de física”. Além disso, foi selecionado o refinamento disponível no Portal segundo a data de publicação entre o ano de 2015 a 2019, e optou-se por apenas artigos, descartando a opção de livros. Outro filtro utilizado foi à escolha dos tópicos relacionados à educação inclusiva, deficiente visual e ensino de ciências em geral.

De forma resumida, o quadro 1 organiza os trabalhos encontrados conforme a área da ciência, os temas e seus respectivos autores e ano de publicação.

Quadro 1: Revisão bibliográfica Deficiente Visual (DV) no ensino de Ciências.

| Deficiente Visual (DV) | | |
|----------------------------------|--|------------|
| Área da Ciência: Física | | |
| Autor | Temática | Ano |
| Lima e Castro | Formação inicial de professores de física: a questão da inclusão de alunos com deficiências visuais no ensino regular | 2012 |
| Salmazo e Rodrigues | Formação de professores: ensino de física para cegos através de atividades em relevo | 2015 |
| Castro e Delou | Astronomia para deficientes visuais: Inovando em materiais didáticos acessíveis | 2015 |
| Área da ciência: Química | | |
| Razuck e Neto | A química orgânica acessibilidade por meio de kits de modelo molecular adaptados. | 2015 |
| March e Silva | Formação continuada de professores: buscando melhorar e facilitar o ensino para deficientes visuais por meio de tecnologias assistivas | 2016 |
| Masson, et al. | Tabela periódica inclusiva | 2016 |
| Gomes | Construção de uma tabela periódica interativa com recurso de áudio adaptada para o ensino de química a estudantes com deficiência visual | 2018 |
| Área da ciência: Biologia | | |
| Nascimento e Bocchiglieri | Modelos didáticos no ensino de Vertebrados para estudantes com deficiência visual | 2019 |

Fonte: Elaborada pela autora.

Na busca pela temática “ensino de Química para deficientes visuais” foram encontrados dez artigos, sendo descartados seis trabalhos por não terem ligação com a temática em foco. Dessa forma, foram analisadas as propostas dos quatro artigos para a inclusão de DV no ensino de Química apresentados no Quadro 1.

⁸Encontrado no site: <https://www.periodicos.capes.gov.br/>

As autoras March e Silva (2016) propõem um curso com objetivo de promover a formação continuada de docentes de Química para promover novas práticas de ensino a partir do uso das Tecnologias Assistivas para alunos com deficiência visual. Elas optaram por um curso de *Mecdaisy*, pois conforme as autoras esclarecem é uma tecnologia brasileira que permite a narração combinada com textos, áudios e imagens para representar determinados conteúdos. A formação resultou em reflexões e mudanças de paradigmas das práticas dos docentes envolvidos no curso.

Já Gomes (2018) buscou meios de ensinar conteúdos de Química para estudantes DV, através da criação e aplicação de uma Tabela Periódica Interativa, onde a mesma é adaptada com o uso de áudio para facilitação dos conteúdos propostos. Após a aplicação do recurso, o autor colheu dados que comprovam as contribuições de tais artifícios para o ensino, enfatizando as características de cada elemento químico. De forma que este recurso mostrou-se bom para ser aprimorado e aplicado em diferentes níveis de escolaridade.

No concernente a Masson, et. al. (2016) estes também propõem ensinar a Tabela periódica abolindo os padrões tradicionais, deste modo sugerem a confecção de uma Tabela periódica que contém a escrita em Braille, para atender as necessidades dos estudantes deficientes visuais. Assim, de forma a auxiliar os alunos com e sem especificações, os autores promovem a inclusão de DV durante as aulas, para atingir a problemática de inclusão social; que infelizmente é um tema que ainda necessita de debates e conscientização da sociedade de maneira geral.

Razuck e Neto (2015) consideram o ensino de Química em três níveis de abordagem: o macroscópico, o microscópico e o representacional, no qual, segundo os autores, o que engloba o nível representacional, o Braille atende de maneira satisfatória por meio de textos escritos, gráficos, diagramas, imagens, tabelas e equações. Neste contexto, o principal desafio para ensinar Química ao aluno DV está no nível macroscópico, no qual é necessário o uso diretamente de ferramentas visuais. Os autores (ibidem, 2015) se concentraram na elaboração de modelos moleculares para ensinar Química, organizada através do auxílio de kits moleculares e texturizações para estimular a aprendizagem de todos os alunos da turma. Os alunos DV salientaram a eficácia e importância de utilizar tais matérias, que segundo eles foram fundamentais, além disso, os alunos ainda colaboraram propondo melhorias nas texturas usadas nos kits, bem como dando ideias para aprimoramento do recurso.

Quanto ao ensino de Biologia para deficientes visuais, Nascimento e Bocchiglieri (2019) ressaltam a importância do docente no processo de inclusão, para isso, eles desenvolvem estratégias de acessibilidade pedagógica aos estudantes com deficiência visual para ensinar Biologia sobre a temática de Vertebrados. Foram confeccionados quatro modelos biológicos tridimensionais com materiais diferenciados para melhor representação dos aspectos da anatomia e morfologia das classes: Reptilia e Aves, com legendas em braile como complemento para a interpretação dos recursos adaptáveis produzidos. Como conclusão, a proposta de ensino foi positiva conforme a percepção dos alunos com relação aos recursos utilizados, facilitando o ensino dos estudantes.

Em relação a Vales e Silva (2019) estes utilizam estratégias de modelos táteis para alunos com deficiência visual, para proporcionar a estes estudantes a construção de imagens mentais que podem facilitar a compreensão do tema estudado. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi à elaboração de modelos táteis para alunos DV, sobre a temática zoologia como forma de auxiliar os discentes e os docentes em práticas de ensino inclusivo.

Na busca pela temática “ensino de Física para deficientes visuais”, foram encontrados 21 artigos, sendo que 17 artigos foram descartados, pois não estavam relacionados com a temática em foco. Destes, um foi identificado como ensino de Biologia, e três artigos estavam relacionados ao ensino de Física para DV.

Lima e Castro (2012) observaram a evolução dos futuros docentes de Física no tocante a problemática de inclusão de estudantes com Deficiência Visual, investigando entre os alunos quais estratégias deveriam ser construídas no período de graduação dos discentes para favorecer a efetivação de práticas inclusivas futuras. Dessa forma os autores escolheram três licenciados que cursaram o último período (2009/2) da disciplina "Ensino de física e inclusão social" para participarem da atividade proposta.

Foi solicitado às duplas que escolhessem temáticas curriculares de Física para montar experimentos, sendo que os conteúdos selecionados foram: reflexão e refração da luz, ondas, e termologia. A primeira dupla, focada no assunto reflexão e refração, montou um "olho humano", por meio de texturas diferenciadas para cada parte de relevância na compreensão dos fenômenos, usando elementos fundamentais para o entendimento de refração e reflexão, para auxiliar alunos deficientes visuais e os com visão normal.

A segunda dupla com a temática de ondas, especificamente o conteúdo comprimento de ondas, alcançou a proposta da atividade elaborando um experimento mensurável para

deficiente visual, alunos com baixa visão, pois existia componentes no experimento com distintas cores, o qual auxiliava a visualização do mesmo, para ambos os públicos. Dessa maneira elaborou-se um quadro em escala bem definida, com material de baixo custo, tais como: palitos e uma régua para usar nas escalas dos comprimentos de ondas representados no quadro. Por fim, com a temática de termodinâmica, especificamente sobre a transmissão de calor, foi proposta a construção de um suporte de alumínio, com três pregos pendurado por uma parafina sólida, onde o aluno DV acendia uma vela e gradativamente, ouvia-se a queda de cada prego conforme a posição em relação à extremidade onde estava sendo aquecida.

No artigo com o título “Formação de professores: ensino de física para cegos através de atividades em relevo”, dos autores Salmazo e Rodrigues (2015), apresentam um relato sobre a proposta para os futuros docentes elaborarem possíveis estratégias para alunos DV, vivenciando o ensino inclusivo, como primeiro aprendizado de como é ter alunos DV em sala de aula, com objetivo de ajudar o futuro professor a lidar com a diversidade em sala de aula. Para isso, foram confeccionados gráficos em alto-relevo, em que os docentes em formação deveriam ficar com os olhos vendados para experimentar os gráficos e dessa maneira testar os materiais, bem como vivenciar os obstáculos de não enxergarem durante o uso do material adaptado. Os gráficos estavam relacionados ao conteúdo de cinemática no ensino de física, e a atividade serviu para suprimir as dificuldades dos deficientes visuais, referente a este tema. Dessa forma, a oficina proporcionou aos futuros professores vivenciar experiências sobre o ensino de física para cegos, facilitando o processo de reflexão sobre a importância do papel do docente no processo de inclusão de alunos com alguma especificação.

Na mesma direção, Soares et. al. (2015) ressaltam a importância de utilizar matérias e recursos para que o aluno consiga vencer as dificuldades, de forma a proporcionar uma melhor adaptação no meio social, seguindo o pensamento de Vygotsky, o qual evidencia que a interação social pode ser um meio de superar as limitações ocasionadas pela impossibilidade de se ter experiências visuais para o aluno deficiente visual. Para isso, os autores propõem o uso de materiais adaptados e estratégias que instiguem discussões, proporcionando a autonomia dos estudantes; na qual são os mais indicados para a inclusão educacional. O trabalho produz um caderno *Thermoform*, o qual é construído em alto relevo com película de PVC percorrendo sobre as temáticas: forma da órbita terrestre, inclinação do eixo de rotação da Terra, fases da Lua e eclipses lunares e solares, além de elaborem um jogo da memória sobre os principais astros do Sistema Solar.

Segundo os autores (ibidem, 2015) a proposta de ensino foi avaliada por sete alunos cegos e três alunos com baixa visão que estavam cursando o EM, encontrando resultados satisfatórios e alcançando os objetivos propostos. Assim, este recurso representou uma ferramenta útil e acessível para o ensino de Astronomia, instigando a imaginação dos alunos e o senso crítico. O trabalho propõe uma crítica reflexiva pertinente para os docentes de maneira geral; mencionando que a mera oratória de conteúdos de Física por professores não permite a compreensão total dos assuntos, como por exemplo, temas sobre astronomia, a qual requer o uso de recursos que possam possibilitar a compreensão, principalmente quando tem alunos DV na turma. Neste sentido, o trabalho foi fundamental para abrir novas possibilidades para o ensino de Astronomia de modo mais inclusivo.

Vale salientar que existem outras publicações relevantes, que apresentam possibilidades para se ensinar física de maneira a envolver todos os estudantes de uma turma, seja com deficiência ou sem. O trabalho de Santos e Nunes (2021), por exemplo, apresentou um jogo didático com o uso de audiodescrição e braile, sobre a temática de calorimetria, para inclusão de deficientes visuais no ensino de física, ao final da aplicação do trabalho as autoras relatam que a proposta promoveu a interação e inclusão de alunos com especificações visuais.

2.5 ENSINO DE CIÊNCIAS PARA DEFICIENTES AUDITIVOS

Esta seção está reservada para a revisão bibliográfica sobre o ensino de ciências (física, química e biologia) para discentes deficientes auditivos, destacando as técnicas usadas para fomentar a inclusão. Para esta revisão, utilizou-se no Portal de Periódicos da CAPES um recorte temporal, de 2015 a 2019, no qual o termo “ensino de ciências para surdos” foi utilizado para busca, bem como o mesmo termo, porém substituindo a palavra “ciência” pelas áreas de interesse: Química, Física e Biologia, introduzindo dessa forma separadamente cada área da ciência no campo de busca do Portal. Vale ressaltar que a busca foi realizada separadamente por cada área das Ciências da Natureza para um melhor levantamento de artigos para subsidiar esta pesquisa.

Para facilitar a visualização, no quadro 2 são apresentados os trabalhos encontrados, conforme o autor, temática e ano de publicação.

Quadro 2: Revisão bibliográfica sobre o ensino para deficiente auditivo (DA) em ciências.

| Deficiente auditivo (DA) | | |
|----------------------------------|--|------------|
| Área da ciência: Física | | |
| Autor | Temática | Ano |
| Santos e Takeco | Elaboração e utilização de Sinais de Libras para os conceitos de Física: Aceleração, Massa e Força. | 2015 |
| Di Roma, De Camargo | Ensino de astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: um estudo sobre a aquisição de conceitos científicos para alunos com surdez. | 2015 |
| Reily e Oliveira | Práticas musicais com alunos surdos na extensão universitária: acesso e participação. | 2015 |
| Vivas et al. | Ensino de física para surdos: um experimento mecânico e eletrônico para o ensino de ondas sonoras. | 2017 |
| Área da ciência: Biologia | | |
| Martins et al. | Educação de surdos: relato de uma experiência inclusiva para o ensino de ciências e biologia. | 2015 |
| Borges e Tavares | O intérprete de LIBRAS no ensino de Ciências e Biologia para alunos surdos. | 2018 |
| Abreu et al. | Ensino de biologia para alunos surdos de uma escola pública: desafios na prática docente e da formação continuada | 2019 |
| Área da ciência: Química | | |
| Vilela-Ribeiro et al. | O ensino de química para alunos surdos e ouvintes: utilizando a experimentação como estratégia didática para o ensino de Cinética Química. | 2015 |
| Stadler et al. | Investigação de Terminologias Científicas de Química em Língua Brasileira de Sinais em Escola Bilíngue de Curitiba, Brasil. | 2015 |
| Bastos | Proposição de recursos pedagógicos acessíveis: o ensino de química e a tabela periódica. | 2016 |
| Gomes, Arantes e Valadares | (Re)desenhando o trabalho com/para surdos em Viçosa: Contribuições do projeto Surdo Cidadão da UFV. | 2016 |
| Santana e Sofiato | Ensino de Ciências para estudantes surdos: possibilidades e desafios | 2017 |
| Schuindt, Matos e Silva | Estudo de caso sobre as dificuldades de aprendizagem de alunos surdos na disciplina de química. | 2017 |
| Vertuan e Santos | O ensino de química para alunos surdos: uma revisão sistemática. | 2019 |
| Fernandes e Reis | O papel da formação continuada no trabalho dos professores de química com alunos surdos. | 2019 |
| Rocha | Q-LIBRAS: um jogo educacional para estimular alunos surdos à aprendizagem de Química. | 2019 |
| Constantino e Dorneles | Educar para alteridade na formação de professores de química: experiências vividas com a educação de surdos. | 2019 |
| Barboza e Dorziat | Apontamentos sobre o processo educacional de estudantes surdos universitários: o que narram docentes. | 2019 |

Fonte: Elaborada pela autora.

Sobre o ensino de Química para surdos, foram localizados quinze artigos, dos quais cinco foram descartados, pois, não estavam relacionados com a temática em foco, restando apenas 10 artigos. Neste contexto, Vilela-Ribeiro et. al. (2015) apresentam uma estratégia didática para facilitar o ensino de Química, especificamente da temática “Cinética Química” como forma de incluir ativamente os alunos surdos presentes em uma turma de segundo ano do EM. Para isso, foram utilizados quatro experimentos, além de aulas expositivas de forma dialogada, e para avaliação foi aplicado questionários e desenhos elaborados pelos estudantes

ouvintes e surdos, que conforme os autores do trabalho ressaltam, as ferramentas de representação visual e os experimentos mostraram ser eficazes em sala de aula para utilizar com alunos DA e ouvintes.

Na sequência, Santana e Sofiato (2017) afirmam que por meio de uma breve revisão na literatura é possível perceber que existe uma disparidade entre o que se indica em ensino de Ciência e a realidade da sala de aula, principalmente quando existe aluno com deficiência auditiva inserida, porém existem orientações que podem colaborar no ensino de Ciências para alunos surdos. Uma das recomendações sugeridas no artigo para o ambiente escolar inclui: um ambiente aberto e de aceitação em sala de aula; suporte da equipe administrativa para a inclusão; currículo adequado; e o docente deve levar em consideração as especificidades da deficiência em questão. Os autores ainda ressaltam que o uso de recursos tecnológicos tem se tornando promissor para utilizar com os alunos surdos.

Vertuan e Santos (2019) apresentam uma revisão sistemática sobre mecanismo para ajudar os alunos surdos no processo de inclusão em sala de aula para o ensino de Química. Os autores ressaltam a importância da parceria do docente com os TILS, pois podem ser construídos sinais específicos para os assuntos das aulas de Química. As estratégias verificadas estão relacionadas às aulas com experimentos e a utilização de representações visuais, com o uso das Libras, porém é reforçado o fato da falta de sinais próprios da Libras para termos utilizados nas aulas de Química e que para a criação e validação de tais sinais é necessário algo bem mais criterioso.

Por sua vez, Stadler et. al. (2015) investigam as terminologias dos sinais usados por um professor bilíngue em Curitiba, reforçando as ideias de Vertuan e Santos (2019) no que diz respeito à dificuldade de criação de sinais, bem como sua divulgação para normatização de uso no território brasileiro, os autores ressaltam a importância da criação de sinais específicos para Química e ainda acerca de sua uniformização para inclusão dos estudantes surdos.

Fernandes e Reis (2019) salientam a importância da formação continuada dos professores no ensino de Química para alunos surdos, e relata a experiência ao ofertar um minicurso sobre tal temática, reforçando as trocas de saberes entre os docentes e as possíveis estratégias para o ensino e aprendizado dos alunos surdos em sala de aula. Os professores participantes foram separados em equipes, as quais escolheram assuntos de Química e traçaram estratégias para ensiná-la.

O primeiro grupo optou pela temática “modelos atômicos”, usando como meio para inclusão filmes e construção dos distintos modelos em isopor. O segundo grupo trabalhou o tema “estequiometria”, utilizando como mecanismo de ensino a proposta dos estudantes irem diretamente à cozinha da escola e incentivá-los a preparar dois bolos, um com medidas corretas e outro com ingredientes de medidas incorretas; já a terceira equipe escolheu o tema “funções e nomenclatura orgânica”, e a ferramenta usada para tal aula foi à construção de bolinhas de isopor das diferentes funções, estabelecendo a associação dessas com as substâncias do cotidiano; e por fim, a última equipe, trabalhou o assunto “polaridade”, no qual se utilizou como recurso para facilitar o ensino dos alunos DA, as misturas de diversas soluções com diferentes polaridades, no qual foram destacadas as distintas estruturas com modelos de isopor.

No estudo de caso elaborado para constatar os principais problemas enfrentados por estudantes surdos no ensino de Química, desenvolvido por Schuindt, Matos e Silva (2017); revela-se que o maior obstáculo de aprendizagem em Química é a diferença linguística, posteriormente a ausência de conhecimento de Libras pelo professor, perpassando pela dificuldade no entendimento de sinais de terminologias químicas existentes, e até mesmo, a elaboração de novos sinais. Schuindt, Matos e Silva (2017) esclarecem ainda que outra questão é a não formação acadêmica específica dos intérpretes e a ausência de ferramentas didáticas em Libras, bem como de metodologias que utilizam imagens como meios didáticos, salientando ainda a importância de adaptar materiais e metodologias de ensino para os alunos DA, de forma a atender as especificações do aluno com surdez.

Com foco nos diferentes tipos de deficiência, Bastos (2016) buscou atender as especificações de cada uma delas, tais como a baixa visão, a cegueira, déficit intelectual e surdez, demonstrando estratégias para serem utilizadas no ensino de discentes com tais patologias no ambiente de sala de aula. Para o estudante com surdez, a autora propôs o uso de recursos visuais tais como fotografia, cartazes, gravuras, maquetes, miniaturas, dicionários ilustrados, verbetes químicos, livros técnicos para uma compreensão melhor da língua portuguesa, e caderno de registros com exemplificação de conceitos detalhados por meio de escritos e visuais. Vale ressaltar que os verbetes químicos foram criados, pois dos 118 elementos químicos da Tabela Periódica apenas seis tinham sinais específicos na Libras, além disso, foi ampliada a Tabela para auxílio dos alunos DV e a DA.

Por sua vez, Gomes et. al. (2016) elaboraram e executaram um projeto pela Universidade Federal de Viçosa, intitulado “Projeto Surdo Cidadão”, no qual promoveram um minicursos e palestras a estudantes e docentes, com o objetivo de ajudar a comunidade a ter acesso a Libras e a cultura surda nos conhecimentos de tais aspectos. Além disso, foram desenvolvidas aulas de Química e Matemática para discentes surdos que cursam o EM ou que já finalizaram.

No que lhes concerne, Rocha et at. (2019) ressaltam que o ensino de Química aos surdos por diversas vezes limitam-se somente ao uso da Língua Portuguesa em sala de aula, onde os materiais e recursos adaptáveis específicos para melhorar o entendimento dos assuntos relacionados à disciplina de Química, por meio da Libras, ficam em ínfimos. Com isso os autores, visando potencializar uma aprendizagem de Química a estudantes surdos, criaram um jogo para smartphones, denominado “Q-LIBRAS”, para contribuir para a assimilação e compreensão de assuntos químicos de maneira mais atrativa e lúdica, alcançando alunos ouvintes e não ouvintes. Tal jogo utiliza ferramentas computacionais, no qual o mesmo traduz conteúdos digitais para a Libras.

Constantino e Dorneles (2019) compartilham uma experiência vivenciada na formação para docentes de Química, onde foi relatada a visita dos licenciandos e docentes formadores a uma escola bilíngue. Além disso, também descreve como foi receber discentes surdos na universidade, mais especificamente no laboratório de Química, para isso os futuros docentes e pertinentes para promover a inclusão de estudantes surdos na Química, pois destaca a importância de reconhecer o outro e assim, providenciar alteridades no ensino e aprendizagem dos alunos surdos em sala de aula, bem como na graduação.

Os autores (ibidem, 2019) observam que a prática da alteridade acontece quando se percebe que a primeira língua do surdo é a Libras e não o português. Barboza e Dorziat (2019) salientam que é necessário urgentemente que se leve em consideração a cultura do estudante surdo, pois as autoras criticam que a maioria dos professores baseiam suas aulas em práticas docentes para alunos ouvintes, portanto é fundamental ressignificar a prática educacional, visando o ensino e aprendizagem de alunos surdos.

Sobre o ensino de Biologia para surdos, Borges e Tavares (2018) ao desenvolverem uma pesquisa qualitativa com o título: “O intérprete de LIBRAS no ensino de Ciências e Biologia para alunos surdos”, verificaram que uma das dificuldades encontradas para o ensino de Ciências/Biologia é a escassez de sinais de Libras com foco nessa área. Outro fator

observado e apontado pelo autor é a carência de planejamento do docente na elaboração de recursos visuais que servem como auxílio para os alunos deficientes auditivos (DA). Uma intervenção sugerida pelos autores foi à criação de cursos de capacitação, voltados para intérpretes especializados em temáticas específicas de Ciências e Biologia, bem como a participação e valorização do aluno surdo na elaboração de sinais específicos para amenizar tal dificuldade.

Corroborando com a perspectiva que visa à inclusão para discentes surdos, Martins et al. (2015) apresentam alternativas de recursos diversificados tais como o uso do projetor multimídia, maquetes tátil-visual, vídeos aulas com janela do intérprete de Libras, e microscópio. Outra proposta destacada no trabalho foi à confecção de modelos didáticos pelo aluno surdo, conforme as temáticas abordadas nas aulas, promovendo dessa maneira a interação e inclusão dos alunos DA, de forma a facilitar o ensino e aprendizagem dos estudantes envolvidos na pesquisa, não somente os alunos surdos mas também os ouvintes. Vale ressaltar que a proposta contou com a parceria do intérprete de Libras e o professor titular da sala de aula, que foi de suma importância para a proposta promover a inclusão dos alunos surdos.

Ademais, Abreu et al. (2019) relatam que é comum na sala de aula não ter a presença de intérprete de Libras, prejudicando assim o aluno surdo. Assim, os autores propõem a reflexão da prática docente, fazendo uma crítica construtiva ao professor que faz somente aulas expositivas, deixando a desejar a prática que utiliza recursos visuais que são fundamentais para os estudantes surdos. Sugere ainda a ferramenta de Tecnologia Assistiva (TA) e fomenta a necessidade da universalização das Libras para promover uma efetiva educação inclusiva.

Na busca pela temática de “ensino de Física para surdos”, foram encontrados dezoito artigos, porém quatorze não estavam relacionados à temática em foco, dessa forma analisaram-se apenas quatro artigos relacionados ao ensino Física para estudantes surdos, que serão discutidos a seguir.

Os autores Vivas et al. (2017) desenvolvem duas versões de um experimento para ensinar ondas sonoras voltados para alunos deficientes auditivos do EM, salientando a importância do uso das Tecnologias Assistivas na aprendizagem e compreensão de estudantes surdos e sua inserção social, no qual os alunos surdos e ouvintes participaram do experimento a partir da produção de som da voz humana emitida por eles no experimento. Os autores usam

a concepção vigotskiana, a qual afirma que o conhecimento é um processo de construção do sujeito por meio da interação social, que fundamenta os autores na utilização de atividades em grupos no laboratório.

Santos e Takeco (2015) percebem a necessidade de criar sinais em Libras de conceitos de Física, especificamente da temática de dinâmica, onde tal necessidade foi indicada pelos alunos surdos, porém as autoras enfatizam que não basta criar novos sinais, é preciso articular tais sinais ao seu significado Físico, para resultar no entendimento da palavra/sinal com o conceito que ela envolve. Além disso, Santos e Takeco (2015) salientam que a prática docente deve ser dialogada, associada a recursos visuais, tais como figuras, vídeos e simulações, pois os alunos surdos aprendem mais de forma visual, outra questão enfatizada foi que o intérprete de Libras, deve também se apropriar dos novos sinais para dessa maneira mediar o ensino e aprendizagem do aluno deficiente auditivo.

Nessa mesma direção, Di Roma e De Camargo (2015) salientaram a importância da implantação bilíngue nas práticas de inclusão, para os alunos não ouvintes, faz-se ainda uma forte crítica a falta de comunicação entre a legislação no qual assegura o direito ao aluno surdo ter a presença de profissionais para atender suas especificações, como por exemplo, o intérprete, porém na prática isso não ocorre.

Conforme Reily e Oliveira (2015) indicam, os alunos surdos têm certo receio quando inseridos na temática música, para proporcionar a inclusão. Para quebrar esse tabu, os autores desenvolveram um projeto de iniciação científica com a temática: práticas musicais com estudantes surdos, que contou com a participação de cinco grupos de discentes surdos em um projeto de extensão universitária. Para tal projeto, os autores proporcionaram experimentos de Física, com o objetivo de “tornar o som visível”, com a construção de instrumentos em quatro categorias distintas. O trabalho provou que mesmo os alunos surdos podem ter vivências relacionadas à música, por meio das vibrações, proporcionadas pelos experimentos, de forma que os estudantes podem evidenciar as ondas sonoras através da percepção corporal. Reily e Oliveira (2015) salientam que tais práticas docentes valorizam a participação e dão alternativas acessíveis para os estudantes surdos vivenciarem a música.

No capítulo a seguir, tem-se o percurso metodológico empregado para o levantamento de dados, destacando os instrumentos que foram utilizados para a investigação, o perfil dos indivíduos participantes, bem como os objetivos gerais e específicos. Ainda no capítulo tem-se a descrição de como se deu a aplicação da SD, detalhando os recursos adaptados

elaborados para a aplicação da mesma. Neste mesmo capítulo serão expostas sugestões para o uso dos recursos educacionais, os quais podem promover a inclusão em sala de aula, tais como: maquete tátil-visual, imagens em alto relevo e áudio descritas.

CAPÍTULO 3: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esse capítulo destina-se a apresentar a metodologia de pesquisa do presente trabalho, dividindo-se em três subseções: a primeira “Delineamento do trabalho”, a segunda “Público alvo” e por fim “Aula ministrada: Aplicação do produto educacional”. A primeira visa descrever o trabalho de forma sucinta, bem como os métodos de pesquisa utilizados para levantamentos de dados, a segunda apresenta a caracterização do público alvo da pesquisa e a terceira relata a Sequência Didática (SD) desenvolvida, com a descrição dos recursos utilizados para aplicação da SD.

3.1 DELINEAMENTO DO TRABALHO

O presente trabalho inicialmente foi construído para compartilhar uma experiência didática que seria ministrada em uma escola pública de Rio Branco/AC, com o propósito de promover a inclusão de alunos com necessidades especiais, a saber, Deficiência Auditiva e Deficiência Visual. A aula com a temática de ondulatória teria como público-alvo alunos do segundo ano do Ensino Médio. Para esta finalidade foi desenvolvido um Produto Educacional (Apêndice A) com orientações para aplicação de uma Sequência Didática que utiliza maquetes, imagens em alto relevo e audiodescritas, bem como um vídeo com audiodescrição e Libras.

Adotou-se o método de pesquisa qualitativa descritiva, a qual consiste em um agrupamento de procedimentos investigativos com qualidades em comum, onde o local natural da pesquisa é tido como meio direto para a coleta de dados, e o investigador será a ferramenta para a pesquisa qualitativa descritiva (BODGAN; BIKLEN, 1994).

Conforme os autores supracitados, na pesquisa qualitativa busca-se recolher dados descritivos de forma a analisá-los detalhadamente, por meio de entrevistas, fotografias, anotações entre outras formas de coleta de informações, de forma a não alterar os dados, respeitando dessa maneira o que foi relatado ao máximo, valorizando a interpretação e contexto dos sujeitos participantes da pesquisa (BODGAN; BIKLEN, 1994). Para isso na presente pesquisa, fez uso do estudo de caso que é um tipo de pesquisa qualitativa, que visa analisar de forma delimitada, ou seja, algo singular (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

O caso a ser analisado na pesquisa surgiu a partir da vivência docente da autora do trabalho ao ingressar em uma escola da rede pública de Rio Branco/AC, onde começaria a lecionar Física para o Ensino Médio (EM). Em uma das turmas, existiam três alunos com deficiência, cada um com suas especificações, no caso: duas alunas com Deficiência Visual (DV) e um aluno com Deficiência Auditiva (DA). Frente a essa realidade, constatou-se a necessidade da utilização de ferramentas didáticas apropriadas, para que tais alunos fossem incluídos nas aulas de Física; de forma a promover a participação ativa e facilitar a aprendizagem de todos os alunos.

Neste ponto, vale destacar que ao trabalhar em um ambiente de ensino com aluno deficiente e sem deficiência, é necessária a utilização de um material didático que possa ser aplicado para todos os estudantes da turma. Uma vez que fornecer ao deficiente a simples adaptação do material apenas, de forma que ele continue isolado com o material, pode acabar não promovendo de fato a inclusão. Neste aspecto, o desafio da pesquisa se concentrou na elaboração de uma Sequência Didática no tema ondulatória que pudesse atingir a turma por um todo, de forma mais acessível segundo as especificidades dos deficientes presentes.

Neste contexto, foram elaborados os seguintes problemas de pesquisa:

- O uso de uma Sequência Didática, elaborada e adaptada com recursos em alto relevo, audiodescrição e Libras; pode estimular a participação e promover a inclusão de estudantes com DV e DA em aulas de Física?
- A utilização de maquete tátil-visual, imagem com adaptações em alto relevo, audiodescrição podem facilitar a compreensão de conteúdos da ondulatória para os alunos da turma?

Com a problemática da pesquisa definida, os objetivos gerais do trabalho foram traçados:

- Elaborar uma Sequência Didática (SD) que viabilize a participação de alunos com Deficiência Visual e Deficiência Auditiva, de forma a promover a inclusão dos mesmos em aulas de Física.
- Aplicar e relatar a experiência didática sobre a SD ministrada em uma escola de Ensino Regular da rede pública de Rio Branco/AC.

Estes objetivos gerais foram fragmentados originando os seguintes objetivos específicos:

- Realizar adaptações de imagens que representam os fenômenos físicos estudados em sala de aula, de forma ampliada, em alto relevo, com a descrição e em Braille;

- Confeccionar a maquete tátil-visual;
 - Aplicar a sequência didática para o público da pesquisa;
 - Obter dados durante a aplicação da Sequência Didática;
 - Analisar os dados coletados com intuito de avaliar os recursos utilizados durante a aplicação da sequência;
 - Relatar a experiência didática;
 - Instigar docentes para o desafio de preparar aulas de maneira a incluir alunos com alguma deficiência.
 - Disponibilizar de forma gratuita a Sequência Didática sobre ondulatória para DV e DA, para professores utilizarem nas aulas de Física, via portal da EduCapes;
- Quanto à aplicação da aula proposta, pretende-se:
- Simplificar e tornar acessível a linguagem de como o tema ondulatória pode ser abordado em turmas de física com alunos DV e DA inseridos;
 - Facilitar a compreensão dos conceitos sobre ondulatória abordados na aula;
 - Estimular a participação de todos os alunos nas aulas;
 - Promover a interação entre alunos com e sem deficiência na aula de Física.

Diante do contexto de pandemia da Covid-19 que se instalou mundialmente no ano de 2020, um dos objetivos propostos teve que ser adaptado, assim, efetivamente o trabalho objetivou:

- Aplicar e relatar a experiência didática sobre a SD ministrada para uma estudante DV de uma escola de Ensino Regular da rede pública de Rio Branco/AC, de forma individualizada em sua residência;
- Aplicar e relatar a experiência sobre a aplicação da SD, com caráter de oficina para apresentação dos recursos utilizados, para acadêmicos da licenciatura em física da UFAC, no formato remoto.

Sublinhe-se que ambas as ações foram realizadas com base no contexto do projeto de extensão “Aula/Oficina remota sobre ondulatória para deficientes visuais”, cadastrado institucionalmente na UFAC. Vale ressaltar que o estudante com DA citado no estudo, residia em zona rural, não tendo acesso a internet e a sinal de celular, e, portanto, todas as tentativas de contato foram frustradas. E ainda, uma das alunas DV abandonou a da escola, devido a pandemia do corona vírus. Assim, a SD só foi aplicada a uma estudante de EM com deficiência visual. Além dela, foi possível aplicar os recursos de audiodescrição com uma

graduanda DV, durante a aula com acadêmicos da licenciatura em física da UFAC. Assinale que para o levantamento de dados da pesquisa, optou-se por entrevistas estruturadas e semiestruturadas, rodas de conversa e observação direta dos participantes *in loco*.

Conforme Lakatos e Marconi (2003), a entrevista é o encontro entre duas pessoas, com a finalidade de se obter informações de determinado assunto, por meio de um diálogo de natureza profissional. É uma conversação face a face, de forma a proporcionar ao entrevistador as informações necessárias de uma investigação social. Os autores complementam esclarecendo que as entrevistas caracterizam-se por estruturadas, semiestruturadas e abertas. Para colher o máximo de detalhes possíveis, escolheu-se a entrevista semiestruturada, pois mesmo esta se tratando de um roteiro previamente estabelecido, o entrevistado não se restringe somente a isso, pois este tem a liberdade para discursar do tema proposto e dar continuidade a entrevista (BRANSKI et. al., 2010). O roteiro é um conjunto de orientações de questionamentos, para não permitir lacunas (TRIVIÑOS, 1987).

Oportuno esclarecer que a observação é considerada uma técnica, que faz uso dos sentidos (audição, visão) para coletar dados e meios de se estudar uma variedade de fenômenos. A vantagem da utilização dessa técnica encontra-se na facilidade em que o observador tem para encontrar informações não obtidas por meio de roteiros de entrevista ou questionários (MARCONI; LAKATOS, 2003). Ainda conforme os autores, a observação vai muito além do ouvir e ver; consiste em examinar os fatos que se deseja pesquisar.

As rodas de conversas são discussões em torno de uma determinada temática, escolhida conforme os objetivos da pesquisa, sendo que cada participante poderá ouvir o posicionamento do outro, de forma a instigar a participação de todos os colegas envolvidos na roda de conversa (MÉLLO et. al., 2007). Tal método de pesquisa possibilita a interação entre o pesquisador e os participantes da investigação, e são diálogos focados em tópicos, onde os participantes são motivados a relatarem suas opiniões sobre a temática envolvida nos diálogos de interesse do pesquisador (IERVOLINO; PELICIONI, 2001).

Para melhor encaminhamento e efetivação da pesquisa, a metodologia foi organizada em cinco etapas listadas no quadro 3. A seguir todas as etapas são detalhadas.

Quadro 3: Descrição das etapas envolvidas na metodologia da pesquisa

| Etapas | Descrição da etapa | Tempo |
|---------------|---|--------------|
| 1ª | Delimitação do conteúdo a ser trabalhado; Aprofundamento teórico sobre a temática da dissertação; Elaboração da Sequência Didática. | 4 meses |
| 2ª | Confeção dos recursos didáticos: maquete tátil visual e imagens em alto relevo; Construção das descrições das imagens e audiodescrição do vídeo; Edição do vídeo para inserir a audiodescrição e a caixa de Libras; | 4 meses |
| 3ª | Delimitar como seria a aplicação da SD; Construção do projeto de extensão “Aula/Oficina remota sobre ondulatória para deficientes visuais”. | 1 mês |
| 4ª | Aplicação da Sequência Didática como parte das atividades do projeto de extensão; Aplicação da roda de conversa ao final da SD. | 2 meses |
| 5ª | Análise e organização dos resultados. | 3 meses |

Fonte: Elaborada pela autora.

A primeira etapa consistiu na elaboração da Sequência Didática, para isso foi delimitado a temática das aulas, sendo escolhida a ondulatória como tema central. Em paralelo, foram traçados os conteúdos e objetivos das aulas a serem ministradas, bem como as estratégias que seriam empregadas para a inclusão e participação dos alunos com deficiência nas atividades propostas.

Na segunda etapa deu-se a confecção dos recursos adaptados para os alunos com deficiência, dentre os quais, optou-se por imagens dos fenômenos ondulatórios em alto relevo e maquete tátil visual. Para isso, foi realizado um aprofundamento teórico durante a primeira etapa da pesquisa acerca da temática da dissertação, com a finalidade de inteirar-se do assunto, de maneira a ter conhecimento de propostas para melhoria das adaptações e ainda para se ter noção de quais materiais seriam mais viáveis para as adequações nos recursos didáticos escolhidos para utilização durante as aulas.

Assinale ainda que, a construção das descrições se deu durante a 2ª etapa da pesquisa. Vale destacar que se tratou de um trabalho minucioso para se evitar interpretações errôneas por parte do deficiente visual acerca das imagens sobre os elementos que compõem as cenas do vídeo. Importante evidenciar que este trabalho, exigindo o acompanhamento de um consultor, o qual necessariamente deveria ser um deficiente visual, vindo este a testar se a partir da audiodescrição construída, o estudante com DV será capaz de construir mentalmente a imagem ou imaginar como a cena do vídeo se passa, bem como sugerir a descrição.

Salienta-se que a audiodescrição deve ser: clara, correta, clara, específica e vívida, sendo considerada conclusa, somente quando depois de construída, for testada e aprovada por um consultor cego.

Ainda nesta etapa, foi elaborado um vídeo com a interpretação em Libras o qual pode ser acessado pelo link https://www.youtube.com/watch?v=zYdho_gcCRE. Além disso, buscou-se parceria com uma intérprete de Libras, um editor de vídeo profissional e um consultor cego, especialista no ramo de audiodescrição. Neste contexto, como forma de retribuir as parcerias e ofertar uma certificação das atividades realizadas, o projeto de extensão “Aula/Oficina remota sobre ondulatória para deficientes visuais” foi institucionalizado na UFAC. Assim, a delimitação de como seria a aplicação da SD e a construção do projeto de extensão configuraram-se como a terceira etapa da pesquisa. O vídeo depois de finalizado com a inserção de Libras e da audiodescrição representou um dos resultados do projeto de extensão, estando este disponível para toda a comunidade acadêmica e ao público externo da UFAC gratuitamente pelo *YouTube*.

A quarta etapa consistiu na aplicação da Sequência Didática, a qual compõe o Produto Educacional que se encontra descrito no **Apêndice A**. Para um melhor esclarecimento, frisa-se que os recursos desenvolvidos foram utilizados simultaneamente ao transmitir os conteúdos de ondulatória durante as aulas e ao final, como forma de coletar dados para avaliar se os objetivos do trabalho foram alcançados, aplicou-se a roda de conversa, apresentada no contexto da SD.

Os dados obtidos na roda de conversa, nas observações e interações entre os sujeitos da pesquisa serviram de subsídios para a análise dos resultados e discussão acerca destes. Destaca-se que a aula remota on-line com acadêmicos da UFAC foi gravada para uma melhor observação da interação entre os participantes, bem como para obter-se a transcrição real das falas de todos os envolvidos durante a oficina. E, durante a aula presencial na residência da estudante DV do EM, a fala dela foi gravada em áudio para ser possível realizar posteriormente a transcrição.

3.2 SUJEITOS DA PESQUISA

Como mencionado, a pesquisadora escolheu a princípio como sujeitos participantes, uma turma do Ensino Médio da Escola Estadual Professora Clícia Gadelha, instituição de ensino localizada no Bairro São Francisco, na cidade de Rio Branco no Estado do Acre, sendo que dentre os estudantes matriculados nesta classe três se destacam em decorrência de suas especificidades: dois com Deficiência Visual e outro com Deficiência Auditiva, a qual ao ministrar suas aulas constatou que as práticas tradicionais de ensino simplesmente excluía estes alunos das atividades propostas em sala de aula, o que estimulou a pesquisadora a se especializar nesta área, lhe permitindo a construção de uma Sequência Didática com foco na aprendizagem significativa dos estudantes com deficiência permitindo-lhes a participação proativa em todas as atividades desenvolvidas em sala de aula, e como resultado de tais reflexões e ponderações tem-se hoje uma pesquisa científica que hoje se formaliza como este estudo dissertativo.

Ressalta-se, o fato de que os estudantes da instituição de ensino, no geral, são bastante carentes, sendo que muitos residem nos arredores do bairro, onde se encontra localizada a escola, porém alguns são oriundos de zonas rurais, tais como o Ramal do Panorama e Quixadá. A escola escolhida como lócus da pesquisa encontra-se entre dez escolas pilotos do Novo Ensino Médio em Rio Branco, a qual conta com uma sala de Atendimento Educacional Especializado (AEE) tendo a frente uma professora para o atendimento, além de contar com o apoio de professores mediadores, entre eles uma intérprete de Libras.

Faz-se oportuno registrar que a previsão inicial para a aplicação da SD era durante o segundo semestre de 2020. Entretanto, dada às circunstâncias da pandemia da Covid-19, a qual se intensificou neste período no território Brasileiro, e ainda tendo em vista as incertezas sobre o retorno das aulas presenciais nas escolas públicas do estado do Acre, a SD teve que ser adaptada para aplicação individualizada na moradia da estudante DV, respeitando os protocolos de distanciamento social o uso de máscara e de álcool 70% para higienização das mãos conforme os critérios sanitários estabelecidos pelo Ministério da Saúde. Diante de tal contexto, torna-se relevante esclarecer que a aplicação da SD com o deficiente auditivo, inicialmente escolhido para participar da pesquisa, se mostrou impossível de acontecer, considerando que o estudante residia em local de difícil acesso em decorrência das condições precárias das estradas, residindo este em um local conhecido popularmente como ramal, por

não haver sinal de celular e de internet; o que impediu que as tentativas de contato fossem bem sucedidas.

Buscando-se alternativas, mediante de tais percalços, surgiu à possibilidade de se aplicar a SD para estudantes do curso de Licenciatura em Física da UFAC e ainda, envolver uma estudante DV, acadêmica do curso de pedagogia, para participar da aula/oficina. Diante disso, essa voltou seu foco para a apresentação principalmente, do recurso da audiodescrição, tendo em vista que a aula foi totalmente remota via *Google Meet*, para os futuros professores. Além disso, foi convidada uma colaboradora do Núcleo de Apoio à Inclusão (NAI) da UFAC para expor suas opiniões acerca de recursos empregados para o processo de ensino e aprendizagem de estudantes com deficiência ao final da aula, tendo em vista que esta profissional é uma grande defensora das Tecnologias Assistiva, tal com audiodescrição, conforme ficou evidenciado na Roda de Conversa.

Para uma melhor compreensão, é válido expor que nesta ocasião, os conceitos físicos foram apresentados através de imagens audiodescritas e vídeo com audiodescrição e ainda, uma janela de Libras. A propósito, a SD foi ministrada no contexto da disciplina de Instrumentação do Ensino de Física IV, no período de 2020/01 entre Março e Junho de 2021, em decorrência da pandemia da Covid-19; contando com a participação de doze graduandos, sendo que a docente também participou da aula, sendo que os aspectos relacionados a estes momentos serão abordados na próxima subseção.

3.3 AULA MINISTRADA: APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A Sequência Didática encontra-se dividida em três aulas de 100 minutos cada. No quadro 4 é descrita cada etapa da Sequência Didática, esclarecendo os temas e os principais recursos utilizados durante os encontros.

Quadro 4: Etapas da Sequência Didática proposta

| Etapa | Objetivo | Descrição das Atividades | Tempo |
|----------------|---|--|----------|
| 1 ^a | <p>Conceituar ondas;</p> <p>Classificar e diferenciar as ondas quanto: à natureza: mecânicas e eletromagnéticas; à forma: longitudinais e transversais e à direção de propagação de energia: unidimensional, bidimensional e</p> | <p>(1) Discussão com base em perguntas motivadoras;</p> <p>(2) Apresentação do conteúdo com uso dos slides e da Maquete de Oscilações:</p> <p>(a) exemplos de situações do cotidiano sobre ondas mecânicas e eletromagnéticas, com imagens audiodescritas;</p> <p>(b) reprodução da propagação transversal e longitudinal por meio do vídeo, imagens</p> | 100 min. |

| | | | |
|----|---|---|---------|
| | tridimensional. | audiodescritas, do brinquedo mola maluca e corda; (c) exemplos de ondas em: 1D, 2D, e 3D, com uso (opcional) de caixa de som e lâmpada incandescente. | |
| 2ª | Apresentar as grandezas: Comprimento de onda (λ), Amplitude (A), Frequência (f), Período (T), Velocidade (v); Descrever a função de onda; Apresentar os conceitos básicos sobre os fenômenos ondulatórios: Reflexão e Refração. | (1) Apresentar as grandezas: Comprimento de onda (λ), Amplitude (A), Frequência (f), Período (T), Velocidade (v). (2) Descrever a Função de onda; (3) Apresentar os conceitos básicos sobre os fenômenos ondulatórios: Reflexão e Refração. | 100 min |
| 3ª | Apresentar os conceitos básicos sobre os fenômenos ondulatórios: Difração; Interferência e Polarização. | (1) Utilização das imagens em alto-relevo e audiodescritas (slides) sobre os fenômenos ondulatórios; (2) Aplicação do Quiz (slides); (3) Roda de conversa. | 100 min |

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Este quadro está dividido em três etapas, em que cada uma equivale a duas aulas, durante as quais foram construídos meios de adaptações de recursos didáticos para alunos com DA ou DV, com a finalidade de que tais materiais possam contribuir no ensino e no aprendizado nas aulas de Física, favorecendo a prática docente e possibilitando a inclusão em sala de aula, instigando ainda, a participação de todos os discentes nas aulas de Física.

Vale ressaltar que os recursos desenvolvidos servirão tanto para o estudante com deficiência, como também para o aluno sem deficiência, auxiliando a turma como um todo e permitindo que todos compartilhem do ensino, independentemente de suas necessidades especiais. Os detalhamentos da sequência didática, bem como das orientações para o professor, estão presentes no Produto Educacional (Apêndice A).

Apresenta-se a seguir resumidamente como a SD pode ser aplicada em um contexto presencial para uma turma de ensino médio. Nos resultados, comenta-se o que foi possível ser aplicado dado às circunstâncias da pandemia da Covid-19. O primeiro encontro teve como finalidade transmitir as ideias iniciais sobre o conteúdo de ondas, utilizando: os slides da aula, disponíveis no portal da EduCapes (<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/599556>); a Maquete de Oscilações; e o exemplo de situações presentes no cotidiano dos alunos de forma contextualizada através de imagens audiodescritas. Além disso, utilizou-se também o vídeo “Onda transversal e longitudinal com audiodescrição e Libras” (<https://www.youtube.com/watch?v=gCE3P2oh1Bw>); o brinquedo mola maluca; uma corda;

e de forma opcional uma caixa de som e uma lâmpada incandescente. Foram abordados: o conceito de ondas; classificação da onda quanto à forma, à sua natureza, e à direção de propagação de energia.

No início desta aula, com a finalidade de promover a discussão e a interação entre todos os alunos sobre o tema, algumas perguntas norteadoras foram feitas, tais como: "Qual o fenômeno físico relacionado ao processo de falar e de escutar?"; "O que você sabe sobre o Wi-Fi? O que seria o Wi-Fi?"; "E sobre o sinal dos celulares, rádios, TVs, controles remotos? O que seria?"; "O que essas perguntas em suas respostas têm em comum?"; e "Será que existem vários tipos de ondas?".

Com o auxílio de imagens em alto relevo e audiodescritas (apresentadas nos slides), no segundo encontro, as grandezas relacionadas a uma onda: comprimento de onda (λ), amplitude (A), frequência (f), período (T), velocidade (v); e equações fundamentais das ondas foram trabalhadas, juntamente com os fenômenos de reflexão e refração. Os fenômenos ondulatórios: difração, interferência e polarização foram abordadas no segundo encontro com o uso das imagens em alto relevo e audiodescritas (slides). Nesse encontro realizou-se um Quiz com os alunos. E ao final, uma roda de conversa. A proposta inclui promover a socialização entre os alunos com e sem deficiência, usando a Zona de Desenvolvimento Proximal de Vygotsky, como parte norteadora deste trabalho, tal termo é explicado no Capítulo 2.

Utilizou-se ainda um brinquedo chamado Mola Maluca, para o docente enfatizar a classificação longitudinal e transversal. Para isso, dentro desta aula, após a utilização da Maquete 1, são propostas três atividades: (1) Reproduzir a propagação transversal em uma mola maluca esticada sobre uma superfície; (2) Reproduzir a propagação longitudinal em uma mola maluca esticada sobre uma superfície; (3) Responder em forma de trabalho em grupo uma pergunta sobre um tema da aula. Essa última parte envolverá cálculos de pequenas situações problemas, como por exemplo, calcular a velocidade da onda; instigando a competição de forma saudável entre os estudantes, contemplando o primeiro e metade do segundo encontro.

Ainda no primeiro encontro serão utilizados exemplos para classificação da onda bidimensional, ondas formadas na superfície da água podem ser citadas. Durante esse encontro foram apresentadas as ondas em uma dimensão utilizando como exemplo uma corda para demonstrar uma onda transversal se movimentando, ou uma mola maluca para

demonstrar uma onda transversal se propagando. Para a onda tridimensional podem ser utilizadas uma caixa de som e uma lâmpada. Tais recursos serão utilizados como exemplos, no qual os alunos poderão tatear e visualizar, de forma que não somente os deficientes da turma possam manuseá-los, mas todos os alunos, para promover uma percepção mais real do assunto abordado em sala.

No segundo e terceiro encontro, serão utilizadas as imagens dos fenômenos estudados em alto relevo e audiodescritas, para ser tateado pela aluna DV, de forma a fornecer uma melhor percepção sobre cada fenômeno. As imagens estarão em tamanho ampliado num papel cartão, de forma a ter espaço para a representação dos detalhes presentes na imagem. As orientações de quais imagens serão utilizadas e como construir as adaptações em alto relevo estão apresentadas no Produto Educacional (Apêndice A).

Para finalizar a aplicação da SD, será feito uma roda de conversa com todos os alunos, seguindo o roteiro apresentado no quadro 5 com o intuito de cada aluno relatar a experiência ao participar de uma SD com recursos adaptados para alunos com DV ou DA, em aulas de Física.

Quadro 5: Roteiro para Roda de Conversa.

| Tema | Perguntas |
|---|--|
| Sobre a diversidade da sala de aula | <p>Contextualização: o ambiente de sala de aula pode ser os mais diversos possíveis. Algumas turmas têm alunos que aprendem rápido, outros mais devagar. Alguns possuem limitações físicas e outros não. Alguns são mais velhos e outros mais novos.</p> <p>(1) Sobre uma sala de aula que possua alunos sem e com deficiência?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quais pontos positivos? - Quais pontos negativos? - Como você avalia a interação entre todos os alunos na sala? |
| Sobre a aula com recursos diversificados | <p>(2) Como foi participar das aulas com o uso de recursos diversificados?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conseguiu compreender o assunto? - Conte como se sentiu durante as aulas. Acessou os recursos didáticos? - Em qual assunto teve mais dificuldade de compreensão? <p>(3) Como descreveria as aulas em geral?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Excelente, Boa, Poderia melhorar ou Péssima. <p>(4) Os recursos foram válidos pra você?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maquete oscilações - Imagens ampliadas em alto relevo e audiodescritas. - Brinquedo mola maluca, Corda, Caixa de som e a Lâmpada para exemplificar o conceito físico. |

| | |
|-------------------------|--|
| Sobre a inclusão | (5) Sobre uso de materiais adaptados para turma toda (contexto de inclusão)? - Algum professor já havia utilizado algum recurso desses em aula? - O que poderia ser melhorado? - Sem os recursos utilizados teria conseguido compreender os assuntos expostos em sala de aula? (6) A estratégia de usar outros sentidos em sala de aula, como o tato, foi importante? Qual a importância de tais recursos para você? |
|-------------------------|--|

Fonte: Elaborado pela Autora.

Vale ressaltar que tanto o Quiz e a roda de conversa tem como finalidade a coleta de subsídios para avaliar o desempenho dos alunos durante as aulas e coletar dados para avaliar se os objetivos de cada aula foram alcançados.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES

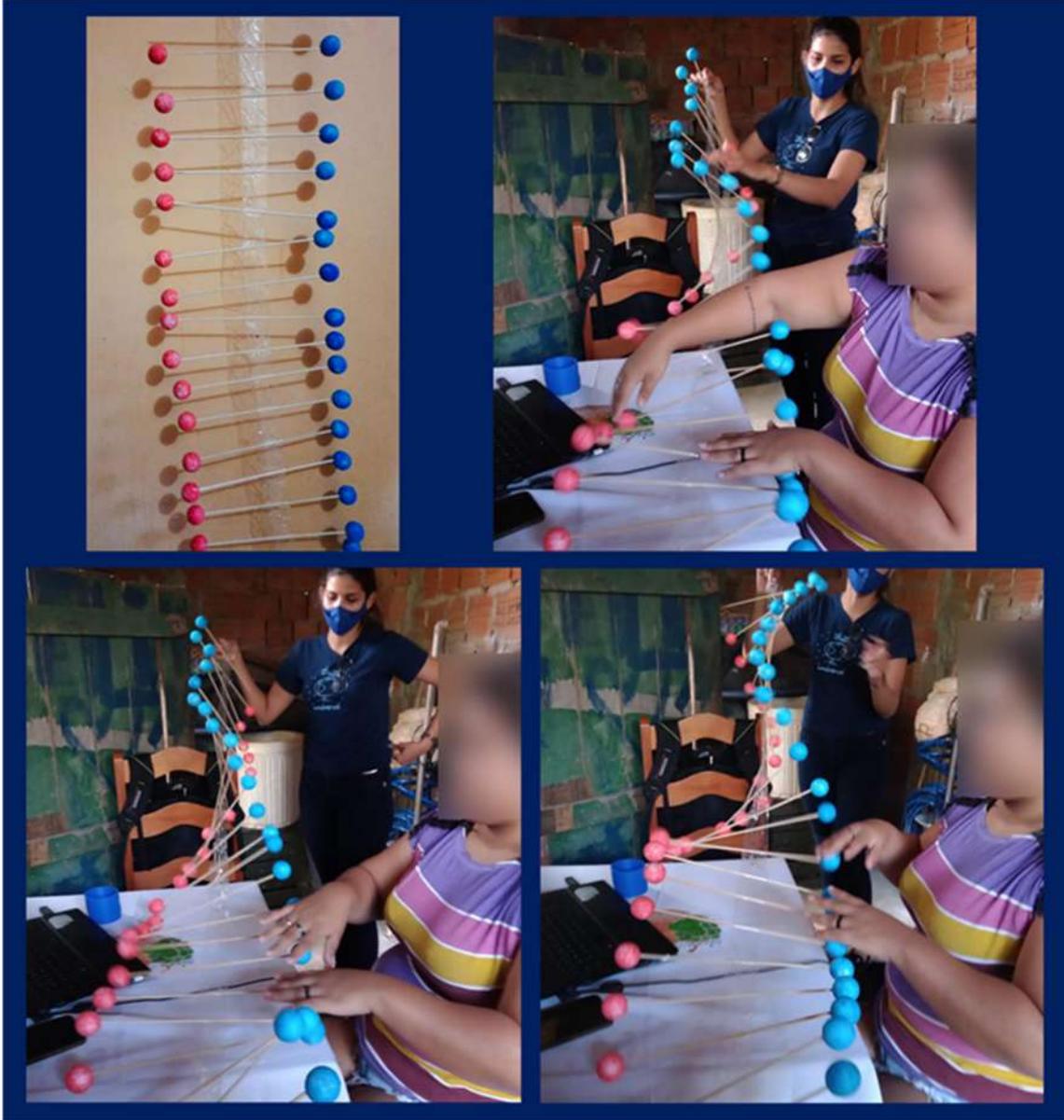
Este capítulo está reservado para apresentação, análise e discussão dos resultados obtidos com a aplicação da SD proposta no trabalho. Inicialmente são apresentados os resultados da aplicação da Sequência Didática presencial com uma estudante DV do EM de uma escola pública de Rio Branco/AC e em seguida, os resultados sobre a aula remota com acadêmicos da licenciatura em física.

4.1 APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PRESENCIAL COM UMA ESTUDANTE DV DO EM DE UMA ESCOLA PÚBLICA DE RIO BRANCO

A presente subseção apresenta os resultados sobre a aplicação da sequência didática de forma presencial com uma aluna DV de uma escola pública de Rio Branco/AC, localizada na área urbana do estado, que atende em geral estudantes de baixa renda. A aula de física aconteceu durante uma tarde na residência da aluna, em maio de 2021, com duração de três horas e meia, e contou com a colaboração da mediadora da escola. Vale ressaltar que nesse período, as aulas presenciais estavam suspensas devido à pandemia do corona vírus, ocorrendo apenas de maneira online. Vale esclarecer, que a adotou uma metodologia diversificada e recursos adaptáveis com a finalidade de atender as especificidades da aluna cega. Os recursos utilizados durante a aula foram: maquetes táteis visuais, imagens em alto relevo e audiodescritas, e vídeo com audiodescrição e libras.

A pesquisadora se dirigiu a residência da discente DV juntamente com a mediadora, sendo que a estudante já se encontrava aguardando a ambas e por sinal, motivada para participar dessa nova experiência. Em seguida, a aluna, juntamente com seu conjugue, disponibilizou o local onde poderia ser realizada a aula a qual logo se iniciou seguindo a SD disponível no Produto Educacional anexado no Apêndice A. Desta forma, no primeiro momento da aula presencial foi abordado o conceito de onda, por meio da Maquete Oscilações (Figura 32), bem como apresentado as classificações das ondas quanto à natureza – mecânica e eletromagnética, à forma – longitudinais e transversais, e à direção de propagação de energia – unidimensional bidimensional e tridimensional.

Figura 32: Utilização da Maquete Oscilações com uma estudante DV de uma escola estadual de Rio Branco/AC.



Fonte: Acervo da autora, maio de 2021.

Salienta-se também a utilização do brinquedo mola maluca (Figura 33), assim como do vídeo “Onda transversal e longitudinal com audiodescrição e Libras” (<https://www.youtube.com/watch?v=gCE3P2oh1Bw>); enviado para aluna semanas antes da aula por meio do WhatsApp, para que esta o analisasse previamente e, verificasse se compreendeu o conteúdo transmitido. Durante a aula, observou-se que o smartphone da aluna continha um leitor de tela, que a auxiliava para localizar o vídeo no celular.

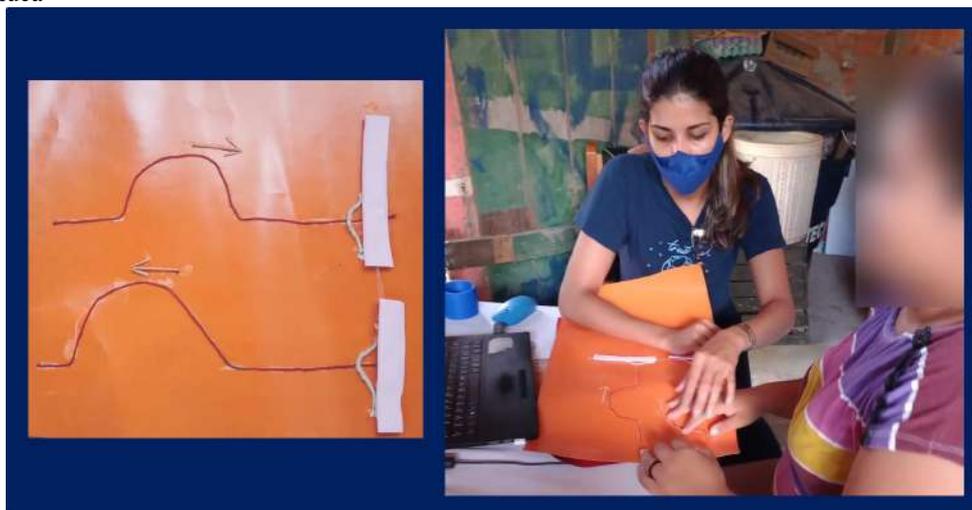
Figura 33: Momentos da aula presencial com a estudante DV de uma escola estadual de Rio Branco/AC, usando a mola maluca.



Fonte: Acervo da autora, maio de 2021.

No segundo momento da aula foi apresentado por meio de imagens em alto relevo e audiodescritas, as grandezas relacionadas a uma onda: comprimento de onda (λ), amplitude (A), frequência (f), período (T), velocidade (v); e equação fundamental das ondas. E por fim, no terceiro momento da explicação foram abordados os fenômenos ondulatórios de: reflexão (Figura 34), refração (Figura 35), difração (Figura 36), interferência e polarização, com o uso das imagens em alto relevo ou audiodescritas.

Figura 34: Momentos da aula presencial com a estudante DV de uma escola estadual de Rio Branco/AC, usando a mola maluca



Fonte: Acervo da autora, maio de 2021.

Figura 35: Representação do fenômeno de refração em alto relevo para a aluna DV



Fonte: Acervo da autora, maio de 2021.

Figura 36: Representação do fenômeno de difração em alto relevo para a aluna DV



Fonte: Acervo da autora, maio de 2021.

Ao final da aula presencial com a aluna DV, foi realizado um Quiz e após tal atividade procedeu-se uma roda de conversa. Durante a aplicação da atividade, a professora lia as perguntas e, por conseguinte, a aluna respondia em conformidade com seu entendimento sobre a aula. O quiz consistia em perguntas de 8 questões, de múltipla escolha, onde abordava assuntos referentes à ondulatória, sendo que de forma mais específica as questões 1, 3,4 e 5 estavam diretamente ligadas à temática dos fenômenos ondulatórios, já as questões 2, 6,8 estão relacionados às grandezas da onda, e a questão 7 refere-se da parte conceitual de ondas.

Dentre as questões propostas, a estudante acertou seis e errou duas. Vale salientar que os assuntos das questões que ela obteve êxito, envolviam os temas: tipos de classificações de uma onda, parte conceitual relacionada à onda, e fenômenos ondulatórios. Enquanto que, as aqui que questões que ela errou, foram sobre as grandezas relacionadas a uma onda. Destaca-se que dentre as questões que ela acertou, à medida que ela ia respondendo, alguns comentários eram feitos pela própria aluna, frisando dessa forma seu entendimento sobre o conteúdo.

Para uma melhor compreensão, a quinta questão do Quiz foi sobre a classificação quanto à direção de propagação da onda, tal tema foi trabalhado em aula, por meio da maquete e do vídeo com audiodescrição, mostrando-se bastante interessada em compreender o conteúdo. Ela também interagiu durante as demonstrações, além de acertar a maioria das questões envolvendo os conteúdos de classificação da onda.

À medida que a aluna finalizava a questão, a professora já mencionava a temática das próximas questões. A questão 1 já tratava sobre os fenômenos ondulatórios, que durante a aula foram explicados por meio de imagens em alto relevo. A primeira questão, por exemplo, se tratava do fenômeno de difração, a aluna acertou. Neste momento, para frisar os conteúdos estudados, após a resposta da aluna, a docente discorria brevemente sobre a questão, sempre com um *feedback* para a estudante, utilizando a questão lida e respondida para revisar os assuntos.

Já a questão 7 era de ordem conceitual, em que se questionava o que a onda pode transportar. A resposta correta da aluna pode ser evidenciada pelo fato de que esta ao manusear a mola maluca, compreendeu de forma significativa que a onda não transporta matéria, sendo esta compreensão reforçada pelas explicações, de modo que ela sentiu a vibração e verificou que cada parte da mola (do brinquedo) permanecia praticamente no mesmo local ao tocá-lo, sendo que o que se propagava era a energia de vibração das ondas.

Deste modo, pode-se concluir que este conceito foi assimilado pois ao final ela citou em sua fala o que era onda.

Igualmente é importante destacar as questões que a aluna não acertou, sendo que tais erros foram basicamente relacionados à temática “grandezas: velocidade, frequência e comprimento de onda”. Supõe que o erro da estudante por estar associado ao fato de que o conteúdo possa ter sido explicados de forma rápida, ou ainda, pela necessidade de que mais recursos tivessem sido empregados para a abordagem da temática.

Tendo em vista os aspectos observados, ao não acertar as questões 2. 6 e 8, que tratavam dos conteúdos relacionados às grandezas da onda, como velocidade, frequência e comprimento de onda; evidenciando-se a não compreensão deste tópico estudado durante a aula pela estudante com DV. Isso mostra que existem pontos que devem ser trabalhados com mais emprego de recursos ou mais tempo, para auxiliar a discente DV a compreender melhor o conteúdo. Ambas as questões sobre as grandezas, ou seja, não envolvia a utilização de fórmulas para cálculos relacionadas à equação fundamental de onda. A pergunta 8 em específico questionava qual grandeza dependia exclusivamente da fonte emissora, sendo que a opção que a aluna escolheu estava 50% correta, tendo em vista que a resposta real seria amplitude e frequência, e ela mencionou amplitude e velocidade. Neste ponto, vale salientar que a parte do conteúdo que envolve cálculo e fórmulas, não foi muito frisada, devido ao tempo e também por ser mais complexa, e neste caso, a pesquisadora preferiu abordar apenas alguns tópicos do conteúdo de maneira mais conceitual. Neste contexto, apresenta-se a seguir uma pequena discussão acerca da matematização no ensino de física.

A despeito de uma situação que acaba prejudicando o ensino de Física, encontra-se no fato que geralmente se dá uma maior ênfase apenas à matematização, de maneira que as fórmulas e equações são priorizadas em detrimento aos conceitos. Nessas conjecturas, o docente torna-se o centro das verdades científicas, em vez de aperfeiçoar o ensino do aluno, que passa dessa maneira a ser um simples receptor de Conteúdos. Todavia, é de fundamental importância compreender não só o significado das fórmulas envolvidas, bem como dos conceitos. Destaque-se que meramente saber manipular e utilizar as fórmulas para simplesmente resolver situações-problema, não é indicativo de que o aluno assimilou o conteúdo. O professor deve instigar o aluno a questionar e relacionar a teoria física com a aplicação das fórmulas matemáticas, pois sem o conhecimento de ambas não abre a

oportunidade para discussões perspicazes sobre as temáticas abordadas (CARVALHO JÚNIOR, 2002).

Considerando tais pressupostos, para a dinâmica da aula se tornar de fato eficaz para a aprendizagem significativa dos alunos de todos os alunos, incluindo os que apresentam deficiências, transtornos e outras síndromes o docente deve levar em consideração a realidade do aluno. Evidencie-se ainda que: “é imprescindível considerar o mundo vivencial dos alunos, sua realidade próxima ou distante, os objetos e fenômenos com que efetivamente lidam, ou os problemas e indagações que movem sua curiosidade” (MEC, 2000, p. 23). Dessa maneira, o ensino de física não deve ser pautar somente em uma mera transmissão de conteúdos e uso de fórmulas ou, apenas questões conceituais dos fenômenos físicos, mas uma junção de ambos, a ponto de instigar e motivar o discente a se interessar por aquilo que está estudando (BONADIMAN, NONENMACHER, 2007).

Outra estratégia para facilitar a compreensão de todos os alunos em sala de aula, seria a atividade experimental, sendo que conforme esclarecem Bonadiman e Nonenmacher (2007), a metodologia para ensinar física não deve estar somente em informações verbais e que exija ao aluno apenas a resolução de exercícios de memorização e aplicação de fórmulas por exemplo, mas a abstração em modelos teóricos de física essencial para desenvolvimento do estudante em formular e questionar, porém deve-se trabalhar em sala de aula aspectos práticos de forma a envolver ativamente o aluno e, um destes aspectos práticos pode ser a atividade de experimentação a qual em uma turma que possui alunos DV inclusos, deve ser elaborada com maior precisão e adaptadas às especificidades destes alunos, para dessa maneira motivá-los a aprendizagem. Destarte, é preciso que as atividades experimentais possam ser manuseadas e manipuladas, ou até emitindo sons, para que o estudante com especificações entenda o fenômeno físico estudado (CAMARGO, 2007).

Vale destacar que a experimentação não deve ser feita de maneira desconexa, mas que tenha significado com a temática abordada, é importante o docente interagir e instigar os questionamentos em práticas desse tipo, e após as discussões expor a teoria por trás da experimentação. De acordo com Gaspar (1997) “só quem conhece a fundamentação teórica de uma experiência pode realizá-la de forma significativa e fazer com que ela possa promover a aquisição do conhecimento para a qual foi proposta e apresentada”

A questão 1 envolvia o assunto de difração, porém a questão continha a imagem, semelhante à representação em alto relevo apresentada durante a aula. Para melhor

esclarecimento da questão, a professora mostrou novamente a imagem para a aluna tateá-la, além de ler a sua descrição. Verificou-se que a estudante DV novamente acertou a questão relacionada ao tema de difração.

E por fim, as questões 2, 6 e 8 continuaram abordando a temática de fenômenos ondulatórios. A questão 3, especificamente, tratava do fenômeno de refração, já a pergunta Sublinhe-se que para as explicações destas questões, a professora utilizou a figura em alto relevo para, disponibilizando-a ainda para a aluna tatear.

Ao final do Quiz foi realizada uma roda de conversa tomando como referência temas como o conteúdo de física abordado, a experiência da estudante em sala de aula e os recursos utilizados. Sobre o assunto de física abordado a estudante afirmou com as próprias palavras que: *“a gente não chegou a ver nada disso não”*, e que, portanto, tudo que foi exposto na aula era assunto novo para ela. Este fato foi confirmado pela mediadora que acompanha a aluna a qual afirmou: *“verdade ela não teve contato com conteúdo não”*.

Quanto à experiência da estudante em sala de aula, ela afirma que já teve colegas de sala com a mesma deficiência que ela, mas que não interagiu com os mesmos e nem com os colegas sem deficiência, pois se mostrava retraída. Um fato a ser considerado pois se mostra extremamente relevante encontra-se relacionado à questão da timidez em sala de aula, tendo em vista que esta é uma realidade que pode inclusive comprometer o processo de ensino e aprendizado do estudante, conforme afirmado por Gonçalves e Sestari (2015) os quais relatam que:

Na fase da infância, as características da timidez são visíveis na escola, desde a Educação Infantil até níveis mais elevados da educação escolar. Uma grande maioria desses alunos tímidos tem falta de coragem de enfrentar as situações desafiadoras, os professores e até os colegas de sala de aula, interferindo, portanto no seu processo de aprendizagem. (GONÇALVES, SESTARI, 2015, p.147)

Sabe-se que o estudante com necessidades especiais, quer seja Deficiência Visual ou Deficiência Auditiva, terá mais dificuldades de socialização, podendo se mostrar introvertido em sala de aula, como ocorreu aparentemente com a aluna durante a aplicação da SD em sua residência, porém segundo Vygotsky (1997), para que realmente haja o desenvolvimento cognitivo é necessária a atividade coletiva, dessa maneira a interação em sala de aula de alunos com necessidades especiais juntamente com outros alunos é de suma importância para a aprendizagem e desenvolvimento de todos em uma turma. O autor ressalta ainda que os sujeitos constroem seus conhecimentos por meio das interações com os outros e com o meio,

ou seja, a aprendizagem é um processo social. Cabe ao docente promover tais socializações em sala de aula, de maneira a envolver os discentes como um todo (IBIDEM, 2001).

Em relação aos recursos utilizados, a discente afirmou que conseguiu compreender os conteúdos de forma significativa mediante a utilização dos recursos empregados pela pesquisadora. Neste momento, a professora lembrou para a aluna que foram vistos os conceitos iniciais de onda por meios das maquetes, mola maluca e o vídeo com a audiodescrição, e em seguida dos fenômenos ondulatórios por meio das imagens em alto relevo e audiodescritas, sendo que a discente por sua vez confirmava os conteúdos que conseguiu assimilar, todavia demonstrou certa dificuldade em compreender os fenômenos ondulatórios.

Neste ponto, vale ressaltar que não foram apresentadas as imagens em alto relevo para a estudante de dois fenômenos, interferência e polarização, fato este que pode ter contribuído para que este tema se mostrasse complexo ao entendimento da estudante, por ausência do recurso tátil o qual lhe permitiu contornar suas limitações em decorrência da deficiência visual. A título de exemplo, ao explicar o fenômeno de polarização, utiliza-se normalmente o exemplo de óculos escuros com lentes polarizadoras, indicando que a luz incidente do sol é “filtrada” pela lente polarizadora e que ao colocar duas lentes polarizadoras sobrepostas com as direções de polarização perpendiculares uma em relação à outra, a luz não perpassa. Certo é que, como toda proposta de ensino apresenta pontos positivos e negativos, ou melhor, contribuições e limitações, deste modo observou-se que o tema de polarização ainda pode ser melhorado na forma de abordagem para obtenção de melhores resultados em aplicações futuras.

Salienta-se que para o aluno com deficiência é necessário um maior período de tempo para que este compreenda e processe as informações, principalmente levando em consideração que a aquisição visual de algum conceito é mais rápida comparando-se com as de outros métodos, tais como tátil e auditiva, as quais têm suas limitações e exige mais tempo para o aprendizado de um novo conceito no tocante ao discente com DV (AZEVEDO, SANTOS, 2014), sendo assim este discente necessita de um prazo estendido para que possa explorar os recursos utilizados em aula para facilitação do ensino e aprendizado. Tais aspectos podem explicar de certa forma a proposta de SD aplicada apresentou algumas limitações, mesmo sendo esta ação idealizada de forma presencial com a estudante DV.

Vale ressaltar ainda, que alguns conceitos físicos são apenas interpretações das experiências que vivenciamos em realidade, por exemplo, partículas e ondas são construções da mente, elaboradas para auxiliar a compreensão do comportamento da luz em situações diferentes (AZEVEDO, SANTOS, 2014). Com isso é preciso atentar-se para as vivências dos alunos ao dissertar sobre algum conceito, pois este pode fazer sentido para um aluno com visão normal, mas não para um estudante com deficiência visual.

Pontua-se que alguns conteúdos se mostram complexos em relação a suas transmissões tanto para alunos com deficiência quanto para aqueles que não apresentam nenhum tipo de limitação. Tal fato é confirmado por Camargo e Nardi (2008) os quais indicam que lecionar óptica para alunos com baixa visão, cegos com artefatos táteis visuais se mostra um ato dificultoso tendo em vista que conteúdos como reflexão regular, refração da luz, dispersão da luz, câmara escura de orifício, e espelhos côncavos e convexos, exigem muito da visão, pois ainda conforme os autores apontam, os fenômenos ópticos são classificados em dois patamares:

Existem aqueles que somente podem ser observados e compreendidos por meio da visão e de ideias visuais. Denominamos esses significados de indissociáveis da visão. São os casos das cores, da ideia de transparente, translúcido e opaco, da concepção de visão, do entendimento de imagem em um espelho plano ou esférico, do significado visual da refração, etc. Esses significados não poderão ser comunicados aos alunos cegos de nascimento. Entretanto, se o aluno enxergou por um tempo ou possui baixa visão, esses significados podem ser comunicados a eles. Existem também os significados cuja compreensão não é dependente da visão. Denominamos tais significados de vinculados a ideias visuais. São os casos dos registros e descrições geométricas de fenômenos ópticos como raio de luz, reflexão, refração, formação de imagem em espelhos e lentes, etc. (CAMARGO, NARDI, 2008, p. 20).

Entretanto o professor pode sim amenizar a complexidade e limitações de tais conteúdos, com propostas que visam potencializar o entendimento do aluno com DV, desassociando os fenômenos ópticos da visão. É essencial frisar que as propostas aqui apresentadas são apenas sugestões, pois cada deficiência terá suas especificações, a cada aluno deve ser ofertado um atendimento diferenciado conforme suas características, pois como se sabe não existe procedimentos prontos para todo e qualquer tipo de deficiência, considerando que são os contextos de sala de aula que irão direcionar a prática docente.

Como contribuição para o ensino de física para deficientes visuais, a proposta no geral apresentou pontos positivos, aspectos estes confirmados pela estudante tanto em relação suas respostas assertivas no tocante ao Quiz, quanto pelas em suas reflexões no momento da Roda

de Conversa quando emitiu suas percepções em relação aos recursos de acessibilidade disponibilizados para seu aprendizado: *“melhor, porque a gente consegue entender melhor os assuntos, quando é assim, fica mais explicado com a utilização dos recursos”*. Além disso, ela disse que a aula *“foi boa, foi bem ótima mesma, porque foi bem explicativa”*. Complementou suas ideias afirmando ainda que os recursos foram válidos para ela e que conseguiu entender as configurações das maquetes, e o que cada parte representava.

Quanto ao uso de materiais adaptados, foi confirmado pela mediadora, que para o aprendizado da estudante já foram disponibilizadas maquetes em disciplinas eletivas, sendo este fato confirmado pela aluna. Neste ponto, destaca-se o fato de que a estudante encontra-se matriculada no terceiro ano do Ensino Médio em uma instituição de ensino a qual desde 2019, passou à escola piloto do Novo Ensino Médio, deste modo à mesma cursou eletivas em anos anteriores ao da aplicação da presente proposta de ensino.

Ainda sobre os recursos utilizados, a estudante afirmou que possivelmente não teria compreendido os conteúdos sem o uso dos recursos. E ainda, que os temas como *“as ondas, as classificações, a direção de propagação, os elementos da onda, a crista (...), interferência construtiva e destrutiva, difração, refração, o resto (...) eu não estou lembrando”* foram citados por ela como bem compreendidos por intermédio das imagens em alto relevo. Ao final, a pesquisadora lhe perguntou o que é uma onda, e a estudante respondeu que é a perturbação que transporta somente energia. Em seguida aula foi encerrada aula falando *“É isso, parabéns pela atenção na aula, você conseguiu compreender e assimilar muitas coisas!”*.

Frente ao exposto, em um contexto geral, a aula se mostrou relativamente positiva, pois, contou com a participação proativa da estudante. Além disso, observou-se que ao interpelá-la sobre os temas abordados na aula, esta conseguiu discorrer de forma bastante compreensível. Registre-se que alguns aspectos relacionados à abordagem do tema ainda podem ser melhorados para aplicações futuras, entre eles assuntos referentes aos polarizadores. Mas no geral, considerando o contexto da pandemia da Covid-19, verifica-se que a aplicação da presente sequência didática na residência da estudante com DV representa uma ação importante para a inclusão de deficientes visuais no contexto educacional.

4.2 RESULTADOS SOBRE A AULA REMOTA COM ACADÊMICOS DA LICENCIATURA EM FÍSICA

A aplicação da aula remota aos alunos do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Acre (UFAC) contou com a participação de uma estudante Deficiente Visual (DV), acadêmica do curso de Pedagogia da UFAC. No total, participaram da aula on-line 12 graduandos e uma funcionária do Núcleo de Apoio à Inclusão (NAI) da UFAC, que foi convidada para expor as suas percepções ao final da atividade acerca da relevância da adaptação de materiais para deficientes visuais. Vale destacar, que a transmissão remota ocorreu durante uma aula da disciplina “Instrumentação para o ensino de Física IV”, no período de 2020/01 entre março e junho do corrente ano, devido à pandemia da Covid-19. Convém acrescentar que professora responsável pela disciplina, qual nunca atuou em classes, também participou da aula. A figura 37 apresenta momentos da aula on-line ministrada.

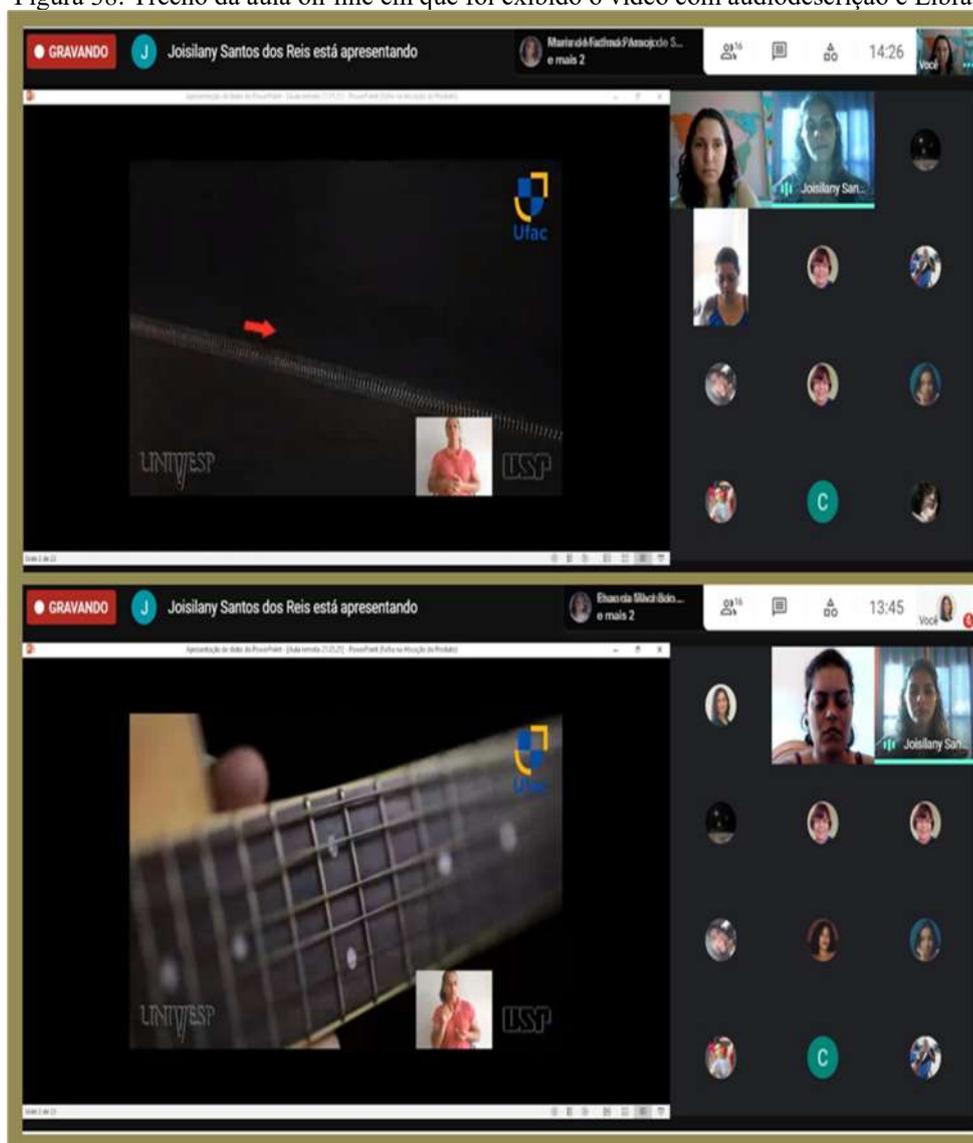
Figura 37: Aula on-line com acadêmicos da Licenciatura em Física da UFAC

The figure consists of two screenshots from a Zoom meeting. The top screenshot shows a presentation slide titled "Onda" (Wave) with the definition: "É qualquer perturbação ocasionada em um determinado espaço tempo, onde não ocorre o transporte de matéria, somente de energia." Below this is a section "Classificação da onda" (Wave Classification) with two sub-sections: "Quanto à Natureza:" listing "Ondas mecânicas e Ondas eletromagnéticas;" and "Quanto à direção de propagação da onda:" listing "Pulso transversal e Pulso longitudinal;". The bottom screenshot shows a slide titled "Extremidade fixa" (Fixed End) with a diagram of a string fixed to a wall. The diagram shows an incident pulse ("pulso incidente") moving right, a reflected pulse ("pulso refletido") moving left, and a fixed end ("extremidade fixa"). The text explains that the reflected pulse is inverted. Both screenshots show a grid of participants in the Zoom interface.

Fonte: Acervo da orientadora, Maio de 2021.

A aula contou com a apresentação de slides com imagens com audiodescrição e Libras, sendo a Língua de Sinais, empregada para explicar no vídeo o tema acerca das explicações das ondas longitudinais e transversais (Figura 38)

Figura 38: Trecho da aula on-line em que foi exibido o vídeo com audiodescrição e Libras



Fonte: Acervo da orientadora, maio de 2021.

De início foi dada a oportunidade para as considerações iniciais por parte da docente responsável pela disciplina sobre suas percepções em relação à aula, a qual expressiu que: *“Achei o vídeo bom, achei a aula da mestranda muito boa, achei que era muito conteúdo para aula, mas tendo em consideração que é para DV (...), não sei até que ponto eles podem entender”* (DOCENTE DE FÍSICA DA UFAC, MAIO DE 2021).

Nota-se que a preocupação inicial da docente foi justamente em saber o quanto um estudante DV seria capaz de compreender sem ter o sentido da visão, tendo em vista que a física é considerada uma disciplina de alta complexidade, pois a compreensão de alguns conteúdos exige um pensamento abstrato. Considera-se ainda o fato de que o ensino de física exige o uso do sentido da visão, através da observação dos fenômenos e da representação do mesmo por meio de desenhos ou ilustrações, do desenvolvimento de experimentos virtuais, entre outros recursos. Neste contexto, para quem nunca trabalhou com inclusão, o ensino para DV representa inicialmente um grande desafio.

Um fator lamentável, e que merece destaque, encontra-se na confirmação através de estudos científicos de que inúmeros docentes não estão preparados para lidar com as diversas situações que podem surgir em uma sala de aula, ou seja, dentre as diversidades do ambiente escolar, pode-se encontrar alunos com necessidades educacionais especiais, podendo estes ser ou deficientes visuais, ou auditivos, ou ainda, apresentar quaisquer outros tipos de limitações, o que pode ser atribuído ao fato de que muitos professores afirmam que em suas formações acadêmicas não foram preparados para lidar com essas especificações (LIMA, 2002).

Destarte, define-se que a educação inclusiva é aquela que visa à integração total dos alunos de forma efetiva, em todo o processo de ensino e aprendizagem, sem segregações, almejando incluí-los e não isolá-los em uma sala de recursos, envolvendo-os como parte do ensino regular. Deste modo, atenderá as diferenças e especificações deste público, porém para que isso aconteça de maneira efetiva, tal conscientização deve começar desde a formação inicial de um professor a qual deve se estender por todo o exercício de sua profissão, ou seja, um docente deve permanecer em constante qualificação de modo acompanhar as mudanças no campo da educação, a qual deve ser incentivada pela instituição de ensino em que este profissional exerça as suas atividades, todavia esta não é uma realidade de muitas escolas, as quais ainda não implementaram práticas que contribuem para a formação de docentes a fim de promover a inclusão (OLIVEIRA et. al., 2012).

Os autores supracitados em um estudo envolvendo 15 professores constataram que 70% dos envolvidos confirmaram que não tiveram em suas formações iniciais a capacitação necessária para lidarem com discentes com necessidades especiais, o que demonstra a existência de uma lacuna curricular no percurso formativo destes profissionais. Outro aspecto revelado pelo estudo se encontra na falha da estrutura curricular dos futuros docentes, pois a Língua de Sinais é desconhecida por 45% dos entrevistados, enquanto 90% nunca teve algum

contato com o Braille, sendo estes sistemas de linguagem são fundamentais no processo de inclusão de estudantes com deficiência auditiva e deficiência visual.

É importante frisar que a responsabilidade de inclusão não envolve somente o professor em sala de aula, mas toda comunidade escolar, ou seja, gestores, demais servidores e a família. É necessário deste modo, treinar todos os envolvidos para esta importante tarefa e somente exigir um comportamento inclusivo por parte destes profissionais sem lhes prestar a devida assistência (ALVES, 2009).

Reforça-se que para cada aluno deficiente, é necessário preparar uma aula adaptada, de acordo com suas especificidades, tendo em vista que existem deficientes visuais que só possuem esta limitação, e por outro lado, existem outros que têm múltiplas deficiências, além da deficiência visual. Importante informar que a estudante deficiente visual nem sempre se encontrou nesta condição, deste modo, pode-se concluir que esta possuía memória visual o que lhe permitiria acompanhar a aula somente com o recurso da audiodescrição (AD), como uma ferramenta de acessibilidade, sendo esta amplamente utilizada neste trabalho.

Desta maneira, a AD é uma descrição de forma verbal dos elementos visuais não percebidos, proporcionando uma abstração daquilo que não pode ser visto por parte dos envolvidos (LAVORATO et. al., 2016). Tendo em vista que os olhos apenas recebem as imagens, porém a construção se dá em outras áreas do corpo humano, conforme exemplifica os autores supracitados. Para exemplificar, os autores consideram uma leitura por parte de um DV em Braille, na qual são ativadas áreas relacionadas à visão, e isso corrobora para que se compreenda a essência da audiodescrição no processo de produção de imagens mentais por meio de tal recurso.

Delega-se a esta ferramenta a utilidade tanto para quem é deficiente visual total, como para quem tem baixa visão, e para quem tem a visão normal, porém não se atenta aos detalhes presentes nas imagens. Portanto, por falta de uma visão holística, a audiodescrição manifesta aspectos não observados para os videntes (LAVORATO et. al., 2016).

Para um aluno com baixa visão, a AD torna-se interessante porque se percebe que em todas as descrições são mencionadas as cores, por exemplo, foi dito “corda azul”, “seta vermelha”, “base alaranjada”, entre outros. Por que mencionar as cores, se a AD é direcionada para Deficientes Visuais? Observe que quem enxerga pouco vai conseguir ver somente o vulto da cor, logo a AD é importante para o aluno com baixa visão diferenciar os elementos apresentados nas imagens através da cor descrita. Para que ele consiga entender o que é o

borrão vermelho, ou mesmo nos casos onde a pessoa não consegue ver nitidamente, ela pode ter noção através da AD: “seta vermelha apontada para direita”, por exemplo.

Na descrição do vídeo, a ideia é explicar a base do que está passando nas cenas, sem muito detalhamento, pois o vídeo é contínuo e são apresentadas muitas informações ao mesmo tempo. Já na descrição de imagens, procura-se informar o máximo de detalhes possíveis. Agora no contexto de AD para o ensino de Física, este recurso ganha um peso a mais, pois ao descrever a imagem, o professor elucida todas as informações relevantes e importantes para o entendimento do fenômeno representado na imagem e isso pode beneficiar o entendimento do conceito físico até de pessoas com visão normal. Acerca disso, salienta-se a fala da estudante DV participante da aula remota:

“(…) quando vamos fazer a audiodescrição de um vídeo ou uma imagem que você quer passar de forma remota, um conceito de forma não presencial, se limita um pouco, por exemplo, se ela fosse fazer essa mesma aula de maneira presencial e tivesse esses materiais e outros materiais, tipo que ela pudesse exemplificar tanto para mim que já enxerguei, como para uma pessoa que nunca enxergou ou para outra que tem baixa visão, a aula ela ficaria muito mais construtiva, tanto por conceito, por aprendizagem. Eu acho que o que atrapalha isso tudo é a situação, o ensino remoto, por exemplo, como eu tenho uma memória fotográfica de muitas coisas que ela falou em relação à onda, movimento, propagação, os exemplos, muita coisa eu tenho do meu processo educacional do ensino médio mesmo. Da época que eu enxergava e que estudei alguma coisa relacionada, então para mim é fácil, é fácil lembrar ou então construir a imagem do exemplo. Por exemplo, os exemplos da mola na mesa pra mim é fácil, pois provavelmente eu já devo ter visto alguma atividade relacionada sobre isso, usando o mesmo objetivo, agora para uma pessoa que nunca enxergou (...), teria que ser outra aula, outros exemplos, teria que ter uma construção de conceitos sobre o que a pessoa (...) ainda não sabe. Mas assim, eu particularmente, pra mim ficou bem esclarecido. Claro, certas dificuldades devido à distância vão existir, mas acho que deu de aproveitar na sua grande maioria todas as explicações, a audiodescrição, muito bom!” (ESTUDANTE DV PARTICIPANTE, MAIO DE 2021).

Verifica-se na declaração da estudante, a facilidade em compreender as AD pelo fato de ter memória visual e por ter tido contato com parte deste tema na época em que ainda enxergava o que reforça a ideia de que se torna relevante conhecer detalhes acerca da deficiência dos alunos de uma classe, antes de aplicar qualquer recurso ou adaptação de material, como por exemplo: quando o estudante ficou cego e qual o grau de sua deficiência se ele possui baixa visão ou, se sua cegueira é hereditária, ou ainda, se a adquiriu em algum momento da vida escolar.

É essencial investigar ainda o estudante apresenta memória visual, de modo que estas são questões que o professor deve atentar-se para o desenvolvimento de quaisquer recursos de acessibilidade para alunos com alguma limitação, no caso específico da aula aqui relatada,

para a aluna DV. O estreitamento de laço com o estudante com deficiência também contribui para o desenvolvimento da aula e para a preparação das ferramentas que visam o ensino e aprendizagem deste discente, logo, o diálogo é fundamental neste processo para o desenvolvimento cognitivo do estudante, conforme destacou a funcionária do Núcleo de Apoio à Inclusão (NAI), convidada na oportunidade da aplicação da aula remota:

“Quando você tem um aluno com deficiência, você tem que fazer tipo um diagnóstico, porque às vezes na sua adaptação, você está achando linda, bela, maravilhosa, mas quando você vai aplicar com ele, ele não vai entender, não vai compreender, então assim, tem que ter um relacionamento mais próximo com o aluno, e aquele estudo, para saber qual material ele vai se adaptar melhor” (FUNCIONÁRIA DO NAI/UFAC, MAIO DE 2021).

Observa-se que a funcionária do Núcleo de Apoio à Inclusão (NAI) evidencia a notabilidade dos recursos disponíveis para adaptação de materiais para o trabalho com DV. Entre alguns esclarecimentos levantados por ela, sobressai a recomendação de fazer na AD o detalhamento das cores:

“(…), por exemplo, as descrições que foram feitas nessa aula, daria para reutilizar com alunos com baixa visão, pois utilizamos os contrastes de cores (...). Uma coisa (...) interessante, por que citar as cores nas imagens para os alunos cegos, nós temos que falar as cores? (...). Em relação às cores, por mais que a pessoa seja cega total, é interessante falar sim porque na estimulação precoce, nós tentamos sempre descrever a questão das cores e também relacionar as cores com alguns sentidos ou sentimentos” (FUNCIONÁRIA DO NAI/UFAC, MAIO DE 2021).

Quanto à questão de cores, principalmente para apresentação de slides, aproveitando o fato de ser uma aula on-line com o uso de slides, destacou-se a diversidade e o fato de cada deficiente ter a sua preferência:

“Então, cada pessoa com deficiência tem sua especificação, tem uns que preferem com o fundo preto e letras amarelas, outros gostam de amarelo com vermelho, fundo azul com letra branca, vai depender de cada um” (FUNCIONÁRIA DO NAI/UFAC, MAIO DE 2021).

Quanto ao uso adequado dos contrastes estes podem contribuir para a melhoria da função visual dos alunos com baixa visão. Sugere-se usar o branco ou amarelo, evitando cores que sejam difíceis de contrastar e de visualizar pelos estudantes com deficiência visual. Vale mencionar que para gráficos e cartazes deve-se utilizar as cores como amarelo em fundo preto, azul ou verde em fundo branco, de maneira a utilizar cores escuras em fundo luminoso para dar um bom contraste, facilitando a percepção do aluno com baixa visão (EASTWOOD; ROSS, 2008).

Para a elaboração de material escrito, os melhores contrastes a serem utilizados também são o preto no branco, e o azul no amarelo (SILVA, 2010). A estes tipos de materiais adaptáveis se dá o nome de Tecnologias Assistivas, sendo estas áreas de conhecimento e de pesquisa que visam proporcionar uma maior independência e qualidade de vida, ocasionando a inclusão social das pessoas com alguma deficiência (SONZA et. al., 2013). Além de estratégias e de práticas, consiste em recursos que podem possibilitar e ampliar habilidades inerentes a estudantes com especificações, provocando a autonomia na atuação das atividades corriqueiras da vida diária (LAVORATO, et.al., 2016). Tais Tecnologias Assistivas podem ser classificadas como de baixo custo e de alto custo. Na aula remota foram utilizados os dois tipos de tecnologias, conforme mencionado pela convidada participante da atividade:

“(...) foram utilizadas: a tecnologia de baixo custo e a tecnologia de alto custo. As tecnologias de alto custo são os softwares e as adaptações em áudio. (...) a explicação de alto e baixo custo é porque o de alto custo são os recursos tecnológicos e a maioria dos recursos tecnológicos podemos baixar gratuitamente, alguns aplicativos de celular no play store, e podemos fazer, e também comprar. Infelizmente, alguns recursos, principalmente da área da inclusão acabam sendo bem caros, mas sempre procuramos utilizar os que estão disponíveis gratuitamente para gente. (...) as de baixo custo, não são chamadas assim porque teve um custo econômico baixo não; usa-se essa nomenclatura, pois conseguimos fazer essas adaptações, no caso manualmente. Se fosse no caso de uma pessoa totalmente cega, ela fosse dar essa aula pra esse aluno, além da audiodescrição, a professora teria que fazer o recurso tátil, para assim o aluno ter mais opções de entendimento tanto adaptado em alto relevo, quanto adaptado em áudio” (FUNCIONÁRIA DO NAI/UFAC, MAIO DE 2021).

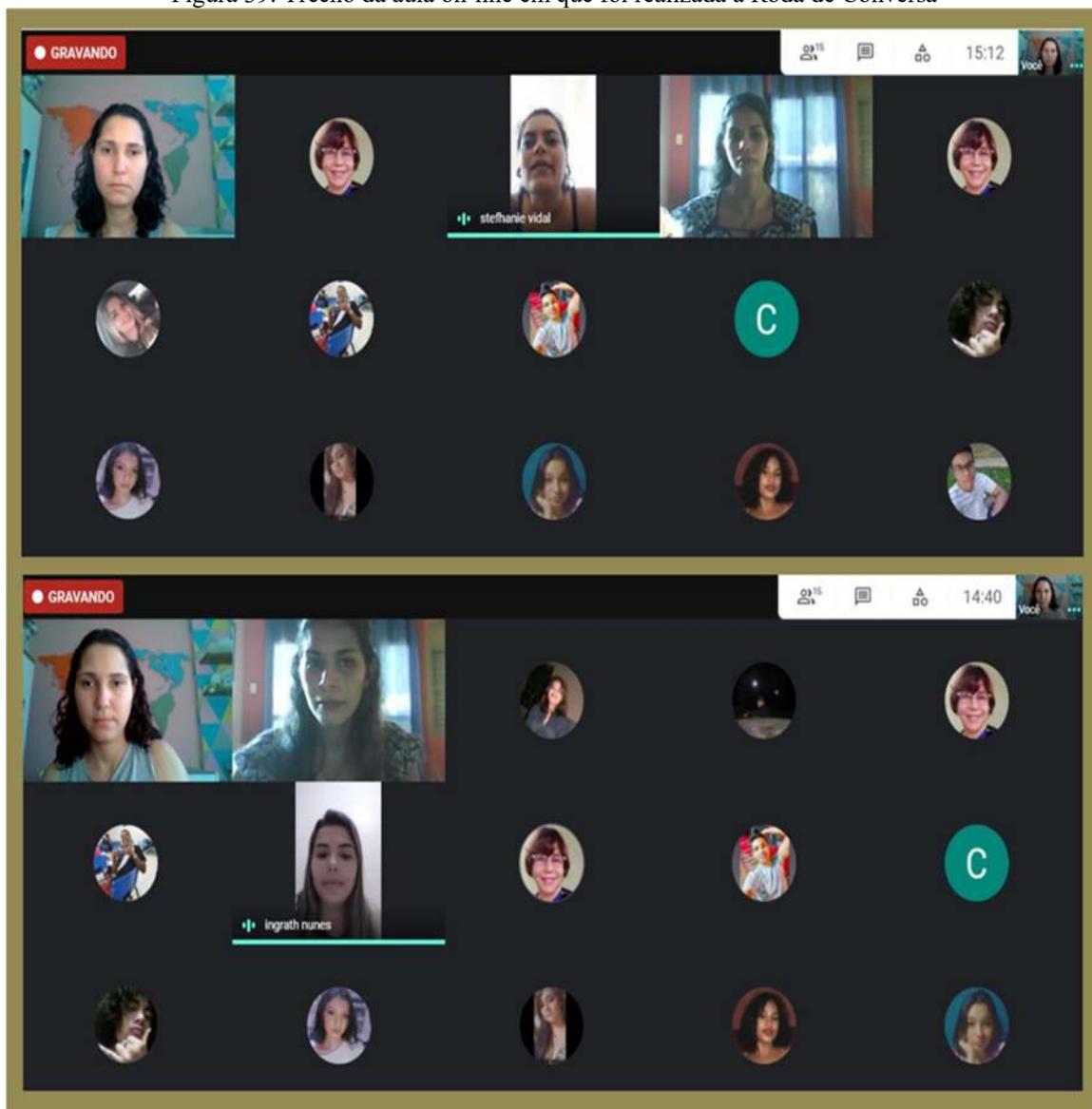
Assinale que dentre as tecnologias assistivas empregadas no estudo, a audiodescrição é considerada de extrema relevância. Embora não seja amplamente divulgada e utilizada pelos docentes, ela tem permite que inúmeros obstáculos para a comunicação entre o docente e o discente com DV sejam removidos gerando oportunidades igualitárias para a aprendizagem de todos os estudantes de uma classe (FRANCO; SILVA, 2010 e MOTTA, 2015). Além disso, outro ponto levantado foi à questão da AD ter o alcance de vários públicos, além dos estudantes deficientes visuais.

“(...) estamos sempre usando a questão da audiodescrição, que é um recurso de suma importância para pessoas com deficiência visual, porque também contempla as pessoas não somente com esse tipo de deficiência, a pessoa que tem dislexia, o autista ou até pessoas sem deficiência. Por exemplo, eu que não sou formada em Física, com as descrições das imagens, as nomenclaturas de Física ficaram mais compreensivas para mim. Acaba chamando mais atenção. Então para os futuros professores, quando forem fazer uma adaptação, tentem fazer adaptações não serão atrativas somente para o aluno com especificações, mas também para o aluno sem deficiência. Às vezes, só uma descrição a mais, uma informação a mais, vai levar

seu aluno a pensar “nossa nem fazia noção do que era isso, mas agora...”. Usem adaptações bem coloridas, para chamar atenção, mesmo que esse recurso seja para um aluno cego, vai assim atrair a atenção do aluno sem especificações, que enxerga também. O recurso de audiodescrição bem detalhado e descrito ajuda muito no processo educacional do aluno. Eu creio muito nisso, sou uma que levanta a bandeira nesta área da inclusão, a utilização da audiodescrição” (FUNCIONÁRIA DO NAI/UFAC, MAIO DE 2021).

Ao final da aula e da participação da funcionária do NAI, deu-se início a uma Roda de Conversa, onde cada participante teve a oportunidade de falar sobre o tema (Figura 39).

Figura 39: Trecho da aula on-line em que foi realizada a Roda de Conversa



Fonte: Acervo da orientadora, maio de 2021.

A seguir, apresentam-se as falas de todos os participantes, a começar pela professora da UFAC que nunca trabalhou com inclusão.

“Eu acho superinteressante, é fundamental essa aula com meus alunos, tendo em vista que são futuros professores em formação; eu acabei de ter uma ideia porque, por exemplo, eu nunca trabalhei com inclusão, nunca tive alunos com deficiência, mas fico preocupada se um dia vou ter tal situação dessas em sala de aula. E eu acho assim, que é formidável o trabalho (...) Eu acho interessante vocês fazerem essa aplicação com uma turma de instrumentação de ensino, pois ela possibilita uma contribuição para uma turma de futuros professores”. (DOCENTE DE FÍSICA DA UFAC, MAIO DE 2021).

Ao analisar o discurso da docente pode-se observar a mudança de percepções em relação à SD aplicada tendo em vista que de início esta não sentia segurança na efetividade da proposta, todavia ao presenciar as possibilidades *in loco* das propostas foi possível observar a diferença nas percepções ao discorrer sobre o tema, pois na segunda fala o fato de não saber ao certo como alguns recursos apresentados na aula poderia ajudar um aluno com DV não se fizeram mais presentes, evidenciando que durante a apresentação da aula e dos recursos, pode ter ocorrido a conscientização sobre a importância do uso de recursos como AD, seja com figuras em alto relevo para aulas presenciais, em vídeo ou aulas remotas com Libras, dentre outros recursos. Além disso, tornou-se claro para ela a importância de trazer este tema para os futuros docentes de Física.

Assim, a mensagem transmitida durante a aula on-line foi que o professor deve procurar aprender sobre e como aplicar em aulas tais recursos, de forma a facilitar o ensino e aprendizado, além de gerar a inclusão de todos os participantes da aula, seja alunos com especificações ou sem. Percebeu-se ainda, que a docente compreendeu a relevância de aulas como essas para futuros docentes; com isso até sugeriu que futuramente fossem feitas parcerias entre o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física Polo 59 da UFAC, para que tais propostas fossem ofertadas durante as graduações como atividades extracurriculares de modo que os produtos educacionais sejam apresentados para os acadêmicos, a fim de contribuir na formação dos futuros docentes em Física e a conscientização para a inclusão, conforme relatou ao final da sua fala:

“(...) eu estava pensando aqui que no nosso mestrado a grande maioria dos trabalhos são dirigidos na grande maioria para professores de Ensino Médio, e nós avaliamos os nossos produtos com alunos de EM, mas poderíamos promover um evento que permita os alunos do curso de física conhecer os trabalhos do mestrado em ensino de física, porque na realidade são contribuições importantes que se fazem no Ensino Médio que geralmente não lemos, por exemplo geralmente você não vai pegar uma dissertação e ler, muito de nós não fazemos isso, porém se nós promovemos essa versatilidade no curso, todos os alunos vão saber o que está acontecendo no mestrado, então além de toda contribuição do trabalho da mestranda para os alunos deficientes visual, temos também essa contribuição também para formação de professores. Porque o produto foi aplicado com os

alunos, ela experimentou e divulgou com os alunos do curso de Física” (DOCENTE DE FÍSICA DA UFAC, MAIO DE 2021).

Em seguida, as discussões realizadas como os futuros docentes de Física durante a roda de conversa, abordaram um indispensável ponto: a formação de professores qualificados para o exercício da docência inclusiva, de forma que estes possam atender de forma igualitária a todos os estudantes, desde o aluno com alguma especificação ao aluno sem especificações. Bem como, a apresentação de estratégias inclusivas que possam servir de subsídio para os discentes em formação.

“Já tinha ouvido falar em AD, na matéria de educação especial, não tinha visto isso presencialmente só na teoria, achei interessante à tradutora de Libras, não tinha visto nenhuma vídeo-aula de física assim, ela é tradutora da UFAC mesmo? Achei bem legal (...)” (ACADÊMICO A, MAIO DE 2021).

“O trabalho foi maravilhoso, achei muito inclusivo esse núcleo” (Acadêmico B, Maio De 2021).

“No aspecto geral achei bem interessante, porque no começo da pandemia estava fazendo a disciplina de educação especial, e nesse contexto estávamos no debate falando sobre essas questões que são vistos em escolas públicas, querendo ou não, os alunos especiais acabam sendo esquecidos, às vezes eles até tem um certo interesse de participar, mas não existe essa mediação por parte da escola que possa oferecer, daí eles são limitados a aprender o básico, eles às vezes tem até a vontade, mas acaba por não haver esse recurso de uma pessoa para mediar, mas achei bem interessante, ainda não tinha visto..., na época quando fazendo a disciplina a professora chegou a comentar sobre um centro aqui no estado em Rio Branco, mas esse na Ufac ainda não tinha ouvido falar” (ACADÊMICO C, MAIO DE 2021).

“Achei muito boa à proposta, e o que eu acho mais interessante é o fato de..., porque assim, muitas escolas de ensino médio (pensando na aplicação para o ensino médio), os alunos com DV são atendidos pelo o centro que tem nas escolas de apoio aos alunos com deficiência, esqueci o nome (...) Sala de recursos. E aí muitas vezes, a responsável pela sala de recurso, ela não tem um conhecimento muito amplo de física. Então quando corta essa mediação ou o professor de física tem o contato direto com esse aluno, ele pode passar uma gama bem maior de conteúdo, tendo os recursos necessários. Daí quando esse aluno vai pra sala de recursos, esse aluno terá um conhecimento bem maior, e acho que isso é interessante, trazer um conhecimento para esse aluno bem maior do que ele teria somente na sala de recursos (...). Eu tenho uma tia que ela é intérprete, e às vezes ela tem que interpretar algumas aulas de eletromagnetismo, e ela sofre pois ela não consegue passar muito bem o conteúdo para os alunos porque ela não entende muito bem o conteúdo de Física, daí é complicado” (ACADÊMICO D, MAIO DE 2021).

Como já mencionado, o Núcleo de Apoio à Inclusão (NAI) da Universidade Federal do Acre (UFAC) tem como objetivo prestar suporte técnico e didático-pedagógico aos estudantes com necessidades educacionais especiais que frequentam a universidade (BEZERRA; MARTINS, 2013). O lugar conta com revisores de textos em Braille, tradutores

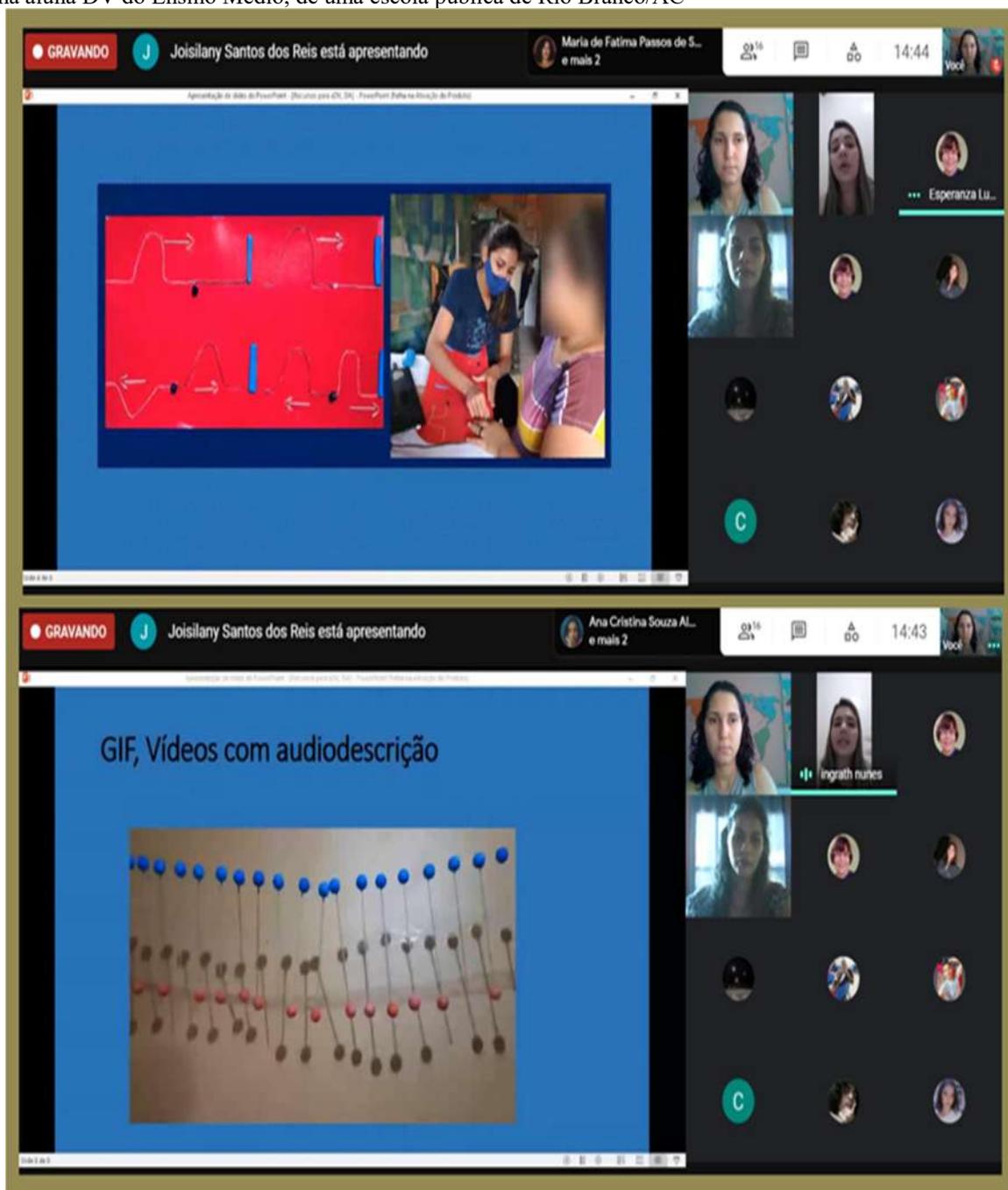
intérpretes de Linguagem de Sinais de forma promover a acessibilidade. O ambiente também disponibiliza cursos de capacitação a comunidade acadêmica e externa, bem como para os funcionários técnicos administrativos e docentes, promovendo a conscientização sobre como trabalhar-se com esse público (NUNES, 2020). Essas capacitações são de fundamental importância para os futuros docentes e acadêmicos da instituição, pois promove a conscientização sobre a utilização de materiais adaptáveis para alunos com especificações, como se verificou por meio da fala do aluno a seguir, pois muitos tinham conhecimento da existência deste suporte e do apoio a alunos com deficiência na UFAC, logo ainda existe uma lacuna na divulgação de centros de apoio como o NAI conforme descrito por um discente:

“Achei interessante também o trabalho do NAI, eu não sabia que tinha um núcleo na UFAC para dar o suporte para o estudante com deficiência na UFAC, achei bem interessante” (ACADÊMICO E, MAIO DE 2021).

Salienta-se a existência de centros especializados para o atendimento de alunos com DV como o Centro de Apoio Pedagógico para Atendimento às Pessoas com Deficiência Visual do Acre (CAP-AC) e o Centro Estadual de Atendimento ao Deficiente Visual (CEADV) trabalham em parceria. O CEADV inicialmente tinha como principal objetivo a inclusão de estudantes DV do ensino regular, a socialização e a formação profissionalizante dos mesmos, porém a instituição agora promove somente a elaboração e adaptação de matérias, bem como cursos de capacitação para os alunos usuários e a comunidade (NUNES, 2020). Vale ressaltar que o CAP conta com o apoio de órgãos não governamentais e ainda, com a cooperação da comunidade a qual se mostra de extrema importância para a divulgação de tais centros para alunos acadêmicos de licenciaturas de modo geral, pois estas instituições podem auxiliar e favorecer ainda mais a formação inicial docente e contribuir para a conscientização sobre a importância da inclusão.

Cumprir registrar ainda que ainda no final da apresentação dos recursos de AD para a classe de Física, foram exibidas pela pesquisadora algumas imagens da aplicação da aula de forma presencial na casa de uma aluna DV do Ensino Médio (Figura 40), de uma escola pública de Rio Branco/AC.

Figura 40: Trecho da aula on-line em que foi exibido fotos da aplicação da aula de forma presencial na casa de uma aluna DV do Ensino Médio, de uma escola pública de Rio Branco/AC



Fonte: Acervo da Orientadora, maio de 2021.

Em uma análise acerca das imagens, um dos participantes da aula remota salienta a importância dessa dedicação aos alunos com especificações, conforme sua fala a seguir:

“Eu achei bacana o jeito da professora trabalhar, o fato dela ir até a casa da aluna deficiente, é muito difícil ter uma pessoa assim, se dedicar, igual ela está se dedicando para essa pessoa, (...)” (ACADÊMICO E, MAIO DE 2021).

Dentro deste mesmo assunto, outro aluno menciona a importância da utilização do material tátil visual, no caso em específico as imagens em alto relevo e as maquetes, não somente para os alunos DV, mas para todo o público escolar:

“Eu achei muito interessante o trabalho das meninas, eu vendo as imagens da aluna que é DV, eu achei muito interessante como ela fez a representação da difração, da refração, fazendo com que a aluna DV tocasse né. E é algo que apesar de ser feito para alunos com deficiência visual, mas é algo que também poderia ser usado com os alunos sem deficiência para que os mesmo pudessem perceber e tentar entender melhor o que seria os fenômenos ondulatórios, porque é uma maneira didática diferente de se mostrar” (ACADÊMICO F, MAIO DE 2021).

Neste ponto, vale destacar que quando o professor de Física demonstra uma imagem ou um esquema que representa um fenômeno, o estudante vai olhar para a mesma e interpretar segundo suas próprias concepções, e pode passar despercebida alguma informação importante relacionado à situação física. Assim, durante a descrição da imagem, ao falar alguma coisa sobre a imagem, deixa especificado para todos os alunos cada parte da imagem. E, nesta situação, portanto, a audiodescrição pode ajudar os alunos sem deficiência a entender o conteúdo explicado, trazendo benefícios para todos os alunos, incluindo os alunos sem deficiência, conforme a fala da aluna participante que observou e comprovou isso durante a aula on-line e ainda de outros estudantes:

“Porque acho que mostrar imagens por slides apenas faz com que a visão fique um pouco limitada, não sei se faz sentido, mas para os alunos com algum tipo de deficiência eu achei muito interessante, pois assim eles teriam esse sensorial né em relação à Física. Eu achei muito bacana e muito interessante o fato de ir à casa da aluna, se predispor a mostrar isso a ela, eu achei muito interessante, muito bacana o trabalho. (...) eu acho que muitas vezes, por exemplo, no pré-escolar somos acostumados a ver as coisas mais detalhadas, pra ter o primeiro contato com aquilo, mas aí com o passar da vida acadêmica, a gente vai se acostumando só com aquilo que o professor passou, sem uma descrição, sem coisas a mais, e ver esse trabalho mais detalhado com a descrição e outras coisas não ajuda só o aluno deficiente, mas a sala de aula como um todo, achei interessante” (ACADÊMICO F, MAIO DE 2021).

“(...) eu achei bem interessante, (...) no meu ponto de vista isto é necessário em todas as áreas acadêmicas não só no ensino superior, (...) achei muito legal” (ACADÊMICO G, MAIO DE 2021).

“Eu achei muito interessante à aula, principalmente a parte de descrever a imagem porque quando, não sei assim para mim, quando você apresenta uma aula aí mostra uma imagem e fala os pontos, a gente só olha e acaba esquecendo, aí quando descrito a imagem, faz com que chamasse mais atenção, observasse por mais tempo a imagem para conseguir entender o conteúdo. E eu não sabia que tinha diferença para as pessoas que tinham deficiência visual na questão da cor dos slides, achei bem interessante isso” (ACADÊMICO H, MAIO DE 2021).

“Eu achei muito interessante também, já tinha ouvido falar na disciplina de

educação especial, dos materiais que são adaptados em alto relevo, eu também vi em um congresso sobre a audiodescrição, no caso descrevendo né, achei superinteressante porque faz com que os alunos possam imaginar e também como foi falado, pode chamar a atenção dos alunos que não tem deficiência, então é uma inclusão total, achei bem relevante” (ACADÊMICO I, MAIO DE 2021).

Destarte, a audiodescrição amplia o senso de observação e o discernimento visual que conforme Motta (2015) salienta que ela “mostra e desvela detalhes que passariam despercebidos”. Outras vantagens deste recurso é que além de contribuir para os alunos com DV, também pode favorecer a aprendizagem de estudantes com outros tipos de deficiências tais como Dislexia, Síndrome de Down, Deficiência Auditiva, etc. (MOTTA e ROMEU FILHO, 2010). De acordo com Motta e Romeu Filho (2010) a AD serve “para todos aqueles com dificuldades de compreensão de audiovisuais e leitura de textos contidos em imagens”, ou seja, é uma ferramenta de ensino que pode auxiliar múltiplos públicos.

Figura 41: Alunos matriculados no nível superior com algum tipo de especificação.



Fonte: Censo da educação superior de 2019 (INEP, 2020). Disponível em: https://midias.correiobraziliense.com.br/_midias/jpg/2020/10/23/grafico-6360218.jpg.

Destaca-se aqui, o fato de ser imprescindível o uso de aulas adequadas para alunos com algum tipo de deficiência no ensino superior também, pois conforme os dados obtidos pelo o Censo da Educação Superior de 2019, os números de estudantes matriculados com

alguma especificação vem crescendo. Conforme demonstra a figura 41, onde se verificamos tipos de deficiências de alunos matriculados na educação de nível superior, bem como o número de matriculados com determinada especificação, o que induz a reflexão do quanto todo o sistema educacional, de todos os níveis, necessita emergencialmente de adotar práticas pedagógicas de inclusão. De acordo com o Censo da Educação Superior do ano de 2019 no Brasil, o número de estudantes com alguma especificação matriculada no ensino superior passam dos 48 mil alunos (INEP, 2020).

Além disso, Almeida et. al. (2015) relatam que entre 25% a 30% dos alunos com deficiência que estão matriculados no ensino superior, são em cursos da área de Ciências Exatas e Tecnológicas, o que deve instigar ainda mais os docentes a promoverem a acessibilidade em cursos de exatas, conforme a aluna DV participante da aula remota sugeriu. Nesta direção, durante a aplicação da aula remota, a ação de divulgar e conscientizar futuros docentes de física para a inclusão de alunos com especificações nas aulas de física foi concretizado.

Nota-se deste modo, a urgência de metodologias que proporcionem práticas inclusivas em aulas de Física no nível superior para garantir a participação de todos os estudantes durante as aulas, prestando a devida atenção às dificuldades de alunos com deficiência e promovendo meios para superá-la. Vale ressaltar que tal preocupação não é recente, pois autores como Barbosa-Lima e Castro (2012), Camargo e Nardi (2006), e Salmazo e Rodrigues (2015) já analisaram e investigaram a temática de inclusão, verificando as possibilidades e alternativas para inserir nos curso de licenciatura em física e em ciências o assunto, por meio de disciplinas como instrumentação, que já fazem parte do currículo ou por meio de novas disciplinas, formadas para tal finalidade (SANTOS, BRANDÃO, 2020).

Camargo (2010) afirma que a maioria dos professores em suas metodologias utilizam meios excessivamente visuais, não contemplando na aula os estudantes DV. Destarte, é necessário usar ferramenta auditivo-tátil, conforme sugere o autor, para que dessa maneira, ele sirva tanto aos discentes com visão normal como o com deficiência nas aulas de física. As metodologias que podem corroborar com o ensino e aprendizagem são as Tecnologias Assistivas, tais como: maquetes táteis visuais, imagens em alto relevo, brinquedos pedagógicos, a audiodescrição, entre outras.

Por fim, apresenta-se a fala da estudante DV que participou da aula on-line:

“Eu acredito que a AD não é só importante mas essencial, não só na parte

acadêmica, não só na universidade, mas acho que em todo nosso processo de estudos, desde lá da creche, as séries iniciais, alfabetização, essas coisas todas. Todas as pessoas, todas as crianças deveriam ter o acesso a audiodescrição e as adaptações de materiais, materiais didáticos, essas coisas, é como algumas pessoas aqui falaram, audiodescrição, ela não ajuda somente o deficiente visual, uma audiodescrição ela vai muito além do que dizer o que tem lá na imagem, às vezes ela está ali, mas está descrevendo um processo” (ESTUDANTE DV PARTICIPANTE, MAIO DE 2021).

Conforme a experiência e discursos da aluna deficiente visual participante, pode-se verificar a suma importância que é para o processo educativo o recurso de AD, e como foi salientado por ela, não somente em alguns segmentos das etapas de escolarização, mas em todo o processo educacional, desde as séries iniciais até a formação acadêmica, pois dessa maneira o estudante aprender a ter melhor percepção e interpretação de imagens e textos, portanto a AD pode estimular o ensino e aprendizagem de forma mais abrangente. De acordo com Motta (2015), a audiodescrição abre novos horizontes para a leitura, desse modo o leitor não é aquele que lê somente livros, mas também aquele que lê imagens.

“É como demonstrado no vídeo na parte da descrição que fala “quando puxa a mola”, “quando solta mola”, “quando a mola vai ser movimentada”, o que causa aquilo. Então, às vezes você olha, você está vendo, mas você não está interpretando aquilo que está vendo, o que está passando ali, eu acho que a audiodescrição, como as adaptações de outros tipos de materiais, vai muito além do que só o adaptar, para uma pessoa que não enxerga ou para uma pessoa que tenha outro tipo de deficiência. Eu acredito que se as pessoas tivessem acesso a esse tipo de inclusão, seria uma inclusão não só para pessoas com DV. Acredito que com isso, as pessoas teria uma capacidade de interpretação e entendimento de conteúdo, de conceito, muito melhor que por exemplo hoje eu tenho, eu sou uma pessoa que eu perdi minha visão com 17 anos, mas talvez eu tenha uma memória fotográfica boa porque eu era de estar prestando atenção muito nas coisas, mas e quem não era assim? e depois de um tempo passou por alguma coisa e perdeu a visão?, ou passou por algum empecilho e ficou com alguma dificuldade não só específica da visão? Pra mim, então seria essencial que todo o nosso processo educativo, tivéssemos essa inclusão, mas infelizmente ainda não é assim” (ESTUDANTE DV PARTICIPANTE, MAIO DE 2021)

Outra situação que merece destaque se encontra no estudo de Santos e Brandão (2020), as quais em seu estudo de caso, após inserirem a AD no curso de licenciatura em física, relatam nos resultados e nas considerações finais a eficácia dessa importante ferramenta para o estudante do curso DV, nas palavras das autoras a audiodescrição permite “que os alunos sejam mais participativos, críticos e autônomos, refletindo de maneira positiva em seu rendimento acadêmico e influenciando diretamente na sua atuação enquanto cidadãos” (SANTOS, BRANDÃO, 2020, p. 11).

Por seu turno, Motta (2015) evidencia que o impacto em aprender a ler imagens pode colaborar para a formação de estudantes mais preparados para entender os aspectos culturais,

históricos e sociais inseridos nas representações visuais, além de gerar uma compreensão mais abrangente no próprio recurso. Sublinhe-se que para um público diversificado em uma sala de aula, o docente tem que ampliar as suas práticas pedagógicas para que todos os alunos independentes de suas limitações; tenham a aproximação do universo visual que é cercado de imagens nos dias atuais. Para tal finalidade, a audiodescrição tem se mostrado um excelente meio de ajudar na leitura e interpretação das imagens dos fenômenos da natureza.

A seguir, apresenta-se a transcrição da estudante DV que gera grandes reflexões para futuros docentes e para os profissionais da educação que atuam na área, à (re)pensarem suas práticas didáticas. Vale salientar que o incentivo da aluna é um apelo de forma implícita à inclusão dos alunos com necessidades especiais e que necessitam de um olhar diferenciado do professor em sala de aula e não um olhar preconceituoso. Este olhar deve ser mesclado por amor e dedicação à árdua missão de ser professor e tendo como principal objetivo a inclusão de estudantes com deficiências, transtornos ou síndromes, de maneira a integrá-los proativamente em sala de aula:

“Estamos aqui nesse processo para tentar modificar essa situação, como eles são alunos de Física e eu de pedagogia. Então assim, daqui a um tempo estamos em sala de aula, estaremos com alunos e nós poderemos fazer isso né, é que nem algumas pessoas falam, a vida de professor não é fácil né, você tem que pensar em conteúdo, tem que elaborar a aula, tem que avaliar, mostrar resultados e aí no meio disso tudo você tem que ainda se preocupar com o aluno lá no meio daquela sala que você sabe que ele tem um pouco mais de dificuldade e tem que pensar no produto específico para ele (...). Daí eu acho que vai mais da força de vontade do professor de se dispor a fazer, acho que muito isso, nós que ainda vamos nos formar, acho que temos que ter isso, tenho que ter força de vontade de chegar lá e me interessar em fazer para aqueles que eu sei que posso ajudar, então cabe um pouco pensar nisso e se possível passar esse raciocínio para frente” (ESTUDANTE DV PARTICIPANTE, MAIO DE 2021).

Dado o exposto, pode-se concluir que é usando e traçando estratégias, como as mencionadas nesta seção, que os docentes poderão iniciar o processo de modificar o ensino de estudantes com especificações, rompendo as barreiras na comunicação, auxiliando e estimulando o aluno deficiente em seus estudos, para promover a abertura no ambiente escolar e universitário para a conscientização quanto à inclusão social, além de possibilitar a ampliação de oportunidades de aprendizagem.

Vale salientar que a grande dificuldade de aprendizagem e desenvolvimento dos alunos DV, conforme os autores Nunes e Lomônaco (2010) apresentam, é à ausência de materiais adaptáveis, a falha nas formações docentes e a ausência de conhecimentos aprofundados sobre a capacidade de aprendizagem dos estudantes DV, além das metodologias

monótonas como a fala somente do professor durante a aula, sem nenhum recurso, além da própria voz do docente em aula. Tais tópicos foram debatidos e salientados pelos autores, quanto à importância de se elaborar recursos que promovam a inclusão e que possam servir também para estimular o aprendizado, além de estimular o potencial do discente. Motta (2015) traz reflexões sobre a utilização dos vários sentidos para tais estímulos como explorar o tato, a audição e o olfato, além do uso da linguagem. Ainda de acordo com a autora, cabe ao professor mediar os diversos recursos:

Não é, portanto, apenas através dos olhos, dos ouvidos e das mãos em contato com os objetos, que tomamos contato e conhecimento do mundo, mas sim quando associamos e aprendemos os significados atribuídos aos símbolos e códigos social e culturalmente construídos. (MOTTA, 2015, p. 7)

Além do que já foi exposto, reforça-se que os objetivos traçados para aplicação das aulas apresentadas no Produto Educacional disponibilizado no Apêndice A, tiveram êxito, levando em consideração a pandemia que teve início em 2019. A aula inicialmente planejada para uma aplicação presencial teve que ser adaptada para o formato remoto e para uma turma de estudantes do curso de Física, tendo em vista que os estudantes do Ensino Médio de uma escola pública de Rio Branco/AC, local onde a mestranda atua, possuem maior dificuldade de acesso à internet. Assim, durante uma tarde, com duração de três horas, dentro da disciplina de Instrumentação para o Ensino, como já mencionado, a aula foi aplicada.

Os objetivos tais como conceituar e classificar, bem como diferenciar as ondas conforme sua natureza, a forma e a direção de propagação de energia, além de apresentar as grandezas relacionadas à onda por meio da AD, e alguns fenômenos ondulatórios também por meio da audiodescrição, foram alcançados durante a aula remota. Assinale que como o público envolvido já havia estudado o conteúdo, o foco da aula foi em apresentar os recursos para o ensino de deficientes visuais.

Aponta-se neste momento da discussão alguns pontos negativos, que infelizmente devido o distanciamento social, ocasionado pelo o Covid-19, não permitiu serem efetuadas as interações em grupos e a Roda de Conversa de maneira mais eficiente, pois de forma remota os alunos se mostram um pouco retraídos para emitirem suas opiniões, tendo em vista que em uma sala de aula presencial, os alunos teriam mais liberdade e intimidade um com o outro, e poderiam ter participado mais durante toda ação realizada. Além das limitações para o uso de outros recursos para inclusão, tais como as maquetes que foram elaboradas e as imagens em alto relevo para toda a turma. Conforme mencionado na participação da aluna DV:

“(...) se ela fosse fazer essa mesma aula de maneira presencial e tivesse esses materiais e outros materiais, tipo que ela pudesse exemplificar, tanto para mim que já enxerguei, como para uma pessoa que nunca enxergou ou para outra que tem baixa visão, a aula ela ficaria muito mais construtiva, tanto por conceito, por aprendizagem” (ESTUDANTE DV PARTICIPANTE, MAIO DE 2021).

Em contrapartida, aponta-se como pontos positivos durante a aula remota: a apresentação do recurso da AD, de maneira prática em aula, bem como a divulgação de centros que podem auxiliar alunos e professores para conscientização sobre as especificações de cada deficiência, e a aplicabilidade de um recurso de acessibilidade em tempos de pandemias, onde a maioria das aulas está sendo realizadas de maneira virtual.

Neste contexto, cabe então ao professor se reinventar e propor meios de acessibilidade durante as aulas online, usando metodologias que instiguem e facilitem a compreensão aos alunos envolvidos, desde o aluno sem especificação até o aluno com especificação. Outra questão positiva durante a aula foi à participação na roda de conversa dos estudantes, no qual os alunos de maneira geral mostraram-se satisfeitos com a utilização da ferramenta de AD, demonstrando que tal recurso é válido para a turma como um todo e não somente para a aluna DV. Além do que já foi discutido, oportuno salientar que a audiodescrição pode fazer com que os estudantes envolvidos aumentem e melhorem sua capacidade de atentar-se aos detalhes e interpretação daquilo que está correlacionada a representação visual. Fato este de suma importância nas aulas de física, pois em aulas meramente visuais, sem a descrição das imagens com os conceitos físicos envolvidos, os estudantes podem não compreender o que determinada imagem está representando, pois alguns detalhes nas imagens podem não ser observados e interpretados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente proposta evidenciou que é possível através de recursos adaptados tais como: maquetes, audiodescrição, brinquedos e vídeos com audiodescrição e Libras, promover a inclusão de alunos com Deficiência Visual e Deficiência Auditiva em aulas de física sobre a temática ondulatória, e dessa forma corroborar com o ensino e aprendizado de discentes como um todo, desde o aluno que apresente limitações, quaisquer que elas sejam ou aqueles que possuem suas habilidades físicas, cognitivas e mentas preservadas.

A aula ministrada, que representou a etapa da aplicação do Produto Educacional, foi executada em um momento de forma remota e em outro de modo presencial, com algumas limitações devido o Covid-19. Vale salientar que os materiais e recursos utilizados durante a SD, foram cuidadosamente elaborados conforme as especificações dos alunos envolvidos, isso porque cada deficiente é singular, tem suas complexidades, suas especificações, logo cabe ao docente atentar-se para o desafio da inclusão sabendo que não tem fórmulas prontas para envolver e promover a inclusão e o aprendizado de tais alunos. É um trabalho desafiador mas de fundamental importância para a sociedade!

Para a inclusão de alunos com Deficiência Visual e Deficiência Auditiva, foi elaborada de forma minuciosa uma SD sobre o assunto de ondulatória que conta com recursos pedagógicos a fim de facilitar e colaborar com o ensino e aprendizagem, além de promover a inclusão de tais alunos. A proposta elucida várias possibilidades que o docente pode usar e adaptar conforme a realidade da turma que irá aplicar, ou seja, é uma SD adaptável a cada situação e desafios que o docente pode enfrentar.

Com a aplicação da SD na residência da aluna cega com os devidos recursos para a aula, apontou-se que a aluna compreendeu melhor os conteúdos com os recursos da audiodescrição, maquetes e imagens em alto relevo apresentadas ao decorrer da explicação dos assuntos, além da aluna reafirmar ao final na roda de conversa que a aula foi bem explicativa e a mesma conseguiu assimilar as configurações das maquetes e assim os assuntos explicados por meio delas. Além disso, constatou-se pelo Quiz aplicado durante a aula que a maioria das questões foram respondidas corretamente pela aluna, errando apenas duas questões.

A aplicação da proposta ocorreu também para uma turma de graduandos do curso de Licenciatura em Física da UFAC, onde foi utilizada a audiodescrição como estratégia

pedagógica, para que os futuros docentes tivessem acesso a um tipo de Tecnologia Assistiva a qual pode ser aplicada como recurso pedagógico para a inclusão de alunos com Deficiência Visual, demonstrando dessa maneira metodologias que promovam um processo de ensino e aprendizado significativo destes alunos. Insta evidenciar que a aplicação foi de forma remota e, contou com a participação de uma aluna cega do curso de Pedagogia da UFAC.

Destarte, os alunos após a aplicação da aula com a AD participaram de uma Roda de Conversa, onde puderam compartilhar suas experiências sobre a aula. Verificou-se que os recursos usados auxiliaram na compreensão do tema abordado, principalmente por parte da aluna DV. Os estudantes em suas falas ressaltaram a importância de tal recurso tanto para os alunos com deficiência como para os sem deficiência, pois estes beneficiaram toda a turma. Assim, a audiodescrição colabora para que o conteúdo possa ser passado de forma mais precisa.

Muitos alunos não conheciam a AD e os meios que podem ser usados para colaborar com aulas de Física mais inclusivas. Dessa forma, os discentes como futuros professores refletiram acerca dos desafios da profissão e perceberam a relevância de se prepararem para receber alunos com alguma especificação. Estimulou-se dessa maneira o diálogo sobre o processo de inclusão e reflexões de como se pode promover melhorias e transformar o atual cenário educacional, considerando que apesar do avanço das legislações que garantem a inclusão escolar, estes ambientes ainda estão longe de ser de fato inclusivos, pois falta a formação adequada de toda a equipe escolar, além da cooperação de toda comunidade, desde o professor até o porteiro da escola.

Outro aspecto confirmado pelo estudo é que, através do uso de Tecnologias Assistivas tais como audiodescrição, maquetes, imagens em alto relevo e a devida formação docente, as barreiras impostas para a efetividade da inclusão de estudantes deficientes visuais ou auditivos no concernente a comunicação poderão ser eliminadas. Além disso, as Tecnologias Assistivas podem contribuir de forma positiva para a inclusão de pessoas com outros tipos de deficiência, como discutido pela literatura que versa acerca da temática, colaborando para aulas de Física de forma igualitária e justa para todos os estudantes sem distinção.

Evidenciou-se que as questões norteadoras da presente dissertação: “O uso de uma Sequência Didática, elaborada e adaptada com recursos em alto relevo, audiodescrição e Libras, pode estimular a participação e promover a inclusão de estudantes com DV ou DA em aulas de Física?” e, a “A utilização de maquetes táteis visuais, imagens com adaptações em

alto relevo e audiodescrições podem facilitar a compreensão de conteúdos da ondulatória para os alunos da turma?” foram parcialmente respondidas, pois devido à pandemia ocasionada pelo o Covid-19, não foi possível aplicar a SD com o aluno com Deficiência Auditiva e com a aluna de baixa visão, entretanto foi aplicado de forma presencial na casa da aluna cega. Descartando as limitações da aplicação devido ao distanciamento social. Cumpre mencionar que a SD alcançou êxito na medida do possível para a realidade estabelecida, constando-se ainda que os recursos sugeridos e utilizados durante as aulas foram promissores, seja no formato de ensino remoto ou presencial, demonstrando assim a versatilidade da audiodescrição.

Os objetivos gerais da pesquisa foram alcançados, tais como elaborar uma Sequência Didática (SD) que viabilizasse a participação de alunos com Deficiência Visual e Deficiência Auditiva, de forma a promover a inclusão dos mesmos em aulas de Física, além de aplicar e relatar a experiência didática sobre a SD ministrada em uma escola de Ensino Regular da rede pública de Rio Branco/AC. Assinale que por meio de adaptações e pesquisas o docente tem a possibilidade de inovar além de produzir metodologias inclusivas para seus alunos, sendo essencial à interação entre os alunos e o professor para que ambos aprendam, possibilitando a existência de um ambiente de saberes compartilhados e, construídos para um bem comum.

O estudo demonstrou a relevância de que discussões sejam propostas no meio educacional para a viabilidade da inclusão em aulas de Física, onde o presente trabalho pode colaborar construindo um Produto Educacional que possa servir de subsídio para professores e futuros docentes em formação, a fim de proporcionar a reflexão sobre a integração de todos os estudantes durante as aulas de Física, em especial sobre a temática ondulatória, considerando ainda que a aplicação da proposta se mostrou eficiente pois até os discentes sem deficiência que participaram da aula remota, afirmaram compreender melhor os conteúdos expostos com os recursos utilizados, reforçando dessa maneira os pontos positivos.

Tais aspectos se mostram promissores e incentivam os docentes que lecionam não só Física mas outras disciplinas a trabalharem com Tecnologias Assistivas para estudantes com DV e DA sem desconfianças ou insegurança pois os mesmos podem realizar as adaptações da proposta aqui apresentada e dos recursos utilizados para adequação a realidade de seus discentes, buscando sempre melhorar e modificar as formas de apresentar os conteúdos principalmente, em turmas onde alunos com especificações encontra-se inseridos, para assim não desmotivá-los ou excluí-los, aproveitando todos os sentidos destes alunos tais como o

tato, o olfato, audição, visão. Para isso, faz-se necessário o uso de ferramentas como a AD, maquetes, imagens em alto relevo, brinquedos para favorecer a aula e o ensino dos alunos. Orienta-se ainda, que o docente procure sempre ter um contato mais próximo com sua turma, conhecendo cada aluno e suas necessidades, preparando propostas inclusivas e as readaptando se possível às metodologias já existentes. Vale salientar que o diálogo entre os gestores da escola, os mediadores e o deficiente envolvido deve ser feito, para pode-se construir alternativas e soluções viáveis para o ensino de ciências, em específico de física.

Diante dos fatos apresentados, conclui-se que a proposta foi satisfatória, pois se sabe que há um grande número de artigos e trabalhos que visam propor metodologias diversificadas e dinâmicas, porém encontram-se ainda poucas pesquisas inclusivas, de baixo custo e que possam contribuir para que o docente preencha as lacunas no ensino de ondulatória, especificamente quando se tem na turma alunos com DA e DV.

Reitera-se ainda, que para modificar este cenário é preciso esforços dos docentes para abraçar a causa e realmente proporem um ensino de qualidade de maneira acessível a todos os discentes, tendo em vista que apesar da árdua tarefa de proporcionar a inclusão, destaca-se aqui que esta proposta permite benefícios para toda a comunidade, desenvolvendo a valorização, respeito às diferenças, solidariedade, empatia e cooperação de forma prática.

Ressalta-se ainda que, é necessário que o docente conheça e compreenda o diferente, para dessa maneira valorizar e se propor a de procurar formas de atender a todos os alunos, desde o estudante com deficiência ou sem, de maneira a motivá-los nas aulas de Física, instigando-os ao aprendizado, desvinculando-se do ensino tradicional, de sistemas de meros reprodutores, que além de não envolver os alunos sem deficiência, exclui os com deficiência, pois como se verificou na pesquisa é de suma importância que o professor adequar metodologias de ensino para os alunos com especificações, abolindo a postura de meros reprodutores de conhecimentos, assumindo o papel de formadores de pensamentos criativos, críticos e reflexivos que contribuam para a mudança de paradigmas da sociedade, a tornando mais inclusiva e solidária.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. P. C. de; RABELO, L. C. C.; SOUZA, H. S. de; FARIA, M. J. C.; SOARES, N. das N. Ensino de biologia para alunos surdos de uma escola pública: desafios na prática docente e da formação continuada. **Revista Prática Docente**, v. 4, n. 2, p. 697-712, 2019. Disponível em: <http://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/rpd/article/view/541/238>DOI: <https://doi.org/10.23926/RPD.2526-2149.2019.v4.n2.p697-712.id541>. Acesso em: 14 de jan. de 2021
- ALENCAR, D. N. F. de et al. **Educação Inclusiva, Política Educacional e Direitos Humanos**: uma reflexão sobre a legislação brasileira. In: Congresso Nacional de Educação (CONEDU), III, 2016, Natal-RN.
- ALMEIDA, E. F. de, BARRETO, R. R., RAMOS, H. A. P., BRITO, H. A. **Ensino de óptica a deficientes visuais**: uma alternativa lúdica de inclusão. XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, Manaus, AM, 2011.
- ALMEIDA, J. G. A.; BELLOSI, T. C.; FERREIRA, E. L. Evolução da matrícula de pessoas com deficiência na educação superior brasileira: subsídios normativos e ações institucionais para acesso e permanência. **Revista Ibero-americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 10, n. esp., p. 643-660, 2015. DOI: <https://doi.org/10.21723/riace.v10i5.7917>.
- ALVES, F. **Inclusão**: muitos olhares, vários caminhos e um grande desafio. Rio de Janeiro, WAK EDITORA, 2009.
- ANDRADE, M. M. de. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. 9 ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- ARAÚJO, V.L.S. **A formação de audiodescritores no Ceará e em Minas Gerais**: uma proposta baseada em pesquisa acadêmica. In: MOTTA, L.M. V.M.; ROMEU FILHO, P. Audiodescrição. Transformando imagens em palavras. Secretaria do Direito da Pessoa com Deficiência do Estado de São Paulo, 2010
- ARRUDA, G. A. de; DIKSON, D. Educação inclusiva, legislação e implementação. **Reflexão e Ação**, Santa Cruz do Sul, v. 26, n. 2, p. 214-227, maio 2018. ISSN 1982-9949. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/reflex/article/view/8177>>. Acesso em: 14 mai. 2020. Doi:<https://doi.org/10.17058/rea.v26i2.8177>.
- AZEVEDO, A.C.; SANTOS, A.C.F. Ciclos de aprendizagem no ensino de física para deficientes visuais. **Revista Brasileira de Ensino de Física** [online]. 2014, v. 36, n. 4 . Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000400017>>. Acesso em 14 jul. 2021.
- AZEVEDO, Eduardo Ribeiro de et al.. Utilização de um espectrógrafo de projeção como uma ferramenta para demonstrações sobre polarização da luz. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 33, n. 5, p. 1204-1210, 2010. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000500036&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 23 mai. 2020.
<https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000500036>.

BARBOSA LIMA, M. C. A.; CASTRO, G. F.; HALLAIS, S. C. **Os obstáculos em ensinar óptica e eletromagnetismo para alunos deficientes visuais**, 2015. p. 1-14.

BARBOSA-LIMA, M. C. A.; CASTRO, G. F. **Formação inicial de professores de física: a questão da inclusão de alunos com deficiências visuais no ensino regular**. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 18, n. 1, p. 81-98, 2012. Disponível em: <https://doi.org/d9p2>. Acesso em 27 jul. de 2020.

BARBOZA, P.; DORZIAT, A. Apontamentos sobre o processo educacional de estudantes surdos universitários: o que narram docentes? **Revista COCAR**, v.13, n.25, p. 437-457, 2019. Disponível em <https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar/article/view/2168>. Acesso em 27 jul. 2020.

BASTOS, A. R. B. de. Proposição de recursos pedagógicos acessíveis: o ensino de química e a tabela periódica. **JORSEN**, V. 16, p. 923-927, 2016. Disponível em <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1471-3802.12232>. Acesso em 10 jul. 2020.

BASTOS, B. L. et. al. Implementação de Maquete Tátil Sonora para Pessoas com Deficiência Visual. **Anais do Workshop de Informática na Escola**, [S.l.], p. 1079-1086, jun. 2010. ISSN 2316-6541. Disponível em: <<https://www.br-ie.org/pub/index.php/wie/article/view/2030/1792>>. Acesso em: 29 jan. 2021.

BATISTA, C. A. M.; MANTOAN, M. T. E. **Educação Inclusiva: Atendimento Educacional Especializado para Deficiência Mental**. 2. ed. Brasília: MEC, SEESP, 2006. 68 p.

BAUER, W.; WESTFALL, G.; DIAS, H. **Física Para Universitários – Óptica e Física Moderna**. Porto Alegre: AMGH Editora, 2013b.

_____. **Física Para Universitários – Relatividade, oscilações, ondas e calor**. Porto Alegre: AMGH Editora, 2013a.

BELTRAMIN, F. S.; GÓIS, J. Materiais didáticos para alunos cegos e surdos no ensino da química. In. **Encontro Nacional do Ensino de Química (XVI ENEQ)**. Anais, Salvador. UFBA. 2012.

BEZERRA, M. L. E.; MARTINS, J. L. **Atendimento educacional ao Alunos com Deficiência Visual na UFAC**. Benjamin Constant, Edição 54, 2013.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Trad. Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Morim Baptista. Porto: Porto Editora. 1994.

BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. O gostar e o aprender no ensino de Física: uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 2: p. 194-

223, ago 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/1087>. Acesso em: 12 jul. 2021.

BORGES, R. B.; TAVARES JÚNIOR, M. J. O intérprete de LIBRAS no ensino de Ciências e Biologia para alunos surdos. **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 61-76, 2018. DOI: 10.46667/renbio.v11i2.173. Disponível em: <http://sbenbio.journals.com.br/index.php/sbenbio/article/view/173>. Acesso em: 14 jan. 2021.

BRANSKI, R. M.; AURELLANO, R. C. F.; LIMA JUNIOR, O. F. Metodologia de estudo de caso aplicada à logística. In: **CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES (XXIII ANPET)**, 24, 2010, Salvador. Anais... Salvador, 2010

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

_____. **Declaração de Salamanca e linha de ação sobre necessidades educativas especiais**. Brasília: UNESCO, 1994.

_____. **Decreto nº 5.296**, de 2 de Dezembro de 2004. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2004/decreto-5296-2-dezembro-2004-534980-norma-pe.html>. Acesso em: 09 de abril. 2020.

_____. **Decreto nº 5.626** de 22 de dezembro de 2005. Regulamenta a Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002, que dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais – LIBRAS, e o art. 18 da Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 23 de dezembro de 2005.

_____. **Decreto nº 5.626**, de 22 de dezembro de 2005. Regulamenta a lei 10.436 de 2002. Brasília, 2005. Disponível em: http://planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5626.htm. Acesso em: 08 de jun. 2020.

_____. **Decreto no 7.611**, de 17 de novembro de 2011. Dispõe sobre a educação especial, o atendimento educacional especializado e da outras providencias. Brasília, 2011.

_____. **Lei Brasileira de Inclusão da pessoa com Deficiência: Lei nº 13.146**, de 6 de julho de 2015. Câmara dos Deputados. – Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2015. – (Série legislação; n. 200).

_____. **Lei de nº 1615**, de 2019 – Estatuto da Pessoa com Deficiência. Lei Amália Barros. LDBEN. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/135839/pdf>. Acesso em: 09 mai. 2020.

_____. **Lei nº 10.436** de 24 de abril de 2002. Dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 25 de abril de 2002.

_____. **Lei nº 13.415**, de 16 de fevereiro de 2017. Altera as Leis nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996.

_____. Ministério da Educação. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. LDB 9.394, de 20 de dezembro de 1996.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Decreto Nº 5.626**, de 22 de dezembro de 2005. Regulamenta a Lei Nº 10.436, de 24 de abril de 2002. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5626.htm. Acesso em: 02 maio 2020.

_____. Portaria MEC nº **2678**, de 24 de setembro de 2002. Aprova o projeto da Grafia Braille. Brasília, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/>. Acesso em: 08 jun. 2020.

BRAZ, R. M. M. Atividades para o ensino de ondas sonoras aos alunos surdos: uma proposta inclusiva. **RevistAleph**, [S.l.], n. 30, July 2018. ISSN 18076211. Disponível em: <<https://periodicos.uff.br/revistaleph/article/view/39256>>. Acesso em: 02 mai. 2020.

BUZZÁ, H. H. et. al. Preparação de material tátil-visual torna o ensino dos conceitos de óptica acessível para pessoas com deficiência visual - Exposição "Luz ao Alcance das Mãos". **A Física na Escola**, São Paulo, Sociedade Brasileira de Física - SBF, v. 16, n. 1, p. 36-42, 2018.

CAMARGO, E. P. A comunicação como barreira à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de mecânica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 16, n. 1, p. 259-275, 2010. DOI: <https://doi.org/fkx9q>

CAMARGO, E. P., BENETI, A. C., MOLERO, I. A., Nardi, R., Sutil, N., Inclusão no ensino de física: materiais adequados ao ensino de eletricidade para alunos com e sem deficiência visual, **In: Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Anais do XVIII SNEF, Vitória/ES (2009).

CAMARGO, E. P.. **É possível ensinar física para alunos cegos ou com pouca visão?** Proposta de atividades de ensino de física que enfoca o conceito de aceleração. **Física na Escola**, 30 - 48, 2007. Disponível em <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol08-Num1/v08n01a081.pdf>. Acesso em 14 de julho de 2021.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R., MACIEL FILHO, P. R. P.; Almeida, D. R. V. Como ensinar óptica para alunos cegos e com baixa visão, **Física na Escola**, 2008. Disponível em <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol19/Num1/optica-para-cegos.pdf>. Acesso em 14 de julho de 2021.

CAMARGO, E. P., SILVA, D., Atividade e material didático para o ensino de física a alunos com deficiência visual: queda dos objetos, **In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Atas do IV ENPEC, Bauru ,2003.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R. Ensino de conceitos físicos de terminologia para alunos com deficiência visual: dificuldades e alternativas encontradas por licenciandos para o planejamento de atividades. **Revista Brasileira de Educação Especial**, Marília, v. 12, n. 2, p. 149-168, 2006.

_____. O emprego de linguagens acessíveis para alunos com deficiência visual em aulas de eletromagnetismo. **Acta Scientiae (ULBRA)**, v. 10, p. 97-118, 2008a.

CAMARGO, E.P. **Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de física**. São Paulo: Editora UNESP, 2012. 274 p.

CAMELO; F.G; SILVA; M. F. D; COSTA; D. R.; et al., **Adaptação de materiais manipulativos como alternativa metodológica no ensino de matemática para estudantes com deficiência visual no ensino regular**, 2014.

CAMPOS, L.M.; FELICIO, A.K.C. e T.M. Bortoloto (2003). A produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem. **Caderno dos Núcleos de Ensino**, p. 35-48.

CARVALHO JÚNIOR, G. D. de. As concepções de ensino de Física e a construção da cidadania. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 19, n. 1: p. 53-66, abr. 2002. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9294/14039>>. . Acesso em 14 jul. 2021.

CARVALHO, E.N.S.; MONTE, F.R.F. A educação inclusiva de portadores de deficiência em escolas públicas do DF. **Temas em Educação Especial III**, São Paulo, ed. Universidade São Carlos, 1995.

COELHO, L.; PISONI, S.; VYGOTSKY: sua teoria e a influência na educação. **Revista e-ped-facos/cnecosoário**, v. 2, n.1, 2012. Disponível em: http://facos.edu.br/publicacoes/revistas/eped/agosto_2012/pdf/vygotsky_-_sua_teorica_e_a_influencia_na_educacao.pdf. Acesso 08 jun. 2020.

CONSTANTINO, A. L. A.; DORNELES, A. Ma. Educar para alteridade na formação de professores de química: experiências vividas com a educação de surdos. **RELACult - Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade**, [S.l.], v. 5, maio 2019. ISSN 2525-7870. Disponível em: <<http://periodicos.claec.org/index.php/relacult/article/view/1138>>. Acesso em: 27 jul. 2020.

COSTA, D. A. F. Superando limites: a contribuição de Vygotsky para a educação especial. **Rev. psicopedag.**, São Paulo, v. 23, n. 72, p. 232-240, 2006. Disponível em <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84862006000300007&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 08 jun. 2020.

COSTA, E. V. Medidas de intensidade luminosa: polarização. **Rev. Bras. Ensino Físico**. São Paulo, v. 24, n. 1, p. 37-40, março de 2002. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172002000100006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 26 mai. 2020.

COZENDEY, S. G.; COSTA, M. da P. R. da. Utilizando a audiodescrição como um recurso de ensino. **Revista Ibero Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 13, n. 03, p. 1164-1186, jul./set., 2018.

DESTEFANI, A.; BERNARDI, N.; D'ABREU, J. V. V. **Verificação da usabilidade de instrumento de leitura tátil e sonoro representativo de espaço arquitetônico da Biblioteca Central Cesar Lattes da UNICAMP** (Relatório de projeto). Campinas, 2009.

DI ROMA, A. F.; DE CAMARGO, E. P. Ensino de astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: um estudo sobre a aquisição de conceitos científicos para alunos com surdez. **Crítica Educativa**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. p.142–160, 2015. DOI: 10.22476/revcted.v1i2.47.

Disponível em:

<https://www.criticaeducativa.ufscar.br/index.php/criticaeducativa/article/view/47>. Acesso em: 15 jan. 2021.

DIAS, R. Á; ESTANISLAU, S; BAHIA, I; Maquetes e mapas táteis: diretrizes para projeto, seleção de materiais e técnicas. **Revista Ação Ergonômica**. v. 9, n. 1, 2014.

DICKMAN, A. G., FERREIRA, A. C. Ensino e aprendizagem de Física a estudantes com deficiência visual: Desafios e Perspectivas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, n. 2, 2008.

EASTWOOD, G. S. R, ROSS, P. R. Inclusão do aluno com baixa visão na rede pública de ensino: procedimentos dos professores. Orientações para professores, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008. Disponível em <

<http://www.diadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1109-2.pdf>>. Acesso em 17 de Junho de 2021.

FERNANDES, J. M., REIS, I. de F. O papel da formação continuada no trabalho dos professores de química com alunos surdos. **Revista Educação Especial**, Santa Maria, v. 32, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial/article/view/27300>. Acesso em 06 jul. 2020.

FERREIRA, L. C. **Proposta de experimento sobre força de atrito direcionado a uma turma inclusiva**. 2018. 47f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ, 2018.

FILHO, P. R. Políticas Públicas De Acessibilidade Para Pessoas Com Deficiência - Audiodescrição Na Televisão Brasileira. In.: (Org.) MOTTA, L. M. V. M.; FILHO, P. R. **Audiodescrição Transformando Imagens em Palavras**. Secretaria do Estado dos Direitos da Pessoa com Deficiência, Governo do Estado de São Paulo, 2010.

FORMACHARI, W. M.; SITKO, C. M.; SOARES, N. das N. Panorama das teorias de aprendizagem utilizadas nas pesquisas em ensino de física para deficientes visuais e os produtos educacionais da área. **Tea: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, Canoas, v. 10, n. 1, 2021. DOI: 10.35819/tear.v10.n1.a4814. Disponível em:

<https://www.periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/article/view/4814>. Acesso em: 1 out. 2021.

FRANCO, E. P. C.; SILVA, M. C. C. C. **Audiodescrição: um breve passeio histórico**. In: MOTTA, L.; ROMEU FILHO, P. (org.). Audiodescrição: transformando imagens em palavras. São Paulo: Secretaria dos Direitos da Pessoa com Deficiência do Estado de São Paulo, 2010. p. 19-36.

GASPAR, A. **Introdução à Eletricidade**. Ed. Ática, v.3. São Paulo, 2000.

GASPAR, A. **Cinquenta anos de ensino de Física: muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor**. 1997. Disponível em: <[http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/115573/mod_resource/content/0/50%20anos%20de%20ens%20fis%20\(Gaspar\).pdf](http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/115573/mod_resource/content/0/50%20anos%20de%20ens%20fis%20(Gaspar).pdf)>. Acesso em: 12 jul. 2021.

GOBARA, S.T., VARGAS, J.S., Interações entre o aluno com surdez, o professor e o intérprete em aulas de física: Uma perspectiva Vygotskiana. **Revista Brasileira de Educação Especial**.v.20, n°3, pág 449-460, 2014.

GOMES, E. A; ABRANTES, A. P; VALADARES, C.B. (Re)desenhando o trabalho com/para surdos em Viçosa: Contribuições do projeto Surdo Cidadão da UFV. **Revista ELO - Diálogos em Extensão**, v. 05, n° 03, 2016. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/13310>. Acesso em 16 jul. 2020.

GOMES, M. F. Construção de uma tabela periódica interativa com recurso de áudio adaptada para o ensino de química a estudantes com deficiência visual. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 12, p. 23-30, 2018. Disponível em: <https://www.ifgoiano.edu.br/periodicos/index.php/multiscience/article/view/586>. Acesso em 11 jun. 2020.

GONÇALVES, J. P., SESTAR, L. A Timidez Segundo a Perspectiva dos Alunos de Educação de Jovens e Adultos. InterMeio: **Revista do Programa de Pós-Graduação em Educação**, Campo Grande, MS, v.21, n.41, p.146-167, jan./jun. 2015. Disponível <https://periodicos.ufms.br/index.php/intm/article/view/2336/1418> em: .Acesso em: 14 de jul. 2021.

GUERRA ,A. P.; TORRES, G. A. .Jogos pedagógicos e a interação entre estudantes deficientes visuais e videntes. **RevistAleph**, n°30, 2018.Disponivel em <https://periodicos.uff.br/revistaleph/article/download/39262/22697/131589>. Acesso em 20 abr. 2021.

HALLAIS, S. C. CASTRO, G. F; BARBOSA LIMA, M. C. A.; Experimentos adaptados para estudantes com deficiência visual. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**. v. 7, n. 2, 2017.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física – Gravitação, ondas e termodinâmica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 2012a. v. 2.

_____. **Fundamentos da Física – Óptica e Física Moderna**. 9. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 2012b. v. 4.

HEWITT, P. G. **Fundamentos de Física Conceitual**. Tradução: RICCI, T. F. Porto Alegre, Bookman, 2009.

IERVOLINO, S. A.; PELICIONI, M. C. F. A utilização do grupo focal como metodologia qualitativa na promoção da saúde. **Revista Escola de Enfermagem**. USP, v. 35, n. 2, p.115-21, jun. 2001.

INEP. **Censo da educação superior (2019)**. Disponível em: <http://inep.gov.br/censo-da-educacao-superior>. Disponível em <https://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/documentos/2020/Apresentacao_Censo_da_Educacao_Superior_2019.pdf>. Acesso em 16 jun. 2021.

Jaime E. Villate. Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia. Porto, Portugal, 2004. KASTRUP, Virginia. O tátil e o háptico na experiência estética: considerações sobre arte e cegueira. **Revista Trágica: estudos de filosofia da imanência**, v.8, n.3, p.69-85, 3º quadrim. 2015. Disponível em: <http://tragica.org/artigos/v8n3/kastrup.pdf>. Acesso em 22 mai. 2020.

LAKATOS, E. M.; Marconi, M. A. **Técnicas de pesquisa**. 3a edição. São Paulo: Editora Atlas, 1996.

LAVORATO, S. L. U, MARTINEZ I. G., MÓL, G. de S. Áudio-descrição como estratégia pedagógica de inclusão no ensino de Química. In. **XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ)**, Florianópolis, SC, Brasil, 2016.

LIMA, D. M. C. de A. **Educação infantil: saberes e práticas da inclusão: dificuldades de comunicação e sinalização: surdez**. 4. ed.– Secretaria de Estado da Educação do Distrito Federal... [et. al.]. – Brasília: MEC, Secretaria de Educação Especial, 2006. 89 p.: il.

LIMA, M. da C. B.; CASTRO, G. F. de. Formação inicial de professores de física: a questão da inclusão de alunos com deficiências visuais no ensino regular. **Ciênc. educ.** (Bauru), Bauru, v. 18, n. 1, p. 81-98, 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132012000100006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 abr. 2020.

LIMA. P. A. **Educação Inclusiva e igualdade social**. São Paulo; AVERCAMP, 2002.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MARCH, I.; COSTA, T.N. da. Formação continuada de professores: buscando melhorar e facilitar o ensino para deficientes visuais por meio de tecnologias assistivas. **Revista Educação Especial**, v. 29, n. 55, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial/article/view/16066>. Acesso em 11 jun. 2020.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, R. J. Implementação e Utilização de Maquete Tátil Sonora por Pessoas Cegas. **Revista Avances en Sistemas e Informática**, Vol 5 n° 2, Junho de 2008, Medellín Colômbia.

MARTINS, L. R. R. et al. Educação de surdos: relato de uma experiência inclusiva para o ensino de ciências e biologia. **Rev. Educação Especial**. Vol. 28, nº 52, p. 377 – 392, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial/article/view/14854/pdf>. DOI: <https://doi.org/10.5902/1984686X14854>. Acesso em 14 jan. 2021.

MASSON, R. et al. Tabela periódica inclusiva. *Journal of Research in Special Educational Needs*, v. 16, n. S1, p. 999-1003, 2016.

MAZZOTA, M. J. S. **Educação especial no Brasil: História e políticas públicas**. 5ª ed. – São Paulo: Cortez, 2005.

MEC/SEESP. **Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva**. MEC/SEESP, 2007. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/politica.pdf>. Acesso em 09 mar. 2020.

MEC/SEMTEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. MEC/SEMTEC, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021.

MÉLLO, R. P. et al. Construcionismo, práticas discursivas e possibilidades de pesquisa. **Psicologia e Sociedade**, v.19, n.3, p. 26-32, 2007.

MENDES, E. G. **Perspectivas para a construção da escola inclusiva no Brasil**. In: PALHARES. 2001.

MOREIRA, M. A. **Teorias da Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária, 1999.

MOTTA, L. M. V. M. **Audiodescrição na escola: abrindo caminhos para leitura de mundo**. Campinas: Pontes, 2015. Disponível em: <http://www.vercompalavras.com.br/pdf/audiodescricao-na-escola.pdf>. Acesso em 18 jun. 2021.

MOTTA, L.M.V; ROMEU FILHO, P. (Orgs.) **Audiodescrição: transformando imagens em palavras**. São Paulo: Secretaria de Estado dos Direitos da Pessoa com Deficiência, 2010.

MOTTA, L. M. V. de M. **Audiodescrição na escola: abrindo caminhos para leitura de mundo**. Campinas, SP: Pontes Editores, 2016.

NASCIMENTO, L. M. M.; BOCCHIGLIERI, A. Modelos didáticos no ensino de Vertebrados para estudantes com deficiência visual. **Ciênc. educ.** (Bauru), Bauru, v. 25, n. 2, p. 317-332, Abril. 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132019000200317&lng=en&nrm=iso. Acesso em 13 jun. 2020.

NOGUEIRA, L.S., et. al., Ensino de física para portadores de deficiência auditiva: o problema dos livros didáticos. In: **XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2005, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos. Disponível em <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0744-1.pdf>. Acesso em 01 abr. 2020.

NUNES, I. N. da C. **Jogo didático de calorimetria com audiodescrição e braile para inclusão**. Dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática (MPECIM). Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2020. Disponível em: <http://www2.ufac.br/mpecim/menu/dissertacoes/turma-2019/dissertacao-ingrath-narrayany-da-costa-nunes.pdf>. Acesso em 17 jun. 2021.

NUNES, S.; LOMÔNACO, J. F. B. O Aluno Cego: Preconceitos e Potencialidades. **Revista Semestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 55-64, jan./Jun. 2010.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica, 2: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor**. 5. ed. rev. amp. São Paulo: Edgard Blücher, 2014. 394p.

OLIVEIRA, E. de S. et al. **Inclusão Social: Professores Preparados ou não? Polêmica**, [S.l.], v. 11, n. 2, p. 314 a 323, maio, 2012. ISSN 1676-0727. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/3103/2224>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

OLIVEIRA, F. A. M. de; AZEVEDO, E. R. de; NUNES, L. A. de O. O uso de um sensor de luz linear como recurso didático para demonstrar princípios de difração e espectroscopia. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 451-458, Mar.2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422015000300451&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 26 mai. 2020.

OLIVEIRA, F. J. de. et. al. Audiodescrição como ferramenta de inclusão de alunos cegos ao processo de ensino aprendizagem. **Anais II CINTEDI...** Campina Grande: Realize Editora, 2016. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/22721>>. Acesso em: 17 abr. 2021.

PARANHOS, R. R.; GARCIA, D. Montagem experimental para verificação do fenômeno de difração de luz adaptada para portadores de deficiência visual. **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Vitória, ES, 2009.

PEREIRA, R. D.; MATTOS, D. F.: Ensino de Física para surdos: Carência de material pedagógico específico. **Revista Espacio**. Vol. 38, n. 60). Caracas Venezuela, 2017.

PIOVEZAN; Stefhanie. Cinema 3D e o espectador: a tecnologia por trás da fruição. Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação. In: **XVIII Congresso de Ciências da Comunicação na Região Sudeste** – Bauru - SP – 03 a 05/07/2013. Disponível em < <http://portalintercom.org.br/anais/sudeste2013/resumos/R38-0177-1.pdf> >

QUADROS, R. M. **O tradutor e intérprete de Língua Brasileira de Sinais e Língua Portuguesa**. Secretaria de Educação Especial. Programa Nacional de Apoio à Educação de Surdos-Brasília: MEC; SEESP, 2004.

RAZUCK, R. C. de Sá R; NETO, W. de O. A química orgânica acessibilizada por meio de kits de modelo molecular adaptados. **Revista Educação Especial**. Santa Maria, nº 52, 2015.

Disponível em:< <https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial/article/view/15688>>. Acesso em: 12 jun. 2020.

REILY, L. H.; OLIVEIRA, M. R. N. dos S. Práticas musicais com alunos surdos na extensão universitária: acesso e participação. **Crítica Educativa**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. p.127–141, 2015. DOI: 10.22476/revcted.v1i2.41. Disponível em: <https://www.criticaeducativa.ufscar.br/index.php/criticaeducativa/article/view/41>. Acesso em: 18 jan. 2021.

ROCHA, K. N. et at. Q-LIBRAS: um jogo educacional para estimular alunos surdos à aprendizagem de Química. **Revista Educação Especial**, v. 32, 2019, Santa Maria. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial>. Acesso em: 17 Jun. 2020.

RODRIGUES, E.S. **Inclusão Escolar de Pessoas com Deficiência Visual no Município de Ipatinga (MG):** A perspectiva dos alunos e professores. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-8GZPCG>. Acesso em 17 abr. 2021.

SALMAZO, R. S.; RODRIGUES, M. I. R. Formação de professores: ensino de física para cegos através de atividades em relevo. **Revista interações**. vol. 11, n.º 39, p. 1330-137. Número especial XV. Apresentado no ENEC- Encontro Nacional de Educação em Ciências. 2015.

SANTANA, R. S.; SOFIATO, C. G. Ensino de Ciências para estudantes surdos: possibilidades e desafios. **Revista Internacional de Formação de Professores**, [S.l.], p. 37-54, nov. 2017. ISSN 2447-8288. Disponível em: <<https://periodicos.itp.ifsp.edu.br/index.php/RIFP/article/view/998/770>>. Acesso em: 29 jun. 2020.

SANTOS, J.V.; TAKECO, S.G. Elaboração e utilização de Sinais de Libras para os conceitos de Física: Aceleração, Massa e Força. **R. Bras. de Ensino de C&T**, v. 8, n. 2, 2015. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/2983/0>. Acesso em 15 jan. 2021.

SANTOS, P. V. dos, BRANDÃO, G. C. de A. Tecnologias Assistivas no Ensino de Física para Alunos com Deficiência Visual: um estudo de caso baseado na audiodescrição. **Ciência & Educação** (Bauru) [online]. 2020, v. 26. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/SV5RWTYNqG3C9dZP74dXjWj/?lang=pt> Acesso em 16 jun. 2021.

SANTOS, B. M.; NUNES, I. N. da C. Jogo sobre calorimetria com áudiodescrição e braile para inclusão: relato de experiência. **REVISTA DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA**, Vol. 33, no. 1, 2021. Disponível em: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/33282> . Acesso em 23 jul. 2021.

SCARINCI, A. L.; MARINELI, F. O modelo ondulatório da luz como ferramenta para explicar as causas da cor. **Rev. Bras. Ensino Fís.**São Paulo, v. 36, n. 1, p. 1-14, Mar. 2014.

Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172014000100009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 30 mai. 2020.

SCHUINDT, C. C.; MATOS, C. F. de.; SILVA, C. S. da. Estudo de caso sobre as dificuldades de aprendizagem de alunos surdos na disciplina de química. *ACTIO*, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 282-303, 2017. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/6773>. Acesso em 10 jul. 2020.

SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W. Jr. Princípios de física. v. 2: Oscilações, ondas e termodinâmica. 5 ed. São Paulo. 5 ed. Norte-Americana. Cengage Learning, 2014.

SILVA, A.C. da. **Lâminas em alto relevo para o ensino de ondas e fenômenos Ondulatórios a deficientes visuais**. 2018. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018. Disponível em: <https://mnpes.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/94/2018/04/Dissertacao-Alexandre.pdf>. Acesso em 10 jul. 2020.

SILVA, A. C. da.; SANTOS, C. A. dos. Lâminas em alto-relevo para modificar fenômenos ondulatórios a deficientes visuais. *Rev. Bras. Ensino Físico*. São Paulo, v. 40, n. 4, e5406, 2018. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172018000400606&lng=en&nrm=iso>. DOI : <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2018-0089>. Acesso em 04 mai. 2020.

SILVA, L. G. dos S. **Orientações para atuação pedagógica junto a alunos com deficiência: intelectual, auditiva, visual, física**. Natal: WP Editora, 2010.

SILVEIRA, Hélder E.; SOUZA, S. F. **Terminologias Químicas em Libras: A Utilização de Sinais na Aprendizagem de Alunos Surdos**. *Química nova na escola*, vol 33, número 1, fev 2011, páginas 36 a 46.

SOARES, K. D. DE A. O.; CASTRO, H. C.; DELOU, C. M. C. Astronomia para deficientes visuais: Inovando em materiais didáticos acessíveis. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 14, Nº 3, 377-391, 2015. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen14/REEC_14_3_7_ex941.pdf. Acesso em 05 jun. 2020.

SONZA, A. P.; KADE, A.; FAÇANHA, A.; REZENDE, A. L. A.; NASCIMENTO, G. S.; ROSITO, M. C.; BORTOLINI, S.; FERNANDES, W. L. (org.). **Acessibilidade e tecnologia assistiva: pensando a inclusão sociodigital de pessoas com necessidades especiais**. Bento Gonçalves: IFRS, 2013.

SOUSA, A. C. da L. L.; SOUSA, I. S. A inclusão de alunos com deficiência visual no âmbito escolar. *Estação Científica (UNIFAP)*, Macapá, v. 6, n. 3, p. 41-50, 2016. Disponível em: <https://periodicos.unifap.br/index.php/estacao/article/viewFile/2310/cleiv6n3.pdf>. Acesso em 05 de Junho de 2020.

STADLER, J.P et at. Investigação de Terminologias Científicas de Química em Língua ‘Brasileira de Sinais em Escola Bilíngue de Curitiba, Brasil. *Tecné, Episteme Y Didaxis: TED*, (Extra). <https://doi.org/10.17227/01203916.3213>. Disponível em:

<https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/3213>. Acesso em 06 de Julho de 2020.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1992.

VALE, R. F.; SILVA, R. A. Zoo arthropoda: um recurso didático construído para a sensibilização de inclusão no processo de ensino e aprendizagem em Ciências. **Revista Insignare Scientia**. Vol. 2, nº4, 2019. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/10953>. Acesso em 20 jun. 2020.

VERTUAN, G. de S.; SANTOS, L. F. dos. O ensino de química para alunos surdos: uma revisão sistemática. **Revista Educação Especial**, Santa Maria, v. 32, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial/article/view/31242>. Acesso em 06 jun. 2020.

VIGOTSKY, L. S. 1896-1934. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. COLE, Michael, et al. Org. 7ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007. 182.

VILELA-RIBEIRO, E. B.; COSTA, L. S. O.; ROCHA, A. P. B.; BORGES, T. G.; VAZ, W. F.; BENITE, A. M. C.; LIMA-RIBEIRO, M. DE S. O ensino de química para alunos surdos e ouvintes: utilizando a experimentação como estratégia didática para o ensino de Cinética Química. **Revista Tecné, Episteme y Didaxis**, n. extraordinário, p. 808-816, 2014.

VIVAS, D. B. P.; TEIXEIRA, E. S.; CRUZ, J. A. L. Ensino de física para surdos: um experimento mecânico e eletrônico para o ensino de ondas sonoras. **CBEF**, v. 34, n. 1, p. 197-215, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n1p197/33970>. Acesso em 15 jan. 2021.

VYGOTSKI, L. S. **Obras escogidas: fundamentos de defectología**. BEIN E. S. et al. (Comp.). Madrid: Visor, 1997. v. 5.

VYGOTSKY, Lev S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

WALBORN, S. Interferência da luz, arte e computação. **Cienc. Culto**, São Paulo, v. 67, n. 3, p. 38-43, setembro de 2015. Disponível em http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252015000300013&lng=en&nrm=iso. Acesso em 20 de maio de 2020.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNDICE – PRODUTO EDUCACIONAL

O Produto Educacional consiste na:

- SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE ONDULATÓRIA PARA INCLUSÃO DE DEFICIENTES VISUAIS E SURDOS

Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/599811>

Esta sequência didática inclui também:

- SLIDES SOBRE CONCEITOS BÁSICOS DE ONDULATÓRIA COM AUDIODESCRIÇÃO DE IMAGENS

Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/599556>

E o vídeo:

- "ONDA TRANSVERSAL E LONGITUDINAL COM AUDIODESCRIÇÃO E LIBRAS"

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gCE3P2oh1Bw>



JOISILANY SANTOS DOS REIS
BIANCA MARTINS SANTOS

SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE ONDULATÓRIA PARA A INCLUSÃO DE DEFICIENTES VISUAIS E SURDOS

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF / Polo 59
Ciências Biológicas e da Natureza – CCBN
Universidade Federal do Acre – UFAC

Novembro de 2021

APRESENTAÇÃO

Caríssimo docente,

É com grande satisfação que trazemos ao público a “**Sequência didática sobre ondulatória para Inclusão de Deficientes Visuais e Surdos**”. A elaboração deste material tem como objetivo servir de apoio para a inclusão de alunos com Deficiência Visual (DV) ou Deficiência Auditiva (DA) nas aulas de Física, proporcionando estratégias de ensino, juntamente com recursos adaptados, que podem beneficiar a turma de modo geral, tendo em vista que os recursos propostos servirão para a turma como um todo.

A Sequência Didática (SD) propõe o uso de maquete tátil-visual; imagens em alto relevo e com audiodescrição; e a utilização de um vídeo com audiodescrição e libras. Vale ressaltar que cada recurso utilizado durante a sequência é elucidado nesse material, de forma a colaborar e incentivar o docente em Física a fazer uso desta SD de forma facilitada. Destacamos ainda que este material pode ser utilizado como orientador para abordagem do tema com deficientes visuais e auditivos, porém, quando se trabalha com alunos com algum tipo de deficiência, não podemos classificar um material útil para todos os casos, pois cada deficiente possui suas especificidades e, portanto os materiais podem precisar de mais adaptações.

Esta publicação é um produto educacional fruto do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), o qual contou com a parceria do Grupo de Pesquisa e Extensão em Ensino de Ciências (GPEEC) da Universidade Federal do Acre (UFAC). Espera-se que este produto educacional possa servir como ferramenta para cooperar com o trabalho do professor, na abordagem de fenômenos ondulatórios, com prática docente inclusiva na Física. Faça bom proveito dele!

Joisilany Santos dos Reis¹ e Bianca Martins Santos²

¹Email: joisilany.santos@gmail.com

²Email: bianca.santos@ufac.br

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA | 3 |
| 1.1 PRIMEIRO ENCONTRO – 1ª ETAPA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA | 6 |
| 1.1.1 Duração..... | 6 |
| 1.1.2 Objetivo da aula | 6 |
| 1.1.3 Primeiro momento – Despertando a curiosidade para a aula..... | 6 |
| 1.1.4 Segundo momento – Conceito de ondas e sua natureza | 11 |
| 1.2 SEGUNDO ENCONTRO – 2ª ETAPA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA..... | 18 |
| 1.2.1 Duração..... | 18 |
| 1.2.2 Objetivo da aula | 18 |
| 1.2.3 Primeiro momento – Conceituar as grandezas relacionadas às ondas ... | 18 |
| 1.2.4 Segundo momento – Resolução de Situações Problema..... | 21 |
| 1.2.5 Terceiro momento – Reflexão e Refração..... | 23 |
| 1.3 Terceiro encontro – 3ª Etapa da Sequência didática | 29 |
| 1.3.1 Duração..... | 29 |
| 1.3.2 Objetivo da aula: | 29 |
| 1.3.3 Primeiro momento – Difração; Interferência e Polarização..... | 29 |
| 1.3.4 Segundo momento – Quiz de perguntas de múltipla escolha | 37 |
| 1.3.5 Terceiro momento – Roda de Conversa | 38 |
| 2 CONFECÇÃO DA MAQUETE DE OSCILAÇÕES..... | 40 |
| 3 CONFECÇÃO DAS IMAGENS AMPLIADAS EM ALTO RELEVO..... | 41 |
| 4 REFERÊNCIAS | 45 |
| 5 APÊNDICE – SLIDES | 45 |

1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Frente à diversidade encontrada em sala de aula, faz-se necessário o desenvolvimento de estratégias que proporcionem o processo de inclusão de alunos que tenham alguma necessidade especial, assim foi elaborada uma Sequência Didática (SD) como Produto Educacional, com o intuito de auxiliar os docentes para o processo de inclusão de estudantes com deficiência visual ou auditiva nas aulas sobre ondulatória. Dessa forma, a SD (Quadro 1) tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de propostas didáticas, recursos pedagógicos e práticas relacionadas ao ensino de conceitos Físicos básicos sobre a temática ondulatória, para alunos com Deficiência Visual (DV) ou Deficiência Auditiva (DA).

A Sequência Didática encontra-se dividida em três aulas de 100 minutos cada. No quadro 4 é descrita cada etapa da Sequência Didática, esclarecendo os temas e os principais recursos utilizados durante os encontros.

Quadro 1: Etapas da Sequência Didática

| Etapa | Objetivo | Descrição das Atividades | Tempo |
|--------------|--|---|--------------|
| 1ª | Conceituar ondas; Classificar e diferenciar as ondas quanto: à natureza: mecânicas e eletromagnéticas; à forma: longitudinais e transversais e à direção de propagação de energia: unidimensional, bidimensional e tridimensional. | (1) Discussão com base em perguntas motivadoras; (2) Apresentação do conteúdo com uso dos slides e da Maquete de Oscilações: (a) exemplos de situações do cotidiano sobre ondas mecânicas e eletromagnéticas, com imagens audiodescritas; (b) reprodução da propagação transversal e longitudinal por meio do vídeo, imagens audiodescritas, do brinquedo mola maluca e corda; (c) exemplos de ondas em: 1D, 2D, e 3D, com uso (opcional) de caixa de som e lâmpada incandescente. | 100 min. |
| 2ª | Apresentar as grandezas: Comprimento de onda (λ), Amplitude (A), Frequência (f), Período (T), Velocidade (v); | (1) Apresentar as grandezas: Comprimento de onda (λ), Amplitude (A), Frequência (f), Período (T), Velocidade (v). (2) Descrever a Função de onda; | 100 min |

| | | | |
|----|--|--|---------|
| | Descrever a função de onda; Apresentar os conceitos básicos sobre os fenômenos ondulatórios: Reflexão e Refração. | (3) Apresentar os conceitos básicos sobre os fenômenos ondulatórios: Reflexão e Refração. | |
| 3ª | Apresentar os conceitos básicos sobre os fenômenos ondulatórios: Difração; Interferência e Polarização. | (1) Utilização das imagens em alto-relevo e audiodescritas (slides) sobre os fenômenos ondulatórios; (2) Aplicação do Quiz (slides); (3) Roda de conversa. | 100 mim |

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Este quadro está dividido em três etapas, em que cada uma equivale a duas aulas, durante as quais foram construídos meios de adaptações de recursos didáticos para alunos com DA ou DV, com a finalidade de que tais materiais possam contribuir no ensino e no aprendizado nas aulas de Física, favorecendo a prática docente e possibilitando a inclusão em sala de aula, instigando ainda, a participação de todos os discentes nas aulas de Física.

Vale ressaltar que os recursos desenvolvidos servirão tanto para o estudante com deficiência, como também para o aluno sem deficiência, auxiliando a turma como um todo e permitindo que todos compartilhem do ensino, independentemente de suas necessidades especiais.

O primeiro encontro terá como finalidade transmitir as ideias iniciais sobre o conteúdo de ondas, utilizando: os slides da aula, disponíveis no portal da EduCapes (<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/599556>); a Maquete de Oscilações; e o exemplo de situações presentes no cotidiano dos alunos de forma contextualizada através de imagens audiodescritas. Além disso, utiliza-se também o vídeo “Onda transversal e longitudinal com audiodescrição e Libras” (<https://www.youtube.com/watch?v=gCE3P2oh1Bw>); o brinquedo mola maluca; uma corda; e de forma opcional uma caixa de som e uma lâmpada incandescente. Serão abordados: o conceito de ondas; a classificação da onda quanto à forma, à sua natureza, e à direção de propagação de energia.

Com o auxílio de imagens em alto relevo e audiodescritas (apresentadas nos slides), no segundo encontro, as grandezas relacionadas a uma onda: comprimento de onda (λ), amplitude (A), frequência (f), período (T), velocidade (v); e equações

fundamentais das ondas serão trabalhadas, juntamente com os fenômenos de reflexão e refração. Os fenômenos ondulatórios: difração, interferência e polarização foram abordadas no encontro com o uso das imagens em alto relevo e audiodescritas (slides). Nesse encontro será proposto um Quiz com os alunos. E ao final, uma roda de conversa. A proposta inclui promover a socialização entre os alunos com e sem deficiência, usando a Zona de Desenvolvimento Proximal de Vygotsky.

Utiliza-se ainda um brinquedo chamado Mola Maluca, para o docente enfatizar a classificação longitudinal e transversal. Para isso, dentro desta aula, após a utilização da Maquete 1, serão propostas três atividades: (1) Reproduzir a propagação transversal em uma mola maluca esticada sobre uma superfície; (2) Reproduzir a propagação longitudinal em uma mola maluca esticada sobre uma superfície; (3) Responder em forma de trabalho em grupo uma pergunta sobre um tema da aula. Essa última parte envolverá cálculos de pequenas situações problemas, como por exemplo, calcular a velocidade da onda; instigando a competição de forma saudável entre os estudantes, contemplando o primeiro e metade do segundo encontro.

Ainda no primeiro encontro serão utilizados exemplos para classificação da onda bidimensional, ondas formadas na superfície da água podem ser citadas. Durante esse encontro foram apresentadas as ondas em uma dimensão utilizando como exemplo uma corda para demonstrar uma onda transversal se movimentando, ou uma mola maluca para demonstrar uma onda transversal se propagando. Para a onda tridimensional podem ser utilizadas uma caixa de som e uma lâmpada. Tais recursos serão utilizados como exemplos, no qual os alunos poderão tatear e visualizar, de forma que não somente os deficientes da turma possam manuseá-los, mas todos os alunos, para promover uma percepção mais real do assunto abordado em sala.

No segundo e terceiro encontro, serão utilizadas as imagens dos fenômenos estudados em alto relevo e audiodescritas, para ser tateado pela aluna DV, de forma a fornecer uma melhor percepção sobre cada fenômeno. As imagens estarão em tamanho ampliado num papel cartão, de forma a ter espaço para a representação dos detalhes presentes na imagem. As orientações de quais imagens serão utilizadas e como construir as adaptações em alto relevo estão apresentadas no Produto Educacional.

Para finalizar a aplicação da SD, será feita uma Roda de Conversa com todos os alunos, seguindo um roteiro pré-estabelecido com o intuito de cada aluno relatar a

experiência ao participar de uma SD com recursos adaptados para alunos com DV ou DA, em aulas de Física.

Por fim, ressalta-se que toda a Sequência Didática é detalhada a seguir, bem com cada estratégia e recurso utilizado. Acrescenta-se ainda que serão ensinados ao longo deste produto educacional: como elaborar as maquetes e as imagens em alto relevo; e como trabalhar os conceitos de ondulatória envolvidos na SD.

1.1 PRIMEIRO ENCONTRO – 1ª ETAPA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

1.1.1 Duração

100 minutos

1.1.2 Objetivo da aula

- Conceituar ondas;
- Classificar e diferenciar as ondas quanto: à natureza (mecânicas e eletromagnéticas); à forma (longitudinais e transversais); e à direção de propagação de energia (unidimensional, bidimensional e tridimensional).

1.1.3 Primeiro momento – Despertando a curiosidade para a aula

Para o ensino presencial, os alunos serão organizados em círculo, onde a mesa do professor deverá estar no centro. Será feito uma sondagem dos conhecimentos prévios dos alunos, a partir de indagações que os levem a pensar sobre o que é onda:

- Qual o fenômeno físico relacionado ao processo de falar e de escutar?

Nessa pergunta espera-se que os alunos elaborem hipóteses de como o som chega até os ouvidos e como ele é produzido, tendo em vista que o som é uma onda sonora que se propaga no ar. Os estudantes com deficiência auditiva e deficiência visual serão incluídos de forma ativa no decorrer das aulas, sempre usando dos recursos elaborados pelo docente para que ambos não se sintam prejudicados ou excluídos nas aulas.

Vale ressaltar que alunos com DA e DV têm o direito ao suporte de professores

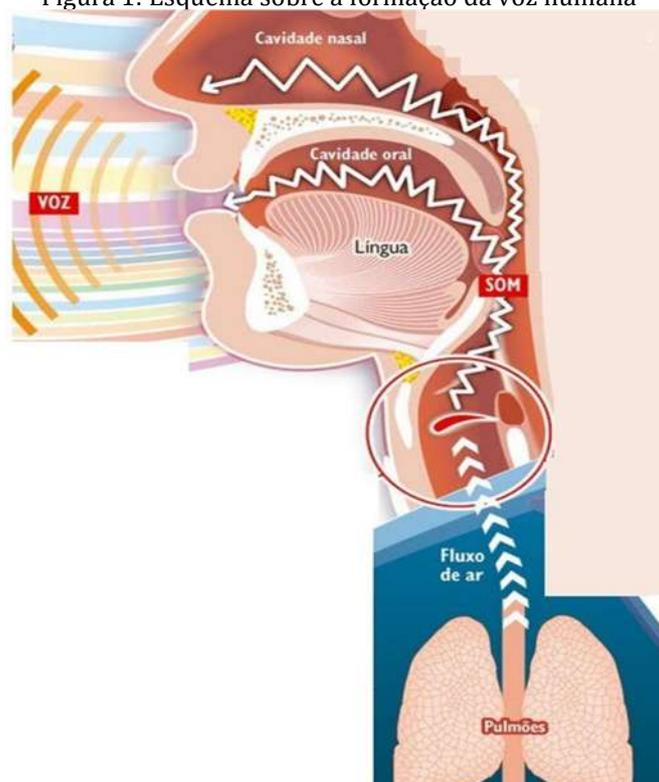
mediadores em sala de aula¹. Todavia, no caso de um docente que não tenha a presença de mediadores em sala de aula, este pode aplicar a SD com total segurança, tendo em vista que estes recursos foram elaborados justamente pensando neste tipo de possibilidade, pois infelizmente o sistema de inclusão educacional no país ainda carece de melhorias. Entretanto, é fundamental a presença do intérprete de libras durante as aulas para que o aluno deficiente auditivo acompanhe as explicações e transmissões dos conteúdos.

Para esclarecer de forma geral como os processos de falar e de ouvir ocorrem no corpo humano, o professor pode comentar sobre tais aspectos, conforme descrito a seguir.

A produção da voz no ser humano (ROCHA, 2017) ocorre no momento da expiração na laringe, onde estão posicionadas as cordas vocais e quando se expira a laringe se aproxima de maneira que o ar que está voltando perpassa pelas cordas vocais fazendo com que elas vibrem, ou seja, formam ondas. A frequência da voz é definida pelo comprimento das pregas vocais, é por isso que as mulheres têm a voz mais aguda que a dos homens, pois suas pregas são mais curtas, assim como as das crianças que são menores que as dos adultos. Os sons são originados através das cordas vocais e amplificados nas cavidades de ressonância que possuímos os chamados ressonadores (“alto-falantes” naturais), formado por cavidades na boca, laringe e nariz de acordo com a Figura 1.

¹No caso específico da turma que foi aplicado a SD, a aluna cega tem sua mediadora e o aluno surdo tem a professora intérprete de Libras, sendo que ambas os auxiliam em suas atividades acadêmicas em sala de aula.

Figura 1: Esquema sobre a formação da voz humana



Fonte: Adaptado de <<http://francielelorryfonseca.blogspot.com/p/saude-vocal.html>>

Descrição da Figura 1:

Esquema da seção transversal interna (de perfil lateral) do nariz, boca e pescoço. No topo, a cavidade nasal, abaixo a cavidade oral, abaixo a língua. Na esquerda, de cima para baixo: o nariz, a boca aberta por onde sai a voz e abaixo o queixo. A voz é representada por linhas vermelhas circulares igualmente espaçadas, crescentes para esquerda, a partir da boca. Na direita a cavidade nasal encontra a cavidade oral e desce para as pregas vocais (destacadas por um círculo vermelho), por onde o ar sobe ao falarmos.

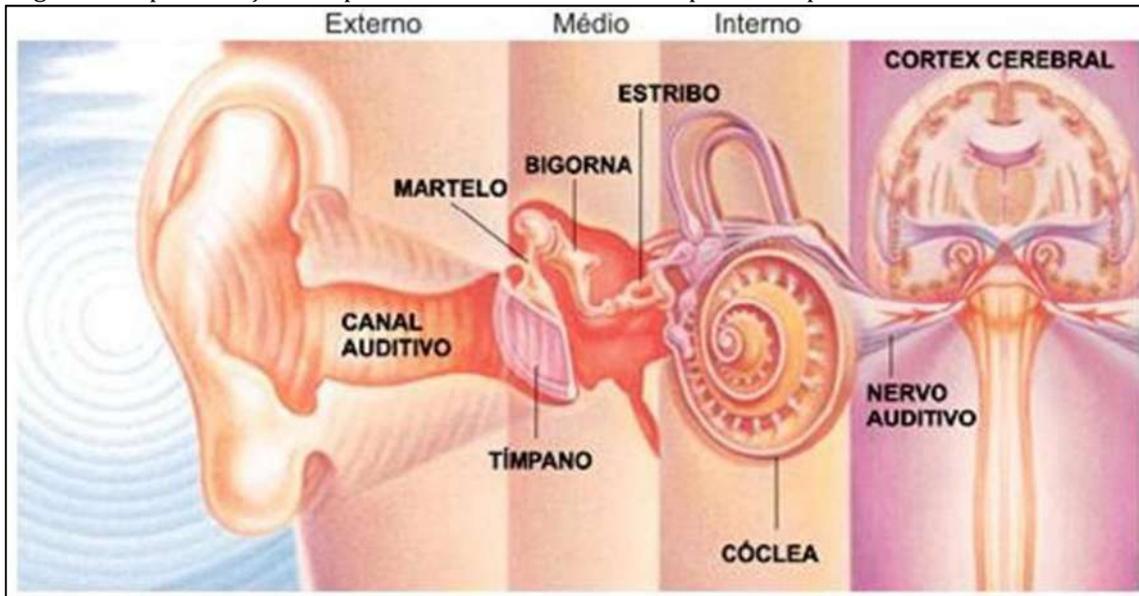
Abaixo, na direita, os pulmões. Setas brancas indicam o fluxo de ar saindo dos pulmões para a cavidade que sobe pela boca e o nariz. Acima das cordas vocais, escrito som.

Como uma experiência rápida o docente pode propor para os alunos colocarem as mãos no pescoço e falarem alguma coisa para perceberem as vibrações das cordas vocais. Quanto ao aluno surdo ou mudo, a proposta da experiência pode ser de que o mesmo posicione as suas mãos no pescoço de um colega de modo que quando este venha a pronunciar alguma palavra seja perceptível ao deficiente que as cordas vocais vibram para produção do som que sai ao falarmos.

O processo de ouvir (Figura 2) do ponto de vista físico ocorre quando as ondas sonoras percorrem através do ar, adentram na orelha externa e atingem a orelha média

ocasionando a vibração do tímpano e então por meio do ouvido médio chegam até ao ouvido interno e finalmente os centros auditivos do cérebro (MOREIRA; VEIT, 2007). Os ouvidos estão sempre ativos, transportando continuamente sons ao longo dessa via auditiva.

Figura 2: Representação do aparelho auditivo humano e os passos do percurso do som até o ouvido



Fonte: https://docplayer.com.br/docs-images/40/14851549/images/page_12.jpg.

Descrição da Figura 2:

Na esquerda, ondulações circulares em azul claro. Em seguida o esquema da seção transversal interna do ouvido (de perfil frontal) com divisões por faixas das camadas mais profundas do aparelho auditivo humano.

Da esquerda para direita: o ouvido externo, com a orelha e o canal auditivo; o ouvido médio, com o tímpano, martelo, bigorna e estribo; o ouvido interno, com a cóclea; e a parte mais interna com o nervo auditivo e o córtex cerebral.

Na sequência com a finalidade de promover a discussão e a interação entre todos os alunos sobre o tema, algumas perguntas norteadoras deverão ser feitas, tais como:

- O que você sabe sobre o Wi-Fi? O que seria o Wi-Fi?
- E sobre o sinal dos celulares, rádios, TVs, controles remotos? O que seria?

Com estes questionamentos, o professor pode instigar os estudantes até que estes cheguem ao termo onda se propagando no ar, por exemplo, que estes compreendam que este é gerado no roteador de Wi-Fi chegando até o aparelho celular ou notebook. De preferência que o termo onda eletromagnética também seja mencionado. O aprofundamento do conceito físico envolvido nos termos utilizados na pergunta pode

ser apresentado após as discussões, conforme descrito a seguir.

A rede Wi-Fi (Figura 3) é uma rede sem fio, onde se pode ter acesso à internet, através do sinal de ondas de rádio que é transmitido por meio de computadores, notebooks, smartphones, TVs, tablets, videogames, receptores de satélite etc., não sendo necessária a utilização de fios conectores. As ondas de rádio são ondas eletromagnéticas utilizadas pelas emissoras de rádio, cuja propagação dessas ondas ocorre por meio de um roteador, no qual recebem os sinais de uma fonte externa que pode ser a rede cabeada, ADSL, via rádio ou 4G, assim os sinais emitidos pelo roteador são capturados por aparelhos com receptores.

Figura 3: Representação do sinal de Wi-Fi em uma residência



Fonte: <https://www.minhaoperadora.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Algar-Wifi.jpg>.

Descrição da Figura 3:

Visão esquemática da configuração de uma casa de dois andares. No canto inferior esquerdo a cozinha; ao lado direito após a divisão da parede, sala de jantar conjugada com sala de TV; e ao fundo centralizado, as escadas para o segundo piso. No canto superior esquerdo, um quarto; ao lado, após a divisão da parede, um corredor central com passagem para escadas que dão no primeiro piso; e ao lado direito, após a divisão da parede, um quarto. O aparelho de Wi-Fi localizado no segundo piso no corredor central. E faixas circulares na cor verde claro, a partir do aparelho de Wi-Fi, concêntricas e de forma crescente.

Nos locais onde as ondas de rádio são utilizadas para a oferta de acesso à internet sem fio, existe um circuito elétrico responsável por ocasionar os deslocamentos dos elétrons na antena emissora. Os elétrons são acelerados emitindo dessa forma as ondas de rádio as quais transportam os dados de informações até a antena receptora. As redes Wi-Fi fornecem internet de forma semelhante, deste modo tem-se um adaptador sem fio para os computadores alcançarem as informações e decodificarem em forma de sinais de rádios, enviados com o auxílio de uma antena. O roteador sem fio realiza a divisão dos sinais da rede optando pelo melhor caminho para enviar as informações. É o que recebe o sinal e o traduz, realizando o envio das informações para a

internet através de uma conexão (com fios) responsável pela interconexão de redes locais (SILVA e SOARES, 2009).

Na sequência após estas explicações, o docente fará o seguinte questionamento em relação às perguntas feitas anteriormente:

- O que essas perguntas em suas respostas têm em comum?

Em ambas as respostas fez-se o uso da palavra onda, o docente neste momento lançará a pergunta principal para dar início de fato à abordagem ao conteúdo sobre ondas.

- O que são ondas?

Essa pergunta é a chave para se abordar o conteúdo propriamente dito da aula. É importante que o docente esteja atento às respostas dadas pelo os alunos para se ter percepções sobre o que cada estudante tem de conhecimento prévio do assunto que será tratado na aula. Juntamente com a turma por meio das respostas dadas, o professor pode construir o conceito de ondas.

- Será que existem vários tipos de ondas?

Nesse momento espera-se construir este conceito através dos exemplos citados nas perguntas anteriores que está diretamente presente no cotidiano dos alunos, podendo voltar aos exemplos mencionados anteriormente e deste modo instigar os estudantes a identificarem pontos em comum nas falas, para atribuir a existência de diferentes tipos de ondas. Assim como o professor pode incentivar os alunos a darem novos exemplos de ondas.

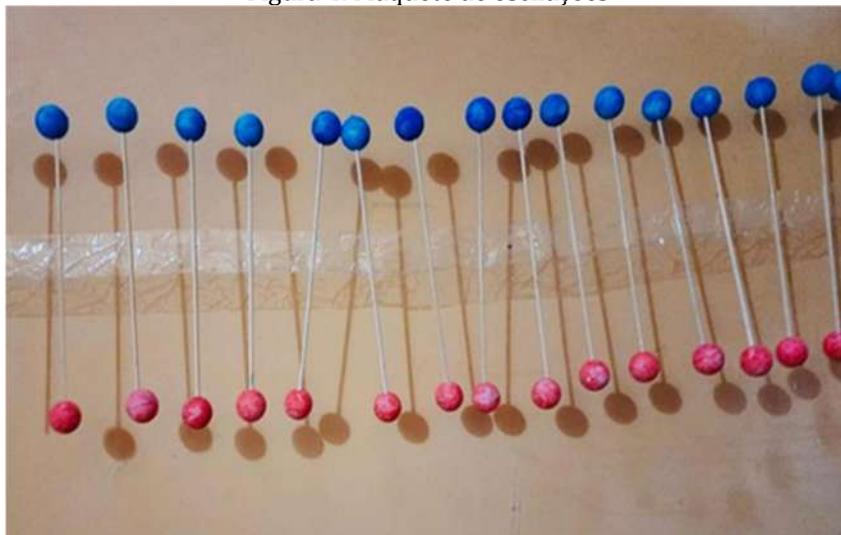
Para o ensino remoto, aconselha-se seguir a sequência dos slides (<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/599556>), alternando entre as perguntas motivadoras, juntamente com a apresentação do conteúdo.

1.1.4 Segundo momento – Conceito de ondas e sua natureza

No segundo momento o conceito de ondas será apresentado. Segundo Fuke, Tadashi e Yamamoto (2007, p. 343), **onda** é toda perturbação que se propaga em um meio. Na propagação apenas é transportada energia, não haverá transporte de matéria. Nesse momento, a fim de incluir os alunos deficientes, visuais e auditivos, e não somente os alunos sem necessidades especiais, elaborou-se a Maquete 1 (Figura 4) para ilustração do fenômeno ondulatório, o qual é um recurso didático para toda turma

visualizar e tocar.

Figura 4: Maquete de oscilações



Fonte: Acervo das autoras, julho 2021.

Descrição da Figura 4:

Da esquerda para direita, uma sequência de 15 palitos de churrasco dispostos verticalmente e ligados horizontalmente por uma fita durex, um ao lado do outro e com espaçamento aproximadamente igual.

Em cada palito de churrasco, uma bolinha de isopor azul na extremidade superior e uma bola de isopor vermelha na extremidade inferior.

Recomenda-se que a maquete esteja posicionada no centro da sala para visualização e acesso por todos os alunos. Inicialmente será conceituada fisicamente a onda, onde os alunos poderão manusear a maquete. Esta tem como objetivo demonstrar o movimento oscilatório e a propriedade de transportar energia, mas não transportar matéria, pois neste caso as bolinhas se movem apenas para cima e para baixo, presas no palito. Vale ressaltar que as bolinhas não pulam de um palito para o outro, pois se isso ocorresse haveria o transporte de matéria.

Para o ensino remoto, opta-se por não utilizar a maquete de oscilações, embora esta possa ser usada por meio de um GIF do movimento oscilatório que a maquete permite. Já para o ensino presencial, recomenda-se que duas pessoas, uma em cada extremidade, segure a maquete e realize movimentos em um dos lados. Ao fazer isso o movimento oscilatório será observado. Em seguida, são apresentadas as formas de classificação das ondas, conforme sua natureza: mecânicas e eletromagnéticas.

Ondas mecânicas: transferem apenas energia mecânica que resultam de

deformações provocadas em meios materiais elásticos (RAMALHO et. al., 2015). Para se propagarem carecem de um meio material, logo, pode-se afirmar que este tipo de onda não se propaga no vácuo. Quando o professor estiver explicando poderá mencionar os exemplos que anteriormente apresentou em sala de aula. Além disso, tem-se a opção do alto falante de uma caixa de som para que os alunos deficientes aproximem a mão do objeto, de modo que poderão sentir a vibração das ondas do som se propagando. Neste momento é importante citar exemplos de ondas mecânicas, como: ondas em cordas, ondas na superfície de um líquido, ondas sonoras, etc.

Ondas eletromagnéticas: resultam de cargas elétricas oscilantes, como elétrons oscilando na antena transmissora de uma estação de rádio ou na TV (RAMALHO et. al., 2015). Essas ondas não necessariamente precisam de um meio material para se propagar, pois podem se disseminar igualmente no vácuo.

Sublinhe-se que quando o professor estiver explicando poderá usar de forma opcional uma lâmpada, de preferência incandescente, sobre a mesa para os alunos deficientes colocarem as mãos nas proximidades do objeto e sentirem o aquecimento produzido, e ao afastarem as mãos dessa posição, perceberem um aquecimento menor. Com isso, o docente pode explicar que a luz é uma onda eletromagnética que se propaga a partir de uma fonte, nesse caso pontual a lâmpada, irradiando em todas as direções no espaço. Deve-se mencionar ainda que embora a sala esteja preenchida por ar e neste caso, a luz ter se difundido no meio material do ar, ela também pode se propagar no vácuo.

Deve-se considerar ainda que poderão ser citados como exemplos de ondas eletromagnéticas: a radiação emitida pelo sol, à luz emitida por uma lanterna, as ondas de rádios, as micro-ondas, os raios X, os raios γ (raios gamas). Nessa parte da aula poderão ser usados os exemplos das imagens já demonstradas para exemplificar qual tipo de onda pertence cada imagem, promovendo a diferenciação entre as ondas mecânicas e as ondas eletromagnéticas.

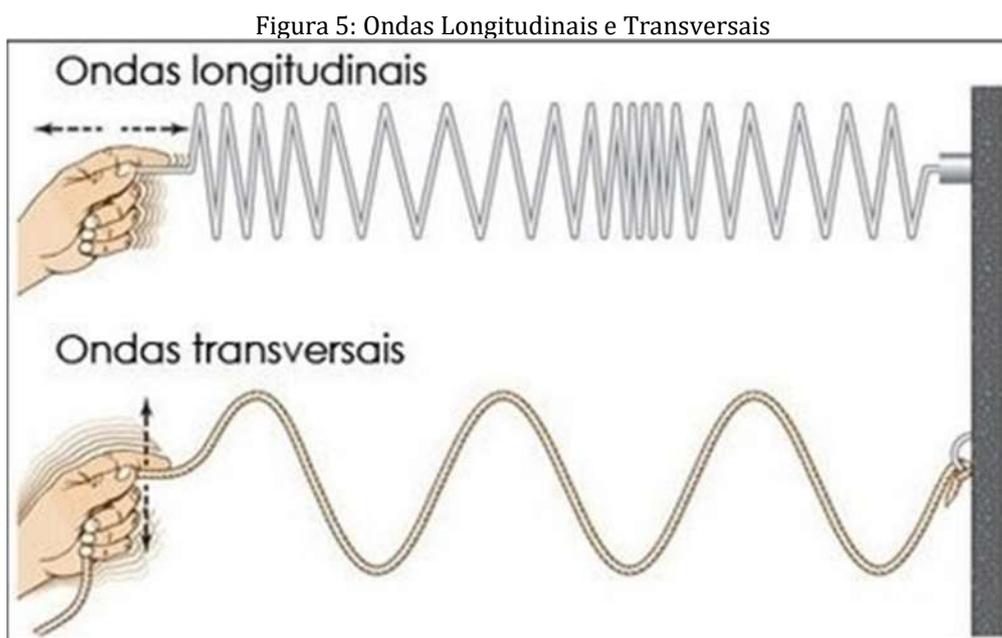
Além disso, pode-se comentar o fato de que em filmes que ocorrem cenas no espaço (onde existe o vácuo) surgem cenas onde a luz (onda eletromagnética) e o som (onda mecânica) se espalham. Neste momento poderá ser proposta uma discussão no sentido de fomentar a participação dos alunos, solicitando que estes comentem sobre algum filme que tenham assistido dentro dessa temática, possibilitando que os alunos

diferenciem o fenômeno fisicamente possível daquele que somente é ficção científica, neste caso a propagação da luz realmente ocorre, enquanto que a do som não.

Ao promover essa discussão, o docente aproximará o tema abordado com o cotidiano dos alunos que apreciam filmes ou séries sobre este tema, lhes fazendo compreender que a Física encontra-se presente em diversas situações. Cumpre evidenciar a relevância de se propiciar um ambiente participativo, pois conforme comprovado pela literatura, em um contexto onde o conteúdo transmitido pelo docente relaciona-se com a vivência do aluno, este assimilará os conhecimentos transmitidos de forma mais significativa, pois poderá correlacionar os novos conceitos estudados em sala de aula a sua realidade. Deste modo, é fundamental que o docente, sempre que possível, incentive a interação e participação do aluno.

Dando sequência a aula, as formas de perturbação no meio que caracterizam as duas formas de classificações para ondas: a longitudinal e a transversal, devem ser inicialmente apresentadas pelo vídeo “Onda transversal e longitudinal com audiodescrição e libras” (<https://www.youtube.com/watch?v=gCE3P2oh1Bw>). Em seguida apresenta-se o conceito conforme exposto abaixo.

As **ondas transversais** são aquelas em que a direção de propagação da onda é perpendicular à direção de vibração. E, denominam-se como **ondas longitudinais** aquelas em que a direção de propagação da onda coincide com a direção de vibração. (RAMALHO, FERRARO e TOLEDO, 2015), conforme a figura 5 exemplifica.



Fonte: <http://www.explicatorium.com/images/cfq-8/ondas-longitudinais-transversais.jpg>

Descrição da Figura 5:

Imagem composta por dois instantes de oscilações, para duas situações físicas de perturbação no meio de origens diferentes. No topo escrito ondas longitudinais. Abaixo, mola esticada na horizontal. Na extremidade esquerda uma mão segura à mola, acima a indicação de uma seta apontando para esquerda e direita. No lado direito da mão, linhas contornando os dedos indicam movimentos para lateral. Na extremidade direita da mola, um suporte cinza por onde ela está presa. A mola é representada por desenho de zig zag com espaçamentos distintos, próximo à mão (na extremidade esquerda) e um pouco depois do centro, o zig zag mais encolhido. E no restante da mola, o zig zag mais espaçado.

Abaixo escrito ondas transversais. Abaixo, corda disposta na horizontal com uma ondulação para cima e uma para baixo, e mais duas sequência desta repetida, da esquerda para direita. Na extremidade esquerda uma mão segura à mola, acima a indicação de uma seta apontando para cima e para baixo. Em cima e em baixo da mão, linhas contornando os dedos indicam movimentos para cima e para baixo. Na extremidade direita da corda, um suporte cinza por onde ela está presa.

Neste momento a maquete de oscilações pode ser utilizada para demonstrar a classificação da onda quanto à direção de vibração, neste caso, a onda transversal, onde as vibrações são perpendiculares à direção de propagação da onda.

O docente também poderá utilizar uma Mola Maluca, brinquedo com propriedades de se esticar e comprimir (Figura 6), para exemplificar essas duas classificações das ondas quanto à relação entre a vibração e a direção da propagação (longitudinal e transversal). Para isso, dois estudantes podem fazer uma rápida experiência de demonstração por meio de duas propostas simples conforme as demonstradas no vídeo supracitado.

Figura 6: Mola Maluca



Fonte: Acervo das autoras, julho de 2021.

Descrição da Figura 6:

Imagem da vista superior de uma mola maluca de cor azul, esticada na horizontal, sobre uma superfície verde escura. A extremidade esquerda solta e a extremidade direita presa numa superfície vertical preta.

A primeira proposta de atividade com a Mola Maluca requer a participação no mínimo dois estudantes, os quais devem segurar as extremidades da mola esticadas sobre uma superfície plana, e um deles deve provocar uma perturbação em uma das extremidades da mola esticada, conforme exemplificado na primeira parte do vídeo. Por meio da atividade será possível verificar a propagação e a vibração ocorrendo na mesma direção. No concernente a um estudante com Deficiência Visual ou Deficiência Auditiva, este poderá tocar levemente na mola em movimento para sentir a vibração e a propagação da onda.

Para a segunda proposta, o docente poderá convidar outra dupla de alunos, os quais devem proceder da mesma forma que na primeira atividade, todavia desta vez um dos estudantes deve provocar uma perturbação na direção perpendicular à mola esticada, conforme exemplificado na segunda parte do vídeo. Neste caso a vibração ocorre em direção perpendicular à propagação da onda. Esta segunda demonstração também pode ser executada substituindo a mola por uma corda.

O final da aula deve ser reservado para se trabalhar as classificações da onda considerando a direção de propagação de energia conforme exposto a seguir:

- **Unidimensionais:** que se propagam em apenas uma direção, como as ondas em cordas e molas esticadas;
- **Bidimensionais:** são aquelas que se propagam por uma superfície, como as águas em um lago quando se joga uma pedra;
- **Tridimensionais:** são capazes de se propagar em todas as dimensões, como por exemplo, a luz e o som.

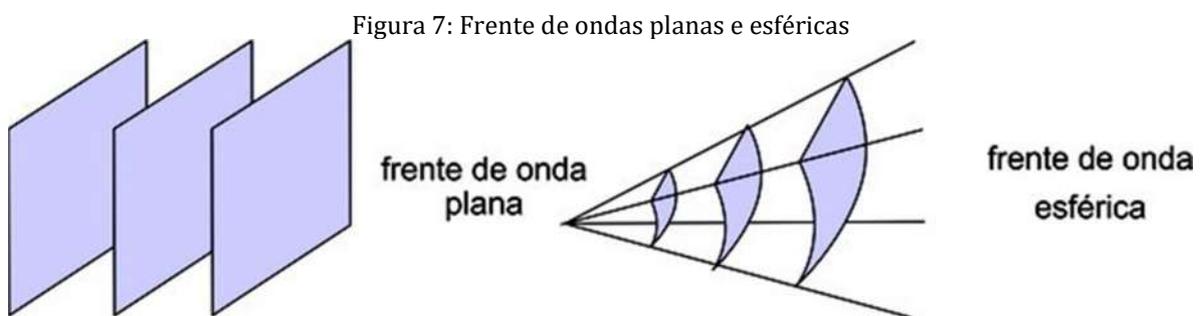
Vale pontuar que para cada classificação quanto à direção de propagação, o professor poderá exemplificar aspectos por meio dos recursos didáticos mencionados a seguir. Para a onda unidimensional pode ser usado a Mola Maluca e a corda; onde um estudante com deficiência visual ou auditiva poderá tocar levemente o objetivo sentindo a vibração do pulso se propagando unidimensional. Quanto aos demais alunos estes poderão visualizar e tocar o pulso se propagando em uma só direção e também, visualizar a energia se propagando no brinquedo. Convém destacar que a energia se propaga, mas a matéria não; cada parte da mola vibra, mas permanece após o movimento no mesmo lugar. Assim, como as bolinhas de isopor da maquete de oscilações se movimentam para cima e para baixo, mas permanecem presas no palito no

mesmo lugar.

Para a explicação da onda bidimensional será citado o exemplo de propagação de onda, observado quando em um lago joga-se uma pedra e ao redor do ponto onde a pedra bate formam-se as ondas e estas se propagam em círculos menores inicialmente e vão aumentando conforme se afasta do ponto onde esta caiu. O docente ainda pode levar uma bacia e encher de água e jogar alguma pedra ou até mesmo fazer um leve toque sobre a água para os alunos perceberem a movimentação na superfície do líquido.

Para a onda tridimensional, a proposta é levar uma caixa de som portátil e uma lâmpada incandescente para a sala de aula, sendo que os alunos poderão ouvir e sentir a vibração do som com as mãos nas proximidades da caixa de som e ao posicioná-las um pouco mais afastadas da caixa, sentir uma vibração menor; bem como “sentir o calor” ao colocar as mãos nas proximidades da lâmpada e ao posicioná-las mais afastadas da lâmpada “senti-lo” com menor intensidade.

Para finalizar, o docente pode ilustrar a propagação dessas ondas conforme mostra a figura 7, onde estão exemplificadas as frentes de ondas que se movem nas três direções, para ondas planas e esféricas.



Fonte: http://s2.glbimg.com/e5iI7zVLNvW9nmwZpPjPjXnskbFQ=/0x0:1862x441/620x147/s.glbimg.com/po/ek/f/original/2013/11/01/fig_2_redesenhada.jpg

Descrição da Figura 7:

Duas situações de frente de ondas representadas. Na esquerda: três retângulos azuis na vertical, dispostos na diagonal e igualmente espaçados, ao lado escrito “frente de onda plana”. Na direita: partem de um ponto, quatro retas que se abrem no formato de uma pirâmide deitada e três retângulos azuis curvados, com suas pontas tocando as quatro retas, dispostas de forma igualmente espaçadas e a concavidade voltada para origem das retas. Ao lado escrito “frente de onda esférica”.

Neste ponto, se finda a primeira etapa da Sequência Didática, sendo esta retomada em um segundo encontro, o qual será descrito a seguir.

1.2 SEGUNDO ENCONTRO – 2ª ETAPA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

1.2.1 Duração

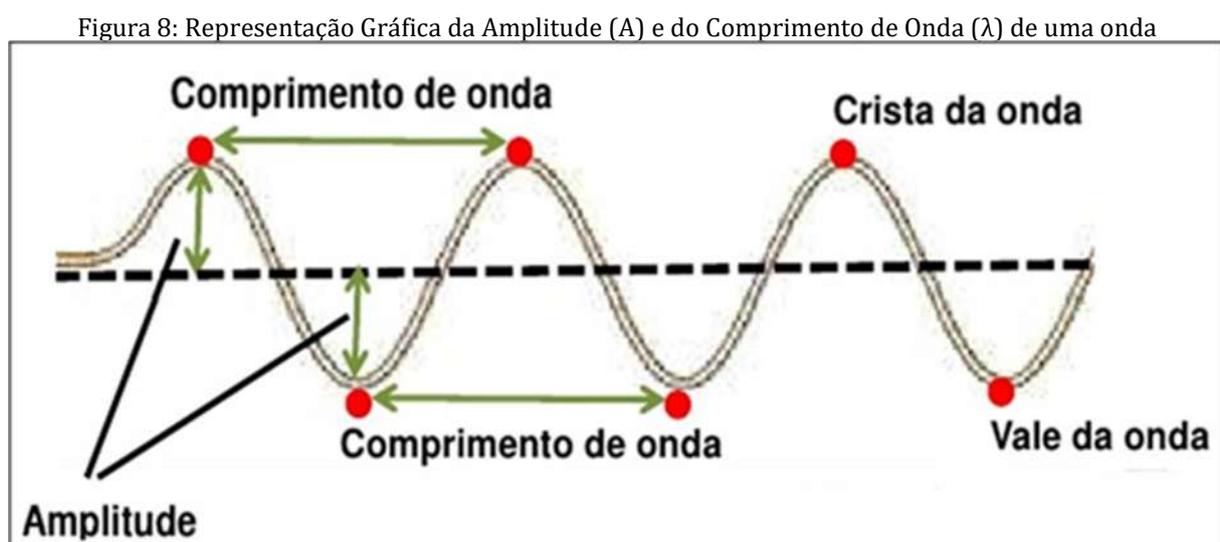
100 minutos

1.2.2 Objetivo da aula

- Apresentar as grandezas: Comprimento de onda (λ), Amplitude (A), Frequência (f), Período (T), Velocidade (v);
- Descrever a Função de onda;
- Apresentar os conceitos básicos sobre os fenômenos ondulatórios: Reflexão e Refração.
-

1.2.3 Primeiro momento – Conceituar as grandezas relacionadas às ondas

Inicialmente, a imagem em alto-relevo e com audiodescrição (Figura 8) será usada para discorrer acerca das partes que compõem a onda sendo elas a crista da onda e o vale da onda; sendo posteriormente as grandezas identificadas nas ondas tais como: **Comprimento de onda (λ)**, **Amplitude (A)**, **Frequência (f)**, **Período (T)**, **Velocidade (v)**; as quais têm relação com a **equação fundamental das ondas**, sendo que a seguir serão descritas tais grandezas, as quais devem ser transmitidas aos alunos utilizando as imagens (HALLIDAY, 2008).



Fonte: Adaptada de <https://image.slidesharecdn.com/ondassite-110827100007-phpapp01/95/ondas-site-5-728.jpg?cb=1314439900>.

Descrição da Figura 8:

Imagem de um instante da oscilação de uma onda, numa corda cinza. Da esquerda para direita, sequencialmente na horizontal: um pico de oscilação para cima e um para baixo, ao lado duas repetições. Uma reta horizontal tracejada preta cruza a linha central da oscilação. Nos três pontos mais altos da oscilação, um ponto vermelho; e no terceiro, escrito acima “Crista da onda”. Nos três pontos mais baixos da oscilação, um ponto vermelho; e no terceiro, escrito abaixo “Vale da onda”.

Uma seta verde na vertical da linha central até a primeira crista e outra seta verde na vertical da linha central até o primeiro vale, com a indicação escrita “Amplitude”. Uma seta verde na horizontal da primeira até a segunda crista, acima escrito “Comprimento de onda”. Outra seta verde na horizontal do primeiro até o segundo vale, abaixo escrito “Comprimento de onda”.

Neste momento serão inseridos os conceitos abaixo descritos:

A **Amplitude (A)** é o deslocamento máximo em relação à posição de equilíbrio e uma crista de uma onda, ou ainda, a distância de um vale, conforme exposto pela figura 8. Quanto maior a amplitude de uma onda, mais energia ela transportará, ou seja, amplitude está diretamente relacionada ao transporte de energia.

O **Comprimento de onda (λ)** é representado pela letra grega λ (lambda), sendo esta a distância entre duas partes idênticas e consecutivas de uma onda, que se encontram na mesma posição. Na Figura 8, tem-se o caso da onda transversal. Para onda longitudinal, o comprimento de onda λ para o caso mostrado na Figura 5 (parte de cima), por exemplo, é nessa situação a distância entre os centros de compressões ou de duas rarefações consecutivas.

O **Período (T)** é o tempo de duração de uma oscilação completa, isso quer dizer que em um comprimento de onda, teremos o que se denomina período, que ocorrerá em um intervalo de tempo específico, por exemplo, o período em que a Terra realizar uma volta completa em torno do Sol é denominado ano, ou seja, 365 dias, esse movimento tem o nome de Translação. Outro exemplo poderia ser o movimento de rotação da Terra em torno de si mesma, o período para ocorrer esse giro é de 24 horas. A unidade do período (T) no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o segundo (s), mas pode ser medido em outras unidades tais como: minutos, horas, dias, anos, etc. Em uma onda onde o período é 3 segundos, significa que a cada 3 s, uma crista passará por um mesmo ponto da onda, quanto maior o período menos ondas completas passará pelo o mesmo ponto em certo período de tempo, e quando menor o período mais ondas passarão por um mesmo ponto da onda em um intervalo de tempo.

Logo o período (T) pode ser expresso pela Eq. (1):

$$T = \frac{\Delta t}{n}$$

Eq. 1

Onde **n** é o número de repetições do movimento em um determinado intervalo de tempo (**Δt**). Sabe-se que o período, encontra-se relacionado com outra grandeza, chamada de frequência (**f**), a qual corresponde ao número de repetições do movimento (**n**) em um determinado intervalo de tempo (**Δt**), conforme a Eq. (2):

$$f = \frac{n}{\Delta t}$$

Eq. 2

Logo, pode-se reescrever o período como sendo o inverso da frequência, assim, tem-se que o período, Eq. (3):

$$T = \frac{1}{f}$$

Eq. 3

Neste momento o docente pode solicitar aos alunos a citarem exemplos de situações cotidianas onde são observados movimentos periódicos, indicando qual o período correspondente, como por exemplo: o tempo em que os ponteiros do relógio demoram a completar uma volta integral, neste caso, o das horas, minutos e segundos, têm respectivamente o período de 12 h, 1 h, e 1 min.

A **Frequência (f)** é uma grandeza escalar correspondente ao número de vezes em que uma onda se repete por unidade de tempo. Por exemplo, na figura 8 é observada a realização de três ciclos. Isso significa que a onda repete-se três vezes durante um segundo, logo a frequência correspondente é de 3 Hz (Hertz). Quanto mais veloz o movimento que ocasione uma onda, maior será a frequência da onda. No Sistema Internacional, a frequência será medida em Hertz (Hz), pois é mensurada em ciclos completos por 1 segundo. Lembre-se que a frequência de uma onda depende apenas da fonte que a emite.

Convém registrar que a Frequência (**f**) e o Período (**T**) são grandezas inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior a frequência de uma onda, menor o seu período (e vice-versa), conforme a Eq. 4.

$$f = \frac{1}{T}$$

Eq. 1

A Velocidade (v) de propagação de uma onda é a agilidade com que a onda se propaga em um meio específico, e está relacionada à distância percorrida por intervalo de tempo, sendo calculada pelo deslocamento em um determinado tempo, então o deslocamento em uma onda será o comprimento de onda λ por tempo. Neste caso o período **T**. Logo a velocidade em uma onda é calculada pela expressão (Eq. 5):

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Eq. 5

As unidades para cada grandeza envolvida, conforme o Sistema Internacional de Unidades (SI) são:

λ = comprimento de onda em metro (m)

v = frequência em Hertz (Hz)

T = período em segundos (s)

Pode-se reescrever a Eq. (5), substituindo o período da Eq. (3), obtendo assim a **Equação Fundamental da Onda** Eq. (6):

$$v = \lambda \cdot f$$

Eq. 6

O professor ao final pode propor questões de situações problemas para os alunos calcularem as grandezas relacionadas às ondas, tais como: período (T), frequência (f), amplitude (A) comprimento de onda (λ) e velocidade da onda (v).

1.2.4 Segundo momento – Resolução de Situações Problema

No segundo momento será proposta a separação da turma em 5 equipes, onde serão distribuídas situações-problema (Quadro 2) que envolvam as grandezas, correlacionando dessa forma o que foi exposto na teoria com a prática. Tais problemas podem variar desde conceitos a cálculos, onde o estudante terá que encontrar alguma grandeza especificamente, onde será estipulado um tempo para cada equipe solucionar a questão proposta e, em seguida a equipe usará a criatividade para apresentar como resolveu a mesma, além de explicar a grandeza procurada, citando um exemplo do cotidiano. Para o ensino remoto, sugere-se que esta etapa não seja realizada, ou se for o

caso adaptada para a realidade da turma. No caso de não ser realizada a atividade proposta no ensino remoto, os slides em anexo sugerem uma questão como exemplo para substituição desta atividade.

A apresentação das equipes funcionará como uma breve revisão elaborada por cada grupo, onde o professor propor algumas sugestões para a apresentação, tais como o uso do quadro e dos recursos utilizados durante a aula; de forma a tornar os alunos participantes, possibilitando que a aula ocorra de forma dinâmica e interativa, pois deste modo o aluno assumirá uma postura proativa, se envolvendo e demonstrando interesse para a execução das atividades propostas.

No concernente aos estudantes com deficiência visual e/ou auditiva estes deverão compor as equipes, juntamente com as professoras mediadoras. É de suma importância que o docente saliente a importância do trabalho em equipe, sugerindo que os demais discentes ouçam as sugestões dos estudantes com deficiência e que ofereçam auxílio aos mesmos para que estes também possam participar das atividades.

Quadro 2: Perguntas sobre as grandezas relacionadas à onda

| Equipe | Grandeza para ser explicadas | Pergunta | Resposta |
|--------|---|--|---|
| 1 | Comprimento de onda (λ) | Calcule o comprimento de onda de uma onda cuja frequência é 60 Hz e se propaga com velocidade de 3 m/s? | $\lambda = 0,05 \text{ m}$ |
| 2 | Velocidade (v) e a Equação fundamental das ondas | Calcule a velocidade de propagação de uma onda de comprimento de onda igual a $2 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ e $1,5 \cdot 10^{17} \text{ Hz}$ de frequência. | $v = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ |
| 3 | Frequência (f) e Período (T) | Um objeto flutuando na água é atingido por 60 pulsos a cada 30 s. Determine (a) a sua frequência em Hz; e (b) o seu período em segundos. | a) $f = 2 \text{ Hz}$; b) $T = 0,5 \text{ s}$ |
| 4 | Amplitude (A) | A corrente alternada das redes de eletricidade europeias oscila com frequência de 50 ciclos por segundos. Calcule o período dessa corrente. | $T = 2 \cdot 10^{-2} \text{ s}$ |
| 5 | As relações entre: Comprimento de onda (λ), Amplitude (A), Frequência (f), Período (T) e Velocidade (v) | Descreva as grandezas: Período (T), Frequência (f), Amplitude (A), Comprimento de onda (λ) e Velocidade da onda (v), relacionadas à onda, citando exemplos do cotidiano. | Explicar as grandezas. |

Fonte: Adaptado de <http://www.professormario.com.br/textos/listas/2EM-exercicios-ondas.pdf>.

Essa proposta visa instigar o estudante para aguçar o seu pensamento, a sua criatividade, lhe permitindo refletir sobre os conteúdos expostos pela docente. É de conhecimento geral, quando o aluno consegue expressar e interpretar as situações-

problema, ou até mesmo correlacionar estes assuntos com o cotidiano, realizando comparações com situações diferentes, temas que inicialmente lhe era abstrato, pode passar a ser algo mais palpável. Deste modo, é fundamental que o professor incentive a participação nas aulas, provoque a citação de situações onde os conceitos estudados aparecem no cotidiano, bem como o uso de analogias para promover aos alunos momentos para reflexão sobre o tema abordado em sala de aula.

1.2.5 Terceiro momento – Reflexão e Refração

O docente discorrerá sobre os fenômenos ondulatórios de Reflexão e Refração. Para isso, serão utilizadas as imagens dos fenômenos ampliadas e adaptadas em alto relevo e com audiodescrição.

Reflexão

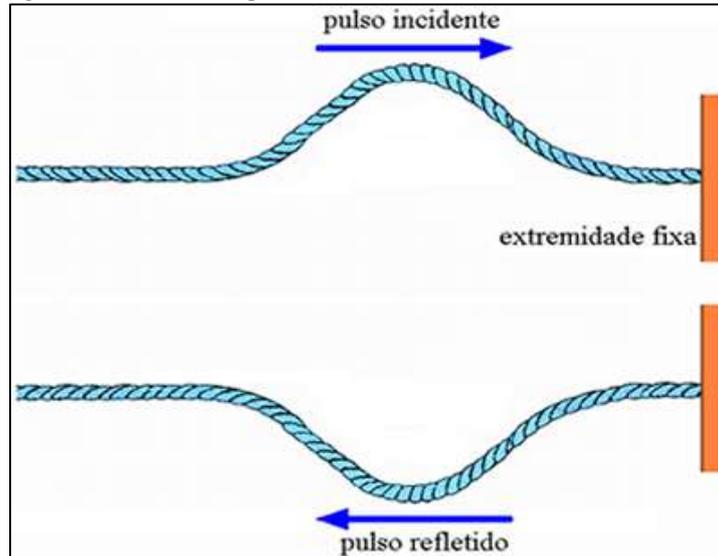
Para iniciar-se essa parte do conteúdo pode-se “lançar” algumas suposições e questionamentos aos estudantes, tais como: considerem agora uma corda estendida horizontalmente sob uma superfície, na qual é ocasionada por um pulso por uma pessoa que segura uma das extremidades, o que ocorre quando o pulso conseguir alcançar a outra extremidade da corda? Quando a corda chega ao fim da sua extremidade, o que acontece com o pulso gerado?

No primeiro questionamento espera-se que todos os alunos contribuam de forma a elaborar as próprias hipóteses e que ainda, possam observar que conforme a onda (pulso) se propaga, acontece uma deformação elástica na corda, e em seguida volta à posição inicial, sendo que essa deformidade relaciona-se a uma energia potencial, logo, pode-se concluir que a propagação da onda corresponde à energia potencial proporcionada inicialmente no pulso a corda. Sabe-se que segundo o princípio da conservação de energia mecânica, nenhuma energia pode simplesmente sumir ao alcançar a outra extremidade da corda. Ao executar uma perturbação na corda, o pulso ao atingir o final da corda retornará ao ponto inicial, sendo assim **refletido** (GASPAR, 2013).

O fenômeno chamado reflexão é natural de todo tipo de propagação ondulatória, quando esta incide sobre algum obstáculo propagando-se retornando ao meio original da fonte, podendo ocorrer tanto em extremidades de cordas fixas quanto em móveis,

conforme as figuras 9 e 10, respectivamente, onde a onda refletida continua com as características da onda incidente.

Figura 9: Reflexão do pulso em uma corda com extremidade fixa.

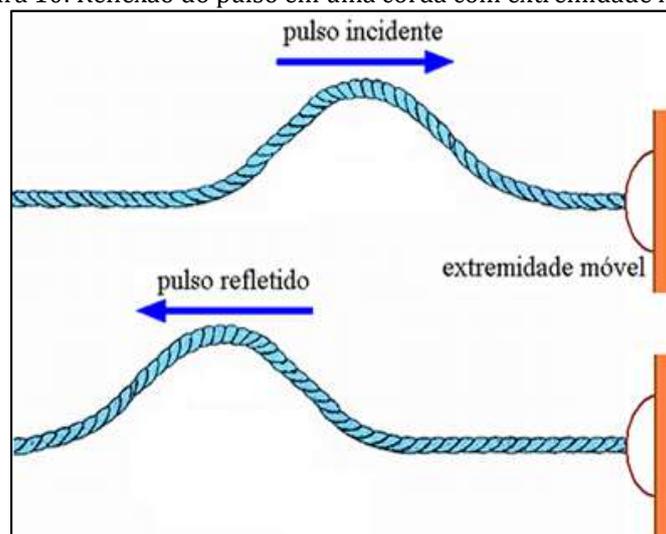


Fonte: <https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/be/conteudo/images/reflexao-sem-inversao-de-fases.jpg>.

Descrição da Figura 9:

Imagem de uma corda azul esticada na horizontal, com um pulso incidente (uma ondulação para cima) se movendo da extremidade esquerda para a direita, onde está presa numa base fixa laranja. Uma seta azul escura direcionada para direita, acima do pulso, indica a direção da propagação do pulso incidente. Abaixo, a imagem da corda azul esticada na horizontal, com um pulso refletido (uma ondulação para baixo) se movendo da extremidade direita para a esquerda, após ter passado pela base fixa laranja. Uma seta azul escura direcionada para esquerda, abaixo do pulso, indica a direção da propagação do pulso refletido.

Figura 10: Reflexão do pulso em uma corda com extremidade móvel.



Fonte:

<https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/be/conteudo/images/ffe9f7e566a51a55c18a0983f3bdaeed.jpg>.

Descrição da Figura 10:

Imagem de uma corda azul esticada na horizontal, com um pulso incidente (uma ondulação para cima) se movendo da extremidade esquerda para a direita, onde está presa por uma argola numa base móvel laranja. Uma seta azul escura direcionada para direita, acima do pulso, indica a direção da propagação do pulso incidente.

Abaixo, a imagem da corda azul esticada na horizontal, com um pulso refletido (uma ondulação para cima) se movendo da extremidade direita para a esquerda, após ter passado pela base móvel laranja. Uma seta azul escura direcionada para esquerda, acima do pulso, indica a direção da propagação do pulso refletido.

Apesar, deste fenômeno ser característico à qualquer pulso propagado, sejam ondas luminosas ou sonoras, a reflexão tem algumas especificações para cada modelo ondulatório. Vale ressaltar que se optou por não abordar o processo de reflexão e refração da luz ao passar por uma interface entre dois meios.

A reflexão pode ser com ou sem inversão de fase, isso dependerá se a extremidade da corda se encontrar solta ou presa. Considerando a extremidade da corda fixa, a perturbação exercida sobre a corda voltará invertida, isso acontece devido ao princípio de ação e reação, sendo exercida uma força pelo suporte de reação no sentido contrário, ou seja, para baixo, conforme demonstrado na figura 9, nessa situação, afirma-se que o pulso sofreu uma **reflexão com inversão de fase**, inversão esta ocasionada pela força provocada na corda, a qual faz com que a onda ao atingir a extremidade fixa, onde a crista está voltada para cima; ao refletir-se, volta-se para baixo.

Caso a extremidade esteja solta, o pulso não será invertido, conforme demonstrado na figura 10, na qual se pode visualizar a extremidade da corda conectada a um anel que se move livremente no eixo vertical sem atrito. Quando a onda alcança o anel, a corda se mexe para cima até que toda a energia cinética converta-se em energia potencial elástica. Com isso ao movimentar-se para baixo, a ponta da corda envia uma onda no sentido oposto, exatamente idêntico ao pulso incidente, nesse caso o pulso sofreu uma **reflexão sem inversão de fase**.

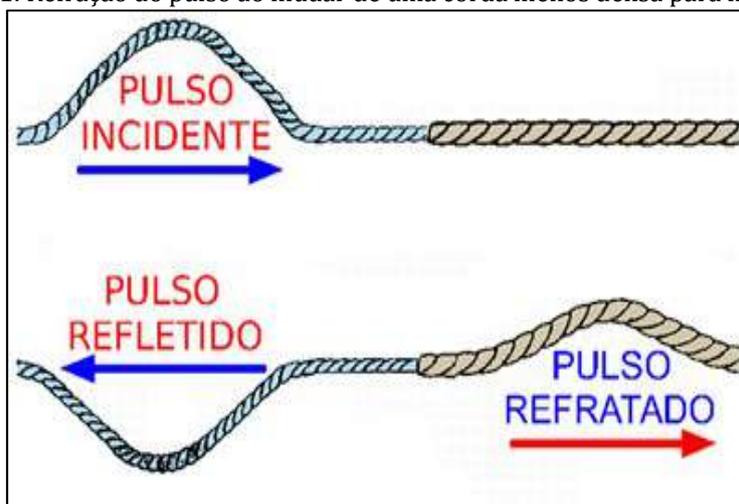
Vale esclarecer que não importa se o meio é uni, bi ou tridimensional, na reflexão das ondas, as ondas incidentes e refletidas tem sempre a mesma velocidade de propagação V (o meio é o mesmo), a mesma frequência f (a fonte é a mesma) e consequentemente o mesmo comprimento de onda λ , pois $V = \lambda \cdot f$.

Refração

Para iniciar este tema, o docente poderá levantar alguns questionamentos com base na seguinte situação: considerando duas cordas que estão ligadas, sendo estas formadas por materiais diferentes (Figura 11 e 12), nas quais um deles tem densidade linear reduzida, ou seja, com pequena massa por unidade de comprimento e a outra tem uma densidade superior, ou seja, com grande massa por unidade de comprimento (RAMALHO, GILBERTO e TOLEDO, 2015), ao ocasionar um pulso na corda de densidades diferentes, o que ocorre quando o pulso atinge o ponto de ligação de uma corda para outra?

Através desta situação-problema, o professor pode incentivar seus alunos a formularem possíveis hipóteses de tais situações. Espera-se que os discentes cheguem à formulação conceitual de **refração**, fenômeno no qual ocorre a passagem de um pulso para outra corda, de densidades lineares distintas (Figura 11 e 12).

Figura 11: Refração do pulso ao mudar de uma corda menos densa para mais densa



Fonte: https://static.preparaenem.com/conteudo_legenda/7ee028f25caa2f2e619a519cc7b1f361.jpg.

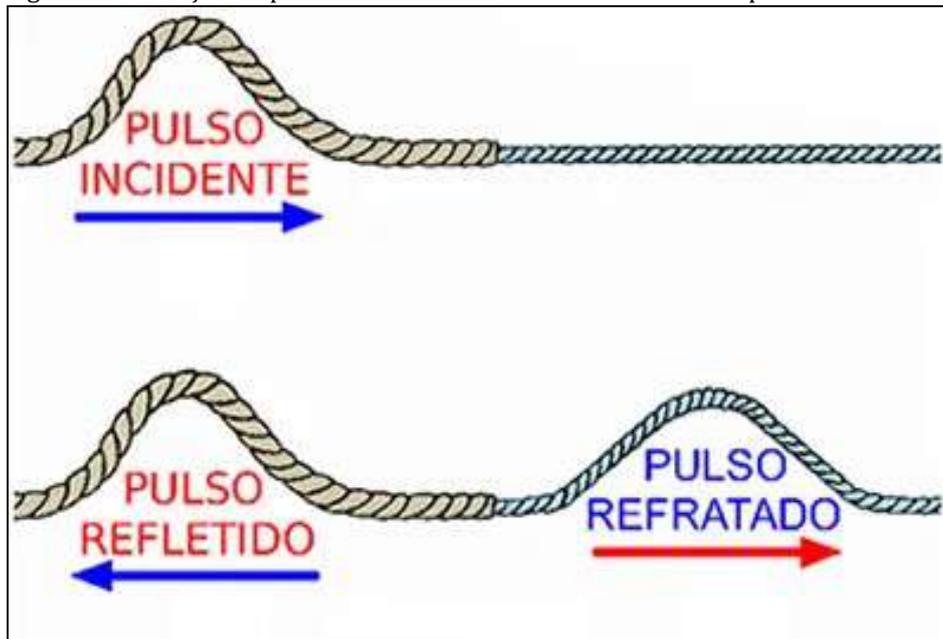
Descrição da Figura 11:

Disposta na horizontal, a imagem de uma corda fina (menos densa) com um pulso incidente (uma ondulação para cima) se movendo da esquerda para a intercessão com uma corda mais grossa (mais densa). Uma seta azul escura direcionada para direita, abaixo do pulso, indica a direção da propagação do pulso incidente.

Abaixo, disposta na horizontal, a imagem de um pulso refletido (uma ondulação para baixo) na corda fina, se movendo do ponto de intercessão para esquerda. E um pulso refratado (uma leve ondulação para cima) na corda grossa, se movendo do ponto de intercessão para direita.

Uma seta azul escura direcionada para esquerda, acima do pulso refletido, indica sua direção da propagação. E uma seta vermelha direcionada para direita, abaixo do pulso refratado, indica sua direção da propagação.

Figura 22: Refração do pulso ao mudar de uma corda mais densa para menos densa



Fonte: <https://static.preparaenem.com/conteudo/images/pulso-refratado.jpg>.

Descrição da Figura 12:

Disposta na horizontal, a imagem de uma corda mais grossa (mais densa) com um pulso incidente (uma ondulação para cima) se movendo da esquerda para a intercessão com uma corda fina (menos densa). Uma seta azul escura direcionada para direita, abaixo do pulso, indica a direção da propagação do pulso incidente.

Abaixo, a imagem de um pulso refletido (uma ondulação para cima) na corda grossa, se movendo do ponto de intercessão para esquerda. E um pulso refratado (uma ondulação para cima) na corda fina, se movendo do ponto de intercessão para direita.

Uma seta azul escura direcionada para esquerda, abaixo do pulso refletido, indica sua direção da propagação. Uma seta vermelha direcionada para direita, abaixo do pulso refratado, indica sua direção da propagação.

A refração estará sempre junto a reflexão no ponto de conexão das cordas, movimentando-se em sentido contrário (FUKE et. al., 2007). Para a compreensão da refração faz-se necessário entender o significado de densidade linear (μ), a qual como anteriormente mencionada, trata-se da massa (m) por unidade de comprimento (L), sendo que a unidade no SI é dada em quilograma por metro (kg/m), conforme a expressão a seguir (Eq. 7):

$$\mu = \frac{m}{L}$$

Eq. 7

Quando a primeira **corda** tem uma densidade linear menor que a outra na qual está ligada, figura 11, o pulso refletido terá sua fase invertida em relação ao pulso

incidente, pois a corda de densidade linear maior se comporta como uma extremidade fixa. Assim, a energia da onda incidida é dividida entre o pulso refletido e o pulso refratado. Como as cordas são submetidas à mesma força de tração, a **onda propaga-se com menor velocidade** na corda de maior densidade linear (GASPAR, 2013).

Agora, supondo que o caso seja diferente, se as ordens das cordas fossem trocadas, conforme exposto na figura 12, a primeira corda sendo a de maior densidade linear, o pulso refletido não sofreria inversão, pois o pulso incidente encontraria uma corda menos densa, e essa por sua vez, se comportaria como uma extremidade livre. Assim a inércia da corda de menor densidade linear permitiria que o pulso acompanhasse de imediato, os movimentos da corda de maior densidade linear. Neste caso, a velocidade do pulso é maior na corda de menor densidade linear, pois a velocidade (v) de propagação do pulso na corda depende apenas da intensidade da força de tração (T) e a densidade linear (μ) da corda sendo dada pela Eq. 8:

$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Eq. 8

As unidades para cada grandeza envolvida são:

V = velocidade [m/s]

T = força de tração [N]

μ = densidade linear [kg/m]

Quanto maior a intensidade da força de tração na corda, ou seja, quanto mais esticada a corda estiver, maior será a velocidade de propagação do pulso, porém quanto maior a densidade linear da corda, menor será a velocidade de propagação na corda. Portanto, a velocidade e a tração são diretamente proporcionais (aumentam ou diminuem na mesma proporção), por outro lado, a velocidade é inversamente proporcional à densidade linear da corda (se uma grandeza aumenta, a outra diminui). Neste ponto, se finda a segunda etapa da Sequência Didática, sendo esta retomada em um segundo encontro, o qual será descrito a seguir.

1.3 TERCEIRO ENCONTRO – 3ª ETAPA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

1.3.1 Duração

100 minutos

1.3.2 Objetivo da aula:

- Apresentar os fenômenos ondulatórios: Difração; Interferência e Polarização.
- Aplicar o Quiz e a Roda de Conversa.
-

1.3.3 Primeiro momento – Difração; Interferência e Polarização

O docente discorrerá sobre os fenômenos ondulatórios de Difração; Interferência e Polarização. Para isso, serão utilizadas as imagens dos fenômenos ampliadas e adaptadas em alto relevo e com audiodescrição.

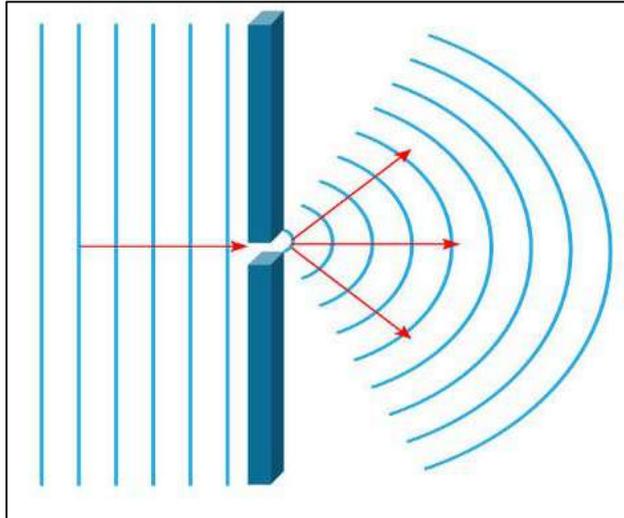
Difração

Para discorrer acerca do fenômeno de difração, o docente iniciará aula propondo uma discussão a partir dos seguintes questionamentos:

- Como podemos ouvir as pessoas conversando em ambientes diferentes ao que você está?
- Por exemplo, suponha que está no quarto e sua mãe na sala lhe chamando para o jantar. Você pode ouvir pessoas conversando atrás de portas, muro, mas não pode vê-las, por quê?

Em seguida explicar que ambas as perguntas estão relacionadas, pois sabe-se que tanto o som como a luz são ondas, porém ondas de natureza distintas. O motivo pelo qual o som pode ser escutado do outro lado do muro, ou do quarto está relacionado à capacidade da onda de contornar objetos, sendo que este fenômeno recebe o nome de **difração** (Figura 13), e acontece com todos os tipos de ondas, porém por qual motivo a luz sendo onda não sofre difração no muro?

Figura 13: Representação do fenômeno de difração



Fonte: <https://s5.static.brasi Escola.uol.com.br/img/2017/09/difracao-fenda-pequena.jpg>.

Descrição da Figura 13:

Da esquerda para direita: Linhas azuis na vertical, igualmente espaçadas; Faixa grossa azul escura na vertical (representa uma barreira) com um espaço pequeno no meio (representa uma fenda); Linhas azuis circulares igualmente espaçadas, crescentes a partir da fenda.

Uma seta vermelha na esquerda da fenda, apontando para fenda, indica a direção de propagação da onda incidente.

Três setas vermelhas à direita da fenda: a primeira apontando para o nordeste, a segunda para o leste e a terceira para o sudeste; indicam a direção de propagação das ondas circulares.

A capacidade da onda de contornar um orifício/obstáculo está relacionada ao comprimento da onda em relação ao tamanho do orifício/obstáculo. Neste caso, a resposta para a situação anterior deve levar em consideração as dimensões do muro e os comprimentos das ondas sonoras. Sublinhe-se que o muro tem dimensões comparáveis ao comprimento de onda sonora, agora a luz tem comprimentos menores, por isso que geralmente somente consegue se notar a ocorrência de difração, quando o comprimento médio de onda da luz é da ordem de 0,0005 mm. Normalmente não se tem objetos com essas dimensões, deste modo vale ressaltar que a luz sofrerá difração desde que o obstáculo tenha comprimentos de onda bastante pequenos de ordem 10^{-7} m (HALLIDAY, 2008).

Dado o exposto, para que ocorra difração, é necessário que o tamanho da fenda ou obstáculo seja comparável ao comprimento de onda, ou seja, à distância entre as duas cristas ou vales da onda incidente. Porém, se o comprimento do obstáculo for muito maior que o comprimento de onda, não ocorrerá difração. Considerando tais

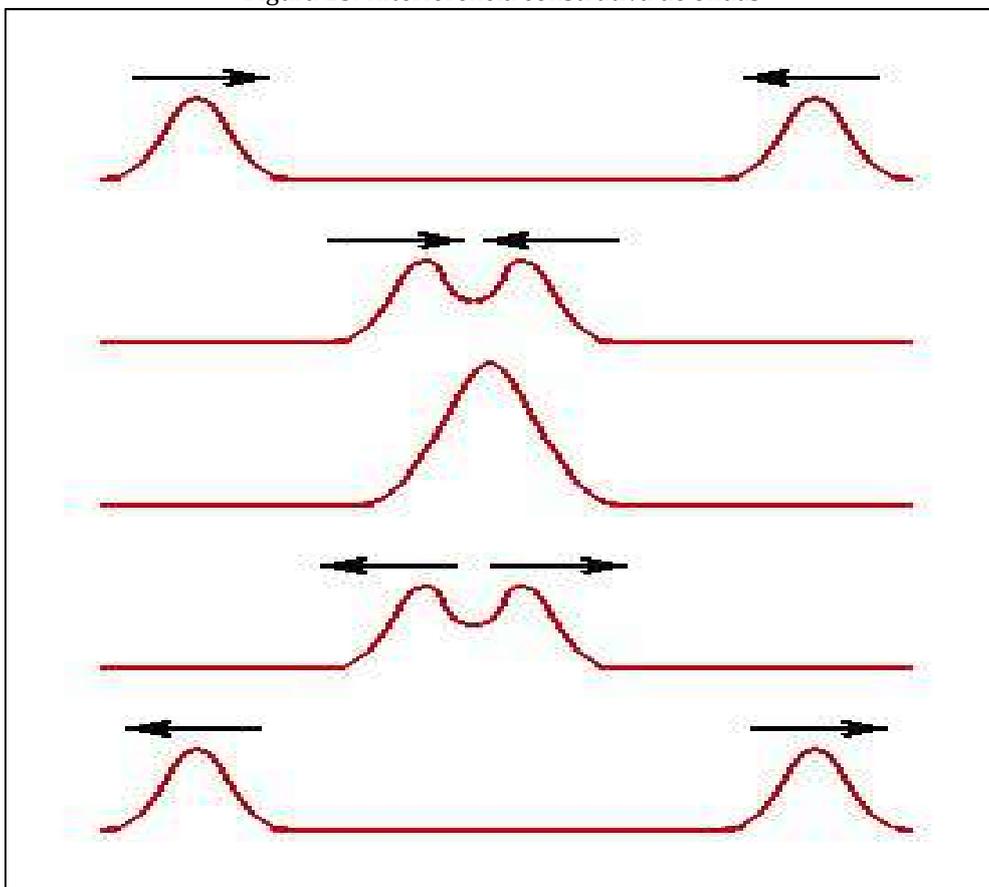
pressupostos, quanto menor o comprimento da onda em relação ao tamanho do objeto ou do obstáculo a ser atingido, menor será a capacidade de contorná-lo.

Interferência

A **interferência de ondas** é o fenômeno que ocorre durante o encontro de duas ou mais ondas de mesma natureza (Figura 14 e 15) de modo simultâneo, que estão se propagando em um mesmo meio, porém em sentidos contrários. O fenômeno da interferência é basicamente governado por dois princípios, sendo eles:

- **Princípio da Independência**: após se interferirem, as ondas não sofrem alterações em suas características e seguem, independentemente, seus caminhos.
- **Princípio da Superposição**: em cada ponto do meio, no qual ocorre à interferência, durante a superposição, é igual à soma algébrica das perturbações (amplitude) de cada onda nesse ponto, que seriam causadas pelas ondas separadamente.

Figura 15: Interferência construtiva de ondas



Fonte: if.ufrj.br/~bertu/fis2/ondas1/Image107.gif.

Descrição da Figura 14:

Imagem composta por cinco momentos da propagação de dois pulsos em uma corda vermelha, dispostos um abaixo do outro, sequencialmente.

Na primeira, a corda esticada na horizontal com: um pulso (ondulação para cima) na extremidade esquerda e uma seta acima apontada para direita; e um pulso (ondulação para cima) na extremidade direita e uma seta acima apontada para esquerda.

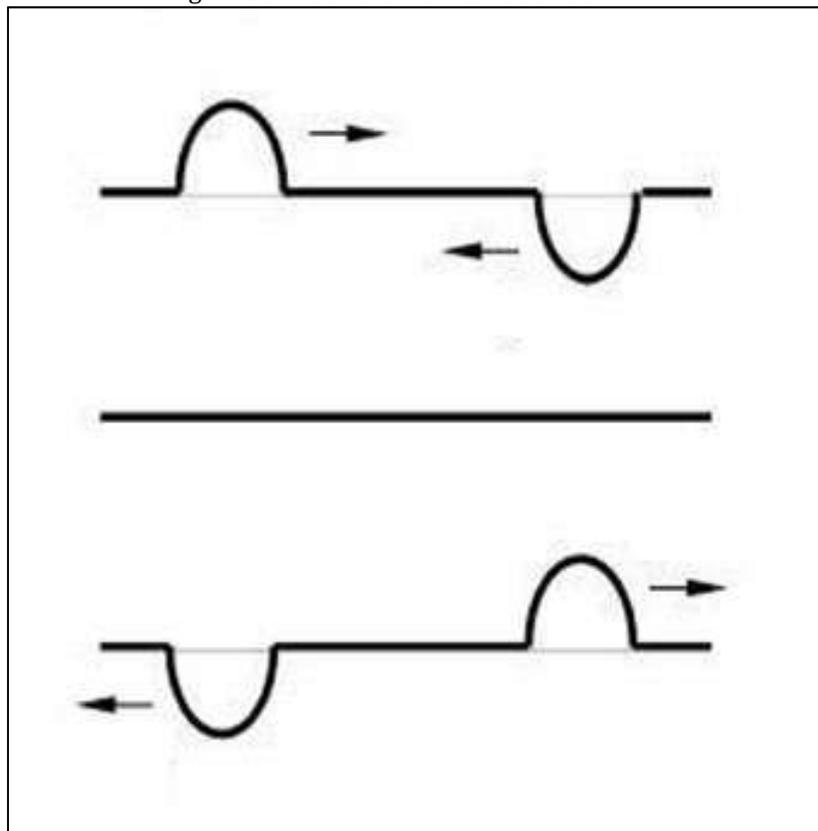
Abaixo, a mesma configuração de pulsos e setas, posicionados mais próximos do centro da corda.

Na terceira imagem, uma corda esticada na horizontal, com um único pulso dobrado (ondulação para cima) no centro, sem a presença de setas.

Na quarta imagem, uma corda esticada na horizontal, com dois pulsos (ondulações para cima) um pouco afastados do centro. Acima do pulso da direita, uma seta preta apontada para direita; e acima do pulso da esquerda, uma seta preta apontada para esquerda.

Abaixo, uma corda esticada na horizontal, com dois pulsos (ondulações para cima), um em cada extremidade. Acima do pulso da direita, uma seta preta apontada para direita; e acima do pulso da esquerda, uma seta preta apontada para esquerda.

Figura 15: Interferência destrutiva de ondas



Fonte: Adaptada de https://images.educamaisbrasil.com.br/content/banco_de_imagens/guia-de-estudo/D/interferencia.JPG.

Descrição da Figura 15:

Imagem composta por três momentos da propagação de dois pulsos em uma corda preta, dispostos um abaixo do outro sequencialmente.

Na primeira, a corda esticada na horizontal com: um pulso (ondulação para cima) na extremidade esquerda e uma seta ao lado apontada para direita; e um pulso (ondulação para baixo) na extremidade direita e uma seta ao lado apontada para esquerda.

Abaixo, a corda esticada na horizontal, sem a presença de setas.

Na terceira imagem, a corda esticada na horizontal, com: um pulso (ondulação para baixo) na extremidade esquerda e uma seta ao lado apontada para esquerda; e um pulso (ondulação para cima) na extremidade direita e uma seta ao lado apontada para direita.

Para simplificar as explicações e auxiliar a compreensão apenas da ideia principal do fenômeno de interferência, o docente poderá propor o estudo somente deste fenômeno em dois pulsos, os quais se deslocam em uma corda, levando em consideração a dificuldade até mesmo por parte dos alunos com visão normal da visualização do fenômeno em ondas bidimensionais e tridimensionais, e ainda, tendo em vista que a sequência tem como principal objetivo inserir alunos com DV ou DA em toda a aula. Assim, não se faz necessário o aprofundamento deste fenômeno em ondas com mais de uma dimensão.

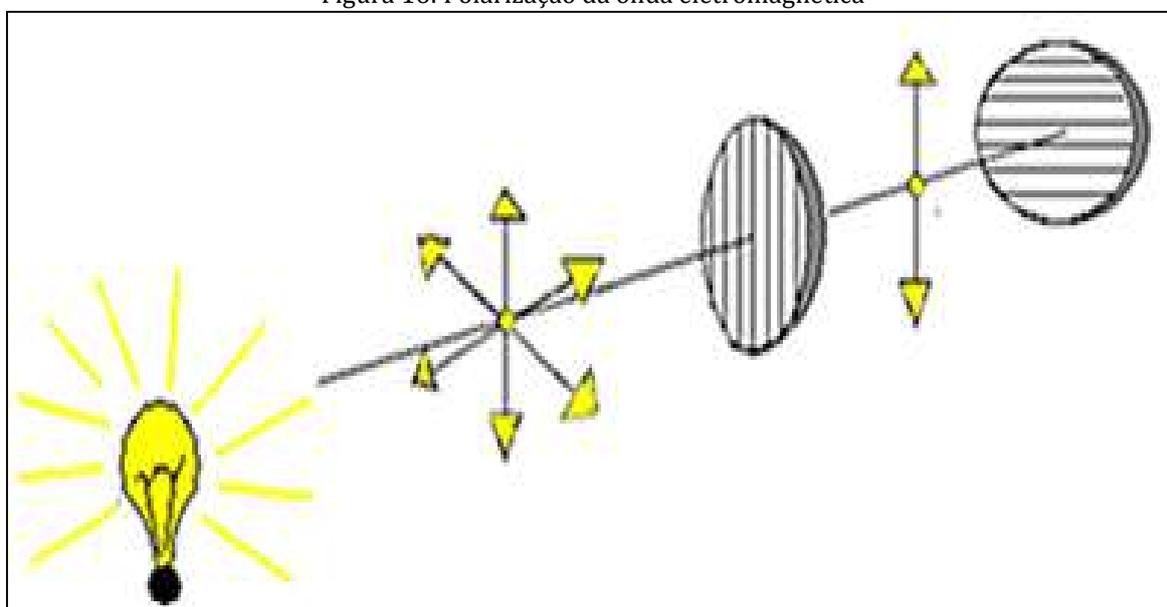
Registre-se que existem dois tipos de interferência: construtiva e destrutiva, sendo que essa classificação dependerá de que formas as ondas se encontram. Deste modo, quando ocorre a superposição dos pulsos com amplitudes diferentes ($A_1 > A_2$), aonde os dois pulsos se propagam em sentidos opostos em **concordância de fase**, no momento de encontro tem-se a amplitude correspondente ao somatório das amplitudes dos pulsos, ou seja, $A = A_1 + A_2$, ocorrendo assim uma **interferência construtiva**. Na figura 14 pode-se observar o efeito da amplitude dobrar durante a interferência de dois pulsos de mesma amplitude.

Assinale ainda que quando os pulsos estiverem em **oposição de fase**, com amplitudes diferentes ($A_1 > A_2$), e se propagando em sentidos opostos ao se encontrarem, ocorre uma **interferência destrutiva**, sendo que no momento de encontro tem-se a amplitude correspondente à diferença entre as amplitudes dos pulsos, ou seja, $A = A_1 - A_2$. Caso tenhamos $A_1 = A_2$, a amplitude resultante será $A = 0$, conforme exposto pela figura 15.

Polarização

Polarizar uma onda significa orientá-la em uma única direção ou plano (fazê-la vibrar em apenas uma direção) através da passagem em um determinado meio, chamado de polarizador (Figura 16). A **polarização** é uma característica das ondas transversais, em outras palavras, somente ondas transversais podem ser polarizadas, pois como mencionado, sabe-se que uma onda transversal é aquela que possui várias direções transversais de vibração, relativamente à direção da propagação; porém as ondas longitudinais não podem ser polarizadas porque oscilam na mesma direção da propagação.

Figura 16: Polarização da onda eletromagnética



Fonte:

<https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/be/conteudo/images/Onda%20luminosa%20sofrendo%20polarizacao.jpg>

Descrição da Figura 16:

Na esquerda, desenho de lâmpada acesa de cor amarela, com retas saindo dela para todas as direções.

Ao lado direito sobre uma linha reta cinza, levemente inclinada para o nordeste, quatro desenhos dispostos em sequência: primeiro: setas amarelas radiais partem do ponto central para todas as direções, representa a luz não polarizada; segundo: na cor cinza, círculo com retas na vertical no interior, igualmente espaçadas, representa o polarizador na direção vertical; Terceiro, uma seta amarela parte do ponto central e aponta para cima e para baixo, representa a luz polarizada na vertical; Por último, na cor cinza, círculo com retas na horizontal no interior, igualmente espaçadas, representa o polarizador na direção horizontal.

Supondo que se tem uma corda onde a vibração ocorre transversalmente, ao atravessar uma abertura (polarizador), a direção de propagação das partículas oscilantes, depois da ultrapassagem, será única e paralela à fenda, a onda vibra num único plano. Portanto, se diz que a onda está **polarizada**.

É importante que o professor ao explicar os fenômenos ondulatórios, no qual necessite da visualização para que o aluno compreenda-o melhor, elabore estratégias para “apresentar as imagens” dos fenômenos para alunos com DV, para isso pode-se fazer o uso de imagens em alto relevo, pois as pessoas cegas utilizam de forma mais ampla as informações transmitidas pelos outros sentidos como o olfato, o paladar, a audição e o tato, pois estes sentidos são mais desenvolvidos em pessoas com essa deficiência, os quais utilizam como auxílio para decodificarem e se apropriarem das informações recebidas na memória (SÁ, CAMPOS e SILVA, 2007).

Neste contexto, as aulas dialogadas não são suficientes na maioria das vezes para que a descrição de determinados fenômenos ondulatórios se mostre significativa para estudantes com deficiência visual, pois se adotando somente estas estratégias tradicionais, estes estudantes não compreenderão os conteúdos transmitido e, conseqüentemente, o processo de ensino e aprendizagem dos mesmos é prejudicado, pensando nisso elaborou-se as imagens em alto-relevo e audiodescritas.

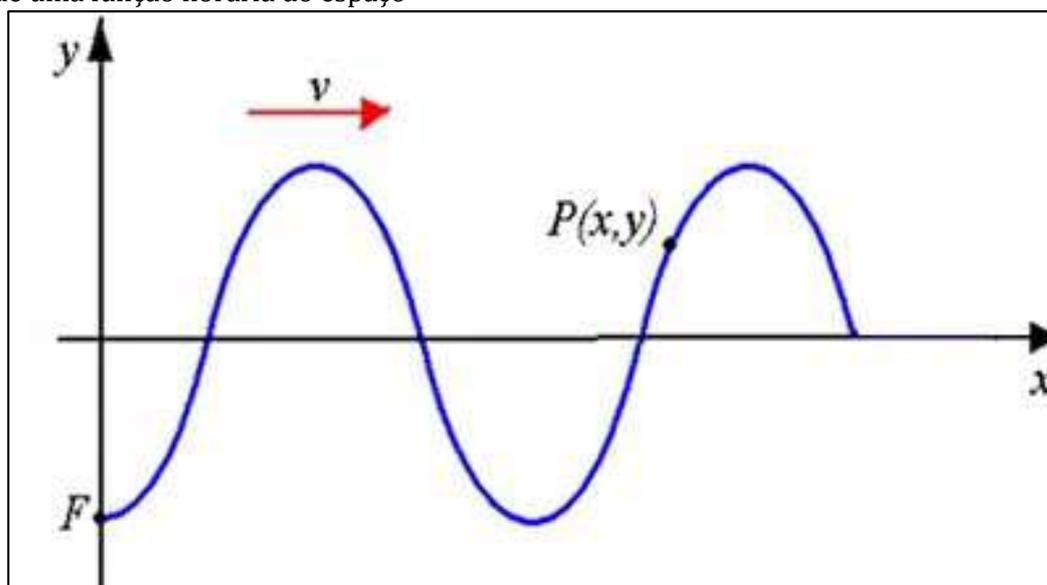
Função da onda

Acrescenta-se ainda uma breve teoria sobre a função da onda. Entretanto, este conteúdo pode ser dispensável para o contexto escolar em que há pouco tempo disponível para abordar o tema de ondulatória. Pode-se ainda aprofundar o tema e definir com os alunos o conceito de função de onda, porém é necessário definir o que é uma onda periódica para adentrar no assunto.

As **ondas periódicas** são geradas por fontes que se repetem em intervalos de tempo iguais. Conforme Fuke et. al. (2007) uma função de onda, da perturbação que se propaga em um meio, tem duas variáveis. Neste estudo, as variáveis são: x (posição) e t (tempo). Considere um sistema de coordenadas que representa a configuração de uma onda periódica propagando-se em um meio com velocidade v , ao longo do eixo das abscissas x , onde F é a fonte que realiza um Movimento Harmônico Simples (MHS), de amplitude “ A ”, no eixo das ordenadas y , conforme a figura 17 mostra.

O ponto P (Figura 17) realiza o mesmo MHS da fonte, no qual a função horária do espaço é dada por $y_F = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \theta_0)$, onde “A” é a amplitude da onda, ω é a frequência angular e θ_0 é a fase inicial da extremidade F, na qual pode-se obter a função horária de outro ponto P da corda de coordenadas x e y. As ondas produzidas em F (figura 17) atingem o ponto P após o intervalo de tempo, sendo v a velocidade de propagação da onda.

Figura 17: Instante da propagação de uma onda transversal, onde o ponto P indicado realiza o MHS de uma função horária do espaço



Fonte: Adaptada de [https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/be/conteudo/imagens/onda\(1\).jpg](https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/be/conteudo/imagens/onda(1).jpg).

Descrição da Figura 17:

Imagem de um instante da oscilação de uma onda na cor azul, sobre o plano cartesiano x e y na cor preta. O eixo x delimita a linha central da oscilação.

Da esquerda para direita, sequencialmente na horizontal:

- 1) O ponto F sobre o eixo negativo de y delimita o início da oscilação, o vale da onda;
- 2) O pico de oscilação para cima, a crista da onda, na parte positiva do eixo y;
- 3) O pico de oscilação para baixo, o vale da onda, na mesma direção do ponto F;
- 4) A subida da oscilação para a crista da onda, onde está posicionado o ponto P(x,y);
- 5) E a descida da oscilação para linha central.

Uma seta vermelha apontada para direita na primeira crista e, acima escrito v (que indica a direção de propagação, onde v representa a velocidade).

Como já mencionado, o ponto genérico P (Figura 17) executa o mesmo MHS da fonte, mas com atraso de um intervalo de tempo $\Delta t = \frac{x}{v}$ em relação a ela, pode-se escrever a sua função horária da seguinte forma (Eq. 9):

$$y = A \times \cos[\omega(t - \Delta t) + \theta_0]$$

Eq. 9

Sabe-se que a frequência angular é dada por: $\omega = \frac{2\pi}{T}$, e que $\Delta t = \frac{x}{v}$, logo temos a Eq.10:

$$y = A \times \cos\left[\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x}{v}\right) + \theta_0\right]$$

Eq.10

Aplicando a propriedade distributiva da multiplicação do termo $\frac{2\pi}{T}$ por todos dentro dos parentes, tem-se a Eq. 11:

$$y = A \times \cos\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{T \cdot v}\right) + \theta_0\right]$$

Eq.11

Substituindo a Eq. (6) $v = \lambda \cdot f$ e a Eq. (4) $f = \frac{1}{T}$, têm-se a Eq. 12:

$$v = \frac{\lambda}{T} \rightarrow \lambda = T \cdot v$$

Eq.12

Faz-se a substituição da Eq. 12 pela Eq. 11, e obtém-se dessa forma a Eq. 13 que é a função de onda.

$$y = A \times \cos\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) + \theta_0\right]$$

Eq.13

Para cada ponto da corda, a abscissa x é fixa e a ordenada y varia em função do tempo, de acordo com essa Eq. (13). Logo a expressão acima indica a configuração de uma onda, num dado instante t , com a função de duas variáveis x e t é denominada **função da onda**.

1.3.4 Segundo momento - Quiz de perguntas de múltipla escolha

Para praticar os conceitos estudados na sala de aula, será proposto um Quiz de perguntas de múltipla escolha, apresentados nos slides da aula, disponível no portal da

EduCapes (<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/599556>), no qual os alunos serão divididos em grupos para socializar suas dúvidas e entendimentos uns com outros, para responder o Quiz. Vale ressaltar a necessidade da presença das mediadoras que deverão auxiliar os deficientes durante as aulas para aplicação da SD.

Segundo Coelho e Pison, (2012), em sua obra que discorre acerca da Teoria de Ensino de Vygotsky, é de suma relevância a interação entre sujeito, objetos e outros sujeitos para que ocorra uma aprendizagem significativa. A atividade proposta em grupo visa justamente essa interação com o objetivo de aprendizagem do aluno.

No ensino remoto recomenda-se a discussão ampla sobre cada pergunta, já que nas aulas on-line a reunião em grupos fica mais difícil.

1.3.5 Terceiro momento – Roda de Conversa

Para finalizar aplicação da SD, será proposta uma Roda de Conversa com todos os alunos, seguindo o roteiro apresentado no quadro 3 com o intuito de estes relatem suas experiências ao participarem de uma SD com recursos adaptados para alunos com DV ou DA, em aulas de Física.

Quadro 3: Roteiro para Roda de Conversa

| Tema | Perguntas |
|---|---|
| Sobre a diversidade da sala de aula | <p>Contextualização: o ambiente de sala de aula pode ser os mais diversos possíveis. Algumas turmas têm alunos que aprendem rápido, outros mais devagar. Alguns possuem limitações físicas e outros não. Alguns são mais velhos e outros mais novos.</p> <p>(1) Sobre uma sala de aula que possua alunos sem e com deficiência.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quais pontos positivos. - Quais pontos negativos. - Como você avalia a interação entre todos os alunos na sala. |
| Sobre a aula com recursos diversificados | <p>(2) Como foi participar das aulas com o uso de recursos diversificados.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conseguiu compreender o assunto. - Conte como se sentiu durante as aulas. Acessou os recursos didáticos. - Em qual assunto teve mais dificuldade de compreensão? <p>(3) Como descreveria as aulas em geral.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Excelente, Boa, Poderia melhorar ou Péssima. <p>(4) Os recursos foram válidos para você.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maquete oscilações - Imagens ampliadas em alto relevo e audiodescritas. - Brinquedo mola maluca, Corda, Caixa de som e a Lâmpada para exemplificar o conceito físico. |

| | |
|-------------------------|---|
| Sobre a inclusão | <p>(5) Sobre uso de materiais adaptados para turma toda (contexto de inclusão)?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Algum professor já havia utilizado algum recurso desses em aula.? - O que poderia ser melhorado? - Sem os recursos utilizados teria conseguido compreender os assuntos expostos em sala de aula? <p>(6) A estratégia de usar outros sentidos em sala de aula, como o tato, foi importante? Qual a importância de tais recursos para você?</p> |
|-------------------------|---|

Fonte: Elaborado pela Autora.

Vale ressaltar que tanto o Quiz como a Roda de Conversa tem como finalidade a coleta de subsídios para avaliar o desempenho dos alunos durante as aulas e, coletar dados para avaliar se os objetivos de cada aula foram alcançados. Porém a Roda de Conversa é opcional para o professor que desejar reproduzir esta SD.

No próximo capítulo serão apresentados os passos para confecção das maquetes utilizadas na Sequência Didática, assim como se descreve quais materiais poderão ser empregados para essas construções.

2 CONFEÇÃO DA MAQUETE DE OSCILAÇÕES

Para construir a maquete de oscilações (Figura 4) foram utilizados: 20 palitos de churrasco; 40 bolinhas de isopor; tinta guache azul e vermelha; pincel de pintura; fita transparente, tesoura, e cola de secagem rápida. A maquete tátil visual tem como objetivo demonstrar o movimento oscilatório e a classificação da onda quanto à direção de vibração, neste caso, a onda transversal, onde as vibrações são perpendiculares à direção de propagação da onda. Além de exemplificar a propriedade de transportar energia, mas não transportar matéria. Pois nesse caso as bolinhas se movem para cima e para baixo, presas no palito. Vale ressaltar que as bolinhas não pulam de um palito para o outro, pois se isso ocorresse haveria o transporte de matéria.

Como procedimento de montagem, deve-se pintar metade das bolinhas de vermelho e a outra metade de azul. Em cada palito de churrasco, cole em uma extremidade a bolinha azul e na outra a bolinha vermelha, sugere-se furar um pouco a bola de isopor com o palito e em seguida passar a cola para fixar bem. Por último, devem-se alinhar os palitos, observando que os espaçamentos entre eles sejam iguais e passar a fita durex pelo centro de todos os palitos, conforme apresentado na Figura 4.

Na Figura 18 estão apresentadas algumas imagens da aplicação da presente SD, na qual é exibido o manuseio da maquete de oscilações por uma aluna DV de uma escola pública de Rio Branco, AC. Para esta aplicação, a docente se dirigiu a residência da estudante para executar tal atividade, devido ao contexto de pandemia da Covid-19 no início de 2021, sendo que as Secretarias de Educação Municipais e Estaduais, em atendimento ao Decreto Estadual suspenderam as aulas presenciais.

Figura 18: Três quadros com momentos em que a estudante DV manuseia a maquete de oscilações



Fonte: Acervo das autoras, maio de 2021.

3 CONFEÇÃO DAS IMAGENS AMPLIADAS EM ALTO RELEVO

Para a elaboração das imagens em alto relevo o docente deve procurar por materiais que permitam captar as diferentes propriedades dos objetos, ou seja, não utilizar texturas iguais e/ou semelhantes em uma mesma matriz, para que o usuário possa fazer uma distinção entre seus elementos tais como, tamanho, forma, textura, dureza (SANTA CATARINA, 2011). Deve-se evitar utilizar mais de uma figura numa mesma matriz, para que não se confunda uma com a outra, logo cada imagem deve conter apenas um fenômeno da ondulatória.

Oportuno evidenciar que estes critérios são de fundamental importância para o aluno deficiente visual conseguir compreender aquilo que o docente gostaria de ensinar. Outros ainda devem ser observados:

- Eleger materiais que não agridam a sensibilidade tátil, evitando a rejeição e irritação da pele prejudicando o contato e a percepção.
- Não utilizar materiais perecíveis (arroz, feijão, milho e outros), evitando assim a proliferação de fungos e mofo, que podem vir a trazer danos à saúde do usuário.
- Utilizar texturas diversificadas, sem muitos detalhes, para melhor destacar as partes específicas que compõem o todo.
- Não utilizar texturas iguais e/ou semelhantes em uma mesma matriz, para que o usuário possa fazer uma distinção entre seus elementos.
- A base da matriz deverá ser lisa para que a figura em relevo tenha maior destaque.
- A figura adaptada em relevo deverá ter tamanho adequado, permitindo à pessoa cega percebê-la de forma globalizada.
- Evitar mais de uma figura numa mesma matriz, para que não se confunda uma com a outra. Procurar padronizar as texturas utilizadas na produção das matrizes, para melhor reconhecimento e compreensão na leitura tátil.
- Em centros de produção, as adaptações em relevo devem ser revisadas por uma pessoa cega, para a verificação da compreensão das matrizes e da exigência de possíveis reformulações que se fizerem necessárias.
- Informar o título a que se refere à figura na matriz.
- Quando houver a necessidade, matrizes deverão estar acompanhadas de legendas explicativas, para compreensão da leitura tátil.
- Quando existirem figuras sobrepostas, ou com muitos detalhes deverá existir uma legenda explicativa, bem como as figuras desmembradas.
- Quando houver figuras complexas, deverão ser eliminados os detalhes que não irão interferir nas características iniciais das mesmas.
- Os materiais devem ser confeccionados em tamanho adequado, ressaltando os detalhes de suas partes.
- Sempre que possível os materiais adaptados devem ser fidedignos às informações do livro didático. (SANTA CATARINA, 2011, p. 15-16)

O docente pode utilizar várias texturas para adaptação das imagens para o aluno com DV, as quais servirão para frisar cada parte da figura, distinguindo uma das outras, tentando assim ser o mais fiel possível ao material, especificamente das imagens que demonstram os fenômenos ondulatórios. As texturas são recursos que asseguram a acessibilidade ao aluno DV, atendendo a necessidade de compreensão, interpretação e assimilação das informações em igualdade de condições nos contextos educacionais, a

partir da qualidade do material, a clareza e a disponibilidade exploratória que proporciona. (SANTA CATARINA, 2011, p. 17).

Para a adaptação das imagens segue-se alguns passos que o professor pode adotar, vale ressaltar que os materiais utilizados para as imagens dos fenômenos ondulatórios podem ser substituídas por materiais que o professor tenha disponível.

- (1) Selecionar a imagem que será utilizada para adaptação em alto relevo
- (2) O docente pode eliminar das imagens itens meramente ilustrativos (que não fazem necessariamente parte do conteúdo que o mesmo gostaria de enfatizar), para assim não sobrecarregar a imagem e dificultar a assimilação da mesma por parte do aluno DV.
- (3) Escolher as texturas para utiliza-se
- (4) Ampliar e imprimir as imagens para a realização da adaptação em alto relevo, de maneira que o aluno DV consiga distinguir cada parte da mesma, assim ficará melhor para colocar as diferentes texturas em cada parte da imagem.
- (5) Escolher uma base para a colagem das texturas, a base é onde ficará toda a imagem. Pode ser utilizada cartolina, papel madeira, papel cartão, fica a critério do docente essa escolha.
- (6) Marcar com lápis na base onde ficará cada parte da imagem ou o docente pode fazer o recorte da mesma e colar na base.
- (7) Escrever os títulos, frases e as legendas das imagens em braille. Pode-se utilizar o alfabeto em braille como auxílio para transcrever as palavras em tinta para o braille, o docente pode usar para a escrita do braille o equipamento chamado reglete ou até mesmo máquinas de impressoras próprias para esse tipo de impressão, outra opção seria utilizar miçangas para a escrita em braille. Para facilitação da escrita o docente pode baixar um programa chamado: Braille fácil, onde poderá transcrever as palavras digitadas para o braille ou até imprimi-las diretamente nas impressoras próprias, o aplicativo é gratuito e disponível no site: <http://intervox.nce.ufrj.br/brfacil/>, o manual de instruções para seu uso está disponível em <http://intervox.nce.ufrj.br/brfacil/brfacil40.pdf>.
- (8) Colagem das texturas nas imagens.
- (9) Colar as imagens originais atrás da base para os alunos videntes.

Nas Figuras 19, 20 e 21 estão apresentadas algumas imagens confeccionadas em alto-relevo e utilizadas na aplicação da presente SD com o respectivo manuseio por uma aluna DV de uma escola pública de Rio Branco, AC. Para esta aplicação, a docente realizou a atividade de modo presencial na residência da própria estudante, pois conforme revelado anteriormente em decorrência das medidas sanitárias adotadas pelo Estado em razão da pandemia do Covid 19, as quais suspenderão as aulas presenciais no contexto escolar.

Figura 19: Imagem da reflexão de um pulso em uma corda com extremidade móvel confeccionada em alto-relevo (esquerda). Momento em que a estudante DV manuseia a imagem em alto-relevo (direita)



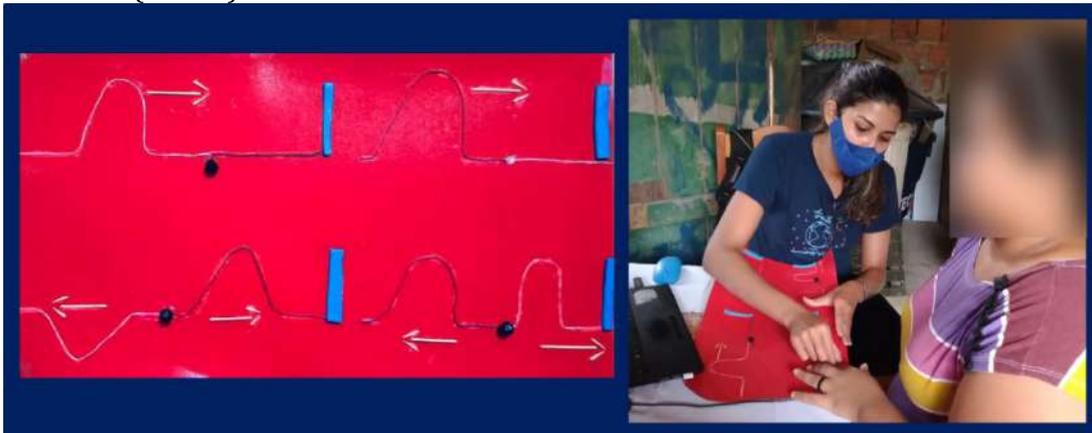
Fonte: Acervo das autoras, maio de 2021.

Figura 20: Imagem do fenômeno de difração em alto-relevo (esquerda). Momento em que a estudante DV manuseia a imagem em alto-relevo (direita)



Fonte: Acervo das autoras, maio de 2021.

Figura 21: Imagem da reflexão e refração de um pulso de uma corda com densidades diferentes, confeccionada em alto-relevo (esquerda). Momento em que a estudante DV manuseia a imagem em alto-relevo (direita)



Fonte: Acervo das autoras, maio de 2021.

Vale ressaltar que conforme os autores Vidueira et. al. (2021), uma boa representação não significa necessariamente uma imagem carregada de detalhes, tendo em vista que se elaborada deste modo ao invés de facilitar a compreensão do DV, pode acabar atrapalhando. Deste modo, interessante considerar que para uma imagem tátil visual ser considerada apropriada, o docente deve deter-se apenas aos elementos essenciais para a interpretação e compreensão dos fenômenos ondulatórios, por isso, a simplicidade e clareza são de suma importância na escolha e adaptação das imagens. Portanto, uma boa ilustração não deve ser uma cópia fiel da original para os alunos com DV, pois imagens simples podem ser mais entendíveis ao ser tateado pelo o deficiente visual. Por fim, a figura 22 mostra a estudante manuseando a mola maluca, proposta na SD.

Figura 22: Dois momentos em que a estudante DV manuseia a Mola Maluca utilizada na SD



Fonte: Acervo das autoras, maio de 2021.

4 REFERÊNCIAS

COELHO, L; PISONI, S. **Vygotsky**: sua teoria e a influência na educação. **Revista e-Ped – FACOS/CNEC Osório**, v. 2, n. 1, p. 144-152, ago, 2012.

FUKE, Luiz Felipe ,TADASHI, Carlos Shigekiyo, YAMAMOTO, Kazuhito; **os alicerces da Física 2**. 15.ed. – São Paulo: Saraiva, 2007.

GASPAR, A. **Compreendendo a física**. 2ª Ed. São Paulo: Ática, 2013.

HALLIDAY, D. **Fundamentos de física**: gravitação, ondas e termodinâmica. 8ª. Ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2008.

MOREIRA, M. A., VEIT; E. A. **Textos de apoio ao professor de Física**. ISSN 1807-2763; v. 18, n. 1, 2007.

RAMALHO, F. GILBERTO; N. TOLEDO; P. A. **Os fundamentos da Física**. 11ª Ed. São Paulo: Editora Moderna, 2015.

ROCHA, R. B. **Modelo de produção da voz baseado na biofísica da fonação**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) 77 f. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática. 2017.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Educação. Fundação Catarinense de Educação Especial. **Guia prático para adaptação em relevo**. Secretaria de Estado da Educação. Fundação Catarinense de Educação Especial, Jussara da Silva (Coord). - São José: FCEE, 2011. 68 p.

SÁ, E. D.; CAMPOS. I. M.; SILVA, M. B. C. **Atendimento Educacional Especializado**: Deficiência Visual. MEC, SEESP, 2007.

SILVA, A. P.; SOARES, B. **WiFi e WiMaxII**: As Tecnologias de Rede Sem Fio. FITEC e TELECO, 2009.

VIDUEIRA, J.E.; PADILHA, M. V. S.; MARTINS, R. M.; TRINDADE, M. E C.; COSTA D. K. D.; SUZIKI, J. C. **Manual de imagens para deficientes visuais**. São Paulo: FFLCH/USP, 2021.

5 APÊNDICE – SLIDES

Esta sequência didática inclui também:

- SLIDES SOBRE CONCEITOS BÁSICOS DE ONDULATÓRIA COM AUDIODESCRIBÇÃO DE IMAGENS

Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/599556>



Conceitos Básicos de Ondulatória

Joisilany Santos Dos Reis e
Bianca Martins Santos

Slides com audiodescrição de imagens para o ensino presencial ou remoto de alunos com deficiência visual

Novembro de 2021



Estes slides fazem parte do trabalho de dissertação:
**"ENSINO DE ONDAS PARA INCLUSÃO DE
DEFICIENTES VISUAIS E AUDITIVOS"**

Mestranda: Joisilany Santos Dos Reis
(joisilany.santos@gmail.com)

Orientadora: Profa. Dra. Bianca Martins Santos
(bianca.santos@ufac.br)

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física -
MNPEF (Polo 59)
Universidade Federal do Acre - UFAC

Audiodescrição dos slides:

Slides de fundo branco, com letras pretas e títulos com letras maiores. Os links da internet em azul escuro e sublinhado. Nas equações, um contorno preto retangular em volta.

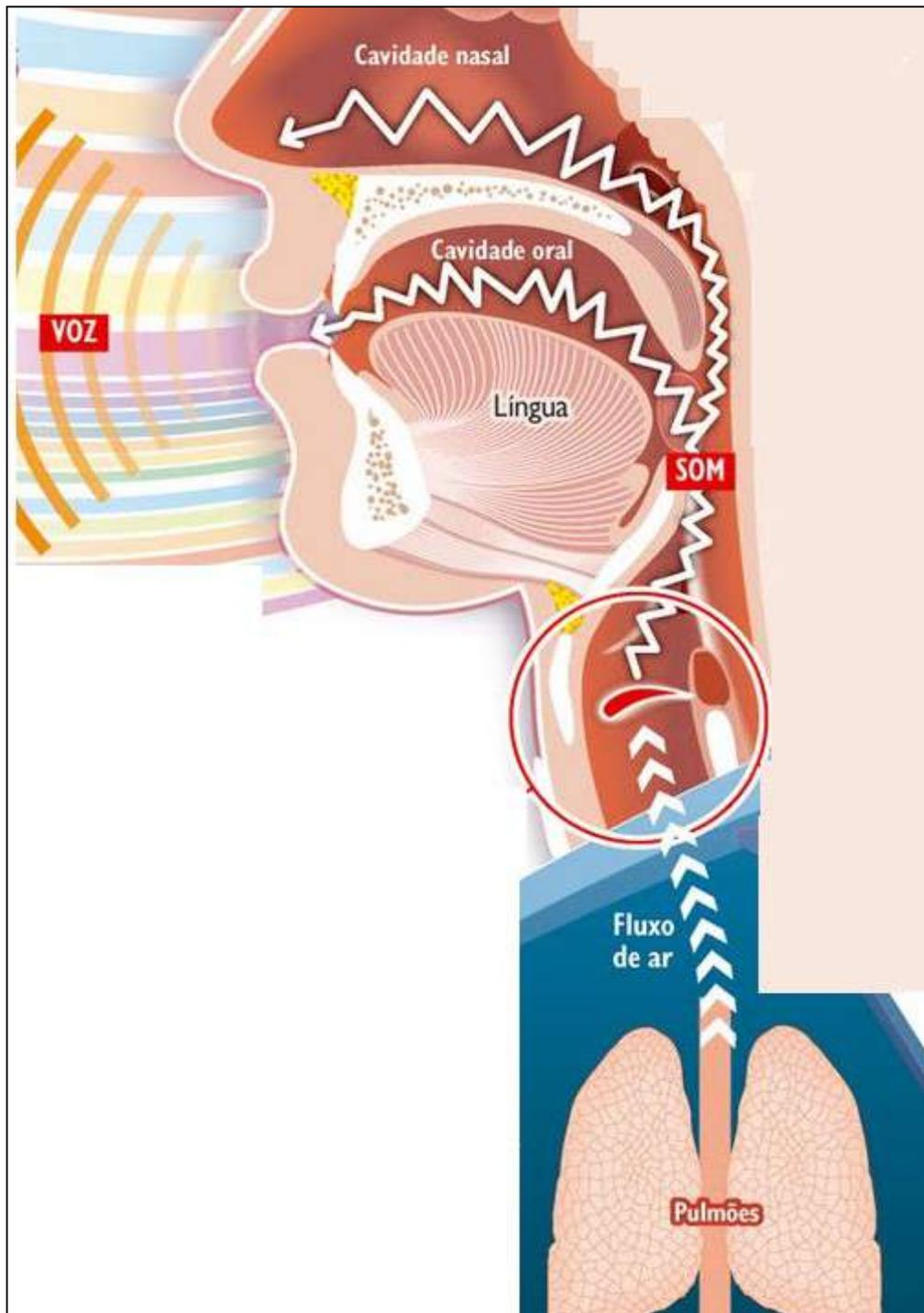
Onda

É qualquer perturbação ocasionada em um determinado espaço tempo, onde não ocorre o transporte de matéria, somente de energia.

Classificação das ondas

Quanto à Natureza:

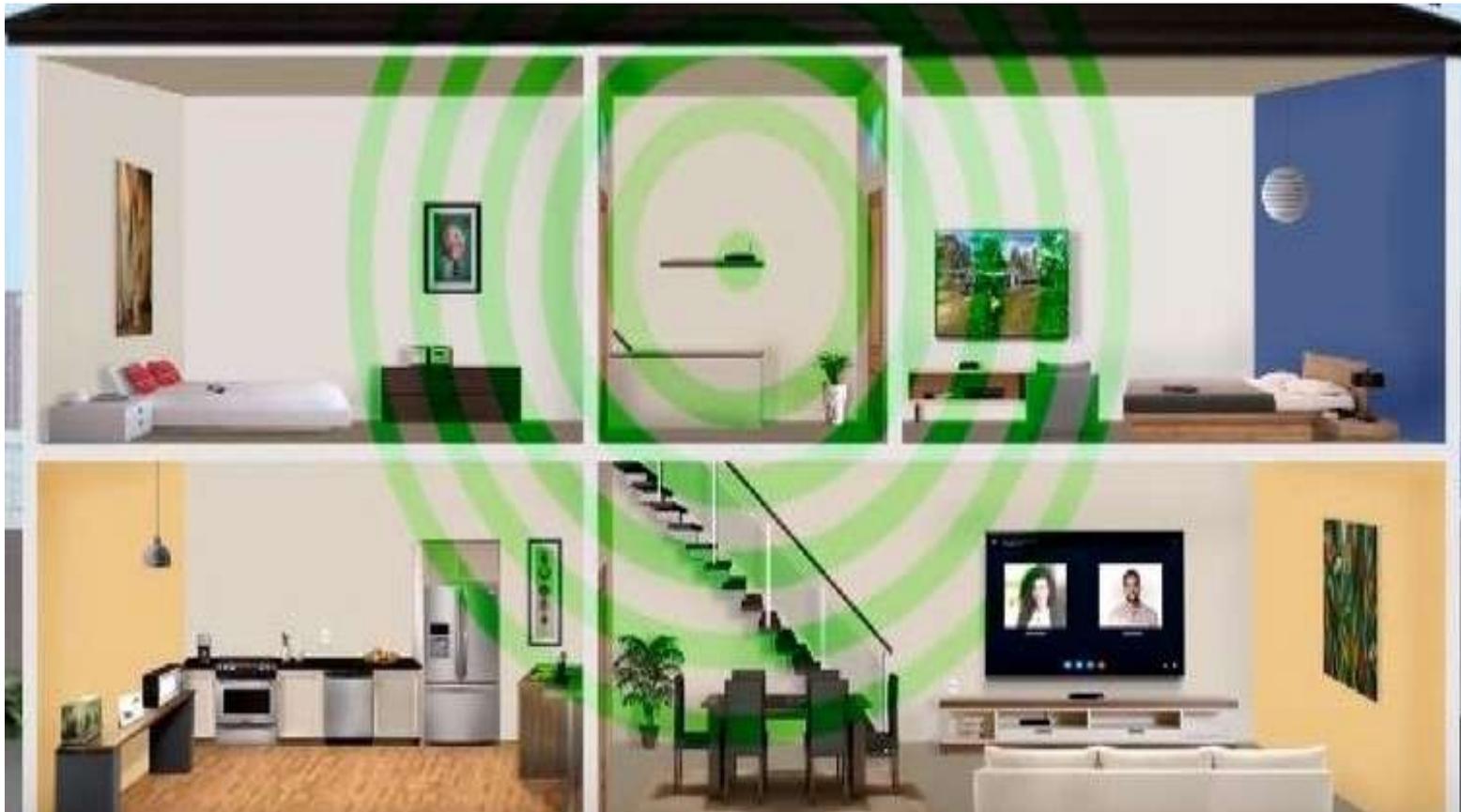
- Ondas mecânicas
 - Exemplo: formação da voz humana
- Ondas eletromagnéticas;
 - Exemplo: sinal de Wi-Fi



Esquema da seção transversal interna (de perfil lateral) do nariz, boca e pescoço.

No topo, a cavidade nasal, abaixo a cavidade oral, abaixo a língua. Na esquerda, de cima para baixo: o nariz, a boca aberta por onde sai a voz e abaixo o queixo. A voz é representada por linhas vermelhas semicirculares igualmente espaçadas, crescentes para esquerda, a partir da boca. Na direita a cavidade nasal encontra a cavidade oral e desce para as pregas vocais (destacadas por um círculo vermelho), por onde o ar sobe ao falarmos.

Abaixo, na direita, os pulmões. Setas brancas indicam o fluxo de ar saindo dos pulmões para a cavidade que sobe pela boca e o nariz. Acima das cordas vocais, escrito som.



Visão esquemática da configuração de uma casa de dois andares. No canto inferior esquerdo a cozinha; ao lado direito após a divisão da parede, sala de jantar conjugada com sala de TV; e ao fundo centralizado, as escadas para o segundo piso. No canto superior esquerdo, um quarto; ao lado, após a divisão da parede, um corredor central com passagem para escadas que dão no primeiro piso; e ao lado direito, após a divisão da parede, um quarto. O aparelho de Wi-Fi localizado no segundo piso no corredor central. E faixas circulares na cor verde claro, a partir do aparelho de Wi-Fi, concêntricas e de forma crescente

Quanto à direção de propagação da onda:

- Onda transversal e
- Onda longitudinal;

Vídeo:

**Onda transversal e longitudinal
com audiodescrição e libras**

<https://www.youtube.com/watch?v=gCE3P2oh1Bw>

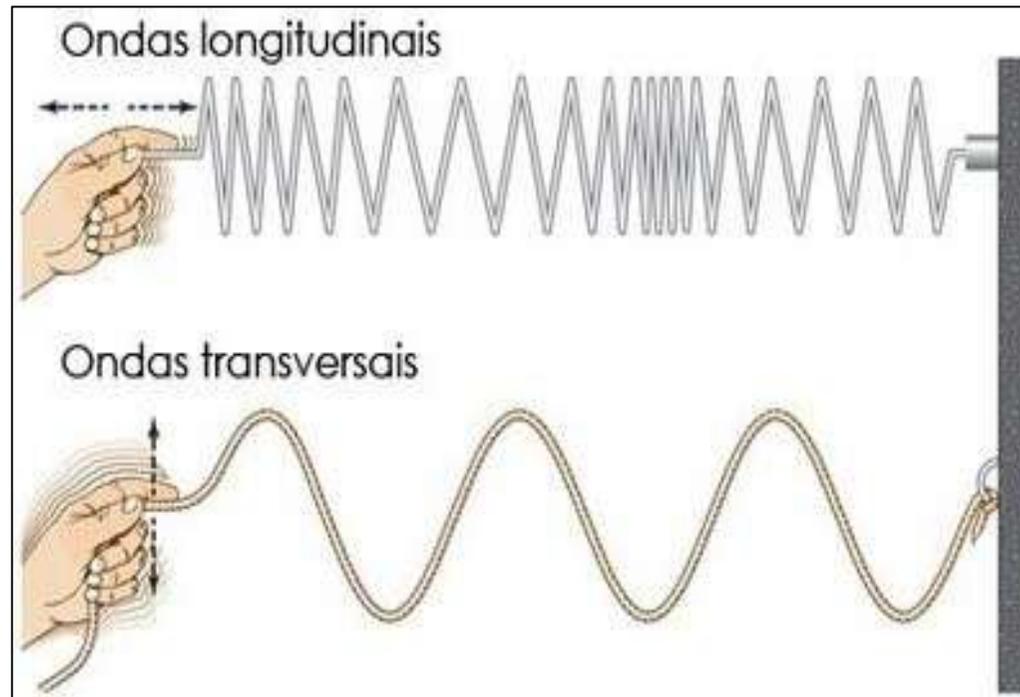


Imagem composta por dois instantes de oscilações, para duas situações físicas de perturbação no meio de origens diferentes. No topo escrito ondas longitudinais. Abaixo, mola esticada na horizontal. Na extremidade esquerda uma mão segura a mola, acima a indicação de uma seta apontando para esquerda e direita. No lado direito da mão, linhas contornando os dedos indicam movimentos para lateral. Na extremidade direita da mola, um suporte cinza por onde ela está presa. A mola é representada por desenho de zig zag com espaçamentos distintos, próximo à mão (na extremidade esquerda) e um pouco depois do centro, o zig zag mais encolhido. E no restante da mola, o zig zag mais espaçado. Abaixo escrito ondas transversais. Abaixo, corda disposta na horizontal com uma ondulação para cima e uma para baixo, e mais duas sequência desta repetida, da esquerda para direita. Na extremidade esquerda uma mão segura a mola, acima a indicação de uma seta apontando para cima e para baixo. Em cima e em baixo da mão, linhas contornando os dedos indicam movimentos para cima e para baixo. Na extremidade direita da corda, um suporte cinza por onde ela está presa.

Quanto ao número de dimensões de propagação de energia:

- Ondas unidimensionais,
- Ondas bidimensionais e
- Ondas tridimensionais.

Grandezas relacionadas

- **Amplitude (A):** deslocamento máximo em relação à posição de equilíbrio e uma crista ou um vale, de uma onda. Quanto maior a amplitude de uma onda mais energia ela transportará, ou seja, amplitude está diretamente relacionada ao transporte de energia.
- **Comprimento de onda (λ):** é a distância entre duas partes idênticas e consecutivas de uma onda, que se encontram na mesma posição. Por exemplo, a distância entre as duas cristas ou vales da onda.

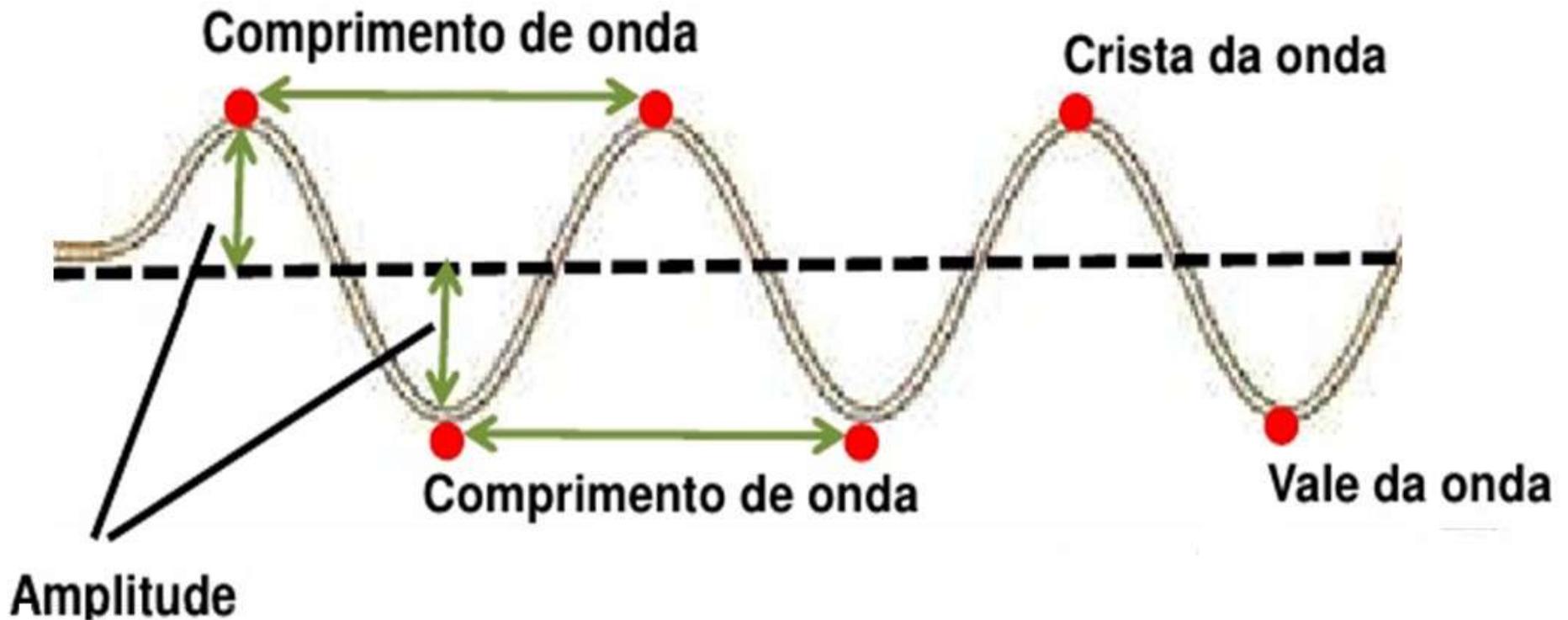


Imagem de um instante da oscilação de uma onda, numa corda cinza. Da esquerda para direita, sequencialmente na horizontal: um pico de oscilação para cima e um para baixo, ao lado duas repetições. Uma reta horizontal tracejada preta cruza a linha central da oscilação. Nos três pontos mais altos da oscilação, um ponto vermelho; e no terceiro, escrito acima “Crista da onda”. Nos três pontos mais baixos da oscilação, um ponto vermelho; e no terceiro, escrito abaixo “Vale da onda”. Uma seta verde na vertical da linha central até a primeira crista e outra seta verde na vertical da linha central até o primeiro vale, com a indicação escrita “Amplitude”. Uma seta verde na horizontal da primeira até a segunda crista, acima escrito “Comprimento de onda”. Outra seta verde na horizontal do primeiro até o segundo vale, abaixo escrito “Comprimento de onda”.

Grandezas relacionadas

- **Período (T):** tempo de duração de uma oscilação completa, isso quer dizer que em um comprimento de onda, teremos o período, que ocorrerá em um intervalo de tempo específico. Por exemplo, o período para Terra realizar uma volta completa em torno do Sol é denominado ano: 365 dias (movimento de Translação). A unidade do período no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o segundo (s).
- **Frequência (f):** grandeza escalar correspondente ao número de vezes em que uma onda se repete por unidade de tempo. Por exemplo, no slide anterior são observados a realização três ciclos (considerando o ponto inicial o ponto mais a esquerda sobre a linha central de propagação), isso significa que a onda se repete três vezes. Se o tempo gasto para isso é 1 s, a frequência é 3 Hz (Hertz, Unidade no SI).

Equações

$$\text{Período: } T = \frac{\Delta t}{n}$$

$$\text{Frequência: } f = \frac{n}{\Delta t}$$

- Onde n é o número de repetições do movimento em um determinado intervalo de tempo (Δt).

- Reescrevendo:

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{ou} \quad f = \frac{1}{T}$$

- Frequência (f) e Período (T) são grandezas inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior a frequência de uma onda, menor o seu período (e vice-versa).

Velocidade de propagação da onda

É a agilidade com que a onda se propaga em um meio específico, e está relacionada a distância percorrida por intervalo de tempo. É calculada pelo deslocamento em um determinado tempo, dado pelo comprimento de onda λ por período T .

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Onde:

λ = comprimento de onda em metro (m)

v = frequência em metro por segundo (m/s)

T = período em segundos (s)

Reescrevendo T em função de f , determinamos a **Equação fundamental da onda:**

$$v = \lambda \cdot f$$

Exemplo

Uma pessoa do lado de fora de uma piscina emite uma onda sonora com a frequência igual a 680 Hz. Uma nadadora que está mergulhada na piscina consegue ouvir o som emitido pela pessoa fora dela. (a) Considerando 340 m/s a velocidade do som no ar, determine a distância (comprimento de onda) entre duas frentes de onda no ar. (b) Qual o período dessa onda sonora?

Relações conhecidas:

$$\text{Período: } T = \frac{\Delta t}{n} \text{ ou } T = \frac{1}{f}$$

$$\text{Frequência: } f = \frac{n}{\Delta t} \text{ ou } f = \frac{1}{T}$$

$$\text{Velocidade: } v = \frac{\lambda}{T} \text{ ou } v = \lambda \cdot f$$

a) Temos a velocidade: 340 m/s e a frequência da onda: 680 Hz.

Aplicando a equação fundamental da ondularia, temos:

$$V = \lambda \cdot f \rightarrow 340 = \lambda \times 680$$
$$\frac{340}{680} = \lambda \rightarrow \lambda = 0,5 \text{ m}$$

b) Sabemos que o período é o inverso da frequência :

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{680} \cong 0,0015 \text{ s}$$

Relações conhecidas:

Período: $T = \frac{\Delta t}{n}$ ou $T = \frac{1}{f}$

Frequência: $f = \frac{n}{\Delta t}$ ou $f = \frac{1}{T}$

Velocidade: $v = \frac{\lambda}{T}$ ou $v = \lambda \cdot f$

Alguns fenômenos ondulatórios

Reflexão

Fenômeno que ocorre quando uma onda ou pulso incide sobre um obstáculo e retorna ao meio incidente de propagação.

- Reflexão do pulso em uma corda com:
 - Extremidade móvel
 - Extremidade fixa

Extremidade móvel

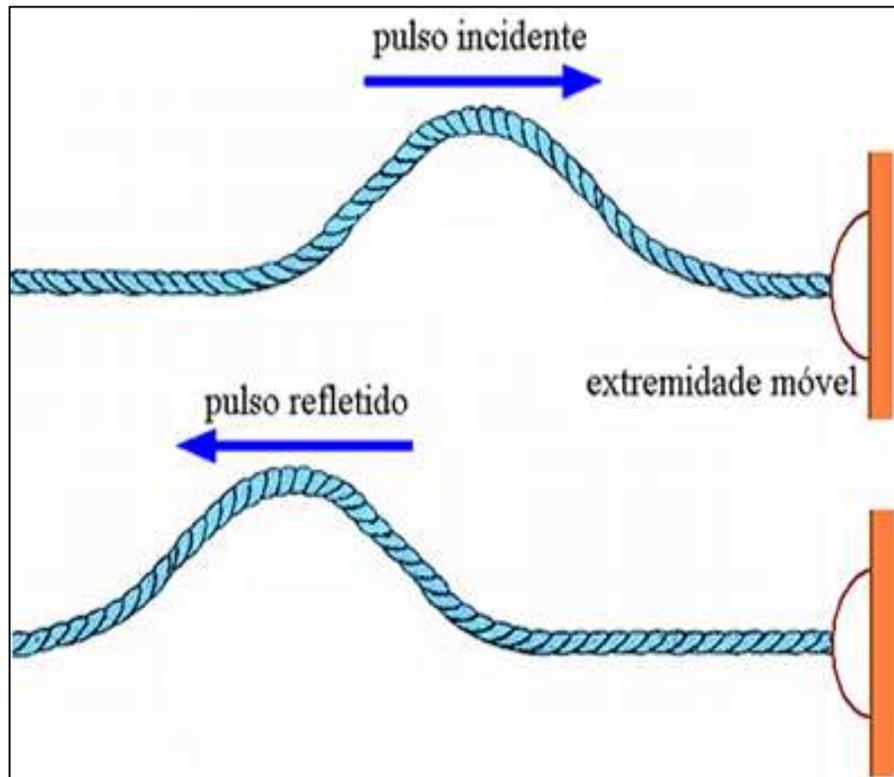


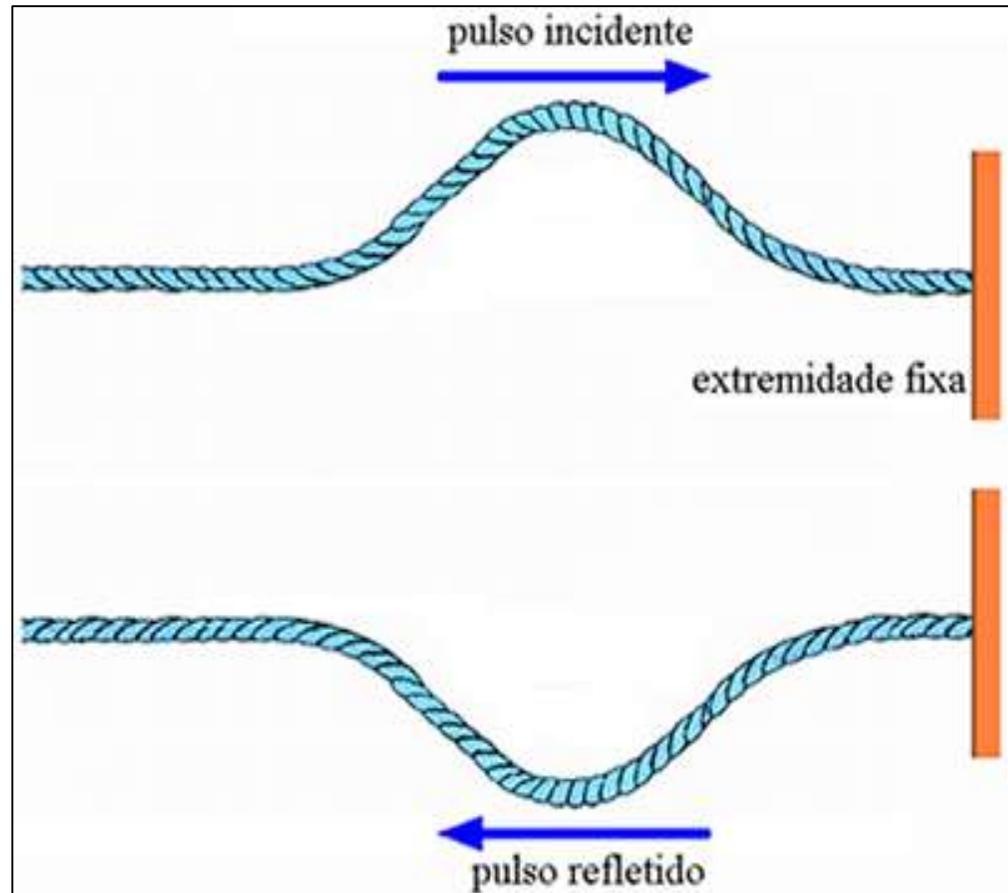
Imagem de uma corda azul esticada na horizontal, com um pulso incidente (uma ondulação para cima) se movendo da extremidade esquerda para a direita, onde está presa por uma argola numa base móvel laranja. Uma seta azul escura direcionada para direita, acima do pulso, indica a direção da propagação do pulso incidente.

Abaixo, a imagem da corda azul esticada na horizontal, com um pulso refletido (uma ondulação para cima) se movendo da extremidade direita para a esquerda, após ter passado pela base móvel laranja. Uma seta azul escura direcionada para esquerda, acima do pulso, indica a direção da propagação do pulso refletido.

Extremidade fixa

Imagem de uma corda azul esticada na horizontal, com um pulso incidente (uma ondulação para cima) se movendo da extremidade esquerda para a direita, onde está presa numa base fixa laranja. Uma seta azul escura direcionada para direita, acima do pulso, indica a direção da propagação do pulso incidente.

Abaixo, a imagem da corda azul esticada na horizontal, com um pulso refletido (uma ondulação para baixo) se movendo da extremidade direita para a esquerda, após ter passado pela base fixa laranja. Uma seta azul escura direcionada para esquerda, abaixo do pulso, indica a direção da propagação do pulso refletido.

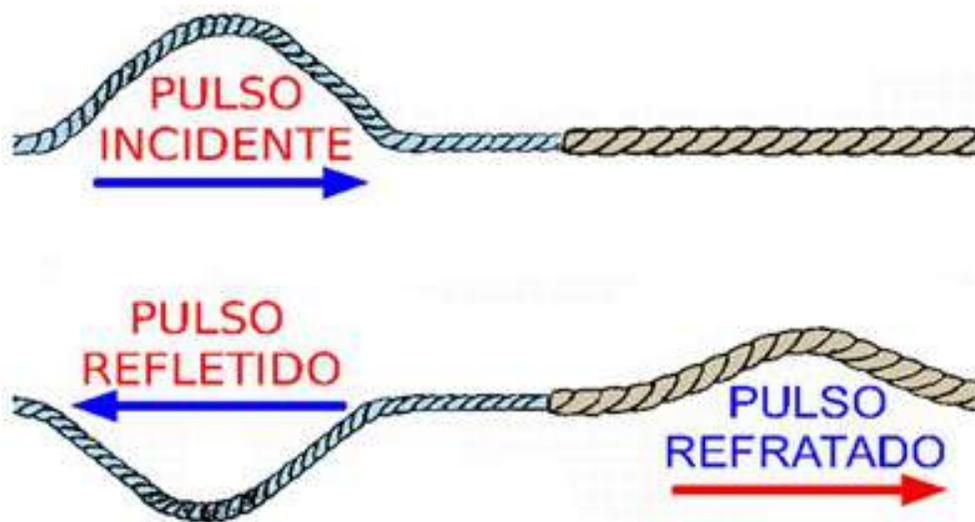


Refração

Fenômeno que ocorre quando uma onda ou pulso que se propaga e se depara com a mudança do meio.

- Refração do pulso ao mudar de:
 - Uma corda menos densa para mais densa
 - Uma corda mais densa para menos densa

Corda menos densa para mais densa



Disposta na horizontal, a imagem de uma corda fina (menos densa) com um pulso incidente (uma ondulação para cima) se movendo da esquerda para a intercessão com uma corda mais grossa (mais densa). Uma seta azul escura direcionada para direita, abaixo do pulso, indica a direção da propagação do pulso incidente.

Abaixo, disposta na horizontal, a imagem de um pulso refletido (uma ondulação para baixo) na corda fina, se movendo do ponto de intercessão para esquerda. E um pulso refratado (uma leve ondulação para cima) na corda grossa, se movendo do ponto de intercessão para direita.

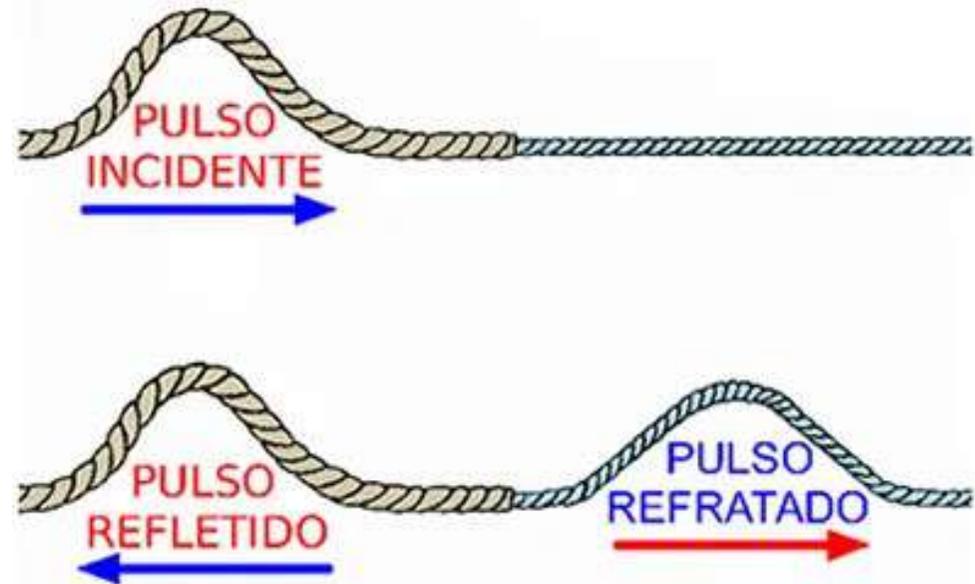
Uma seta azul escura direcionada para esquerda, acima do pulso refletido, indica sua direção da propagação. E uma seta vermelha direcionada para direita, abaixo do pulso refratado, indica sua direção da propagação.

Corda mais densa para menos densa

Disposta na horizontal, a imagem de uma corda mais grossa (mais densa) com um pulso incidente (uma ondulação para cima) se movendo da esquerda para a intercessão com uma corda fina (menos densa). Uma seta azul escura direcionada para direita, abaixo do pulso, indica a direção da propagação do pulso incidente.

Abaixo, a imagem de um pulso refletido (uma ondulação para cima) na corda grossa, se movendo do ponto de intercessão para esquerda. E um pulso refratado (uma ondulação para cima) na corda fina, se movendo do ponto de intercessão para direita.

Uma seta azul escura direcionada para esquerda, abaixo do pulso refletido, indica sua direção da propagação. Uma seta vermelha direcionada para direita, abaixo do pulso refratado, indica sua direção da propagação.

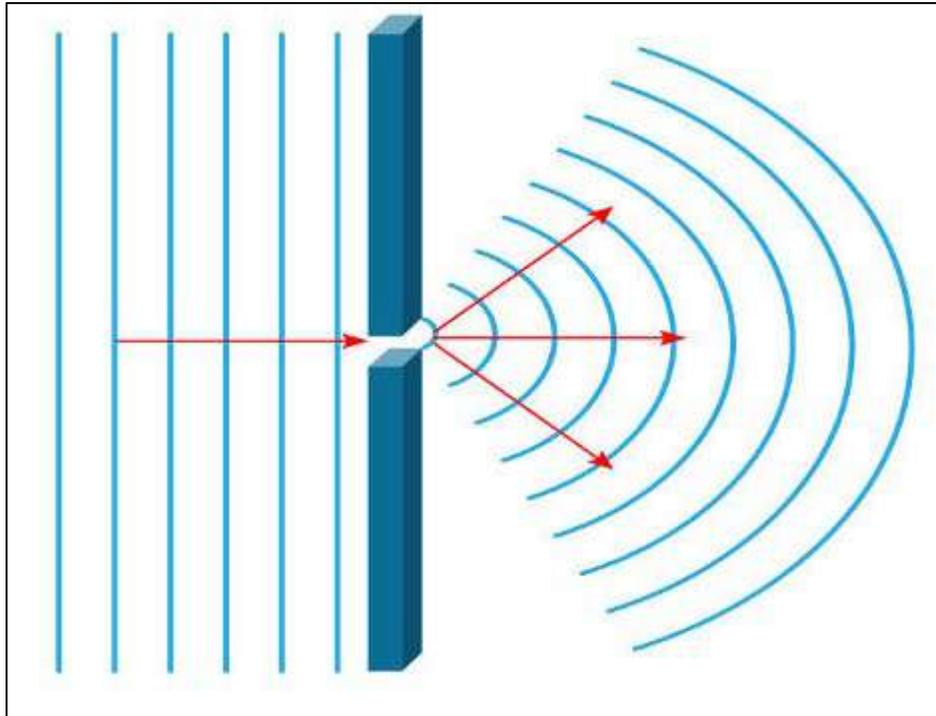


Difração

A capacidade de a onda contornar certo orifício/obstáculo.

- Para que ocorra difração é necessário que o tamanho da fenda ou obstáculo seja **comparável** ao comprimento de onda; porém, se o comprimento do obstáculo for muito maior que o comprimento de onda, **não ocorrerá** difração.
- Portanto, quanto menor o comprimento da onda em relação ao tamanho do objeto ou do obstáculo a ser atingido, menor será a capacidade de contorná-lo.

Comportamento da onda ao passar por uma fenda



□ Representação do Fenômeno de difração

Da esquerda para direita: Linhas azuis na vertical, igualmente espaçadas; Faixa grossa azul escura na vertical (representa uma barreira) com um espaço pequeno no meio (representa uma fenda); Linhas azuis circulares igualmente espaçadas, crescentes a partir da fenda.

Uma seta vermelha na esquerda da fenda, apontando para fenda, indica a direção de propagação da onda incidente.

Três setas vermelhas à direita da fenda: a primeira apontando para o nordeste, a segunda para o leste e a terceira para o sudeste; indicam a direção de propagação das ondas circulares.

Interferência

É o fenômeno que ocorre durante o encontro de duas ou mais ondas de mesma natureza, simultaneamente, que estão se propagando em um mesmo meio.

- Vamos estudar:
 - Interferência construtiva
 - Interferência destrutiva

Interferência construtiva

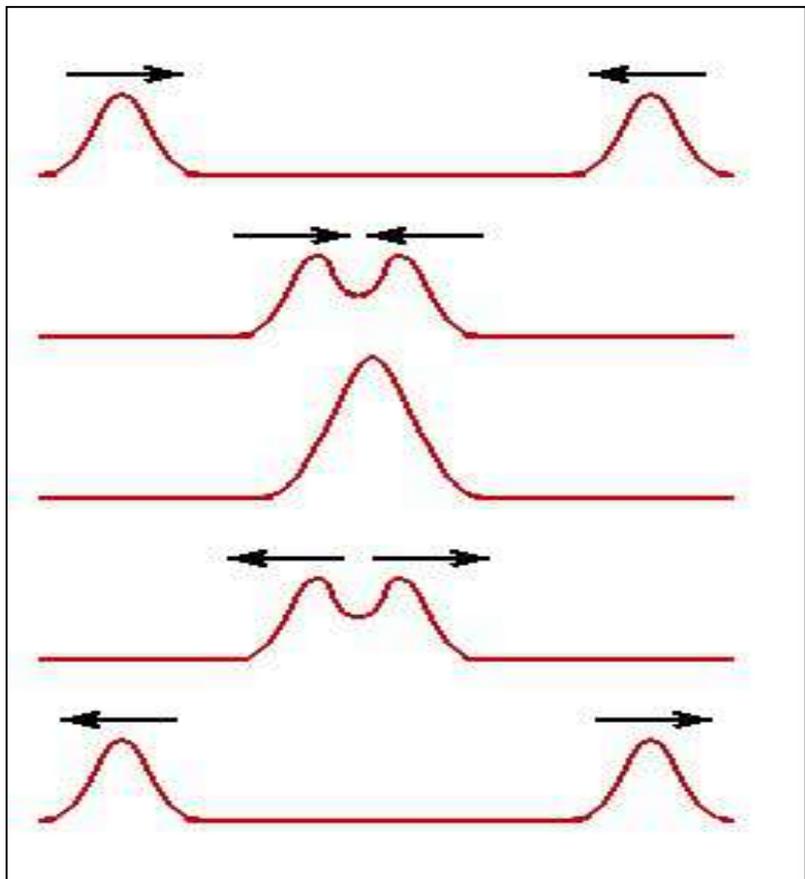


Imagem composta por cinco momentos da propagação de dois pulsos em uma corda vermelha, dispostos um abaixo do outro, sequencialmente.

Na primeira, a corda esticada na horizontal com: um pulso (ondulação para cima) na extremidade esquerda e uma seta acima apontada para direita; e um pulso (ondulação para cima) na extremidade direita e uma seta acima apontada para esquerda.

Abaixo, a mesma configuração de pulsos e setas, posicionados mais próximos do centro da corda.

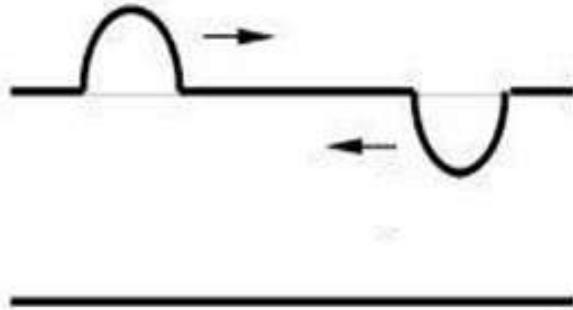
Na terceira imagem, uma corda esticada na horizontal, com um único pulso dobrado (ondulação para cima) no centro, sem a presença de setas.

Na quarta imagem, uma corda esticada na horizontal, com dois pulsos (ondulações para cima) um pouco afastados do centro. Acima do pulso da direita, uma seta preta apontada para direita; e acima do pulso da esquerda, uma seta preta apontada para esquerda.

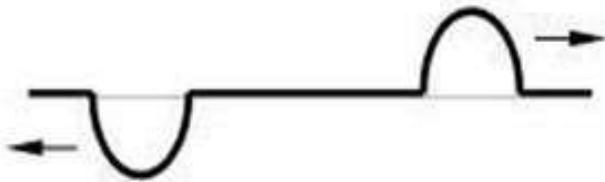
Abaixo, uma corda esticada na horizontal, com dois pulsos (ondulações para cima), um em cada extremidade. Acima do pulso da direita, uma seta preta apontada para direita; e acima do pulso da esquerda, uma seta preta apontada para esquerda.

Interferência destrutiva

Imagem composta por três momentos da propagação de dois pulsos em uma corda preta, dispostos um abaixo do outro, sequencialmente.



Na primeira, a corda esticada na horizontal com: um pulso (ondulação para cima) na extremidade esquerda e uma seta ao lado apontada para direita; e um pulso (ondulação para baixo) na extremidade direita e uma seta ao lado apontada para esquerda.



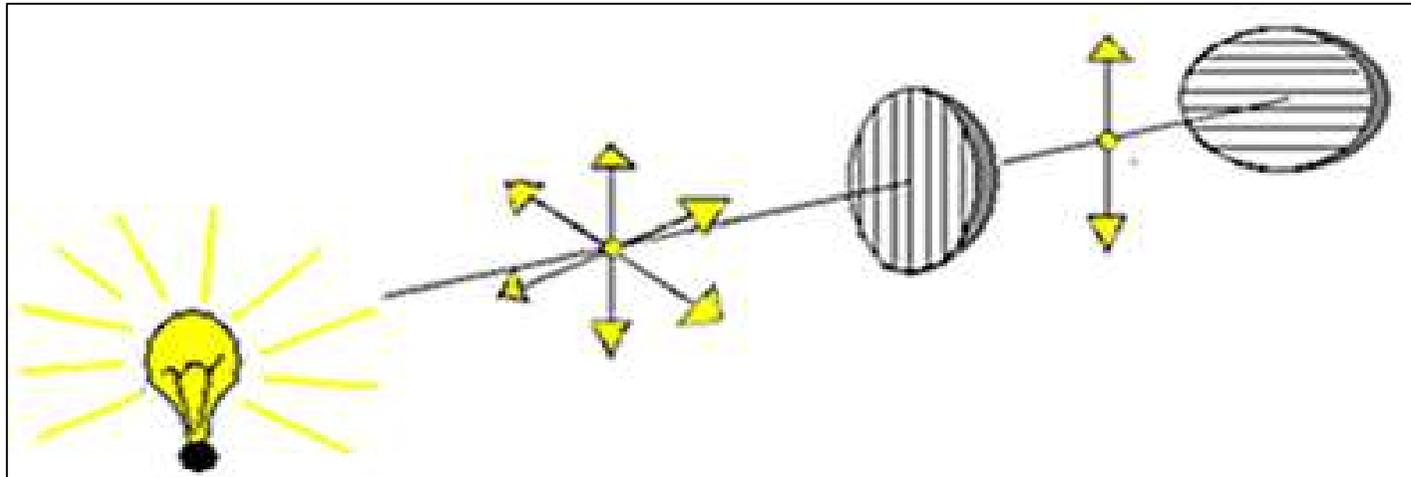
Abaixo, a corda esticada na horizontal, sem a presença de setas.

Na terceira imagem, a corda esticada na horizontal, com: um pulso (ondulação para baixo) na extremidade esquerda e uma seta ao lado apontada para esquerda; e um pulso (ondulação para cima) na extremidade direita e uma seta ao lado apontada para direita.

Polarização

- **Polarizar** uma onda significa orientá-la em uma única direção (fazê-la vibrar em apenas uma direção) ou plano através da passagem em um dado meio, chamado de polarizador.
- A **polarização** é uma característica das ondas transversais, pois como foi estudado sabe-se que uma onda transversal é aquela que possui várias direções transversais de vibração, relativamente à direção da propagação;

❑ Exemplo do uso de polarizadores



Na esquerda, desenho de lâmpada acesa de cor amarela, com retas saindo dela para todas as direções.

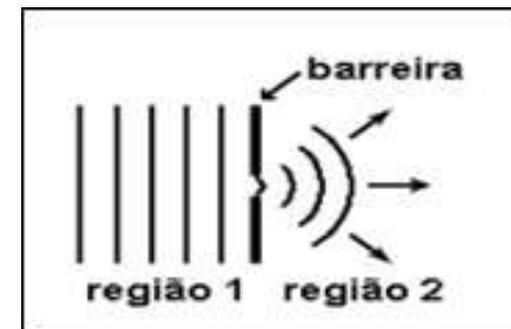
Ao lado direito sobre uma linha reta cinza, levemente inclinada para o nordeste, quatro desenhos dispostos em sequência: Primeiro, setas amarelas radiais partem do ponto central para todas as direções, representa a luz não polarizada; Segundo, na cor cinza, círculo com retas na vertical no interior, igualmente espaçadas, representa o polarizador na direção vertical; Terceiro, uma seta amarela parte do ponto central e aponta para cima e para baixo, representa a luz polarizada na vertical; Por último, na cor cinza, círculo com retas na horizontal no interior, igualmente espaçadas, representa o polarizador na direção horizontal.

Vamos testar
nossos conhecimentos...?

Questão 1

(Unesp 2004) A figura abaixo representa esquematicamente as frentes de onda de uma onda reta na superfície da água, propagando-se da região 1 para a região 2. Essas regiões são idênticas e separadas por uma barreira com abertura. A configuração das frentes de onda observada na região 2, que mostra o que aconteceu com a onda incidente ao passar pela abertura, caracteriza o fenômeno da?

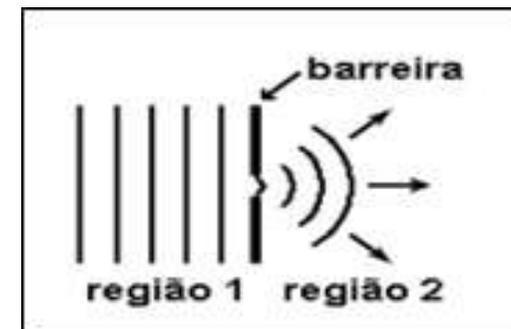
- absorção.
- difração.
- polarização.
- refração.



Questão 1

(Unesp 2004) A figura abaixo representa esquematicamente as frentes de onda de uma onda reta na superfície da água, propagando-se da região 1 para a região 2. Essas regiões são idênticas e separadas por uma barreira com abertura. A configuração das frentes de onda observada na região 2, que mostra o que aconteceu com a onda incidente ao passar pela abertura, caracteriza o fenômeno da?

- absorção.
- difração.
- polarização.
- refração.



Questão 2

(UEMG/2013) Jonas estava na sala de sua casa, que ficava perto de uma escola. Ao ouvir sons vindos da escola, ele concluiu que as ondas sonoras que vinham pelo ar, atingindo e atravessando o vidro, propagavam-se novamente pelo ar até atingir os seus tímpanos. Na passagem do ar para o vidro e do vidro para o ar, as ondas sonoras vindas da escola certamente não sofreram alteração de:

- frequência.
- velocidade.
- comprimento de onda.
- amplitude.

Questão 2

(UEMG/2013) Jonas estava na sala de sua casa, que ficava perto de uma escola. Ao ouvir sons vindos da escola, ele concluiu que as ondas sonoras que vinham pelo ar, atingindo e atravessando o vidro, propagavam-se novamente pelo ar até atingir os seus tímpanos. Na passagem do ar para o vidro e do vidro para o ar, as ondas sonoras vindas da escola certamente não sofreram alteração de:

- frequência.
- velocidade.
- comprimento de onda.
- amplitude.

Questão 3

(UCS – RS) A velocidade de uma onda na água depende da profundidade da água na região em que ela se encontra: quanto maior a profundidade, maior a velocidade da onda. A mudança de velocidade das ondas devido à mudança de características no meio de propagação é conhecida como

- difração.
- interferência.
- refração.
- batimento.
- timbre.

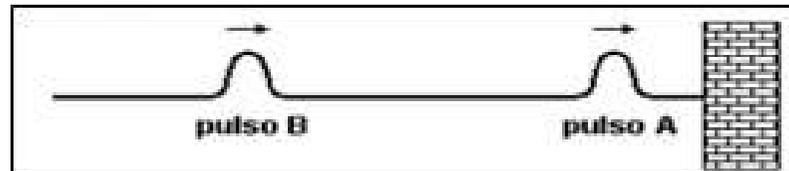
Questão 3

(UCS – RS) A velocidade de uma onda na água depende da profundidade da água na região em que ela se encontra: quanto maior a profundidade, maior a velocidade da onda. A mudança de velocidade das ondas devido à mudança de características no meio de propagação é conhecida como

- difração.
- interferência.
- refração.
- batimento.
- timbre.

Questão 4

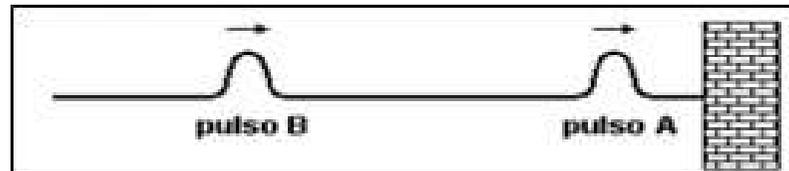
(UFSCAR-SP) Dois pulsos, A e B, são produzidos em uma corda esticada, que tem uma extremidade fixada numa parede, conforme a figura. Quando os dois pulsos se superpuserem, após o pulso A ter sofrido reflexão na parede, ocorrerá interferência:



- construtiva e, em seguida, os dois pulsos seguirão juntos no sentido do pulso de maior energia.
- construtiva e, em seguida, cada pulso seguirá seu caminho, mantendo suas características originais.
- destrutiva e, em seguida, os pulsos deixarão de existir, devido à absorção da energia durante a interação.
- destrutiva e, em seguida, os dois pulsos seguirão juntos no sentido do pulso de maior energia.
- destrutiva e, em seguida, cada pulso seguirá seu caminho, mantendo suas características originais.

Questão 4

(UFSCAR-SP) Dois pulsos, A e B, são produzidos em uma corda esticada, que tem uma extremidade fixada numa parede, conforme a figura. Quando os dois pulsos se superpuserem, após o pulso A ter sofrido reflexão na parede, ocorrerá interferência:



- construtiva e, em seguida, os dois pulsos seguirão juntos no sentido do pulso de maior energia.
- construtiva e, em seguida, cada pulso seguirá seu caminho, mantendo suas características originais.
- destrutiva e, em seguida, os pulsos deixarão de existir, devido à absorção da energia durante a interação.
- destrutiva e, em seguida, os dois pulsos seguirão juntos no sentido do pulso de maior energia.
- destrutiva e, em seguida, cada pulso seguirá seu caminho, mantendo suas características originais.

Questão 5

(UEPB/2011) Em 12 de Janeiro de 2010 aconteceu um grande terremoto catastrófico na região de Porto Príncipe, capital do Haiti. A tragédia causou grandes danos à capital haitiana e a outros locais da região. Sendo a maioria de origem natural, os terremotos ou sismos são tremores causados por choques de placas subterrâneas que, quando se rompem, liberam energia através de ondas sísmicas, que se propagam tanto no interior como na superfície da Terra. Uma onda sísmica pode ser classificada também como longitudinal ou transversal. A respeito dessa classificação, analise as proposições a seguir, e selecione apenas as afirmações verdadeiras.

- Na onda longitudinal, a direção em que ocorre a vibração é igual à direção de propagação da onda.
- Na onda longitudinal, a direção em que ocorre a vibração é diferente da direção de propagação da onda.
- Na onda transversal, a direção em que ocorre a vibração é igual à direção de propagação da onda.
- Na onda transversal, a direção em que ocorre a vibração é diferente da direção de propagação da onda.

Questão 5

(UEPB/2011) Em 12 de Janeiro de 2010 aconteceu um grande terremoto catastrófico na região de Porto Príncipe, capital do Haiti. A tragédia causou grandes danos à capital haitiana e a outros locais da região. Sendo a maioria de origem natural, os terremotos ou sismos são tremores causados por choques de placas subterrâneas que, quando se rompem, liberam energia através de ondas sísmicas, que se propagam tanto no interior como na superfície da Terra. Uma onda sísmica pode ser classificada também como longitudinal ou transversal. A respeito dessa classificação, analise as proposições a seguir, e selecione apenas as afirmações verdadeiras.

- Na onda longitudinal, a direção em que ocorre a vibração é igual à direção de propagação da onda.
- Na onda longitudinal, a direção em que ocorre a vibração é diferente da direção de propagação da onda.
- Na onda transversal, a direção em que ocorre a vibração é igual à direção de propagação da onda.
- Na onda transversal, a direção em que ocorre a vibração é diferente da direção de propagação da onda.

Questão 6

(UFMG/2004) O muro de uma casa separa Laila de sua gatinha. Laila ouve o miado da gata, embora não consiga enxergá-la. Nessa situação, Laila pode ouvir, mas não pode ver sua gata, POR QUE:

- a onda sonora é uma onda longitudinal e a luz é uma onda transversal.
- a velocidade da onda sonora é menor que a velocidade da luz.
- a frequência da onda sonora é maior que a frequência da luz visível.
- o comprimento de onda do som é maior que o comprimento de onda da luz visível.

Questão 6

(UFMG/2004) O muro de uma casa separa Laila de sua gatinha. Laila ouve o miado da gata, embora não consiga enxergá-la. Nessa situação, Laila pode ouvir, mas não pode ver sua gata, POR QUE:

- a onda sonora é uma onda longitudinal e a luz é uma onda transversal.
- a velocidade da onda sonora é menor que a velocidade da luz.
- a frequência da onda sonora é maior que a frequência da luz visível.
- o comprimento de onda do som é maior que o comprimento de onda da luz visível.

Questão 7

Uma onda pode:

- transportar energia
- transportar matéria
- transportar matéria e energia
- nenhuma das alternativas

Questão 7

Uma onda pode:

- transportar energia
- transportar matéria
- transportar matéria e energia
- nenhuma das alternativas

Questão 8

As grandezas relacionadas a uma onda são: frequência, comprimento, velocidade de propagação. Quais das grandezas citadas dependem exclusivamente da fonte emissora?

- amplitude e frequência
- amplitude e velocidade
- amplitude e comprimento de onda
- velocidade e comprimento de onda
- frequência e comprimento de onda

Questão 8

As grandezas relacionadas a uma onda são: frequência, comprimento, velocidade de propagação. Quais das grandezas citadas dependem exclusivamente da fonte emissora?

- amplitude e frequência
- amplitude e velocidade
- amplitude e comprimento de onda
- velocidade e comprimento de onda
- frequência e comprimento de onda

Referências

- ALBERTO, G. Compreendendo a física. 2. ed. São Paulo: Ática, 2013.
- RAMALHO, F. GILBERTO; N. TOLEDO; P. A. Os fundamentos da Física. 11 ed. São Paulo: Editora Moderna, 2015.
- HALLIDAY, D. Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica. 8ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2008.
- Representação Gráfica da Amplitude (A) e do Comprimento de Onda (λ) de uma onda, adaptada de: <https://image.slidesharecdn.com/ondassite-110827100007-phpapp01/95/ondas-site-5-728.jpg?cb=1314439900>
- SANTOS, Bianca Martins, Vídeo (2 min e 56 s). Onda transversal e longitudinal com audiodescrição e libras. <https://youtu.be/gCE3P2oh1Bw>
- Figura do Esquema sobre a formação da voz humana, adaptado de: <http://francielelorryfonseca.blogspot.com/p/saude-vocal.html>
- Figura de Representação do sinal de wi-fi em uma casa: <https://www.minhaoperadora.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Algar-Wifi.jpg>
- Figura de Ondas Transversais e Longitudinais: <http://www.explicatorium.com/images/cfq-8/ondas-longitudinais-transversais.jpg>

- Figura de reflexão com extremidade móvel:
<https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/be/conteudo/images/reflexao-sem-inversao-de-fases.jpg>
- Figura de reflexão com extremidade fixa:
<https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/be/conteudo/images/ffe9f7e566a51a55c18a0983f3bdaeed.jpg>
- Figura de refração em uma corda menos densa para mais densa, adaptado de:
https://static.preparaenem.com/conteudo_legenda/7ee028f25caa2f2e619a519cc7b1f361.jpg
- Figura de refração em uma corda mais densa para menos densa, adaptado de:
<https://static.preparaenem.com/conteudo/images/pulso-refratado.jpg>
- Figura de difração: <https://s5.static.brasilecola.uol.com.br/img/2017/09/difracao-fenda-pequena.jpg>
- Figura de interferência construtiva:
<https://www.if.ufrj.br/~bertu/fis2/ondas1/Image107.gif>
- Figura de interferência destrutiva, adaptada de:
https://images.educamaisbrasil.com.br/content/banco_de_imagens/guia-de-estudo/D/interferencia.JPG
- Figura de polarização:
<https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/be/conteudo/images/Onda%20luminosa%20sofrendo%20polarizacao.jpg>