



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB

Weudes Lima Bomfim

O USO DE MULTIMEIOS NO ESTUDO DE ONDAS NO ENSINO MÉDIO

Orientador: Prof. Dr. Ferdinand Martins da Silva
Coorientadora: Profa. Dra. Cristina Porto
Gonçalves

Vitória da Conquista - BA

2022

Weudes Lima Bomfim

O USO DE MULTIMEIOS NO ESTUDO DE ONDAS NO ENSINO MÉDIO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação (PPG) no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Orientador: Prof. Dr. Ferdinand Martins da Silva
Coorientadora: Profa. Dra. Cristina Porto Gonçalves

Vitória da Conquista - BA

2022

B683u

Bomfim, Weudes Lima.

O uso de multimeios no estudo de ondas no ensino médio. / Weudes Lima
Bomfim, 2022.

169f. il.

Orientador (a): Dr. Ferdinand Martins da Silva.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,
Programa de Pós Graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino
de Física – MNPEF, Vitória da Conquista, 2022.

Inclui referência F. 147 - 149.

1. Ensino de física – Aprendizagem significativa. 2. Ondas. 3. UEPS – Unidade de
Ensino Potencialmente Significativa. I. Silva, Ferdinand Martins da. II. Universidade
Estadual do Sudoeste da Bahia, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física-
MNPEF. III. T.

CDD 530.07

*Catálogo na fonte: **Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890***

Bibliotecária UESB – Campus Vitória da Conquista -BA



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
 PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO Mestrado Nacional Profissional
 EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF
 Área de concentração: Ensino de Física



ATA DE BANCA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Mestrado

Aos vinte e seis dias do mês de abril de 2022, às 9h00, por meio da plataforma virtual *Google Meet*, de conta institucional da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Vitória da Conquista, instalou-se a Banca Examinadora para avaliação da dissertação intitulada “*Uso de multimeios no estudo de ondas no ensino médio*”, de autoria de Weudes Lima Bomfim, discente do Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. A banca examinadora foi presidida pelo professor Dr. Ferdinand Martins da Silva, orientador do mestrando e contou com a participação dos professores Dr. Milton Souza Ribeiro e Dr. Walter Duarte de Araújo Filho, na condição de examinadores; tendo sido APROVADO. Entretanto, para que o respectivo título possa ser concedido, com as prerrogativas legais dele advindas, o exemplar definitivo da referida dissertação deverá ser entregue (enviada), na secretaria do mestrado, em um prazo máximo de 60 (sessenta) dias, com as alterações e/ou correções sugeridas pelos membros da banca, para que possa ser homologado pelas instâncias competentes da UESB.

Ferdinand Martins da Silva
 Prof. Dr. Ferdinand Martins da Silva

Presidente da Banca Examinadora/Orientador

Milton Souza Ribeiro

Prof. Dr. Milton Souza Ribeiro
 Examinador externo

Walter Duarte de Araújo Filho

Prof. Dr. Walter Duarte de Araújo Filho
 Examinador externo

Weudes Lima Bomfim
 Weudes Lima Bomfim

Discente

Cristina Porto Gonçalves

Profa. Dra. Cristina Porto Gonçalves
 Coordenadora do PPG-MNPEF

2022



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
 PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO Mestrado Nacional Profissional
 EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF
 Área de concentração: Ensino de Física



USO DE MULTIMEIOS NO ESTUDO DE ONDAS NO ENSINO MÉDIO

AUTOR: WEUDES LIMA BOMFIM

DATA DE APROVAÇÃO: 26 de abril de 2022

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em convênio com a Sociedade Brasileira de Física – SBF, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Área de concentração: Ensino de Física.

COMISSÃO JULGADORA

Ferdinand Martins da Silva
 PROF. DR. FERDINAND MARTINS DA SILVA
 PRESIDENTE DA BANCA EXAMINADORA/ORIENTADOR

Milton Souza Ribeiro
 PROF. DR. MILTON SOUZA RIBEIRO
 EXAMINADOR EXTERNO

Walter Duarte de Araújo Filho
 PROF. DR. WALTER DUARTE DE ARAÚJO FILHO
 EXAMINADOR EXTERNO

2022



Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF
 Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB
 Estrada do Bem Querer Km, 04, Vitória da Conquista - BA
 CEP: 45031-300



DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação à minha esposa Silvana, pelo constante incentivo, amizade, e apoio nas madrugadas nas horas de estudos.

Dedico também ao meu orientador Prof. Dr. Ferdinand Martins da Silva e a coorientadora Profa. Dra. Cristina Porto Gonçalves pela confiança, orientação e muita paciência.

AGRADECIMENTOS

A Deus que com sua infinita bondade, consentiu a realização de mais um sonho.

Aos meus pais, Valdívio e Dalva, e meus irmãos (Wesley, Wadson e William) que sempre me incentivaram nos estudos.

A minha esposa Silvana e filhos (Wendy, Wendel e Rosana) que sempre me apoiou nos momentos difíceis, com carinho, amor, incentivo e paciência.

Ao orientador e à coordenadora, pela paciência e confiança na realização deste trabalho, sempre dispostos a me ajudar a qualquer momento.

Aos meus professores da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia -UESB, pois sem o incentivo deles eu não teria conquistado o título, em especial os professores: Dr. Jornandes Jesus Correia; Dr. Luizdarcy De Matos Castro; Dra. Cristina Porto Gonçalves; Dr. Ferdinando Martins Da Silva; Dr. Wagner Duarte José; Dr. Valmir Henrique De Araújo; e Dr. Silvânio Bezerra De Oliveira, que trouxeram na minha vida, uma melhor compreensão do Mundo da Física.

À Sociedade Brasileira de Ensino de Física, pelo programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física –MNPEF, implantado na UESB, que além de atender a cidade de Vitória da Conquista-BA, atende várias regiões e estados.

Aos discentes do mestrado, do MNPEF -UESB, turma 2019.

À Capes, pelo apoio financeiro.

Aos funcionários e alunos da Escola Estadual de Mata Verde - EEMV, da cidade de Mata Verde -MG (2021), onde exerço a função de Professor de Educação Básica - PEB, na disciplina Física e Matemática.

RESUMO

É notório que o Ensino de Física praticado atualmente na maioria das escolas brasileiras de Educação Básica apresenta diversos problemas, dentre os quais podemos citar o tema da “Aprendizagem”. Vários estudos sobre o Ensino de Física no Brasil têm demonstrado que a maioria dos alunos do Ensino Médio tem dificuldade em aprender o conteúdo da disciplina e aplicá-lo no seu dia a dia. Dentre as alternativas propostas pelos estudiosos aparecem as atividades experimentais, a produção textual, utilização de vídeos e simulações como recursos metodológicos capazes de captar a atenção e curiosidade dos estudantes. Neste sentido, o presente trabalho busca investigar o potencial dessas ferramentas, utilizando como estratégia a elaboração e aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS, permitindo a análise do conhecimento prévio dos alunos sobre Ondas, bem como o aprofundamento por meio de participação ativa e reflexiva dos estudantes. Nesta sequência foram trabalhados os conceitos de Ondas usando diferentes explicações ou pontos de vistas, e utilizando os pressupostos teóricos metodológicos de Marco Antônio Moreira, que foram aplicadas numa série de nove aulas durante os meses de setembro e dezembro de 2021, na Escola Estadual de Mata Verde - EEMV, na cidade de Mata Verde - MG.

PALAVRAS-CHAVE: Ondas; UEPS; Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

It is clear that Physics Teaching currently practiced in most Brazilian Basic Education schools presents several problems, among which we can mention the theme of "Learning". Several studies on Physics Teaching in Brazil have shown that most high school students have difficulty learning the content of the discipline and applying it in their daily lives. Among the alternatives proposed by scholars are experimental activities, textual production, use of videos and simulations as methodological resources capable of capturing the attention and curiosity of students. In this sense, the present work seeks to investigate the potential of these tools, using as a strategy the elaboration and application of a Potentially Significant Teaching Unit - UEPS, allowing the analysis of students' prior knowledge about Waves, as well as deepening through active participation. and reflective of students. In this sequence, the concepts of Waves were worked using different explanations or points of view, and using the theoretical and methodological assumptions of Marco Antônio Moreira, which were applied in a series of nine classes during the months of September and December 2021, at Escola Estadual de Mata Verde - EEMV, in the city of Mata Verde - MG.

KEYWORDS: Waves; UEPS; Meaningful Learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dissertações do MNPEF sobre Ondas.	19
Figura 2 – Simulações Interativas PhET	34
Figura 3 – Um esquema para captação de significados em um episódio de ensino	38
Figura 4 – Onda do mar	40
Figura 5 – Exemplos de Ondas em uma mola, em dominó, e em uma corda	41
Figura 6 – Forma de onda.....	42
Figura 7 – Ondas Longitudinais	43
Figura 8 – Ondas sísmicas	43
Figura 9 – Onda Harmônica	44
Figura 10 – Gráfico de $U(x)$	48
Figura 11 – Sistema massa-mola	48
Figura 12 – Sistema massa-mola.....	51
Figura 13 – Variação da fase inicial	52
Figura 14 – Comparação entre a curvas da $x(t)$, da $v(t)$ e da $a(t)$	52
Figura 15 – Pêndulo de Torção.....	54
Figura 16 – Pêndulo simples	55
Figura 17 – Movimento circular	56
Figura 18 – Comparação de Amortecimento.....	59
Figura 19 – Gráfico de x_m verso frequência.	59
Figura 20 – Onda Harmônica	60
Figura 21 – Interferência de ondas	64
Figura 22 – Batimento	65
Figura 23 – Pulso de onda em uma corda em extremidade livre e fixa.....	65
Figura 24 – Difração de uma onda	68
Figura 25 – Ângulos de incidência, reflexão e refração	69
Figura 26 – Representação de uma onda sonora	70
Figura 27 – Duas fontes em fase – Interferência construtiva	71
Figura 28 – Duas fontes com fases invertidas – Interferência destrutiva.....	71
Figura 29 – Duas fontes em fase	72
Figura 30 – Observador e Fonte em Repouso	73
Figura 31 – Fonte sonora em movimento.....	74
Figura 32 – Direção qualquer de movimento	75
Figura 33 – Cone de Mach.	76
Figura 34 – Espectro eletromagnético.	81
Figura 35 – Onda Plana.	83
Figura 42 – Alunos do EEMV, assistindo os vídeos sobre Ondas	95
Figura 43 – Alunos do EEMV brincando no experimento telefone com fio.....	97
Figura 44 – Atividades de experimentos virtuais sobre ondas	98
Figura 45 – Experimento Virtual do Phet de Ondas em uma corda.....	99
Figura 46 – Alunos do EEMV produzindo ondas em corda.....	100
Figura 47 – Alunos do EEMV produzindo oscilações..	101
Figura 48 – Exemplo de paródia produzida pelos alunos do EEMV	102
Figura 49 – Podcast 01	103
Figura 50 – Podcast 02	103
Figura 51 – Podcast 03	103
Figura 52 – Podcast 04	104
Figura 53 – Podcast 05	104
Figura 54 – Podcast 06	104

Figura 55 – Podcast 07 105
Figura 56 – Podcast 08 105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dissertações sobre Aplicações de Onda – MNPEF	19
Tabela 2 – Questionário de Discussão 01	95
Tabela 3 – Questionário de Discussão 02	97
Tabela 4 – Cronograma da UEPS	114

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	18
2.1	OBJETIVO GERAL.....	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1	Dissertações sobre Aplicações de Onda – MNPEF.....	21
4	PRESSUPOSTOS TEÓRICOS-METODOLÓGICOS.....	29
4.1	A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.....	29
4.2	Fatores que determinam a Aprendizagem Significativa.....	30
4.3	Conceitos Fundamentais da Aprendizagem Significativa.....	30
4.4	Como os conceitos são adquiridos	31
4.5	Quando ocorre a Aprendizagem Significativa?.....	31
4.6	Tipos de Aprendizagem Significativa:	32
4.7	Como se pode favorecer a Aprendizagem Significativa?.....	32
4.8	Quais os Meios de Ensino e de Aprendizagem?.....	32
4.9	As UEPS como Estratégias Didático-Pedagógicas.	32
4.10	Passos da elaboração de uma UEPS	35
4.11	Qual foi a abordagem de pesquisa nesse produto educacional?.....	39
5	ESTUDO SOBRE ONDAS	40
5.1	Ondas.....	40
5.2	Classificação das Ondas	41
5.2.1	Quanto à Natureza	41
5.2.2	Quanto à Vibração (forma).....	42
5.2.3	Quanto à Dimensão	44
5.3	Ondas Periódicas	44
5.3.1	Características.....	44
5.3.2	Elementos das ondas periódicas	45
5.4	Oscilações.....	47
5.5	Movimento Harmônico Simples (MHS)	49
5.5.1	Interpretação física dos parâmetros do MHS	51
5.5.2	Ajuste das condições iniciais	52
5.5.3	Energia do MHS	53
5.5.4	Aplicações do MHS.....	53
5.6	Oscilador amortecido.....	57
5.6.1	Amortecimento subamortecido.....	58
5.6.2	Amortecimento Crítico	58
5.6.3	Amortecimento subcrítico	58
5.6.4	Ressonância	59
5.7	Ondas em uma dimensão.....	60
5.7.1	Ondas progressivas	60
5.7.2	Ondas harmônicas	60
5.7.3	A equação das cordas vibrantes.....	61
5.7.4	Princípio de Superposição	61
5.7.5	Intensidade de uma Onda	62
5.7.6	Interferência de Ondas	62
5.7.7	O fenômeno de batimento.....	64
5.8	Reflexão das Ondas	65
5.9	Ondas Sonoras	66

5.9.1	A formação das ondas sonoras	66
5.9.2	Qualidades fisiológicas das ondas sonoras	67
5.10	Natureza do Som	67
5.11	Princípios de Huygens	68
5.12	Reflexão, Refração e Interferência	68
5.12.1	Reflexão do som	68
5.12.2	Refração do som	69
5.12.3	Interferência sonora	70
5.13	Efeito Doppler	72
5.13.1	Observador e Fonte em Repouso	73
5.13.2	Observador em Movimento e Fonte em Repouso	73
5.13.3	Observador em Repouso e Fonte em Movimento	74
5.13.4	Fonte e Observador em Movimento	75
5.13.5	Movimento em Qualquer Direção	75
5.13.6	Velocidades Supersônicas	76
5.14	Ondas Eletromagnéticas	77
5.14.1	Equações de Maxwell	77
5.14.2	As ondas Eletromagnéticas	79
5.14.3	O Espectro Eletromagnético	80
5.14.4	Elementos de uma Onda Eletromagnética	82
5.14.5	Equação de uma Onda Eletromagnética	83
6	METODOLOGIA.....	85
6.1	Local de Realização da Pesquisa e Público-alvo	85
6.2	Recursos Educacionais utilizados:	86
6.3	Instrumentos para obtenção dos dados	87
6.4	Cronograma de Realização das Atividades e Aplicação da UEPS.....	87
7	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	94
7.1	Definindo os objetivos.....	94
7.2	Situação inicial	96
7.3	Situação Problema	97
7.4	Nova Situação.....	99
7.5	Diferenciando Progressivamente	100
7.6	Avaliação da Aprendizagem em UEPS	101
7.7	Avaliação da Própria UEPS.....	101
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	106
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
	ANEXOS	114
	APÊNDICES	120

1 INTRODUÇÃO

É notório que o Ensino de Física praticado atualmente na maioria das escolas brasileiras de Educação Básica apresenta diversos problemas, dentre os quais podemos citar o tema da “Aprendizagem”. Conforme destaca ARAÚJO (2015, p.1) *“as diversas pesquisas realizadas sobre o ensino de Física no Brasil têm mostrado que a maioria dos estudantes do Ensino Médio tem dificuldade em aprender os conteúdos desta disciplina, bem como, aplicá-los em situações cotidianas”*

Nessa linha de pensamento, VILLATORRE (2009, p.88). afirma que *“o Ensino de Física deve contribuir para a articulação da visão de mundo do estudante através da integração com os demais conhecimentos, e isso nos leva dar um novo olhar à sala de aula, trazendo para dentro o contexto cultural do aluno”*

Dentre as alternativas propostas pelos estudiosos aparecem as Atividades Experimentais, a Produção Textual, Vídeos e Simulações como recursos metodológicos capazes de captar a atenção e curiosidade dos estudantes, durante a realização das aulas de Física.

De acordo com o Dicionário Escolar da Academia Brasileira de Letras (2011, p.886):

“Multimídia é a técnica que integra simultaneamente múltiplos meios de comunicação (texto, imagem, som) transmitidos através das redes (TV, Rádio, jornal, revistas, livros, folhetos e sites da Internet)”. A utilização da multimeios é aplicada em vários domínios como a expressão sociocultural, a criação artística, a informação e o entretenimento.

O uso de Multimeios no Ensino de Física funciona como um suporte de informação (ou conteúdo) constituído por diversos materiais como Vídeos (Tik-Tok, Kwai, Youtube, produções próprias, etc.), Podcast, Experimentos Virtuais e Físicos, Atividades Lúdicas, hipermídias, etc., os quais caracterizam-se por um registro histórico e constante desenvolvimento, uma vez que a cada dia surge uma nova tecnologia.

Neste sentido, o presente trabalho busca investigar o potencial dessas ferramentas, utilizando como estratégia a elaboração e aplicação de uma **Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS**, permitindo a análise do conhecimento prévio dos alunos sobre o tema *Ondas*, bem como o aprofundamento por meio de participação ativa e reflexiva dos estudantes.

Segundo Moreira (2011, p.2), as UEPS *“são sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula”*. Em outras palavras,

as UEPS são sequências de ensino fundamentadas na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel (1980), que visam atuar como facilitadores da aprendizagem.¹

De acordo com Moreira (2012, P.02), "*a aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se, de maneira substantiva (não-litera) e não-arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo*". Ou seja, o novo conhecimento adquirido está atrelado ao conhecimento prévio que o aluno possui. Ausubel (1980) define este conhecimento prévio como um "*subsunçor*". Os *subsunçores* são estruturas de conhecimento específicas que podem ser mais ou menos abrangentes, dependendo da frequência com que a aprendizagem significativa ocorre em conexão com um determinado subsunçor.

A partir da prática do autor como professor de Física no Ensino Médio, convivendo diariamente com as dificuldades de aprendizagem dos estudantes, se procurou introduzir novas metodologias que fossem capazes de motivar e envolver os estudantes nas aulas de Física.

Nesse sentido, surgiu a ideia de desenvolver o tema *Ondas*, a partir dos pressupostos teóricos metodológicos apontados por Moreira (2011) e Ausubel (1980), abordando a importância da mediação do professor para a elaboração de atividades e resoluções de problemas presentes no dia a dia do estudante relativo ao tema anteriormente citado. Por exemplo, quando alguém vai ao dentista e é submetido a um raio-X do dente, ou a uma radiografia do pulmão solicitada pelo médico, temos situações onde estão presentes as Ondas Eletromagnéticas. Da mesma forma, quando uma pessoa liga o rádio na faixa FM 99, a transmissão ocorre por meio das ondas de rádio. A visão do ser humano ocorre devido às ondas eletromagnéticas presentes na região do visível do espectro eletromagnético, e a utilização do aparelho celular. Tudo isso ocorre devido à existência das *Ondas Eletromagnéticas*.

O sonar é uma aplicação da Onda Mecânica. Esse instrumento funciona transmitindo ondas sonoras e normalmente é usado por navios para detectar e localizar objetos no fundo do oceano. Já na ecolocalização, o animal emite sons de altíssima frequência (inaudível para humanos) que retornam ao animal em forma de ecos, quando encontram obstáculos para que ele possa se localizar e saber a que distância encontra se o obstáculo à sua frente. Os morcegos e os golfinhos, são animais que usam a ecolocalização para se orientar, conseguindo localizar obstáculos e presas. Outra aplicação, é a percepção do estouro da pipoca que é devido à propagação de ondas sonoras e não das ondas eletromagnéticas.

¹ Aprendizagem Significativa é o conceito central da Teoria de David Ausubel.

Se procurou desenvolver atividades que partiam daquilo que os estudantes já sabiam em relação ao conteúdo *Ondas*, porém, quando os alunos não possuíam os conhecimentos prévios necessários em sua estrutura cognitiva, nós os fornecíamos com o auxílio de organizadores prévios, que podiam ser uma aula expositiva, um texto, uma atividade ou qualquer outro recurso didático pedagógico.

A interação professor-aluno-conhecimento facilita o ensino da Física despertando no estudante novos significados às suas ideias em face aos conhecimentos científicos. Esse processo de aprendizagem traz ao aluno a possibilidade de se questionar e estabelecer conexões com o mundo em que vive, permitindo que o referido conhecimento tenha relevância em seu cotidiano (LOPES).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa) sobre o conteúdo de ONDAS utilizando Multimeios e Atividades Experimentais baseadas em materiais de baixo custo e fácil aquisição visando uma aprendizagem significativa por parte dos estudantes.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever características ou propriedades de fenômenos ondulatórios, relacionando-os em diferentes contextos;
- Explicar fenômenos ondulatórios por meio de atividades experimentais, vídeos e textos que exploram as ondas sonoras e as ondas eletromagnéticas;
- Discutir sobre as aplicações tecnológicas que envolvem as ondas eletromagnéticas.
- Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representações usadas na Física, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa bibliográfica é o estudo de material teórico sobre o tema de interesse. Foi utilizado como ponto de partida dessa pesquisa a investigação do estudo das dissertações sobre Ondas, utilizando como base o site (na figura 1), do Mestrado Nacional Profissional de Ensino em Física – MNPEF:



Figura 1 - Dissertações do MNPEF sobre Ondas.

Fonte: <<http://www1.fisica.org.br/mnpef/dissertacoes?title=ondas&field_pai_inscricao_value=&field_pol_o_value=All>>. Acesso em 23/03/2022.

Desse modo, foi elencado algumas dissertações sobre Ondas (tabela 1), que oferecem enormes contribuições relacionadas aos conceitos e aplicações.

Tabela 1 – Dissertações sobre Aplicações de Onda – MNPEF

Nº	Título da Dissertação	Autor (a)	Ano da defesa
1	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa como Instrumento de Aprendizagem de Ondas Eletromagnéticas	Joane da Silva Santana	2019
2	Interferência de Ondas numa abordagem de Metodologias Ativas, Ensino sobre medidas e instrução pelos colegas	Wanderley Lago Oliveira	2018
3	Ferramentas Didáticas e a Aprendizagem sobre Ondas Eletromagnéticas e Polarização da Luz	Maria Aparecida Da Conceição Dos Santos	2016
4	A Utilização das UEPS no Estudo das Ondas por meio de uma abordagem CTSA	Dilcinéia Correia da Silva Meneguelli	2020

5	Estudo de ondas na Perspectiva da Aprendizagem Significativa com a construção de um Espectrômetro	Donizete Torre de Morais	2018
6	Variáveis Cefeidas e a contribuição feminina na Ciência: Recursos para o Ensino de Oscilações, Onda e Óptica	Edigenia Ferreira Santos	2017
7	Transmissão e Recepção de Ondas Eletromagnéticas: Uma Abordagem Experimental para o Ensino Médio e Técnico	Rodrigo Teixeira Rossini	2016
8	Uma Proposta de Sequência Didática para o Ensino de Ondas Eletromagnéticas	Valdilene Sonvez	2019
9	Surfando nas Ondas da Rede para descobrir os poderes dos Raios-X	Ana Paula Bim Maldonado	2020
10	Ondas Eletromagnéticas com Ênfase em Raio-X: Uma proposta Didática com o uso de Tecnologias Educacionais	Ana Paula Bim Maldonado	2020
11	Sensoriamento de Experimentos para o Ensino de Ondas Usando Smartphone	Alexsandro Neves Silveira	2021
12	O Estudo de Ondas Mecânicas Através de Abordagem Investigativa com Enfoque na Aplicação Tecnológica	Eliane Vieira Diniz	2020
13	O Ensino de Ondas Eletromagnéticas no Projeto Mundial do Ensino Médio: Uma proposta Interdisciplinar envolvendo Física e Geografia	David Jonathas Borges de Castro	2020
14	O Estudo das Ondas utilizando a Plataforma Arduino como Facilitadora do Processo de Ensino e Aprendizagem por meio de UEPS	José Floriano da Veiga Farias Júnior	2020
15	Ensino de Ondas Eletromagnéticas no 9º Ano do Ensino Fundamental por meio de uma Situação Problema	Rafael José Pereira Vieira	2016
16	Proposta de Sequência Didática para o Ensino de Ondas: Uma Abordagem Teórico-Experimental	Regiane Nunes Dronov Murgi	2016
17	Desenvolvimento de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o Ensino do Conceito de Ondas	Graziely Ameixa Siqueira dos Santos	2015
18	Sequência Didática para o Ensino e Produção de Ondas Eletromagnéticas	Tiago Vieira do Nascimento	2020

3.1 Dissertações sobre Aplicações de Onda – MNPEF

O trabalho de Santana (2019) visa despertar nos alunos do Colégio Estadual Renato Viana, no município de Anagé, o interesse em compreender os fenômenos das ondas eletromagnéticas, tão presentes no cotidiano, por meio de uma sequência didática na Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), baseado na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.

O produto educacional de Oliveira (2018) trata de uma sequência de ensino sobre *Interferência de Ondas*, que utiliza em conjunto os métodos de Medidas e Instrução pelos colegas. A sequência é dividida em quatro módulos e a implementação ocorre no currículo do segundo ano do ensino médio da disciplina de Física do Colégio Estadual Edilson Freire de Maracás-BA. O ensino sob Medida desenvolvido por Gregor Novak leva em consideração os conhecimentos prévios dos alunos. Pode-se inferir que a sequência de ensino realizada impacta positivamente no processo de ensino. O método Peer Instruction, desenvolvido por Eric Mazur, propõe aulas nas quais os conceitos físicos podem ser compreendidos a partir de discussões, além da interação e participação do aluno no processo de aprendizagem. Desta forma, os alunos assumem a responsabilidade pela sua própria aprendizagem. Destacam-se os conteúdos abordados: *interferência de ondas*, *experimento de Young*, *interferência de elétrons e efeito fotoelétrico*. Concluiu-se que a utilização desses métodos pode ser modificada de acordo com as necessidades de uso do ensino médio, permitindo que os professores empreguem diferentes estratégias de ensino e aprendizagem em sua prática diária. A eficácia do produto também é comprovada, o que aumenta o interesse e a motivação dos alunos, pois é uma forma divertida de aprender.

O trabalho de Santos (2016) fornece ferramentas didáticas para o Ensino de Física no conteúdo de ondas eletromagnéticas e polarização da luz que podem contribuir para professores como subsídio de estudos do ensino médio e superior. Esse produto educacional foi utilizado para compreender sua utilização no processo de ensino e aprendizagem dos alunos. Do ponto de vista da teoria da aprendizagem significativa, tendo como organizadores prévios a observação de filtros polarizadores, bem como a observação de um display de cristal líquido (LCD). Ao final de cada organizador prévio, o grupo foi solicitado a desenvolver um mapa conceitual dos conceitos assimilados sobre ondas eletromagnetismo e polarização da luz. Os

resultados mostram que a metodologia que foi utilizada em sala aula, contribuíram significativamente para a aprendizagem dos alunos, sobre o conteúdo proposto.

A pesquisa de Meneguelli (2020) apresenta uma proposta estruturada que utiliza uma sequência didática baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) com abordagem de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (CTSA). Segundo Bonadiman e Nonenmacher (2007), o Ensino de Física tem sido feito nas escolas com ênfase na matemática em detrimento dos conceitos, o que acarreta dificuldades no aprendizado dessa disciplina. Como forma de tentar diminuir essa dificuldade, o produto educacional proposto (TAS) utiliza uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS). A pesquisa realizada visa responder às seguintes questões: “Como a utilização da Teoria da Aprendizagem Significativa UEPS, aliada a uma abordagem CTSA, pode melhorar a aprendizagem das ondas eletromagnéticas no ensino médio?”. O produto educacional aqui proposto foi desenvolvido em uma escola estadual do Espírito Santo em uma turma de segundo ano do ensino médio, utilizando instrumentos como: questionários, mapas conceituais, experimentos de baixo custo e de laboratório, seminários e visitas técnicas, para coletar dados que será analisado à luz do TAS. Os dados coletados foram analisados por meio de gráficos, unidades significativas e uma descrição detalhada com base nos conceitos abordados. A análise conseguiu, por meio dos mecanismos de aprendizagem utilizados, perceber que uma UEPS, quando bem estruturada, pode servir como instrumento para o desenvolvimento da aprendizagem significativa.

Morais (2018) traz uma sequência didática voltada ao ensino de alunos do 2º ano do ensino médio, tratando do conteúdo *Ondas Mecânicas e Eletromagnéticas*. Técnicas espectroscópicas, que são usadas em várias aplicações científicas e tecnológicas. O objetivo principal é que os professores possam contar com esse esquema baseado em resultados qualitativos e buscar a disposição do aluno para querer aprender e a eficácia da relação professor-aluno, utilizando o conteúdo potencialmente significativo. O mapeamento do conhecimento prévio foi realizado por meio de um mapa conceitual. Ampliação e sistematização do conhecimento, por meio de discussão de questões em grupos, selecionadas para a realização desta pesquisa, apresentação de vídeos e palestras, tudo levando em consideração o mapeamento dos conhecimentos prévios. A relação direta com o mundo real foi alcançada através dos experimentos apresentados pelos alunos, e ao final foi apresentado um espectrômetro simples e barato, construído para experimentos de espectroscopia. Por meio de mapas conceituais, foi possível mapear o conhecimento adquirido.

Neste trabalho, Santos (2017) enfatiza as contribuições científicas das mulheres e desenvolve uma sequência didática com produtos baseados em observações de variáveis

Cefeidas. Utilizaremos como pano de fundo o método de análise da curva de luz contextualizado com os procedimentos originalmente utilizados por Henrietta Leavitt no século XX, mas com procedimentos modernizados. Ela desenvolve sua pesquisa por meio de uma sequência didática que explora os conceitos de oscilações, ondas e óptica que foram estudados no ensino médio, e que também podem ser utilizados no último ano do ensino fundamental. Os materiais podem ser utilizados de forma independente, como a caixa do simulador de campo estelar, que serve como recurso prático para simular observações do céu em situações em que não poderíamos promover observações com os alunos. Da planilha eletrônica interativa que ilustrou especificamente os conceitos de período e frequência necessários para entender o gráfico Período-Luminosidade com o qual Leavitt revolucionou a astrofísica. Ajuda os professores na produção de vários vídeos de formação que ajudam na reprodução da nossa atividade ou no desenvolvimento do nosso próprio material. Com esses recursos podemos explicar o conceito de fotometria e grandezas que podem ser medidas usando luz incidente em um detector, além de explorar os conceitos de óptica, instrumentos ópticos e medição de fluxos de luz em mapas de fluxo.

O objetivo de Rossini (2016) é mostrar a transmissão de dados/voz através de AM e FM utilizando experimentos de baixo custo em uma atividade exploratória que ajude o aluno a obter um aprendizado significativo do assunto. Produzindo um ambiente onde o aluno se depare com esses problemas com um olhar crítico e científico. Este material corresponde à elaboração de uma sequência de atividades experimentais envolvendo a transmissão/recepção de ondas eletromagnéticas. Para a aplicabilidade desta proposta, os experimentos foram elaborados para serem de baixo custo e de fácil utilização em sala de aula. Com este material, o aluno terá a oportunidade de explorar conceitos relacionados a ondas como frequência, período e amplitude. Além de ser apresentado a conceitos e tecnologias amplamente utilizados na sociedade moderna sem a necessidade de um laboratório com instrumentos mais caros.

O trabalho Sonvez (2019), teve como objetivo aplicar, desenvolver, implementar e avaliar o potencial pedagógico de uma sequência didática sobre ondas eletromagnéticas. A sequência didática foi construída com base teórica na aprendizagem significativa de Ausubel, que considera a aprendizagem significativa como a associação de ideias anteriores que existem na estrutura cognitiva do aluno com ideias novas adquiridas. Essa sequência foi realizada em uma turma de 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública do interior do Paraná. Este trabalho faz parte do campo da pesquisa qualitativa. Para a constituição dos dados, utilizou-se o diário de campo, e a análise foi orientada pela interpretação e atribuição de significados. A partir dos resultados, pode-se destacar maior envolvimento dos alunos no aprendizado,

desenvolvimento de competências e habilidades do senso crítico, espírito democrático, respeito e alegria em aprender. Por fim, a partir da observação, análise e interpretação dos dados, foi possível aferir que esta sequência didática produzida e utilizada com essas referências têm um grande potencial pedagógico para o ensino do conteúdo de “Ondas Eletromagnéticas”.

A obra de Maldonado (2020) é uma sequência didática (SD) baseada em Zabala (1998). Com o objetivo de aproximar os alunos do Ensino Médio ao conteúdo de física moderna e contemporânea e utilizar a tecnologia pedagógica na sala de aula por meio do Acesso Remoto, foi desenvolvida esta sequência, que relaciona o cotidiano, o conteúdo científico e a experimentação. Seu principal objetivo, ao planejar e aplicar esta SD, é proporcionar uma aprendizagem significativa, ou seja, que os novos conhecimentos estejam relacionados aos conhecimentos prévios que o aluno possui, e que estes tenham significado. Acredita-se também que os alunos podem se sentir mais motivados e podem se relacionar e apreciar a importância da física como ciência. Para realizar o experimento, há uma colaboração com o Laboratório de Acesso Remoto (que conta com um equipamento de raios X EXPERT 4.0 PHYWE), da Universidade Estadual de Maringá. Esse aparelho é usado para tirar fotos, por exemplo: de uma calculadora dentro de uma embalagem e da fruta do Urucum. Essa captura é feita via acesso remoto em tempo real, por alunos e professores que estão na escola. Espera-se que esta SD possa contribuir para o Ensino de Física, ser útil para professores da disciplina de Física interessados, de acordo com sua realidade e possibilidades, podendo também ser adaptada, desde que contribua significativamente para o processo ensino-aprendizagem.

O objetivo do trabalho de Maldonado (2020) é proporcionar uma prática pedagógica que contextualize e utilize tecnologias pedagógicas no estudo das ondas eletromagnéticas, especificamente os raios X, conceito que é considerado na Física Moderna e Contemporânea (FMC). Busca promover um conhecimento crítico e detalhado sobre o surgimento dos raios X, suas aplicações e significado na atualidade. Desenvolvemos e utilizamos uma sequência didática baseada na aprendizagem significativa de Ausubel, no terceiro ano do ensino médio no Colégio Estadual Barão do Rio Branco, município de Inajá, PR. Ao reavaliar o processo de ensino e aprendizagem, buscamos mais possibilidades didático-metodológicas que pudessem agregar e contribuir para a qualidade da educação básica de acordo com as Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná (2008). Estamos convencidos de que os recursos tecnológicos associados ao currículo escolar podem estimular e contribuir para o processo de ensino-aprendizagem. Esta proposta aborda o uso de experimentos de raios X via acesso remoto com objetos que estão presentes no cotidiano dos alunos. A partir dessa prática experimental, percebeu-se um grande aumento no interesse e participação dos alunos na componente

curricular da disciplina Física, bem como nos conceitos abordados na Física Moderna. Outra contribuição não menos importante foi que os alunos entendem que a ciência não é algo claro e acabado, desde a descoberta dos raios X até os dias de hoje evoluiu muito e o mesmo está presente com diversas ações em nosso cotidiano.

Segundo Silveira (2021), a presença dos celulares na sala de aula é um desafio, e pretendemos, em vez de nos reunirmos, tentar minar a sua presença nas salas de aula. Use-o como aliado no processo de ensino-aprendizagem nas aulas da disciplina Física. Nesse sentido, fizemos um experimento para estudar as ondas dentro de tubos sonoros utilizando o smartphone como suporte para realizar e monitorar o experimento. Além deste experimento, utilizamos mais dois: sistema massa mola e pêndulo simples, também utilizamos sensores encontrados no celular, através do aplicativo Phyphox, para coletar dados e tornar mais concreto o conceito de onda. Por isso, focamos nos conceitos de forma de onda, e tentamos criar ferramentas para promover a aprendizagem significativa.

A obra Diniz (2020) busca despertar o interesse dos alunos por meio de aulas exploratórias com foco em tecnologia. Pensando nisso, é apresentada uma proposta voltada para professores de Física avançada, com uma perspectiva de trabalhar o conteúdo de ondas sonoras a partir da aplicação em ultrassom. Nosso objetivo é fazer com que os alunos compreendam os fenômenos físicos e conceitos envolvidos na formação da imagem durante este exame. Para isso utilizamos situações investigativas, problematizações, simulações, experimentos, textos e vídeos em horários definidos. Nesse sentido, buscamos trabalhar com exploração, e dar aos alunos a oportunidade de agir de forma reflexiva e ativa em cada situação proposta, e permitir a discussão em aula, para ampliar o conhecimento da ciência. Após a intervenção didática, percebemos que o produto educacional gerado a partir deste trabalho despertou a curiosidade dos alunos durante as aulas desenvolvidas e que trazer conteúdos relacionados a equipamentos tecnológicos pode preencher a lacuna causada pelas aulas expositivas e baseadas na resolução de problemas. Muita importância para os alunos.

Segundo Castro (2020), as pesquisas em ensino, não só em Física, mas em outras disciplinas em geral, indicam que há grandes lacunas entre o que foi ensinado e o que foi efetivamente aprendido. Por isso, buscam-se novos métodos que auxiliem o professor a melhorar o processo de ensino-aprendizagem. Este trabalho faz parte dessa realidade, utilizando o Ensino por Investigação em uma abordagem interdisciplinar envolvendo as disciplinas de Física e Geografia com uma turma do Ensino Médio do Projeto Mundial na cidade de Ananindeua-PA. O objetivo geral da pesquisa foi analisar o impacto do uso dessas abordagens e seu impacto na competência científica dos alunos, e proporcionar não só a aprendizagem do

conteúdo, mas também o desenvolvimento de habilidades que se aproximem das habilidades utilizadas pelos pesquisadores, como relatar, explicar, refletir e expor sobre as atividades desenvolvidas. Para isso, buscou-se aproximar o conteúdo ministrado na escola das situações cotidianas do aluno, como o uso de GPS e propagação de ondas, bem como o uso de mapas e Rosa dos Ventos, que fizeram o aluno perceber que as ondas eletromagnéticas estão presentes em diversas situações do seu cotidiano, obrigando-o a entregar o papel de espectador a um participante ativo no seu processo de aprendizagem. Os resultados indicam que a abordagem interdisciplinar contribuiu para um aprendizado significativo para os alunos, incluindo conceitos abstratos complexos, como a natureza tridimensional da propagação de ondas eletromagnéticas. Como produto pedagógico da pesquisa, foi escrito um texto de apoio ao professor, onde a proposta didática é apresentada em uma linguagem objetiva, para uso direto em sala de aula.

A dissertação Júnior (2020) visa contribuir para o ensino de Ondas no Ensino Médio por meio da elaboração, implementação e avaliação de uma sequência didática em consonância com uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), utilizando a plataforma Arduino como facilitadora de ensino. A pesquisa foi realizada com alunos do terceiro ano do ensino médio, do Centro Educacional Interativo, localizado no distrito de Icoaraci, no município de Belém, estado do Pará. Foi proposto um produto educacional que contém as informações e procedimentos para a construção, O produto educacional também contém roteiros de atividades para serem utilizados em sala de aula para possibilitar, por meio de atividades com sensores Arduino como o ultrassom, melhorar o aprendizado de conceitos no Ensino de Física. Em seguida são apresentados os resultados dos questionários (Pré-teste e Pós-teste), participação e apresentação de projetos na feira de Ciências da escola. Estas permitem argumentar pela utilização, da metodologia utilizada pelo professor, nas aulas da disciplina de física.

Neste trabalho, Vieira (2016) apresenta um relato do desenvolvimento e aplicação de uma sequência didática para o ensino de ondas eletromagnéticas no 9º ano do Ensino Fundamental, a partir de uma situação-problema que levanta questões sobre o perigo à vida em um mundo imerso em ondas. Por meio dessa situação-problema, os alunos foram estimulados a investigar diversos fenômenos que envolvem o uso da radiação eletromagnética no cotidiano. A atividade foi dividida em quatro etapas: I) apresentação da situação-problema; II) definição de subtemas de pesquisa e propostas de pesquisa; III) apresentação dos resultados; IV) fazer um vídeo informativo sobre o subtema pesquisado. Durante a realização desses trabalhos, os alunos tiveram a oportunidade de desenvolver habilidades importantes para entender o processo

de construção científica e aprender conceitos físicos, entre outras coisas, enfatizamos o trabalho em equipe nos processos de pesquisa, a capacidade de reconhecer fontes de informação relevantes para a resolução de problemas, capacidade de mobilizar recursos e pessoas e de ouvir e opinar. Além disso, a sequência didática permitiu que os alunos processassem o conhecimento científico de forma multidisciplinar e contextualizada. Os resultados deste trabalho permitiram aprimorar a sequência didática desenvolvida apresentada na forma de um produto educacional para auxiliar os professores de Ciências do Ensino Fundamental a abordar o conceito de ondas eletromagnéticas com os alunos.

A pesquisa de Murgi (2026) configura-se pela elaboração e implantação de um produto educacional com nível técnico em automação industrial na FATEC SENAI na cidade de Dourados-MS. Aulas teóricas e a realização de Atividades Experimentais de Investigação (AEI) voltadas para a montagem e exploração de circuitos elétricos conduziram o estudo e serviram de referência para a compilação de uma sequência didática composta por seis momentos envolvendo atividades de exploração, ambas proporcionando o aprendizado dos conceitos de ondas sonoras e ondas eletromagnéticas. No primeiro momento buscamos identificar o conhecimento prévio dos alunos sobre ondas, no segundo trabalhamos com a parte teórica de ondas eletromagnéticas, além de levantar um problema e registrar hipóteses. No terceiro momento, os alunos realizaram o primeiro AEI para responder à questão problema do momento anterior, no quarto momento foi realizada a exploração da parte teórica das ondas sonoras, bem como a realização da segunda questão problema e hipótese cadastro. No quinto momento, os alunos desenvolveram o segundo AEI com o circuito elétrico gerador de ondas para tentar responder à questão problema que foi criada no último momento, e no sexto e último momento os alunos elaboraram relatórios escritos e os apresentaram na forma de seminário. Todas essas atividades foram realizadas em um total de 24 horas-aula, onde cada momento teve a duração de 4 horas-aula. Com isso, foi possível concluir que a sequência didática e o circuito elétrico gerador de ondas contribuíram positivamente para a apropriação conceitual dos alunos ao tema em questão.

Segundo Santos (2015), as pesquisas voltadas ao Ensino de Física e, principalmente, às situações de sala de aula têm mostrado a necessidade de os professores aprofundarem seus conhecimentos teóricos e práticos para ampliar contextos e oportunidades de aprendizagem. Portanto, deve assumir o papel de mediador, como protagonista de um processo que leva em conta o contexto cultural dos sujeitos envolvidos. Nessa perspectiva, este estudo relata a experiência de implementação de uma sequência didática, desenvolvida em consonância com uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), que busca proporcionar uma

aprendizagem significativa do conceito de ondas mecânicas. O trabalho de pesquisa foi realizado em uma escola estadual de Ensino Médio, tendo como referencial teórico a aprendizagem significativa de Ausubel e, principalmente, os estudos de Moreira. Durante as análises, outras referências foram utilizadas para interpretar as evidências indicadas pelas evidências empíricas. A análise dos dados baseou-se em três eixos que nortearam o trabalho: Valorização dos conhecimentos prévios, importância de propor situações-problema e ênfase na apresentação de conteúdo para promover a diferenciação progressiva e conciliação integrativa na formação profissional. Por meio do desenvolvimento da UEPS, foi possível verificar a coexistência de várias ideias relacionadas ao conceito de onda, e destacou a natureza complexa e dinâmica do processo de aprendizagem aos conceitos de Ciências.

Nascimento (2020) traz a importância dos estudos de ondas para o conhecimento do aluno ao longo da vida, com diversas aplicações desde a transmissão de rádio até a exposição à radiação ou aplicação na medicina. Um problema encontrado no estudo das ondas eletromagnéticas é a abordagem tradicional de ensino, onde o professor é o detentor da fala e o aluno, o ouvinte. Este trabalho segue uma linha de aprendizagem ativa, que coloca o aluno no centro do universo da sala de aula em uma sequência didática que aborda o conteúdo de ondas eletromagnéticas em que foi utilizado no Centro de Excelência Dom Luciano José Cabral Duarte. O conteúdo a ser abordado faz parte do currículo da 3ª série do Ensino Médio, o que exige uma revisão de ondas, onde será exposto ao aluno uma forma de lembrar o tema relevante, como sua natureza, tipo e classificação e os fenômenos ondulatórios presentes. Para a revisão, por se tratar de conceitos físicos, utilizaremos a metodologia para aprendizagem ativa, Instrução pelos Colegas (IPC), bem como no ensino de ondas eletromagnéticas. Além do IPC, foram realizadas aulas com atividade prática experimental na construção de experimentos com circuitos osciladores responsáveis pela geração de ondas eletromagnéticas, um transmissor de rádio FM. O processo de avaliação ocorre com pré-testes nas atividades anteriores e através das questões conceituais utilizadas no IPC e no final do trabalho, após o teste, com a aplicação de uma atividade final de caráter formativo para que se torne uma análise ferramenta para o professor.

4 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS-METODOLÓGICOS

De acordo com o Dicionário Escolar da Academia Brasileira de Letras (2011, p.152), Aprendizagem “é ato ou processo de aprender um ofício, arte ou ciência”. Então, a função primária da escola é ensinar e, o papel dos alunos é aprender e, fazer isso efetivamente envolve uma variedade de teorias e estratégias. Nesse sentido, para sustentação teórica neste trabalho, apoiamos na da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel descrita por Moreira (1982).

Preocupado em compreender como os alunos absorvem as informações que recebem em sala de aula, Ausubel (1963) considerou a existência de estruturas psicológicas organizacionais e integradoras que processam a aprendizagem, desenvolvendo o conceito de *Aprendizagem Cognitiva Significativa* em seu livro *The Psychology of Meaningful Language Learning*. A Aprendizagem Significativa ocorre quando uma nova ideia é relacionada a um conhecimento prévio, no contexto de ser relevante para o aluno, por parte do professor. Nesse processo, os alunos ampliam e atualizam informações anteriores, ressignificando seus conhecimentos. Nesse sentido, entendemos ser importante nesse trabalho, elaborar atividades sobre ondas que envolva, motive e permita que esses estudantes, partindo de suas concepções prévias, elaborem um conhecimento mais próximo do que é cientificamente aceito como correto.

A essência do processo de ensino precisa ser na aprendizagem do estudante ou no que fazer para melhorá-la. Ao propormos um trabalho que envolve a temática *Ondas*, buscamos proporcionar um conhecimento aos estudantes que permeia a nossa vida social. Nesse sentido, julgamos fundamental nos apoiarmos numa Teoria da Aprendizagem que vislumbrasse a interação entre conhecimentos prévios e aquisição de novos conhecimentos.

4.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

Para Ausubel (apud MOREIRA, 1982, p.7),

“Aprendizagem Significativa é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se ancora em conceitos relevantes preexistentes de quem aprende.”

Dessa forma, supõe-se então que o material didático a ser aprendido pelo estudante, deva ser potencialmente significativo, referindo-se a sua organização de conhecimento de modo não-arbitrário e não-literal. Permitindo, assim, que o estudante possa demonstrar uma

disposição pessoal de relacionar o novo conteúdo de forma não-arbitrária à sua configuração cognitiva.

A Teoria da Aprendizagem Significativa oferece rumo e direção para a organização curricular e para planejamento de atividades escolares, destacando a importância de se conhecer e levar em conta os conhecimentos prévios dos alunos. É uma teoria cognitiva que busca explicar o processo de aprendizagem e como o ser humano compreende, armazena, transforma e usa as informações. É uma teoria construtivista, na qual verifica-se que o ser humano aprende a partir das informações que já sabe.

4.2 Fatores que determinam a Aprendizagem Significativa

O conhecimento prévio é a variável que acaba por influenciar mais a aprendizagem, porque só aprendemos a partir de informações que já conhecemos.

A predisposição para aprender diz respeito ao fato de que o aprendiz deve manifestar uma disposição para relacionar de maneira não arbitrária e não literal, à sua estrutura cognitiva, os significados que capta dos materiais educativos.

4.3 Conceitos Fundamentais da Aprendizagem Significativa, descrita por Moreira (2011):

- *Estrutura Cognitiva é o conteúdo total, organizado a partir de ideias sobre um determinado conteúdo ou área particular do conhecimento estando em constante evolução e modificação;*
- *Subsunçores (conhecimentos âncoras) representa os conhecimentos existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, que servirão de apoio para que novos conhecimentos sejam apreendidos;*
- *Organizadores Prévios é a estratégia utilizada para facilitar a Aprendizagem Significativa;*
- *Materiais introdutórios são utilizados para superar o vão cognitivo entre o que o indivíduo sabe e o que essa pessoa deve aprender (funciona como pontes cognitivas);*
- *Mapas conceituais são representações gráficas semelhantes a diagramas e fluxogramas, que indicam como conceitos se relacionam. São usados para representar a estrutura conceitual (cognitiva) de um indivíduo sobre um dado conteúdo em um determinado instante. Eles podem ser utilizados como auxiliares no processo de aprendizagem Significativa.*

4.4 Como os conceitos são adquiridos

Segundo MOREIRA (1982, p.30). “*A formação de conceitos consiste essencialmente de um processo de abstração dos aspectos comuns essenciais de uma classe de objetos ou eventos que varia contextualmente*”. Em virtude da relevância que os *Conceitos* representam, sua aprendizagem tem sido objeto de muitas investigações, principalmente quando se considera o ensino formal e o papel da escola como facilitadora para que os alunos construam o conhecimento científico.

A formação de conceitos é o resultado de uma atividade complexa, em que todas as funções intelectuais básicas (atenção deliberada, memória lógica, abstração, capacidade para comparar e diferenciar) tomam parte; os conceitos novos e mais elevados transformam o significado dos conceitos inferiores (Vygotsky, 1991).

Ausubel (1968, apud MOREIRA, 1982, p.30) considera a formação de conceitos um tipo de *Aprendizagem por Descoberta* que envolve, os seguintes processos:

- a) *Análise discriminativa de diferentes padrões de estímulos;*
- b) *Formulação de hipóteses em relação a elementos abstratos comuns;*
- c) *Testagem subsequente dessas hipóteses em situações específicas;*
- d) *Seleção dentre elas de uma categoria geral ou conjuntos de atributos comuns sob os quais todas as variações possam ser assimiladas;*
- e) *Relacionamento desse conjunto de atributos a elementos relevantes que sirvam de ancoradouro na estrutura cognitiva;*
- f) *Diferenciação do novo conceito em relação a outros conceitos previamente aprendidos;*
- g) *Generalização dos atributos criteriosais do novo conceito a todos os membros da classe;*
- h) *Representação do novo conteúdo categórico por um símbolo de linguagem congruente com o uso convencional.*

Nessa perspectiva, à proporção que um estudante apreende um conteúdo de um novo conceito, baseado em outros conteúdos que já possui, a criação do tópico cognitivo incontestavelmente se dá por meio dos mesmos processos da formação do conceito.

4.5 Quando ocorre a Aprendizagem Significativa?

Quando um novo aprendizado consegue interagir e ligar-se aos conhecimentos âncoras de um indivíduo, tornando-se parte da estrutura cognitivo dessa pessoa, modificando essa estrutura e tornando os conhecimentos âncoras mais estáveis e mais elaborados;

Se essa ligação ao novo conhecimento não ocorre, têm-se a aprendizagem mecânica (automática).

4.6 Tipos de Aprendizagem Significativa:

- Aprendizagem representacional – Ocorre quando a pessoa estabelece equivalência de significados entre os símbolos e seus correspondentes (objetos, exemplos, conceitos);
- Aprendizagem proposital – Aprendizagem de uma proposição significativa, pode ser subordinativa correlativa, subordinativa derivativa, superordenada ou combinatória;
- Aprendizagem de conceitos – É dividida em Formação de conceitos (próprio de crianças, ocorrendo por descobertas proporcionadas pelas experiências), e Assimilação de conceitos (ocorre a partir 7-8 anos, capacidade de aprender sem a necessidade de experiências empíricas-concretas);

4.7 Como se pode favorecer a Aprendizagem Significativa?

Por meio de material educativo que seja potencialmente significativo, levando em conta uma estrutura cognitiva da pessoa. Esse material deve também ser organizado de acordo com alguns princípios: *Diferenciação Progressiva* ou *Reconciliação Integrativa*.

Na *Diferenciação Progressiva* as ideias mais gerais e inclusivas devem ser apresentadas em primeiro lugar, depois deve-se buscar o detalhamento dessas ideias, enquanto que na *Reconciliação Integrativa* estimula-se a percepção das semelhanças e diferenças entre as ideias mais diferenciadas na busca de uma ideia mais abrangente que as englobe.

4.8 Quais os Meios de Ensino e de Aprendizagem?

Ensino e aprendizagem por descoberta cabem ao aluno induzir, descobrir os conceitos e princípios que não estão explícitos. Um exemplo seria o trabalho do cientista. A resolução de problemas é uma forma de se propor a aprendizagem por descoberta. Já a Aula Expositiva quando devidamente planejada pode levar a uma Aprendizagem Significativa.

4.9 As UEPS como Estratégias Didático-Pedagógicas.

Já afirmamos anteriormente que a Aprendizagem Significativa ocorre quando uma nova ideia se relaciona com um conhecimento prévio, em uma situação relevante para o aluno, proposta pelo professor. Nesse caso, o aluno desenvolve e atualiza informações anteriores, atribuindo novos significados ao seu conhecimento. Essa atribuição de significado e

conhecimentos prévios vai depender da interação social do aluno. Pois, no momento que o conteúdo é interessante, quando sua abordagem não é esgotada de um significado social. Na sala de aula, a escuta e a movimentação de palavras são cruciais para determinar o significado em relação aos conteúdos presentes nos alunos. Abordagens divertidas e lúdicas, embora desejáveis, não garantem uma aprendizagem significativa. É preciso promover a reflexão e a negociação de significados.

Segundo Moreira (2010, p.2):

“É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não literal e não arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva.”.

O autor destaca que aprendizagem significativa é não-litera e não-arbitrário, onde indica o conhecimento relevante que já existe na estrutura cognitiva do sujeito que aprende, denominado por Ausubel, como ideia subsunçor (ou âncora).

A ancoragem permite uma associação entre a informação adquirida e a existente, o que faz sentido quando se refere a informações semelhantes e já conhecidas, e facilita a incorporação no repertório do aluno. Nesse processo, o novo conhecimento ganha significado para o sujeito e o conhecimento prévio ganha nova ou maior estabilidade cognitiva. Não arbitrária e essencial são as características básicas da aprendizagem significativa, e é a combinação das duas que impulsiona o processo.

Os Mapas Mentais ou Conceituais, é uma ótima ferramenta para proporcionar aprendizagem significativa, que consiste em uma visualização das relações significativas entre os conceitos sob a proposição, e combinam dois ou mais termos conceituais para o significado. Os alunos podem relacionar sua própria associação entre si de forma subjetiva, o que facilita a compreensão e promove o progresso em sua própria aprendizagem.

A Sala Invertida pode ser usada como ferramenta para colaborar nessa prática, pois visa estimular os alunos a adquirir conhecimentos prévios sobre determinado tema, e relacioná-los com o que é discutido em aula para compartilhar com a turma.

As *Hipermídias* voltadas ao Ensino de Física constituem um processo que permite ao estudante simular situações que se aproximam de um fenômeno físico real, possibilitando a ele operar com diferentes grandezas físicas. As vantagens da utilização destas simulações estão na animação do fenômeno a ser estudado e, a depender da hipermídia, sua representação quantitativa. Estas simulações provocam no estudante uma melhor compreensão dos aspectos

físico-matemáticos que envolvem o fenômeno, uma vez que, ainda que virtual, ele está lidando diretamente com o fenômeno.

No *Simulador Phet*, as simulações são escritas em Java e Flash, podendo ser executadas por um navegador da web da preferência do usuário, desde que Java e Flash já estejam instalados. Também são escritas em HTML 5 para tablets e smartphones. O simulador pode ser acessado no site (na figura 2):



Figura 2 - UNIVERSIDADE DO COLORADO (Org.) - Simulações Interativas PhET. Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/>. Acesso em: 21/02/2021.

O método de aprender física por meio de atividades experimentais tem se mostrado muito importante para o aprendizado dos alunos, pois essa prática é motivada pela curiosidade, os alunos buscam novas descobertas, tiram dúvidas sobre diferentes conteúdos, e o mais importante, facilitam o processo de aprendizagem. Nessa abordagem, laboratórios e experimentos físicos ou virtuais tornam-se essenciais como ferramenta para gerar dados observacionais e reflexivos, ampliando os argumentos dos alunos. Quando você considera subsunçores, essas atividades experimentais podem ajudar muito na construção de novos conhecimentos. E se forem feitos de forma prática, costumam atrair alunos e tornar as aulas mais dinâmicas.

Uma maneira de motivar o aluno é através da “afetividade”, pois além de contribuir para a aprendizagem significativa na busca do conhecimento e aumenta sua disposição para aprender. No artigo digital “**Aprendizagem significativa – breve discussão acerca do conceito**”, verifica que a Base Nacional Comum Curricular (BNCC):

“reconhece a importância da aprendizagem significativa, pois acredita que é possível formar o aluno como sujeito ético, reflexivo e humanizado, e também orienta os professores a avaliarem e valorizem os conhecimentos prévios de seus alunos, mesmo que insatisfatórios, pois é por meio deles que se atribui opiniões aos temas em discussão”.

As metodologias ativas de aprendizagem capacitam os alunos desenvolvendo habilidades e competências de forma prática, aproximem-se do conteúdo de aprendizagem, estabeleçam significados e facilitem a assimilação. Os pré-requisitos para o surgimento da aprendizagem significativa são a utilização de materiais e estratégias potencialmente criativas por parte do professor e a disposição para aprender por parte do aluno. Esse método de ensino prepara o aluno para atuar na sociedade, pois envolve o conhecimento teórico aliado à prática e, por seu modo dinâmico e uso da tecnologia, estimula o engajamento acadêmico e social e facilitando a atribuição de significado.

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (**UEPS**) são sequências de ensino fundamentadas na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) que pretendem operar como simplificadora da aprendizagem significativa. As UEPS pretendem estimular a pesquisa aplicada em educação e encorajar o uso de teorias de aprendizagem.

De acordo com Moreira (2012, p.2-3), para a elaboração da UEPS, uma série de princípios fundamentais devem ser observados, dentre eles, podemos citar:

- *O conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa (Ausubel);*
- *É o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento (Ausubel; Gowin);*
- *Organizadores prévios mostram a relacionalidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;*
- *Situações-problema pode funcionar como organizadores prévios;*
- *O papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno (Vergnaud; Gowin);*
- *A aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de questionamento ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno (Moreira).*

4.10 Passos da elaboração de uma UEPS

De acordo com Moreira (1999, p.155), “o uso de organizadores prévios que sirvam de âncora para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente” (MOREIRA, p.155).

Para que o processo de abordagem da aprendizagem seja organizado, vamos utilizar os passos de Moreira (p.3-5,2011), onde vamos seguir oito etapas que organizam uma UEPS, esses passos são:

1. *definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico;*
2. *criar/propor situação(ações) – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental situação-problema, etc. – que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento*

prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta;

3. propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo e procedimental) que se pretende ensinar; estas situações-problema podem envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo; tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios); estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc., mas sempre de modo acessível e problemático, i.e., não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo;

4. uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, i.e., começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;

5. em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (i.e., aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de uma mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc., mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente;

6. concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um audiovisual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores; essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do docente;

7. a avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa;

8. a UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um

campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

Segundo Ricardo (2010, p. 42) “*a problematização consiste na construção de situações-problemas que irão estruturar as situações de aprendizagem, dando-lhes um significado percebido pelos alunos*”. A situação-problema será o eixo para a construção das atividades da sequência didática sobre Ondas. A proposta da sequência didática é: Qual o potencial das atividades experimentais, produção textual e utilização de vídeos e simulações acerca do estudo de Ondas, que almeja a aprendizagem dos alunos, a partir de seus conhecimentos prévios relevantes para aprendizagem de outros conhecimentos (subsunçores).

De acordo com VILLATORRE; HIGA; TYCHANOWICZ (2009, p. 204) “*são comuns, no Ensino de Física para o Ensino Médio, aulas de exposição de conteúdos em quadro-negro, finalizada com a resolução de uma série de exercícios matemáticos tirados de livros didáticos*”. Questões ou situações apresentadas pelos estudantes sobre o conteúdo Ondas, podem ser estruturadas e organizadas pelo professor, conduzindo o educando a dar um novo significado às suas ideias frente aos conceitos de Ondas.

Segundo Moreira (1999, p.158) “*a assimilação é um processo que ocorre quando um conceito ou proposição “a” potencialmente significativo, é assimilado sob uma ideia ou conceito mais inclusivo, já existente na estrutura cognitiva*”. Portanto, a nosso ver, a utilização de atividades experimentais de Ondas para obter uma situação de interação e ensino mais significativos, pode tornar-se um dispositivo gerador de observações e de dados para reflexões, ampliando a argumentação dos alunos.

Dessa forma, é importante desenvolver atividades que promovam situações de aprendizagem, fortalecendo a troca de conhecimento entre os alunos e deles com o professor, objetivando-se uma construção de conhecimento mais efetiva. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9394/96) coloca como finalidades da etapa final da Educação Básica – Ensino Médio, a formação e aprimoramento do educando, bem como uma preparação que lhe possibilite aprender os fundamentos científico-tecnológicos e desenvolver um pensamento crítico acerca das mudanças possíveis em seu contexto social.

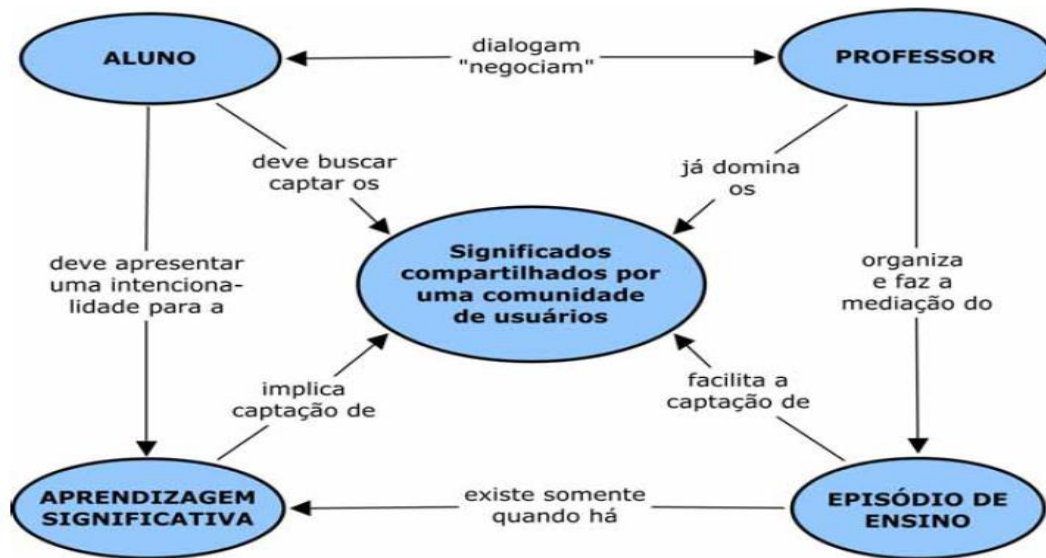


Figura 3 - Um esquema para captação de significados em um episódio de ensino. Fonte: (adaptado de Gowin, 1981)

Nesse exemplo da figura 3, o professor compreende os conteúdos recebidos no contexto da disciplina de ensino, que expõe esses conteúdos aos alunos usando materiais didáticos no curso. Oferecer esses conteúdos aos alunos por meio de diferentes estratégias para que ele perceba sua relevância e demonstre a intenção de captá-los e internalizá-los.

Moreira (1990, p.68) defende que a aprendizagem significativa,

“é dita significativa quando uma nova informação (conceito, ideia, proposição) adquire significados para o aprendiz através de uma espécie de ancoragem em aspectos relevantes da estrutura cognitiva preexistente do indivíduo, em conceitos, ideias, proposições já existentes em sua estrutura de conhecimentos (ou significados), com determinado grau de clareza, estabilidade e diferenciação”.

A tarefa do aluno consiste então, em entregar ao professor o conteúdo do conhecimento que entendeu trazido pelo material didático. A atitude do aluno depende de sua percepção da relevância do novo conhecimento e de sua compreensão do processo de aprendizagem, sendo que na maioria das vezes, a sua expectativa é que o professor ministre a aula e ele seja apenas o expectador. Portanto, é necessário mudar gradativamente essa atitude em relação aos alunos por meio da estratégia de ensino, para orientar os alunos a falar mais durante a aula sobre aquele determinado conteúdo.

Ao perceber que os conceitos que o aluno relata não são aqueles que o professor quer que ele aprenda (ou capture), mas aqueles assuntos que são aceitos no contexto da disciplina. Para resolver essa contradição, será necessário que o professor os apresente novamente de uma forma diferente e com relação aos alunos, eles devem expressar de uma forma diferente novamente. Nesse caso, será preciso que ocorra diálogo, interação social, troca de pontos de vista e negociações. Em

um episódio educativo, sempre deve haver alguma forma de diálogo. Segundo Moreira (2011, p.6) *“O professor não deve ficar falando sozinho, narrando, enquanto o aluno apenas ouve e anota, quando não está distraído, pensando em outras coisas ou, até mesmo, cochilando”*.

4.11 Qual foi a abordagem de pesquisa nesse produto educacional?

Existem inúmeras técnicas de coleta e mensuração de dados, tanto para pesquisas quantitativas quanto qualitativas. Para utilizá-los, é necessária uma intensa pesquisa, considerando que cada técnica possui peculiaridades e características próprias, além de vantagens e desvantagens, que os pesquisadores precisam dominar caso optem por utilizá-las.

Apesar de usar vários recursos para obtenção de dados (Questionários, vídeos, podcast, fotografias, paródias, etc.), **nesse produto educacional o foco foi na pesquisa qualitativa**. As ferramentas de pesquisas e abordagem são abundantes, desde: Questionários e formulários, observação, entrevistas, história de vida, estudo de caso, grupo focal, grupo de discussão, análise documental, análise de conteúdo, análise de discurso, etc. **Neste trabalho foi utilizado como instrumento de pesquisa a observação, o estudo de caso e questionário de discussão**.

A observação normalmente é usada em abordagens qualitativas. Baseia-se em fatos encontrados em eventos, que em sua maioria se referem ao comportamento. É preciso um período mais longo de realização para ser confiável para vários eventos. Os focos de observação nas abordagens qualitativas de pesquisa são determinados basicamente pelos propósitos específicos do estudo (Ludke, 2018, p.35).

O estudo de caso é uma análise aprofundada de casos individuais. Isso pode ser feito caracterizando indivíduos, comunidades, organizações, empresas, distritos comerciais, culturais, etc. Segundo Nisbet e Watt (1978), “caracteriza o desenvolvimento do estudo de caso em três fases, sendo a primeira aberta e exploratória, a segunda mais sistemática em termos de coleta de dados e a terceira consistindo na análise e interpretação dos dados e na elaboração do relatório”.

Questionário e formulário são utilizados para coletar informações. São adequados para quantificação, as questões geralmente não demoram muito para responder. São organizadas em blocos, onde a elaboração do questionário é muito cuidadosa.

À medida que as ações começam a ser executadas, o aprendizado torna-se mais claro e instigam novas descobertas. Essa é a essência do conhecimento! (BARBOSA, 2014). O relatório de pesquisa representa a culminação do trabalho científico que está sendo feito, ou também podem levar a novos projetos de pesquisa.

5 ESTUDO SOBRE ONDAS

O tópico específico a ser desenvolvido nessa seção será *o estudo das ondas*, onde sua configuração e procedimentos estarão inseridos no contexto da matéria de ensino [1º passo da UEPS, segundo Moreira (2011)]. Como referência principal para a abordagem de conteúdos sobre Ondas, foram utilizados três livros:

- MARTIMER, Eduardo. **Matéria, Energia, e Vida** – Uma abordagem Interdisciplinar: Materiais, luz e som: modelos e propriedades. 1º ed. São Paulo: Scipione, 2020, (p.65-95).
- NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica 2**. 4ª edição – São Paulo: Edgard Blücher, 2002, (p.39 -151).
- NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica 3**. 1ª edição – São Paulo: Edgard Blücher, 1997, (p.161 – 274).

5.1 Ondas

A figura 4 mostra uma simulação de uma onda do mar. Mas o que seria Onda? É toda perturbação que se propaga no meio, transportando energia (e quantidade de movimento) sem o transporte de matéria.

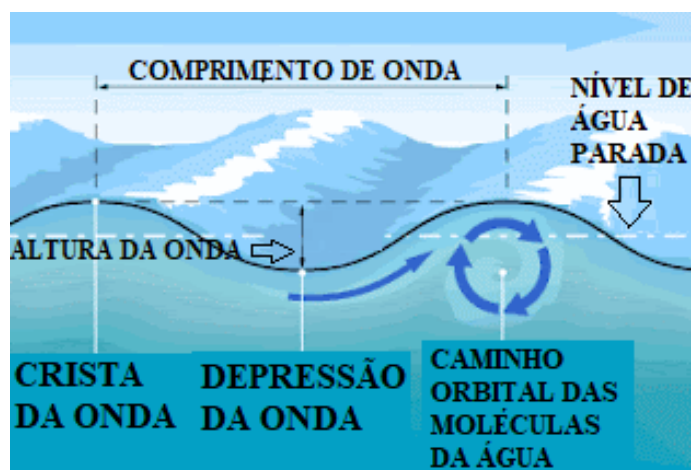


Figura 4 – Onda do mar. Fonte: <<http://vistawing.blogspot.com/2011/02/como-funciona-o-surfe.html>>. Acesso em 04/01/2021.

Segundo Nussenzveig (2002, p.98), Onda “*é qualquer sinal que se transmite de um ponto a outro de um meio, com velocidade definida, sem que haja transporte direto de matéria de um desses pontos ao outro*”. A onda transporta energia e momento. Na figura 5, temos exemplos de ondas: Uma onda de compressão ao longo da mola; uma fileira de dominós

colocadas em pé atingidas por um impulso; um pulso se propaga como uma onda ao longo de uma corda, cada ponto oscila para cima e para baixo.

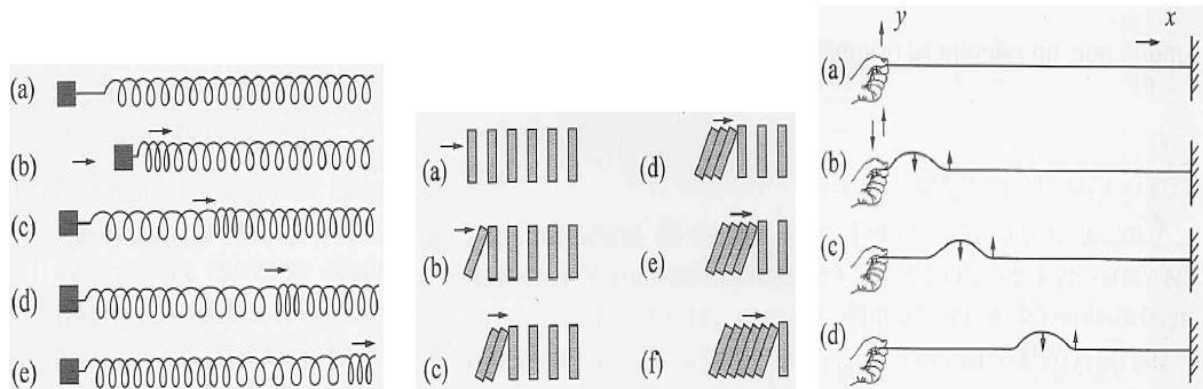


Figura 5 – Exemplos de Ondas em uma mola, em dominó, e em uma corda. Fonte: (NUSSENZVEIG, Vol.2, 2002, p.98-99).

5.2 Classificação das Ondas

A principal característica das ondas, seja qual for sua classificação, é o transporte de energia.

Podemos classificar as ondas quanto à sua:

- Natureza
- Direção de propagação
- Direção de vibração

5.2.1 Quanto à Natureza

As ondas podem ser Mecânicas ou Eletromagnéticas.

5.2.1.1 Ondas Mecânicas

São as ondas produzidas por uma perturbação num meio material (sólido, líquido ou gasoso), como, por exemplo: uma onda na água, propagação de uma onda sonora, gerado por um alto-falante, onda sonora produzida pela vibração de uma corda de violão, a voz de uma pessoa, etc.

Observação:

- Em uma explosão no espaço, o som NÃO se propaga no vácuo;

- As Ondas Mecânicas necessitam de um meio material para se propagar;
- A velocidade do som aumenta com a densidade do meio. Ou seja, o som se propaga mais rápido e com maior intensidade (volume) no meio mais denso.

5.2.1.2 Ondas Eletromagnéticas

São as ondas produzidas por variação de um campo elétrico e um campo magnético, tais como as ondas de rádio, de televisão, as micro-ondas e outras mais.

Observação:

- As Ondas Eletromagnéticas propagam-se no vácuo e em alguns meios materiais;
- No vácuo essas ondas se propagam com a velocidade da luz, $c = 3.10^8 \text{m/s}$;
- A velocidade da luz diminui com a densidade do meio.

5.2.2 Quanto à Vibração (forma)

As ondas podem ser Transversais ou Longitudinais.

5.2.2.1 Ondas Transversais

Observando a figura 06, as direções de vibração e de propagação são perpendiculares. Exemplos: Onda em uma corda, Luz, onda de rádio, etc.

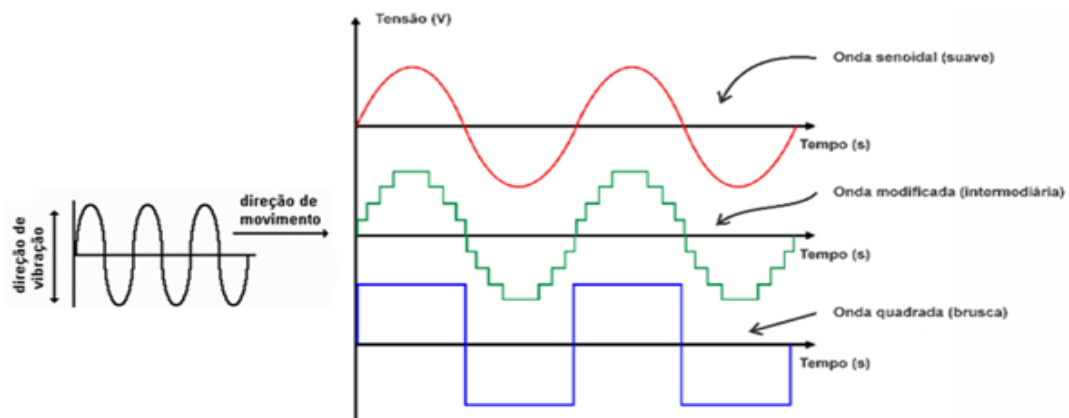


Figura 6 – adaptada – Forma de onda. Fonte:

<<

5.2.2.2 Ondas Longitudinais

São aquelas ondas cujas vibrações coincidem com a direção de propagação (mesma direção ou direção paralela). Na figura 07, temos uma onda longitudinal na mola, e outra onda longitudinal de uma onda sonora produzida por um alto falante.

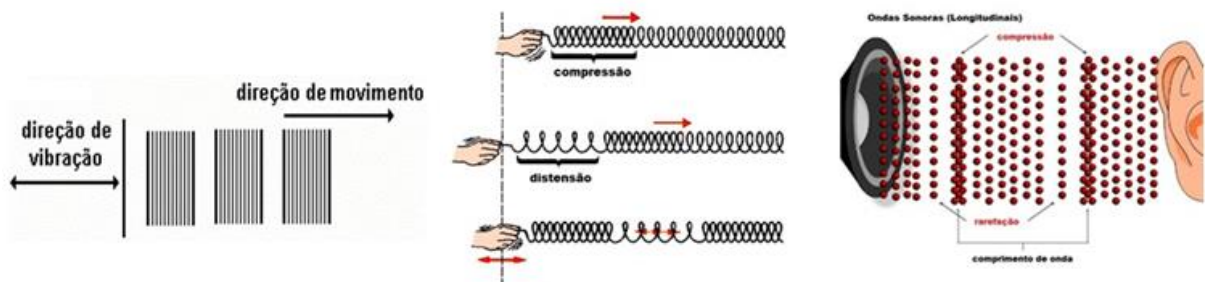


Figura 7– Ondas Longitudinais. Disponível em:

<<http://alexandremedeirosfisicaastronomia.blogspot.com/2011/12/ondas-longitudinais-e-transversais.html>>. Acesso em 12/01/2021.

Observação:

- Segundo O Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG da Universidade de São Paulo – USP:

“Ondas sísmicas são vibrações que se propagam por toda a Terra, originadas de terremotos, e explosões. São também chamadas de ondas elásticas. As deformações provocadas no meio durante a passagem das ondas elásticas são de dois tipos, variações do volume sem mudar a forma e variações da forma sem mudar o volume. O primeiro tipo é a onda P, são as ondas longitudinais que provoca sucessivas compressões e dilatações do meio, na direção em que se propaga a onda, sendo a onda sísmica com a maior velocidade. O segundo tipo é a onda S, provoca deformações de cisalhamento, com vibrações transversais à direção de propagação da onda, sua velocidade é menor que a da onda P, por isso é conhecida como onda cisalhante”.

- Na figura 8, temos a demonstração das ondas sísmicas, mas o que são essas ondas? Essas ondas que se propagam no interior da Terra, são originadas no foco do terremoto, se manifestam desde o início tanto como ondas transversais (ondas associadas a tensão de cisalhamento) quanto como ondas longitudinais (ondas de compressão). Esses dois tipos de ondas se propagam com velocidades diferentes.

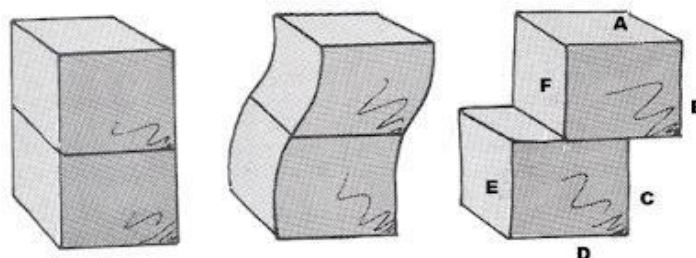


Figura 8 – Ondas sísmicas. Fonte: <<http://alexandremedeirosfisicaastronomia.blogspot.com/2011/12/ondas-longitudinais-e-transversais.html>> Acesso em 12/01/2021.

- Uma explosão, seja ela subterrânea ou no ar, emite apenas um único tipo de ondas: ondas longitudinais de compressão. Um abalo sísmico detectado e que apresenta apenas ondas longitudinais, é o resultado de uma explosão e não de um terremoto natural.

5.2.3 Quanto à Dimensão

5.2.3.1 Ondas unidimensionais – são aquelas que se propagam em apenas uma direção. Por exemplo: onda em uma corda.

5.2.3.2 Ondas bidimensionais – são as ondas que se propagam em duas direções ou em um plano formado por dois eixos (plano cartesiano). Exemplo: ao jogar uma pedra na superfície de um lago formam-se ondas circulares que se propagam em duas dimensões.

5.2.3.3 Ondas tridimensionais – são as ondas que se propagam no espaço, ou seja, em todas as direções como, por exemplo: as ondas sonoras, e a luz de uma fogueira.

5.3 Ondas Periódicas

A figura 09 mostra a propagação de uma onda harmônica. Quando um pulso segue o outro em uma sucessão regular tem-se uma onda periódica. Nas ondas periódicas, o formato das ondas individuais se repete em intervalos de tempo iguais.

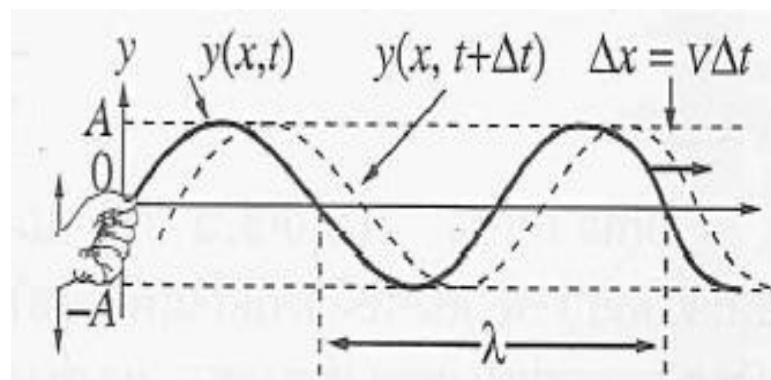


Figura 9 – Onda Harmônica. Fonte: (NUSSENZVEIG, Vol.2, 2002, p.39).

5.3.1 Características

- Ondas periódicas possuem período constante;

- Período é o intervalo de tempo de um pulso completar uma oscilação;
- As características dessas ondas são: amplitude (crista e vale), comprimento de onda, frequência, período e velocidade de propagação;
- Os pontos das cristas e dos vales oscilam em oposição de fase entre si;
- Os pontos das cristas oscilam em concordância de fase;
- Os pontos dos vales oscilam em concordância de fase;
- A frequência e o período se relacionam pelo inverso um do outro.
- Com a equação fundamental da ondulatória, é possível encontrar a velocidade de propagação da onda:

$$v = \lambda \cdot f \quad (1.00)$$

Onde:

v = velocidade [Unidade no Sistema Internacional de Medidas (S.I.) é o metro por segundos (m/s);

λ = Comprimento de onda [Unidade no S.I. é o metro(m)];

f = frequência [Unidade no S.I. é o Hertz (Hz)]

5.3.2 Elementos das ondas periódicas

As ondas periódicas, como qualquer onda, possuem: amplitude (A), comprimento de onda (λ), frequência (f), período (T) e velocidade de propagação (v).

5.3.2.1 Amplitude (A) – É a distância entre o eixo central e o ponto mais alto (crista) ou mais baixo da onda (vale). Sua unidade de medida no S.I. é o metro (m).

5.3.2.2 Comprimento de onda (λ) – É a medida de um ciclo completo da onda, ou seja, é a distância entre dois pontos consecutivos do meio que vibram em fase. que pode ser medido entre duas cristas, dois vales ou entre uma crista e um vale. Sua unidade de medida no S.I. é o metro (m).

5.3.2.3 Frequência (f) – É a quantidade de ciclos em um determinado intervalo de tempo. Ou seja, é o número de cristas ou vales consecutivos que passam por um mesmo ponto, em cada unidade de tempo. Se as cristas e os vales estão muito próximos, isso significa que a frequência

da onda é alta, do contrário, a frequência é baixa. Sua unidade de medida no S.I. é o hertz (Hz). A frequência é o inverso do período ($f = 1/T$).

5.3.2.4 Período (T) – É o intervalo de tempo para se completar um ciclo de onda, ou seja, é o tempo necessário para que duas cristas ou vales consecutivos passem pelo mesmo ponto. Por isso, o período é medido no intervalo de um comprimento de onda. Sua unidade de medida no S.I. é o segundo (s).

5.3.2.5 Velocidade de propagação (v) – Muda dependendo do meio onde a onda está, e é dada pela equação fundamental da ondulatória: $v = \lambda/T = \lambda \cdot f$. Sua unidade de medida no S.I. é o metro por segundo (m/s).

Observações:

- O comprimento de onda (λ) é inversamente proporcional a frequência (f) no mesmo meio. Exemplo, para uma onda que se propaga em um certo meio, quanto maior o comprimento de onda, menor é a frequência.
- A velocidade da onda depende do meio, e a frequência da onda depende da fonte;
- Radiações eletromagnéticas possuem comprimentos de onda diferentes, mas possuem a mesma velocidade no vácuo.

5.3.2.6 Velocidade da onda em uma corda

A velocidade v de propagação de um pulso (meia onda) que se propaga numa corda esticada depende da intensidade da força (T) que a traciona e da densidade linear (μ), conforme a fórmula de Taylor:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (1.01)$$

A densidade linear (μ) é a relação entre a massa (m) e o comprimento (L) da corda: $\mu = m/L$. Numa corda, a velocidade de propagação de uma onda é proporcional à raiz quadrada da tensão e inversamente proporcional à raiz quadrada da densidade. Ou seja, aumentando-se a tensão, aumenta-se a velocidade da propagação e aumenta-se a densidade da corda, a velocidade diminui.

Dessa fórmula podemos obter três conclusões a partir da observação dela: quanto maior o raio r de uma corda menor será a velocidade de propagação da onda na corda; quanto maior a força tensora F maior será a velocidade da onda; quanto maior a densidade absoluta μ menor será esta velocidade.

5.4 Oscilações

As oscilações correspondem a vibrações locais, enquanto as ondas estão associadas à propagação, ou seja, a vibrações localizadas em torno de um ponto de referência. As oscilações podem ser encontradas em todas as áreas da física. Exemplos de sistemas de vibração mecânica incluem pêndulos, diapasões, cordas em instrumentos musicais e colunas de ar em instrumentos de sopro. A corrente alternada que usamos é oscilante, e as oscilações de corrente em circuitos têm muitas aplicações importantes.

Um pêndulo é desviado de sua posição de equilíbrio e então liberado, dando um exemplo de oscilação livre em que o sistema, após estabelecer sua configuração inicial, não é afetado por forças oscilatórias externas e estabelece seu próprio período de oscilação, determinado pela caracterização de seu parâmetro. Se submetemos o pêndulo a pulsos externos periódicos, teremos oscilações forçadas, onde também precisa ser considerado o período da força externa e sua relação com o período de oscilação livre do sistema.

Os sistemas oscilantes simples têm apenas um grau de liberdade, por exemplo o ângulo de desvio de pêndulo em relação à posição vertical de equilíbrio. Oscilações periódicas no movimento unidimensional sob a ação de forças conservativas, associadas a uma energia potencial $U(x)$ tem a forma de um poço de potencial, mostrado na figura 10, com um mínimo na posição de equilíbrio, que pode ser tomada como origem 0. Para uma dada energia E , a partícula oscila periodicamente entre os pontos de retornos x_1 e x_2 , onde a força $F(x)$, é dada por:

$$F(x) = - \frac{d(U)}{d(x)} \quad (1.0.2)$$

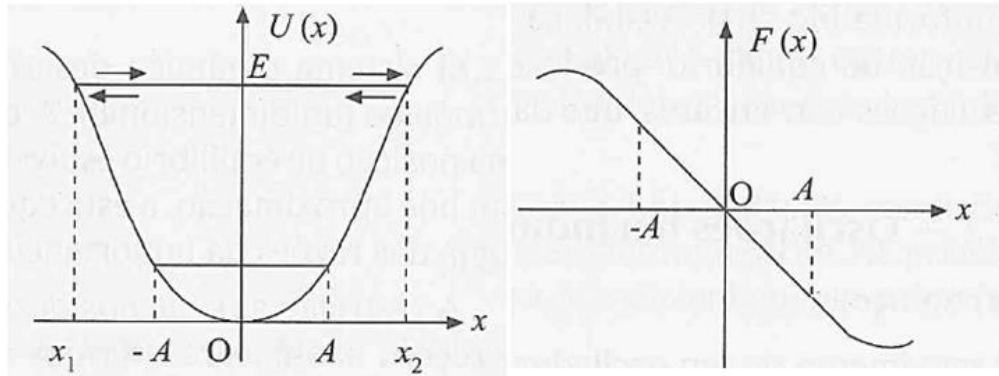


Figura 10 - Gráfico de $U(x)$ e o correspondente gráfico para a força obtido a partir da Equação $F(x) = -dU/dx$.
Fonte: (NUSSENZVEIG, Vol.2, 2002, p.39).

Para pequenos desvios da posição de equilíbrio, o gráfico de $F(x)$ é aproximadamente linear. Logo, podemos usar a Lei de Hooke:

$$F(x) = -k \cdot x \quad (1.0.3)$$

Onde:

F =Força [A unidade no S.I. é o Newton (N)]

k = Constante elástica [A unidade no S.I. é o Newton/metro (N/m)];

x = Deformação [A unidade no S.I. é metro (m)]

Ou seja, a força restauradora, que tende a fazer a partícula voltar à posição de equilíbrio ($k > 0$), obedece aproximadamente a Lei de Hook. $U(x)$ pode ser aproximado nessa região por:

$$U(x) = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 \quad (1.0.4)$$

Onde: U = Energia Potencial [(Joule(J))]

Num entorno suficientemente pequeno de um mínimo, podemos aproximar $U(x)$ por uma parábola. Exemplo: Na figura 11, imagine um sistema constituído por uma massa m suspensa verticalmente por uma mola.

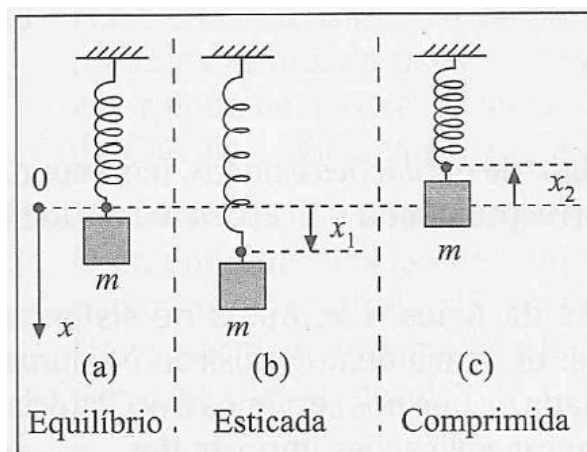


Figura 11 – Sistema massa-mola. Fonte: (NUSSENZVEIG, Vol.2, 2002, p.40).

- Em (a) mostra a posição de equilíbrio estável, em que a força devida à distensão da mola equilibra o peso;
- Em (b), a mola foi esticada, sofrendo um deslocamento $x_1 > 0$ em relação ao nível de equilíbrio estático correspondente a $x=0$;
- Em (c), ela foi comprimida, com um deslocamento $x_2 < 0$. A força restauradora é dada pela equação: $F(x) = -k.x$
- A equação de movimento corresponde:

$$m \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} = F(x) = -kx$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -\omega^2 \cdot x \quad (1.0.5)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (1.0.6)$$

Onde:

ω = velocidade angular (A unidade no S.I é o rad/s);

m = massa [A unidade no S.I. é quilograma (kg)];

k = A constante elástica mede a rigidez da mola, isto é, a força que é necessária para fazer com que a mola sofra uma deformação.

Oscilador Harmônico (unidimensional) é um sistema dinâmico representado pela equação do movimento (1.0.5). Para pequenos desvios de uma posição de equilíbrio estável, qualquer sistema com grau de liberdade deve obedecer, com boa aproximação, a essa equação do movimento. Essa enorme generalidade de aplicações é uma das razões da importância fundamental do oscilador harmônico.

A restrição a pequenos desvios é importante. Para desvios maiores tendem a aparecer correções não-lineares (temos adicionais proporcionais (x^2 , x^3 , x^4 , ...)) na lei de forças (1.0.5). Assim, se passarmos do limite elástico de uma mola, ele não retorna à posição de equilíbrio: produzem-se deformações permanentes. Oscilações não-lineares, que dão origem a efeitos mais complicados.

5.5 Movimento Harmônico Simples (MHS)

O MHS é um movimento no qual um corpo oscila em torno de uma posição de equilíbrio devido a forças restauradoras, que podem ser de natureza elástica, gravitacional, elétrica, etc. No MHS, não há forças dissipativas, como atrito e tensão, portanto, a energia mecânica total (a soma da energia cinética e da energia potencial) do sistema é conservada. Devido à sua

simplicidade, o movimento harmônico simples é um modelo físico que pode ser usado para estudar muitos sistemas mais complexos onde existem forças restauradoras, como interações elétricas entre átomos e gravidade entre planetas.

No nosso dia-a-dia existem muitos exemplos de movimentos periódicos, como o pêndulo de um relógio ou um sistema massa-mola. Considerando um sistema massa-mola que obedece à lei de Hooke e supondo que a resultante das forças que atuam sobre a massa é a força restauradora da mola, nós achamos isso:

$$F(x) = -k \cdot x \rightarrow m \cdot a = -k \cdot x \rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} = \left(\frac{k}{m}\right) x,$$

$$\text{onde: } \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \rightarrow \omega^2 = \frac{k}{m}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0 \quad (1.0.7)$$

A solução mais geral da equação tem a forma: $x(t) = Ae^{\alpha t}$. Onde A e α são constantes a determinar. Usando a solução, temos:

$$\frac{dx}{dt} = A\alpha e^{\alpha t} \text{ e } \frac{d^2x}{dt^2} = A\alpha^2 e^{\alpha t}$$

Operando estes resultados na equação do MHS, temos:

$A\alpha^2 e^{\alpha t} + \omega^2 Ae^{\alpha t} = 0 \rightarrow Ae^{\alpha t}(\alpha^2 + \omega^2) = 0$, Como A e α são diferentes de zero, a única forma da equação se anular será quando:

$$\alpha^2 + \omega^2 = 0 \rightarrow \alpha^2 = -\omega^2 \rightarrow \alpha = \pm i\omega$$

Logo a solução da equação do MHS, é:

$$x(t) = A_1 e^{iat} + A_2 e^{-iat} \quad (1.08)$$

A solução da equação do MHS poderá tomar outra forma se redefinirem as constantes A1 e A2, da seguinte forma:

$$A_1 = \frac{1}{2} x_M e^{+i\varphi} \text{ e } A_2 = \frac{1}{2} x_M e^{-i\varphi}$$

$$x(t) = \frac{1}{2} x_M e^{+i(\omega t + \varphi)} + \frac{1}{2} x_M e^{-i(\omega t + \varphi)}$$

A primeira fórmula de Moivre é utilizada para potências que envolvem números complexos expressos em sua forma polar. Dado o complexo $z = p \cdot (\cos\theta + i\text{sen}\theta)$. A primeira fórmula de Moivre é representada por: $Z^n = p^n [\cos(n\theta) + i\text{sen}(n\theta)]$

Considerando a fórmula de Moivre:

$$e^{i\theta} = \cos\theta + i\text{sen}\theta \rightarrow \cos\theta = \frac{1}{2}(e^{+i\theta} + e^{-i\theta})$$

Logo temos:

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi) \quad (1.09)$$

Onde:

$x(t)$ – Posição em função do tempo (No S.I. a unidade é m)

A – Amplitude (No S.I. a unidade é m)

ω – Frequência angular ou velocidade angular (No S.I. a unidade é rad/s)

t – Tempo (No S.I. a unidade é s)

φ – Fase [No S.I. a unidade é radiano (rad)]

5.5.1 Interpretação física dos parâmetros do MHS

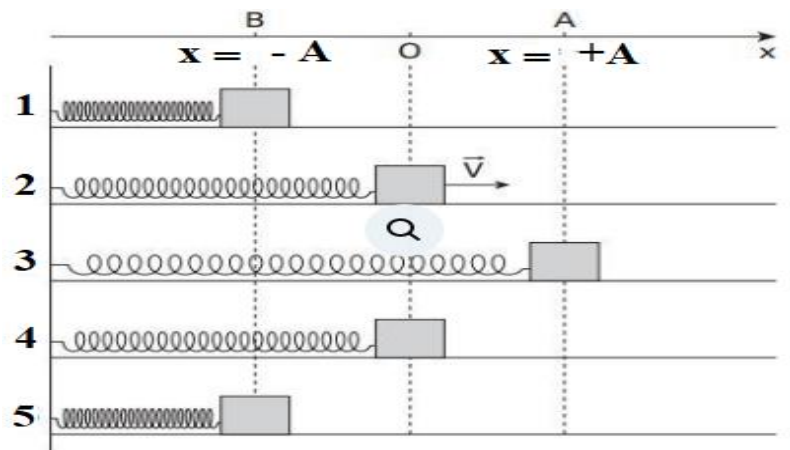


Figura 12 – Sistema massa-mola. Fonte: <<<https://brainly.com.br/tarefa/40248039>>>. Acesso em 27/03/2021.

Na figura 12, observa que $x(t)$ oscila entre valores $-A$ e $+A$, logo:

$$A = [x(t)]_{MÁX} = \textit{Amplitude de oscilação}$$

Como $\cos(\omega t + \varphi)$ é uma função periódica de ωt de período 2π , vemos que o período de oscilação é:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{k}{m}} \rightarrow T = \frac{1}{\nu} \quad (1.10)$$

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (1.11)$$

$$\omega = 2\pi\nu \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (1.12)$$

Onde:

ν = frequência de oscilação [no S.I. a unidade é Hertz (Hz), ciclo por segundo);

ω = Frequência angular (velocidade angular) (No S.I. a unidade é rad/s)

φ = Constante de fase ou fase inicial (para $t=0$)

5.5.2 Ajuste das condições iniciais

Usando a equação (1.09), observamos na figura 13, a variação de fase inicial, com alguns ângulos notáveis.

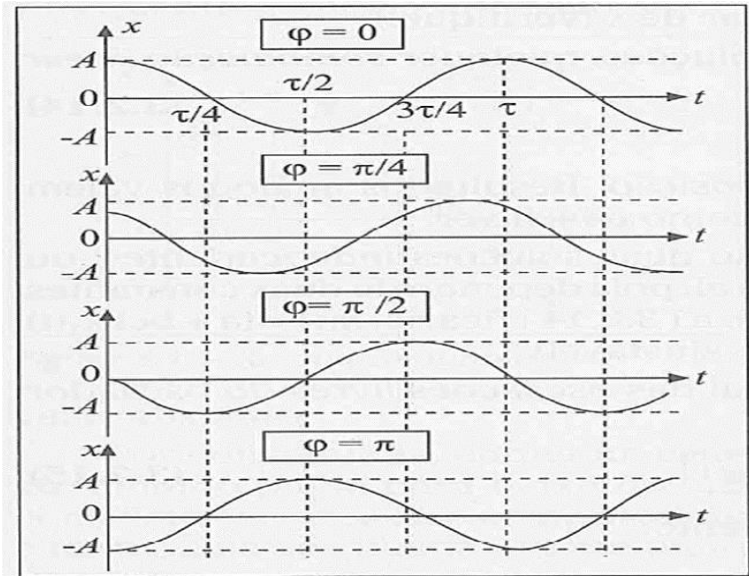


Figura 13 – Variação da fase inicial. Fonte: (NUSSENZVEIG, Vol. 2, 2002, p.44).

A equação da velocidade do MHS deriva da equação horária da posição e é dada pela expressão a seguir:

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi) \rightarrow \frac{dx}{dt} = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$$

$$v(t) = -\omega A \sin(\omega t + \varphi) \quad (1.13)$$

A equação da aceleração do MHS deriva da equação horária da velocidade e é dada pela expressão a seguir:

$$v(t) = -\omega A \sin(\omega t + \varphi) \rightarrow \frac{dv}{dt} = \omega^2 A \cos(\omega t + \varphi)$$

$$a(t) = \omega^2 A \cos(\omega t + \varphi) \rightarrow a(t) = \omega^2 x \quad (1.14)$$

Na figura 14, temos a comparação gráfica das equações da posição (x), velocidade (v) e aceleração (a).

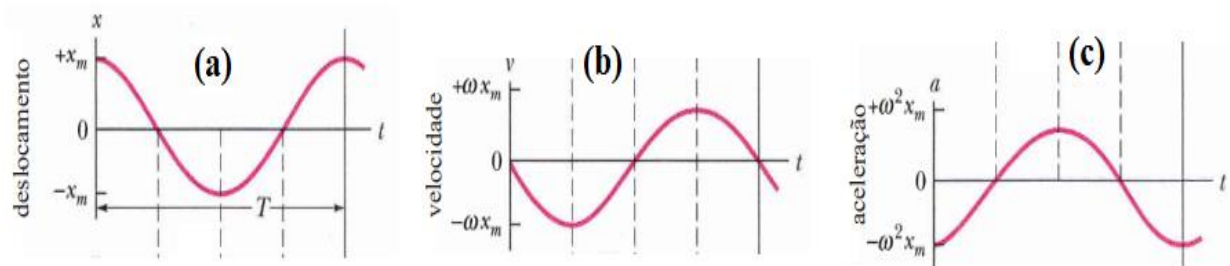


Figura 14– Comparação entre a curvas da posição $x(t)$, velocidade $v(t)$ e da aceleração $a(t)$.

Fonte <<https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/fisicaequimica/relacaododocentes973/ezequielcostasiqueira/notas_aula_prova2.pdf>>. Acesso em 16/05/2021.

5.5.3 Energia do MHS

A energia cinética do oscilador harmônico pode ser calculada diretamente pela equação:

$$K(t) = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow K(t) = \frac{1}{2} m \frac{dx}{dt} \rightarrow$$

$$K(t) = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \text{sen}^2(\omega t + \varphi) \quad (1.16)$$

A energia potencial do oscilador harmônico pode ser calculada pela equação:

$$U(t) = \frac{1}{2} k \cdot x^2 \rightarrow U(t) = \frac{1}{2} k [A \cos(\omega t + \varphi)]^2 \rightarrow$$

$$U(t) = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \quad (1.15)$$

Somando membro a membro, obtemos a energia total E, que se conserva:

$$E = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2 \rightarrow$$

$$E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 = \text{constante} \quad (1.16)$$

Observamos que a energia total é proporcional ao quadrado da amplitude, e também ao quadrado da frequência.

5.5.4 Aplicações do MHS

Qualquer sistema conservativo com grau de liberdade, na vizinhança de uma posição de equilíbrio estável, se comporta como um oscilador harmônico.

5.5.4.1 O pêndulo de torção

O período de oscilação de qualquer sistema depende do material sob deformação, e do corpo ao qual este material está ligado, e o período vai depender do fio e da suspensão. Desta forma, a grandeza física usadas como o elemento restaurador é o torque.

Na figura 15, imagine uma barra horizontal suspensa em equilíbrio, por um fio vertical. Se refletirmos a barra, no plano horizontal, de um pequeno ângulo em relação à posição de

equilíbrio, a lei de Hooke para a torção do fio que ele reage com um torque restaurador proporcional ao ângulo de torção:

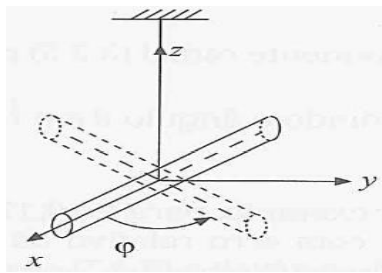


Figura 15 – Pêndulo de Torção. Fonte: (NUSSENZVEIG, Vol. 2, 2002, p.47).

$$\tau = -k \cdot \varphi \rightarrow \tau = I \cdot \alpha \rightarrow \tau = I \cdot \frac{d^2 \varphi}{dt^2}$$

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \omega^2 \cdot \varphi = 0,$$

A solução da equação acima será, $\varphi(t) = \varphi_{máx} \cdot \cos(\omega \cdot t + \phi)$ onde:

$$\omega^2 = \frac{k}{I} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{I}}$$

Como o período ($T = \frac{2\pi}{\omega}$), se relaciona com ω , logo temos:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{I}{k}} \quad (1.17)$$

Onde:

k = O módulo de torção do fio, que depende do seu comprimento, diâmetro e material.

I = Momento de inércia da barra em relação ao eixo vertical.

Esses sistemas são empregados em instrumentos de laboratório muito sensíveis como a balança de torção utilizada na experiência de Cavendish, os relógios de torção (geralmente são cobertos com cápsulas de vidro para protegê-los da influência ambiente externo) e o galvanômetro. Nas oscilações do volante de um relógio, o torque restaurador provém de uma mola espiral.

5.5.4.2 O pêndulo simples

Na figura 16, mostra uma massa m suspensa por um fio ou haste de comprimento l e massa desprezível. A massa m move-se sobre um círculo de raio l sob a ação do peso mg e da tensão F_T . Decompondo a aceleração em componentes tangencial e radial, as equações de movimento são, para um ângulo de desvio θ em relação à posição vertical de equilíbrio. O período T para pequenas oscilações do pêndulo é:

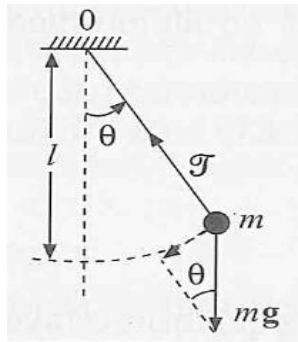


Figura 16 – Pêndulo simples. Fonte: (NUSSENZVEIG, Vol.2, 2002, p.47).

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1.18)$$

A energia cinética do pêndulo simples é:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow K = \frac{1}{2}ml^2 \left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 \quad (1.19)$$

Já a energia potencial do pêndulo simples é:

$$U = \frac{1}{2}mgl\theta^2 \rightarrow U = \frac{1}{2}m\omega^2 l^2 \theta^2, \text{ onde } \theta \ll 1 \quad (1.20)$$

A energia total do pêndulo simples, para qualquer valor de θ é dada por:

$$E = \frac{1}{2}ml^2 \left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 + mgl(1 - \cos\theta) \quad (1.21)$$

5.5.4.3 O pêndulo físico

Quando penduramos qualquer objeto, independentemente de sua forma, em torno de um ponto fixo, e tiramos do equilíbrio este passa a oscilar. Para o caso de pequenas amplitudes de oscilação, podemos obter um MHS. Vemos que a força gravitacional atua sobre o centro de massa produzindo um torque em relação ao ponto O, onde o pêndulo está fixo. A distância entre o centro de massa e a origem O é h, logo de acordo com a 2ª lei de Newton angular, podemos demonstrar:

$$\tau = I\alpha = -F_G h \sin\theta \quad (1.22)$$

Usando a aproximação para o movimento harmônico simples podemos escrever:

$I\alpha \approx -mgh\theta$, e obtemos a mesma equação obtida no caso do pêndulo simples:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{mgh\theta}{I} = 0$$

Da mesma forma, que nos casos anteriores, podemos determinar o período de oscilação:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgh}} \quad (1.23)$$

O pêndulo simples é uma particularização para o caso em que o pêndulo físico se reduz a uma massa localizada na extremidade do fio. No entanto, o momento de inércia é uma expressão indeterminada desde que estamos considerando um corpo de forma arbitrária.

5.5.4.4 MHS versus movimento circular

Um tipo movimento harmônico simples que nos permite uma melhor ideia dos parâmetros envolvidos é dado pelo movimento circular de uma bola comparado ao movimento harmônico linear de outra. Na figura 17, demonstra o movimento circular uniforme quando projetado em uma das coordenadas, é igual ao movimento harmônico simples. Isso pode ser visto em (a) onde o movimento do ponto P' rebatido no eixo x corresponde ao movimento de P no eixo x . (b) velocidade do ponto P' também é rebatido no eixo x e corresponde à mesma forma que obtivemos no movimento harmônico simples. (c) aceleração correspondente cuja componente horizontal também se reduz à expressão obtida para o MHS.

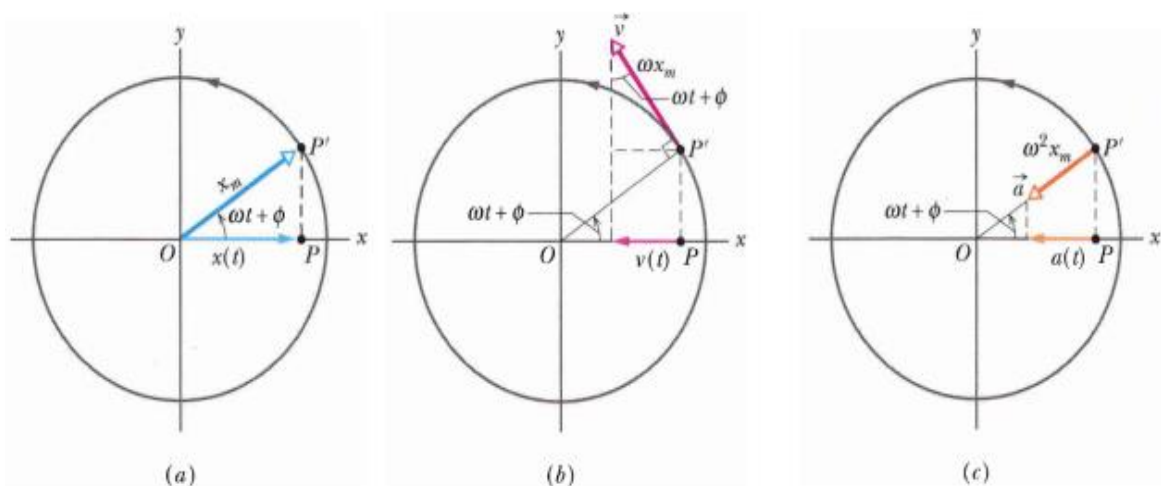


Figura 17 – Movimento circular.

Fonte: <<https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/fisicaequimica/relacaodocentes973/ezequielcostasiq ueira/notas_aula_prova2.pdf>>. Acesso em 24/08/2021.

O movimento harmônico simples é uma projeção do movimento circular uniforme em torno de um eixo. O ângulo de fase, $\omega.t$, no movimento harmônico simples corresponde ao ângulo $\omega.t$ através do qual a bola se movimentou no movimento circular. A sua posição é descrita por:

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$$

Depois que conhecemos a posição do oscilador para todos os tempos, podemos calcular a velocidade e a aceleração:

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$$

$$v(t) = -A\omega \text{sen}(\omega t + \varphi)$$

$$a(t) = -A\omega^2 \text{cos}(\omega t + \varphi)$$

5.6 Oscilador amortecido

O oscilador é amortecido, quando houver atrito entre o corpo montado na mola e o plano, ou se a força de resistência do ar entre o pêndulo for levada em consideração. O atrito é geralmente proporcional à velocidade. Por exemplo, no caso de um pêndulo, a resistência do ar amortece a vibração, enquanto a vibração do líquido no tubo em U é amortecida pela viscosidade do líquido. A vibração do diapasão é transmitida ao ar e gera ondas sonoras, que produzem um som audível. A energia utilizada para isso vem de um oscilador que causa atenuação devido à emissão de radiação acústica. As oscilações amortecidas, existe uma força de amortecimento que se opõe ao movimento do objeto. A equação do oscilador amortecido é:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \gamma \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0 \quad (1.24)$$

$$\gamma = \frac{b}{m} \quad e \quad \omega_0^2 = \frac{k}{m}$$

onde $b = mg$ é a constante de atrito (daqui em diante simplesmente chamaremos g de constante de atrito). É fácil ver que no caso do movimento oscilatório amortecido, ele deve ter uma solução intermediária, onde a velocidade angular deve ser um pouco modificada pela oscilação. A melhor maneira de resolver a equação diferencial é utilizando o conceito de números complexos, em particular da exponencial complexa...

$$e^{i\phi} = \text{cos } \phi + \text{sen } \phi$$

Onde i é o número imaginário. É fácil ver esta relação a partir de um gráfico no plano complexo. Neste plano a componente real do número complexo Z , com comprimento $|Z|$ unitário, é dada pela projeção de Z na abscissa $\text{cos } \phi$. A parte imaginária de Z é dada pela projeção na ordenada $\text{sen } \phi$. O módulo de Z é dado por:

$$\text{cos}^2 \phi + \text{sen}^2 \phi = 1$$

Para resolver a equação (1.24) supomos que a solução seja na forma:

$$x(t) = C e^{pt}$$

$$\frac{dx}{dt} = p C e^{pt} = px; \quad \frac{d^2x}{dt^2} = p^2 C e^{pt} = p^2 x$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \gamma \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0 \rightarrow p^2 x + \gamma p x + \omega_0^2 x = 0$$

$$(p^2 + \gamma p + \omega_0^2) x = 0 \rightarrow p^2 + \gamma p + \omega_0^2 = 0$$

$$p = -\frac{\gamma \pm \sqrt{\gamma^2 - 4\omega_0^2}}{2} \rightarrow$$

$$p = -\frac{\gamma}{2} \pm \sqrt{\frac{\gamma^2}{4} - \omega_0^2} \text{ (solução da equação do 2º grau)}$$

Dependendo se $\frac{\gamma^2}{4}$ for menor, igual, ou maior do que ω^2 , podemos distinguir 3 casos:

5.6.1 Amortecimento subamortecido

O caso **subamortecido**: $\frac{\gamma^2}{4} < \omega^2$. Neste caso, a oscilação se repete durante vários ciclos e a amplitude das oscilações diminui com o tempo. A amplitude decrescente da oscilação é chamada de envelope.

Se $\frac{\gamma}{2} < \omega_0$, temos:

$$p = -\frac{\gamma}{2} \pm \sqrt{-\left(\omega_0^2 - \frac{\gamma^2}{4}\right)} = -\frac{\gamma}{2} \pm \sqrt{-1} \sqrt{\omega_0^2 - \frac{\gamma^2}{4}}$$

$$\text{Como } \omega = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{\gamma^2}{4}}, i = \sqrt{-1}, \text{ temos:}$$

$$p = -\frac{\gamma}{2} \pm i\bar{\omega}$$

5.6.2 Amortecimento Crítico

O caso de **amortecimento crítico**: $\frac{\gamma^2}{4} = \omega^2$. Neste caso, não há oscilação completa, antes de a oscilação se completar a massa. Vemos isto na figura acima, onde a massa começa da posição de equilíbrio, alcança uma distância máxima, e volta, parando na posição de equilíbrio depois de um certo tempo.

5.6.3 Amortecimento subcrítico

O caso de **amortecimento subcrítico ou sobreamortecido**: $\frac{\gamma^2}{4} > \omega^2$. Neste caso, a massa nem alcança a posição de equilíbrio em um tempo finito. A distância diminui exponencialmente no tempo. Na figura 18, representa uma comparação gráfica dos 3 tipos de amortecimento.

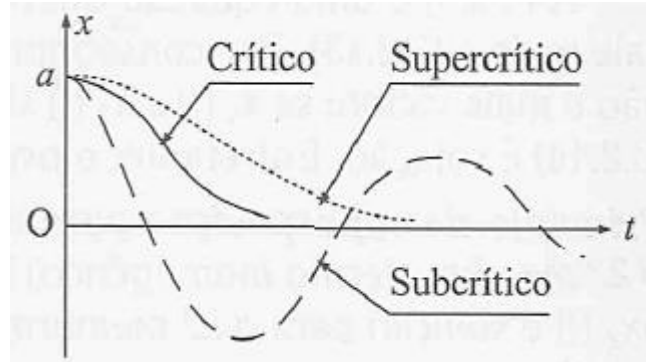


Figura 18 – Comparação de Amortecimento. Fonte: <<<https://www.if.ufrj.br/~bertu/fis2/oscila/oscilacoes.html>>>. Acesso em 12/12/2021.

5.6.4 Ressonância

A amplitude da vibração é maximizada quando a frequência da força aplicada é igual à frequência natural do oscilador. Por exemplo, uma criança em um balanço descobre que a vibração é maximizada pela aplicação de uma força que ressoa com a frequência natural do balanço. A ressonância também pode causar vibrações indesejadas em sistemas mecânicos e a ruptura de estruturas como edifícios e pontes devido aos efeitos do vento e terremotos. A ressonância ocorre cada vez que o oscilador recebe uma força periódica com a mesma frequência de sua frequência natural. Diz-se que a força está em fase com a vibração.

$$x(t) = x_m \cos(\omega' t + \varphi)$$

onde:

$$x_m = \left(\frac{F_0}{m}\right) [(\omega^2 - \omega'^2)^2 + \gamma^2 \omega^2]^{-\frac{1}{2}}$$

$$\phi = \arctg \left[\frac{\gamma \omega}{(\omega^2 - \omega'^2)} \right] \quad (1.25)$$

Na figura 19, mostra um gráfico onde as amplitudes de oscilação, x_m , chegam a um valor máximo quando $\omega^2 - \omega'^2 = 0$, ou seja, quando $\omega^2 = \omega'^2$. Esta é conhecida como frequência de ressonância. Exemplo:

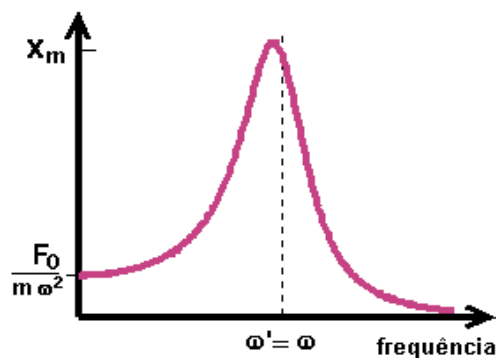


Figura 19 – Gráfico de x_m versus frequência. Fonte: <<<https://www.if.ufrj.br/~bertu/fis2/oscila/oscilacoes.html>>>.

5.7 Ondas em uma dimensão

São ondas que a energia se propaga em apenas uma direção. É o caso das ondas transversais em uma corda. Refere-se a uma equação de derivadas parciais linear de 2ª ordem, que todas as ondas unidimensionais satisfazem.

$$\left(\frac{1}{v^2}\right) \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0$$

Veja que $\partial^2 y / \partial t^2$ é a “aceleração vertical” de um ponto x que descreve um movimento harmônico em abscissa fixa, não é a aceleração do pulso da corda (que é nula). A velocidade do pulso é constante. Não importa se a onda se propaga para direita ou para esquerda, obedecerá a essa relação.

5.7.1 Ondas progressivas

Na figura 20, temos a simulação da propagação de uma onda na corda, podemos ter ondas progressivas propagando-se num mesmo sentido, e quando atinge uma extremidade, geralmente é refletido.

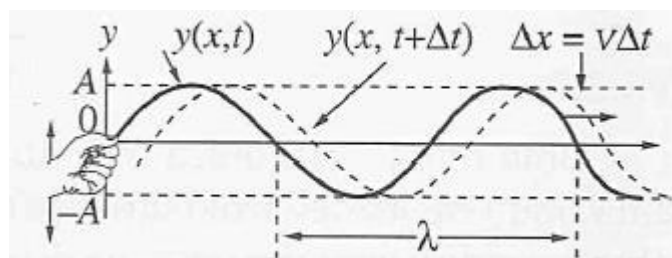


Figura 20 – Onda Harmônica. Fonte: (NUSSENZVEIG, Vol.2, 2002, p.101).

Numa corda finita, as ondas progressivas se propagam nos dois sentidos, para a direita e para a esquerda.

$$y(x, t) = f(x - vt) + g(x + vt) \quad (1.26)$$

5.7.2 Ondas harmônicas

São perturbações, que num dado ponto x , equivale a uma oscilação harmônica simples, onde o perfil da onda é uma função senoidal.

$$y(x, t) = A \cos(kx - \omega t + \varphi) \quad (1.27)$$

5.7.3 A equação das cordas vibrantes

Iremos considerar vibrações transversais de uma corda distendida, aquelas de instrumentos musicais (harpa, violão, piano e violino,). Se T é a tração que a corda está ficando pressionada. Demonstra-se que em uma corda que vibra distendida (como em um violão), temos que:

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

Relacionando com a equação das ondas unidimensionais, temos que:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (1.28)$$

Onde:

v = Velocidade da onda;

T = Tração da corda;

μ = Densidade linear da corda.

Exemplo: Imagine que uma corda sofra um deslocamento inicial $y(x,0) = y_0(x)$ (Altura inicial), mas seja solta em repouso, ou seja, $\partial y / \partial t(x,0) = 0$.

É bom lembrar que:

$$f(x) = f(x, 0) = f(x - v \cdot 0) \text{ e que}$$

$$g(x) = g(x, 0) = g(x + v \cdot 0)$$

$$\text{Logo: } y(x, 0) = f(x) = g(x) = y_0(x)$$

$$\frac{\partial y}{\partial t}(x, 0) = -v \cdot \frac{df(x)}{dx} + v \cdot \frac{dg(x)}{dx} = v \cdot \frac{d[g(x) - f(x)]}{dx} = 0$$

Para $f(x) = g(x) \rightarrow f(x) = g(x) = \frac{1}{2}y_0(x)$, a solução fica:

$$y(x, t) = \frac{1}{2}[y_0(x - vt) + y_0(x + vt)] \quad (1.29)$$

5.7.4 Princípio de Superposição

Se $y_1(x,t)$ e $y_2(x,t)$ são soluções quaisquer da equação de ondas unidimensionais, então qualquer combinação linear entre elas também será. Esse princípio é muito importante para mostrarmos as equações de interferência entre ondas.

5.7.5 Intensidade de uma Onda

A potência média (\bar{p}) para ondas unidimensionais é dado pela equação:

$$I = \bar{p} = \left(\frac{1}{2}\right) \mu \cdot v \cdot \omega^2 \cdot A^2$$

O valor médio da densidade de energia cinética (de cada ponto x da corda) por unidade de comprimento, é dado pela equação:

$$\frac{\overline{dk}}{dx} = \frac{1}{4} \cdot \mu \cdot \omega^2 \cdot A^2 \rightarrow \frac{\overline{dk}}{dx} = \frac{dU}{dx} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\overline{dE}}{dx} \quad (1.30)$$

Onde:

dU/dx = densidade média de energia potencial;

dE/dx = densidade média de energia total da onda;

Num elemento Δx da corda, o valor médio da energia da onda é:

$$\overline{\Delta E} = \left(\frac{\overline{dE}}{dx}\right) \cdot \Delta x \quad (1.31)$$

Visto que a onda percorre $\Delta x = v \cdot \Delta t$, durante um intervalo de tempo Δt , a potência média conduzida é:

$$\bar{P} = \frac{\overline{\Delta E}}{\Delta t} \rightarrow \bar{P} = v \cdot \frac{\overline{\Delta E}}{\Delta x} \quad (1.32)$$

5.7.6 Interferência de Ondas

O princípio de superposição, é uma combinação linear qualquer de ondas numa corda vibrante. De acordo com Nussenzveig (Vol. 2, 2002, p.109), “a superposição de duas ondas progressivas harmônicas que se propagam na mesma direção e sentido é outra do mesmo tipo, mas a intensidade da resultante ($I = I_1 + I_2 + 2 \cdot \sqrt{I_1 \cdot I_2} \cdot \cos \delta_{1,2}$), é geralmente diferente da soma das intensidades das componentes, dependendo da fase $\delta_{1,2}$ entre elas. Este fenômeno chama-se de interferência”.

A **interferência construtiva** é quando a intensidade resultante é máxima, para $\cos \delta_{1,2} = 1$, ou seja:

$$\delta_{1,2} = 2 \cdot m \cdot \pi \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots)$$

$$I_{MÁX} = (\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2})^2$$

A **interferência destrutiva** é quando a intensidade resultante é mínima para $\cos \delta_{1,2} = -1$, ou seja:

$$\delta_{1,2} = (2 \cdot m + 1) \cdot \pi \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots)$$

$$I_{MIN} = (\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2})^2$$

Exemplos:

- Uma perturbação na superfície de um líquido produz ondas em todas as direções a partir do ponto de incidência;
- No campo das telecomunicações, a pesquisa de interferências é uma das causas da limitação do tráfego de informações e da produção de ruídos e outros tipos de interferência, que podem ser reduzidos com certos tipos de modulação;
- A interferência também ocorre com bolhas de sabão. Quando o feixe de luz atinge uma bolha de sabão, esse fenômeno ocorre nas superfícies superior e inferior. O resultado é uma área escura, que é uma zona de interferência destrutiva, e uma área clara, que corresponde a uma zona de interferência construtiva.

5.7.6.1 Sejam duas ondas no mesmo sentido:

$$y_1(x, t) = A_1 \cdot \cos(kx - \omega t + \delta_1)$$

$$y_2(x, t) = A_2 \cdot \cos(kx - \omega t + \delta_2)$$

O resultado será: $y = y_1 + y_2 \rightarrow y = A \cdot \cos(kx - \omega t + \delta)$

Onde: $A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2 \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot \cos(\delta_2 - \delta_1)$

Sabendo que a frequência angular das ondas é a mesma, onde a intensidade de cada onda será proporcional ao quadrado de sua amplitude, com a mesma constante de proporcionalidade, temos:

$$I = I_1 + I_2 + 2 \cdot \sqrt{I_1 \cdot I_2} \cdot \cos(\delta_2 - \delta_1)$$

Onde:

A intensidade é máxima para $\delta_2 - \delta_1 = 2m\pi$ ($m = 0, 1, 2, 3, \dots$), $\cos(\delta_2 - \delta_1) = 1$;

$$I_{m\acute{a}x} = \sqrt{(I_1 + I_2)^2}$$

A intensidade é mínima para $\delta_2 - \delta_1 = (2m + 1)\pi$, $\cos(\delta_2 - \delta_1) = -1$.

$$I_{m\acute{i}n} = \sqrt{(I_1 - I_2)^2}$$

Nessa situação, em que $I_1 = I_2 = I$, $I_{m\acute{a}x} = 4I$ e $I_{m\acute{i}n} = 0$.

5.7.6.2 Sejam duas ondas se propagam em sentidos opostos:

$$y_1(x, t) = A_1 \cdot \cos(kx - \omega t)$$

$$y_2(x, t) = A_2 \cdot \cos(kx + \omega t)$$

Considerar que as ondas têm a mesma amplitude e constante de fase ($\delta = 0$), temos:

$$y = y_1 + y_2 \rightarrow y = A \cdot \cos(kx - \omega t) + A \cdot \cos(kx + \omega t)$$

$$y = 2A \cdot \cos(kx) \cdot \cos(\omega t)$$

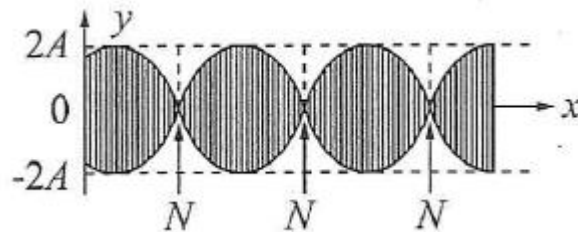


Figura 21 – Interferência de ondas. Fonte: (NUSSENZVEIG, Vol.2, 2002, p.110).

Na figura 21, mostra uma onda resultante que não se propaga, a sua amplitude fica oscilando e eventualmente mudando de sinal. Os pontos marcados com N são os nós, onde há interferência destrutiva, enquanto que as “cristas” são pontos de interferência construtiva, onde sua amplitude é máxima. Os nós subdividem a corda numa série de segmentos, que oscilam separadamente. Uma observação é que as ondas que resultam nessa nova função, têm fluxos de energia iguais e contrários, que se cancelam na resultante, de modo que o fluxo médio de energia se anula.

5.7.7 O fenômeno de batimento

Imagine duas ondas se propagam no mesmo sentido, com mesma amplitude, mas com frequências (por consequência números de onda) ligeiramente diferentes:

$$y_1(x, t) = A \cdot \cos(k_1 x - \omega_1 t)$$

$$y_2(x, t) = A \cdot \cos(k_2 x - \omega_2 t)$$

Usando os seguintes termos, temos:

$$\Delta\omega = \omega^1 - \omega^2 \ll \underline{\omega} = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot (\omega_1 + \omega_2)$$

$$\Delta k = k^1 - k^2 \ll \underline{k} = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot (k_1 + k_2)$$

Considere que $\omega_1 > \omega_2$ e $k_1 > k_2$:

$$y(x, t) = a(x, t) \cdot \cos(\underline{k}x - \underline{\omega}t), \text{ onde:}$$

$$a(x, t) = 2A \cdot \cos\left(\Delta k \cdot \frac{x}{2} - \Delta\omega \cdot \frac{t}{2}\right)$$

Esse é o fenômeno é chamado de batimento demonstrado na figura 22, em que uma onda de frequência ω , tivesse sua amplitude $a(x, t)$ modulada por outra onda de frequência $\Delta\omega$ bem mais baixa. Ou seja, refere-se à mudança periódica na amplitude produzida pela superposição de duas ondas de amplitude aproximadamente igual, mas frequências ligeiramente diferentes. Dente-se como frequência de batimento $f_{\text{batimento}} = |f_1 - f_2|$.

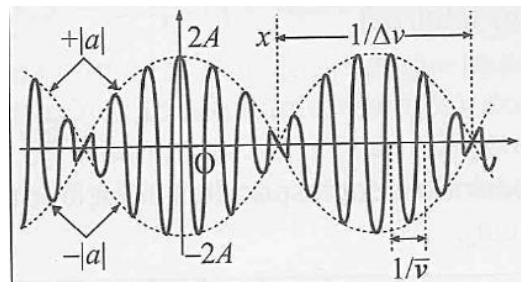
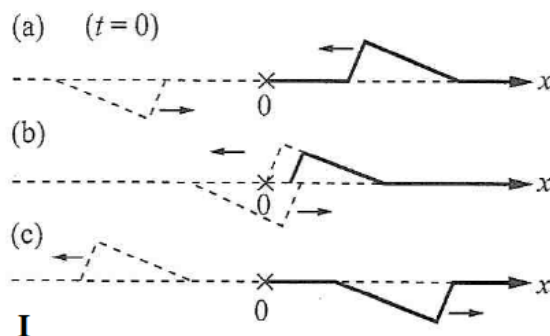


Figura 22 – Batimento. Fonte: (NUSSENZVEIG, Vol.2, 2002, p.64).

5.8 Reflexão das Ondas

Na figura 23–I, representa uma corda que se encontra presa a um anel que pode se movimentar livremente, sem atrito, se ela estiver em extremidade livre (na figura 23-II), o pulso refletido não inverte a fase. Porém, se essa corda estiver em extremidade fixa em uma parede, sem poder se movimentar, ocorre inversão de fase.

EXTREMIDADE FIXA DA CORDA



EXTREMIDADE LIVRE DA CORDA

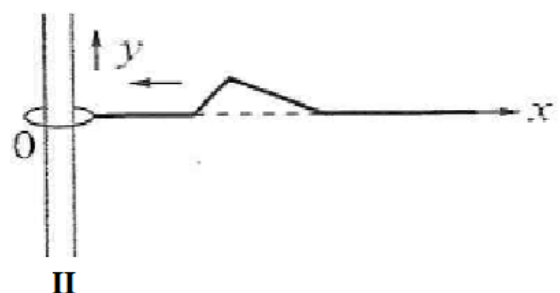


Figura 23 (adaptada) - Pulso de onda em uma corda em extremidade livre e fixa. Fonte: (NUSSENZVEIG, Vol.2, 2002, p.113-114).

As equações da solução dos problemas, para cordas que se propagam para a esquerda e com a origem (Fixa ou Livre) também na esquerda, são:

$$y(x,t) = g(vt + x) - g(vt - x), \text{ para a corda com a extremidade fixa;}$$

$$y(x,t) = g(vt + x) + g(vt - x), \text{ para a corda com a extremidade livre.}$$

Essas equações são obtidas utilizando as condições de contorno:

$y(0,t) = 0$ para qualquer t na corda com extremidade fixa (Essa situação significa que a corda não sofre modificação na sua posição na origem, para a corda com extremidade fixa); $\partial y/\partial x(0,t) = 0$ para qualquer t na corda com extremidade livre (Essa condição significa que a tangente à corda na extremidade fica sempre na horizontal, na corda com extremidade).

5.9 Ondas Sonoras

Ondas Sonoras são ondas mecânicas que vibram em uma frequência de 20 a 20.000 hertz (Hz), sendo normalmente perceptíveis pelo ouvido humano. O som é a sensação que sentimos, através da audição pela ação desse tipo de onda. Outra característica importante, a onda sonora necessita de um meio para se propagar, seja gás, líquido ou sólido. Logo não é possível existir som no vácuo.

A onda menor que 20 Hz é denominada de infrassom e a maior que 20.000 Hz, ultrassom. Essas ondas até chegam aos nossos ouvidos, mas não são capazes de estimular o nosso sentido da audição. Alguns animais, como o cachorro e o morcego, conseguem captar altas frequências de até 100.000Hz, outros como o elefante e o pombo, são capazes de perceber infrassons.

As ondas sonoras podem apresentar frequências específicas. Chamamos de som grave, aquele que é emitido por uma fonte sonora que vibra com baixa frequência e som agudo, o que vibra com uma alta frequência. Para entender melhor basta perceber a diferença entre a voz masculina (grave) e a voz feminina (agudo). Essa caracterização em relação à frequência de um som é chamada de altura.

Quando um som possui uma grande quantidade de energia por unidade de tempo e a onda sonora possui uma grande amplitude, dizemos que o som possui uma grande intensidade. Logo, a intensidade está relacionada ao volume do som. Essa intensidade é medida em dB (decibéis), onde se estabeleceu que ao som de menor intensidade que o ser humano fosse capaz de escutar seria atribuído o valor de 0 dB e o de maior intensidade, de 120 dB.

5.9.1 A formação das ondas sonoras

As ondas sonoras são consideradas ondas de pressão, pois se propagam a partir de variações de pressão do meio. Por exemplo, quando um músico toca um violão, a vibração das cordas produz alternadamente compressões e rarefações do ar, ou seja, produz variações de

pressão que se propagam através do meio. Para se ter uma ideia, as ondas sonoras se propagam a 340m/s se o ar estiver a 20°C. Esse tipo de onda é denominado onda longitudinal, pois as moléculas constituintes do meio se aproximam e se afastam umas das outras de forma alternada. Cada seção do meio através do qual passa a onda longitudinal apenas oscila ligeiramente em torno de uma posição de equilíbrio, enquanto a onda propriamente dita pode se propagar por grandes distâncias.

5.9.2 Qualidades fisiológicas das ondas sonoras

5.9.2.1 Altura – É a qualidade que nos permite diferenciar entre um som grave ou agudo. Esta qualidade depende apenas da frequência da onda. Em outras palavras, se a frequência é alta o som é agudo, mas se a frequência é baixa, então, o som é grave.

5.9.2.2 Intensidade – Esta qualidade nos permite determinar se um som é fraco ou forte. A intensidade depende da energia que a onda transfere para o meio e pode ser dividida em intensidade física e auditiva.

5.9.2.3 Timbre – É a característica sonora que nos permite distinguir sons de uma mesma frequência, porém emitidos por fontes sonoras conhecidas, permitindo-nos identificar o emissor do som. Ele é a forma da onda. É importante entender tais características para não cometermos erros em relação ao som. Por exemplo, se um som está alto não é correto falar que se deve abaixar a altura do som, mas, sim, sua intensidade, pois a altura se refere ao agudo ou grave de um som.

5.10 Natureza do Som

Fonte sonora é qualquer corpo capaz de fazer o ar oscilar com ondas de frequência e amplitude que podem ser detectadas pelos nossos ouvidos. É o elemento responsável pela emissão do som. A fonte sonora gera energia sonora que diminui ao longo da distância entre a fonte e o receptor, propagando-se até atingir um obstáculo.

O som é uma onda mecânica, longitudinal e tridimensional, ela se propaga em meio material (sólido, líquido e gasoso), transportando apenas energia. O som como uma vibração que se propaga no ar e em outros meios formando regiões de compressão e rarefação, ou seja,

regiões de altas e baixas pressões. A sua velocidade aumenta com a densidade do meio, ou seja, a velocidade de propagação do som é:

$$v_{SÓLIDO} > v_{LÍQUIDO} > v_{GASOSO}$$

5.11 Princípios de Huygens

Chama-se de *difração* a capacidade das ondas de contornar obstáculos. Na figura 24, temos ondas paralelas propagando em direção a uma fenda, após essa onda acessar o espaço da fenda, as ondas se transformam-se em semicírculos e atingem as regiões opostas ao obstáculo.

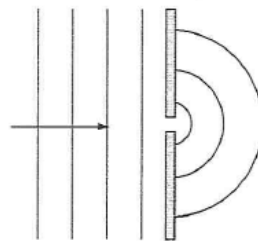


Figura 24 – Difração de uma onda. Fonte: (NUSSENZVEIG, Vol.2, 2002, p.141).

O princípio de Huygens permite concluir que uma frente de onda se propaga em um meio homogêneo e não oferece obstáculos à sua propagação, mantendo sua forma original ao longo de seu trajeto. Este princípio é o que explica o fenômeno da difração de ondas. A difração é a capacidade de uma onda de contornar obstáculos.

A difração é a propriedade de uma onda de contornar um obstáculo e depende do comprimento da onda propagada. A partir da razão entre o comprimento de onda e a largura do obstáculo, podemos calcular o grau de difração de uma determinada onda, que pode ser escrito matematicamente como:

$$r = \lambda/d$$

Quanto maior for a razão, maior será a extensão da curva de difração. Esse é o fenômeno que explica o fato de podermos ouvir atrás da porta quando uma pessoa fala do outro lado dela, além de ser um acontecimento largamente aplicado nas montagens de sistemas de alto-falantes.

5.12 Reflexão, Refração e Interferência

5.12.1 Reflexão do som

As ondas sonoras são refletidas quando encontram obstáculos e retornam ao meio de origem. A ocorrência deste fenômeno causa dois outros fenômenos, eco e reverberação. Os ecos

ocorrem quando o som refletido retorna depois que o som original é completamente extinto. Na reverberação, o som refletido chega ao ouvido antes que o som original desapareça.

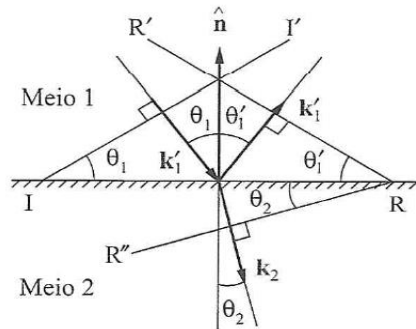


Figura 25– Ângulos de incidência, reflexão e refração. Fonte: (NUSSENZVEIG, Vol.2, 2002, p.143).

Analisando a figura 25, a lei da reflexão diz que o ângulo de incidência (θ_1) é igual ao ângulo (θ'_1) refletido.

$$\theta'_1 = \theta_1$$

5.12.2 Refração do som

A refração ocorre quando uma onda viaja de um meio com índice de refração diferente para outro, causando uma mudança na velocidade de propagação e no comprimento de onda, mas nunca uma variação na frequência, pois é uma característica da emissão.

Explorando a figura 22, a lei de refração (lei de Snell) diz que:

$\frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} = n_{1,2}$, onde $n_{1,2}$, é o índice de refração relativo entre o meio 2 em relação ao meio 1.

$$\frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} \rightarrow n_{1,2} = \frac{v_1}{v_2}$$

Observações:

O índice de refração é igual à razão das velocidades da fase nos dois meios. Se $v_2 < v_1$, o raio refratado se aproxima da normal ($\theta_2 < \theta_1$);

Com relação às ondas sonoras, para que se observe a reflexão ou refração regular, é preciso que a frente de onda considerada possa ser assimilada a uma porção de onda plana, o que requer dimensões $\gg \lambda$. Por isso, esses efeitos só podem ser observados usualmente numa escala de grandes proporções;

A reflexão do som dá origem aos ecos e pode ter efeitos desejáveis ou não, como na reverberação do som numa sala de concertos;

A velocidade do som num gás decresce quando a temperatura diminui. Num dia claro, a temperatura na atmosfera tende a decrescer quando a altitude cresce. A refração do som produzido tende a desviá-lo para cima quando se propaga num lugar descampado, diminuindo a audibilidade para grandes distâncias. Ao pôr-do-sol, o ar perto da superfície esfria mais rapidamente do que nas camadas superiores, produzindo o efeito inverso, o som é refratado para baixo, tornando os sons distantes mais audíveis do que em condições usuais.

5.12.3 Interferência sonora

A interferência sonora envolve o recebimento de duas ou mais ondas de fontes diferentes. Diante disso, teremos uma região do espaço onde, em alguns pontos, ouvimos sons fortes e, em outros, ouvimos sons fracos ou nenhum som. Esse fenômeno, chamado de batimento é o resultado da superposição de duas ondas viajando na mesma direção, mas com frequências ligeiramente diferentes.

Por exemplo, duas ondas sonoras que se propagam na mesma direção em frequências semelhantes atingem o observador ao mesmo tempo, em algum ponto do espaço. O observador ouvirá o acoplamento das duas ondas sonoras dentro e fora de fase periodicamente, de modo que a interferência construtiva e destrutiva das duas ondas sonoras se alterna no tempo. Esse fenômeno pode ser caracterizado como interferência temporal.

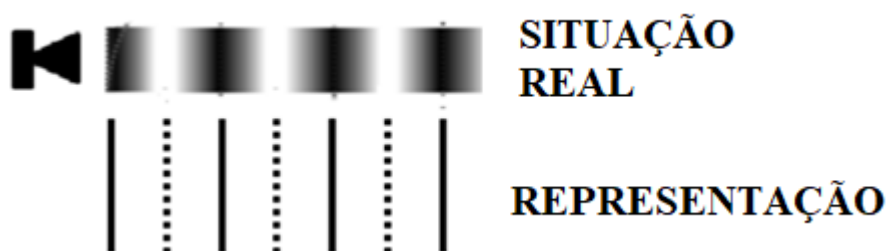


Figura 26 – Representação de uma onda sonora. Fonte: << http://www.coltec.ufmg.br/70onopó/wp-content/uploads/2019/02/Interfer%C3%Aancia-entre-ondas_Final_2015_Revisto.pdf>>. Acesso em 11/03/2022.

A figura 26 representa uma onda sonora. As linhas cheias mostram a posição dos máximos de pressão (Crista) e as linhas pontilhadas mostram a posição mínima de pressão da onda (vale).

5.12.3.1 Duas fontes em fase – Interferência construtiva

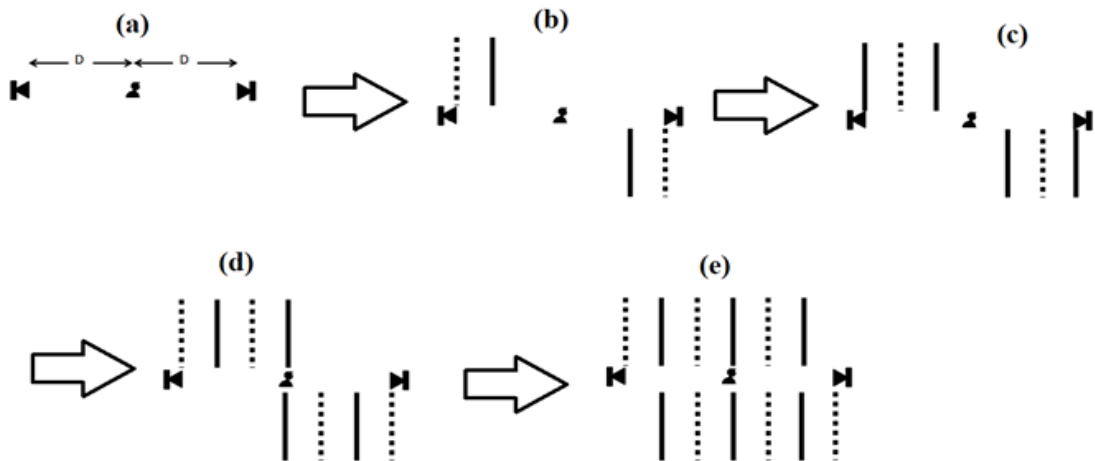


Figura 27– Duas fontes em fase – Interferência construtiva. Fonte: << http://www.coltec.ufmg.br/71onopó/wp-content/uploads/2019/02/Interfer%C3%Aancia-entre-ondas_Final_2015_Revisto.pdf>>. Acesso em 11/03/2022.

O observador está na mesma distância das fontes. Na figura 27, há o encontro de uma crista com crista ou de um vale com vale. As ondas se reforçam e aumentam a amplitude da onda na posição do observador.

$$D_2 - D_1 = n \cdot \lambda$$

$$n = 0, 1, 2, 3 \dots \text{ (Há interferência construtiva)}$$

5.12.3.2 Duas fontes com fases invertidas – Interferência destrutiva

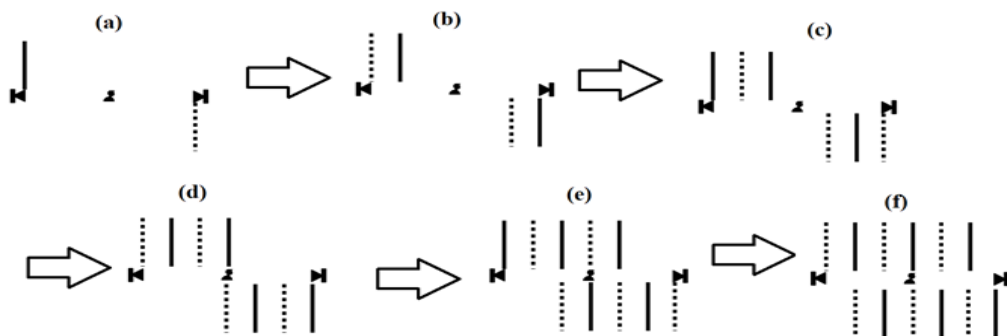


Figura 28 – Duas fontes com fases invertidas – Interferência destrutiva. Fonte: << http://www.coltec.ufmg.br/fisica/wp-content/uploads/2019/02/Interfer%C3%Aancia-entre-ondas_Final_2015_Revisto.pdf>>. Em 11/03/2022.

O observador está na mesma distância das fontes. Na figura 28, há o encontro de uma crista com um vale e as ondas se anulam na posição do observador.

5.12.3.3 Duas fontes em fase – Interferência destrutiva

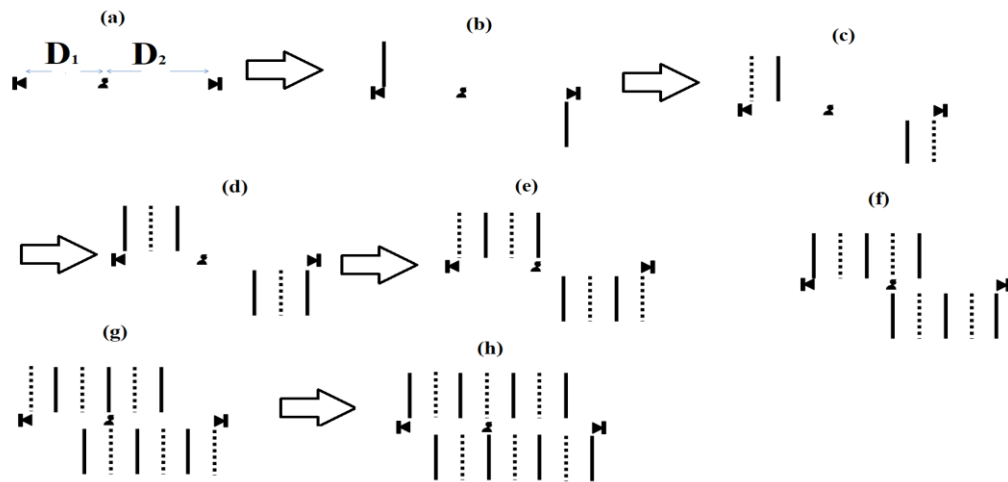


Figura 29 – Duas fontes em fase. Fonte: <http://www.coltec.ufmg.br/fisica/wp-content/uploads/2019/02/Interfer%C3%A7%C3%A3o-entre-ondas_Final_2015_Revisto.pdf>. Acesso em 11/03/2022.

$$D_2 - D_1 = \left(\frac{n}{2}\right) \lambda$$

$$n = 1, 3, 5 \dots \text{ (Há interferência destrutiva)}$$

O observador está a distâncias diferentes das fontes. Na figura 29, há o encontro de uma crista com um vale e as ondas se anulam na posição do observador.

5.13 Efeito Doppler

Por que ouvimos o som mais agudo de uma sirene de móvel (ambulância, carro de bombeiro, apito de um trem, ou um carro de som de propaganda) quando ela se aproxima e mais grave quando ela se afasta de nós? Mas por que isso acontece?

Na verdade, a frequência da sirene é sempre a mesma, é a nossa audição que muda, porque ocorre alteração da frequência que nós captamos. Essas alterações de frequência relacionadas com o movimento são exemplos do efeito Doppler.

O efeito Doppler ocorre não apenas em ondas sonoras, mas também em ondas eletromagnéticas, como ondas de rádio e luz visível. É amplamente utilizado na indústria de radares para determinar a velocidade do carro ou radar de aeronave. Os astrônomos também o usam para determinar as velocidades de galáxias e estrelas em relação à Terra. É assim que descobriu que o universo está em expansão, pois analisando a luz visível emitida pelas galáxias, pode-se concluir que as frequências correspondentes são mais baixas do que deveriam ser quando estão estacionárias em relação a nós.

5.13.1 Observador e Fonte em Repouso

O número de frentes de onda (k) interceptadas pelo observador é:

$$k = \frac{v \cdot t}{\lambda_F}$$

A taxa com que ele intercepta as frentes é a frequência:

$$f_0 = \frac{v \cdot t}{t} \rightarrow f_0 = \frac{v}{\lambda_F} \rightarrow f_0 = f_F \quad (1).$$

Como se vê na figura 30, com o observador e fonte em repouso não existe efeito Doppler. A frequência detectada pelo observador é igual à frequência f_F emitida pela fonte.

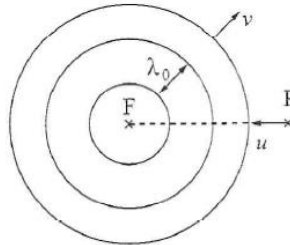


Figura 30 – Observador e Fonte em Repouso. Fonte: NUSSENZVEIG, Vol.2, 2002, p.148).

5.13.2 Observador em Movimento e Fonte em Repouso

Num tempo t as ondas se deslocam uma distância $v \cdot t$ para a direita. O observador se desloca uma distância $v_0 \cdot t$, para a esquerda. No tempo t_0 deslocamento total das frentes de onda é $d = v \cdot t + v_0 \cdot t$. O número de frentes de onda detectadas pelo observador será:

$$k = \frac{(v + v_0)}{\lambda_F} \cdot t$$

A taxa com que o observador intercepta as cristas de onda será:

$$f_0 = \frac{(v + v_0)}{\lambda_F} \rightarrow f_0 = \frac{(v + v_0)}{\lambda_F} \quad (1.33)$$

A equação 1.33 para o observador que se aproxima da fonte com velocidade v_0 . Se o observador se afastar, temos que inverter o sinal de v_0 . Então a equação pode ser expressa como:

$$f_0 = \frac{(v \pm v_0)}{\lambda_F} \quad (1.34)$$

onde se deve utilizar o sinal (+) para aproximação e sinal (-) para afastamento. Substituindo $\lambda_F = v/f_F$, da equação (1.33) na equação (1.34) temos:

$$f_0 = f_F \cdot \frac{(v \pm v_0)}{\lambda_F} \quad (1.35)$$

Exemplos:

5.13.2.1 Repouso

O sinal captado é igual ao sinal emitido pela fonte. Ou seja, $f_0 = f_F$.

5.13.2.2 Afastamento

O sinal captado é mais grave que o sinal emitido pela fonte. Ou seja, $f_0 < f_F$.

5.13.2.3 Aproximação

O sinal captado é mais agudo que o sinal emitido pela fonte. Ou seja, $f_0 > f_F$.

5.13.3 Observador em Repouso e Fonte em Movimento

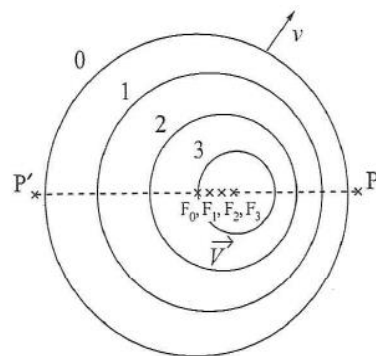


Figura 31 – Fonte sonora em movimento. Fonte: (NUSSENZVEIG, Vol.2, 2002, p.148).

Suponhamos que um observador esteja em repouso na atmosfera (na figura 31), mas a fonte sonora se aproxima ou se afasta dele com velocidade de magnitude V . Como o período, $T = 1/f_F$ é o tempo decorrido entre a emissão sucessiva de duas frentes de onda, nesse momento a frente de onda F_1 se desloca de uma distância $v_F \cdot T$. Quando $t = T$ uma onda F_2 é emitida. A distância $d(f_1, f_2)$ que o observador detecta, é $v \cdot T - v_F \cdot T$. A frequência será então $f_0 = \frac{v}{\lambda_0} \rightarrow f_0 = \frac{v}{\frac{v - v_F}{f_F}}$, que fica $f_0 = f_F \cdot \frac{v}{v - v_F}$, que é a equação para a fonte que se aproxima do observador.

Se a fonte se afasta do observador temos que trocar o sinal de v_F . Então a equação geral para a fonte em movimento e o observador em repouso é:

$$f_0 = f_F \cdot \frac{v}{v + v_F} \quad (1.36)$$

Exemplos:

5.13.3.1 Aproximação

O sinal captado é mais agudo que o sinal emitido pela fonte. Ou seja, $f_0 > f_F$.

5.13.3.2 Afastamento

O sinal captado é mais grave que o sinal emitido pela fonte. Ou seja, $f_0 < f_F$.

5.13.4 Fonte e Observador em Movimento

Podemos combinar as equações (1.36) e (1.35) para obter uma equação geral substituindo f_F , na equação (1.54) por f_0 , dada pela equação (1.36), que é a frequência associada ao movimento do observador.

Então temos $f_0 = f_F \frac{v \pm v_0}{v} \cdot \frac{v}{v \pm v_F}$ que fica $f_0 = f_F \frac{v \pm v_0}{v \mp v_F}$ (1.37). Onde os sinais superiores são usados para a aproximação e os inferiores para o afastamento.

$$f_{APARENTE} = f_{REAL} \cdot \frac{V_{SOM} \pm V_{RECEPTOR}}{v_{SOM} \mp v_{FONTE}}$$

5.13.5 Movimento em Qualquer Direção

Supondo que a direção do movimento da fonte passe pelo observador, ou vice-versa. Considerando que a fonte se move numa direção que faz, num dado instante, um ângulo θ com direção que liga a fonte ao ponto de observação, conforme a figura 32.

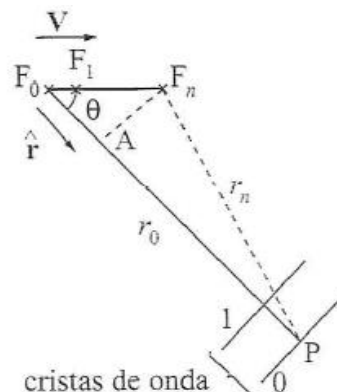


Figura 32 – Direção qualquer de movimento. Fonte: (NUSSENZVEIG, Vol.2, 2002, p.150).

Somente a componente da velocidade na direção do observador contribui para o efeito Doppler. Então podemos substituir v_F , na equação (1.36), $v_F \cdot \text{sen } \theta$, por ficando:

$$f_0 = f_F \frac{v \pm v_0}{v \mp v_F \cdot \cos \theta} \quad (1.37)$$

- Esta é a equação geral para fonte em movimento numa direção qualquer.
- Se $\theta = 0^\circ$, temos um caso particular de movimento representado pela equação (1.35).
- Se $\theta = 180^\circ$, o sinal de v_F , se inverte, mostrando que ela tem sentido contrário.

5.13.6 Velocidades Supersônicas

Imagine que uma fonte sonora se aproxima de um observador em repouso com a velocidade do som, isto é, se $v_F = v$, a equação (1.34) prevê que f_o , será infinita. Isto mostra que a fonte é tão rápida que alcança suas próprias frentes de onda, como vemos na figura 33. Porém, quando a fonte tem uma velocidade supersônica, ou seja, $v_F > v$, a equação 4 não é mais válida para essas velocidades.

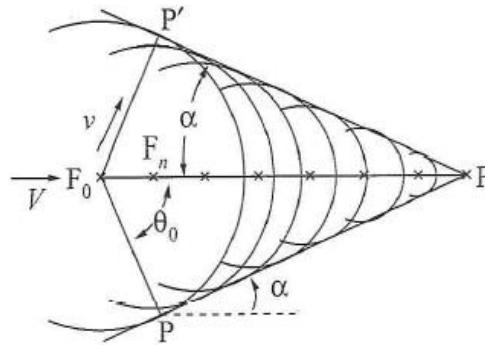


Figura 33 – Cone de Mach. Fonte: (NUSSENZVEIG, Vol.2, 2002, p.150).

Observa que as frentes de onda esféricas, que se originam nas várias posições da fonte, têm raio vt , onde v é a velocidade do som e t é o intervalo de tempo decorrido desde a emissão desta frente. As frentes de onda formam uma envoltória em forma de cone (as ondas são esféricas) chamado de cone de Mach. Existe uma onda de choque ao longo da superfície desse cone devido ao agrupamento das frentes de onda que causa súbitos aumentos e diminuições na pressão do ar por onde a superfície passa. Por isso se ouve uma explosão chamada de explosão sônica quando um avião ultrapassa a velocidade do som. Na figura <>, notamos que o ângulo α , chamado de ângulo do cone de Mach, é dado por $\text{sen } \alpha = \frac{v \cdot t}{v_F \cdot t}$, que fica $\text{sen } \alpha = \frac{v}{v_F}$.

O número Mach (M_a), é uma medida adimensional de velocidade utilizado para expressar a velocidade de aviões supersônicos ou aviões subsônicos com grande velocidade, é dado pela razão entre a velocidade do objeto que se desloca em um meio fluido (v_0) e a velocidade das ondas sonoras nesse meio (v_S):

$$M_a = \frac{v_0}{v_S}$$

Ou seja, a velocidade Mach mede quantas vezes o corpo atingiu a velocidade do som. Em geral usa-se a aproximação direta de condições como pressão ao nível do mar e temperatura ambiente (27°) para determinar uma velocidade do som igual a 340 m/s. Assim, se um corpo

atingiu 2 vezes a velocidade do som que é de 340 m/s, então este corpo atingiu a velocidade Mach 2 ou $2 \times 340 \text{ m/s} = 680 \text{ m/s}$.

5.14 Ondas Eletromagnéticas

Vivemos em mundo completamente dominado pelas ondas, desde a atmosfera até à superfície da Terra. Elas aparecem em todos os cantos do nosso mundo e em diferentes tipos. Nossos corpos são dotados de dispositivos sensoriais que convertem as ondas sonoras ao nosso redor em sensações auditivas. O mesmo vale para o órgão da visão.

As ondas eletromagnéticas que preenchem todo o espaço ao nosso redor são convertidas em pulsos e, ao chegar ao cérebro, esses pulsos são convertidos no que associamos à cor de um objeto. A visão e a audição estão relacionadas à capacidade do sistema nervoso de humanos e animais em geral de utilizar certas ondas ao nosso redor. Esse uso das ondas, por exemplo, nos fornece um meio de comunicação e orientação.

5.14.1 Equações de Maxwell

As quatro equações de Maxwell permitem a análise da inter-relação entre o movimento das cargas elétricas e a geração dos campos elétricos e magnéticos correspondentes. Ou seja:

- Cargas elétricas geram campos eletrostáticos (invariantes no tempo) e não geram campos magnéticos;
- Cargas elétricas em movimento uniforme geram campos eletrostáticos e magnéticos;
- Cargas elétricas em movimento acelerado produzem campos elétricos e magnéticos que variam no tempo.

A primeira equação de Maxwell não é nada mais do que a generalização da lei de Gauss. A lei de Gauss é uma das quatro Equações de Maxwell, ela foi formulada por Carl Friedrich Gauss (1777-1855) no século XIX. Essa equação associa o fluxo Φ que resulta de um campo elétrico através de uma superfície fechada com a carga resultante de estar cercada por essa superfície. Ou seja, a lei de Gauss associa o campo elétrico em pontos em uma superfície gaussiana (fechada) com a carga resultante cercada por essa superfície. Matematicamente, o fluxo do campo elétrico E através de qualquer superfície fechada S é igual à razão entre a carga confinada dentro da superfície e a permissividade do vácuo ϵ_0 . Esta equação permite a existência de monopólios elétricos, ou seja, cargas positivas e negativas existem separadamente.

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q}{\epsilon_0} \rightarrow \phi = \frac{q}{\epsilon_0} \quad (1.38)$$

Onde:

ϵ_0 = A constante de permeabilidade elétrica no vácuo.

$$(\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 \cdot c^2} \simeq 8,85418782 \cdot 10^{-12} A \cdot s^4 \cdot kg^{-1} \cdot m^{-3});$$

Φ = fluxo elétrico resultante;

q = carga elétrica envolvida.

Cargas elétricas fora da superfície gaussiana, independentemente de sua magnitude ou proximidade, não estão incluídas no termo q da lei de Gauss. A forma ou localização exata das cargas dentro da superfície gaussiana também não importa, apenas o sinal das cargas envolvidas importa. Devido à carga fora da superfície gaussiana, o campo elétrico não contribui com nenhum fluxo resultante através da superfície, porque devido a essa carga entrando na superfície, o número de linhas de campo é o mesmo que o número que sai da superfície.

A segunda equação de Maxwell é a lei do magnetismo de Gauss. Não importa qual superfície fechada S seja escolhida, e o que quer que esteja dentro do volume (distribuição de carga) contido por essa superfície, o fluxo do campo magnético B através dessa superfície será zero. Isso significa que o número de linhas de campo magnético que entram e saem do volume é sempre o mesmo, e os monopólios magnéticos não podem existir.

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0 \quad (1.39)$$

A terceira lei de Maxwell é a lei de indução de Faraday. A integral de linha do campo elétrico E em torno de qualquer caminho fechado (chamada força eletromotriz) é igual à taxa de variação do fluxo magnético através de qualquer superfície limitada por esse caminho. De acordo com a segunda lei de Maxwell, o fluxo magnético não é zero porque a superfície sobre a qual a integração ocorre não é uma superfície fechada. A conclusão mais importante a tirar da terceira equação de Maxwell é que um campo magnético variável produz um campo elétrico. Se o campo magnético B for independente do tempo, a taxa de variação do fluxo magnético é zero e o campo elétrico ao longo do caminho "l", não existirá.

$$\int_l \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\phi_B}{dt} \quad (1.40)$$

A quarta equação de Maxwell expressa a lei de Ampère generalizada:

$$\int_l \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot i + \epsilon_0 \cdot \mu_0 \cdot \frac{d\phi_B}{dt} \quad (1.41)$$

Onde μ_0 é a permeabilidade ao vácuo. A conclusão mais importante que pode ser tirada dessa equação é que uma corrente elétrica ou um campo elétrico variável, produz um campo

magnético. Se a taxa de fluxo $\phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{S}$, não for zero, ou a corrente elétrica $i \neq 0$, então o campo magnético B também será diferente de zero.

A força de Lorentz ($\vec{F} = q \cdot \vec{E} + q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$), é a força exercida pelos campos elétrico e magnético sobre a carga pontual q .

Imagine um circuito elétrico, onde exista uma carga elétrica oscilando para cima e para baixo. Essa carga elétrica cria um movimento acelerado produzindo um campo elétrico variável. Conforme a quarta equação (1.41) de Maxwell, esse campo elétrico será capaz de gerar um campo magnético variável. Esse campo magnético variável produz outro campo elétrico de acordo com a terceira equação (1.40) de Maxwell, e esse novo campo elétrico produz outro campo magnético e assim por diante.

Essa sucessão de campos magnéticos e elétricos cria uma perturbação eletromagnética, que se propaga de forma autônoma no espaço, independente da fonte que a produziu, sem a necessidade de nenhum meio físico para se propagar. As propriedades de propagação dessa perturbação indicam que os campos elétrico e magnético devem ser perpendiculares entre si e ao mesmo tempo têm que ser perpendiculares em relação à direção da propagação

5.14.2 As ondas Eletromagnéticas

Analisando as equações de Maxwell, temos:

- A origem das ondas eletromagnéticas é eletromagnética. A carga em movimento acelerado emite (gera) ondas eletromagnéticas;
- As ondas eletromagnéticas são ondas transversais;
- A relação entre *os módulos* nos campos \mathbf{E} e \mathbf{B} é constante: $E = c \cdot B$. Isso significa que esses campos sempre oscilaram em fase. Se $E = 0$, então $B = 0$. Quando E exibe o valor máximo, B também exibe o valor máximo;
- As ondas eletromagnéticas viajam no vácuo a uma velocidade constante igual à velocidade da luz;
- Nenhum meio material é necessário para que as ondas eletromagnéticas se propaguem;
- As ondas eletromagnéticas seguem o princípio da superposição.

A contribuição de Maxwell para a lei de Ampère expressa o fato que um campo elétrico variável no tempo gera um campo magnético e a lei de Faraday expressa o fato que um campo magnético variável no tempo gera um campo elétrico. As entidades físicas em que um campo elétrico variável gere um campo magnético também variável e este, por sua vez, gera um campo

elétrico variável e assim sucessiva e continuamente. Estas entidades físicas existem realmente e são as *ondas eletromagnéticas*.

As equações clássicas de Maxwell, que governam o campo eletromagnético, aplicadas a uma região do espaço em que não existem cargas elétricas livres nem correntes elétricas, admitem uma solução ondulatória, com o campo elétrico E e o campo magnético B variando harmonicamente, uma perpendicular ao outro e, ambos, perpendiculares à direção de propagação, definida pelo vetor c , que representa a velocidade da onda. O módulo da velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas no vácuo (c) é tomado, por definição, como sendo exatamente 299 792 458 m/s.

A Radiação Eletromagnética é uma forma de energia que se propaga no espaço, em alguns meios materiais ou mesmo no vácuo. No vácuo, ela se propaga na forma de Ondas Eletromagnéticas, com velocidade da luz no vácuo. Numa onda eletromagnética, temos o campo elétrico e o campo magnético que oscilam, são perpendiculares entre si, e também perpendiculares à direção em que a onda se propaga.

As ondas eletromagnéticas podem se propagar no vácuo e também num meio material. Contudo, um meio material pode ser opaco para ondas eletromagnéticas na faixa do espectro e transparente para ondas eletromagnéticas em outra faixa. O vidro comum, por exemplo, é transparente à luz (radiação eletromagnética visível) e opaco às ondas da faixa do infravermelho.

As Ondas Eletromagnéticas são emitidas e absorvidas por partículas com cargas elétricas aceleradas. Nessa onda, temos o campo elétrico (E) e o campo magnético (B) que oscilam, onde E e B são perpendiculares entre si, e também perpendiculares à direção em que a onda se propaga.

5.14.3 O Espectro Eletromagnético

A figura 34, mostra as faixas do *espectro eletromagnético* é a faixa de todas as frequências de ondas eletromagnéticas existentes. O espectro eletromagnético é geralmente apresentado em ordem crescente de frequência e decrescente comprimento de onda, começando pelas ondas de rádio e passando pela radiação visível até a radiação gama nas frequências mais altas. O espectro das ondas eletromagnéticas é contínuo, isto é, existem ondas eletromagnéticas de todos os comprimentos de onda ou de todas as frequências. É usual dividir o espectro em faixas com limites mais ou menos precisos e, a cada faixa, atribuir um nome especial.

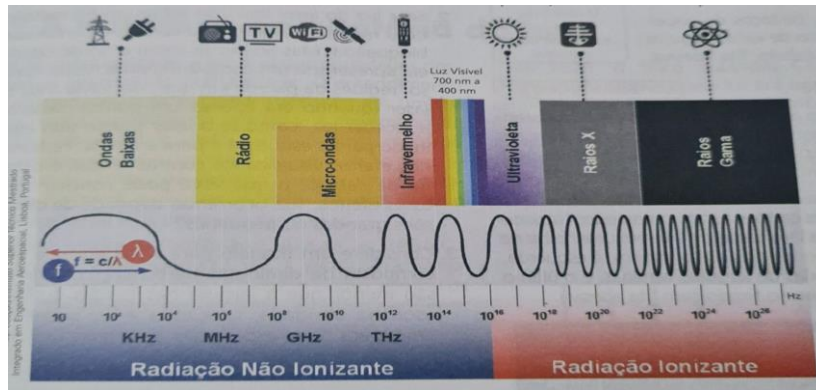


Figura 34 – Espectro eletromagnético. Fonte: (MORTIMER, p.85, 2020).

O espectro eletromagnético consiste nas seguintes bandas de frequência de onda eletromagnético:

- Na *radiofrequência*, as ondas de rádio são as ondas de menor energia em todo o espectro eletromagnético, são usadas comunicações em geral (via rádio e celulares). As estações de rádio FM operam num domínio de frequências próximas de 10^8 Hz. As estações de rádio AM operam em frequências próximas de frequência de até 300 MHz (mega-hertz);
- As *micro-ondas* têm uma frequência ligeiramente maior do que as ondas de rádio. Têm frequências compreendidas no intervalo entre 300 MHz e 300 GHz. As micro-ondas têm três características que determinam seu uso na fabricação de fornos micro-ondas: elas são absorvidas pelos alimentos em geral, são refletidas por metais e podem passar pelos diversos materiais que usamos como embalagem de alimentos. (vidro, papel, plástico, etc.);
- O *infravermelho* (ondas de calor), transfere energia para átomos e moléculas, fazendo-os oscilar mais rapidamente, fazendo com que a temperatura suba. Essas ondas possuem frequências abaixo da luz visível de tom avermelhado. O comprimento de onda estaria na faixa entre 700 nm e 1 mm. Dentre as aplicações temos: utilização em equipamentos para visão noturna, em redes sem fio e aquecimento de objetos (como retirar gelo das asas de um avião antes da decolagem);
- A *luz visível* pode excitar elétrons em átomos, causando mudanças nos níveis de energia atômica. A luz pode se comportar tanto como uma onda quanto como um conjunto de partículas chamadas fótons;
- A *radiação ultravioleta* transmite muita energia, por isso pode remover elétrons dos átomos e ioniza-los. Quando vamos à praia, o bronzeamento corporal é a resposta fisiológica natural da pele à exposição à radiação UV do sol. Em resposta à radiação UV, o corpo produz melanina. As lâmpadas UV podem ser usadas para esterilizar

ferramentas em hospitais e laboratórios. A radiação UV pode ser usada no processo de pasteurização do suco de frutas;

- *Os raios – X*, têm a capacidade de ionizar átomos e também podem criar transições de energia no núcleo que emitem novas frequências de raios – X. Essas ondas são usadas na área médica (diagnósticos), na área científica (cristalografia), e na construção civil;
- *A radiação gama* carrega muita energia, por isso pode desestabilizar os núcleos atômicos, resultando em fissão nuclear.

A retina do olho humano é sensível às ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda no intervalo aproximado de $0,4 \times 10^{-6}$ m até $0,8 \times 10^{-6}$ m. Essas ondas eletromagnéticas recebem, coletivamente, o nome de luz. Esses números não são absolutos porque diferentes pessoas têm retinas com diferentes sensibilidades e a mesma pessoa tem sensibilidade diferente conforme a idade e o estado de saúde de modo geral.

Além da energia E , as ondas eletromagnéticas transportam momentum p e massa m , dados respectivamente por:

$$p = E/c^2 \quad (1.42)$$

$$m = \frac{E}{c^2} \quad (1.43)$$

No modelo corpuscular, da radiação eletromagnética é tratada não como uma onda, mas como um conjunto de partículas (os fótons), cada qual com uma energia dada por:

$$E = h \cdot f \rightarrow E = \frac{h \cdot f}{\lambda} \quad (1.44)$$

Onde:

h = Constante de Planck [onde essa constante no S.I vale $h = 6,626 \times 10^{-34}$ joules por segundo (A unidade no S.I. é J.s)];

λ = Comprimento de Onda (A unidade no S.I. é m);

c = Velocidade da Luz ($c = 300.000$ km/s);

E = Energia [no S.I. é Joule (J)]

f = Frequência [no S.I. é Hertz (Hz)]

5.14.4 Elementos de uma Onda Eletromagnética

- O *comprimento de onda* λ de uma onda eletromagnética é a distância entre dois pontos consecutivos onde o vetor E (ou B) tem a mesma magnitude e a mesma direção. Ou seja, é a distância entre dois máximos ou mínimos consecutivos da onda.

- O *período* T de uma onda eletromagnética é o intervalo de tempo necessário para que a onda percorra uma distância correspondente a um comprimento de onda. Como a velocidade de propagação é c , vale: $c = \lambda T$.
- A frequência f de uma onda eletromagnética é o inverso do período. Representa o número de ciclos existentes em unidade de tempo: $f = 1/T$. considerando a definição do período, a relação entre f e λ é: $c = f \cdot \lambda$.
- A *amplitude* de uma onda eletromagnética, usualmente se considera a amplitude do seu campo elétrico E .
- A *direção* e o *sentido* de propagação de uma onda eletromagnética são determinados pelo vetor $\vec{E} \times \vec{B}$.

5.14.5 Equação de uma Onda Eletromagnética

A frente de uma onda eletromagnética pode ter diferentes formas, dependendo do tipo de fonte que a produz ou das propriedades do meio de propagação (onda esférica, cilíndrica...). Vamos discutir apenas sobre as ondas planas (na figura 35). São ondas com frentes planas. Nelas, as direções dos campos magnético e elétrico são, em todos os momentos, perpendiculares à direção de propagação.

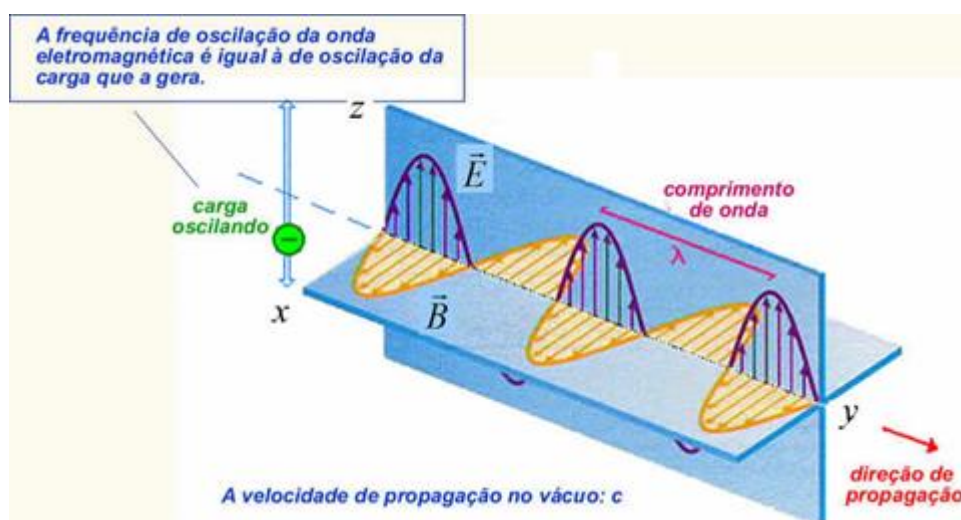


Figura 35 – Onda Plana. Fonte: <<<https://moodle.ufsc.br/mod/book/view.php?id=504304&chapterid=2717>>>. Acesso em 11/03/22.

A solução mais simples das equações de onda descreve uma onda harmônica, onde os campos E e B oscilam de acordo com as funções seno ou cosseno. Este tipo de onda tem o

mesmo papel das ondas harmônicas mecânicas: qualquer onda eletromagnética não harmônica pode ser representada em termos de superposição das ondas harmônicas (teorema de Fourier). No caso das ondas harmônicas eletromagnéticas, entretanto, devemos levar em conta a natureza vetorial dos campos que as compõem.

Imagine uma onda plana harmônica que se propaga ao longo do eixo x (Fig.33), no sentido positivo, assim, o campo elétrico oscila ao longo de eixo y, e o campo magnético ao longo do eixo z. como o vetor $\vec{E} \times \vec{B}$ aponta no sentido da propagação, logo E fica no lado positivo do eixo y ($E > 0$), o B precisa estar no lado positivo do eixo z ($B > 0$), e vice-versa. $E < 0$ implica $B < 0$, as equações que descrevem a variação dos campos nesse caso são:

$$E_y(x, t) = E_m \cdot \text{sen}(kx - \omega t) \text{ e}$$

$$B_z(x, t) = B_m \cdot \text{sen}(kx - \omega t)$$

A solução geral da equação geral da onda é:

$$E_y(x, t) = f(x - ct) + g(x + ct)$$

Um caso particular:

$$E_y(x, t) = E_0 \text{sen}(kx - \omega t), \text{ onde: } \omega = ck \text{ e } k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

É solução da equação de onda

$$\frac{1}{c^2} \cdot \frac{\partial^2 E_y(x, t)}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 E_y(x, t)}{\partial x^2} = 0$$

$$\text{Sejam } E_y(x, t) = E_m \cdot \text{sen}(kx - \omega t) \text{ e } B_z(x, t) = B_m \cdot \text{sen}(kx - \omega t)$$

$$\rightarrow \frac{E_m}{B_m} = \frac{\omega}{k} = c \rightarrow c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \epsilon_0}}$$

Onde:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \epsilon_0}} \rightarrow c = 299792458 \text{ m/s} \rightarrow c \simeq 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Onde:

$$\epsilon_0 = 8,85418 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2 \quad \text{e} \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$$

6 METODOLOGIA

Vivemos em um mundo de conexões, todos estamos frequentemente, na vida familiar ou no trabalho, dentro ou fora da escola. De acordo com Moreira “*As decisões tomadas são sozinhas ou com outras pessoas. Algumas vezes, a tomada de decisões é fruto do que queremos; outras, é resultante do determinismo, do que devemos, do que está estabelecido em leis, estatutos, senso comum, etc.*”.

Para o desenvolvimento da proposta didática foi elaborada uma UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa) composta por oito atividades, cujo objetivo consistiu em resgatar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema *Ondas*, levando-os a fazer as conexões cognitivas necessárias com vistas à uma Aprendizagem Significativa.

Foram desenvolvidas ao longo dessa sequência algumas simulações hiperfísicas (Phet-Colorado), atividades experimentais e utilização dos recursos educacionais visando favorecer o desenvolvimento de aulas mais efetivas e dinâmicas, visando tornar o ensino de física mais atraente e eficaz.

6.1 Local de Realização da Pesquisa e Público-alvo

Esta atividade foi realizada com alunos do 2º Ano do Ensino Médio do turno vespertino, da Escola Estadual de Mata Verde, na Avenida Marinho de Assis Lebrão, N°120, bairro: Centro, CEP: 39915-000, localizada na cidade de Mata Verde-MG. Esta turma é composta de 30 alunos devidamente matriculados, com idades entre 15 e 16 anos, 8 alunos são da zona rural (27%) e 22 alunos são da zona urbana (73%).

De acordo com a Prova Brasil (2019) e SAEB (2019), que calcula a proporção de alunos com o aprendizado adequado à sua etapa escolar, foi observado os seguintes dados relativos aos estudantes da EEMV, conforme figura 36.



Figura 36 – Pesquisa do SAEB e PROVA BRASIL (2019). Fonte: <<<https://novo.qedu.org.br/escola/31184594-ee-de-mata-verde>>>. Acesso em 20/02/2022.

Na figura 37 abaixo é apresentado um diagrama (2020) do que a escola EEMV, tem na sua estrutura física.



Figura 37 – Infraestrutura da EEMV 2020. Fonte: <<<https://novo.qedu.org.br/escola/31184594-ee-de-mata-verde>>>. Acesso 20/03/2022.

6.2 Recursos Educacionais utilizados:

- Data show;
- Notebook;
- Quadro branco e marcador;
- Laboratório de informática;
- Caixa de som;

- Papel Ofício 500 Folhas;
- Lápis e canetas;
- Materiais de baixo custo para produção de experimentos (Linhas de algodão nº10, 10 metros de barbante nº 8, copos de isopor de 250 ml, pipas médias, 2 cordas de 20 metros com diâmetros diferentes).

6.3 Instrumentos para obtenção dos dados

Diversos recursos foram utilizados para a obtenção dos dados da pesquisa, tais como: Questionários compostos de questões específicas sobre o tema submetidos aos alunos; Poesias e/ou paródias produzidas pelos alunos; Fotos, áudios e vídeos das atividades realizadas pelos alunos. Esses dados foram analisados em três etapas, sendo que a primeira apresenta detalhadamente as atividades experimentais realizadas em cada momento, a segunda consiste das respostas obtidas com o questionário, hipóteses registradas e relatórios escritos e a terceira contextualiza as falas gravadas em áudio e vídeo.

6.4 Cronograma de Realização das Atividades e Aplicação da UEPS

Para o desenvolvimento da UEPS, foi utilizado 8(oito) passos sugeridos por Moreira (2011), nos quais destacamos 4 (quatro) passos adaptados:

- *Nova informação potencialmente significativa: Vídeos e práticas de experimentos envolvendo Ondas;*
- *Relacionada ao conceito de Ondas e assimilada pelos alunos: Investigação de conceitos de Ondas por parte dos alunos;*
- *Conceito subsunçor sobre Ondas existente na estrutura cognitiva: Exposição de conceitos científicos sobre ondas por parte do professor;*
- *Produto interação (subsunçor modificado): Os alunos reconhecem a importância do estudo das Ondas no seu dia-a-dia.*

As atividades foram realizadas entre os meses de setembro e dezembro do ano letivo de 2021, totalizando 9 aulas de 50 minutos cada. As atividades consistiram em Exposição oral pelo professor, Experiências realizadas pelos estudantes com materiais alternativos e simulações utilizando o Phet (Interactive Simulations - University of Colorado Boukler). A descrição de cada momento encontra-se de maneira se abaixo e detalhada na Tabela 4 no apêndice A.

1° Passo – Objetivo

O professor deve orientar a turma descrevendo quais os objetivos do produto didático e em seguida examinar como a compreensão do tópico abordado de Ondas Sonoras e Ondas Eletromagnéticas pode contribuir para o cotidiano de cada aluno, através de uma discussão após ter exibido dois vídeos curtos de Ondas Sonoras (na figura 38) e eletromagnéticas (na figura 39).



Figura 38 – Novo Telecurso: O que é o som e como se propaga. Fonte: << <https://www.youtube.com/watch?v=oskoavP36OE>>>. Acesso em 26/03/2022.



Figura 39 – Eletromagnetismo: Espectro Eletromagnético. Fonte: << <https://www.youtube.com/watch?v=-C2erXakQIQ>>>. Acesso em 26/03/2022.

2° Passo Situação inicial

Nessa etapa os alunos irão investigar o conceito ondas através um experimento de telefone com fio. Os alunos podem ser divididos em cinco grupos, cada grupo recebeu um roteiro do experimento telefone com fio, 10 metros de linha nº 10 (de material 100% Algodão), 10 metros de barbante nº 8 e 4 copos de isopor; o professor dará um tempo para cada grupo ler

as instruções e confeccionar o brinquedo telefone com fio. Em seguida, o professor deve levá-los ao pátio da escola.

Cada grupo irá utilizar o telefone de copo de isopor variando a densidade do fio e o comprimento; após realização do experimento, o professor iniciará

uma discussão entre os alunos com base perguntas que estavam no roteiro, analisando os conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto.

3° Passo – Situação Problema

Esse passo será dividido em dois momentos:

1° Momento Criando uma situação

Essa atividade pode ser realizada na sala de aula, caso a maioria dos alunos tenham celular compatível com a hiperfídia Phet. Caso contrário, Como sugestão, realizar este experimento em uma sala de informática da escola. O professor irá levar os alunos do 2° ano à sala de informática, e através de slides explicar e discutir com os alunos a definição de Onda, quanto a sua natureza, a sua forma e propagação, enquanto eles estão familiarizando com a hiperfídia do Phet (na figura 40) de ondas na superfície da água, de ondas sonoras produzidas por um alto-falante, e ondas luminosas produzidas por um laser. Depois que os alunos conheceram a simulação das ondas, o professor vai orientar os alunos a seguir o roteiro do experimento virtual de ondas na superfície da água e de ondas sonoras. Lembrando sempre a eles, observar atentamente cada fenômeno e reconhecer nos experimentos algumas grandezas importantes como a velocidade de onda, frequência e amplitude.



Figura 40 – Waves intro. Fonte: <<https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_en.html>>. Acesso 26/03/2022.

2º Momento criando situações-problema

Nesse caso, os alunos através do roteiro do experimento virtual de ondas luminosas produzidas por um laser, realizaram a terceira hipermissão do Phet, sempre observando as grandezas e os fenômenos. Após terminar a realização da atividade, o professor deve sugerir aos alunos que deixe os experimentos virtuais aberto, porque no roteiro tem um questionário de discussão, onde eles terão um tempo para responder (cerca de 20 minutos), em seguida o professor junto com os alunos iram analisar e discutir esse questionamento sobre ondas.

4º Passo - Aprofundando conhecimentos

Nessa atividade como aprofundamento do conteúdo de ondas, o professor deve levar os alunos do 2º Ano na sala de informática (essa atividade pode fazer na sala de aula, vai depender da acessibilidade e demanda dos celulares dos alunos), e através de slides explicar e discutir com os alunos as propriedades das Ondas (frequência, período, amplitude, crista, vale, comprimento de onda), velocidade de propagação de onda, velocidade de propagação da onda em uma corda, reflexão na corda (com extremidade fixa e livre).

Logo em seguida todos os alunos deveram entrar na hipermissão de ondas em cordas do Phet (na figura 41). Depois que os alunos conhecerem e familiarizando com o experimento virtual das ondas uma corda (com extremidade fixa e livre), os alunos deveram responder o questionário de discussão que está no roteiro, depois de um tempo, o professor iniciará uma roda de discussão sobre as dificuldades dos discentes em relação ao conteúdo abordado.



Figura 41 – Wave on a String. Fonte: << https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_en.html>>. Acesso em 26/03/2022.

5° Passo – Nova situação

Para realizar um novo caminho sobre o tópico de ondas em uma corda, o professor deverá levar os discentes do 2° Ano para o refeitório (ou um local aberto) e em seguida distribuir para cada grupo duas cordas com diâmetros diferentes (1cm e 0,6 cm) e duas argolas de chaves. Os alunos deverão realizar as experiências das ondas na corda variando a tensão e a frequência observando mais de perto o comportamento das cordas.

Depois que cada grupo estava com as cordas, foi escolhido um aluno para segurar a corda (criando um ponto fixo) e o outro aluno começou a gerar ondas com a corda pouco tensionada e os alunos de cada grupo observaram o fenômeno e o comportamento da onda. Aumente então a tensão na corda e repita o experimento. Depois troque por uma corda de densidade diferente e repita outra vez o fenômeno.

Em seguida, repita o experimento, porém, agora coloque a argola de metal (aquela usada em chaves) na extremidade da corda e com outra argola de encaixe na argola que está na corda, formando uma extremidade livre. Repita o experimento e observe o que ocorre de diferente, no comportamento das cordas. Após o experimento, o professor deve iniciar uma discussão entre os grupos com o questionário de discussão do roteiro.

6° Passo – Diferenciando progressivamente

Como já foram apresentadas situações e ideias mais gerais sobre o conteúdo, serão trabalhados os detalhes do comportamento ondulatório no brinquedo pipa”. Nessa atividade, professor deverá levar os alunos do 2° ano para um campo de futebol próximo a escola (ou uma área aberta), em seguida cada grupo deverá receber 3 tubos de 80m de linha nº10, 3 pipas médias, uma garrafa pet de um litro, e plástico de sacola na cor preta cortada para confecção da rabiola da pipa.

Os alunos seguindo o roteiro da atividade, deverá confeccionar a rabiola da pipa com sacolas cortadas, em seguida o grupo deve empinar a pipa e deixar ela voando, nesse momento através de movimentos repetitivos na linha da pipa, de cima para baixo, ou de baixo para cima, ou da esquerda para direita, ou direita para esquerda, para produzir oscilações. Depois de observar os movimentos oscilatórios produzidos, o professor irá iniciar uma discussão entre os grupos com o questionário do roteiro, e explicando importância dos estudos das ondas e seus impactos no cotidiano dos alunos.

7º Passo – Avaliação da aprendizagem na UEPS

Nessa atividade, o professor levará os alunos do 2º Ano ao laboratório de informática para pesquisar na internet sobre ondas (Essa atividade poderá ser feita na sala de aula, se os alunos estiverem com acesso à internet). Os alunos deverão fazer uma pesquisa, sobre paródias que envolva o conteúdo ondas, e com a ajuda da professora de português cada grupo vai elaborar uma paródia (poesia ou música). Cada grupo deverá produzir um texto no formato de música ou poesia como orientado no roteiro, essa atividade (texto e podcast) deve ser entregue ao professor pois posteriormente será usada como atividade avaliativa.

De acordo com Marighella (1911 - 1969), no seu livro *Rondó da Liberdade em Provas científicas em versos*, apresenta alguns exemplos de poesia que envolve a Física:

*(a) No ginásio
 (...)
 Doutor, a sério fala, me permita
 Em versos rabiscar a prova escrita.
 Espelho é a superfície que produz,
 Quando polida, a reflexão da luz.
 Há nos espelhos a considerar
 Dois casos, quando a imagem se formar.
 Caso primeiro: um ponto é que se tem;
 Ao segundo um objeto é que convém.*

*Seja a figura abaixo que se vê,
 O espelho seja a linha Beta-Cê.
 O ponto F um ponto dado seja.
 Como raio incidente, R se veja.
 O raio refletido vem depois
 E o raio luminoso ao ponto 2.*

*Foi traçada em seguida uma normal,
 O ângulo I de incidência a R igual.
 No prolongamento, luminoso raio
 Que o refletido encontra de soslaio.
 Dois triângulos então o espelho faz,
 Retângulos os dois, ambos iguais.
 Iguais porque um cateto tem comum,
 Dois ângulos iguais formando um.
 (...)*

Marighella (1929)

*(b) Na faculdade
 (...)
 De leveza no peso são capazes
 Diversos elementos, vários gases,
 O hidrogênio, porém, é um gás que deve
 ter destaque por ser o gás mais leve.
 Combina-se com vários metalóides,
 Com todos, aliás, e os sais alóides
 Provê em de ácidos por aquele gás
 Formados, reunindo-se aos demais.
 (...)*

Marighella (1931)

8º Passo - Avaliação da própria UEPS

Nessa atividade o professor verificar com os alunos, “se aprendizagem sobre ondas teve um impacto significativo para eles”. Logo após, o professor irá comentar sobre as aplicações dos estudos das ondas e seus efeitos sociais.

Em seguida, vai receber o trabalho (Paródia escrita e o podcast em mp3) dos grupos e irá finalizar a aula com a apresentação na própria sala das paródias produzidas.

7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção são discutidos os resultados das atividades utilizadas durante a implementação da UEPS, incluindo as atividades experimentais sobre Ondas. A estratégia para o desenvolvimento da situação de ensino foi relacionar os conceitos e princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) relacionados com as estratégias de ensino e avaliação, ao envolver os alunos com experimentos reais e virtuais sobre Ondas e em seguida realizar uma discussão sobre o assunto por meio de diálogos.

7.1 Definindo os objetivos – 21/09/2021

Nesse dia o professor orientou a turma descrevendo quais os objetivos do produto didático e em seguida examinou como a compreensão do tópico abordado de Ondas pode contribuir para o cotidiano de cada aluno, ele exibiu dois vídeos curtos sobre Ondas Sonoras e Ondas Eletromagnéticas, como demonstrado na figura 42.

O encadeamento do aprendizado geralmente não acaba com a resposta da pergunta, mas com novos questionamentos e dúvidas, os quais ampliam o conhecimento e verificam a credibilidade das respostas. Partindo desse ponto, após a exibição dos vídeos sobre Ondas Eletromagnéticas e Sonoras na turma do 2º Ano do turno Vespertino da EEMV, no intuito dos alunos reverem algumas aplicações de Ondas no dia a dia. Essa atividade propiciou um momento de discussões entre os alunos sobre algumas aplicações de Ondas nas suas residências (ideias-âncoras), “*alguns falaram que na casa deles usavam as ondas de TV, Rádio, Micro-ondas, wi-fi, luzes das lâmpadas, etc...*”. Novas ideias e dúvidas se ancoraram em conhecimentos prévios e assim adquirem novos significados.

As discussões sobre Ondas foram iniciadas por meio de um questionário, no qual a primeira pergunta (“Onda é matéria ou energia?”), foram dirigidas a diferentes alunos, que ao responderem, demonstravam curiosidades sobre o tema.

Após a exibição dos vídeos o professor iniciou uma discussão através de um questionário (tabela 2), com os grupos lançando 5 (cinco) perguntas de sondagem: 1ª. *A onda é matéria ou energia?* Dois grupos falaram que era matéria e os três, energia; 2ª. *Das afirmações abaixo, qual ou quais estão corretas? Justifique.* A) Se o som de astronautas na Lua fosse suficientemente intenso, poderia ser ouvido pelos habitantes da Terra. b) Se uma luz produzida por astronautas na Lua fosse suficientemente intensa, poderia ser vista pelos habitantes da Terra. Após a leitura dessa pergunta, dois grupos iniciaram um debate no qual o primeiro

afirmou que o som não se propaga no vácuo porque não tem matéria; o segundo disse que o som se propaga porque na questão diz que é ele é muito intenso. Ao final, 3 grupos escolheram a letra A e 4 grupos a letra B. 3ª) “Pietro” é um mutante e corre dez vezes mais rápido que a velocidade do som no ar! “Flash” é também um super herói e corre na metade da velocidade da luz no vácuo. Se ambos fizessem uma corrida de 100 metros na Terra, quem ganharia? Todos os grupos responderam que quem ganharia seria o Flash. 4ª) Durante um filme de faroeste (aqueles onde tem mocinhos, bandidos e cavalos), um “índio” que estava sendo perseguido fica agachado com o ouvido no solo escutando alguma coisa. Qual será o motivo de tal atitude? Como não houve resposta, o professor explicou que o som se propaga mais rápido e com maior intensidade (volume) no meio mais denso.



Figura 42 – Alunos do EEMV, assistindo os vídeos sobre Ondas Sonoras e Eletromagnéticas. Fonte: Figura própria do autor (2021).

Tabela 2 – Questionário de Discussão 01

- 1) Após ter confeccionado o experimento será que o som vai chegar até seu colega que vai estar do outro lado?
- 2) Se você segurar na linha com o dedo, o som vai chegar até o outro lado?
- 3) O principal método de comunicação utilizado pelas as pessoas é a comunicação oral. A todo segundo ouvimos sons, tais como: conversas entre pessoas, músicas, ruídos, gritos, entre outros. A emissão da voz é um fenômeno que comporta grandes variações. Além das consideráveis diferenças de uma pessoa para a outra, a voz se apresenta em um mesmo indivíduo de diferentes formas (HUCHE E ALLALI, 1999). Como a fala de uma pessoa é conduzida até a outra?
- 4) Quanto mais denso é o meio maior ou menor é a propagação do som?
- 5) O que você compreende que seja uma onda mecânica?
- 6) O telefone com fio e o smartphone (celular) tem o mesmo princípio de funcionamento?
- 7) (ENCCEJA 2020) - Você já brincou com um "telefone de copos"? O brinquedo é composto por dois copos interligados por um barbante longo. Ao esticar completamente o barbante, o que se fala em um dos copos é ouvido no outro. Repare que se faz necessário um meio material para propagação do som. Como se explica a comunicação nesse brinquedo?
 - A) Ondas eletromagnéticas emitidas pela fala de um dos interlocutores propagam-se pelo barbante e chegam ao segundo copo.
 - B) Ondas eletromagnéticas emitidas pela fala de um dos interlocutores propagam-se pelo ar e chegam ao segundo copo.
 - C) Vibrações emitidas pela fala de um dos interlocutores propagam-se pelo barbante e chegam ao segundo copo.
 - D) Vibrações emitidas pela fala de um dos interlocutores propagam-se pelo ar e chegam ao segundo copo.

7.2 Situação inicial – 23/09/2021

Nessa etapa os alunos irão investigar o conceito de ondas através de um experimento de telefone com fio. Os alunos do 2º Ano foram divididos em cinco grupos, e cada grupo recebeu um roteiro do Experimento Telefone com Fio, 10 metros de linha nº 10 de material 100% Algodão, 10 metros de barbante nº 8 e 4 copos de isopor. Depois que o professor juntamente com os alunos leu o roteiro, os grupos começaram a confeccionar o brinquedo telefone com fio, em seguida eles saíram para testar o experimento no pátio da escola. Em cada experimento coloquei dois alunos, eles esticaram o fio telefônico (com linha nº10 ou barbante) através do fio telefônico até chegar no fundo do outro copo de isopor, originando uma vibração do ar, produzindo assim o som que escutamos. Enquanto um falava com a boca colada no copo de isopor (na figura 43), o outro colocava o ouvido para ouvir o que o colega estava dizendo. Os alunos observaram que quando falamos o ar vibra e essas vibrações são transmitidas, e eles ficaram usando o telefone de copo de isopor variando a densidade do fio e o comprimento, foi um momento de bate papo entre os grupos e de brincadeira. Após a realização do experimento foi feita uma discussão (tabela 3) entre os grupos com as perguntas constantes do roteiro, sendo que cada grupo ficou responsável por responder uma pergunta. As dúvidas e questionamentos eventualmente existentes eram solucionados pelo professor.

Os alunos observaram também que quando estica o fio (uma tensão é aplicada aos fios) e falamos em um dos copos de telefone, o som vibra através dos fios que se estendem até a o outro copo. O aluno do outro lado escuta a mensagem depois que o ouvido capta a vibração do som e a envia ao cérebro para processamento. Eles concluíram que essas vibrações são causadas por ondas sonoras, que são ondas longitudinais compostas por uma série de compressão e subsequente rarefação, e se propagam através de meios como ar, água ou sólidos. As ondas sonoras viajam melhor e mais rápido em materiais sólidos do que no ar.

Com relação à primeira pergunta do questionário os alunos observaram que a onda sonora precisa de um meio para se propagar seja no sólido, líquido ou gasoso, um grupo reagia a essa pergunta dizendo que a voz de um colega não chegava no outro lado do copo devido alguém está segurando a linha com o dedo, como se fosse uma interferência, quando tirou o dedo. Escutava o colega normalmente. Os alunos chegaram à conclusão que “ao aumentar a densidade da linha o som escutado era mais alto”.



Figura 43 – Alunos do EEMV brincando no experimento telefone com fio. Fonte: Foto do autor (2021).

Tabela 3 – Questionário de Discussão 02

- | |
|--|
| <p>1) Após ter confeccionado o experimento será que o som vai chegar até seu colega que vai estar do outro lado?</p> <p>2) Se você segurar na linha com o dedo, o som vai chegar até o outro lado?</p> <p>3) O principal método de comunicação utilizado pelas as pessoas é a comunicação oral. A todo segundo ouvimos sons, tais como: conversas entre pessoas, músicas, ruídos, gritos, entre outros. A emissão da voz é um fenômeno que comporta grandes variações. Além das consideráveis diferenças de uma pessoa para a outra, a voz se apresenta em um mesmo indivíduo de diferentes formas (HUCHE E ALLALI, 1999). Como a fala de uma pessoa é conduzida até a outra?</p> <p>4) Quanto mais denso é o meio maior ou menor é a propagação do som?</p> <p>5) O que você compreende que seja uma onda mecânica?</p> <p>6) O telefone com fio e o smartphone (celular) tem o mesmo princípio de funcionamento?</p> <p>7) (ENCCEJA 2020) - Você já brincou com um "telefone de copos"? O brinquedo é composto por dois copos interligados por um barbante longo. Ao esticar completamente o barbante, o que se fala em um dos copos é ouvido no outro. Repare que se faz necessário um meio material para propagação do som. Como se explica a comunicação nesse brinquedo?</p> <p>A) Ondas eletromagnéticas emitidas pela fala de um dos interlocutores propagam-se pelo barbante e chegam ao segundo copo.</p> <p>B) Ondas eletromagnéticas emitidas pela fala de um dos interlocutores propagam-se pelo ar e chegam ao segundo copo.</p> <p>C) Vibrações emitidas pela fala de um dos interlocutores propagam-se pelo barbante e chegam ao segundo copo.</p> <p>D) Vibrações emitidas pela fala de um dos interlocutores propagam-se pelo ar e chegam ao segundo copo.</p> |
|--|

7.3 Situação Problema – 05/10/2021

Esse passo será dividido em dois momentos:

1º Momento: Criando uma situação

Nesse dia, a aula ocorreu na sala de informática, na qual o professor apresentou um conjunto de slides tratando da definição de Onda, sua natureza, sua forma e propagação. Em seguida, os alunos acessaram a hiperímia de ondas (na água, no som) do Phet (disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/waves-intro>), no computador na sala de informática, e muitos alunos acessaram a hiperímia pelo celular. Nesse momento, surgiram muitas dúvidas devido ao fato de que poucos alunos tinham contato com computador, assim houve uma cooperação entre os grupos na realização da tarefa envolvendo o experimento virtual

das ondas na superfície da água e das ondas sonoras. Após o domínio inicial da hipermídia, os alunos foram orientados a variar os valores da velocidade de onda, da frequência e da amplitude, uma grandeza de cada vez e observassem com atenção cada fenômeno.

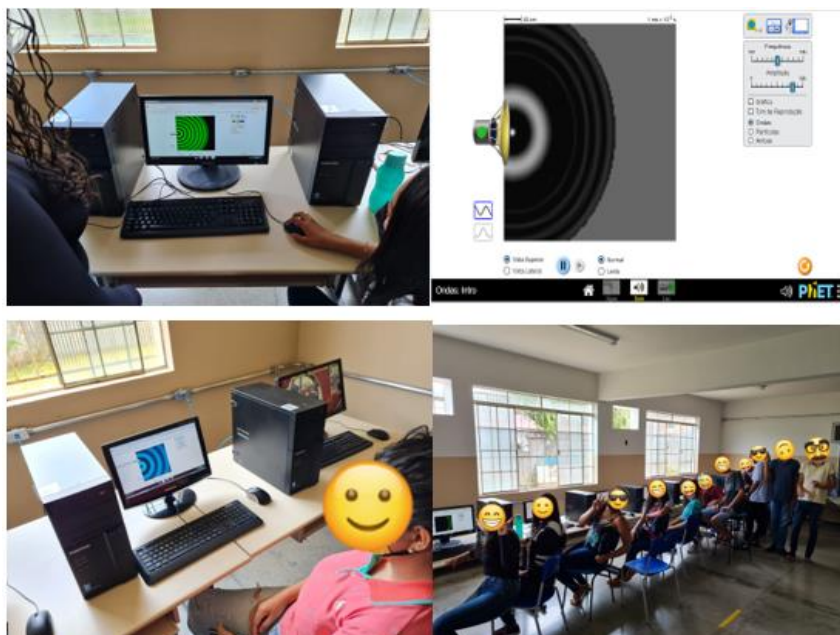


Figura 44 – Atividades de experimentos virtuais sobre ondas. Fonte: Figura do autor (2021).

2º Momento criando uma situação-problema

Nesse momento, os alunos através do roteiro do experimento virtual de ondas de luz, realizaram Experimento virtual das ondas luminosas do Phet (na figura 44), variando os valores da velocidade de onda, da frequência e da amplitude, uma grandeza de cada vez e observassem com atenção cada fenômeno. Após terminar a realização da atividade, os alunos deixaram os experimentos virtuais abertos, em seguida cada grupo respondeu ao questionário de discussão, onde eles tiveram um tempo (cerca de 20 minutos), para responder, em seguida o professor junto com os alunos analisaram a importância daqueles experimentos (Onda na superfície da água, onda sonora e onda luminosa) e discutiram sobre questionamento sobre ondas.

5.4 Aprofundando Conhecimento – 07/10/2021

Nessa atividade como aprofundamento do conteúdo de ondas foi realizado um experimento virtual de onda em uma corda (na figura 45). Nesse momento, a aula voltou a ocorrer na sala de informática, sendo que o grande diferencial foi o fato de que os grupos

conseguiram ligar os computadores sem a orientação do professor. No entanto, o professor iniciou a aula com a apresentação de slides discutindo as Propriedades das Ondas (frequência, período, amplitude, crista, vale, comprimento de onda), velocidade de propagação de onda, velocidade de propagação da onda em uma corda, reflexão na corda (com extremidade fixa e livre). Em seguida, os alunos acessaram a hipermídia de Ondas em Cordas do Phet (disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt_BR.html>).

Os grupos de alunos fizeram diversas simulações das ondas numa corda (com extremidade fixa e livre), variando a velocidade de onda, frequência e amplitude, sendo uma grandeza de cada vez e observando com cuidado cada acontecimento.

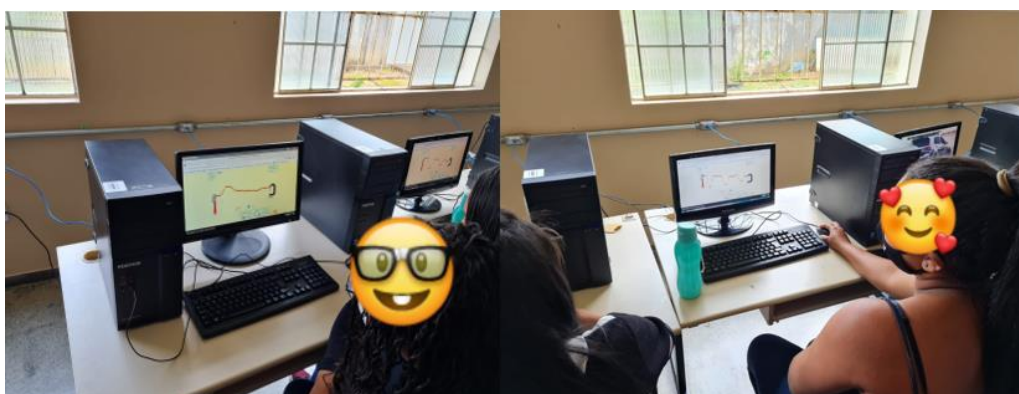


Figura 45 – Experimento Virtual do Phet de Ondas em uma corda. Fonte: Fotos do autor (2021).

7.4 Nova Situação – 19/10/2021

Neste dia, a aula ocorreu no Refeitório, tendo sido distribuído para cada grupo duas cordas com diâmetros diferentes (1 cm e 0,6 cm). Na ocasião, houve um momento de descontração, pois os alunos começaram a pular corda. Porém, o objetivo da aula era que cada grupo realizasse a experiência das ondas na corda variando a tensão e a frequência para observar o comportamento da corda. Depois cada grupo se organizou, com as cordas em mãos, eles escolheram um aluno para segurar a corda (criando um ponto fixo) e o outro aluno vai começar a gerar ondas com a corda pouco tensionada e os alunos de cada grupo observaram o fenômeno ondulatório. Eles aumentaram a tensão na corda e repetiram o experimento. Depois cada grupo trocaram a corda por outra de densidade diferente e repetiram novamente o experimento. Após a realização do experimento, houve uma discussão entre os grupos com as 4 (quatro) perguntas contidas no roteiro, sendo que cada grupo deveria responder todas as perguntas. No caso de dúvidas, o professor atuava no sentido de esclarecer as dificuldades dos alunos. Ao final, o

professor concedeu os 10 minutos finais para que os alunos concluíssem a “brincadeira de onda em uma corda, figura 46”.



Figura 46 – Alunos do EEMV produzindo ondas em corda. Fonte: Figura do autor (2021).

7.5 Diferenciando Progressivamente – 21/10/2021

Já foram apresentadas situações e ideias mais gerais sobre o conteúdo ondas, nesta parte iremos apresentar diferencialmente sobre as aplicações e detalhes das ondas no brinquedo “pipa”.

Nesse dia, a aula ocorreu em um campo de futebol próximo à escola, em seguida cada grupo recebeu 3 tubos de 80m de linha nº10, 3 pipas médias e sacolas cortadas para fazer a rabiola da pipa. Após a confecção das rabiolas de pipas, os alunos começaram a empinar as pipas e, por meio de movimentos repetitivos na linha da pipa, de cima para baixo, de baixo para cima, da esquerda para direita, direita para esquerda, começaram a produzir oscilações nas linhas das pipas. Após a realização da atividade, o professor aproveitou a sombra de uma árvore para fazer um diálogo com os grupos visando auxiliá-los na resolução das 4 (quatro) perguntas constantes do roteiro. Houve pouca discussão e, os alunos voltaram a brincar de empinar pipas (na figura 47) até o retorno para a sala de aula.



Figura 47 – Alunos do EEMV produzindo oscilações. Fonte: Foto do autor (2021).

7.6 Avaliação da Aprendizagem em UEPS – 09/11/2021

Nesse dia, a aula ocorreu na sala de informática, na qual os alunos foram instruídos a fazerem uma pesquisa na internet sobre o tema *Ondas*. Após a conclusão dessa tarefa, a professora de português da escola distribuiu um texto aos alunos, explicando como elaborar uma *Paródia* (poesia ou música), suas aplicações na internet como meio de comunicação ou expressões de ideias e, como transformar uma Paródia em vídeo ou podcast (mp3). Os alunos relataram que houve muita dificuldade na realização da atividade de produção da Paródia e da sua transformação em vídeo ou mp3, embora cada computador possuísse os aplicativos necessários.

7.7 Avaliação da Própria UEPS – 11/11/2021

Nessa aula, realizou-se um diálogo do professor com os alunos sobre a importância do Estudo das Ondas. Alguns grupos questionaram o pouco tempo para produzir o Podcast ou o Vídeo; outros relataram que “*ondas fazem parte do cotidiano deles*”. A aula, então, foi

finalizada com a apresentação das Paródias produzidas por cada grupo, na forma de poesia ou música.

Na figura 48 tem um exemplo da produção de uma paródia. No começo da aplicação deste trabalho, foi exposto ao aluno as características gerais das ondas, de forma bem generalizada e, à medida que cada aluno foi aprendendo mais, começaram a perceberem as diferenças entre as ondas Mecânicas e as ondas Eletromagnéticas, bem como, suas características (elementos de uma onda) ou fenômenos (reflexão, refração, interferência, etc.).

Na produção da paródia os alunos tiveram que revisar o conteúdo de ondas e usar a criatividade. Assim, à medida que o conceito de onda se carregava de maiores significados (diferenciação progressiva), ao passo, que os alunos aprendiam novos conceitos e aplicações (reconciliação integradora), desenrolando assim uma da aprendizagem sobre as ondas.

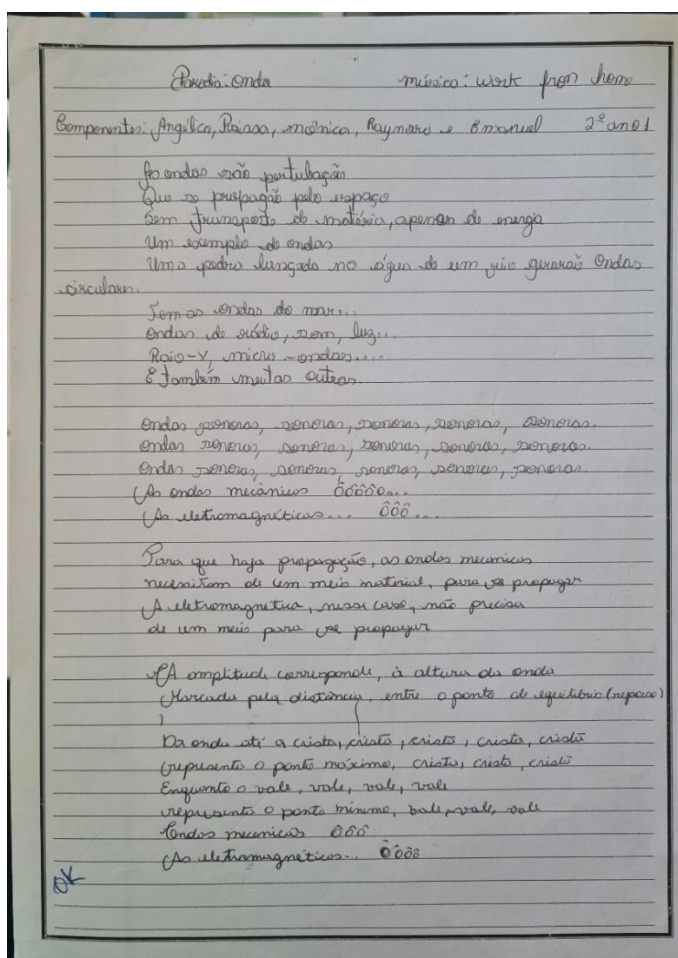


Figura 48 – Exemplo de paródia produzida pelos alunos do EEMV. Fonte: Figura do autor (2021).

7.7.1 Exemplos de Podcast sobre Ondas produzidos pelos alunos da EEMV.



Figura 49 – Podcast 01.

Fonte: <<https://mega.nz/file/LUZ1WRIK#FKjtDfGO2_Ekmzpnu6wH4VwDWAhBIUTev_CbqHmXLug>>. Acesso em 26/03/2022.



Figura 50 – Podcast 02. Fonte: <<https://mega.nz/file/HBAAzaoa#9_-pXfYVieB3Nnr0Z-vSZ94Wof6tPVvwNUyE-D_8AeY>>. Acesso em 26/03/2022.



Figura 51 – Podcast 03. Fonte: <<https://mega.nz/file/DVARYIYa#X8ic_N24TsovW0CRItSWKH-zcN6g3GIJZFGpTjjviDk>>. Acesso em 26/03/2022.



Figura 52 – Podcast 04. Fonte: <<https://mega.nz/file/LRAzyYLI#X-LdyBcW7wbf7y5IS_-OG6ZtiN5aSSh69k631TX5DY8>>. Acesso em 26/03/2022.



Figura 53 – Podcast 05.

Fonte: <<https://mega.nz/file/eRQzhbBK#jLkb51UHTk3NO9qW9M8wuSmmzvPv_yMI866PA64gAk>>. Acesso em 26/03/2022.



Figura 54 – Podcast 06.

Fonte: <<https://mega.nz/file/uRwBISjR#R7mADi5BE0akisYAZsfK_EXaoJup4akosuF8bm_QhY0>>. Acesso em 26/03/2022.



Figura 55 – Podcast 07.

Fonte: <<https://mega.nz/file/DURWRTwb#xHLR8Sqadd5TGOUM_6uxLcBVBsAU3g6eOJcddX8tuhY>>.
Acesso em 26/03/2022.



Figura 56 – Podcast 08.

Fonte: <<<https://mega.nz/file/fNpjEKLB#wi3euwSDAgknHfycHLWazab5RQmzzSLTGn6fQykkNrc>>>. Acesso
em 26/03/2022.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da observação, do registro e da análise das atividades realizadas foi possível afirmar que houve uma participação efetiva dos alunos resultando na produção de vídeos, podcasts e poesias, os quais constituem material integrante do Produto Educacional.

No que tange aos questionários, as respostas apresentadas mostraram que os alunos foram capazes de aprenderem sobre os conteúdos abordados, mostrando assim, que as aulas foram bem sucedidas.

A maior dificuldade encontrada consistiu na reduzida carga horária disponível para as aulas de Física, influenciando no tempo de montagem dos equipamentos e no seu correto funcionamento.

A produção de Paródias foi um momento importante das atividades realizadas, pois era algo solicitado pelos alunos, devido ao trabalho anteriormente desenvolvido pela professora de Português sobre esse estilo de texto. A realização dessa atividade, por sua vez, mostrou que é possível fazer um trabalho transdisciplinar, o que deve ser constantemente incentivado e buscado pelos professores. O envolvimento e os resultados apresentados pelos alunos demonstraram que a atividade atingiu seus objetivos: apresentar o conteúdo de forma mais eficaz e verificar se os alunos obtiveram sucesso satisfatório ao final.

O processo de avaliação dessa sequência de atividades ocorreu de forma contínua e qualitativa em todos os momentos, incluindo observação, acompanhamento das atividades propostas em sala de aula, pesquisa, elaboração e apresentação de trabalhos, na produção de recursos audiovisuais, na realização de atividades experimentais físicas e virtuais e, ao final, na análise do feedback dos alunos.

A utilização do diálogo para uma avaliação qualitativa consistente da aprendizagem significativa mostrou-se satisfatória, o que segundo Ausubel (1963), consiste em buscar soluções de problemas diversos por meio de testes de compreensão, utilizando-se de recursos diferentes daqueles presentes no material instrucional anterior. Portanto, foi constatado de fato, que os alunos desenvolveram as habilidades necessárias à aquisição da aprendizagem significativa sobre o conteúdo *Ondas*.

Acredita que as estratégias, os materiais desenvolvidos e utilizados, os quais dão corpo ao produto educacional resultante, foram significativos para os alunos, pois é dessa forma que

se dará a compreensão dos conceitos científicos, no caso envolvendo o tema *Ondas*, o que implica na aquisição de significados claros por parte dos envolvidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abordagem Experimental para o Ensino Médio e Técnico. Disponível em: <<
<https://docplayer.com.br/70722111-Transmissao-e-recepcao-de-ondas-eletromagneticas-uma-abordagem-experimental-para-o-ensino-medio-e-tecnico-rodriigo-teixeira-rossini.html>>>.

Acesso em 19/02/2022.

Aprendizagem. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikipedia Foundation, 2021. Disponível em:

<<<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Aprendizagem&oldid=62131485>>. Acesso em: 27 set. 2021.

Aprendizagem significativa – breve discussão acerca do conceito. Disponível em:<<[ARAÚJO, Ravena Pereira de; UCHOA, José Deuzimar. **As dificuldades na Aprendizagem de Física no Ensino Médio da Escola Estadual Dep. Alberto de Moura Monteiro.**](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/implementacao/praticas/caderno-de-praticas/aprofundamentos/191-aprendizagem-significativa-breve-discussao-acerca-do-conceito?highlight=WyJhcHJlbnRpemFnZW0iLCJzaWduaWZpY2F0aXZhliwiYXByZW5kaXphZ2VtIHNpZ25pZmljYXRpdmEiXQ>>. Acesso em 19/02/2022.</p>
</div>
<div data-bbox=)

Disponível

em:<<<http://bia.ifpi.edu.br:8080/jspui/bitstream/prefix/102/1/As%20dificuldades%20na%20aprendizagem%20de%20f%C3%ADsica%20no%20ensino%20m%C3%A9dio%20da%20Escola%20Estadual%20Dep.%20Alberto%20de%20Moura%20Monteiro.pdf>>>. Acesso em 18/09/2021.

AVELINO, Karla Cristina, **Sequência Didática Investigativa para o Ensino de ondas Sonoras.** Disponível em: <<<file:///C:/Users/weude/Downloads/Karla-Cristina-Avelino.pdf>>>. Acesso em 14/10/2019 14:21.

BARBOSA, Rosa Amélia. **Pesquisa qualitativa em educação.** Disponível em:<<<https://siteantigo.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/pedagogia/pesquisa-qualitativa-em-educacao/57823>>>. Acesso em 28/02/2022.

BERLULAND, Carlos. **Oscilações.** Disponível em:<<<https://www.if.ufrj.br/~bertu/fis2/oscila/oscilacoes.html>>>. Acesso em 28/02/2022.

CARVALHO, Regina Pinto. **Física do Dia a Dia**, Volume 1. 3°. ed. Autêntica, 2013.

CAVALCANTE, Kleber G. . **Lei de Gauss.** Disponível em:<<<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/lei-gauss.htm>>>.

Acesso 08/03/2022.

CASTRO, David Jonathas Borges de. **O Ensino de Ondas Eletromagnéticas no Projeto Mundial do Ensino Médio: Uma proposta Interdisciplinar envolvendo Física e Geografia.** Disponível

em: <<http://www1.fisica.org.br/mnpef/dissertacoes?title=O+ENSINO+DE+ONDAS+ELETROMAGN%C3%89TICAS+NO+PROJETO+MUNDIAR+DO+ENSINO+M%C3%89DIO%3A+Uma+proposta+interdisciplinar+envolvendo+F%C3%ADsica+e+Geograf&field_pai_inscricao_value=&field_polo_value=All>>. Acesso 19/02/2022.

COLTEC, Sérgio Talim. **Interferência entre ondas.** Disponível em: <<http://www.coltec.ufmg.br/fisica/wp-content/uploads/2019/02/Interfer%C3%Aancia-entre-ondas_Final_2015_Revisto.pdf>>. Acesso em 11/03/2022.

COMUNICAÇÃO E MULTIMEIOS. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikipédia Foundation, 2020. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Comunica%C3%A7%C3%A3o_e_multimeios&oldid=59747087>. Acesso em: 7 nov. 2020.

Dicionário Escolar da Academia Brasileira de Letras: Língua Portuguesa. 3 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2011.

DINIZ, Eliane Vieira. **O Estudo de Ondas Mecânicas Através de Abordagem Investigativa com Enfoque na Aplicação Tecnológica.** Disponível: <<http://www1.fisica.org.br/mnpef/dissertacoes?title=O+Estudo+de+Ondas+Mec%C3%A2nicas+Atrav%C3%A9s+de+Abordagem+Investigativa+com+Enfoque+na+Aplica%C3%A7%C3%A3o+Tecnol%C3%B3gica&field_pai_inscricao_value=&field_polo_value=All>>. Acesso em 19/02/2022.

Eletromagnetismo - Espectro Eletromagnético. Disponível em: <<<https://www.youtube.com/watch?v=-C2erXakQIQ>>>. Acesso em 29-out-19.

HELERBROCK, Rafael. **Movimento harmônico simples.** Disponível em: <<<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/movimento-harmonico-simples.htm>>>. Acesso em 28/02/2022.

Interferência In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2020. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Interfer%C3%Aancia&oldid=59324477>>. Acesso em: 11 set. 2020.

JÚNIOR, José Floriano da Veiga Farias. **O Estudo das Ondas utilizando a Plataforma Arduino como Facilitadora do Processo de Ensino e Aprendizagem por meio de UEPS.** Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/mnpef/dissertacoes?title=O+Estudo+das+Ondas+utilizando+a+Plataforma+Arduino+como+Facilitadora+do+Processo+de+Ensino+e+Aprendizagem+por+meio+de+UEPS&field_pai_inscricao_value=&field_polo_value=All>>. Acesso 19/02/2022.

LOPES, Rita de Cassia Soares. **A relação professor-aluno e o Processo Ensino Aprendizagem.** Disponível em: << <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1534-8.pdf>>>. Acesso 11/03/22.

LUDKE, Menga; ANDRÉ, Marli Elisa Dalmazo Afonso. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas.** 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2018.

MALDONADO, Ana Paula Bim. **Surfando nas Ondas da Rede para descobrir os poderes dos Raios-X.** Disponível em: << <http://www1.fisica.org.br/mnpef/surfando-nas-ondas-da-rede-para-descobrir-os-poderes-dos-raios-x>>>. Acesso em 19/02/2022.

MALDONADO, Ana Paula Bim. **Ondas Eletromagnéticas com Ênfase em Raio-X: Uma proposta Didática com o uso de Tecnologias Educacionais.** Disponível em: << <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/6107>>>. Acesso em 19/02/2022.

MANNARINO, Remo. **Marighella, Provas Científicas em versos.** Disponível em: << <http://ohomemhorizontal.blogspot.com/2007/06/marighella-provas-cientificas-em-versos.html>>>. Acesso em 27/05/2022.

MARTIMER, Eduardo. **Matéria, Energia, e Vida – Uma abordagem Interdisciplinar: Materiais, luz e som: modelos e propriedades.** 1º ed. São Paulo: Scipione., 2020.

MENEGUELLI, Dilcinéia Correia da Silva. **A Utilização das UEPS no Estudo das Ondas por meio de uma abordagem CTSA.** Disponível: << <https://portal1.iff.edu.br/pesquisa-e-inovacao/pos-graduacao-stricto-sensu/mestrado-nacional-profissional-em-ensino-de-fisica/projetos-e-dissertacoes-defendidas/dissertacoes-defendidas/a-utilizacao-das-ueps-no-estudo-das-ondas-eletromagneticas-por-meio-de-uma-abordagemctsa-autora-dilcineia-correia-da-silva-meneguelli>>>. Acesso em 19/02/2022.

MORAIS, Donizete Torre de **Estudo de ondas na Perspectiva da Aprendizagem Significativa com a construção de um Espectrômetro.** Disponível em: << <http://www1.fisica.org.br/mnpef/estudo-de-ondas-na-perspectiva-da-aprendizagem-significativa-com-constru%C3%A7%C3%A3o-de-um-espectr%C3%B4metro-0>>>. Acesso em 19/02/2022.

MOREIRA, Marco Antônio. **Abandono da narrativa, ensino centrado no Aluno e Aprender a Aprender Criticamente.** REMPEC - Ensino, Saúde e Ambiente, v.4, n1, p.2-17, abril 2011. Disponível em: << <https://doi.org/10.22409/resa2011.v4i1.a21094>>>. Acesso em 28/02/2022.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. F. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel.** São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Revista cultural La Laguna, Espanha, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acesso em: 22/2/2019.

MOREIRA, Marco Antônio. **Pesquisa em Ensino: Aspectos Metodológicos e Referenciais Teóricos à Lua de Vê Epistemológico de Gowin**. São paulo: EPU, 1990.

MOREIRA, Marco Antônio, **Teorias de Aprendizagem**. – São Paulo: ed. EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983.

MOREIRA, Marco Antônio. **Unidade de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, p.1-22. Disponível em: << <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>>. Acesso em 06/06/2021.

MURGI, Regiane Nunes Dronov. **Proposta de Sequência Didática para o Ensino de Ondas: Uma Abordagem Teórico-Experimental**. Disponível em:<< http://www1.fisica.org.br/mnpef/dissertacoes?title=Proposta+de+Sequ%C3%Aancia+Did%C3%A1tica+para+o+Ensino+de+Ondas&field_pai_inscricao_value=&field_polo_value=All>>. Acesso em 19/02/2022.

NASCIMENTO, Tiago Vieira do. **Sequência Didática para o Ensino e Produção de Ondas Eletromagnéticas**. Disponível em:<< https://ri.ufs.br/jspui/bitstream/riufs/15040/2/TIAGO_VIANA_NASCIMENTO.pdf>>. Acesso 19/02/2022.

NISBET, J.; WATT, J. **Casy Study**. Readguide 26: Guides in Educational Research. University of Nottingham School of Education, 1978.

Novo Telecurso Ensino Médio Física Aula 30 - O que é o som e como se propaga. Disponível em:<< https://www.youtube.com/watch?v=oskoavP36OE&list=PL_3eotnki0c1sG8JikTzt4WJuGJIygAYD&index=33&t=9s>>. Acesso em 29-out-19.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica 2**. 4ª edição - São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica 3**. 1ª edição - São Paulo: Edgard Blücher, 1997.

OLIVEIRA, Wanderley Lago. **Interferência de Ondas numa abordagem de Metodologias Ativas, Ensino sobre medidas e instrução pelos colegas**. Disponível: << https://8b97f7d7-10f7-4c28-b59c-05fae256c57e.filesusr.com/ugd/21481b_dcc8394ad9cd460e9d0e3206ccb19ca2.pdf>>. Acesso em 27/07/2021.

O que é uma onda eletromagnética? Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Disponível em: << <https://www.ufsm.br/cursos/graduacao/santa-maria/fisica/2020/02/27/o-que-e-uma-onda-eletromagnetica/>>>. Acesso em 25/08/2021.

O Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG. **Sismologia**. Disponível em: << https://www.iag.usp.br/~eder/curso_lab_ce%201.pdf>>. Acesso em 27/05/2022.

PELIZZARI, Adriana; KRIEGL, Maria de Lurdes. **Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausebel**. Revista PEC, Curitiba, V.2, n.1, p.37-42, jul.2001-jul.2002.

Phet Interactive Simulations. https://phet.colorado.edu/pt_BR. Acesso em: 16 de set. 2019.

Por que as pipas voam? Disponível em: << <https://brainly.com.br/tarefa/10552957>>> . Acesso em 11/11/2019 00:12:51.

Política de Ciência Tecnologia e Inovação para as áreas Ciências Humanas, Sociais e Sociais Aplicadas (Documento elaborado pelo Grupo de Trabalho do CNPq, PO-360/2014). Disponível em: << <https://www.almg.gov.br/export/sites/default/acompanhe/eventos/hotsites/2019/forum-tecnico-ciencia/documentos/material-de-referencia/01politica-cnpq.pdf>>>. Acesso em: 27/05/2022.

Proposta de sequência didática para Ensino de Oscilações e Ondas. Disponível em : <<<http://www.ufjf.br/profis/files/2017/01/Produto-Fabiana-Final.pdf>>>. Acesso em 15/10/2019 12:16.

Reflexão de ondas. Disponível em: <<https://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Ondas/reflexao.php>>. Acesso em 12/12/2020.

RIBEIRO, Ribeiro. **Ondas Sonoras e o sentido da audição**. Disponível em: << <https://www.em.com.br/app/noticia/especiais/educacao/enem/2015/11/11/noticia-especial-enem,706844/ondas-sonoras-e-a-capacidade-do-homem-em-emitir-sons.shtml>>>. Acesso em 25/08/2021.

ROSSIN, Rodrigo Teixeira. **Transmissão e Recepção de Ondas Eletromagnéticas na Abordagem Experimental para o Ensino Médio e Técnico**. Disponível em: << <https://docplayer.com.br/70722111-Transmissao-e-recepcao-de-ondas-eletromagneticas-uma-abordagem-experimental-para-o-ensino-medio-e-tecnico-rodriigo-teixeira-rossini.html>>> Acesso em 21/08/2021.

SANTANA, Guilherme. **Ondas sonoras**. Todo Estudo. Disponível em: <<https://www.todoestudo.com.br/fisica/ondas-sonoras>>. Acesso em: 16/08/2021.

SANTANA, Joane da Silva. **Unidade de Ensino Potencialmente Significativa como Instrumento de Aprendizagem de Ondas Eletromagnéticas.** Disponível em: <<<http://www1.fisica.org.br/mnpef/unidade-de-ensino-potencialmente-significativa-como-instrumento-de-aprendizagem-de-ondas-0>>>. Acesso em 19/02/2022.

SANTOS, Edigenia Ferreira. **Varáveis Cefeídas e a contribuição feminina na Ciência: Recursos para o Ensino de Oscilações, Onda e Óptica.** Disponível em: <<<https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/8743>>>. Acesso em 19/02/2022.

SANTOS, Graziely Ameixa Siqueira dos. **Desenvolvimento de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o Ensino do Conceito de Ondas.** Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/mnpef/dissertacoes?title=Desenvolvimento+de+uma+Unidade+de+Ensino+Potencialmente+Significativa+para+o+Ensino+do+Conceito+de+Ondas&field_pai_inscricao_value=&field_polo_value=All>>. Acesso 19/02/2022.

SANTOS, Maria Aparecida Da Conceição dos. **Ferramentas Didáticas e a Aprendizagem sobre Ondas Eletromagnéticas e Polarização da Luz.** Disponível em: <<<http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/3869>>>. Acesso em 19/02/2022.

Sequência Didática para Ensino de Tópicos de Oscilações e Ondas. Disponível em : <<<http://www.infis.ufu.br/pgcem/api/pdf/1925492528.pdf>>>. Acesso em 13/10/2019 22:13.

SILVEIRA, Alexsandro Neves. **Sensoriamento de Experimentos para o Ensino de Ondas Usando Smartphone.** Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/mnpef/dissertacoes?title=Sensoriamento+de+Experimentos+para+o+Ensino+de+Ondas+Usando+Smartphone&field_pai_inscricao_value=&field_polo_value=All>>. Acesso em 19/02/2022.

SONVEZ, Valdilene. **Uma Proposta de Sequência Didática para o Ensino de Ondas Eletromagnéticas.** Disponível em: <<<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5137/1/ondaseletromagneticasdidatica.pdf>>>. Acesso em 19/02/2022.

TAVARES, Romero. **Equações.** Disponível em: <<<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/13Ondas/pdf/Equacoes.pdf>>>. Acesso 28/02/2022

VIEIRA, Rafael José Pereira. **Ensino de Ondas Eletromagnéticas no 9º Ano do Ensino Fundamental por meio de uma Situação Problema.** Disponível em: <<<https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/4084>>>. Acesso em 19/02/2022.

VILLATORRE, Aparecida Magalhães; HIGA, Ivanilda; TYCHANOWICZ, Silmara Denise, **Didática e Avaliação em Física.** 1º. ed. Saraiva, 2009.

VYGOTSKY, L. **Pensamento e linguagem.** 3.ed. São Paulo: M. Fontes, 1991.

ANEXOS

ANEXO A – CRONOGRAMA DE ATIVIDADES DA UEPS

Tabela 4 - Cronograma da UEPS

Nº de aula	Data da aula	Especificações das atividades propostas
1	__/__/__	Objetivos <ul style="list-style-type: none"> • Exposição do tópico a ser trabalhado; • Exibir dois vídeos curtos de Ondas Sonoras e Ondas Eletromagnéticas; • Realizar análise e discussão através do Questionário de Discussão.
2	__/__/__	Propor Situações iniciais <ul style="list-style-type: none"> • Lê e Expor as perguntas do questionário discussão aos alunos, e verificar se alguém consegue responder com suas palavras; • Confeccionar o experimento telefone com fio; • Utilizar o experimento, relacionando e investigando o conceito de Ondas; • Variar a densidade do fio e analisar o que muda no contexto da Onda; • Realizar análise e discussão do experimento através do Questionário de Discussão.
3	__/__/__	Propor situações-problemas, levando em conta o conhecimento prévio do aluno <p>1º Momento - Propor uma situação</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lê e Expor as perguntas do questionário de discussão aos alunos, e verificar se alguém consegue responder com suas palavras; • Explanação da definição de Onda, quanto a sua natureza, a sua forma e propagação; • Usar a hiperfídia Phet de Ondas na superfície da água, ondas sonoras produzidas por um alto-falante e ondas luminosas produzidas por um laser, no celular dos alunos ou através dos computadores da sala de informática; • Interação e familiarização com a hiperfídia de ondas (na água, no som e na luz) do Phet; • Realização do roteiro do experimento virtual de Onda na superfície de uma água e onda sonora produzidas por um alto-falante. <p>2º Momento - criando uma situações-problema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realização do roteiro do experimento virtual de Onda luminosas produzidas por um laser; • Realizar análise e discussão do experimento Virtuais através do Questionário de Discussão.
4	__/__/__	Aprofundando conhecimentos <ul style="list-style-type: none"> • Lê e Expor as perguntas do questionário discussão aos alunos, e verificar se alguém consegue responder com suas palavras; • Explanação das propriedades das Ondas (frequência, período, amplitude, crista, vale, comprimento de onda), velocidade de propagação de onda, velocidade de propagação da onda em uma corda, reflexão na corda (com extremidade fixa e livre); • Usar a hiperfídia Phet de Ondas em uma corda, no celular dos alunos ou através dos computadores da sala de informática; • Realização do roteiro do experimento virtual de Onda em uma corda; • Realizar análise e discussão do experimento Virtuais de Ondas em uma corda, através do Questionário de Discussão.
5	__/__/__	Nova situação <ul style="list-style-type: none"> • Levar os discentes para o refeitório (ou um local aberto) e lê e expor as perguntas do questionário discussão aos alunos, e verificar se alguém consegue responder com suas palavras;

		<ul style="list-style-type: none"> • Dividir os alunos em duplas e entregar a eles uma corda de 3 metros de 0,6 centímetros de diâmetro; • Realização do roteiro do experimento de Onda em uma corda de extremidade fixa. • Realização do roteiro do mesmo experimento de Onda em uma corda de extremidade fixa, porém agora com diâmetro de 1 cm. • Realização do mesmo roteiro do experimento de Onda em uma corda de extremidade livre. Variando as densidades das cordas e observando o fenômeno. • Realizar análise e discussão do experimento Virtuais de Ondas em uma corda, através do Questionário de Discussão.
6	__/__/__	<p>Diferenciando progressivamente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Levar os discentes para o campo de futebol (ou um local aberto) e lê e expor as perguntas do questionário discussão aos alunos, e verificar se alguém consegue responder com suas palavras; • Confeccionar a rabiola da pipa e verificar se ela está voando; • Realização do roteiro do brinquedo pipa, produzindo oscilações na linha com extremidade livre; • Realizar análise e discussão do brinquedo pipa e sua relação com as ondas, através do Questionário de Discussão.
7	__/__/__	<p>Avaliação da aprendizagem na UEPS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realização de pesquisa sobre paródias de ondas, pelos alunos na sala de informática ou pelo celular deles; <p>Produção de paródia sobre ondas dos alunos com auxílio do roteiro e da professora de português;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Produzir um texto no formato de música ou poesia como orientado no roteiro, essa atividade (texto e podcast) deve ser entregue ao professor pois posteriormente será usada como atividade avaliativa.
8	__/__/__	<p>Avaliação da própria UEPS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar com os alunos, “se aprendizagem sobre ondas teve um impacto significativo para eles”; • Explicação das aplicações dos estudos das ondas e seus efeitos sociais; • Apresentação das paródias sobre ondas produzidas pelos alunos.

ANEXO B – ALGUMAS FOTOS DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Figura 57 – Alunos do EEMV assistindo os vídeos de Ondas. Fonte: Foto do autor (2021).



Figura 58 – Alunos do EEMV realizando o experimento do telefone com fio. Fonte: Foto do autor (2021).



Figura 59 – Alunos do EEMV realizando o experimento de ondas em uma corda.. Fonte: Foto do autor (2021).

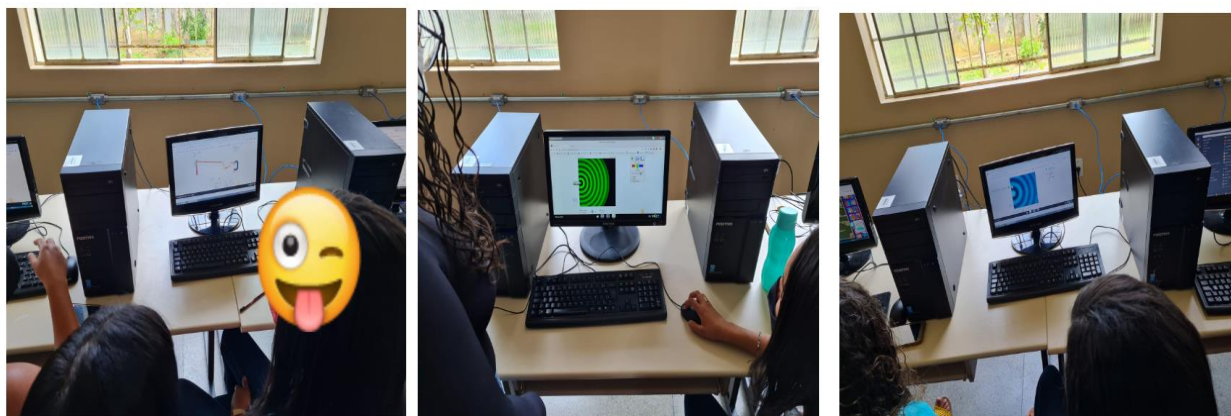


Figura 60 – Experimentos virtuais do PHET, realizados pelos alunos do EEMV. Fonte: Foto do autor (2021).



Figura 61 – Alunos do EEMV realizando o experimento de ondas relacionadas a Pipa. Fonte: Foto do autor (2021).

ANEXO C – ALGUMAS FOTOS DOS QUESTIONÁRIOS DE DISCUSSÃO

Aluno (a): Quon Dima Sousa 2º Ano, Turma: 9

Atividade 01 – Introdução ao estudo de ondas Sonoras e Eletromagnéticas através do conhecimento do dia-a-dia dos alunos e exibição de dois vídeos sobre ondas

O professor vai iniciar uma roda de conversa com os alunos perguntando se eles já ouviram falar sobre ondas, depois de uns 5 minutos de discussão, os alunos iram assistir dois vídeos, um sobre Ondas sonoras e o outro sobre Ondas Eletromagnéticas. Logo após essa exibição o professor vai lançar quatro perguntas, e cada grupo vai ter que responder a perguntar ou passar para o outro grupo.

Questionário: Marque com um X as questões corretas

1) A onda é:
 matéria ou energia?

2) Das afirmações abaixo, qual ou quais estão corretas?
 A. Se o som de astronautas na Lua fosse suficientemente intenso, poderia ser ouvido pelos habitantes da Terra.
 B. Se uma luz produzida por astronautas na Lua fosse suficientemente intensa, poderia ser vista pelos habitantes da Terra.

3) "Pietro" é um mutante e corre dez vezes mais rápido que a velocidade do som no ar! "Flash" é também um super herói e corre na metade da velocidade da luz no vácuo. Se ambos fizessem uma corrida de 100 metros na Terra, quem ganharia?
 "Flash"
 "Pietro"

4) Durante um filme de faroeste (aqueles onde tem mocinhos, bandidos e cavalos), um "Índio" que estava sendo perseguido fica agachado com o ouvido no solo escutando alguma coisa. Qual será o motivo de tal atitude? Para ouvir as vibrações do chão no solo

REFERÊNCIAS

Novo Telecurso Ensino Médio Física Aula 30 - O que é o som e como se propaga em <<Disponível em: <<<https://www.youtube.com/watch?v=6okovP36OE&list=PL3e0tki0c1sG8JkTz4WUuGJlyAYD&index=33&f=gs->>>. Acesso em 29-out-19.

Eletromagnetismo Espectro Eletromagnético Disponível em: <<<https://www.youtube.com/watch?v=C2erXakQIQ>>>. Acesso em 29-out-19.

Componentes: inglês, manual, móbica, flauta e bocal 2º Ano 3

ATIVIDADE EXPERIMENTAL 01 – Telefone de copos de isopor

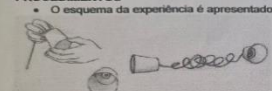
Com este pequeno brinquedo, pode-se entender o fenômeno da transmissão do som através de corpos sólidos. O material será oferecido a cada grupo e eles serão convidados a fazer o brinquedo.

MATERIAIS UTILIZADOS:

- Copos de isopor de 300ml (pelo menos 2);
- Linha de pipa ou com resistência parecida (2 m a 5 m);
- Barbante nº8 (2 m a 5 m);
- Tesoura;
- Palitos de dente.

PROCEDIMENTOS

O esquema da experiência é apresentado através da Figura.



Esquema da montagem do experimento o qual foi usado dois copos de isopor e um pedaço de linha de pipa (telefone ou fio). Fonte: www.novaeoloclube.com

Nessa atividade o fio está ligado aos copos de isopor devem estar bem esticados, porque a partir desse procedimento consegue as vibrações e a pessoa pode escutar o que se fala do outro lado da corda, ou seja, no outro copo.

Com os copos de isopor, a linha e o palito de dente, deve-se fazer um pequeno furo na parte inferior de cada copo, o suficiente para passar a linha. Amarre-se um pedaço de palito de dente na linha para que ela fique presa no copo e não se solte. Enquanto um fala direcionado a um dos copos, o outro posiciona o copo no ouvido.

QUESTIONÁRIO

1) Uma onda é energia ou matéria?
 energia

2) Após ter confeccionado o experimento será que o som vai chegar até seu colega que vai estar do outro lado? sim

3) Se você segurar na linha com o dedo, o som vai chegar até o outro lado?
 sim

4) O principal método de comunicação utilizado pelas as pessoas é a comunicação oral. A todo segundo ouvimos sons, tais como: conversas entre pessoas, músicas, ruídos, gritos, entre outros. A emissão da voz é um fenômeno que comporta grandes variações. Além das consideráveis diferenças de uma pessoa para a outra, a voz se apresenta em um mesmo indivíduo de diferentes formas (HUCHE E ALLAI, 1959). Como a fala de uma pessoa é conduzida até a outra?
O som viaja pelo ar

5) Quanto mais denso é o meio maior ou menor é a propagação do som?
Quanto mais denso maior a propagação do som

6) O que você compreende que seja uma onda mecânica?
As ondas de um piano ou propagação de uma onda

7) O telefone com fio e o smartphone (celular) tem o mesmo princípio de funcionamento?

REFERÊNCIA

AVELINO, Karla Cristina, Sequência Didática Investigativa para o Ensino de ondas Sonoras. Disponível em: <<<file:///C:/Users/wesde/Downloads/Karla-Cristina-Avelino.pdf>>>. Acesso em 14/10/2019 14:21.

Andressa, Kaylane, Leticia Wallen e Eduardo e Karim.

Voltando a atividade...

Os alunos ao realizar a experiência das ondas na corda variando a tensão e a frequência iram observar mais de perto o comportamento das cordas.

Os alunos devem arrumar suas carteiras em forma de círculo dentro da sala de aula, para que todos possam observar as ondas. Depois cada grupo vai escolher um aluno para segurar a corda (criando um ponto fixo) e o outro aluno vai começar a gerar ondas com a corda pouco tensionada e os alunos de cada grupo devem para observarem o fenômeno.

Aumente então a tensão na corda e repita o experimento. Depois troque por uma corda de densidade diferente e repita outra vez o fenômeno.

Atividade 2 – Questionário

1) o que faz com que as ondas geradas nas cordas sejam diferentes mesmo quando se aplica a mesma força em cada uma delas?
A frequência das pulsações

2) É possível gerar ondas iguais em cordas diferentes? Como?
Sim, utilizando o mesmo ritmo de frequência se forem as mesmas ondas.

3) Tem-se uma corda de massa 400g e de comprimento 2,5m, tracionada de 288N. Determine a velocidade de propagação de um pulso nessas condições.

$$v = \sqrt{\frac{288}{0,16}} = \sqrt{1800}$$

$$v = 42,42$$

4) Suponha uma corda de 10 m de comprimento e massa igual a 500 g. Uma força de intensidade 300 N a traciona, determine a velocidade de propagação de um pulso nessa corda.

$$M = \frac{0,5}{10} = 0,05 \quad v = \sqrt{\frac{300}{0,05}} = \sqrt{6000}$$

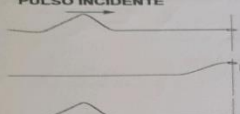
$$v = 77,45$$

Carlo Gallo, Yammya, Iuandir, Kátia, Francieli e Gustavo.

Atividade 03 – Produção de oscilações em cordas (linha nº10) com extremidade livre

Introdução: Considerando uma corda presa por um anel a uma haste idealizada, portanto sem atrito. Ao atingir o anel, o movimento é continuado, embora não haja deslocamento no sentido do pulso, apenas no sentido perpendicular a este. Então o pulso é refletido em direção da aplicação, mas com sentido inverso. Como mostra a figura.

PULSO INCIDENTE



PULSO REFLETIDO

Para estes casos não há inversão de fase, já que o pulso refletido executa o mesmo movimento do pulso incidente, apenas com sentido contrário. É possível obter-se a extremidade livre, amarrando-se a corda a um barbante muito leve, flexível e inextensível.

O que faz a pipa voar?

Existe uma camada superior na forma convexa e uma inferior que pode ser côncava ou reta. Quando o ar passa mais rápido por cima, a pressão do ar na parte de cima é menor. Então a pressão na parte inferior empurra a pipa para cima, assim a pipa voa. Conforme o ângulo, o ar passar mais ou menos rápido na pipa.

Voltando a atividade: Cada grupo receberá duas pipas, 2 carretilas de linha nº10, plástico para fazer rabiola da pipa, em seguida o grupo vai ser levado para um campo de futebol para empinar a pipa e deixar ela voando, nesse momento através de movimentos repetitivos na linha da pipa, de cima para baixo, ou de baixo para cima, ou da esquerda para direita, ou direita para esquerda, para produzir oscilações. Depois de observar os movimentos oscilatórios produzidos o grupo vai responder quatro perguntas abaixo.

Observações importantes:

- A pipa está pronta para levantar voo, faça enfeites, respeitando a sua proporcionalidade, tudo que você colocar de um lado o outro também deverá ter;
- Se ao soltar sua pipa ela ficar dando cabeçada de um lado para outro, quer dizer que está faltando cauda ou rabiola, aumente até chegar ao seu tamanho ideal;
- Se estiver com dificuldades de subir e cair como uma pedra é sinal que está com muita cauda ou rabiola.

QUESTIONÁRIO

1) O que é oscilação?
 é frequência de oscilação?

2) O que observa na pipa voando quando produz oscilações com a linha presa a ela? A pipa fica agitada ou não observa nada.

3) O que observa na pipa voando quando produz oscilações com a linha presa a ela? A pipa fica agitada ou não observa nada.

4) Calcule a massa e a densidade linear da linha da pipa.

Referências

Por que as pipas voam? Disponível em: <<<https://brainly.com.br/tarefa/10552957>>>. Acesso em 11/11/2019 00:12:51.

Reflexão de ondas. Disponível em: <<<https://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulacional/Ondas/reflexao.php>>>. Acesso em 10/11/19.

Figura 62 – Alunos do EEMV realizando o experimento de ondas relacionadas a Pipa Fonte: Figura do autor (2021).

ANEXO D- ALGUMAS FOTOS DAS PRODUÇÕES DA PARÓDIA

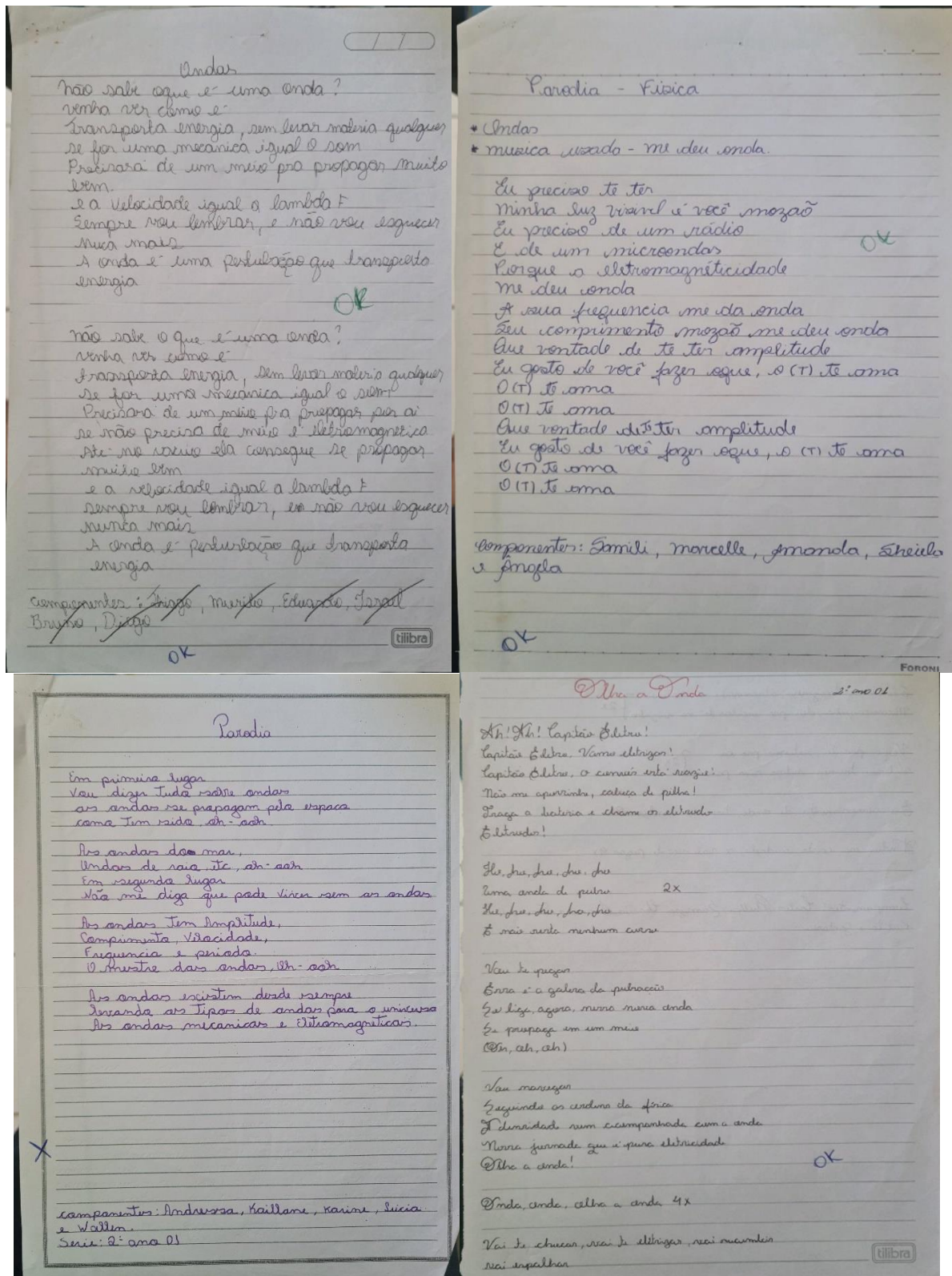


Figura 63 – Produção de Paródias dos alunos do EEMV do 2 ano Fonte: Figura do autor (2021).

APÊNDICE

APÊNDICE A



ESCOLA ESTADUAL DE MATA VERDE – EEMV/ MATA VERDE - MG
 MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF
 UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
 MESTRANDO: Weudes Lima Bomfim

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Presado aluno (a), você foi convidado a ser voluntário em um estudo científico sobre ***O Uso de Multimeios no Estudo de Ondas no Ensino Médio***, tem como objetivo Desenvolver uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS sobre o conteúdo de ONDAS utilizando Multimeios e Atividades Experimentais baseadas em materiais de baixo custo e fácil aquisição visando uma aprendizagem significativa por parte dos estudantes. O Ensino de Física deve contribuir para a percepção de mundo do aluno, combinando-o com outros conhecimentos, e isso nos leva a uma nova perspectiva de sala de aula, inserida no contexto cultural do aluno.

Fica claro que o Ensino de Física praticado atualmente em muitas escolas da Educação Básica brasileira apresenta uma série de problemas, inclusive o tema “Aprendizagem”. Alguns estudos de Ensino de Física no Brasil têm mostrado que a maioria dos alunos do Ensino Médio tem dificuldade em aprender o conteúdo da disciplina e aplicá-lo em seu cotidiano. Entre os outros métodos sugeridos pelos especialistas estão atividades de experimentais, produção de texto, uso de vídeos e simulações, além de métodos que possam atrair a atenção e a curiosidade dos alunos. Nesse sentido, o presente trabalho visa investigar o potencial dessas ferramentas, utilizadas como estratégia para a elaboração e aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS, que permite analisar o conhecimento prévio dos alunos sobre as ondas.

Para o desenvolvimento dessa pesquisa será utilizada 8(oito) passos sugeridos por Moreira (2011), nos quais destacamos 4 (quatro) passos adaptados:

- Nova informação potencialmente significativa: Vídeos e práticas de experimentos envolvendo Ondas;
- Relacionada ao conceito de Ondas e assimilada pelos alunos: Investigação de conceitos de Ondas por parte dos alunos;
- Conceito subsunçor sobre Ondas existente na estrutura cognitiva: Exposição de conceitos científicos sobre ondas por parte do professor;
- Produto interação (subsunçor modificado): Os alunos reconhecem a importância do estudo das Ondas no seu dia-a-dia.

A sequência didática será desenvolvida em oito etapas, essas atividades sobre Ondas, contarão com apresentação oral do professor, experiências realizadas pelos alunos com materiais alternativos e simulações utilizando Phet. Apesar de utilizar diversos recursos para obtenção de dados (Perguntas, vídeos, podcasts, fotos, paródias, etc.), neste produto educacional o foco será na pesquisa de qualitativa. Neste trabalho será utilizado como instrumento de pesquisa a observação, o estudo de caso e questionário de discussão.

Para participar deste estudo, o responsável por você deve autorizar e assinar este termo, se você for menor de 18 anos. Você não enfrentará despesas e não receberá benefícios financeiros. Você será notificado da forma que desejar e estará livre para participar ou recusar. A pessoa responsável por você pode retirar a permissão ou encerrar sua participação a qualquer momento. Sua participação é voluntária e sua recusa em participar não resultará em nenhuma penalidade ou alteração na conduta do pesquisador que o tratará pessoalmente de acordo com os padrões de confidencialidade. Você não será identificado em nenhuma das publicações.

Os resultados estarão disponíveis para você uma vez concluído. Seu nome ou propriedade indicando sua participação não serão divulgados sem o seu consentimento ou o consentimento do responsável. Os dados e materiais utilizados no estudo serão armazenados no arquivo com o pesquisador responsável por 5 anos, após o período serão destruídos. Este Formulário de Autorização é impresso duas vezes, uma cópia que será entregue pelo pesquisador responsável e entregue a você. O tratamento dos dados coletados seguirá as determinações da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD – Lei 13.709/18).

CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO

Eu, _____
[nome completo do aluno (a)] concordo em ser voluntário para este estudo como participante. O pesquisador me informou de tudo o que aconteceria no estudo, o que eu deveria fazer, incluindo os potenciais riscos e benefícios envolvidos na minha participação. O pesquisador me assegurou que eu poderia desistir do estudo a qualquer momento, sem dar explicações, e que essa decisão não implicaria em multas ou interrupções no meu tratamento. Recebi uma cópia deste formulário de autorização e tive a oportunidade de ler e esclarecer minhas dúvidas.

Mata Verde - MG, ____ de _____ de 20__.

Participante da Pesquisa ou Responsável

Assinatura do pesquisador

APÊNDICE B



ESCOLA ESTADUAL DE MATA VERDE – EEMV/ MATA VERDE - MG
 MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF
 UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
 MESTRANDO: Weudes Lima Bomfim

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS

Eu, _____ (nome completo do discente), RG: _____, após conhecer e compreender os objetivos, procedimentos, riscos e benefícios da pesquisa, e sabendo da necessidade de utilizar minha imagem e/ou evidência, especificada no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), AUTORIZO, por meio deste termo, os pesquisadores Weudes Lima Bomfim, Prof. Dr. Ferdinand Martins da Silva e Profa. Dra. Cristina Porto Gonçalves, do projeto de pesquisa intitulado “*O Uso de Multimeios no Estudo de Ondas no Ensino Médio*” para tirar as fotografias necessárias e/ou coletar vídeos, podcast ou depoimentos, sem qualquer ônus financeiro, a nenhuma das partes.

Ao mesmo tempo, libero a utilização destas fotos (seus respectivos negativos) e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa, acima especificados, obedecendo ao que está previsto nas Leis que resguardam os direitos das crianças e adolescentes (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei N.º 8.069/ 1990), dos idosos (Estatuto do Idoso, Lei N.º 10.741/2003) e das pessoas com deficiência (Decreto N.º 3.298/1999, alterado pelo Decreto N.º 5.296/2004).

Mata Verde - MG, ____ de _____ de 20 ____.

Participante da Pesquisa ou Responsável

Assinatura do pesquisador

PARA CONTATAR O PESQUISADOR DA PESQUISA, VOCÊ PODERÁ ENCAMINHAR UM E-MAIL, LIGAR OU MANDAR MENSAGENS PELO WHATSAPP PARA ELE A QUALQUER MOMENTO:

Weudes Lima Bomfim, celular: (77) 98801-2547 e e-mail: weudes.bomfim@gmail.com

CEP/UESB- COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
 RUA JOSÉ MOREIRA SOBRINHO, S/N - UESB JEQUIÉ (BA) - CEP: 45206-190
 FONE: (73) 3528-9727 / E-MAIL: cepuesb.jq@gmail.com

APÊNDICE C
PRODUTO EDUCACIONAL



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB

Weudes lima Bomfim

**USO DE MULTIMEIOS NO ESTUDO DE ONDAS NO ENSINO
MÉDIO**

PRODUTO EDUCACIONAL

Vitória da Conquista - BA

2022

Weudes Lima Bomfim

USO DE MULTIMEIOS NO ESTUDO DE ONDAS NO ENSINO MÉDIO

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia como parte das exigências do Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Orientador: Prof. Dr. Ferdinand Martins da Silva
Coorientadora: Profa. Dra. Cristina Porto Gonçalves

Vitória da Conquista - BA

2022

Sumário

1	APRESENTAÇÃO	128
2	INTRODUÇÃO	129
3	OBJETIVO	130
4	CONTEÚDOS ABORDADO NA UEPS	131
4.1	Estudo das ondas	131
4.2	Classificação das Ondas quanto à natureza	131
4.2.1	Ondas Mecânicas	131
4.2.2	Ondas Eletromagnéticas	132
4.3	Classificação das Ondas quanto à Vibração (forma).....	132
4.3.1	Ondas Transversais.....	132
4.3.2	Ondas Longitudinal	132
4.4	Classificação das Ondas quanto à Dimensão	134
4.4.1	Ondas unidimensionais.....	134
4.4.2	Ondas bidimensionais.....	134
4.4.3	Ondas tridimensionais.	134
4.5	Ondas Periódicas	134
4.5.1	Características.....	134
4.5.2	Elementos das ondas periódicas	135
4.6	Ondas Sonoras	137
4.6.1	A formação das ondas sonoras	137
4.6.2	Qualidades fisiológicas das ondas sonoras	138
4.7	Natureza do Som	138
4.8	As ondas Eletromagnéticas.....	139
4.9	O Espectro Eletromagnético.....	139
4.10	Etapas da UEPS	140
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	147
	ANEXOS - ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NA UEPS.....	150

1. APRESENTAÇÃO

Este Produto Educacional constitui-se num guia de orientação para os docentes do Ensino Médio, tendo como objetivo auxiliar os professores na utilização dos multimeios no Ensino de Ondas, tendo como suporte ao conceito de Aprendizagem Significativa desenvolvido por David Ausubel (1980).

Foi elaborado com base na dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF, intitulada ***O USO DE MULTIMEIOS NO ESTUDO DE ONDAS NO ENSINO MÉDIO***, sob orientação do Prof. Dr. Ferdinand Martins da Silva, sendo um dos requisitos para o grau de mestre em Ensino de Física.

2. INTRODUÇÃO

O uso de Multimeios no Ensino de Física funciona como um suporte de informação (ou conteúdo) constituído por diversos materiais como Vídeos (Tik-Tok, Kwai, Youtube, produções próprias, etc.), Podcast, Experimentos Virtuais e Físicos, Atividades Lúdicas, hipermídias, etc., os quais caracterizam-se por um registro histórico e constante desenvolvimento, uma vez que a cada dia surge uma nova tecnologia.

Desse modo, o presente trabalho buscou investigar o potencial dessas ferramentas, utilizando como estratégia a elaboração e aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS, permitindo a análise do conhecimento prévio dos alunos sobre o tema Ondas, bem como o aprofundamento por meio de participação ativa e reflexiva dos estudantes.

Nesse sentido, surgiu a ideia de desenvolvermos o tema Ondas, a partir dos pressupostos teóricos metodológicos apontados por Moreira (2011) e Ausubel (1980), abordando a importância da mediação do professor para a elaboração de atividades e resoluções de problemas presentes no dia a dia do estudante relativo ao tema anteriormente citado. Por exemplo, quando alguém vai ao dentista e é submetido a um raio-X do dente, ou a uma radiografia do pulmão solicitada pelo médico, temos situações onde estão presentes as Ondas Eletromagnéticas. Da mesma forma, quando uma pessoa liga o rádio na faixa FM 99, a transmissão ocorre por meio das ondas de rádio. A visão do ser humano ocorre devido às ondas eletromagnéticas presentes na região do visível do espectro eletromagnético, e a utilização do aparelho celular. Tudo isso ocorre devido à existência das Ondas Eletromagnéticas.

O sonar é uma aplicação da Onda Mecânica. Esse instrumento funciona transmitindo ondas sonoras e normalmente é usado por navios para detectar e localizar objetos no fundo do oceano. Já na ecolocalização, o animal emite sons de altíssima frequência (inaudível para humanos) que retornam ao animal em forma de ecos, quando encontram obstáculos para que ele possa se localizar e saber a que distância encontra-se o obstáculo à sua frente. Os morcegos e os golfinhos, são animais que usam a ecolocalização para se orientar, conseguindo localizar obstáculos e presas. Outra aplicação, é a percepção do estouro da pipoca que é devido à propagação de ondas sonoras e não das ondas eletromagnéticas.

3. OBJETIVO

Desenvolver uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS sobre o conteúdo de ONDAS, utilizando Multimeios e Atividades Experimentais baseadas em materiais de baixo custo e fácil aquisição, visando uma aprendizagem significativa por partes dos estudantes.

4. CONTEÚDOS ABORDADO NA UEPS

O tópico específico desenvolvido é o estudo das Ondas, onde sua configuração e procedimentos estará inserida no contexto da matéria de ensino [1º passo da UEPS, segundo Moreira (2011)].

Sugestão de Livro didático, para trabalhar ondas:

MARTIMER, Eduardo. **Matéria, Energia, e Vida** – Uma abordagem Interdisciplinar: Materiais, luz e som: modelos e propriedades. 1º ed. São Paulo: Scipione., 2020. P.65 – 95.

4.1 Estudo das ondas

Onda: é toda perturbação que se propaga no meio, transportando energia (e quantidade de movimento) sem o transporte de matéria. Exemplos: Luz, som e onda do mar).

São as ondas produzidas por uma perturbação num meio material (sólido, líquido ou gasoso), como, por exemplo, uma onda na água, propagação de uma onda sonora, gerado por um alto-falante, onda sonora produzida por um auto a vibração de uma corda de violão, a voz de uma pessoa. A principal característica das ondas, seja qual for sua classificação, é o transporte de energia. Podemos classificar as ondas quanto à sua:

- Natureza;
- Direção de propagação;
- Direção de vibração.

4.2 Classificação das Ondas quanto à natureza

4.2.1 Ondas Mecânicas

São as ondas produzidas por uma perturbação num meio material (sólido, líquido ou gasoso), como, por exemplo, uma onda na água, propagação de uma onda sonora, gerado por um alto-falante, onda sonora produzida pela vibração de uma corda de violão, a voz de uma pessoa, etc.

Observação:

- Em uma explosão no espaço, o som **NÃO** se propaga no vácuo;
- As Ondas Mecânicas necessitam de um meio material para se propagar;

- A velocidade do som aumenta com a densidade do meio. Ou seja, o som se propaga mais rápido e com maior intensidade (volume) no meio mais denso.

4.2.2 Ondas Eletromagnéticas

São as ondas produzidas por variação de um campo elétrico e um campo magnético, tais como as ondas de rádio, de televisão, as micro-ondas e outras mais.

Observação:

- As Ondas Eletromagnéticas propagam-se no vácuo e em alguns meios materiais;
- No vácuo essas ondas se propagam com a velocidade da luz, $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$;
- A velocidade da luz diminui com a densidade do meio.

4.3 Classificação das Ondas quanto à Vibração (forma)

As ondas podem ser Transversais ou Longitudinais.

4.3.1 Ondas Transversais

As direções de vibração e de propagação são perpendiculares. Exemplos: Onda em uma corda, Luz, onda de rádio.

4.3.2 Ondas Longitudinal

São aquelas ondas cujas vibrações coincidem com a direção de propagação (mesma direção ou direção paralela). Na figura 1 temos dois exemplos de uma onda longitudinal, onda na mola e onda sonora.

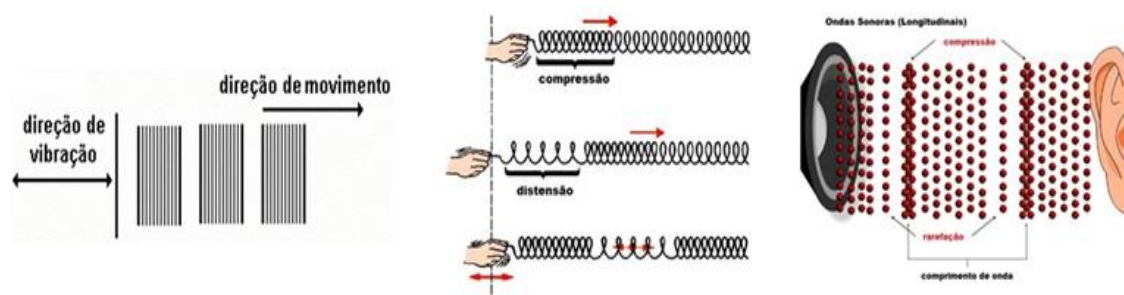


Figura 1 – Dois exemplos de Ondas Longitudinais.

Fonte: <<<http://alexandremedeirosfisicaastronomia.blogspot.com/2011/12/ondas-longitudinais-e-transversais.html>>>. Acesso em 12/01/2021.

Observação:

- Segundo O Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG da Universidade de São Paulo – USP:

“Ondas sísmicas são vibrações que se propagam por toda a Terra, originadas de terremotos, e explosões. São também chamadas de ondas elásticas. As deformações provocadas no meio durante a passagem das ondas elásticas são de dois tipos, variações do volume sem mudar a forma e variações da forma sem mudar o volume. O primeiro tipo é a onda P, são as ondas longitudinais que provoca sucessivas compressões e dilatações do meio, na direção em que se propaga a onda, sendo a onda sísmica com a maior velocidade. O segundo tipo é a onda S, provoca deformações de cisalhamento, com vibrações transversais à direção de propagação da onda, sua velocidade é menor que a da onda P, por isso é conhecida como onda cisalhante”.

- Ondas sísmicas (na figura 2) originadas no foco do terremoto se manifestam desde o início tanto como ondas transversais quanto como ondas longitudinais.

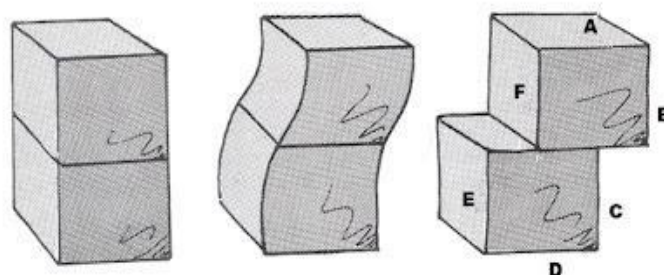


Figura 2 – Demonstração de uma onda sísmica.

Fonte: <<<http://alexandremedeirosfisicaastronomia.blogspot.com/2011/12/ondas-longitudinais-e-transversais.html>>>. Acesso em 12/01/2021.

- Uma explosão, seja ela subterrânea ou no ar, emite apenas um único tipo de ondas: ondas longitudinais de compressão. Um abalo sísmico detectado e que apresenta apenas ondas longitudinais, é o resultado de uma explosão e não de um terremoto natural.

4.4 Classificação das Ondas quanto à Dimensão

4.4.1 Ondas unidimensionais - são aquelas que se propagam em apenas uma direção. Exemplo: onda em uma corda.

4.4.2 Ondas bidimensionais - são as ondas que se propagam em duas direções ou em um plano formado por dois eixos (plano cartesiano). Exemplo: ao jogar uma pedra na superfície de um lago formam-se ondas circulares que se propagam em duas dimensões.

4.4.3 Ondas tridimensionais - são as ondas que se propagam no espaço, ou seja, em todas as direções como, por exemplo: as ondas sonoras, luz de uma fogueira.

4.5 Ondas Periódicas

Quando um pulso segue o outro em uma sucessão regular tem-se uma onda periódica. Na figura 3, simula uma onda periódica, onde o formato das ondas individuais se repete em intervalos de tempo iguais.

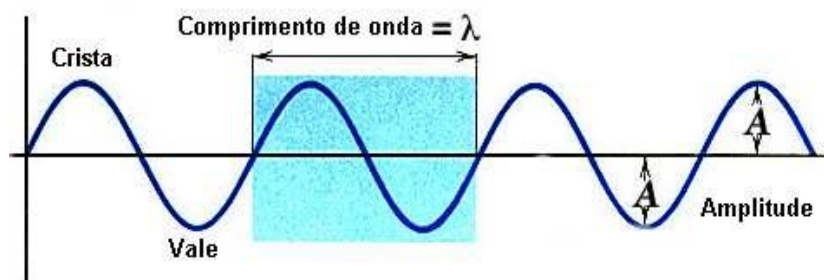


Figura 3 – Demonstração de uma Onda Periódica. Fonte: <<<http://www.geocities.ws/saladefisica8/ondas/periodicas.html>>>. Acesso em 12/01/2021.

4.5.1 Características

- Ondas periódicas (na figura 3) possuem período constante;
- Período é o intervalo de tempo de um pulso completar uma oscilação;
- As características dessas ondas são: amplitude (crista e vale), comprimento de onda, frequência, período e velocidade de propagação;
- Os pontos das cristas e dos vales oscilam em oposição de fase entre si;
- Os pontos das cristas oscilam em concordância de fase;

- Os pontos dos vales oscilam em concordância de fase;
- A frequência e o período se relacionam pelo inverso um do outro.
- Com a equação fundamental da ondulatória, é possível encontrar a velocidade de propagação da onda:

$$v = \lambda \cdot f \quad (1.00)$$

Onde:

v = velocidade [Unidade no Sistema Internacional de Medidas (S.I.) é o metro por segundos (m/s);

λ = Comprimento de onda [Unidade no S.I. é o metro(m)];

f = frequência [Unidade no S.I. é o Hertz (Hz)]

4.5.3 Elementos das ondas periódicas

As ondas periódicas, como qualquer onda, possuem: amplitude (A), comprimento de onda (λ), frequência (f), período (T) e velocidade de propagação (v).

4.5.3.1 Amplitude (A) - É a distância entre o eixo central e o ponto mais alto (crista) ou mais baixo da onda (vale). Sua unidade de medida no S.I. é o metro (m).

4.5.3.2 Comprimento de onda (λ) – É a medida de um ciclo completo da onda, ou seja, é a distância entre dois pontos consecutivos do meio que vibram em fase. que pode ser medido entre duas cristas, dois vales ou entre uma crista e um vale. Sua unidade de medida no S.I. é o metro (m).

4.5.3.3 Frequência (f) - É a quantidade de ciclos em um determinado intervalo de tempo. Ou seja, é o número de cristas ou vales consecutivos que passam por um mesmo ponto, em cada unidade de tempo. Se as cristas e os vales estão muito próximos, isso significa que a frequência da onda é alta, do contrário, a frequência é baixa. Sua unidade de medida no S.I. é o hertz (Hz). A frequência é o inverso do período ($f = 1/T$).

4.5.3.4 Período (T) – É o intervalo de tempo para se completar um ciclo de onda, ou seja, é o tempo necessário para que duas cristas ou vales consecutivos passem pelo mesmo ponto. Por

isso, o período é medido no intervalo de um comprimento de onda. Sua unidade de medida no S.I. é o segundo (s).

4.5.3.5 Velocidade de propagação (v) – Muda dependendo do meio onde a onda está, e é dada pela equação fundamental da ondulatória: $v = \lambda/T = \lambda \cdot f$. Sua unidade de medida no S.I. é o metro por segundo (m/s).

Observações:

- O comprimento de onda (λ) é inversamente proporcional a frequência (f) no mesmo meio. Exemplo, para uma onda que se propaga em um certo meio, quanto maior o comprimento de onda, menor é a frequência.
- A velocidade da onda depende do meio, e a frequência da onda depende da fonte;
- Radiações eletromagnéticas possuem comprimentos de onda diferentes, mas possuem a mesma velocidade no vácuo.

4.5.3.6 Velocidade da onda em uma corda

A velocidade v de propagação de um pulso (meia onda) que se propaga numa corda esticada depende da intensidade da força (T) que a traciona e da densidade linear (μ), conforme a fórmula de Taylor:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (1.01)$$

A densidade linear (μ) é a relação entre a massa (m) e o comprimento (L) da corda: $\mu = m/L$. Numa corda, a velocidade de propagação de uma onda é proporcional à raiz quadrada da tensão e inversamente proporcional à raiz quadrada da densidade. Ou seja, aumentando-se a tensão, aumenta-se a velocidade da propagação e aumentando-se a densidade da corda, a velocidade diminui.

Dessa fórmula podemos obter três conclusões a partir da observação dela: quanto maior o raio r de uma corda menor será a velocidade de propagação da onda na corda; quanto maior a força tensora F maior será a velocidade da onda; quanto maior a densidade absoluta μ menor será esta velocidade.

4.6 Ondas Sonoras

Ondas Sonoras são ondas mecânicas que vibram em uma frequência de 20 a 20.000 hertz (Hz), sendo normalmente perceptíveis pelo ouvido humano. O som é a sensação que sentimos, através da audição pela ação desse tipo de onda. Outra característica importante, a onda sonora necessita de um meio para se propagar, seja gás, líquido ou sólido. Logo não é possível existir som no vácuo.

A onda menor que 20 Hz é denominada de infrassom e a maior que 20.000 Hz, ultrassom. Essas ondas até chegam aos nossos ouvidos, mas não são capazes de estimular o nosso sentido da audição. Alguns animais, como o cachorro e o morcego, conseguem captar altas frequências de até 100.000Hz, outros como o elefante e o pombo, são capazes de perceber infrassons.

As ondas sonoras podem apresentar frequências específicas. Chamamos de som grave, aquele que é emitido por uma fonte sonora que vibra com baixa frequência e som agudo, o que vibra com uma alta frequência. Para entender melhor basta perceber a diferença entre a voz masculina (grave) e a voz feminina (agudo). Essa caracterização em relação à frequência de um som é chamada de altura.

Quando um som possui uma grande quantidade de energia por unidade de tempo e a onda sonora possui uma grande amplitude, dizemos que o som possui uma grande intensidade. Logo, a intensidade está relacionada ao volume do som. Essa intensidade é medida em dB (decibéis), onde se estabeleceu que ao som de menor intensidade que o ser humano fosse capaz de escutar seria atribuído o valor de 0 dB e o de maior intensidade, de 120 dB.

4.6.1 A formação das ondas sonoras

As ondas sonoras são consideradas ondas de pressão, pois se propagam a partir de variações de pressão do meio. Por exemplo, quando um músico toca um violão, a vibração das cordas produz alternadamente compressões e rarefações do ar, ou seja, produz variações de pressão que se propagam através do meio. Para se ter uma ideia, as ondas sonoras se propagam a 340 m/s se o ar estiver a 20°C. Esse tipo de onda é denominado onda longitudinal, pois as moléculas constituintes do meio se aproximam e se afastam umas das outras de forma alternada. Cada seção do meio através do qual passa a onda longitudinal apenas oscila ligeiramente em torno de uma posição de equilíbrio, enquanto a onda propriamente dita pode se propagar por grandes distâncias.

4.6.2 Qualidades fisiológicas das ondas sonoras

4.6.2.1 Altura - É a qualidade que nos permite diferenciar entre um som grave ou agudo. Esta qualidade depende apenas da frequência da onda. Em outras palavras, se a frequência é alta o som é agudo, mas se a frequência é baixa, então, o som é grave.

4.6.2.2 Intensidade - Esta qualidade nos permite determinar se um som é fraco ou forte. A intensidade depende da energia que a onda transfere para o meio e pode ser dividida em intensidade física e auditiva.

4.6.2.3 Timbre – É a característica sonora que nos permite distinguir sons de uma mesma frequência, porém emitidos por fontes sonoras conhecidas, permitindo-nos identificar o emissor do som. Ele é a forma da onda. É importante entender tais características para não cometermos erros em relação ao som. Por exemplo, se um som está alto não é correto falar que se deve abaixar a altura do som, mas, sim, sua intensidade, pois a altura se refere ao agudo ou grave de um som.

4.7 Natureza do Som

Fonte sonora é qualquer corpo capaz de fazer o ar oscilar com ondas de frequência e amplitude que podem ser detectadas pelos nossos ouvidos. É o elemento responsável pela emissão do som. A fonte sonora gera energia sonora que diminui ao longo da distância entre a fonte e o receptor, propagando-se até atingir um obstáculo.

O som é uma onda mecânica, longitudinal e tridimensional, ela se propaga em meio material (sólido, líquido e gasoso), transportando apenas energia. O som como uma vibração que se propaga no ar e em outros meios formando regiões de compressão e rarefação, ou seja, regiões de altas e baixas pressões. A sua velocidade aumenta com a densidade do meio, ou seja, a velocidade de propagação do som é:

$$v_{\text{SÓLIDO}} > v_{\text{LÍQUIDO}} > v_{\text{GASOSO}}$$

4.8 As ondas Eletromagnéticas

As Ondas Eletromagnéticas são emitidas e absorvidas por partículas com cargas elétricas aceleradas. Nessa onda, temos o campo elétrico (**E**) e o campo magnético (**B**) que oscilam, onde **E** e **B** são perpendiculares entre si, e também perpendiculares à direção em que a onda se propaga.

As ondas eletromagnéticas podem se propagar no vácuo e também num meio material. Contudo, um meio material pode ser opaco para ondas eletromagnéticas numa faixa do espectro e transparente para ondas eletromagnéticas em outra faixa. O vidro comum, por exemplo, é transparente à luz (radiação eletromagnética visível) e opaco às ondas da faixa do infravermelho.

A Radiação Eletromagnética é uma forma de energia que se propaga no espaço, em alguns meios materiais ou mesmo no vácuo. No vácuo, ela se propaga na forma de Ondas Eletromagnéticas, com velocidade da luz no vácuo.

4.9 O Espectro Eletromagnético

O Espectro eletromagnético é a faixa de todas as frequências de ondas eletromagnéticas existentes. O espectro eletromagnético é geralmente apresentado em ordem crescente de frequência e decrescente comprimento de onda, começando pelas ondas de rádio e passando pela radiação visível até a radiação gama nas frequências mais altas.

A figura 4, representa um diagrama do espectro das ondas eletromagnéticas, observe que existem ondas eletromagnéticas de todos os comprimentos de onda ou de todas as frequências. É usual dividir o espectro em faixas com limites mais ou menos precisos e, a cada faixa, atribuir um nome especial.

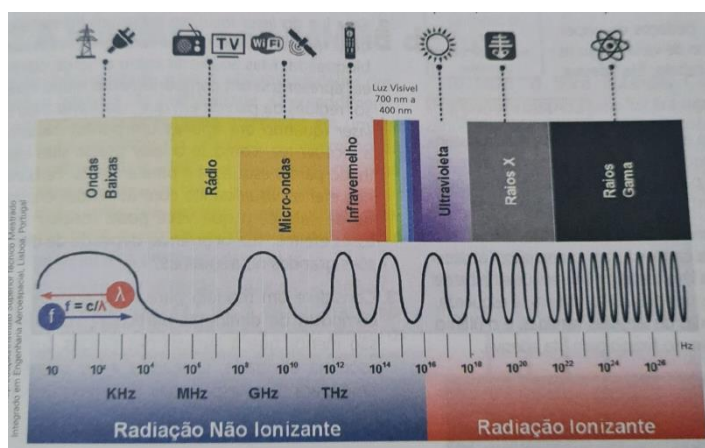


Figura 4 – Espectro eletromagnético. Fonte: (MORTIMER, p.85, 2020).

A retina do olho humano é sensível às ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda no intervalo aproximado de $0,4 \cdot 10^{-6}$ m até $0,8 \cdot 10^{-6}$ m. Essas ondas eletromagnéticas recebem, coletivamente, o nome de luz. Esses números não são absolutos porque diferentes pessoas têm retinas com diferentes sensibilidades e a mesma pessoa tem sensibilidade diferente conforme a idade e o estado de saúde de modo geral.

Além da energia E , as ondas eletromagnéticas transportam momentum p e massa m , dados respectivamente por:

$$p = E/c \quad (1.02)$$

$$m = \frac{E}{c^2} \quad (1.03)$$

No modelo corpuscular, da radiação eletromagnética é tratada não como uma onda, mas como um conjunto de partículas (os fótons), cada qual com uma energia dada por:

$$E = h \cdot f \rightarrow E = h \cdot c / \lambda \quad (1.04)$$

Onde:

h = Constante de Planck [onde essa constante no S.I vale $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ joules por segundo (A unidade no S.I. é J.s)];

λ = Comprimento de Onda (A unidade no S.I. é m);

c = Velocidade da Luz ($c = 300.000$ km/s);

E = Energia [No S.I. é Joule (J)]

f = Frequência [No S.I. é Hertz (Hz)]

4.10 Etapas para Realização das Atividades e Aplicação da UEPS

Para o desenvolvimento da UEPS utilizamos 8(oito) passos sugeridos por Moreira (2011), nos quais destacamos 4 (quatro) passos adaptados:

- *Nova informação potencialmente significativa: Vídeos e práticas de experimentos envolvendo Ondas;*
- *Relacionada ao conceito de Ondas e assimilada pelos alunos: Investigação de conceitos de Ondas por parte dos alunos;*
- *Conceito subsunçor sobre Ondas existente na estrutura cognitiva: Exposição de conceitos científicos sobre ondas por parte do professor;*
- *Produto interação (subsunçor modificado): Os alunos reconhecem a importância do estudo das Ondas no seu dia-a-dia.*

As atividades consistir em Exposição oral pelo professor, Experiências realizadas pelos estudantes com materiais alternativos e simulações utilizando o Phet. A descrição de cada momento encontra-se de maneira detalhada na Tabela 4:

1° Passo – Objetivo

O professor deve orientar a turma descrevendo quais os objetivos do produto didático e em seguida examinar como a compreensão do tópico abordado de Ondas Sonoras e Ondas Eletromagnéticas pode contribuir para o cotidiano de cada aluno, através de uma discussão após ter exibido dois vídeos curtos de Ondas Sonoras (figura 5) e eletromagnéticas (figura 6).



Figura 5 – Novo Telecurso: O que é o som e como se propaga. Fonte:<< <https://www.youtube.com/watch?v=oskoavP36OE>>>. Acesso em 26/03/2022.



Figura 6 – Eletromagnetismo: Espectro Eletromagnético. Fonte:<< <https://www.youtube.com/watch?v=-C2erXakQIQ>>>. Acesso em 26/03/2022.

2° Passo Situação inicial

Nessa etapa os alunos irão investigar o conceito ondas através um experimento de telefone com fio. Os alunos podem ser divididos em cinco grupos, cada grupo recebeu um roteiro do experimento telefone com fio, 10 metros de linha nº 10 (de material 100% Algodão), 10 metros de barbante nº 8 e 4 copos de isopor; o professor dará um tempo para cada grupo ler as instruções e confeccionar o brinquedo telefone com fio. Em seguida, o professor deve levá-los ao pátio da escola.

Cada grupo irá utilizar o telefone de copo de isopor variando a densidade do fio e o comprimento; após realização do experimento, o professor iniciará

uma discussão entre os alunos com base perguntas que estavam no roteiro, analisando os conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto.

3° Passo – Situação Problema

Esse passo será dividido em dois momentos:

1° Momento Criando uma situação

Essa atividade pode ser realizada na sala de aula, caso a maioria dos alunos tenham celular compatível com a hiperfísica Phet. Caso contrário, Como sugestão a realizar esse experimento na sala de informática da escola. O professor irá levar os alunos do 2° ano à sala de informática, e através de slides explicar e discutir com os alunos a definição de Onda, quanto a sua natureza, a sua forma e propagação, enquanto eles estão familiarizando com a hiperfísica do Phet (na figura 7) de ondas na superfície da água, de ondas sonoras produzidas por um alto-falante, e ondas luminosas produzidas por um laser no som e na luz. Depois que os alunos conheceram a simulação das ondas, o professor vai orientar os alunos a seguir o roteiro do experimento virtual de ondas na superfície da água e de ondas sonoras. Lembrando sempre a eles, observar atentamente cada fenômeno e reconhecer nos experimentos algumas grandezas importantes como a velocidade de onda, frequência e amplitude



Figura 7 – Waves intro.. Fonte: <<https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_en.html>>. Acesso 26/03/2022.

2º Momento criando situações-problema

Nesse caso, os alunos através do roteiro do experimento virtual de ondas luminosas produzidas por um laser, realizaram a terceira hipermissão do Phet, sempre observando as grandezas e os fenômenos. Após terminar a realização da atividade, o professor deve sugerir aos alunos que deixe os experimentos virtuais aberto, porque no roteiro tem um questionário de discussão, onde eles terão um tempo para responder (cerca de 20 minutos), em seguida o professor junto com os alunos iram analisar e discutir esse questionamento sobre ondas.

4º Passo - Aprofundando conhecimentos

Nessa atividade como aprofundamento do conteúdo de ondas, o professor deve levar os alunos do 2º Ano na sala de informática (essa atividade pode fazer na sala de aula, vai depender da acessibilidade e demanda dos celulares dos alunos), e através de slides explicar e discutir com os alunos as propriedades das Ondas (frequência, período, amplitude, crista, vale, comprimento de onda), velocidade de propagação de onda, velocidade de propagação da onda em uma corda, reflexão na corda (com extremidade fixa e livre).

Logo em seguida todos os alunos deveram entrar na hipermissão de ondas em cordas do Phet (na figura 8). Depois que os alunos conhecerem e familiarizando com o experimento virtual das ondas uma corda (com extremidade fixa e livre), os alunos deveram responder o questionário de discussão que está no roteiro, depois de um tempo, o professor iniciará uma roda de discussão sobre as dificuldades dos discentes em relação ao conteúdo abordado.



Figura 8 – Wave on a String. Fonte: << https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_en.html>>. Acesso em 26/03/2022.

5° Passo – Nova situação

Para realizar um novo caminho sobre o tópico de ondas em uma corda, o professor deverá levar os discentes do 2° Ano para o refeitório (ou um local aberto) e em seguida distribuir para cada grupo duas cordas com diâmetros diferentes (1cm e 0,6 cm) e duas argolas de chaves. Os alunos deverão realizar as experiências das ondas na corda variando a tensão e a frequência observando mais de perto o comportamento das cordas.

Depois que cada grupo estava com as cordas, foi escolhido um aluno para segurar a corda (criando um ponto fixo) e o outro aluno começou a gerar ondas com a corda pouco tensionada e os alunos de cada grupo observaram o fenômeno e o comportamento da onda. Aumente então a tensão na corda e repita o experimento. Depois troque por uma corda de densidade diferente e repita outra vez o fenômeno.

Em seguida, repita o experimento, porém, agora coloque a argola de metal (aquela usada em chaves) na extremidade da corda e com outra argola de encaixe na argola que está na corda, formando uma extremidade livre. Repita o experimento e observe o que ocorre de diferente, no comportamento das cordas. Após o experimento, o professor deve iniciar uma discussão entre os grupos com o questionário de discussão do roteiro.

6° Passo – Diferenciando progressivamente

Já foram apresentadas situações e ideias mais gerais sobre o conteúdo ondas, nesta parte iremos apresentar diferencialmente sobre as aplicações e detalhes das ondas no brinquedo “pipa”. Nessa atividade, professor deverá levar os alunos do 2° ano para um campo de futebol próximo a escola (ou uma área aberta), em seguida cada grupo deverá receber 3 tubos de 80m

de linha nº10, 3 pipas médias, uma garrafa pet de um litro, e plástico de sacola na cor preta cortada para confecção da rabiola da pipa.

Os alunos seguindo o roteiro da atividade, deverá confeccionar a rabiola da pipa com sacolas cortadas, em seguida o grupo deve empinar a pipa e deixar ela voando, nesse momento através de movimentos repetitivos na linha da pipa, de cima para baixo, ou de baixo para cima, ou da esquerda para direita, ou direita para esquerda, para produzir oscilações. Depois de observar os movimentos oscilatórios produzidos, o professor irá iniciar uma discussão entre os grupos com o questionário do roteiro, e explicando importância dos estudos das ondas e seus impactos no cotidiano dos alunos.

7º Passo – Avaliação da aprendizagem na UEPS

Nessa atividade, o professor levará os alunos do 2º Ano ao laboratório de informática para pesquisar na internet sobre ondas (Essa atividade poderá ser feita na sala de aula, se os alunos estiverem com acesso à internet). Os alunos deverão fazer uma pesquisa, sobre paródias que envolva o conteúdo ondas, e com a ajuda da professora de português cada grupo vai elaborar uma paródia (poesia ou música). Cada grupo deverá produzir um texto no formato de música ou poesia como orientado no roteiro, essa atividade (texto e podcast) deve ser entregue ao professor pois posteriormente será usada como atividade avaliativa.

De acordo com Marighella, no seu livro *Rondó da Liberdade em Provas científicas em versos*, apresenta alguns exemplos de poesia que envolve a Física:

*(a) No ginásio
 (...)
 Doutor, a sério fala, me permita
 Em versos rabiscar a prova escrita.
 Espelho é a superfície que produz,
 Quando polida, a reflexão da luz.
 Há nos espelhos a considerar
 Dois casos, quando a imagem se formar.
 Caso primeiro: um ponto é que se tem;
 Ao segundo um objeto é que convém.*

*Seja a figura abaixo que se vê,
 O espelho seja a linha Beta-Cê.
 O ponto F um ponto dado seja.
 Como raio incidente, R se veja.
 O raio refletido vem depois
 E o raio luminoso ao ponto 2.*

*Foi traçada em seguida uma normal,
 O ângulo I de incidência a R igual.
 No prolongamento, luminoso raio
 Que o refletido encontra de soslaio.
 Dois triângulos então o espelho faz,*

*Retângulos os dois, ambos iguais.
Iguais porque um cateto tem comum,
Dois ângulos iguais formando um.
(...)*

Marighella (1929)

*(b) Na faculdade
(...)
De leveza no peso são capazes
Diversos elementos, vários gases,
O hidrogênio, porém, é um gás que deve
ter destaque por ser o gás mais leve.
Combina-se com vários metalóides,
Com todos, aliás, e os sais alóides
Provê em de ácidos por aquele gás
Formados, reunindo-se aos demais.
(...)*

Marighella (1931)

8º Passo - Avaliação da própria UEPS

Nessa atividade o professor verificar com os alunos, “se aprendizagem sobre ondas teve um impacto significativo para eles”. Logo após, o professor irá comentar sobre as aplicações dos estudos das ondas e seus efeitos sociais.

Em seguida, vai receber o trabalho (Paródia escrita e o podcast em mp3) dos grupos e irá finalizar a aula com a apresentação na própria sala das paródias produzidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aprendizagem significativa – breve discussão acerca do conceito. Disponível em: <<[CARVALHO, Regina Pinto. **Física do Dia a Dia**, Volume 1. 3°. ed. Autêntica, 2013.](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/implementacao/praticas/caderno-de-praticas/aprofundamentos/191-aprendizagem-significativa-breve-discussao-acerca-do-conceito?highlight=WyJhcHJlbnRpemFnZW0iLCJzaWduaWZpY2F0aXZhIiwYXByZW5kaXphZ2VtIHNPZ25pZmljYXRpdmEiXQ>>. Acesso em 19/02/2022.</p>
</div>
<div data-bbox=)

CAVALCANTE, Kleber G.. **Lei de Gauss.** Disponível em: <<<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/lei-gauss.htm>>>. Acesso 08/03/2022.

AVELINO, Karla Cristina, **Sequência Didática Investigativa para o Ensino de ondas Sonoras.** Disponível em: <<file:///C:/Users/weude/Downloads/Karla-Cristina-Avelino.pdf>>. Acesso em 14/10/2019 14:21.

COLTEC, Sérgio Talim. **Interferência entre ondas.** Disponível em: <<http://www.coltec.ufmg.br/fisica/wp-content/uploads/2019/02/Interfer%C3%Aancia-entre-ondas_Final_2015_Revisto.pdf>>. Acesso em 11/03/2022.

Interferência sonora e batimento sonoro. Disponível em: <<<https://www2.unicentro.br/fisica/files/2015/04/Roteiro-25-Interfer%C3%Aancia-sonora-e-batimento-sonoro.pdf?x63480>>. Acesso 11/03/22.

Eletromagnetismo - Espectro Eletromagnético. Disponível em: <<<https://www.youtube.com/watch?v=-C2erXakQIQ>>>. Acesso em 29-out-19.

LOPES. Rita de Cassia Soares. **A relação professor-aluno e o processo ensino aprendizagem.** Disponível em: <<<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1534-8.pdf>>>. Acesso em 24 de novembro de 2019.

O que é uma onda eletromagnética? Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Disponível em: <<<https://www.ufsm.br/cursos/graduacao/santa-maria/fisica/2020/02/27/o-que-e-uma-onda-eletromagnetica/>>>. Acesso em 25/08/2021.

RIBEIRO, Ribeiro. **Ondas Sonoras e o sentido da audição.** Disponível em: <<<https://www.em.com.br/app/noticia/especiais/educacao/enem/2015/11/11/noticia-especial-enem,706844/ondas-sonoras-e-a-capacidade-do-homem-em-emitir-sons.shtml>>>. Acesso em 25/08/2021.

PELIZZARI, Adriana; KRIEGL, Maria de Lurdes. **Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel**. Revista PEC, Curitiva, V.2, n.1, p.37-42, jul.2001-jul.2002.

Por que as pipas voam? Disponível em: << <https://brainly.com.br/tarefa/10552957>>> . Acesso em 11/11/2019 00:12:51.

MARTIMER, Eduardo. **Matéria, Energia, e Vida – Uma abordagem Interdisciplinar: Materiais, luz e som: modelos e propriedades**. 1º ed. São Paulo: Scipione., 2020.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Revista cultural La Laguna, Espanha, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acesso em: 22/2/2019.

MOREIRA, Marco Antônio, **Teorias de Aprendizagem**. – São Paulo: ed. EPU, 1999.
NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica 2**. 4ª edição - São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. F. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, Marco Antônio. **Pesquisa em Ensino: Aspectos Metodológicos e Referenciais Teóricos à Lua de Vê Epistemológico de Gowin**. São paulo: EPU, 1990.

MOREIRA, Marco Antônio. **Abandono da narrativa, ensino centrado no Aluno e Aprender a Aprender Criticamente**. REMPEC - Ensino, Saúde e Ambiente, v.4, n1, p.2-17, abril 2011. Disponível em:<<<https://doi.org/10.22409/resa2011.v4i1.a21094>>>. Acesso em 28/02/2022.

MOREIRA, Marco Antônio. **Unidade de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, p.1-22. Disponível em: << <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>>. Acesso em 06/06/2021.

Novo Telecurso Ensino Médio Física Aula 30 - O que é o som e como se propaga. Disponível em:<< https://www.youtube.com/watch?v=oskoavP36OE&list=PL_3eotnki0c1sG8JikTzt4WJuGJIygAYD&index=33&t=9s>>. Acesso em 29-out-19.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica 3**. 1ª edição - São Paulo: Edgard Blücher, 1997.

Phet Interactive Simulations. https://phet.colorado.edu/pt_BR. Acesso em: 16 de set. 2019.

VYGOTSKY, L. **Pensamento e linguagem**. 3.ed. São Paulo: M. Fontes, 1991.

SANTANA, Guilherme. **Ondas sonoras**. Todo Estudo. Disponível em: <<https://www.todoestudo.com.br/fisica/ondas-sonoras>>. Acesso em: 16/08/2021.

Proposta de sequência didática para Ensino de Oscilações e Ondas. Disponível em : <<<http://www.ufjf.br/profis/files/2017/01/Produto-Fabiana-Final.pdf>>>. Acesso em 15/10/2019 12:16.

Reflexão de ondas. Disponível em: <<https://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Ondas/reflexao.php>>. Acesso em 12/12/2020.

Sequência Didática para Ensino de Tópicos de Oscilações e Ondas. Disponível em : <<<http://www.infis.ufu.br/pgcem/api/pdf/1925492528.pdf>>>. Acesso em 13/10/2019 22:13.

VILLATORRE, Aparecida Magalhães; HIGA, Ivanilda; TYCHANOWICZ, Silmara Denise, **Didática e Avaliação em Física**. 1º. ed. Saraiva, 2009.

ANEXOS - ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NA UEPS

Aluno (a): _____ . 2º Ano, Turma: ____

ATIVIDADE 01 – INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE ONDAS SONORAS E ELETROMAGNÉTICAS ATRAVÉS DO CONHECIMENTO DO DIA-A-DIA DOS ALUNOS E EXIBIÇÃO DE DOIS VÍDEOS SOBRE ONDAS

O professor vai iniciar uma roda de conversa com os alunos perguntando se eles já ouviram falar sobre ondas, depois de uns 5 minutos de discussão, os alunos iram assistir dois vídeos (os links dos vídeos estão na referência), um sobre Ondas sonoras e o outro sobre Ondas Eletromagnéticas. Logo após essa exibição o professor vai lançar quatro perguntas, e cada grupo vai ter que responder a perguntar ou passar para o outro grupo.

QUESTIONÁRIO DE DISCUSSÃO

Marque com um X as questões corretas

1) A onda é:

matéria ou energia?

2) Das afirmações abaixo, qual ou quais estão corretas?

A. Se o som de astronautas na Lua fosse suficientemente intenso, poderia ser ouvido pelos habitantes da Terra.

B. Se uma luz produzida por astronautas na Lua fosse suficientemente intensa, poderia ser vista pelos habitantes da Terra.

3) “Pietro” é um mutante e corre dez vezes mais rápido que a velocidade do som no ar! “Flash” é também um super herói e corre na metade da velocidade da luz no vácuo. Se ambos fizessem uma corrida de 100 metros na Terra, quem ganharia?

“Flash”

“Pietro”

4) Durante um filme de faroeste (aqueles onde tem mocinhos, bandidos e cavalos), um “índio” que estava sendo perseguido fica agachado com o ouvido no solo escutando alguma coisa. Qual será o motivo de tal atitude?

REFERÊNCIAS

Novo Telecurso Ensino Médio Física Aula 30 - O que é o som e como se propaga.

Disponível

em:<<

https://www.youtube.com/watch?v=oskoavP36OE&list=PL_3eotnki0c1sG8JikTzt4WJuGJIygAYD&index=33&t=9s>>. Acesso em 29-out-19.

Eletromagnetismo - Espectro Eletromagnético. Disponível em:

<<<https://www.youtube.com/watch?v=-C2erXakQIQ>>>. Acesso em 29-out-19.

Aluno (a): _____ 2º Ano, Turma: _____

ATIVIDADE EXPERIMENTAL 02 – TELEFONE DE COPOS DE ISOPOR

Com este pequeno brinquedo, pode-se entender o fenômeno da transmissão do som através de corpos sólidos. O material será oferecido a cada grupo e eles serão convidados a fazer o brinquedo.

MATERIAIS UTILIZADOS:

- Copos de isopor de 300ml (pelo menos 2);
- Linha de pipa ou com resistência parecida (2 m a 5 m);
- Barbante nº8 (2 m a 5 m);
- Tesoura;
- Palitos de dente.

PROCEDIMENTOS

- O esquema da experiência é apresentado através da Figura 9.

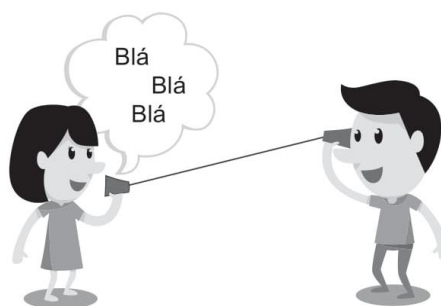


Figura 9 - Esquema da montagem do experimento o qual foi usado dois copos de isopor e um pedaço de linha de pipa (telefone om fio). Fonte: << <https://www.indagacao.com.br/2021/09/voce-ja-brincou-com-um-telefone-de-copos-o-brinquedo-e-composto-por-dois-copos-interligados-por-um-barbante-longo.html>>>.

Acesso em 01/01/2021.

Nessa atividade o fio estar ligado aos copos de isopor devem estar bem esticados, porque a partir desse procedimento consegue as vibrações e a pessoa pode escutar o que se fala do outro lado da corda, ou seja, no outro copo.

Com os copos de isopor, a linha e o palito de dente, deve-se fazer um pequeno furo na parte inferior de cada copo, o suficiente para passar a linha. Amarre-se um pedaço de palito de dente na linha para que ela fique presa no copo e não se solte. Enquanto um fala direcionado a um dos copos, o outro posiciona o copo no ouvido.

QUESTIONÁRIO DE DISCUSSÃO

- 1) Após ter confeccionado o experimento será que o som vai chegar até seu colega que vai estar do outro lado?
- 2) Se você segurar na linha com o dedo, o som vai chegar até o outro lado?
- 3) O principal método de comunicação utilizado pelas as pessoas é a comunicação oral. A todo segundo ouvimos sons, tais como: conversas entre pessoas, músicas, ruídos, gritos, entre outros. A emissão da voz é um fenômeno que comporta grandes variações. Além das consideráveis diferenças de uma pessoa para a outra, a voz se apresenta em um mesmo

indivíduo de diferentes formas (HUCHE E ALLALI, 1999). Como a fala de uma pessoa é conduzida até a outra?

4) Quanto mais denso é o meio maior ou menor é a propagação do som?

5) O que você compreende que seja uma onda mecânica?

6) O telefone com fio e o smartphone (celular) tem o mesmo princípio de funcionamento?

7) (ENCCEJA 2020) - Você já brincou com um "telefone de copos"? O brinquedo é composto por dois copos interligados por um barbante longo. Ao esticar completamente o barbante, o que se fala em um dos copos é ouvido no outro. Repare que se faz necessário um meio material para propagação do som. Como se explica a comunicação nesse brinquedo?

A) Ondas eletromagnéticas emitidas pela fala de um dos interlocutores propagam-se pelo barbante e chegam ao segundo copo.

B) Ondas eletromagnéticas emitidas pela fala de um dos interlocutores propagam-se pelo ar e chegam ao segundo copo.

C) Vibrações emitidas pela fala de um dos interlocutores propagam-se pelo barbante e chegam ao segundo copo.

D) Vibrações emitidas pela fala de um dos interlocutores propagam-se pelo ar e chegam ao segundo copo.

REFERÊNCIA

AVELINO, Karla Cristina, **Sequência Didática Investigativa para o Ensino de ondas Sonoras**. Disponível em: <<file:///C:/Users/weude/Downloads/Karla-Cristina-Avelino.pdf>>. Acesso em 14/10/201

Aluno (a): _____ 2° Ano, Turma: _____

ATIVIDADE EXPERIMENTAL 03 – ANALISANDO AS ONDAS

Essa atividade é dividida em dois momentos:

1° Momento: Socializando com os experimentos virtuais e realizando algumas instruções;
(50 min)

2° Momento: Discussões e aplicações dos experimentos virtuais usando o questionário de discussão.
(50 min)

1. Material

Acessar a hiperlink do Phet Colorado, do experimento de Ondas: na água, no som e na luz. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_pt_BR.html>>.



Figura 10 - Ondas: Intro Fonte: << https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_pt_BR.html>>. Acesso em 13/01/2021.

2.Procedimentos:

PARTE 01 – ONDAS NA SUPERFÍCIE DA ÁGUA

MODO PULSO:

2.1 Acessar a hiperlink do Phet Colorado, do experimento de Ondas na água (na figura 10), na parte inferior esquerda, selecione as opções pulso (pulse), vista superior, e normal, em seguida selecione a opção de gráfico [que permite ver o gráfico da amplitude (do nível da água) em função da posição], regule a frequência e amplitude para o valor médio como na figura 11, nesse sequência, aperte o botão verde para iniciar , e observe o fenômeno da propagação de um pulso (de uma gota d'água) que cai na “superfície” da água.

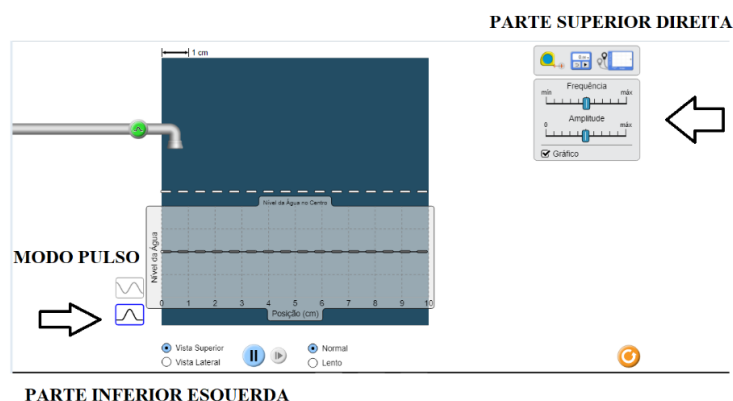


Figura 11 - Pulso de uma gota d'água. Fonte: << https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_pt_BR.html>>. Acesso em 13/01/2021.

2.2 Sabendo que a intensidade de uma onda diz respeito a quantidade de energia que ela transmite, essa propriedade está relacionada à amplitude dessa onda. Já a velocidade de uma onda depende do meio, e a frequência depende da fonte emissora da onda. Porém, a frequência e o comprimento de onda são grandezas inversamente proporcionais, ou seja, se abaixa a frequência, aumenta o comprimento de onda, e vice-versa. Nesta parte faça algumas explorações mudando o valor da amplitude e da frequência. Aperte o botão verde para criar um pulso, para cada experimento virtual a seguir. Mude o a frequência para o valor mínimo e permaneça o valor da amplitude em médio, em seguida para o mínimo e depois para o máximo, sempre observando o comportamento da onda na superfície da água e no gráfico. Repita esse experimento para os valores da frequência média e máxima.

MODO ONDA

2.3 Selecione as opções onda , vista lateral e modo lento (está na parte inferior esquerda) como na figura 12. observe que na parte superior esquerda, as gotas d'água estão caindo com uma certa frequência fixa. Nesta parte do experimento virtual faça algumas explorações mudando o valor da amplitude e da frequência. Aperte o botão verde para criar uma onda na superfície da água, para cada experimento virtual a seguir. Mude o a frequência para o valor mínimo e permaneça o valor da amplitude em médio, em seguida para o mínimo e depois para o máximo, sempre observando o comportamento da onda na superfície da água e no gráfico. Repita esse experimento para os valores da frequência média e máxima.

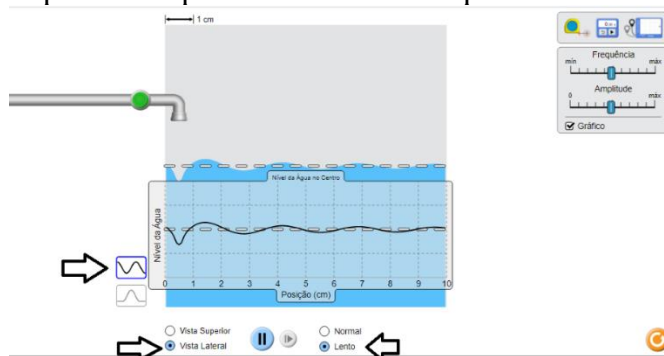


Figura 12 - Propagação de uma onda na água Fonte: << https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_pt_BR.html>>.

Acesso em 13/01/2021.

PARTE 02 – ONDAS SONORAS (Ondas de pressão)

MODO PULSO:

2.4 Acessar a hiperfímia do Phet Colorado, do experimento de Ondas Sonoras (na figura 10). Selecione as opções pulso (pulse) (está na parte inferior esquerda), vista lateral, e lento, na parte superior direita, selecione ondas, em seguida selecione a opo de gráfico (que permite ver o gráfico da pressão em funo da posio), regule a frequência e amplitude para o valor médio como na figura 13, em seguida aperte o botão verde para iniciar, e observe o fenômeno da propagao de um pulso sonoro gerado por um auto-falante.

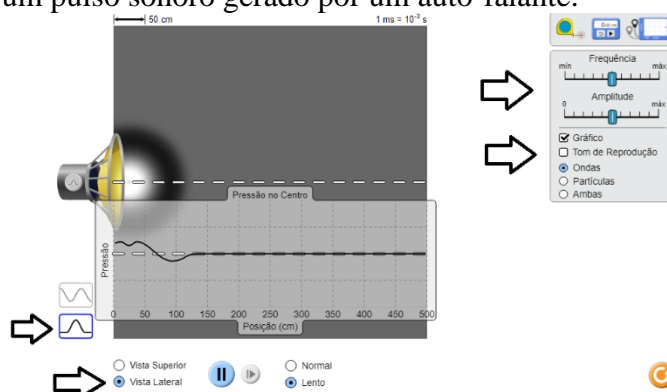


Figura 13 - Propagao de um pulso sonoro gerado por um alto-falante Fonte:<<

https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_pt_BR.html>>. Acesso em 13/01/2021.

2.5 Nesta parte faça algumas exploraes mudando o valor da amplitude e da frequência. Aperte o botão verde para criar um pulso, para cada experimento virtual [faça para onda, partículas e ambas (parte superior direita)] a seguir. Mude a frequência para o valor mínimo e permaneça o valor da amplitude em médio, em seguida para o mínimo e depois para o máximo, sempre observando o gráfico e o comportamento da propagao de um pulso sonoro gerado por um alto-falante. Repita esse experimento para os valores da frequência média e máxima.

MODO ONDA:

2.6 Selecione as opes onda , vista lateral e modo lento (está na parte inferior esquerda), na parte superior direita, selecione ondas, regule a frequência e amplitude para o valor médio, e tom de reproduo (para escutar o som), como na figura 14. observe que na parte superior esquerda, observe a formao de ondas sonoras, quando o autofalante oscila harmonicamente (senoidalou cosenoil) com uma frequência definida. Em seguida aperte o botão verde para iniciar , e observe o fenômeno da propagao da onda sonora gerada pelo alto-falante.

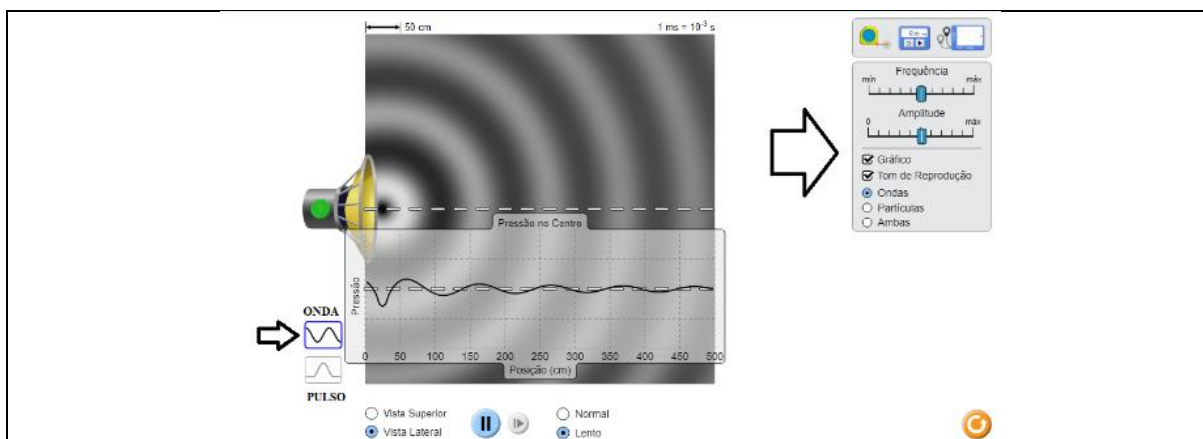


Figura 14 - Propagação de uma onda sonora, gerado por um alto-falante. Fonte: << https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_pt_BR.html>>. Acesso em 13/01/2021.

2.7 Sabendo que uma onda sonora é uma onda mecânica, longitudinal e se propaga em meios materiais (sólido, líquido e gasoso, onde sua velocidade aumenta com a densidade ($v_{\text{SÓLIDO}} > v_{\text{LÍQUIDO}} > v_{\text{GASOSO}}$), onde a intensidade está relacionada com a energia transportada. Ou seja, quanto maior for a intensidade sonora maior vai ser a amplitude da onda. Já a altura do som, está relacionada com a frequência, menor frequência, o som é grave, logo o som é baixo. Porém, maior frequência, o som é agudo, logo o som é alto. Nesta parte faça algumas explorações mudando o valor da amplitude e da frequência. Aperte o botão verde para criar uma onda, para cada experimento virtual [faça para onda, partículas e ambas (parte superior direita)] a seguir. Mude o a frequência para o valor mínimo e permaneça o valor da amplitude em médio, em seguida para o mínimo e depois para o máximo, sempre observando, o gráfico e o comportamento da propagação de um pulso sonoro gerado por um auto-falante. Repita esse experimento para os valores da frequência média e máxima.

PARTE 03 – ONDAS LUMINOSA

MODO PULSO:

2.8 Acessar a hiperímia do Phet Colorado, do experimento de Onda Luminosa (na figura 10). Selecione as opções pulso (pulse) (está na parte inferior esquerda), vista lateral, e lento, na parte superior direita, em seguida selecione a opção de tela, de efeito sonoro, e de gráfico (que permite ver o gráfico do campo elétrico em função da posição), regule a frequência e amplitude para o valor médio como na figura 15, e coloque o aparelho nas posições indicada, para observar o gráfico do campo elétrico em função do tempo, em seguida aperte o botão verde para iniciar, e observe o fenômeno da propagação de um pulso de uma onda luminosa.

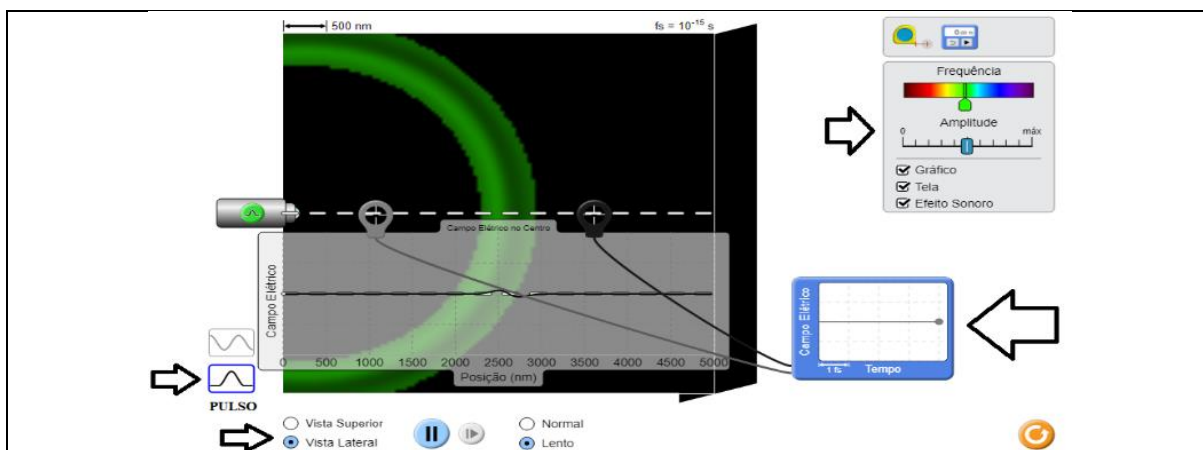


Figura 15 - Propagação de um pulso de uma onda luminosa. Fonte::<<

https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_pt_BR.html>>. Acesso em 13/01/2021.

2.9 As ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo com a velocidade da luz. Essas ondas transmitem momento e energia para longe da fonte. É importante lembrar que as ondas eletromagnéticas se diferenciam por suas frequências e comprimentos de onda, e a interação dessas ondas com a matéria depende da frequência das ondas e da estrutura atômica e molecular da matéria. A forma mais simples de ondas eletromagnéticas corresponde ao espectro eletromagnético que nossos olhos podem ver. A luz é produzida pela recombinação de objetos quentes (como o filamento de uma lâmpada) e elétrons em átomos e moléculas. Os comprimentos de onda da luz visível são classificados de acordo com a cor, do violeta com comprimentos de onda $\lambda = 4 \cdot 10^{-7}$ m ao vermelho com comprimentos de onda $\lambda = 7 \cdot 10^{-7}$ m. Portanto, a sensibilidade do olho é uma função do comprimento de onda e é maximizada no comprimento de onda $\lambda = 5,5 \cdot 10^{-7}$ m (amarelo-verde). A visão é o resultado de sinais transmitidos ao cérebro por dois elementos presentes na retina: cones e bastonetes. Nesta parte faça algumas explorações mudando o valor da amplitude e da frequência. Aperte o botão verde para criar um pulso, para cada experimento virtual a seguir. Mude o a frequência para valor mínimo (cor vermelha) e permaneça o valor da amplitude em médio, em seguida para o mínimo e depois para o máximo, sempre observando, o gráfico e o comportamento da propagação de um pulso de uma onda luminosa. Repita esse experimento para os valores da frequência média (cor verde) e máxima (cor violeta).

MODO ONDA:

2.10 Selecione as opções onda, vista superior e modo normal, na parte inferior esquerda, na parte superior direita, em seguida selecione a opção de tela, de efeito sonoro, e de gráfico (que permite ver o gráfico do campo elétrico em função da posição), regule a frequência para o valor mínimo (cor vermelha) e amplitude para o valor médio como na figura 16, e coloque o aparelho nas posições indicada, para observar o gráfico do campo elétrico em função do tempo. Em seguida aperte o botão verde para iniciar, e observe o fenômeno da propagação da onda luminosa gerada pelo aparelho.

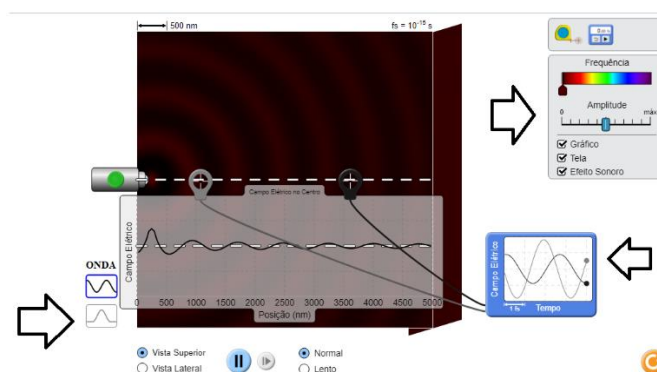


Figura 16 - Propagação de uma onda luminosa. Fonte: << https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_pt_BR.html>>. Acesso em 13/01/2021.

2.10 O Intervalo do espectro eletromagnético que o olho humano pode ver é chamado de luz visível, e seus comprimentos de onda se estendem entre 400 nanômetros e 700 nanômetros, então todas as imagens que vemos são a interpretação das ondas do cérebro. Refletido por objetos ao nosso redor. O olho humano é capaz de perceber essas frequências de luz graças a dois tipos especiais de células na parte de trás do olho: cones e bastonetes. Cones e bastonetes são células fotorreceptoras, ou seja, eles detectam sinais de luz. Enquanto os bastonetes são responsáveis por sentir o movimento e formar imagens em preto e branco (como quando tentamos ver no escuro), os cones nos fornecem a visão de cores. Existem três tipos de células cone no olho humano, cada uma das quais pode perceber uma das seguintes cores: vermelho, verde ou azul.

As cores que enxergamos não passam de fenômenos fisiológicos que dependem da captação de luz e da sua interpretação pelo cérebro. Além disso, a proporção entre cada uma das frequências de vermelho, verde e azul é capaz de produzir todos os tons que conhecemos. Quando emitidas juntas, essas três cores produzem a luz branca, que não se trata de uma cor, mas de uma superposição das frequências visíveis.

Em ordem crescente de frequências (na figura 17), as cores do espectro visível são: vermelho, laranja, amarelo, verde, ciano, azul e violeta.

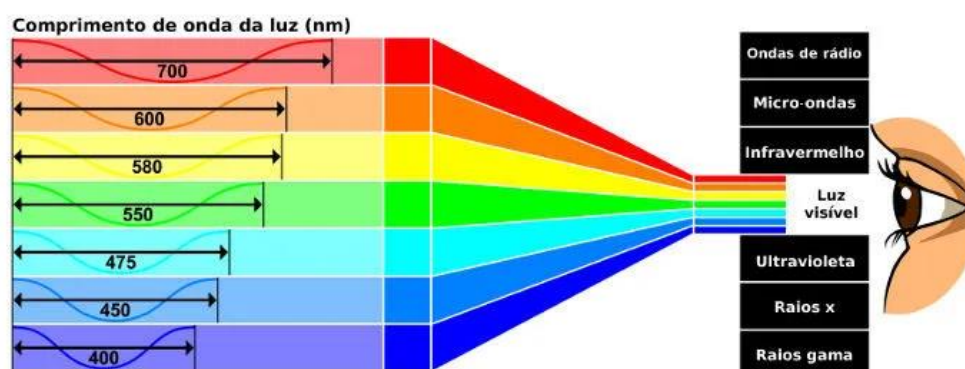


Figura 17 - Espectro da luz. Fonte: << [Nesta parte faça algumas explorações mudando o valor da amplitude e da frequência. Aperte o botão verde para criar uma onda luminosa, para cada experimento virtual a seguir. Mude o a frequência para valor mínimo \(cor vermelha\) e permaneça o valor da amplitude em](https://brasilecola.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm#:~:text=Em%20ordem%20crescente%20de%20frequ%C3%A2ncias%20as%20cores%20do%20espectro%20vis%C3%ADvel,de%20frequ%C3%A2ncia%20do%20espectro%20eletromagn%C3%A9tico.>>. Acesso em 01/02/2021.</p>
</div>
<div data-bbox=)

mínimo, em seguida para o máximo e depois para o máximo, sempre observando, o gráfico e o comportamento da propagação de uma onda luminosa. Repita esse experimento para os valores da frequência para as laranja, amarelo, verde, ciano, azul e violeta.

QUESTIONÁRIO DE DISCUSSÃO

ONDA NA SUPERFÍCIE DA ÁGUA

- 1) Observe o comportamento do comprimento de onda nas frequências mínima, média (central) e máxima. Quando a frequência aumenta, o que ocorre com o comprimento de onda?
- 2) A onda na superfície da água é transversal ou longitudinal?

ONDA SONORA

- 3) Na opção onda, baseado nas observações, uma onda sonora é uma onda transversal ou longitudinal? Na opção partícula, é uma onda transversal ou longitudinal?
- 4) Na opção onda, quando você aumenta a amplitude a intensidade do som aumenta (fica mais forte) ou diminui?
- 5) Na opção partículas, quando você aumenta a amplitude a amplitude de oscilação das partículas aumenta ou diminui?
- 6) Na opção onda, Quando você aumenta a frequência o som fica mais grave ou mais agudo?
- 7) Na opção partículas, em que direção a onda está se propagando em comparação com a perturbação, perpendicular ou paralela?
- 8) Na opção onda, as zonas escuras correspondem a zonas de pressão superior ou inferior à pressão normal? . Estas zonas são zonas de compressão ou rarefação? (dica observe o gráfico)
- 9) Na opção onda, as zonas claras corresponde a zonas de pressão superior ou inferior à pressão normal, Estas zonas são zonas de compressão ou rarefação? (dica observe o gráfico)
- 10) Na opção onda, quando se mede a distância entre duas zonas de alta pressão (“claras”) consecutivas ou, por exemplo, a distância entre duas zonas de baixa pressão (“escuras”) está se medindo o comprimento de onda (λ). Se aumentar a frequência do alto falante, o que acontece à distância entre duas “zonas escuras” ou duas “zonas claras”? E se a frequência diminuir, o que ocorre?
- 11) Na opção onda, coloque o aparelho em dois pontos diferentes (na figura 18), um próximo e outro mais distante do alto-falante. Em qual dos pontos o período da oscilação da pressão (T) é maior? Os períodos são iguais ou dependem da posição do sensor?

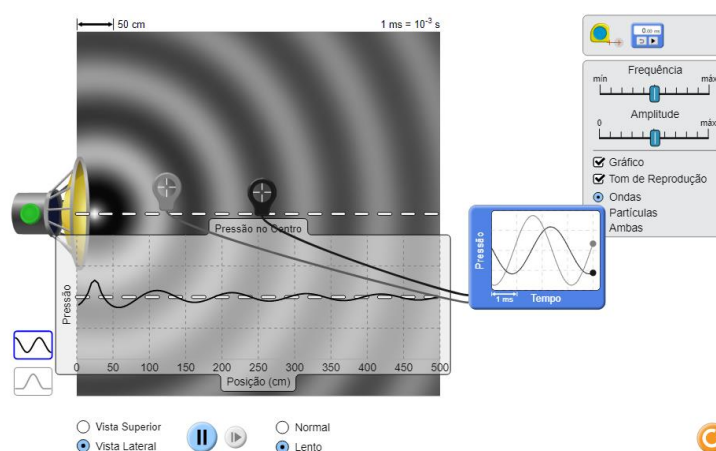


Figura 18 - Analisando a pressão de uma onda, gerado por um Alto-falante. Fonte: << https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_pt_BR.html>>. Acesso em 13/01/2021.

11) Utilizando as ferramentas disponíveis no simulador, encontre uma maneira de medir a frequência (f) do alto-falante. Para um determinado valor de f meça o comprimento de onda (λ) e calcule a velocidade da onda ($v = \lambda \cdot f$).

ONDA LUMINOSA

12) Uma onda luminosa é uma onda transversal ou longitudinal?

13) Aumentando a amplitude aumenta ou diminui a intensidade da onda luminosa?

14) Aumentando a frequência, o comprimento de onda aumenta ou diminui na onda luminosa? E se diminuir a frequência, o comprimento de onda aumenta ou diminui?

15) Sabendo que o comprimento de onda da luz visível (vermelho, laranja, amarelo, verde, ciano, azul e violeta) encontra registrada na figura 17. E considerando a velocidade da luz $c = 3 \cdot 10^8$ m/s, calcule a frequências de onda dessas cores.

3. Referência

CATUNDA, Toma. **Roteiro PhET – Onda**. Disponível em: <<https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5747732/mod_resource/content/1/Roteiro%20ONDAS%20PHET%20tomaz.pdf>>. Acesso em 24/02/2021.

HELERBROCK, Rafael. **Espectro eletromagnético**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm#:~:text=Em%20ordem%20crescente%20de%20frequ%C3%Aancias%20as%20cores%20do%20espectro%20vis%C3%ADvel,de%20frequ%C3%Aancias%20do%20espectro%20eletromagn%C3%A9tico.>>. Acesso em 24/02/2021.

UNIVERSIDADE DO COLORADO (Org.). **Simulações Interativas PhET**. Disponível em: < https://phet.colorado.edu/pt_BR/>>. Acesso em: 21/02/2021.

Aluno (a): _____ 2º Ano, Turma: _____

ATIVIDADE 04 - EXPERIMENTO VIRTUAL DE SIMULAÇÃO DE ONDA EM UMA CORDA

1. Material

Acessar a hiperfórmula do Phet Colorado, do experimento de Ondas em uma corda. Disponível em: <<https://phet.colorado.edu/en/simulations/wave-on-a-string>>.

2.Procedimentos:

2.1 Selecione as opções **pulso** (pulse) (está na caixa do lado esquerdo superior) e **sem fim** (no end) (está do lado direito superior). Na parte inferior, ajuste a **amplitude** para 0,40cm, a **duração do pulso** 0,80s, o **amortecimento** (damping) em nenhum (none) e a tensão em média. Vai aparecer uma tela com uma corda em repouso, como mostrada na figura 19.

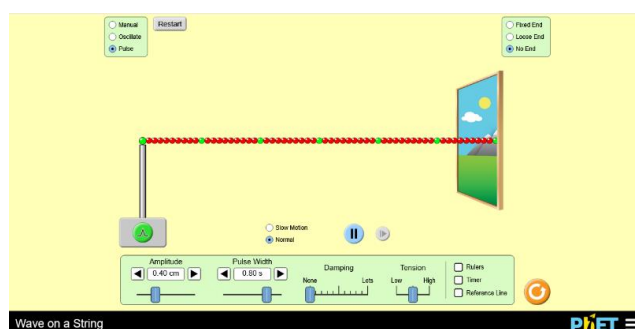


Figura 19 - Onda em uma corda. Fonte:<<https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_en.html>>. Acesso 10/11/2021.

2.2 Acione o botão verde e observe o comportamento do pulso. Mude, então, para o modo oscilador (está no lado esquerdo superior) e veja que, no lugar da duração do pulso agora aparece a frequência. Faça explorações mudando o valor da amplitude e da frequência. Observe o que acontece com o comprimento de onda quando aumenta a frequência.

2.3 Acione a régua e o cronômetro (no lado inferior direito). Mude a frequência para 0,8Hz e toque a visualização da onda para o modo lento como na figura 20.

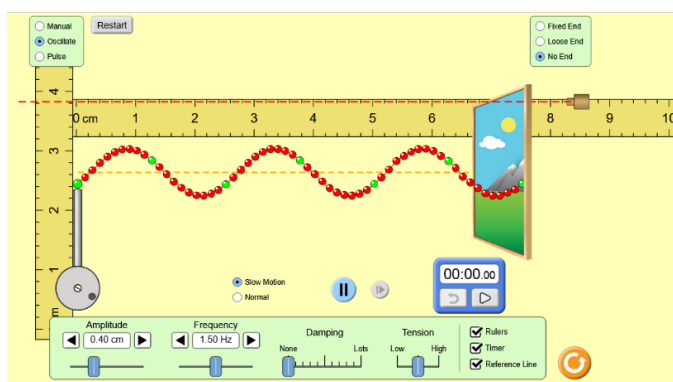


Figura 20 - Propagação de onda em uma corda Fonte:<<https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_en.html>>. Acesso 10/11/2021.

2.4 Meça com o cronometro o período (T) da Onda; Logo em seguida pela relação $f=1/T$ calcule a frequência e veja que o resultado é 1,50Hz.

2.5 Dê uma pausa na onda quando a bolinha verde inicial estiver na posição superior e, então. Meça o valor do comprimento de onda. Calcule a velocidade da onda produzida.

$$(v=\lambda.f)$$

2.6 Mude a frequência pela metade, e torne a medir o comprimento de onda. Você vai observar o mesmo valor da velocidade obtida anteriormente...

2.7 O valor da velocidade mudará se você alterar a tensão da corda. Verifique que realmente isso acontece.

2.8 Alterar a tensão da corda significa está mudando as características do meio no qual a onda estar se propagando. Em um meio com as mesmas características – como a tensão sua tensão e sua massa por unidade de comprimento - a velocidade é sempre a mesma, ainda que as frequências ou amplitudes sejam diferentes. Em uma piscina poderíamos alterar a velocidade de propagação da onda?

QUESTIONÁRIO DE DISCUSSÃO

1) Esta é uma onda transversal ou longitudinal? Em que direção a onda está viajando em comparação com a perturbação, perpendicular ou paralela?

2) (ENEM 2012) Em um dia de chuva muito forte, constatou-se uma goteira sobre o centro de uma piscina coberta, formando um padrão de ondas circulares. Nessa situação, observou-se que caíam duas gotas a cada segundo. A distância entre duas cristas consecutivas era de 25 cm e cada uma delas se aproximava da borda da piscina com velocidade de 1,0 m/s. Após algum tempo a chuva diminuiu e a goteira passou a cair uma vez por segundo. Com a diminuição da chuva, a distância entre as cristas e a velocidade de propagação da onda se tornaram, respectivamente,

- a) maior que 25 cm e maior que 1,0 m/s.
- b) maior que 25 cm e igual a 1,0 m/s.
- c) menor que 25 cm e menor que 1,0 m/s.
- d) menor que 25 cm e igual a 1,0 m/s.
- e) igual a 25 cm e igual a 1,0 m/s.

(A velocidade de propagação neste caso não é alterada, pois ela depende das condições do meio em que ela é propagada e isto não é modificado com a diminuição da chuva. O que ocorre é uma queda da frequência de duas gotas por segundo para uma por segundo. Como $v=\lambda f$, a queda da frequência provoca um aumento do comprimento de onda (distância entre duas cristas sucessivas), maior que 25 cm. Resposta é a letra “B”, maior que 25 cm e igual a 1,0 m/s.

ALUNO (A): _____ 2º ANO, TURMA: _____

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS 05 – ONDA NUMA CORDA

Onda é uma perturbação que transporta energia sem transportar matéria.

1) OBJETIVO

- Quantificar a propagação de ondas em cordas tensas.
- Entender a geração de fenômenos ondulatórios em cordas tensas;
- Entender a influência das características físicas das cordas nas ondas geradas;
- Entender a relação entre as variáveis que descrevem este fenômeno.

2) INTRODUÇÃO

Classificações da Onda

I) Segundo sua forma:

Longitudinal (na figura 21 - I): Quando a vibração da onda está no mesmo sentido da sua propagação. Exemplo: som;

Transversal (na figura 21 - II): Quando a vibração da onda está no sentido perpendicular à sua propagação. Exemplo: luz.

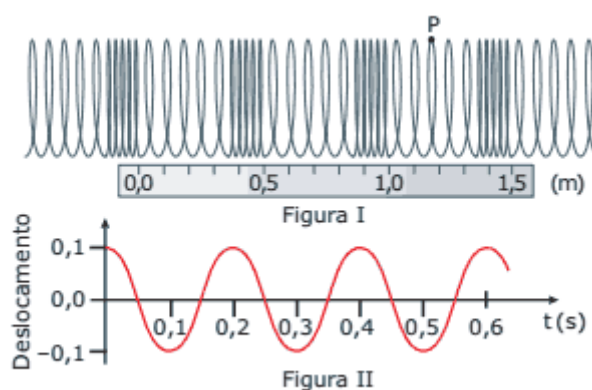


Figura 21 - Ondas Longitudinais (I) e Ondas Transversais (II). Fonte: <<
<https://exerciciosweb.com.br/fisica/exercicios-sobre-fisica-ondulatoria/>>>. Acesso 03/01/2021.

II) Segundo sua natureza:

- **Mecânica:** Necessita de um meio material para se propagar. Exemplo: som.
- **Eletromagnética:** Se propaga no vácuo e em meios materiais de forma transversal. Exemplo: luz.

Observação: Velocidade da luz no vácuo (c): $3 \cdot 10^8$ m/s.

III) Segundo a direção da propagação:

- **Unidimensional (1D):** quando a propagação é apenas em uma direção. Exemplo: onda em uma corda;
- **Bidimensional (2D):** quando a propagação é feita em duas direções. Exemplo: onda em uma superfície de água;
- **Tridimensional (3D):** quando a propagação é feita em três dimensões. Exemplo: ondas de luz.

IV) Propriedades

- **Frequência (f):** É o número de ciclos realizados por uma certa unidade de tempo;
- **Período (T):** É o intervalo de tempo para realizar um único ciclo.

Temos que:

$$f = \frac{1}{T}$$

V) Elementos de uma Onda Periódica (na figura 22)

Definições

- **Crista:** ponto mais alto da onda;
- **Vale:** ponto mais baixo da onda;
- **Amplitude (A):** é a distância entre o eixo de equilíbrio até a crista ou até o vale;
- **Comprimento de onda (λ):** é a distância entre o início de um ciclo de onda para outro, ou seja, é o equivalente à distância entre duas cristas ou dois vales.

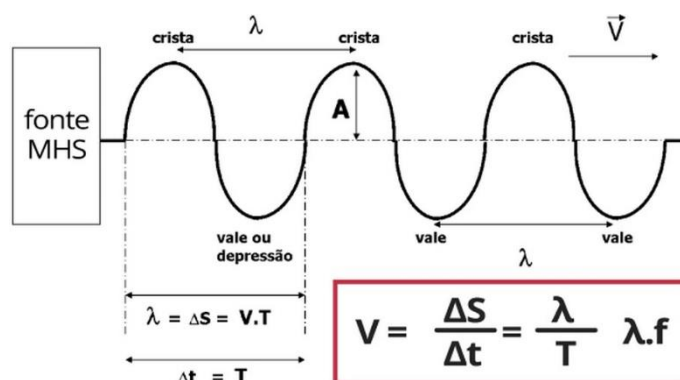


Figura 22 - Ondas Periódicas. Fonte: << <https://g1.globo.com/educacao/enem/2017/noticia/enem-2017-professores-listam-as-formulas-de-fisica-mais-importantes-para-a-prova.ghtml> >>. Acesso em 06/01/2021 (adaptada).

Velocidade de propagação da onda: $v = \frac{\lambda}{T}$ ou $v = \lambda \cdot f$

VI) Cordas

a) Reflexão na corda (na figura 23)

- Extremidade fixa: quando o pulso refletido é invertido;
- Extremidade livre: quando o pulso refletido não é invertido.

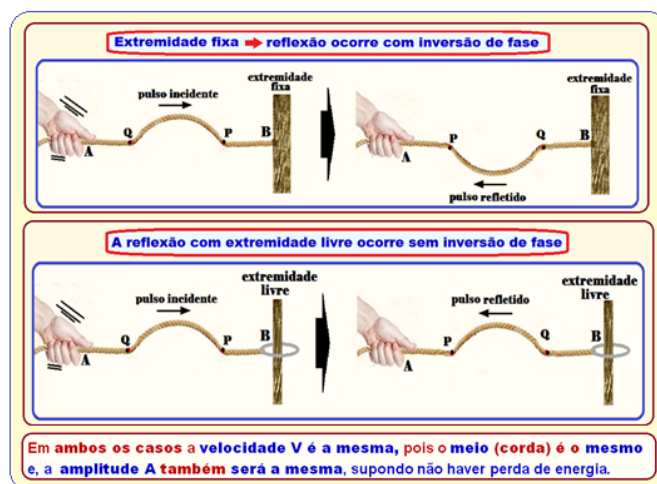


Figura 23 - Reflexão em cordas. Fonte: << <http://fisicaevestibular.com.br/novo/wp-content/uploads/universidades-2018/formulario/ondul03/ondul03.html> >>. Acesso em 23/01/2021.

b) Velocidade da onda em uma corda

A velocidade v de propagação de um pulso (meia onda) que se propaga numa corda esticada depende da intensidade da força (T) que a traciona e da densidade linear (μ), conforme a fórmula de Taylor:

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

A densidade linear (μ) é a relação entre a massa (m) e o comprimento (L) da corda: $= m/L$. Numa corda, a velocidade de propagação de uma onda é proporcional à raiz quadrada da tensão e inversamente proporcional à raiz quadrada da densidade. Ou seja, aumentando-se a tensão, aumenta-se a velocidade da propagação e aumentando-se a densidade da corda, a velocidade diminui.

Dessa fórmula podemos obter três conclusões a partir da observação dela: quanto maior o raio r de uma corda menor será a velocidade de propagação da onda na corda; quanto maior a força tensora F maior será a velocidade da onda; quanto maior a densidade absoluta μ menor será esta velocidade.

3) MATERIAIS UTILIZADOS

6 Cordas de 1 cm de diâmetro e 6 metros de comprimento;

6 Cordas de 0,6 cm de diâmetro e 6 metros de comprimento.

4) PROCEDIMENTOS

Os alunos ao realizar a experiência das ondas na corda variando a densidade, a tensão e a frequência, e iram observar mais de perto o comportamento das cordas.

Os alunos devem arrumar suas carteiras em forma de círculo dentro da sala de aula, para que todos possam observar as ondas. Depois cada grupo vai escolher um aluno para segurar a corda (criando um ponto fixo) e o outro aluno vai começar a gerar ondas com a corda pouco tensionada e os alunos de cada grupo devem para observarem o fenômeno. Aumente então a tensão na corda e repita o experimento. Depois troque por uma corda de densidade diferente e repita outra vez o fenômeno.

Em seguida, repita o experimento, porém, agora coloque a argola de metal (aquela usada em chaves) na extremidade da corda e com outra argola de encaixe na argola que está na corda, formando uma extremidade livre. E observe o que ocorre de diferente, no comportamento das cordas.

5) QUESTIONÁRIO DE DISCUSSÃO

1) O que faz com que as ondas geradas nas cordas sejam diferentes mesmo quando se aplica a mesma força em cada uma delas?

2) É possível gerar ondas iguais em cordas diferentes? Como?

3) Tem-se uma corda de massa 400g e de comprimento 2,5m, tracionada de 288N. Determine a velocidade de propagação de um pulso nessas condições.

4) Suponha uma corda de 10 m de comprimento e massa igual a 500 g. Uma força de intensidade 300 N a traciona, determine a velocidade de propagação de um pulso nessa corda.

GOMES, José Marcelo. **Propagação de ondas em cordas tensas**. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?pagina=espaco%2Fvisualizar_aula&aula=19534&secao=espaco&request_locale=es>. Acesso em 23/01/2021.

Aluno (a): _____ 2º Ano, Turma: _____

ATIVIDADE 06 – Produção de oscilações em cordas (linha N°10) com extremidade livre

Introdução: Considerando uma corda presa por um anel a uma haste idealizada, como na figura 24, portanto sem atrito. Ao atingir o anel, o movimento é continuado, embora não haja deslocamento no sentido do pulso, apenas no sentido perpendicular a este. Então o pulso é refletido em direção da aplicação, mas com sentido inverso. Como mostra a figura:

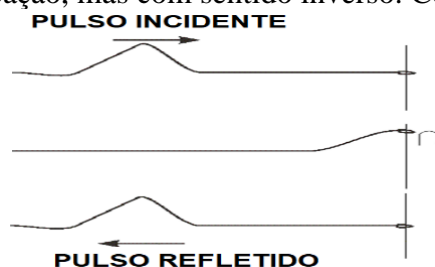


Figura 24 - Onda em uma corda com extremidade livre. Fonte: <<
<https://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Ondas/reflexao.php>>>. Acesso em 22/02/2021.

Para estes casos não há inversão de fase, já que o pulso refletido executa o mesmo movimento do pulso incidente, apenas com sentido contrário. É possível obter-se a extremidade livre, amarrando-se a corda a um barbante muito leve, flexível e inextensível.

O que faz a pipa voar?

Existe uma camada superior na forma convexa e uma inferior que pode ser côncava ou reta. Quando o ar passa mais rápido por cima, a pressão do ar na parte de cima é menor. Então a pressão na parte inferior empurra a **pipa** para cima, assim a **pipa voa**. Conforme o ângulo, o ar passar mais ou menos rápido na **pipa**.

Como a pipa se mantém no ar, mesmo sendo mais pesada que ele?

A pipa é feita de papéis finos e possui uma estrutura de varetas que dá forma a ela. Quando a pipa está em voo, ela interage com o vento; atuando como um defletor deste, e acaba o empurrando para baixo. Esta interação corresponde à força que o vento faz sobre a pipa, e à força que a pipa faz sobre o vento.

Assim, de acordo com a terceira lei de Newton - Ação e Reação, essas forças são iguais em magnitude, direção e direção. A magnitude dessas forças corresponde à mudança no momento da massa de ar desviada pelo vento, $F = \Delta Q / \Delta t$, de acordo com a segunda lei de Newton – Princípio fundamental da dinâmica. Ou seja, a força que o vento exerce sobre a pipa a mantém voando. Podemos pensar nisso como o resultado de dois componentes: vertical e horizontal. Se a força da pipa for maior que a da força da gravidade, a componente vertical levantará a pipa. Se forem iguais em força, atingirá a altura mais alta possível, de modo que permanecerá suspensa no ar. O componente horizontal, arrasta a pipa para longe quando o empinador solta linha, ou é equilibrada pela força da mão do empinador quando a linha é presa.

Para que serve o rabiola? Você já tentou empinar uma pipa tradicional sem cauda?

Ela pode ficar completamente fora de controle. A função da cauda é exatamente essa: gerar um peso em uma ponta da pipa que a mantenha em uma posição definida. Com uma cauda curta, a pipa será mais manobrável, mas menos estável. As pipas de cauda longa são mais estáveis, mas menos manobráveis.

MATERIAIS UTILIZADOS:

Linha nº10

Pipa média

Sacola plástica

Balança de precisão

Garrafa pet de 1 litro para amarrar a linha

PROCEDIMENTOS

Cada grupo receberá duas pipas, 2 carretéis de linha nº10, plástico para fazer rabiola da pipa, em seguida o grupo vai ser levado para um campo de futebol para empinar a pipa e deixar ela voando, nesse momento através de movimentos repetitivos na linha da pipa, de cima para baixo, ou de baixo para cima, ou da esquerda para direita, ou direita para esquerda, para produzir oscilações. Depois de observar os movimentos oscilatórios produzidos o grupo vai responder quatro perguntas abaixo.

Observações importante:

- A pipa está pronta para levantar voo, faça enfeites, respeitando a sua proporcionalidade, tudo que você colocar de um lado o outro também deverá ter;
- Se ao soltar sua pipa ela ficar dando cabeçada de um lado para outro, quer dizer que está faltando cauda ou rabiola, aumente até chegar ao seu tamanho ideal;
- Se estiver com dificuldades de subir e cair como uma pedra é sinal que está com muita cauda ou rabiola.

QUESTIONÁRIO DE DISCUSSÃO

1) O que é oscilação?

2) As oscilações produzidas nas linhas é percebida pela movimentação da pipa, o que tem em comum com a corrente elétrica alternada (é um tipo corrente, onde os elétrons realizam um movimento oscilatório em torno da mesma posição e, sem se propagam ao longo do condutor)?

3) O que é frequência de oscilação?

4) O que observa na pipa voando quando produz oscilações com a linha presa a ela? A pipa fica agitada ou não observa nada.

5) Calcule a massa e a densidade linear da linha da pipa [μ = massa da linha / comprimento da linha];

Referências

Acesso em 11/11/2019 00:12:51. **Por que as pipas voam?**. Disponível em:<<<https://brainly.com.br/tarefa/10552957>>>. Acesso em 10/11/19.

Reflexão de ondas. Disponível em:<<https://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Ondas/reflexao.php>>. Acesso em 10/11/19.

PINTA, Fabiana M.; OLIVEIRA, Aline F. de; FARIAS, Juliana C.; LOPES, Giovani R.; LIPINSKI, Beatriz B.; COSTA, Sueli do Rocio N. . **A Física nos brinquedos – Pipa.** Disponível em:<<file:///C:/Users/weude/Downloads/silo.tips_a-fisica-nos-brinquedos-pipa.pdf>>. Acesso 10/11/2019.

Aluno (a): _____ 2º Ano, Turma: _____

ATIVIDADE 07 – PRODUÇÃO DE UMA PARÓDIA (MÚSICA OU POESIA) SOBRE ONDAS

Introdução:

Segundo a Wikipédia, paródia é “uma releitura cômica de alguma composição literária ou musical, que frequentemente utiliza ironia e deboche”. Geralmente é semelhante ao original e quase sempre tem um significado diferente. A paródia nasce de uma nova interpretação, da recriação de obras existentes. Seu objetivo é adaptar o original a um novo contexto, mover as diferentes versões para um lado mais enxuto e usar o sucesso do original para entregar um pouco de alegria.

Procedimento:

Cada grupo na sala de informática vai fazer uma pequena pesquisa sobre poesias, músicas e paródias relacionada a ondas na internet, e em seguida o grupo irá elaborar uma música ou poesia sobre ondas (Mínimo 3 versos e 4 estrofes).

Após a elaboração da música ou poesia, o grupo vai entregar ao professor o texto contendo o trabalho, e deverá também escolher um dos membros para produzir um podcast (mp3) sobre essa produção.

Exemplo:

Cantiga

Nas ondas da praia
 Nas ondas do mar
 Quero ser feliz
 Quero me afogar.

Nas ondas da praia
 Quem vem me beijar?
 Quero a estrela-d'alva
 Rainha do mar.

Quero ser feliz
 Nas ondas do mar
 Quero esquecer tudo
 Quero descansar.

(Estrela da Manhã)
 Manuel Bandeira

Referência

PARÓDIA. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2020. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Par%C3%B3dia&oldid=59912200>>. Acesso em: 30 nov. 2020.

Aluno (a): _____ 2º Ano, Turma: _____

ATIVIDADE 08 – APRESENTAÇÃO DAS PARÓDIAS E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Introdução:

Nessa atividade vamos demonstrar o processo e os resultados de uma prática de ensino que utiliza a confecção de paródias ou poesias sobre ondas, realizada pelos alunos. Em que a apresentação do trabalho será utilizada como ferramenta de avaliação, promovendo a aproximação do aluno com o conteúdo abordado sobre ondas, de maneira mais agradável, incentivando-os à prática de pesquisa ao observar como as ondas fazem parte do nosso cotidiano.

Procedimento:

1º Momento: Os alunos vão entregar ao professor a produção da paródia ou poesia, a parte escrita e o arquivo do podcast no formato mp3;

2º Momento: Os alunos iram apresentar a produção de paródia sobre ondas;

3º Momento: O professor juntamente com os alunos irá fazer uma discussão sobre as aplicações dos estudos das ondas e seus impactos sociais;

4º Momento: Analisar junto com os alunos sobre a proposta da sequência didática sobre ondas, através multimeios, se atualizou, ampliou e trouxe para eles uma aprendizagem sobre ondas.