

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JULIANA SKARABOTO LIMA

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DA ACÚSTICA
NO ENSINO MÉDIO**

CAMPO MOURÃO

2021

JULIANA SKARABOTO LIMA

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DA ACÚSTICA
NO ENSINO MÉDIO**

A teaching sequence proposal for the study of acoustic in high school

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional do Ensino de Física – Polo 32, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Dr^a. Polônia Altoé Fusinato
Coorientador: Dr. Michel Corci Batista

CAMPO MOURÃO

2021



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

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor (es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



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



JULIANA SKARABOTO LIMA

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DA ACÚSTICA NO ENSINO
MÉDIO**

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

Data de aprovação: 24 de julho de 2021

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

Prof.a Josie Agatha Parrilha Da Silva, Doutorado - Universidade Estadual de Ponta Grossa (Uepg)

Prof Michel Corci Batista, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 05/08/2021.

Dedico esse trabalho à minha família, amigos, orientadores, enfim, para todos aqueles que direta ou indiretamente participaram desta construção.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar pela dádiva da vida e por ter permitido que realizasse esse sonho do mestrado com muita aprendizagem, perseverança e fé.

A minha orientadora Professora Doutora Polônia Altoé Fusinato, por sua paciência e empenho com que me orientou neste trabalho.

Ao meu Coorientador e amigo, o Professor Doutor Michel Corci Batista, por ser tão prestativo, paciente e por me corrigir quando necessário sem me desanimar.

A todos professores do Mestrado Profissional em Ensino de Física, por ministrar aulas maravilhosas, dinâmicas e ricas em conhecimento.

Em especial a minha família e amigos que me incentivaram a correr atrás desse sonho, me apoiaram e auxiliaram ao longo dos estudos e elaboração da dissertação.

Ao Colégio Estadual Marechal Costa e Silva e aos alunos do segundo ano do Ensino Médio por aceitarem fazer parte desta aplicação e investigação.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus de Campo Mourão pelas condições proporcionadas para a realização desse curso de mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, nosso agradecimento.

Meu muito obrigada a todos.

“Educar é semear com sabedoria e colher com paciência”.

CURY (2003, p. 9)

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma dissertação que foi realizada com base em uma pesquisa qualitativa. A prática pedagógica ocorreu mediante implementação de uma Sequência Didática para o Ensino de Física na etapa da Educação Básica referente ao Ensino Médio com o tema Uma proposta de Sequência Didática para o estudo de Acústica no Ensino Médio. O tema visa relacionar a Física com situações que o aluno vive diariamente correlacionando o que aprende no âmbito escolar a sua vida, levando-o a refletir, neste caso sobre as ações da Acústica no seu cotidiano. A concretização da proposta aconteceu em uma turma de 3º ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Marechal Costa e Silva – EMF, escola pública localizada em Cidade Gaúcha que se situa no noroeste do Estado do Paraná. As aulas ocorreram de forma remota e com a realização de aulas síncronas e assíncronas, utilizando meios tecnológicos de comunicação. Nas aulas observou-se a participação ativa da maioria dos alunos, que realizaram experimentos e atividades das quais foram compartilhadas em ambientes virtuais, através do registro de imagens. Com tal participação notou-se que os alunos desenvolveram gradativamente sua criticidade, analisando e realizando apontamentos sobre o meio ao qual se encontravam inseridos. A elaboração da Sequência Didática apoiou-se em fundamentos teóricos da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel, que toma como ponto de partida o conhecimento que o aluno já possui para iniciar o processo de ensino-aprendizagem, traçando estratégias e novas informações que ampliam o conhecimento. Em síntese observou-se que os alunos conseguiram estabelecer relações importantes sobre os conceitos de Acústica e suas atividades diárias o que comprova que, o desenvolvimento e execução da presente Sequência Didática auxilia a aprendizagem dos conteúdos supracitados.

Palavras-chave: acústica; ensino médio; aprendizagem significativa.

ABSTRACT

The present work presents a dissertation that was carried out based on a qualitative research. The pedagogical practice occurred through the implementation of a Didactic Sequence for the teaching of Physics in the stage of basic education related to High School with the theme A proposal for a didactic sequence for the study of Acoustics in High School. The theme aims to relate Physics with situations that the student lives on a daily basis, correlating what he learns in the school environment with his life, leading him to reflect, in this case, on the actions of Acoustics in his daily life. The implementation of the proposal took place in a 3rd year high school class at Colégio Estadual Marechal Costa e Silva – EMF, a public school located in Cidade Gaúcha, located in the northwest of the State of Paraná. The classes took place remotely and with synchronous and asynchronous classes, using technological means of communication. In the classes, the active participation of most students was observed, who performed experiments and activities which were shared in virtual environments, through the recording of images. With such participation, it was noticed that the students gradually developed their criticality, analyzing and making notes about the environment in which they were inserted. The elaboration of the Didactic Sequence was based on theoretical foundations of Meaningful Learning by David Paul Ausubel, which takes as a starting point the knowledge that the student already has to start the teaching-learning process, outlining strategies and new information that expand knowledge. In summary, it was observed that the students were able to establish important relationships about the concepts of Acoustics and their daily activities, which proves that the development and execution of this Didactic Sequence helps the learning of the aforementioned contents.

Keywords: acoustics; high school; meaningful learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Pulso de onda.....	14
Figura 2	Onda em corda.....	15
Figura 3	Amplitude (A); Velocidade de propagação da onda (V1;V2;V3); Comprimento de Onda λ	16
Figura 4	Pulso, trem de ondas.....	16
Figura 5	Cordas de um violão.....	17
Figura 6	Propagação de ondas mecânicas.....	18
Figura 7	Espectro Eletromagnético.....	19
Figura 8	Ondas eletromagnéticas.....	19
Figura 9	Ondas transversais em corda.....	20
Figura 10	Ondas transversais em mola.....	21
Figura 11	Ondas Transversais e Longitudinais.....	22
Figura 12	Ondas Longitudinais.....	22
Figura 13	Comprimento de Onda, Amplitude, Frequência, Alta e Baixa Frequência.....	24
Figura 14	Alta e Baixa Frequência, Período.....	24
Figura 15	Uma onda se propaga ao longo do eixo X, com comprimento λ , velocidade V, e período de vibração T.....	26
Figura 16	Som sendo captado pelo ouvido humano.....	27
Figura 17	Teatro grego.....	28
Figura 18	Os objetos materiais, ao vibrarem, produzem ondas que, ao alcançarem nossa orelha, provocam sensações sonoras.....	31
Figura 19	Espectro audível ao ser humano.....	32
Figura 20	Frequência audíveis a animais.....	33
Figura 21	O ouvido humano costuma ser dividido em três partes: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno.....	35
Gráfico 1	Gráfico apresentando em porcentagem as respostas dos alunos no exercício 1.....	62
Gráfico 2	Gráfico apresentando em porcentagem as respostas dos alunos no exercício 2.....	62

Gráfico 3	Gráfico apresentando em porcentagem as respostas dos alunos no exercício 3.....	63
Imagem 1	Mapa mental realizado pela aluna N22.....	54
Imagem 2	Mapa mental realizado de forma coletiva, apresentado pela aluna N15.....	59
Imagem 3	Respostas do aluno N22, enviada por imagem na plataforma <i>Classroom</i>.....	66
Imagem 4	Respostas do aluno N11 enviada por imagem na plataforma <i>Classroom</i>.....	67
Imagem 5	Imagem enviada pelo aluno N5 referente à sua experimentação com o sal de cozinha.....	68
Imagem 6	Imagem enviada pelo aluno N6 contendo as respostas referentes ao experimento.....	69
Imagem 7	Imagem enviada pelo aluno N15 contendo a imagem inicial e a imagem final demonstrando o que ocorre com a interferência do Som.....	69
Imagem 8	Imagem enviada pelo aluno N29, apresentando s respostas relativas ao estudo referente à reflexão do Som.....	74
Quadro 1	Organização da Sequência Didática em Acústica.....	53
Quadro 2	Organização do Questionário Inicial.....	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA ONDULATÓRIA.....	14
2.1	Natureza da Onda.....	17
2.1.1	Ondas Mecânicas.....	17
2.1.2	Ondas Eletromagnéticas.....	18
2.1.3	Formas das Ondas.....	20
2.1.4	Ondas Transversais.....	20
2.1.5	Ondas Longitudinais.....	21
2.1.6	Ondas Mistas.....	23
2.1.7	Características fundamentais de uma onda.....	23
3	UMA SÍNTESE HISTÓRICA DA ACÚSTICA	27
3.1	Introdução ao Estudo do Som.....	30
3.1.1	Como Ouvimos um Som (limite audível)	32
3.1.2	A Fala Humana.....	34
3.1.3	O Ouvido Humano.....	34
3.1.4	Velocidade de Propagação do Som.....	35
3.1.5	Qualidades Fisiológicas do Som.....	36
3.1.6	A Altura.....	36
3.1.7	Intensidade do Som.....	36
3.1.8	Timbre.....	37
3.2	Reflexão do Som.....	37
3.2.1	Refração do Som.....	38
3.2.2	Difração do Som.....	38
3.2.3	Interferência do Som.....	39
3.2.4	Ressonância.....	39
3.3	A Contribuição de Ausubel para Educação.....	40
3.3.1	Mapas mentais e o processo de aprendizagem.....	43
4	ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO.....	45
4.1	Proposta de Ensino apresentada como Produto Educacional.....	48
4.2	A Sequência Didática.....	49
4.3	Avaliação e sua Importância no Processo de Ensino.....	50

5	RELATOS DA EXPERIÊNCIA E ANÁLISE DOS DADOS.....	52
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
	REFERÊNCIAS.....	80
	APÊNDICES.....	85
	APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO INICIAL.....	86
	APÊNDICE B: PRODUTO EDUCACIONAL.....	89

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos de experiência na docência nasceu uma inquietude em busca de novas metodologias, para tentar solucionar os desafios que a disciplina de Física nos proporciona. Assim, surge a vontade de trabalhar com uma Sequência Didática no Ensino de Física (Acústica) baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Atualmente na Educação Básica o Ensino de Física acontece como discorre Moreira (2018), apenas para treinar os alunos para serem aprovados em vestibulares, ou seja, os alunos precisam apenas marcar a alternativa correta, ainda que eles não compreendam o fenômeno. De acordo com o mesmo autor, essa é a forma de ensino tradicional, em que a aula é respaldada em memorização de expressões para a resolução de exercícios.

Moreira (2018) também assinala que a Física não é ensinada de maneira interdisciplinar, e deixa de levar em conta que os alunos possuem conhecimentos prévios sobre o tema em discussão. Batista *et al.* (2018) enfatizam que, o que se observa nos diferentes contextos escolares da Educação Básica é a falta de entrosamento entre os conhecimentos, apresentando assim a fragmentação entre as diferentes disciplinas escolares, bem como entre os próprios profissionais da educação atuantes na escola.

Para Ausubel (1963, p. 58), “a Aprendizagem Significativa é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento”.

O tema para desenvolvimento do produto educacional escolhido é a Acústica, sendo um conteúdo de ondulatória voltado ao estudo do Som, com seus fenômenos e qualidades fisiológicas que está presente na vida de todos os seres vivos.

A Acústica é um tema da Física pouco trabalhada no Ensino Médio de forma aprofundada e contextualizada, pois muitas vezes o professor da disciplina não tem formação na área de Física, ou ainda, a carga horária de aulas semanais disponíveis para aulas de Física impossibilita a explanação de conteúdos da referida matéria de forma mais ampla o que afeta significativamente o contexto científico e social da disciplina.

O produto foi desenvolvido de forma qualitativa a partir dos conhecimentos já adquiridos pelos discentes. Moreira (2016) discorre que, investigar é produzir

conhecimentos através de uma busca de respostas para determinadas questões-foco, sobre certo fenômeno de interesse, dentro de um marco teórico, metodológico e epistemológico coerente e consistente.

O presente trabalho tem como finalidade estudar um tema muito significativo e presente em nosso cotidiano, mas, pouco abordado em sala de aula do Ensino Médio. Nesta perspectiva o intuito é o ensino da Acústica, este tema será explanado com atividades como: textos, questionários, vídeos e experimentos, deixando o aluno à vontade e sendo um protagonista durante as aulas, permitindo a este uma efetiva assimilação do conteúdo. Partindo de reflexões mediante o trabalho realizado, para o estudo da Acústica no Ensino Médio, tomando como base a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Organizou-se o presente trabalho em forma de capítulos, sendo que o primeiro, seguindo as orientações da Sociedade Brasileira de Física simultaneamente com a coordenação geral do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física consiste em abordar os conceitos teóricos básicos sobre o tema escolhido.

No segundo capítulo, apresenta-se a fundamentação teórica, relacionando a Acústica, a Ondulatória e o estudo do Som, englobando o pensamento de Ausubel para organização do trabalho. O capítulo três relata os encaminhamentos metodológicos que mantiveram nossa pesquisa, bem como as estratégias e técnicas para a coleta e análise dos dados concretizados. O capítulo quatro constitui-se da análise e discussão dos resultados encontrados com a efetivação da Sequência Didática.

Finalmente, apresenta-se as considerações finais do trabalho, as referências utilizadas no mesmo e os apêndices, da qual a proposta de ensino efetivada compõe-se na íntegra como um dos apêndices.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA ONDULATÓRIA

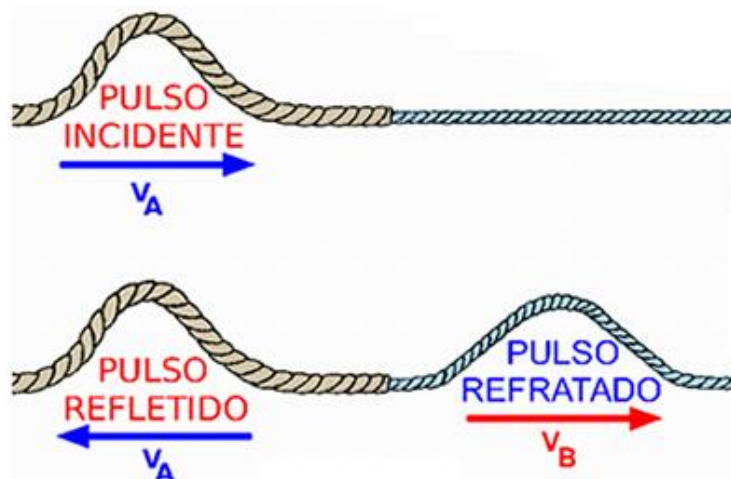
O presente trabalho objetiva estudar um tema muito significativo e presente em nosso cotidiano, mas, pouco abordado em sala de aula do Ensino Médio. O tema escolhido foi a Acústica, que será explanado com atividades como: textos, questionários, vídeos e experimentos, deixando o aluno à vontade e sendo um protagonista durante as aulas, permitindo a este uma efetiva assimilação do conteúdo.

Trata-se do tema Acústica, intensamente presente no campo das comunicações neste século XXI, porém iniciaremos primeiramente uma síntese dos conceitos básicos da Ondulatória para que possamos melhor compreender os conceitos presentes em uma onda sonora, parte que integra nosso trabalho no campo da Acústica.

As ondas são perturbações que se propagam no espaço ou em meios materiais transportando energia. Elas são classificadas em relação à natureza, à direção e à energia de propagação. Elas podem necessitar ou não de um meio de propagação. Na natureza, encontramos uma infinidade de movimentos oscilatórios. A nossa audição, a nossa visão, e também nossa fala, são frutos de fenômenos oscilatórios. De um modo geral, as oscilações são caracterizadas pelo movimento de vaivém de um ponto em relação a uma posição de equilíbrio.

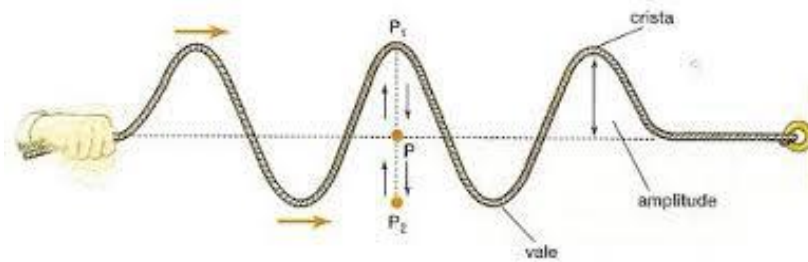
O que acontece na onda é mais ou menos isso: uma perturbação é causada, por alguém ou por alguma fonte, e esta perturbação propaga-se de um ponto para o outro na forma de pulsos.

Figura 1 - Pulso de onda



Fonte: Silva (2021, p.1).

Figura 2 - Ondas em corda



Fonte: Máximo e Alvarenga (2010, p.263).

Figuras 1 e 2 mostram exemplos de pulso e de uma pessoa movimentando uma corda por uma de suas extremidades, provocando uma perturbação, que se propaga até a outra extremidade.

Um terremoto no fundo do mar causa uma perturbação nas águas do oceano, e esta perturbação propaga-se até encontrar algum continente, causando ondas gigantes conhecidas como *Tsunamis*. Estas ondas causam muita destruição quando chegam às praias.

Quando se coloca uma fila de dominós, por exemplo, e se derruba o primeiro, eu posso dizer que causei uma perturbação somente no primeiro dominó. Mas sabe-se que todos os outros irão cair em seguida. Este é o famoso "efeito dominó". Podemos ver neste caso o que é uma perturbação se propagando de um lugar para o outro. A perturbação causada no primeiro dominó chegou até o último, derrubando-o, apesar de cada dominó não ter saído da sua posição inicial. Note também que somente a energia aplicada ao primeiro dominó chegou até a última peça. Portanto, a perturbação transportou somente energia.

A perturbação causada no dominó somente se moveu por causa dos dominós, sem eles ela nem existiria. Originadas pela deformação de uma região de um meio elástico e que, para se propagarem, necessitam de um meio material.

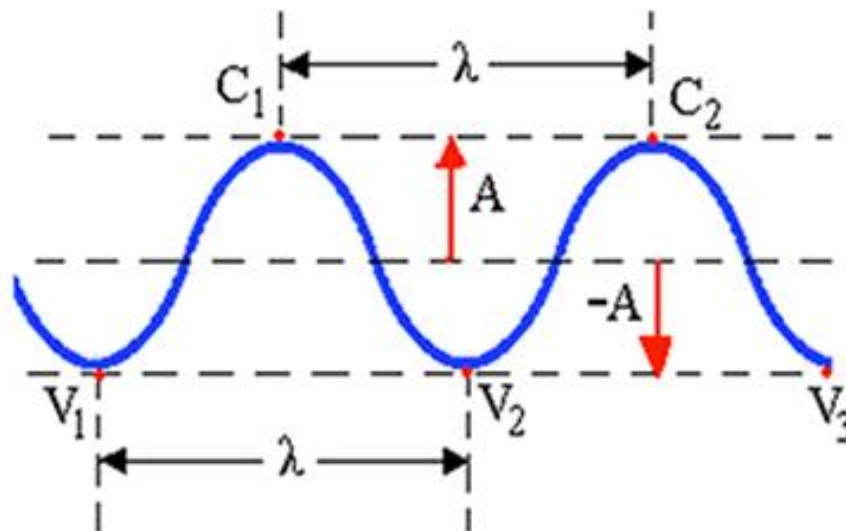
Vamos citar outro exemplo interessante: se colocarmos pedaços de cortiça sobre uma superfície de água em repouso e provocarmos nela perturbações, pode-se perceber que os pulsos, ao atingirem os corpos flutuantes, farão com que estes oscilem. Em seguida, os pulsos prosseguirão seu caminho, não carregando consigo os pedaços de cortiça, os quais apenas adquirirão um movimento de sobe e desce.

Percebe-se que o meio no qual a onda se propaga não apresenta alteração permanente com a passagem da perturbação. Ocorre apenas um deslocamento para cima e para baixo da porção atingida pelo pulso. Isto significa que a propagação da

perturbação de um ponto para outro não implica transporte de matéria entre esses pontos, mas somente transmissão de energia.

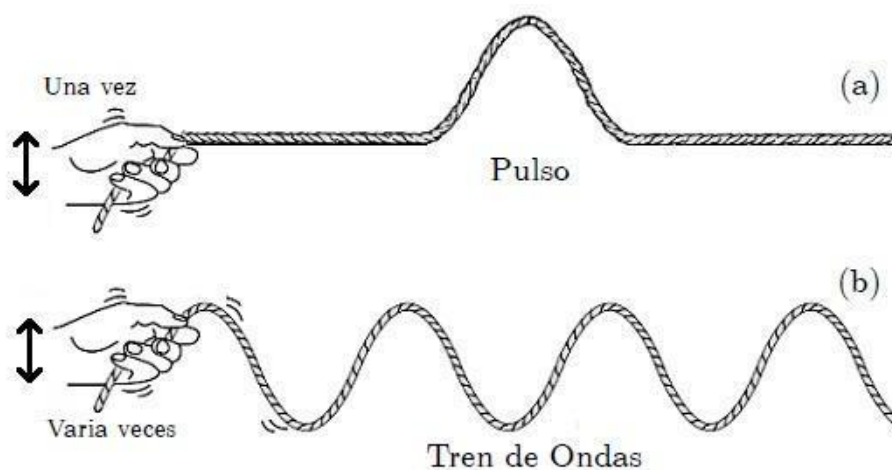
Uma onda é uma perturbação oscilante de alguma grandeza física no espaço e periódica no tempo. A oscilação espacial se caracteriza por seu comprimento de onda λ , enquanto o tempo decorrido em uma oscilação completa é denominado período da onda, que é o inverso de sua frequência. O comprimento de onda e a frequência estão relacionadas pela velocidade com que a onda se propaga. Fisicamente, uma onda é um pulso energético que se propaga através do espaço ou através de um meio (líquido, sólido ou gasoso), com velocidade definida.

Figura 3 - Amplitude (A); Velocidade de propagação da onda (V1; V2; V3); Comprimento de Onda λ



Fonte: Alves (2019)

Figura 4 – Pulso, trem de ondas



Fonte: Soldovieri (2019).

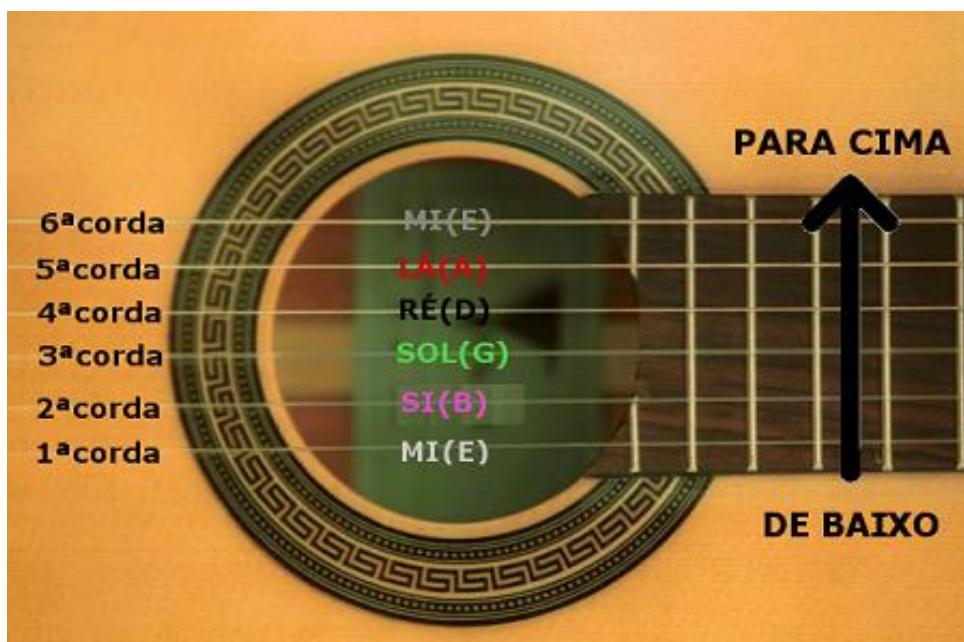
2.1 Natureza da Onda

As ondas podem ser classificadas com relação à sua natureza de vibração como ondas mecânicas ou ondas eletromagnéticas.

2.1.1 Ondas Mecânicas

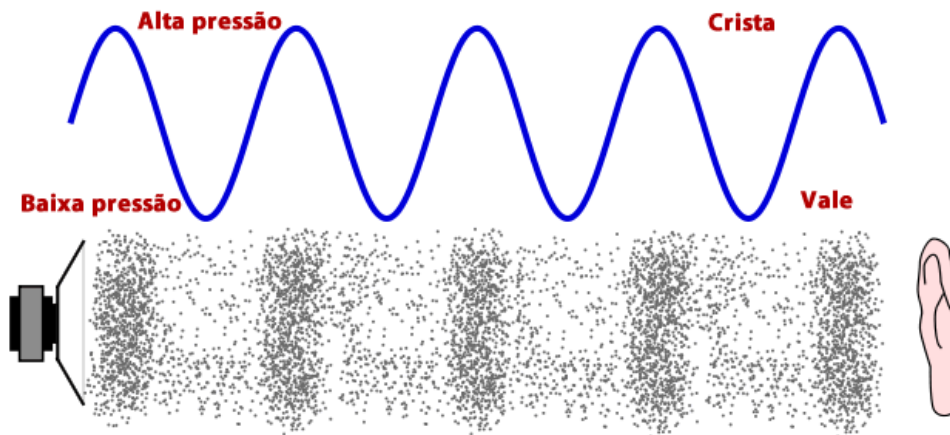
Determinadas ondas necessitam, obrigatoriamente, de um meio material para sua propagação: são as ondas mecânicas. Em uma propagação mecânica ocorre transporte de vibrações mecânicas, ou seja, as partículas materiais vibram. É o caso das ondas em cordas (Figura 5), em molas, na superfície e no interior de líquidos, dos sólidos (terremotos) e dos gases (sons se propagando no ar). As ondas mecânicas não se propagam no vácuo.

Figura 5 - Cordas de um violão



Fonte: Fórmula Violão (2014).

Figura 6 - Propagação de ondas mecânicas



Fonte: Wikipédia (2020).

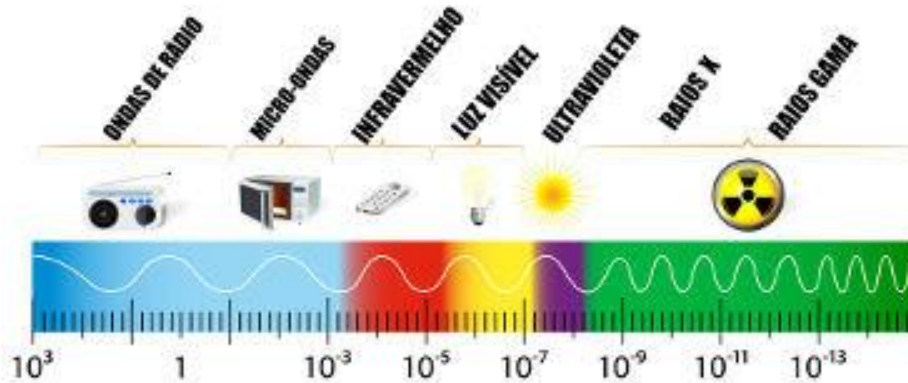
Ao ser vibrada, a corda de um violão faz vibrar as moléculas dos gases que constituem o ar. Esta perturbação se propaga de molécula a molécula e, quando atinge nosso ouvido, produz a sensação sonora. A onda invisível assim produzida é chamada Som, sendo esta, uma onda mecânica.

As ondas numa corda e na superfície da água são exemplos de ondas mecânicas. Outro exemplo muito importante de ondas dessa natureza são as ondas sonoras, que se propagam nos gases (como o ar), líquidos e sólidos.

2.1.2 Ondas Eletromagnéticas

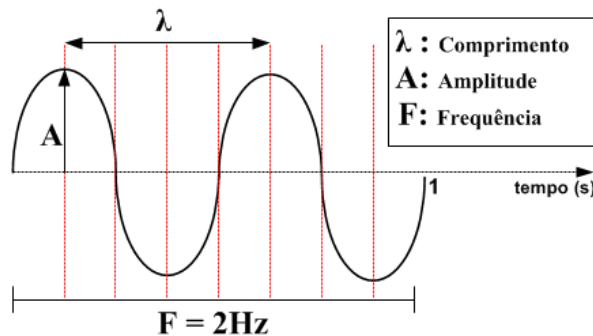
Por outro lado, existem propagações que ocorrem tanto nos meios materiais como no vácuo. São as ondas eletromagnéticas, como as ondas de rádio, os raios infravermelhos, a luz visível, os raios X, entre outros.

Figura 7 - Espectro Eletromagnético



Fonte: Júnior (s/d).

Figura 8 - Ondas eletromagnéticas



Fonte: Brito (2018).

Segundo alguns estudiosos e até agora observado, nada impede que uma onda magnética se propague no vácuo ou através da matéria, como é o caso das ondas eletromagnéticas no vácuo ou dos neutrinos através da matéria, em que as partículas do meio oscilam à volta de um ponto médio, mas não se deslocam. Exceto pela radiação eletromagnética e provavelmente as ondas gravitacionais, que podem se propagar através do vácuo, as ondas existem em um meio cuja deformação é capaz de produzir forças de restauração através das quais elas viajam e podem transferir energia de um lugar para outro sem que qualquer das partículas do meio seja deslocada; isto é, a onda não transporta matéria. Há, entretanto, oscilações sempre associadas ao meio de propagação.

As ondas eletromagnéticas são aquelas originadas por cargas elétricas oscilantes, como, por exemplo, elétrons oscilando na antena transmissora de uma estação de rádio ou TV. Elas não necessitam obrigatoriamente de um meio material

para se propagarem. Assim, as ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo e em certos meios materiais.

A luz é um bom exemplo deste tipo de onda. Note que a luz do Sol chega até nós mesmo existindo vácuo no espaço. A luz emitida por uma lanterna, as ondas de rádio, as micro-ondas, os raios X e os raios γ (gama) são exemplos de ondas eletromagnéticas.

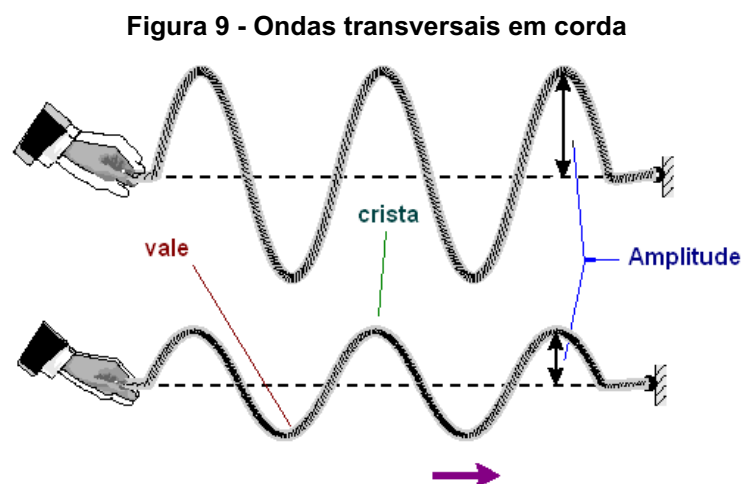
2.1.3 Formas das Ondas

Numa propagação Ondulatória, as vibrações podem ocorrer na mesma direção ou em direção perpendicular à da propagação. Em função disso, as ondas são classificadas em longitudinais e transversais. Em alguns casos, as vibrações ocorrem nas duas direções, tratando-se, então, de ondas mistas.

2.1.4 Ondas Transversais

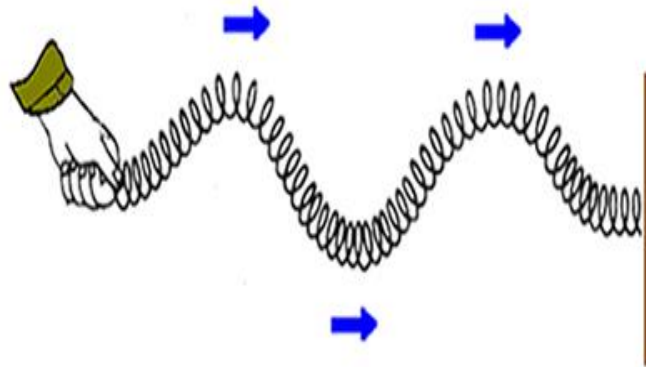
Em um movimento ondulatório, ao tomar a ponta de uma corda e proceder a movimentos da corda para cima e para baixo, os pontos ao longo da corda, vibram para cima e para baixo, enquanto a onda se propaga, para a direita, ao longo da corda.

Uma onda como esta, em que a vibração dos pontos se faz em direção perpendicular à direção de propagação, é denominada *onda transversal*. Podemos fazer uma onda como esta se propagar não apenas em uma corda, como também em uma mola esticada ou ainda em um longo tubo de borracha, como mangueira e outros.



Fonte: Só Biologia (2021).

Figura 10 - Ondas transversais em mola



Fonte: Silva (2021).

Para melhor compreensão de como são as ondas transversais, vamos analisar um exemplo, bastante presente no cotidiano brasileiro. Imagine uma praia com ondas. É fácil perceber que uma onda possui certa velocidade, que ela inicia seu movimento no oceano vindo “quebrar” na praia. É claro, portanto, que as ondas podem mover-se de um lugar para outro, dentro do oceano.

Vamos supor que José está em uma praia dentro da água, e uma onda passa por ele antes de “estourar” na praia. Pode-se indagar: que movimento o corpo de José irá realizar? Fisicamente sabe-se que o corpo de José irá subir e depois descer. Se a onda ainda não “estourou” na praia o corpo de José não conseguirá acompanhá-la, porque ele fará o movimento de subir e depois descer, enquanto a onda vai para frente. Com isso, pode-se concluir que a direção do movimento do corpo de José é diferente da direção do movimento da onda. Ondas que possuem este comportamento são conhecidas como ondas transversais.

As ondas eletromagnéticas são constituídas de dois campos variáveis (um campo elétrico e um campo magnético), perpendiculares entre si e perpendiculares à sua direção de propagação. Dizemos, então, que elas são transversais.

As perturbações eletromagnéticas que atingem os pontos de um meio, seja ele vácuo ou não, são sempre perturbações transversais.

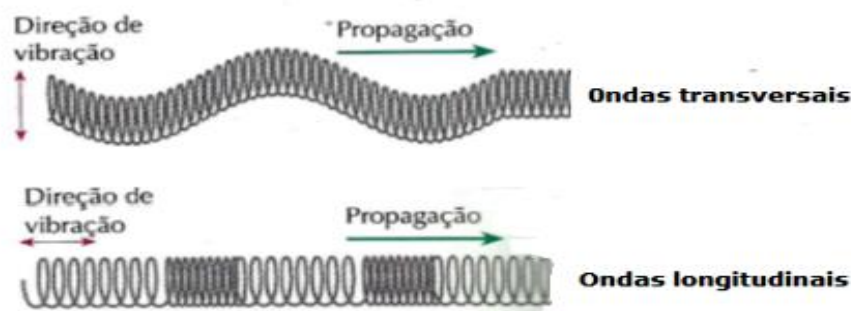
2.1.5 Ondas Longitudinais

Denominam-se ondas longitudinais aquelas em que a direção de propagação da onda coincide com a direção de vibração. Em uma onda longitudinal, as partículas oscilam na direção de propagação das ondas. O exemplo mais comum de ondas que

vibram assim são as ondas sonoras, pois são ondas longitudinais. No ar, conforme o Som se propaga, as moléculas formam regiões de compressão e rarefação.

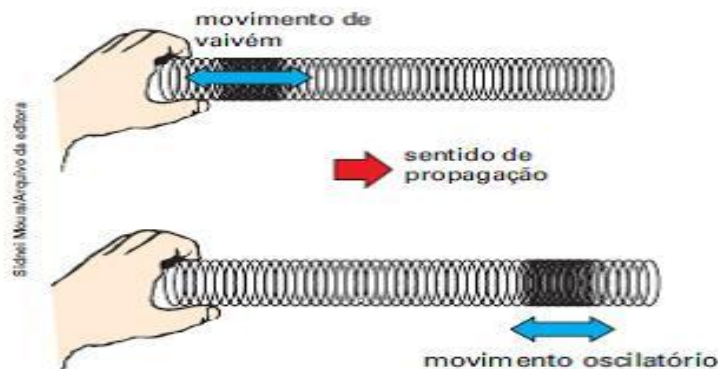
Vamos tomar como exemplo de ondas longitudinais, uma mola. Quando provocamos uma compressão em uma das suas extremidades isso provoca um pulso cuja vibração é na mesma direção da sua propagação.

Figura 11 - Ondas Transversais e Longitudinais



Fonte: Ferraro (2014).

Figura 12 - Ondas Longitudinais.



Fonte: Reis (2017).

Note que as partículas da mola oscilam horizontalmente, na mesma direção em que a onda se propaga. Os sons, quando se propagam em meios fluidos (líquidos, gases e vapores), são ondas longitudinais.

Um exemplo de ondas longitudinais são as produzidas pelo movimento de vaivém de um êmbolo no interior de um tubo que contém ar, e no extremo do qual há uma membrana vibrante.

O movimento de vaivém produz uma compressão do ar, seguida de uma rarefação. Esta onda se propaga ao longo do tubo, fazendo com que a membrana

também vibre. Esta é a forma pela qual é produzido o Som que emitimos quando falamos. O ar que expelimos de nossos pulmões faz as cordas ou pregas vocais vibrarem, emitindo, assim, as ondas que ouvimos. O mesmo acontece quando vibram as cordas de um violão, de um piano ou de um violino.

2.1.6 Ondas Mistas

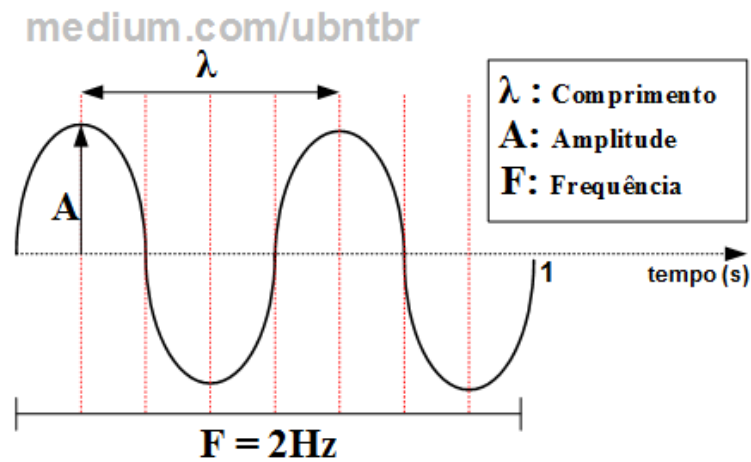
São ondas mecânicas constituídas de vibrações transversais e longitudinais simultâneas. Quando uma partícula de um meio material é atingida por uma perturbação mista, ela oscila simultaneamente na direção de propagação e na direção perpendicular à de propagação.

Como exemplo pode-se citar as ondas em superfícies de líquidos, que nos mares e lagos geralmente são produzidas pela ação dos ventos sobre a superfície livre da água. Os sons, quando se propagam em meios sólidos, também são exemplos de perturbações mistas. Se um corpo está flutuando na superfície da água em alto-mar, com a passagem da onda ele irá executar um movimento misto.

2.1.7 Características fundamentais de uma onda

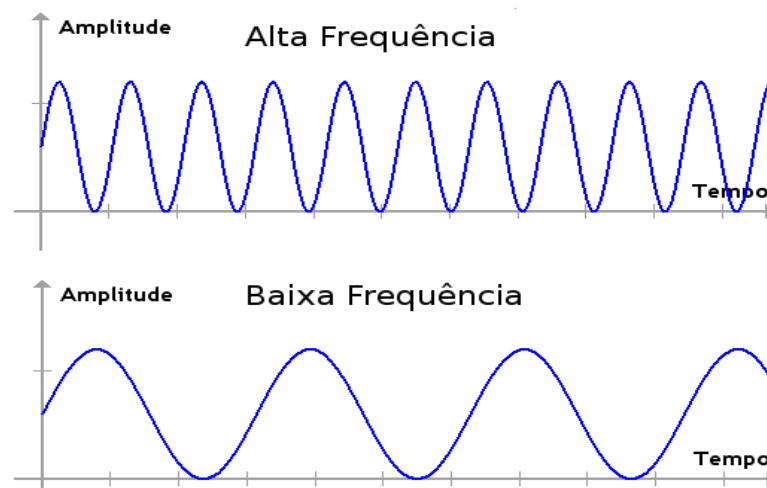
Alguns autores como Guimarães e Gaspar (2013) e Máximo (2010), referem-se aos vários tipos de ondas em física, sendo que as periódicas apresentam especial interesse, tanto pela facilidade para a descrição, quanto pelas aplicações práticas. Vamos analisar algumas características delas, tais como a velocidade de propagação, a frequência e o período dos pulsos, a distância entre dois pulsos consecutivos e o máximo de afastamento vertical dos pontos da corda em relação à posição de equilíbrio.

Figura 13 - Comprimento de Onda, Amplitude, Frequência, Alta e Baixa Frequência.



Fonte: Brito (2018).

Figura 14 – Alta e Baixa Frequência, Período

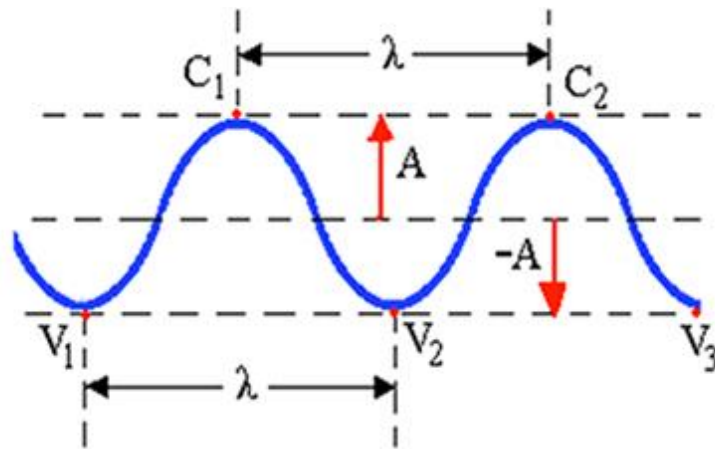


Fonte: Sousa (2013).

De acordo com a observação e o estudo de fenômenos ondulatórios, percebemos a necessidade de definirmos várias grandezas físicas associadas às ondas. Uma onda quase nunca é constituída por um só pulso, mas por uma sucessão de pulsos emitidos em intervalos de tempo iguais e por isso é chamada de onda periódica. Entre as ondas em geral, as periódicas apresentam especial interesse, tanto pela facilidade de descrição, quanto pelas aplicações práticas. Analisaremos as ondas periódicas unidimensionais, como mostra a figura 15 nas quais destacamos:

- a) Comprimento de onda (λ), que é a distância percorrida pela onda durante uma oscilação completa, ou seja, durante um intervalo de tempo igual ao período T da onda;
- b) Amplitude (A) - que é o maior valor da elongação (máximo afastamento vertical em relação à posição de equilíbrio). A amplitude está relacionada à energia transportada pela onda. Quanto maior a amplitude, maior a energia transportada. O ponto mais alto recebe o nome de crista (C_1 e C_2) e o ponto mais baixo recebe o nome de vale (V_1 e V_2).
- c) Frequência (F) - é o número de oscilações completas executadas por qualquer ponto da corda, por unidade de tempo. A frequência da onda é dada pela frequência da fonte. Por exemplo, a frequência de uma onda gerada pela mão de uma pessoa em uma corda é dada pela frequência de oscilação da mão dessa pessoa. Quanto mais rápido a pessoa movimentar para cima e para baixo a extremidade livre da corda, maior a frequência da fonte e, conseqüentemente, a da onda. A unidade da frequência no Sistema Internacional de Medidas (SI) é o hertz (Hz).
- d) Período T - é o intervalo de tempo de uma oscilação completa de qualquer ponto da onda. O período é inversamente proporcional à frequência: quanto maior a frequência, menor o período. Do mesmo modo que a frequência, podemos dizer que o período da onda é sempre igual ao da fonte que a origina.
- e) Velocidade de Propagação da Onda (V) – a velocidade depende das características físicas do meio e expressa a rapidez com que a onda se propaga nesse meio.
- f) Equação Fundamental da Ondulatória - determina a velocidade de propagação de uma onda como o produto da frequência pelo comprimento de onda. Como não transportam matéria em seu movimento, é previsível que as ondas se desloquem com velocidade constante, caracterizando um Movimento Harmônico Simples – MHS.

Figura 15 - Uma onda se propaga ao longo do eixo X, com comprimento λ , velocidade V , e período de vibração T .



Fonte: Alves (2019).

Supondo que na onda da figura 15 o meio é homogêneo e a onda se propaga nele com velocidade constante, dada por $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

Observa-se então, que quando $\Delta s = 1\lambda$, $\Delta t = T$, pois o período T é o tempo que a onda demora para percorrer um comprimento de onda (1λ). $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow v = \frac{\lambda}{T} \rightarrow v =$

$\frac{\lambda}{(1/f)} \rightarrow v = \lambda f$ (essa equação é chamada Equação Fundamental da Ondulatória).

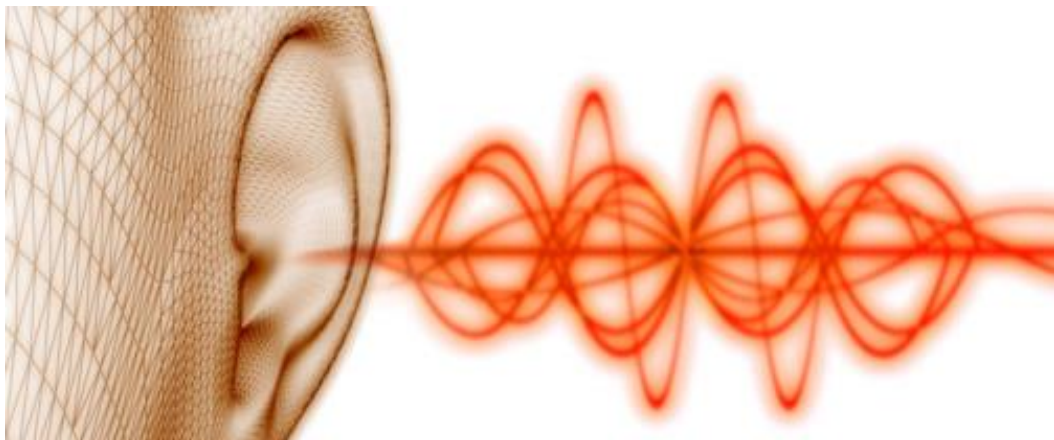
3 UMA SÍNTESE HISTÓRICA DA ACÚSTICA

Sabe-se que o excesso de ruídos ou a intensidade do Som desordenado perturbam o sossego e a qualidade de vida de qualquer ser humano, interferindo muitas vezes na própria saúde do cidadão, tanto em questões físicas como, stress, dores de cabeça, perda auditiva, distúrbios cardiovasculares, quanto em questões psicológicas como, irritação permanente, perturbações do sono, entre outros (SOUZA, ALMEIDA E BRAGANÇA, 2006).

Nosso trabalho direciona-se a buscar estudar e analisar alguns subsídios que envolvem conceitos de Som ou ondas sonoras, estudando assim o tema Acústica.

A Acústica é um campo de estudo da Física, este campo refere-se basicamente ao estudo do Som, bem como sua criação, meio de propagação e recepção (SILVA 2011 apud ALMEIDA E SILVA, 2005). Desta forma a Acústica estuda frequências oscilatórias, que resultam no Som que pode ser captado pelo ouvido humano.

Figura 16 - Som sendo captado pelo ouvido humano.



Fonte: Matias (2016).

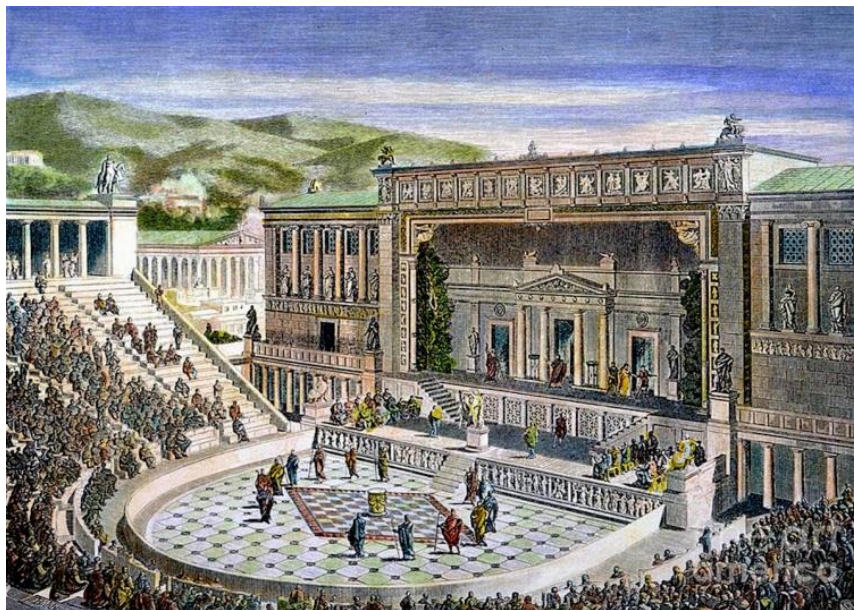
Quando se ouve a palavra Acústica, o pensamento nos remete para assuntos da atualidade como: música, a questão dos ambientes e sua Acústica, ou seja, a assuntos clássicos e modernos. Essa ideia de Acústica se relaciona com a definição da mesma, porém ela traz em sua história uma amplitude de informações.

Desde tempos antigos, a Acústica já fazia parte da vida dos seres humanos, o ramo mais antigo deste campo da Física é a Acústica Arquitetônica (SILVA 2011 apud ALMEIDA E SILVA, 2005). Uma constatação disto são as construções, como dos

teatros gregos que foram construídos há mais de 2.000 anos atrás. Nestas construções considerava-se, as melhores condições para se obter uma boa Acústica, como: locais de baixo ruído e a favor do vento, a plateia era acomodada em degraus, usava-se conchas Acústicas, que eram bem diferentes das que conhecemos hoje, eram paredes posicionadas estrategicamente atrás do palco e assim funcionavam como refletoras, ou seja, os sons que iriam se dispersar no ambiente (para trás e para cima), eram refletidos em direção à plateia (figura 17). Hoje com auxílio da era moderna, cálculos indicam que as conchas Acústicas dos teatros gregos traziam ganhos de 3 a 5 dB (decibéis). Os gregos através de suas construções contribuíram com a Acústica, neste viés de acordo com Souza, Almeida e Bragança (2006)

Com os gregos foi possível aprender sobre a eficiência da distribuição da plateia em forma semicirculares e o aproveitamento da topografia, tendo como resultado a aproximação do público ao palco e, conseqüentemente, a maior captação sonora do espectador (SOUZA, ALMEIDA E BRAGANÇA, 2006, p. 16).

Figura 17 - Teatro grego



Fonte: Aidar (2021).

Além dos teatros gregos outras situações remetem a presença e a importância da Acústica através dos tempos.

A contribuição da Grécia com a história da Acústica vai além do que apresenta a estrutura de seus monumentos, o que já é de grande valia, porém muitos foram os

pensadores que realizaram pesquisas referentes à Acústica. Vejamos alguns deles e suas considerações:

- Pitágoras e seus discípulos: atribuem a natureza do Som e a teoria matemática da escala. A Escola Pitagórica determinou a escala a partir dos números inteiros pequenos, com base nos acordes produzidos por cordas vibrantes;
- Euclides: menciona que a altura do Som aumenta com o número de movimentos produzidos. Ele admite também que o número das vibrações é inversamente proporcional ao comprimento da corda em vibração;
- Arquimedes de Siracusa: determinou a lei do inverso do quadrado da distância para a intensidade Acústica;
- Héron: indica que o ângulo de incidência do Som em um sólido é igual ao ângulo de reflexão, de modo que assim, foram determinados os dois princípios fundamentais da Acústica geométrica, base fundamental da arquitetura dos teatros gregos.

Tanto Som, quanto a Acústica foram se aprimorando e evoluindo através dos tempos. É possível observar tal evolução, na influência da música para descoberta de alguns fenômenos como, o de ondas (HENRIQUE, 2002, p. 23).

Na China a música era objeto de estudo, e o Som por ela emitido era centrado pela medição. A partir da medição se classificava o Som por timbre e altura para assim identificar as escalas musicais resultando numa excelente afinação. Um sino devidamente afinado podia servir de padrão e faria com que outro sino tocasse em ressonância quando estivesse corretamente afinado. Em 270 a.C. Lin lun, ministro do imperador Huangundi, foi encarregado de estabelecer um padrão de altura (*pitch*) para música (RONAN, 1987).

As primeiras catedrais construídas na Idade Média, não privilegiavam a questão da Acústica devido a sua arquitetura, pois a cobertura dessas construções era tipo cúpulas e na construção utilizavam materiais como pedra e alvenaria, o que interferia na Acústica do local, ocasionando reflexões e concentrações de Som, dificultando a audição das pessoas ali presentes, devido ao aumento da distância percorrida pelo Som, bem como das reflexões, ocasionando eco (SOUZA, ALMEIDA E BRAGANÇA, 2006).

Mediante a evolução e a realização de estudos hoje é possível compreender que o Som se resume a ondas mecânicas, por sua vez as ondas surgem através de uma variação espacial, causada pelo transporte de energia em um determinado

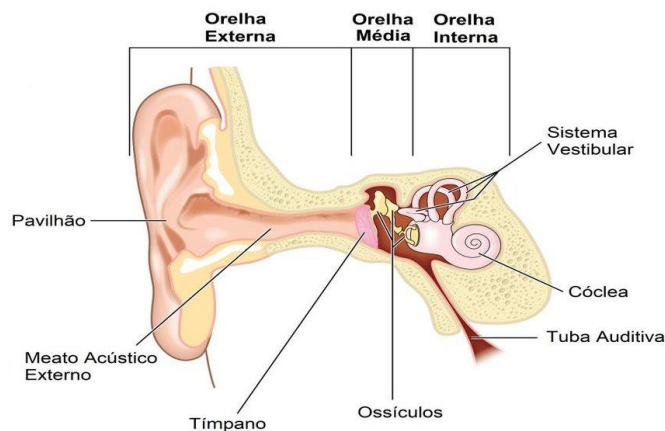
ambiente. Percebe-se que na história da Acústica as apresentações artísticas que exploravam a música e conseqüentemente o Som, possibilitaram o estudo e o desenvolvimento deste campo de estudo da Física e neste contexto pode-se ressaltar o estudo realizado por Galileu Galilei, famoso representante do pensamento moderno, em 1638, tal estudo resultou na dedução quantitativa das leis das cordas estabelecendo as relações entre frequência, comprimento, diâmetro, densidade e tensão (HENRIQUE, 2002, p. 20), ou seja, possibilitou verificar que a sensação de altura musical é diretamente relacionada à frequência. Isso marca o início da Física da música em sua atual concepção.

3.1 Introdução ao Estudo do Som

Os fenômenos sonoros estão relacionados com a vibração dos corpos materiais. Sempre que ouvimos um Som, há um corpo material que vibra, produzindo este Som. Por exemplo: quando uma pessoa fala, o Som que ela emite é produzido pelas vibrações de suas pregas vocais. Quando batemos em um tambor, em um pedaço de madeira ou de metal, estes corpos vibram e emitem Som. As cordas de um piano ou de um violão também emitem Som quando estão em vibração.

Todos estes corpos são fontes sonoras que, ao vibrarem, produzem ondas que se propagam no meio material (sólido, líquido ou gasoso) situado entre elas e a nossa orelha. Ao penetrarem na orelha, estas ondas provocam vibrações que nos causam as sensações sonoras.

Figura 18 - Os objetos materiais, ao vibrarem, produzem ondas que, ao alcançarem nossa orelha, provocam sensações sonoras.



Fonte: Borges (2020).

Em Acústica estudamos as fontes das ondas sonoras e os fenômenos ondulatórios que podem ocorrer durante a propagação dessas ondas.

Entre as fontes sonoras, além de nosso aparelho fonador, merecem destaque as cordas, as colunas de ar e as membranas vibrantes, principalmente pelo uso delas na maioria dos instrumentos musicais.

Fazendo uma fonte sonora vibrar, ela também faz vibrar o meio em que se encontra, em geral o ar, é assim que acontece a emissão do Som. Quando fazemos uma corda de um instrumento vibrar, ela o faz simultaneamente em diversas frequências. Então, o Som que ela emite também é composto de diversas frequências. Cada uma das frequências é denominada um harmônico do Som emitido.

Nos instrumentos de sopro, o Som produzido na embocadura é constituído de muitas frequências diferentes, mas só os sons de determinadas frequências entram em ressonância com uma coluna de ar. Assim, os sons que têm essas frequências se reforçam, e cada uma delas é um harmônico do Som emitido.

O Som é uma propagação de vibrações longitudinais através de meios materiais, compreendendo compressões e rarefações que se propagam. Nas compressões, a pressão é mais elevada do que seria caso não houvesse ondas (meio em equilíbrio). Nas rarefações, a pressão é mais baixa que no equilíbrio.

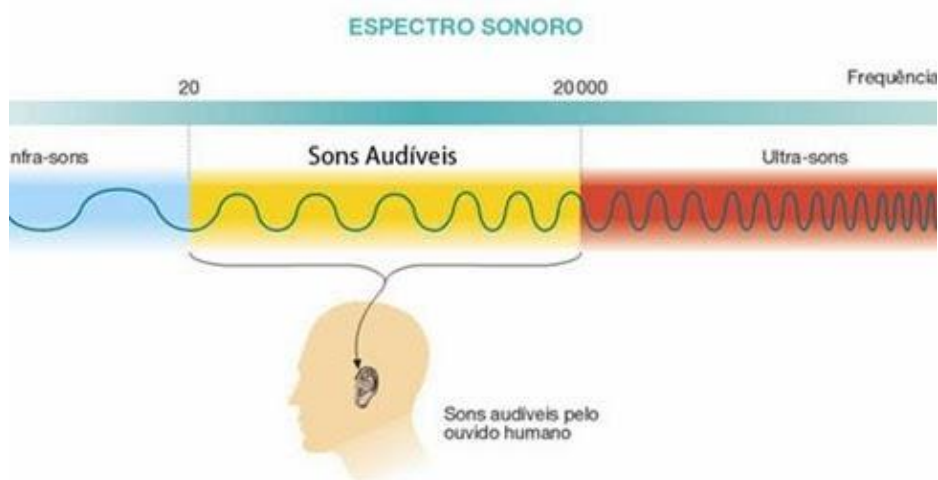
Essas compressões e rarefações propagam-se de maneira análoga às ondas longitudinais em molas, como foi visto anteriormente. É importante destacar, porém, que em geral as ondas sonoras propagam-se em três dimensões pelo espaço. São, portanto, ondas tridimensionais.

Como modelo de produção e propagação de ondas sonoras, pode-se usar um êmbolo que gera compressões e rarefações no ar do interior de um cilindro, como exemplo uma seringa de injeção vazia. Suponhamos que o êmbolo seja posto a oscilar periodicamente. Quando se comprime o êmbolo, ele gera uma compressão no ar interno da seringa. Essa compressão, então, propaga-se. Em seguida, o êmbolo volta, gerando uma rarefação que também se propaga. Logo após, mais uma compressão é produzida, depois outra rarefação, e assim por diante. Como a onda gerada é periódica, continua válida a expressão: $v = \lambda f$, onde v é a velocidade de propagação da onda, λ é seu comprimento de onda e f é sua frequência.

3.1.1 Como Ouvimos um Som (limite audível)

O Som é uma onda mecânica que, ao atingir nosso aparelho auditivo, causa sensação da audição. Para que a sensação sonora seja percebida, é necessário que a frequência dessas ondas mecânicas esteja dentro de certa faixa de valores. A faixa, por sua vez, depende do ouvinte e varia conforme a idade. De modo geral, são audíveis as ondas mecânicas com frequências compreendidas entre 20 Hz e 20 000 Hz. Apesar disso, também são chamadas de vibrações Acústicas as vibrações mecânicas cujas frequências estão acima (**ultrassom**) ou abaixo (**infrassom**) desses limites.

Figura 19 - Espectro audível ao ser humano



Fonte: Olivares (2018).

Figura 20 - Frequência audíveis a animais

SERES VIVOS	INTERVALOS DE FREQUÊNCIAS
Cachorro	15 Hz – 45.000 Hz
Ser humano	20 Hz – 20.000Hz
Sapo	50 Hz – 10.000 Hz
Gato	60 Hz – 65.000 Hz
Morcego	1000 Hz – 120.000 Hz

Fonte: Júnior (s/d).

Ultrassom e Infrassom – Uma onda longitudinal propagando-se em um meio material com frequência inferior a 20 hertz denomina-se *infrassom* e, se sua frequência for superior a 20 000 hertz, ela é denominada *ultrassom*. Como já vimos estas ondas não provocam sensação sonora ao atingirem o ouvido de uma pessoa. Apesar disso, é importante destacar sobre esses tipos de ondas, alguns fatos.

De acordo com Máximo (1997), alguns animais são capazes de perceber os ultrassons. Por exemplo, os cães podem detectar frequências de até 45000 hertz. Os morcegos são capazes de emitir e detectar ultrassons com frequências de até 120000 hertz. Emitindo ultrassons e recebendo-os após serem refletidos em obstáculos, ou em pequenos insetos, os morcegos detectam a presença desses objetos, mesmo em ambientes escuros. Por isso eles são capazes de voar e de procurar seus alimentos à noite. A tabela da figura 5 mostra a relação de frequências mínimas e máximas audíveis para alguns animais.

Ao contrário do cachorro e do morcego, o elefante e o pombo-correio podem perceber os infrassons. Pesquisas realizadas com esses animais mostraram que os pombos se orientam por meio dos infrassons emitidos pelo balanço (provocado pelo vento) de edifícios ou árvores muito altas. Por sua vez, os elefantes parecem se comunicar, a longas distâncias, também usando infrassons emitidos por eles (MÁXIMO, 1997, p. 544).

Uma aplicação muito conhecida dos ultrassons é o sonar. Esse dispositivo é utilizado nos navios e submarinos para localizar objetos, de maneira semelhante ao que é feito pelos morcegos. É de conhecimento geral também a utilização do ultrassom na medicina, a fim de acompanhar durante os nove meses de gravidez, o desenvolvimento do feto no útero materno, por meio de imagens (ultrassonografia) dentre outras funções. Outra aplicação especial do ultrassom na medicina é a

verificação do funcionamento do coração o (ecocardiograma), por meio de imagens (MÁXIMO, 1997, p. 544 e 545).

3.1.2 A Fala Humana

A voz emitida pelo ser humano tem sua origem nas vibrações de duas membranas, denominadas cordas ou pregas vocais.

As pregas vocais entram em vibração quando o ar, proveniente dos pulmões, é forçado a passar pela fenda existente entre as duas membranas. Podemos controlar a frequência do Som que emitimos, modificando a tensão nas pregas vocais. As vibrações dessas pregas vocais são comunicadas ao ar existente nas diversas cavidades da boca, da garganta e nariz a aos músculos próximos a elas. A combinação de todas essas vibrações determina o timbre da voz, que é característico de cada pessoa.

3.1.3 O Ouvido Humano

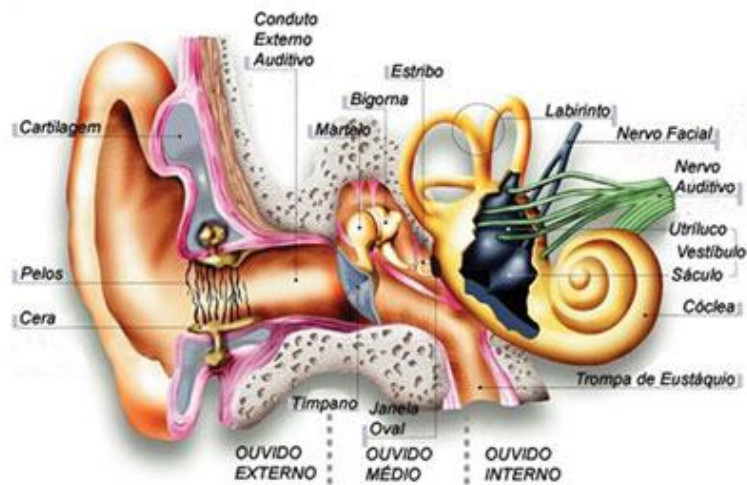
As ondas sonoras, ao atingirem a orelha, são dirigidas para o interior do canal auditivo, na extremidade do qual existe uma membrana, semelhante à pele de um tambor, denominada tímpano. O tímpano é tão delicado e sensível que variações de pressão muito pequenas da onda sonora são suficientes para colocá-lo em vibração.

Essas vibrações são comunicadas a um pequeno osso chamado martelo, que, por sua vez, aciona outro osso (a bigorna), o qual, finalmente, faz vibrar um terceiro osso, denominado estribo. Com esse processo, as vibrações são sucessivamente ampliadas (ou amplificadas), tornando nosso ouvido capaz de ouvir/reconhecer/identificar sons de intensidade muito baixa.

Finalmente, as vibrações amplificadas chegam ao ouvido interno (ou cóclea), que tem a forma de um caracol. A cóclea é revestida por pelos muito pequenos e, em seu interior, existe um líquido que facilita a propagação do Som. As ondas sonoras, na cóclea, colocam os pequenos pelos em vibração, estimulando células nervosas que, por meio do nervo auditivo, enviam os sinais ao cérebro. Dessa maneira, a pessoa tem a percepção do Som.

Como podemos observar na figura 21, a maior parte do aparelho auditivo está localizada no interior da cabeça do ser humano.

Figura 21 - O ouvido humano costuma ser dividido em três partes: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno.



Fonte: Só Biologia (2021).

Devemos nos lembrar que, os sons agradáveis ou musicais são aqueles constituídos de vibrações periódicas. Nos demais casos, o Som é chamado de ruído.

3.1.4 Velocidade de Propagação do Som

Como regra geral, o Som propaga-se normalmente com velocidade maior nos meios sólidos que nos líquidos, e maior nos meios líquidos que nos gasosos. No ar, por exemplo, a velocidade de propagação do Som é de aproximadamente 340 m/s, valendo cerca de 1500 m/s na água e aproximadamente 5 000 m/s no ferro. A tabela apresentada a seguir fornece valores mais precisos da velocidade do Som em alguns meios.

Tabela 1 - Velocidade do Som

Meio	Velocidade do Som (m/s)	Meio	Velocidade do Som (m/s)
Ar (a 0 °C)	331	Água (a 20 °C)	1 482
Ar (a 15 °C)	340	Chumbo	1 210
Oxigênio (a 0 °C)	316	Alumínio	5 000
Hidrogênio (a 0 °C)	1 284	Aço	5 960
Mercúrio (a 20°)	1 450	Berílio	12 870

Fonte: Autoria própria (2021).

Um fato importante é que a velocidade de propagação do Som emitido por uma fonte sonora não depende da velocidade da fonte, mas apenas de características e condições do meio de propagação (isso vale para qualquer onda). Assim, quando a buzina de um automóvel em movimento é acionada, o Som emitido no ar propaga-se com a mesma velocidade que se propagaria se o veículo estivesse em repouso.

Outra regra geral é que a velocidade de propagação do Som não depende de sua intensidade ou de sua frequência. Podemos imaginar como seria difícil o entendimento de uma conversa se os sons agudos, graves, fortes e fracos se propagassem com velocidades diferentes!

3.1.5 Qualidades Fisiológicas do Som

Algumas grandezas são muito importantes na caracterização do Som e são chamadas de qualidades fisiológicas do Som.

A sensação que temos ao ouvir qualquer tipo de Som nada mais é que a interpretação feita por nosso cérebro. A qualidade fisiológica do Som é a qualidade que um “Som forte” tem de se distinguir de um “Som fraco”. Produzida por essa interpretação, a qualidade fisiológica do Som é dividida em três: a altura, a intensidade e o timbre.

3.1.6 A Altura

A altura de um Som é a sensação que nos permite diferenciar entre um Som grave e um Som agudo. Um Som grave é um Som de baixa frequência e um Som agudo é um Som de alta frequência. Em geral a voz do homem é mais grave do que a voz da mulher, ou seja, a voz da mulher é mais aguda do que a do homem.

Sintetizando:

- Som grave é emitido por uma fonte sonora que vibra com baixa frequência;
- Som agudo é emitido por uma fonte sonora que vibra com alta frequência.

3.1.7 Intensidade do Som

Ao ouvirmos o Som emitido pela explosão de uma bomba potente, dizemos vulgarmente que estamos recebendo um Som muito “forte”. Na linguagem da Física,

diz-se que este Som tem grande intensidade. Por outro lado, o Som produzido pelo leve balançar de uma folha ao vento é popularmente classificado como um Som “fraco”, enquanto na Física dizemos que ele é um Som de pequena intensidade.

A intensidade do Som é uma propriedade que nosso ouvido percebe e que está relacionada com a energia (por unidade de tempo) que a onda sonora transfere a ele, sendo tanto maior quanto maior for a amplitude dessa onda sonora.

O nosso ouvido é um instrumento extremamente sensível para captar a energia transportada pelas ondas sonoras. Cientistas verificaram que o ouvido de uma pessoa normal é capaz de perceber sons de intensidade muito baixa, nos quais a amplitude de vibração das moléculas de ar vale cerca de 1 bilionésimo de cm (0,000000001 cm). Esse valor é menor que o diâmetro da molécula que está oscilando.

Em relação aos sons de maior intensidade que nossos ouvidos podem tolerar (sem sentir dor), eles correspondem a vibrações com uma amplitude de apenas 1 milésimo de cm (0,001 cm).

3.1.8 Timbre

Timbre é a qualidade que permite distinguir Sons de mesma altura e mesma intensidade, emitidos por instrumentos diferentes. Os responsáveis pelo timbre são os harmônicos que acompanham o Som fundamental. Assim, se um violino e um piano emitirem a mesma nota (mesma frequência, por exemplo: um dó fundamental), conseguiremos distinguir o Som do violino do Som do piano. Isso porque, embora o Som fundamental seja o mesmo, os harmônicos não são iguais. Na linguagem científica, dizemos que esses dois sons possuem timbres diferentes.

3.2 Reflexão do Som

Quando as ondas sonoras atingem um obstáculo fixo, como uma parede, elas sofrem reflexão com inversão de fase.

Como acontece com qualquer onda, o Som refletido tem a mesma velocidade de propagação, a mesma frequência e o mesmo comprimento de onda que o Som incidente.

A reflexão do Som envolve, ainda, os fenômenos do eco e da reverberação.

Quando recebemos um Som, a sensação sonora causada por ele persiste em nós por aproximadamente um décimo de segundo (0,1 s). A esse intervalo de tempo dá-se o nome de persistência Acústica. Se uma pessoa emite um Som que é refletido num paredão e volta até ela, a pessoa ouve dois Sons: o Som direto, no momento em que ele é emitido, e, algum tempo depois, o Som refletido pelo paredão.

Se o intervalo de tempo for inferior a 0,1 s, o Som refletido chegará à pessoa quando ela ainda estiver tendo a sensação do Som emitido inicialmente. A pessoa perceberá, então, um prolongamento do Som inicial, que é denominado reverberação. Entretanto, se o intervalo de tempo for superior a 0,1 s, o Som refletido chegará depois de cessada a sensação do Som inicial. Assim, o Som refletido será percebido separado do Som inicial, fenômeno que recebe o nome de eco.

3.2.1 Refração do Som

Refração de ondas é o nome dado ao fenômeno que ocorre quando uma onda passa de um meio de propagação para outro, de características distintas, tendo sua direção desviada. Independente de cada onda, sua frequência não é alterada na refração, no entanto, a velocidade e o comprimento de onda podem se modificar.

Um exemplo de refração do Som seria quando uma onda sonora incide na água, meio material mais denso que o ar. Nessa situação, de refração sonora, a onda aumenta de velocidade e se afasta da normal, comportamento este, contrário ao da luz, que teria sua velocidade diminuída e se aproximaria da normal.

3.2.2 Difração do Som

A difração é um fenômeno que ocorre com as ondas sonoras de modo frequente e acentuado. Essa acentuação se dá quando os obstáculos atingidos apresentam dimensões inferiores às do comprimento de onda ou, pelo menos, da mesma ordem de grandeza. E pelo fato de o Som ter comprimentos de onda que variam de aproximadamente 17 mm até 17 m ele encontra grande facilidade para se difratar.

Os Sons graves, por terem maior comprimento de onda, difratam-se mais do que os agudos. Isto é facilmente notado numa caixa Acústica, já que os Sons agudos

são muito mais direcionados que os graves. Por isso, uma pessoa bem afastada lateralmente em relação à caixa ouve muito melhor os graves do que os agudos.

3.2.3 Interferência do Som

As ondas sonoras também sofrem o fenômeno da interferência. Ele ocorre, por exemplo, quando várias pessoas cantam a mesma nota, ao mesmo tempo. Nesse caso, há uma soma de energias, isto é, há uma interferência aditiva.

Devemos lembrar que na realidade não ocorre interferência de ondas, o que ocorre nos pontos onde elas se encontram é uma superposição de ondas. O nome “interferência” permanece apenas por motivos históricos, consagrado pelo uso. Por exemplo, vamos supor que tenhamos uma corda com uma extremidade fixa e outra livre. Se pegarmos a extremidade livre e fizermos um movimento de sobe e desce com a corda, veremos a formação de ondas que se propagam nela. Se por acaso duas pessoas pegarem uma corda e em ambas as extremidades começarem a executar um movimento de sobe e desce, veremos a formação de ondas que se propagam. Mas o que acontece quando essas ondas se encontram? Acontece o fenômeno que chamamos de Interferência de ondas. Sendo assim, podemos dizer que quando duas ou mais ondas chegam ao mesmo tempo a um ponto em comum de um meio, ocorre o fenômeno da interferência, ou seja, as ondas se superpõem naquele ponto, originando um efeito que é o resultado da soma algébrica das amplitudes de todas as perturbações no local de superposição.

3.2.4 Ressonância

O fenômeno da ressonância acontece quando um sistema vibra forçado por outro sistema, mas com uma característica: o sistema que provoca a vibração deve estar perto do outro e vibrar com uma frequência igual à frequência natural desse outro. A frequência natural de um sistema é a frequência de seu Som fundamental ou a de seus harmônicos.

Vejamos um exemplo: um diapasão A começa a vibrar, movido pela pancada de um martelo de borracha. Colocando-se perto dele um diapasão B, igual ao primeiro, ele vai passar a vibrar com a mesma frequência de A, ou seja, vai entrar em ressonância com A.

Outros exemplos: os vidros de uma janela podem se quebrar, ao entrar em ressonância com a onda sonora de um avião a jato que passa muito perto; uma ponte pode cair ao entrar em ressonância com o vento ou com o movimento cadenciado de uma tropa de soldados que a atravessa em marcha; um cristal pode quebrar ao entrar em ressonância com a vibração das cordas de um violino.

É importante lembrar que: só há ressonância quando os dois objetos têm a mesma frequência natural.

3.3 A Contribuição de Ausubel para Educação

David Paul Ausubel, pesquisador norte-americano, contribuiu grandemente com a área educacional. Filho de imigrantes judeus nasceu aos 25 de outubro de 1918 em Brooklyn, Nova York. Os judeus em sua cultura sempre valorizaram o estudo, e para Ausubel tal cultura impulsionou o seu desenvolvimento e crescimento profissional. Durante sua trajetória escolar o pesquisador sofreu anos, pois os educadores da época desvalorizavam sua história pessoal, porém tal dificuldade não cessou em Ausubel a ânsia de aprender.

Já adulto ingressou na Universidade da Pensilvânia iniciando seus estudos em medicina e psiquiatria, optando finalmente em especializar-se em psicologia. Logo após se formar na Universidade de Middlesex, Ausubel realizou estágios educacionais no Hospital Gouveneur, mediante a clientela atendida no denominado Hospital, Ausubel se dedicou há horas de estudo e terapia, despertado pelo interesse em tratar pessoas com dependência de drogas.

Ausubel dando continuidade ao exercício de sua profissão serviu como militar ao Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos. Foi indicado a essa missão para atuar em uma divisão das Nações Unidas em Stuttgart, na Alemanha, para trabalhar com refugiados e afetados pela guerra. Com a experiência vivida neste período, seus interesses profissionais mudaram em parte, sendo este um momento que marcou sua vida. David Ausubel após passar um período na Europa, exerceu sua profissão de psiquiatra residente em vários centros médicos nos Estados Unidos e concomitante a este período obteve seu doutorado em psicologia do desenvolvimento pela Columbia University.

Mesmo realizando sua prática psiquiátrica, David Ausubel organizou seu tempo e começou a lecionar psicologia em vários centros educacionais, incluindo Long Island

University e Yeshiva University. Mediante realização deste trabalho, tornou-se líder do Departamento de Pesquisa Educacional da Universidade de Illinois, no ano de 1950. Oportunidades surgiram e em 1957, recebeu uma bolsa de pesquisa da Fulbright, na Nova Zelândia, o que possibilitou a realização de estudos do qual seu intuito era contrastar suas teorias sobre desenvolvimento psicológico, realizando pesquisas interculturais com a população *maori* do país. Com essa pesquisa Ausubel começou deixar suas marcas e ideias, estas mais tarde embasariam a teoria por ele desenvolvida, que atualmente é conhecida como teoria da Aprendizagem Significativa. Ainda nessa época, David Ausubel escreveu extensivamente livros sobre a psicologia cognitiva, incluindo *The Ferns and the Tiki, uma visão americana da Nova Zelândia* (1960) e *Maori Youth, um estudo psicológico-etnológico da privação cultural* (1961).

Em 1973, Ausubel decidiu dedicar-se integralmente psiquiatria, o que conseqüentemente o afastou da vida acadêmica. A psiquiatria sempre foi de grande interesse para Ausubel e os estudos por ele realizados incluem áreas que vão da psicologia a psiquiatria e que foram de relevante contribuição para a educação. No ano de 1976 foi premiado pela *American Psychological Association* devido as suas contribuições a psicologia da educação. Em 1994, David Ausubel se aposentou inteiramente da sua vida profissional. Do início da sua aposentadoria até sua morte dedicou seu tempo à escrita o que resultou na publicação de quatro livros. Na manhã de 9 de julho do ano de 2008, aos 89 anos de vida Ausubel veio a falecer.

Pode-se considerar Ausubel como um estudioso contemporâneo. Psiquiatria, psicologia e o campo educacional foram privilegiados com seus estudos e pesquisas. Provavelmente dentre os estudos por ele desempenhado o que mais favoreceu a área da psicologia da educação foi sua teoria da Aprendizagem Significativa, um dos pilares do construtivismo. Suas concepções tinham relação com a aprendizagem em si próprio, essa aprendizagem foi elencada por Ausubel como um processo em que as pessoas buscam dar sentido para as coisas que a rodeiam.

Para Ausubel o ponto principal para que ocorra a aprendizagem de forma significativa é buscar ampliar o conhecimento com base no conhecimento que o educando já possui.

David Paul Ausubel é amplamente conhecido no campo da Física por apresentar a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), as ideias deste pesquisador tiveram acentuada preponderância mediante conceitos de Jean Piaget,

principalmente as relacionadas aos esquemas conceituais. A aprendizagem subordinada derivativa¹ de Ausubel possui semelhança com o conceito de assimilação² de Piaget. Tais pesquisadores concordam que assimilar é incorporar um novo conceito em um padrão já existente na estrutura cognitiva e que a aprendizagem é focada no aluno, sendo que o professor atua como mediador importante, mas a participação do estudante deve ser ativa para que haja um aprendizado eficaz (PONTES NETO, 2006).

Ausubel correlacionou sua teoria a teoria de Piaget, almejando compreender de forma profunda, como as pessoas adquirem novos conhecimentos, ou seja, explanar os processos de aprendizagem do ser humano, respaldando-se nos princípios organizacionais da cognição que releva o conhecimento e a compreensão de informações. Para Ausubel, a “Aprendizagem Significativa é o processo através do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não-litera) à estrutura cognitiva do aprendiz” (MOREIRA, 2011, p. 26).

Para que a aprendizagem de fato aconteça, é imprescindível que haja uma predisposição, uma intencionalidade por parte do educando, visto que adquirimos com maior facilidade novas ideias e conhecimentos quando isso é importante para nós. David Ausubel leva em consideração a incorporação dos conteúdos de Física às estruturas de conhecimento do aluno tornando a aprendizagem mais significativa, isto significa que mediante esta ânsia pelo conhecimento o educando aprende com significado, com compreensão, dá a possibilidade de saber dizer o que aprendeu, é saber fazer, é poder explicar com propriedade o conhecimento de determinada área, é aplicar esses conhecimentos mediante a vivência de novas situações e realizar tudo isso com significado e intencionalidade e não de forma fragmentada. Toda essa detenção sobre um conhecimento caracteriza de fato o processo de aprendizagem de forma significativa exposta por Ausubel. Em consonância a esta ideia Moreira e Masini (2001) discorrem:

Para Ausubel, Aprendizagem Significativa é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de

¹ Aprendizagem subordinada derivativa: ocorre quando um conceito novo é derivado de um já existente na estrutura cognitiva.

² Para **Piaget**, a **assimilação** é um termo que faz referência a uma parte do processo de adaptação do ser humano. Através da **assimilação**, as pessoas conseguem captar e obter novas informações e incorporá-las nas ideias já existentes dentro de seu psiquismo.

conhecimento do indivíduo. Ou seja, neste processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceito subsunçor ou, simplesmente subsunçor (subsumer), existente na estrutura cognitiva do indivíduo. A Aprendizagem Significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em subsunçores relevantes preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende (MOREIRA E MASINI, 2001, p. 17).

Nos dias atuais é nesta perspectiva acima supracitada que o ensino oferecido nas escolas da Educação Básica precisa se organizar, visando um trabalho educacional dinâmico em que o educando é a peça fundamental, onde deve-se considerar a bagagem de conhecimento que o mesmo traz consigo, ou seja, seus saberes e conhecimentos prévios. Moreira (2011) destaca que para Ausubel um organizador prévio tem como função servir de ponte entre os conhecimentos que o estudante já sabe ou que deveria saber, para que o novo “conteúdo” possa ser aprendido de uma forma significativa. Este processo de ensino-aprendizagem corrobora na formação do indivíduo de forma eficaz onde possibilita a ele analisar e agir na realidade a qual se encontra inserido, de forma responsável e crítica.

Em busca da efetivação da Aprendizagem Significativa, é da alçada do professor ir além da mera transmissão de conteúdo, espera-se que ele estimule o educando a partir de diferentes metodologias a pesquisar, explorar e participar ativamente da construção do seu próprio conhecimento. Assim é necessário considerar todos os aspectos que envolvem seu processo de aprendizagem, sejam eles de ordem física ou psicológica, onde essa metodologia diferenciada almeja diminuir o desinteresse do educando em querer aprender. Relativo à metodologia, o conteúdo escolar a ser aprendido, precisa ser significativo, para que o educando consiga “estabelecer relações substantivas e não-arbitrárias entre os conteúdos escolares e os conhecimentos previamente construídos por eles, num processo de articulação de novos significados” (PCN, 1997, p.52).

3.3.1 Mapas mentais e o processo de aprendizagem

Para que ocorra a Aprendizagem Significativa é que o educando tenha certo interesse para aprender. Visto a necessidade da utilização de metodologias para facilitar a aprendizagem, a teoria de Ausubel oferece algumas estratégias, e uma delas são os mapas mentais. O trabalho com mapa mental é uma forma para se adquirir um fim. Ele pode ajustar-se um método de ensino-aprendizagem ou um

material. Os mapas mentais são representações que se assemelham a diagramas, este expõe conceitos que parte dos mais abrangentes e interligam aos menos abrangentes. Pode-se pontuar que os mapas conceituais, embora tenham organização hierárquica, não devem ser confundidos com mapas mentais. Nesse sentido, Moreira e Buckweitz (1982, p. 45) “esclarece que os mapas conceituais são diagramas hierarquizados que procuram refletir a organização conceitual de uma disciplina ou parte de uma disciplina”.

Os mapas mentais objetivam representar relações entre concepções na forma de proposições. Entretanto em sala de aula, pode-se perceber que quando o professor apresenta ideias novas e criativas, desperta a curiosidade dos educandos o que gera interesse. Todavia, se torna relevante propor aos educandos que façam um mapa mental, com vistas a criar significado ao que se aprende, aproveitando o gosto que o educando apresenta pelo novo. Nos mapas, os conceitos são explicitados dentro de “caixas” ou alguma forma geométrica, enquanto as relações entre eles são caracterizadas por linhas às quais são aderidas frases explicativas, que procuram esclarecer relações proposicionais significativas. Moreira (2006), afirma que:

[...] os conceitos mais gerais e inclusivos aparecem na parte bem superior do mapa. Prosseguindo, de cima para baixo no eixo vertical, outros conceitos aparecem em ordem descendente de generalidade e inclusividade até que, ao pé do mapa, chega-se aos conceitos mais específicos (MOREIRA, 2006, p. 46-47).

Assim, entende-se que todos os conceitos que temos em mente são organizados em mapas, e o novo conhecimento que adquirimos é adicionado a eles de maneira coerente e lógica. A didática dos mapas mentais atua como ferramenta explícita de sondagem do conhecimento adquirido e fixado pelo educando, onde o mesmo demonstra seu conhecimento prévio, lembrando que ele é o ator isolado mais importante no seu próprio processo de aprendizagem (AUSUBEL *et al*, 1980) e diante do exposto o professor elenca conteúdos e metodologias para dar continuidade a aprendizagem de forma significativa.

4 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

O presente trabalho foi pensado e elaborado para o estudo da Acústica, sendo implementado na turma de terceiro ano do Ensino Médio. Foram apresentados os conceitos iniciais de ondulatória, as atividades que seriam desenvolvidas ao longo do trabalho e seus objetivos, nesse processo a ênfase foram direcionadas visando os conhecimentos prévios trazidos pelos alunos. A realização dessa sondagem de conhecimentos apontou a necessidade de explorar o trabalho da Acústica voltada para o estudo do Som, pois os alunos não apresentavam conhecimentos sobre tal conteúdo.

Com base nestas informações foi elaborado e desenvolvido atividades com questionários, exercícios e vídeos sobre a audição, simuladores de ondas de Som e atividade experimental, numa perspectiva de fomentar o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem. Destaca-se a importância e seriedade na aplicação do trabalho com a pretensão de possibilitar ao aluno a autonomia para construir o seu conhecimento, sendo ele próprio o responsável em executar as atividades propostas.

A metodologia é parte essencial do processo de pesquisa. Marconi e Lakatos (1990) conceituam que

De acordo com o Webster's International Dictionary, a pesquisa é uma indagação minuciosa ou exame crítico e exaustivo na procura de fatos e princípios; uma diligente busca para averiguar algo. Pesquisar não é apenas procurar a verdade; é encontrar respostas para questões propostas, utilizando métodos científicos [...] (MARCONI E LAKATOS, 1990, p.1).

A metodologia aqui utilizada oferece oportunidades de desenvolvimento e envolvimento com as atividades explorando a prática e os aspectos teóricos da Física. O trabalho está alicerçado nos pressupostos da pesquisa – qualitativa, sendo esta uma linha de pesquisa que oferece o levantamento de dados de forma que aproxime o sujeito à descoberta do que ele próprio indaga com vistas a compreendê-lo, nestes termos

A abordagem qualitativa realiza uma aproximação fundamental e de intimidade entre sujeito e objeto, uma vez que ambos são da mesma natureza: ela se volta com empatia aos motivos, às intenções, aos projetos dos atores, a partir dos quais as ações, as estruturas e as relações tornam-se significativas (MINAYO E SANCHES, 1993, p. 244).

A investigação qualitativa é pautada em diferentes técnicas de recolha de dados, possuindo uma natureza social. De modo que, o ambiente natural seja uma fonte direta para coleta de dados, onde o pesquisador atua como instrumento-chave. A forma e o processo de recolhimento das informações ocorrem por meio de atividades que, trazem com a sua realização significados importantes que possibilitam sondar a Aprendizagem Significativa. É possível efetivar esta verificação através de escritas, frases, resoluções e falas dos alunos, sendo estes os focos principais deste tipo de abordagem. A atribuição de significados e a interpretação dos fenômenos consiste e são considerados nesse processo, dispensando o uso de métodos e técnicas estatísticas (BATISTA, FUSINATO, 2015).

Nessa metodologia aplicada “os dados recolhidos são designados por qualitativos, o que significa ricos em pormenores descritivos relativamente a pessoas, locais e conversas, e de complexo tratamento estatístico” (BOGDAN e BIKLEN, 1994, p. 16). Assim a presente pesquisa realizada objetivou descrever com detalhes as situações de ensino e aprendizagens implementadas em sala de aula a partir da construção de um produto educacional.

A realização da pesquisa para coleta de dados, ocorreu no período do primeiro trimestre do ano de 2021, com uma turma composta por 36 alunos, estudantes do terceiro ano do Ensino Médio em Instituição da rede Pública de Ensino a qual se denomina Colégio Estadual Marechal Costa e Silva, situado no município de Cidade Gaúcha, que se localiza na região noroeste do Estado do Paraná.

A aplicação da proposta teve início em 25 de fevereiro de 2021, com sua finalização em 11 de março do mesmo ano. As aulas de aplicação do produto aconteceram de forma remota, visto que as aulas no formato tradicional (presencial) estão temporariamente suspensas, respeitando as orientações e aos Decretos do Estado do Paraná, bem como as Normas Sanitárias que se fazem necessárias no momento atípico em que estamos vivendo, devido ao enfrentamento da pandemia em todo o mundo, consequência da proliferação do COVID-19. A proposta apresentada mediante produto foi elaborada com atividades a serem realizadas de forma síncrona e assíncrona. Sendo que, de forma assíncrona realizou-se o questionário inicial, as problematizações, questões abertas e um experimento do Som. Por sua vez as aulas expositivas e interativas, contando com simulador de Som, problematização, vídeo e imagens para aprofundamento da aprendizagem ocorreram de forma síncrona.

O trabalho foi dividido em três módulos, com o equivalente a onze aulas sendo cada uma delas com a duração de 50 minutos, o que resulta 550h/aula, das quais ocorreram em período noturno, ou seja, em outro período que não seja o regular em que o aluno estude. Os alunos escolheram o horário das 20h às 21:50h, para realização das aulas síncronas, sendo também da preferência dos mesmos realizar os encontros de segunda a quinta-feira por duas semanas, e de segunda a quarta-feira na última semana totalizando assim as onze aulas.

Utilizou-se os seguintes instrumentos para a constituição dos dados da pesquisa:

- ✓ Questionário inicial: a fim de recolher informações sobre os conteúdos relacionados à temática abordada;
- ✓ Mapa mental: para verificar a relação que os alunos estabelecem sobre o tema explanado;
- ✓ Problematização: para analisar os conhecimentos e soluções a serem utilizadas em determinadas situações;
- ✓ Diário de campo da pesquisadora, na qual realizou-se registros da participação dos alunos nas aulas síncronas, bem como suas impressões como aplicadora, o que conveio de base para a compor o relato de experiência apresentado na presente dissertação.

Entre os métodos de análise de dados utilizados nas pesquisas de natureza qualitativa, destacam-se o de análise de conteúdo e o de análise de discurso. Para realização da análise do material coletado nesta dissertação utilizou-se a análise de conteúdo.

Em concordância com Bardin (2004), a investigação de conteúdo fundamenta-se num conjunto de técnicas de análise das comunicações, que pretende, através de procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, alcançar indicadores quantitativos ou não, que permitam a conclusão de conhecimentos pertinentes às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) das mensagens. Para esta autora a análise *de* conteúdo apresenta as seguintes etapas no seu processamento: pré-análise, descrição analítica, interpretação referencial.

Apontando cada etapa da análise Bardin (2004, p. 89), esclarece da seguinte forma:

1) *Pré-análise*: nesta etapa, o pesquisador vai realizar a "escolha dos documentos a serem submetidos à análise, a formulação das hipóteses e dos objetivos e a elaboração de indicadores que fundamentem a interpretação final";

2) *Descrição analítica*: o material é submetido a um estudo aprofundado orientado pelas hipóteses e pelo referencial teórico. Procedimentos como a codificação, a categorização e a classificação são básicos nesta fase. Buscam-se sínteses coincidentes e divergentes de ideias;

3) *Interpretação referencial*: a reflexão, a intuição com embasamento nos materiais empíricos estabelecem relações, aprofundando as conexões das ideias. Nessa fase, o pesquisador aprofunda sua análise e chega a resultados mais concretos da pesquisa.

4.1 Proposta de Ensino apresentada como Produto Educacional

O trabalho pretende focar e expor uma proposta, de forma que se pesquisem conteúdos de Física englobando a Acústica. O trabalho focou no conteúdo de Física, porém aponta-se aqui a possibilidade de se realizar a interdisciplinaridade, que pode ocorrer com a matéria de Biologia, na parte que explana brevemente a estrutura do ouvido humano. Esse apontamento vem mostrar a possibilidade de realização do trabalho de forma interdisciplinar mesmo diante do histórico que traz à tona a dificuldade de correlacionar os conceitos estudados em Física com outras disciplinas.

As autoras Mozena e Ostermann (2016), destacam a dificuldade no que se refere às discussões e debates sobre a interdisciplinaridade em relação à Base Nacional Curricular Comum – BNCC indicam que no campo da Física, “a interdisciplinaridade está completamente ausente e inviabilizada, embora ela seja instituída em lei pelas Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica (2010) e as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (2012)” (MOZENA; OSTERMANN, 2016, p. 331).

A proposta em sua estrutura organizou-se em três módulos para ser executada. Para tanto foi necessário utilizar-se de recursos tecnológicos organizando-os no *Google Classroom*, utilizando-se de *Google Forms*, aulas via *Google Meet*, realizando as aulas de forma síncronas e assíncronas. Todos os exercícios a serem realizados foram disponibilizados no *Google Classroom*, onde os alunos deveriam acessar para realizar os mesmos. No quadro 5.1, disponível na página 54, apresenta-se a organização dos módulos, tema a ser abordado e a quantidade de aulas. Toda aula era iniciada de acordo com o conhecimento pelos alunos apresentado, mediante a resolução de exercícios, que eram passados aos mesmos como supracitado, de forma síncrona e assíncrona.

4.2 A Sequência Didática

A Sequência Didática (SD) é uma metodologia educacional que possui procedimentos que auxiliam a aprendizagem. Assim essa sequência se constitui por uma série de atividades que conduzem a um objetivo, sendo que gradativamente se ampliam os níveis de cognição e dificuldade com o intuito de direcionar o aluno na construção do seu conhecimento. Zaballa (1998) define SD como “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos, tanto pelos professores como pelos alunos” (ZABALLA, 1998, p.18).

Desta forma a SD refere-se a uma metodologia de planejamento de aulas que versa uma série ordenada e articulada de atividades. Geralmente o primeiro componente a ser identificado é o tipo de ordem em que irá se propor as atividades. No segundo passo o professor mediante suas intenções do processo de aprendizagem determina o tipo de sequência de atividades a serem utilizadas. Esses passos auxiliam o professor se organizar com maior facilidade tanto na escolha do que deseja construir, quanto ao conteúdo de aprendizagem, o que determina de que forma ocorrerá esse processo.

Em suas pesquisas Leach *et al* (apud FIRME, AMARAL E BARBOSA, 2008) encontraram indícios que sequências didáticas instigam um melhor desempenho dos estudantes comparando-os a métodos tradicionais de ensino. O uso de sequências didáticas para trabalhar conceitos de física se torna em uma ferramenta útil, porém, é imprescindível que atividades sejam bem estruturadas e planejadas pelo professor, visto que ele é o mediador de todo o processo de ensino-aprendizagem.

Méheut (2005 apud PEREIRA e PIRES, 2012) defende que na elaboração dessas atividades o professor precisa se atentar ao conteúdo a ser explorado, características cognitivas dos alunos, motivação para a aprendizagem e planejamento para a aplicação da atividade. Nesta perspectiva cabe ao professor perceber a forma que cada tem de trabalhar e no procedimento de aplicação desta metodologia talvez se faça necessário realizar modificações.

Assim sendo é significativo que o professor conheça e se utilize dos conhecimentos prévios do aluno, pois, de acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980), ao conhecer as concepções que as pessoas trazem de suas vivências, o

professor constitui um material mais rico e apropriado, que irá fundamentar toda a Sequência Didática para transformar meras informações em saber científico.

4.3 Avaliação e sua Importância no Processo de Ensino

Dentro do contexto do processo do ensino escolar se faz presente a avaliação da aprendizagem. Contudo há várias concepções de ensino e aprendizagem, sendo imprescindível entendê-las, pois cabe ao professor não apenas saber a teoria referente às concepções, mas utilizá-las na sua prática diária.

Na Aprendizagem Significativa a avaliação é realizada simultaneamente ao processo de ensino, ou seja, de acordo com os princípios indicados por Ausubel devem, com vistas a favorecer o processo de aprendizagem do aluno, permear todo o ensino, sendo oportunizadas em diferentes momentos e situações (LEMOS, 2006).

Tais preocupações são essenciais para que o aluno de forma paulatina vá consolidando o conhecimento aprendido. Finalmente, a avaliação que, mesmo estando presente em todas as etapas que lhe precedem, finaliza o processo indicando se o objetivo - Aprendizagem Significativa do aluno - foi alcançado e se as estratégias e recursos adotados foram propícios. Ou seja, a avaliação final está vinculada ao processo, com a aprendizagem do aluno e com a qualidade do ensino que foi desenvolvido. A avaliação é primordial em todas as etapas do ensino, ou seja, no início, no meio e no fim e “significa emitir um julgamento de valor ou mérito, examinar os resultados educacionais para saber se preenchem um conjunto particular de objetivos educacionais” (AUSUBEL *et al*, 1980, p.501).

Destarte a avaliação utilizada apenas para classificação formal e não para analisar a competência de aprendizagem do aluno se faz ineficiente. Ausubel ressalta a avaliação como aspecto principal para a melhoria da aprendizagem em sala de aula, visto que esta possibilita verificar os conceitos que o aprendiz já sabe antes da concretização do ensino, acompanhar e aperfeiçoar a evolução da aprendizagem e verificar se os objetivos foram obtidos, assim como se a organização dos assuntos e as estratégias utilizadas foram as mais eficazes e pertinentes.

A avaliação na TAS foi introduzida por Novak (1981, p.9) como um dos elementos ensino-aprendizagem. Para que o professor tenha conhecimento sobre o que o aluno aprendeu é pedido a este para explicar o que compreendeu. Essa é a avaliação do conhecimento. O conhecimento aprendido de maneira significativa tem

a probabilidade de ser transportado para outras aprendizagens. A avaliação da aprendizagem requer indicadores de Aprendizagem Significativa. Não somente o aluno, mas o ensino, o currículo e o conteúdo devem ser avaliados.

5 RELATOS DA EXPERIÊNCIA E ANÁLISE DOS DADOS

Este relato de experiência objetiva discorrer sobre a aplicação da Sequência Didática (SD), apresentando o levantamento de dados dos quais foram coletados por meio de atividades realizadas pelos alunos, a fim de realizar uma análise interpretativa. Conforme metodologia supracitada a análise realizou-se por meio de Pesquisa Qualitativa.

Para a implementação do produto educacional escolheu-se a turma do 3º ano A, do período matutino, de uma instituição pública da cidade de Cidade Gaúcha – PR denominada Colégio Estadual Marechal Costa e Silva – EFM. A referida turma constitui-se de 36 alunos e foi escolhida desde o ano anterior para se aplicar a SD, por ser uma turma participativa e muito aplicada, os alunos se mostram copiosamente interessados em aprender sempre mais, comportamento este que vem de encontro com o exposto por Santos (2008) quando elenca questões sobre a Aprendizagem Significativa dizendo que “a aprendizagem somente ocorre se quatro condições básicas forem atendidas: a motivação, o interesse, a habilidade de compartilhar experiências e a habilidade de interagir com os diferentes contextos” (SANTOS, 2008, p. 33).

No ano anterior foi trabalhado com a turma os conceitos de ondulatória, porém não foi possível explorar o conteúdo referente ao estudo da Acústica. Ao iniciar o decorrente ano letivo a referida turma sequencialmente passou a cursar o terceiro ano do Ensino Médio e como todo início de ano realiza-se uma retomada de conteúdos referentes aos explanados no ano anterior, optei em retomar o conteúdo acerca de Ondulatória através da aplicação do produto educacional aqui apresentado.

A participação dos alunos, serão aqui relatadas por dias de aula, assim com vistas a preservá-los os mesmos serão denominados como aluno: N1, N2, N3 e desta forma sucessivamente. Como acima citado os alunos são participativos e muito assíduos nas aulas síncronas, as quais aconteceram no período noturno, a partir das 20 horas. A escolha referente ao horário e período de realização das aulas foi opção dos alunos visando maior participação. A aplicação das aulas ocorreu durante duas semanas, o planejamento foi elaborado com conteúdo a ser explorado em aula com duração de 50 minutos, porém algumas aulas ultrapassaram esse tempo, devido à participação ativa de alguns alunos que buscam ampliar seus conhecimentos que neste caso se deram por meio de perguntas.

O sistema educacional sofreu modificações no ano de 2020 e 2021, devido à pandemia da COVID-19. A presença desse vírus de alto grau de contágio forçou a tomada de medidas imediatas das quais em primeira instância suspenderam as aulas presenciais o que gerou a necessidade de buscar novas formas de realizar o ensino. Desta forma aderiu-se ao ensino remoto, sendo necessário que alunos e professores se adaptassem e aprendessem a trabalhar com limitações nessa desigualdade que ocorre nas turmas.

De acordo com essa nova realidade por meio do ensino remoto foram implementadas as atividades síncronas e assíncronas do Produto Educacional em questão. Para efetuar os encontros síncronos e assíncronos se fez uso da plataforma gratuita virtual do *Google Classroom* que disponibiliza suportes que foram utilizados dentre eles o *Google Meet*, tais ferramentas tecnológicas permitem a interação entre professor e aluno, bem como possibilita a organização do trabalho de forma prática, visto que o acesso aos mesmos pode ser feito tanto pelo computador quanto por dispositivos móveis. O *Google Classroom* ou a Sala de Aula do *Google* possibilita a realização de aulas virtuais. O *Google Meet* é uma ferramenta que permite a realização de encontros online facilitando a comunicação.

Neste processo de ensino que ocorreu assumindo caráter a distância fez valer-se o que pontua Behrens (2000, p. 99) “A internet é hoje uma ferramenta indispensável no processo de ensino e aprendizagem, pois ela proporciona uma interação efetiva entre professores e alunos, possibilitando assim novas propostas de trabalho”.

Os conteúdos foram pautados nas Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná, bem como na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) foram organizados de acordo com o que dispõe o currículo para a etapa do Ensino Médio.

A Sequência Didática organizou-se em 3 módulos de forma que o aluno se aproprie de conhecimentos físicos científicos, com vistas a possibilitar o que descreve Moreira (1988) quando diz que “o ser humano adquire conhecimentos por enfatizar significados e promover uma aprendizagem não-memorística, não mecânica” (Moreira, 1988, p. 43).

Quadro 1 - Organização da Sequência Didática em Acústica.

Módulo	Tema	Número de aulas.
1	Introdução ao estudo da Ondulatória.	5 aulas

2	Introdução ao estudo do Som.	3 aulas
3	Reflexão do Som	3 aulas

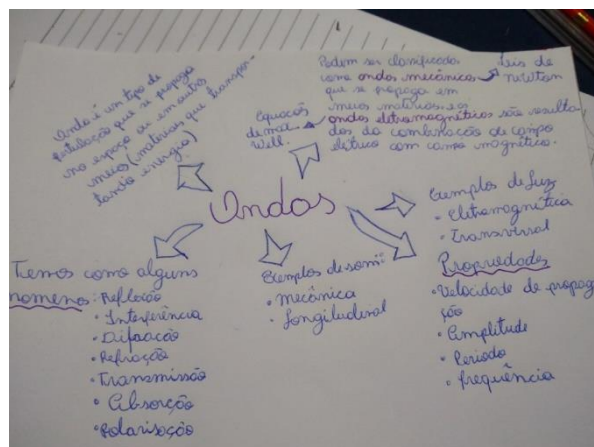
Fonte: Autoria própria (2021).

É importante esclarecer que neste trabalho mesmo sendo realizado em uma turma muito participativa, não foi possível atingir 100% dos alunos, pois alguns deles realizaram atividades impressas devido à pandemia.

O 1º módulo foi dividido em cinco aulas sobre a Introdução ao estudo da Ondulatória³.

A 1ª aula ocorreu numa quinta-feira, dia 04/03/2021 às 20 horas. Esta primeira aula se deu de forma síncrona, com um período de duração de 50 minutos. Iniciei o trabalho passando aos alunos como construir um mapa mental, alguns deles me disseram que já conheciam e sabiam como fazer o mapa, pois eram utilizados em outras disciplinas. Ao realizar a montagem da professora juntamente com os alunos sobre um mapa de “ondas”, senti que alguns alunos tinham muitas dificuldades em lembrar os conceitos físicos de Ondulatória, assim, deixei livre caso alguém optasse por outro tema para elaboração do mapa mental, e assim ocorreu. Os alunos foram bem participativos na confecção do mapa mental, do qual eles mesmos foram dando ideias e falando o que era para ser escrito no mapa, enquanto isso a aluna N22 se prontificou em escrever o mapa mental e compartilhou com a turma através *Classroom*.

Imagem 1 - Mapa mental realizado pela aluna N22



Fonte: Aluna N 22 (2021).

³ Se tratando de um Relato de Experiência, esta parte do texto foi redigida na primeira pessoa do singular.

No segundo momento da aula, foi apresentado o produto educacional para os alunos, sendo expostos os objetivos da proposta de trabalho, bem como as atividades que seriam realizadas. Foquei bastante na importância da participação dos mesmos para o sucesso da implementação.

Na fala dos alunos N7 e N13, fica evidente que não lembram muito do conteúdo abordado no terceiro trimestre do ano anterior sobre ondulatória.

“Professora! Eu não lembro de ter estudado isso de Ondas” (Aluno N7).

“Eu lembro de ter estudado no final do ano, mais sobre o Som eu não lembro muita coisa” (Aluno N13).

Como fui professora dessa turma no ano anterior foi possível perceber certo desânimo de ter que assistir a vídeo aulas e depois fazer trabalhos, onde também percebi que eles acessavam a internet e simplesmente copiavam as respostas, esse procedimento a meu ver não gera uma boa aprendizagem. Em contrapartida nesta sala temos excelentes alunos que ao mostrar o trabalho a ser implementado ficaram eufóricos.

“Prof, estou doida para participar das aulas vai ser um máximo, adoro estudar vai ser diferente do que estamos acostumados” (ALUNA N27).

Na 2ª aula de maneira assíncrona disponibilizamos para os alunos no dia 05/03/2021, sexta-feira, um questionário inicial contendo 16 questões, ao qual os alunos teriam que responder e postar novamente na plataforma para análise. O questionário foi aplicado com a finalidade de verificar o nível dos alunos mediante conhecimentos prévios num âmbito geral da Ondulatória e Acústica (Som).

O questionário consiste em questões afirmativas nas quais os alunos deveriam responder assinalando as seguintes opções: concordo plenamente, tenho dúvidas e discordo plenamente.

No quadro 5.2 apresenta-se os resultados obtidos através do questionário inicial aplicado aos alunos. Na primeira coluna temos o enunciado da questão, na segunda coluna estão as alternativas disponíveis para cada questão como opção de resposta e segue em destaque negrito a alternativa correta. Na terceira coluna apresentamos o percentual e a quantidade de alunos que responderam em cada questão.

Quadro 2 - Organização do Questionário Inicial

Questões	Alternativas	Questionário Inicial Percentual
1- Você já ouviu falar sobre o conteúdo de ondulatória em suas aulas?	a) Muitas vezes	17 (45,9%)
	b) Nunca	3 (8,1%)
	c) Às vezes	17 (45,9%)
2- No contexto da física, uma onda é basicamente um movimento causado por uma perturbação	a) Concordo plenamente	32 (86,5%)
	b) Tenho dúvidas	5 (13,5%)
	c) Discordo plenamente	0
3- Em uma onda transversal, os pontos do meio em que ela se propaga vibram perpendicularmente à direção de sua propagação.	a) Concordo plenamente	18 (48,6%)
	b) Tenho dúvidas	18 (48,6%)
	c) Discordo plenamente	1 (2,7%)
4- Uma onda eletromagnética não depende de um meio material para se propagar	a) Concordo plenamente	24 (63,2%)
	b) Tenho dúvidas	3 (7,9%)
	c) Discordo plenamente	11(28,9%)
5- Uma onda percorre a distância de um comprimento de onda no intervalo de tempo igual a um período	a) Concordo plenamente	20 (52,6%)
	b) Tenho dúvidas	17 (44,7%)
	c) Discordo plenamente	1 (2,6%)
6- O período é o tempo necessário para que uma onda efetue um ciclo completo	a) Concordo plenamente	28 (73,7%)
	b) Tenho dúvidas	9 (23,7%)
	c) Discordo plenamente	1 (2,6%)
7- Uma onda mecânica depende de um meio material para se propagar.	a) Concordo plenamente	30 (78,9%)
	b) Tenho dúvidas	4 (10,5%)
	c) Discordo plenamente	4 (10,5%)
8- A frequência medida em Hertz é o número de oscilações que uma onda realiza em 1 segundo.	a) Concordo plenamente	26 (68,4%)
	b) Tenho dúvidas	11 (28,9%)
	c) Discordo plenamente	1 (2,6%)
9- Ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo.	a) Concordo plenamente	26 (70,3%)
	b) Tenho dúvidas	9 (24,3%)
	c) Discordo plenamente	2 (5,4%)
10- Uma onda transporta energia.	a) Concordo plenamente	33 (89,2%)
	b) Tenho dúvidas	2 (5,4%)
	c) Discordo plenamente	2 (5,4%)

11- O Som é uma onda mecânica	a) Concordo plenamente	32 (86,5%)
	b) Tenho dúvidas	3 (8,1%)
	c) Discordo plenamente	2 (5,4%)
12- O nome do ponto mais alto de uma onda é crista.	a) Concordo plenamente	29 (76,3%)
	b) Tenho dúvidas	8 (21,1%)
	c) Discordo plenamente	1 (2,6%)
13- O funcionamento de rádio, tv e celulares ocorre por meio da transmissão de informação. Essa transmissão de informação se propaga por meio de ondas eletromagnéticas.	a) Concordo plenamente	31 (81,6%)
	b) Tenho dúvidas	5 (13,2%)
	c) Discordo plenamente	2 (5,3%)
14- Na história da Ondulatória Euclides, um grego, define que a altura do Som aumenta com o número de movimentos (choques) produzidos.	a) Concordo plenamente	21 (55,3%)
	b) Tenho dúvidas	15 (39,5 %)
	c) Discordo plenamente	2 (5,3%)
15- Robert Boyle (1627 – 1691), através de experimentos demonstrou que o Som é uma onda que precisa de um meio material para se propagar.	a) Concordo plenamente	25 (65,8%)
	b) Tenho dúvidas	8 (21,1 %)
	c) Discordo plenamente	5 (13,2%)
16- As crianças de um sítio com a mangueira de jardim brincando em um dia ensolarado, dizem que conseguem produzir ondas mecânicas com essa mangueira.	a) Concordo plenamente	19 (50 %)
	b) Tenho dúvidas	17 (44,7 %)
	c) Discordo plenamente	2 (5,3%)

Fonte: Autoria própria (2021).

Através deste questionário inicial consideramos que os alunos apresentaram um bom conhecimento prévio, de forma geral, sobre o tema abordado em Ondulatória, uma vez que a maioria assinalou a opção de concordo plenamente. No entanto, uma parte dos alunos da sala não lembravam os conteúdos explanados no ano anterior, assinalando a opção tenho dúvidas e ainda, alguns alunos apresentaram insegurança

ao responder as questões 3, 5, 14 e 16. Em contrapartida daqueles alunos que demonstraram ter algum conhecimento, outros discordaram das afirmativas acima, demonstrando pouco conhecimento no tema abordado. Mesmo com variações nas respostas considerou-se que ocorreu uma coleta de dados positiva.

Na 3^a e 4^a aula, adveio de forma síncrona realizada no dia 08/03/2021, segunda-feira, na qual os alunos foram convidados a responderem a seguinte problematização:

1- Com o decorrer dos anos a Ondulatória tem ocupado um espaço cada vez maior em nossas vidas. Em quais situações do seu dia a dia a Ondulatória está presente?

Aqui obtivemos as seguintes respostas:

“Quando ligo algum aparelho que faz Som, uso do microondas, acender e desligar luzes e etc...” (Aluno N5).

“Em várias situações, como o Som, a Luz, também tem as ondas eletromagnéticas que estão em todos os lugares” (Aluno N16).

“A Ondulatória no meu dia a dia está presente através da televisão que assisto, no rádio quando escuto músicas, no micro-ondas quando faço pipoca” (Aluno N32).

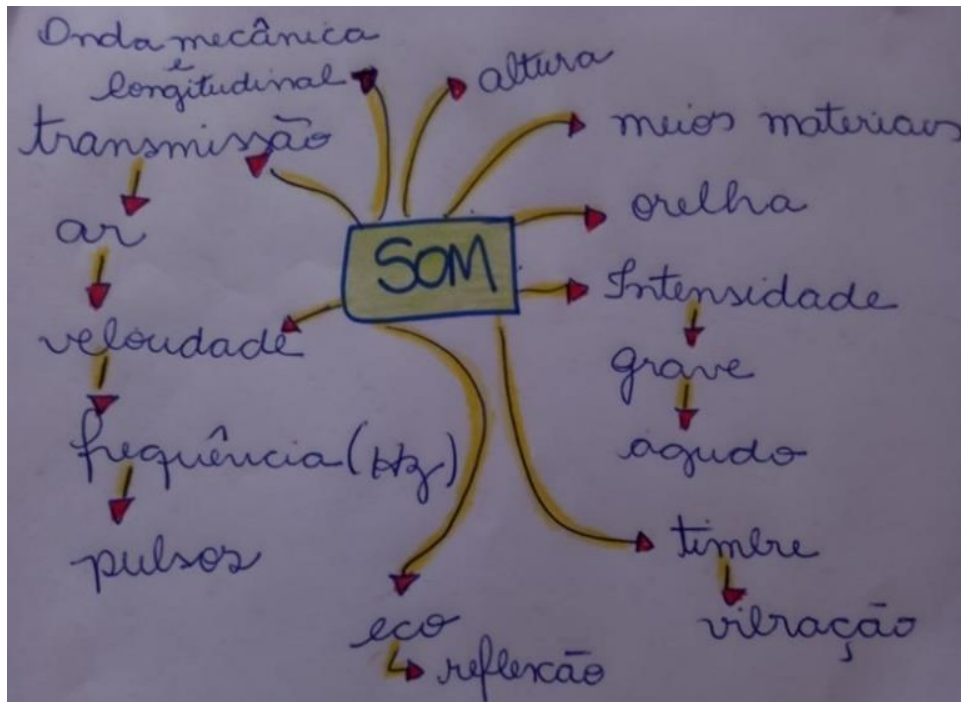
“A Ondulatória está presente na recepção de ondas em meu aparelho celular, televisor... para a recepção de ondas eletromagnéticas. As ondas mecânicas são formadas quando tocamos um instrumento e coisa do tipo” (Aluno N29).

Nesta problematização averiguamos que os alunos apresentam conhecimentos significativos relacionando-os ao seu cotidiano. Contudo nem todos os alunos deram respostas adequadas ou contundentes a respeito de situações do seu dia a dia envolvendo a Ondulatória. Isso demonstra falta de apropriação para com o conhecimento científico.

Em seguida, pedi que os alunos elaborassem um mapa mental sobre o tema Som! Eles me olharam e de cara alguns disseram: “*eu não lembro muita coisa sobre Som*”, então disse a eles para que colocassem o tema na folha sulfite e escrevessem o que viesse a sua mente, e assim, foram realizando as anotações como: altura, música, timbre, velocidade do Som, dentre outras informações. Posteriormente solicitei que apresentassem seus mapas através do vídeo na aula via *Google Meet*. Após esse momento de apresentação, professora juntamente com alunos iniciaram a confecção de um novo mapa mental de forma coletiva, contendo as informações obtidas por eles durante a aula. O mapa mental abaixo corresponde ao produzido de

forma coletiva, o qual a aluna N15 realizou-o em sua casa e encaminhou via plataforma online.

Imagem 2 - Mapa mental realizado de forma coletiva, apresentado pela aluna N15.



Fonte: Aluna N15 (2021).

Salientando sobre a importância da utilização do mapa mental para a construção de conceitos científicos, cabe considerá-lo como habilidade que auxilia os alunos além de compreender, relacionar informações e atribuir significado ao que estudaram. Para Daros (2018), o mapa mental é uma estratégia de memorização de conteúdo, porque possibilita registrar de forma hábil resumos sintéticos de matérias, que podem ser ligeiramente revistos, caso seja necessário em situações posteriores.

Para contribuir com o diálogo entre alunos e professora, bem como a explanação do tema, exibimos aos alunos o vídeo “Ondulatória e seus meios de propagação” com o tempo de 3 minutos. Notou-se que com a visualização do vídeo primeiramente na íntegra, os alunos obtiveram um maior entrosamento e contextualização, assim apresentou-se o vídeo uma segunda vez e fomos pausando e explicando mais compassivamente suas partes.

Foi ainda, disponibilizado durante a aula os exercícios abaixo, dos quais estipulou-se o tempo de 15 minutos para que os alunos efetivassem a resolução,

passado esse tempo a professora realizou a correção juntamente aos alunos. Os exercícios 1, 2 e 3 apresentam-se com a resposta correta destacada em negrito.

Exercícios de aula

1- A respeito da classificação das ondas, marque as alternativas que forem VERDADEIRAS:

a) As ondas classificadas como longitudinais possuem vibração paralela à propagação. Um exemplo desse tipo de onda é o Som. **Verdadeira**

b) O Som é uma onda mecânica, longitudinal e tridimensional. **Verdadeira**

c) Todas as ondas eletromagnéticas são transversais.

d) A frequência representa o número de ondas geradas dentro de um intervalo de tempo específico. A unidade Hz (Hertz) significa ondas geradas por segundo. **Verdadeira**

e) Quanto à sua natureza, as ondas podem ser classificadas em mecânicas, eletromagnéticas, transversais e longitudinais.

2- (UNISINOS) Para evitar acidentes e oferecer mais segurança nas viagens, locomotivas da RFFSA passam a usar, a partir de março do ano passado, um sistema inédito de comunicação via micro-ondas (Zero Hora, 10/09/93). As micro-ondas, amplamente utilizadas nas telecomunicações, são ondas.....com frequênciado que as ondas luminosas. As lacunas são corretamente preenchidas, respectivamente, por:

a) mecânicas; maior

b) mecânicas; menor

c) sonoras; maior

d) eletromagnéticas; menor

e) eletromagnética; maior

3- (UFRS) Classifique cada exemplo de onda (coluna da direita) de acordo com o tipo correspondente (coluna da esquerda).

1- longitudinal

2- transversal

() ondas sonoras

() ondas de rádio

() onda em uma corda de violão.

A sequência de números que estabelece as associações correta na coluna da direita, quando lida de cima para baixo, é:

a) 1 - 2 - 2

b) 1 - 1 - 2

c) 2 - 1 - 2

d) 1 - 2 - 1

e) 2 - 1 - 1

Obtemos os dados gráficos através dos Formulários *Google*, no qual os alunos tinham apenas uma opção para responder as questões. Logo, no primeiro exercício analisamos que os alunos obtiveram uma ótima assimilação teórica para realizar a classificação das alternativas verdadeiras.

Gráfico 1 - Gráfico apresentando em porcentagem as respostas dos alunos no exercício 1.



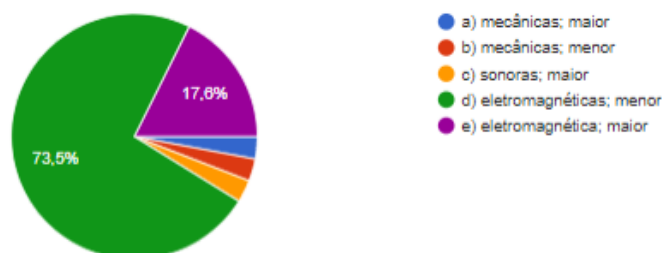
Fonte: Autoria própria (2021).

Na segunda questão consideramos um número expressivo de 73,5% de acerto, sinal que os alunos conseguiram potencializar seus entendimentos sobre a natureza da onda, bem como suas classificações.

Gráfico 2 - Gráfico apresentando em porcentagem as respostas dos alunos no exercício 2.

2- (UNISINOS) Para evitar acidentes e oferecer mais segurança nas viagens, locomotivas da RFFSA passam a usar, a partir de março do ano passado, um sistema inédito de comunicação via micro-ondas (Zero Hora, 10/09/93). As micro-ondas, amplamente utilizadas nas telecomunicações, são ondas com frequência do que as ondas luminosas. As lacunas são corretamente preenchidas, respectivamente, por:

34 respostas



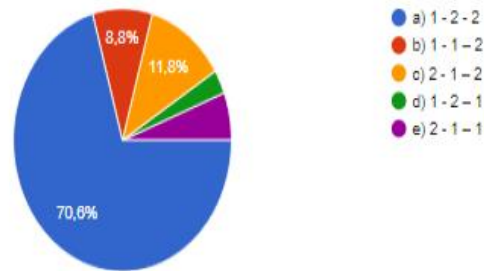
Fonte: Autoria própria (2021).

Na terceira questão com intuito de verificarmos a assimilação e definição teórica, os alunos apresentaram resultado surpreendente de 70,6% de acertos na classificação de exemplos de onda.

Gráfico 3 - Gráfico apresentando em porcentagem as respostas dos alunos no exercício 3.

3- (UFRS) Classifique cada exemplo de onda (coluna da direita) de acordo com o tipo correspondente (coluna da esquerda). 1- longitudinal 2- transversal () ondas sonoras () ondas de rádio () onda em uma corda de violão. A sequência de números que estabelece as associações correta na coluna da direita, quando lida de cima para baixo, é:

34 respostas



Fonte: Autoria própria (2021).

Na 5ª aula, ocorrida de forma assíncrona, solicitamos aos alunos que respondessem à questão: 1- O que você aprendeu na aula sobre introdução de Ondulatória? A fim de analisarmos as respostas como avaliativa, no entanto 28 alunos realizaram a devolutiva da questão respondida. Expomos logo abaixo algumas respostas dos alunos.

“Ondulatória é a parte da física que estuda ondas, aprendi que existem variações de ondas, como a dos sons, dos mares, etc.” (Aluno N18).

“Sobre a classificação das ondas em: Ondas mecânicas, eletromagnéticas, material. Além disso, aprendi as formas de propagação em Ondas longitudinais, e mistas. Assim, por meio dessa aula lembrei como a Ondulatória está aplicada no meu dia a dia. Que existem variações de ondas, como a dos sons, dos mares, etc.” (Aluno N36).

“Que as ondas têm várias propriedades, como natureza, amplitude, frequência...” (Aluno N9).

Para o módulo 2 estudamos a Introdução ao estudo do Som. Abordando como ouvimos o Som e suas qualidades fisiológicas, ressaltando a importância do Som.

Na 6ª aula remota assíncrona, visto que nas aulas sempre puxamos um gancho para relacionar as vivências diárias aos conteúdos ensinados aproveitei para uma reflexão no cuidado com a própria saúde, assim os alunos leram e responderam a seguinte problematização: Os conhecimentos físicos podem ser utilizados como critérios para compreensão de aspectos de uma vida saudável. Então, qual é a relação do Som com a sua saúde auditiva. Selecionei no banco de dados a resposta

de três alunos, as quais elenquei como pertinente. No entanto 21 alunos responderam a problematização de forma muito satisfatória.

“Minha relação com minha saúde auditiva está relativamente boa, pois evito usar fones de ouvido, porque sinto minha cabeça doer se fico muito tempo com eles, principalmente no volume máximo, porém uso apenas o tanto que é permitido para não ter problemas. Apesar de que as vezes naturalmente deixo o volume da TV um pouco mais alto e às vezes exagero” (Aluno N31).

“Costumo usar fones de ouvidos, fones esses que se usados com volume alto ou constantemente por longos períodos causam a impressão do Som que vem de outra fonte estar mais baixo do que antes. Fones de ouvidos se usado de forma extrema ou não moderada pode causar problemas ou até a perda total da audição” (Aluno N25).

“Na minha opinião tem sons que podem nos tranquilizar, ficar calmo, alegre, muito simpático, pois os sons vão nos influenciar” (Aluno N8).

Vale ressaltar, que os alunos nessa atividade em geral apresentaram um conhecimento mais elevado e potencializado em suas respostas, cremos que por tal conteúdo sobre a saúde auditiva já ter sido trabalhado em anos anteriores nas aulas de Biologia e também devido estarmos sempre cobrarmos deles o uso não excessivo de fones de ouvido e celulares no Colégio. O colégio tem um projeto de estar trazendo palestras de conscientização com temas relevantes e este tema já foi abordado em palestra pela instituição.

Verifica-se que o vídeo pode ser um instrumento metodológico facilitador, vindo auxiliar a compreensão e interpretação dos alunos desde que devidamente de acordo com a aula. Pensando nisso, disponibilizamos para os alunos na plataforma *Classroom* o *link*⁴ de um vídeo curto de 6 minutos intitulado “A natureza do Som e o ouvido humano”, para que com base no vídeo trouxessem na próxima aula suas dificuldades e dúvidas.

Na 7ª aula sucedida de forma síncrona, realizada no dia 10/03/2021, foi iniciada com a professora fazendo intervenções referentes à aula anterior, que ocorreu de forma assíncrona, na qual os alunos responderam a problematização e disseram não ter dúvidas. Questionados sobre o vídeo “A natureza do Som e o ouvido humano” os alunos fizeram os seguintes comentários:

“Gostei muito” (Aluno N1).

⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=wsCII5ehL0c>

“Com o vídeo professora, ficou fácil fazer a ligação das nossas respostas com as teorias” (Aluno N15).

Na sequência da aula apresentamos aos alunos um simulador do PHET – Colorado⁵ permitindo realizar as simulações bem como visualizar as ondas sonoras. Fomos ajustando as frequências, volume e conteúdo harmônico, assim, os alunos conseguiram ver e ouvir como as ondas se alteram conforme realizamos as mudanças no simulador. Desta forma os alunos puderam observar a professora realizar a manipulação do simulador, depois disponibilizou-se o *link* para eles, de forma que os mesmos também pudessem efetivar suas alterações e a partir destas realizar suas observações e anotações com base nas alterações apresentadas no simulador a respeito do estudo de ondas sonoras. Após os alunos manipularem o simulador realizamos a seguinte atividade.

Atividade com simulador com as seguintes perguntas

Passos:

1 - Escolha no simulador ouvir uma única fonte, depois vá alterando a amplitude e frequência e siga observando as alterações que acontecem nas ondas formadas. Registre as alterações que percebeu.

2 - Selecione no simulador interferência entre duas fontes. Selecione ainda a amplitude e a frequência das ondas. Veja o que acontece.

Compare o que acontece em ambas as simulações.

⁵ PHET é um programa da Universidade do Colorado (EUA), que pesquisa e desenvolve simulações na área de ensino de ciências e as disponibiliza em seu portal, para serem usadas on-line ou serem baixadas gratuitamente pelos usuários.

Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/

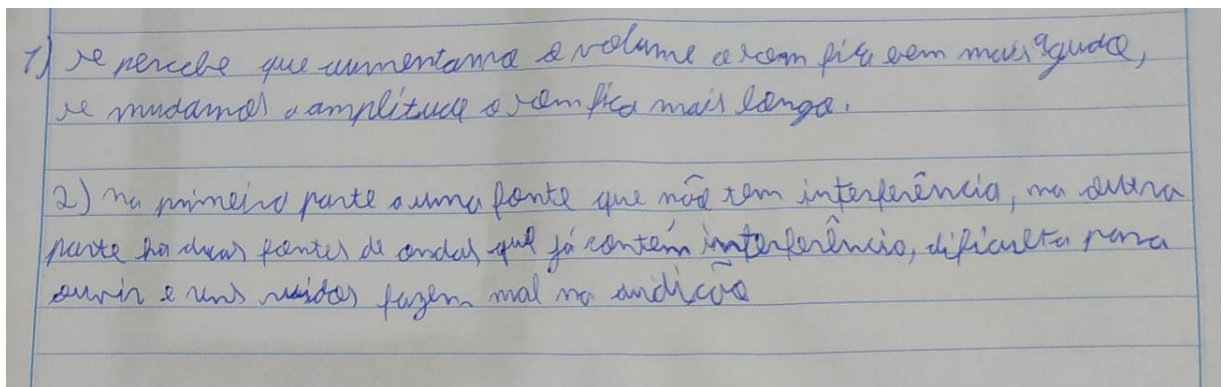
Por sua vez os alunos sempre participativos e engajados foram respondendo durante as aulas as perguntas acima. O aluno N26 respondeu:

1- R: "Quando aumentamos a frequência o Som fica mais Agudo e quando diminuimos ele fica mais Grave. Quando alteramos a amplitude as ondas "aumentam" e o Som tende a ficar mais alto".

2- R: "Se a interferência entre as duas ondas que são de mesma frequência e amplitude a interferência ocorre e percebemos por conta do aumento do volume do Som, o resultado é praticamente o mesmo que do simulado anterior só que mais alto. Agora, o Som gerado de uma fonte de diferente frequência e/ou amplitude da outra fonte: a interferência de quando se juntam e se mesclam, cria um único Som, porém com características de cada um dos dois".

Já o aluno N22 enviou através de imagem suas respostas:

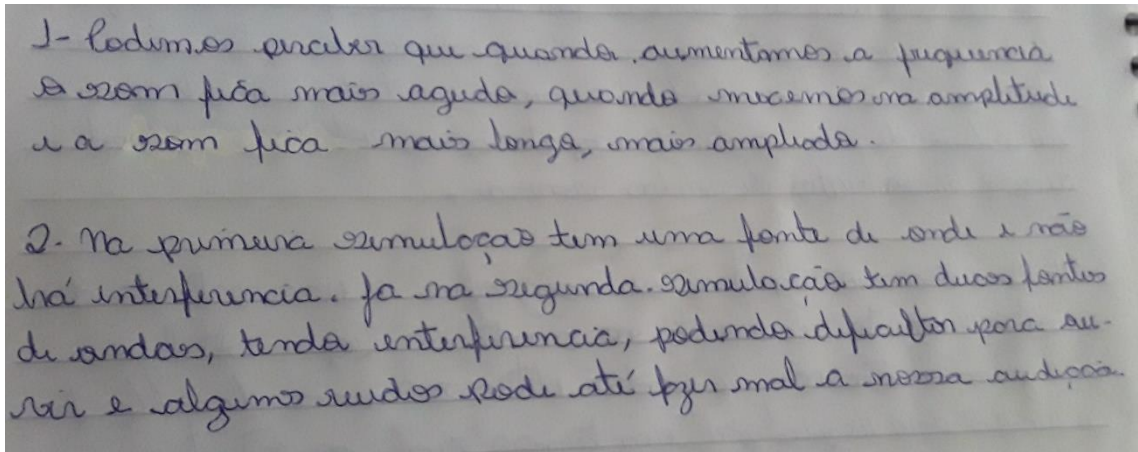
Imagem 3 - Respostas do aluno N22, enviada por imagem na plataforma Classroom.



Fonte: Auno N22 (2021).

Por sua vez o aluno N11 também compartilhou a imagem de suas respostas.

Imagem 4 - Respostas do aluno N11 enviada por imagem na plataforma Classroom.



Fonte: Auno N11 (2021).

Ao analisarmos as respostas dos alunos percebemos que conseguimos alcançar nosso objetivo com a atividade do simulador, pois a maioria dos alunos conseguiram identificar as alterações dos Som ao fazer as modificações no simulador, visualizando assim, os diferentes sons modelados. Os alunos projetaram e determinaram a velocidade, frequência, comprimento de onda e interferência através da atividade. A partir das comparações concretizadas pelos alunos realizou-se a explanação de interferência.

Diante a intencionalidade de despertar a curiosidade dos alunos, e ajudá-los a conhecer a Física como algo atrativo, mais próximo a eles, utilizamos na 7ª aula como forma de apresentar os conteúdos de forma atrativa as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), apresentando a atividade com uso do simulador do PHET – Colorado, o que resultou em boa interatividade por parte dos alunos e consequentemente um maior envolvimento com o processo de aprendizagem. Neste contexto ressalta-se que a função do uso das tecnologias no âmbito educacional não se restringe apenas como recurso didático, mas sim como um método expansivo que transforma o processo de ensino-aprendizagem (OLIVEIRA e NOGUEIRA, 2007).

Na 8ª aula convidamos os alunos a realizarem uma atividade experimental em casa de maneira individual, com materiais simples e de fácil acesso para todos. Solicitamos que os alunos fotografassem seus experimentos e que enviassem essas fotos através da plataforma Classroom. Selecionamos algumas respostas que foram enviadas pelos alunos:

Aluno N5 postou as seguintes respostas e a imagem da sua experimentação com o sal de cozinha.

1-Como o experimento demonstra que as ondas sonoras sofrem interferência do meio?

R: As ondas sonoras do rádio teve interferência com o sal sobre o plástico filme.

2-Qual a relação do experimento com o nosso corpo?

R: Nossos tímpanos são frágeis e finos com o Som muito alto, eles vão se rompendo pouco a pouco até causar a perda de audição.

3-Quando aumentamos o volume (intensidade sonora) do Som o que acontece com o sal?

R: O sal começa a se movimentar (pular sobre o plástico).

4-E, quando estamos com um fone de ouvido o que acontece quando aumentamos o volume do Som gradativamente?

R: Nossos tímpanos começam a se romper lentamente.

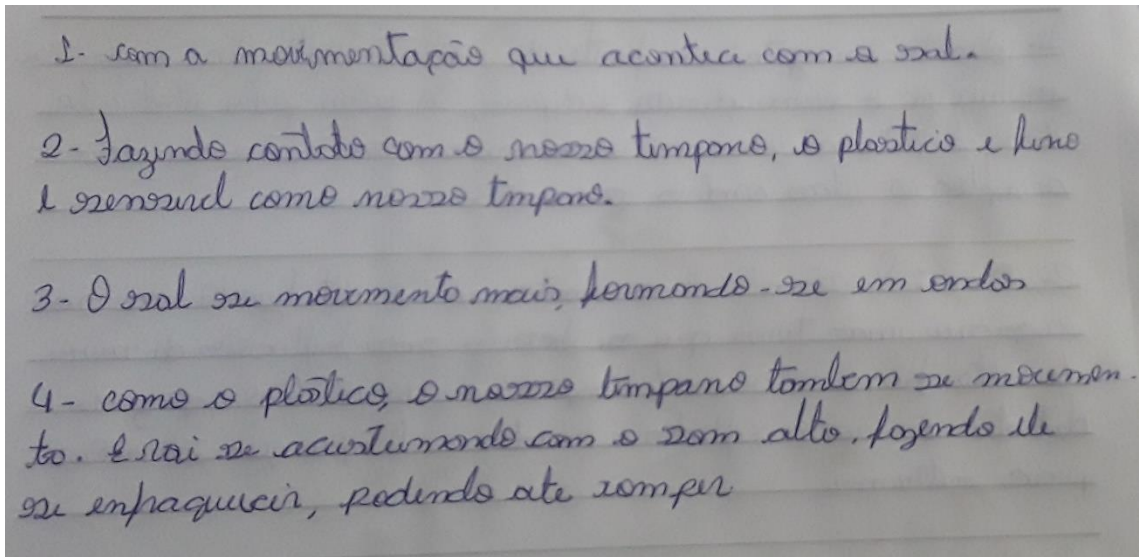
Imagem 5 - Imagem enviada pelo aluno N5 referente à sua experimentação com o sal de cozinha.



Fonte: Auno N5 (2021).

Já o aluno N6 apenas respondeu as questões com suas palavras e não enviou a foto do seu experimento.

Imagem 6 - Imagem enviada pelo aluno N6 contendo as respostas referentes ao experimento.



Fonte: Auno N6 (2021).

O aluno N15 enviou a foto do seu experimento apresentando a imagem inicial e a imagem final demonstrando o que ocorre com a interferência do Som.

Imagem 7 - Imagem enviada pelo aluno N15 contendo a imagem inicial e a imagem final demonstrando o que ocorre com a interferência do Som.



Fonte: Auno N15 (2021).

Esse mesmo aluno ainda participou respondendo às perguntas sobre o experimento, deixando claro seu entendimento sobre o estudo realizado, uma vez que relacionou muito bem o conteúdo ao experimento.

1-Como o experimento demonstra que as ondas sonoras sofrem interferência do meio?

R: Pude perceber que as ondas se mostram pela vibração do sal e do plástico.

2-Qual a relação do experimento com o nosso corpo?

R: A relação entre o nosso corpo e o experimento do Som é que nos mostra como nossos Tímpanos são sensíveis em relação a sons muito altos, rompendo então pouco a pouco a nossa audição.

3-Quando aumentamos o volume (intensidade sonora) do Som o que acontece com o sal?

R: O sal se movimenta sob o plástico muito rápido.

4-E, quando estamos com um fone de ouvido, o que acontece quando aumentamos o volume do Som gradativamente?

R: Conforme a intensidade do Som, os nossos tímpanos vão se rompendo lentamente por conta da intensidade das vibrações obtidas pelo fone de ouvido.

Entendemos ao analisar a atividade experimental feita, que a mesma se constitui como um elemento muito importante no ensino de Física, pois além de discorrer e discutir o conteúdo de Física, o aluno acaba tendo que interagir com a atividade em busca de respostas para as questões, o que estimula e desenvolve habilidades de manuseio. Vemos que a experimentação é essencial para que os estudantes se tornem independentes em suas análises e respostas.

Diante do exposto através do experimento com sal, vemos que o professor lida com o fator sócio-cultural em seu trabalho diário. Conseguir que o conteúdo oferecido seja entendido pelos alunos e estes percebam a sua aplicação no dia a dia, é um dos objetivos centrais do sistema educacional. Nessa perspectiva almeja-se que o aluno reconheça a Física como parte integrante do fazer tecnológico e científico da sua comunidade, assim como de suas relações com o contexto no qual ele está inserido. Falando sobre essa importante questão, discorre-se aqui como propostas em ensino de Física, o que toma o cotidiano como ponto de partida e procura na vivência dos alunos com o mundo físico e tecnológico, os seus temas geradores, objetivando o desenvolvimento das abstrações tão necessárias para a construção e o entendimento dos acontecimentos físicos (Menezes, 1994).

Para a finalização e levantamento de dados dessa aula os alunos responderam a uma questão através do *Google Forms*, com a finalidade de averiguar a relação obtida por eles relativo ao conteúdo de estudo do Som. Lançamos a seguinte pergunta: O que você aprendeu na aula sobre introdução ao estudo do Som? Algumas notas citadas foram:

“Eu aprendi que na introdução ao estudo do Som é uma onda capaz de propagar-se pelo ar e por outros meios a partir da vibração de suas moléculas. E que os sons também são percebidos em nosso aparelho auditivo e os outros animais só que com frequências sonoras diferentes. Possui também amplitude, comprimento da onda velocidade, interferência, absorção, altura, intensidade e o timbre do Som” (Aluno N11).

“Na aula aprendi que o Som é uma onda mecânica que possui a intensidade e frequência necessárias para ser percebida pelo ser humano e que o Som é caracterizado partir de sua intensidade, altura ou timbre. A intensidade está ligada à quantidade de energia transportada pelo Som, a altura está relacionada com a frequência do Som e o timbre corresponde ao conjunto de ondas sonoras que formam um Som. E também os pontos de uma onda: Crista – são aqueles pontos de maior intensidade que formam o topo da onda; Vale – são os pontos de menor intensidade da onda; Nível médio – são os pontos entre as cristas e os vales” (Aluno N29).

Ao analisar as 22 respostas obtidas sobre o Som, chegamos à conclusão que a maioria dos alunos se apropriaram e estabeleceram em suas mentes relações físicas de organização e conceitos aprendidos.

Na 9ª aula, realizada, em 11/03/2021, deu-se início com uma problematização, com vistas a averiguar os subsunçores sobre o fenômeno sonoro da reflexão do Som. As reações dos alunos foram distintas, entre pensativos e falantes. Diante do ocorrido pedi calma, solicitando a eles que primeiramente respondessem com suas palavras a problematização. Você já ouviu falar em eco? Ele pode ser utilizado em nosso favor? E como? Neste contexto as repostas recebidas foram:

“Sim. Sim. Emitindo um Som em que esse Som seja refletido por algum obstáculo” (Aluno N29).

“Já, sim, em pedido de socorro e cantar” (Aluno N10).

De acordo com a indagação realizada pela professora no início da 9ª aula ressalta-se Brito e Fireman (2016), quando apontam que o docente deve lançar questões problemas, que não se limitem a colocar o aluno nas aulas como um espectador. Desta forma, é preciso planejar momentos e situações almejando que os alunos argumentem, reflitam sobre suas afirmações correlacionando-os aos seus conhecimentos, para assim construir conclusões pela troca de experiências em conjunto, desenvolvendo o hábito de trabalhar com contradições, levando-o a alcançar à evolução dos conceitos envolvidos no estudo.

Neste questionamento obteve-se 23 respostas, das quais elencamos as expostas acima, por considerá-las bem diferentes das demais existente no banco de dados da plataforma, visto que os alunos N29 e N10 demonstraram que realmente

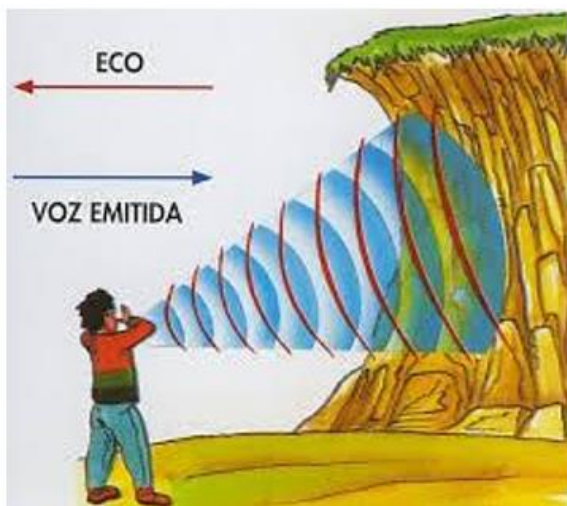
leram e responderam de forma coerente sem frases prontas, demonstrando um entendimento do conteúdo de forma sucinta.

Partindo dessas informações sobre o eco na questão anterior, a professora explanou o terceiro módulo com o tema Reflexão do Som, definindo para os participantes da aula o que é eco, reforço e reverberação.

Os estudantes foram orientados pela professora a analisarem as figuras, para em seguida discutirem as imagens e anotarem suas respostas. Foi observado também que eles trocaram bastante ideias em relação as respostas das imagens, isso tudo acontecendo em aula via *Meet*.

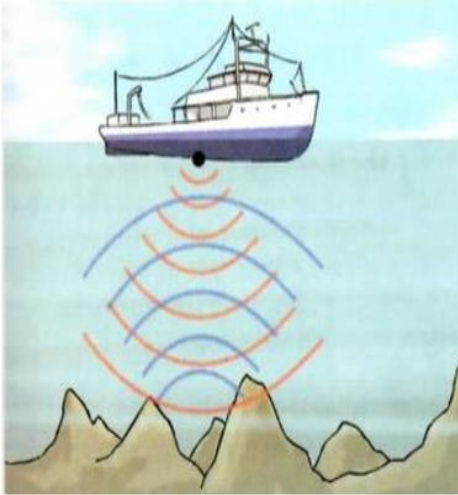
Aos alunos implementaram-se as seguintes relações do Som com as imagens.

Aluno N13:



Fonte: Neofísica (2012).

“A imagem relacionada ao reflexo do Som é o eco. Ao gritar na frente da montanha, você ouvirá primeiro o Som direto e, em seguida, o Som refletido pelo obstáculo. Essa repetição de Som é chamada de eco e é causada pelo reflexo das ondas sonoras. Eco é um fenômeno que ocorre quando o ouvido percebe claramente as ondas sonoras emitidas e refletidas por determinados obstáculos”.



Fonte: Torres (2021).

“Esta figura mostra o equipamento de sonar de navios. O sonar é um instrumento utilizado na navegação marítima, baseado na reflexão do som de alta frequência (ultrassom) de equipamentos que podem detectar o som refletido e medir o tempo que leva para restaurar o som. Medindo o tempo necessário para receber o eco e sabendo a velocidade do som na água, a profundidade do fundo do mar pode ser determinada e a presença de um submarino pode ser detectada”.



Fonte: Serrano (2016).

“O público precisa estar muito próximo dos artistas para poder ouvir o que eles falam. Neste caso, é criada uma galeria que pode ver e ouvir melhor. No entanto, para acomodar muitos públicos, devem prestar atenção a outras questões acústicas, como eco insuficiente, clareza e ganho. Para resolver esses problemas, arquitetos, designers de interiores e engenheiros acústicos devem trabalhar juntos desde o conceito ambiental inicial e assim o ambiente pode permanecer acusticamente confortável e evitar esses problemas acústicos. Para evitar problemas como barulhos externos, ecos, ressonâncias e até reverberação excessiva, usam-se cortinas, carpetes e materiais como forros de madeira (absorvem e refletem o som), forros minerais (reduzem ruídos) e placas acústicas de elevada absorção sonora. Outros detalhes são a ausência de janelas e a presença de pesadas portas hermeticamente fechadas que impedem o vazamento do som”.

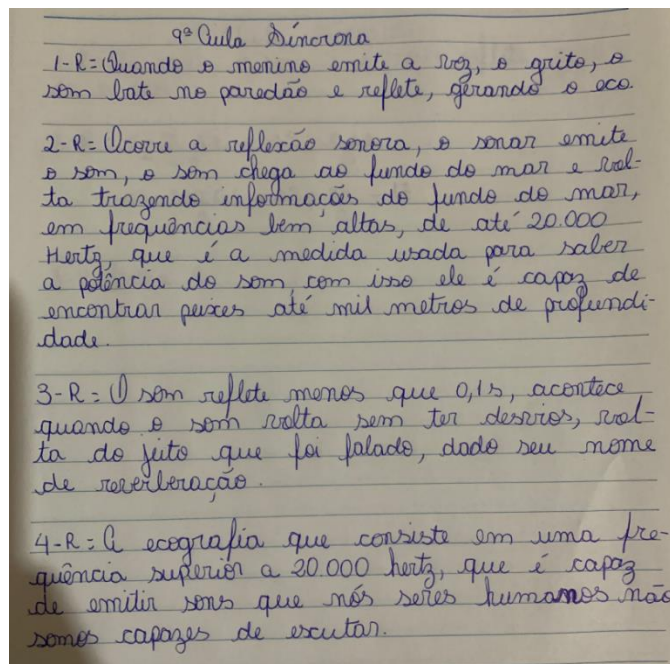


Fonte: Jorge (2003).

“Em um exame de ultrassom, ondas sonoras de alta frequência (inaudível) são emitidas para vibrar o tecido, e essa vibração do dispositivo é imediatamente capturada pelo dispositivo para formar uma imagem. Além disso, o ultrassom é muito eficaz no diagnóstico de doenças dos tecidos. Tecido mole que não aparece totalmente nas imagens de raios-X. Ele também pode distinguir entre cistos cheios de líquido e tumores sólidos, porque eles produzem diferentes padrões de eco”.

No entanto o aluno N29 respondeu de forma mais resumida, porém bem conexa com as imagens apresentadas e ao conteúdo estudado sobre reflexão do Som.

Imagem 8 - Imagem enviada pelo aluno N29, apresentando s respostas relativas ao estudo referente à reflexão do Som.



Fonte: Auno N29 (2021).

Nessa aula ficou explícito o quanto é importante o professor deixar o aluno falar, se expressar, compartilhar seus pensamentos e ideias a respeito da atividade e conteúdo, evitando perguntas com respostas diretas que não possibilite ao aluno pensar e raciocinar suas ideias correlacionando-as com a teoria. Isso faz com que o aluno cresça potencialmente em sabedoria e desperte o interesse desse estudante em estudar cada vez mais.

Neste mesmo dia ainda realizamos a 10ª aula conduzindo-a também síncrona. Foi requerido aos alunos realizarem juntamente com a professora a resolução dos três exercícios abaixo. Ao apresentar os exercícios, os alunos prontamente deram início a leitura e interpretação dos mesmos.

O aluno N8 resolveu e respondeu da seguinte maneira:

1- De acordo com o que já estudamos sobre o Som, vamos ler a tirinha e responder o que se pede:



Copyright © 1999 Mauricio de Sousa Produções Ltda. Todos os direitos reservados.

7517

Fonte: Salles (2011)

R: A tirinha não mostra o Eco, pois ele é a reflexão do Som que é captado pela fonte pouco tempo depois de emitir ele. Na tira não há Eco, somente um papagaio que repete aquilo que o Cascão diz”.

2-Você já parou para pensar que existe uma distância mínima que devemos estar de um obstáculo para que ouça o eco da tua própria voz? Então vamos calcular?

R: Sim, existe uma distância mínima para o Som ir e voltar para que ocorra o Eco. A distância mínima é de 17 metros e calculamos isso com a velocidade, tempo e distância. A equação é de $V = \Delta s / \Delta t$, sabendo que o tempo mínimo (Δt) para que seja Eco é de 0,1 segundo, que a velocidade do Som (V) no ar é de 340m/s e a distância (Δs) é 2 vezes (ida e volta) temos:

$$340 = 2\Delta s / 0,1 \rightarrow 2\Delta s = 340 * 0,1 \rightarrow 2\Delta s = 34 \rightarrow \Delta s = 17m$$

3-Que alternativa preenche corretamente as lacunas da frase abaixo?

R: O **Eco** e a reverberação são causados pela **Reflexão** das ondas sonoras ao incidirem normalmente sobre um ou mais anteparos.

A **Reverberação** é causada pela reflexão múltipla do **Som** nas paredes de uma grande sala.

eco, reflexão, reverberação, Som

Som, eco, reflexão, reverberação

reflexão, reverberação, Som e eco

eco, reverberação, reflexão, Som
Som, reflexão, reverberação

No entanto, temos mais uma resolução dos três exercícios pelo aluno N1:

1-De acordo com o que já estudamos em Som, vamos ler a tirinha e responder o que se pede:

R: De primeira vista o cascão pensa que foi o motivo de reflexão de sua voz, mais de acordo com o estudo do Som que tivemos nestas aulas seria impossível, pois o cascão está buscando o eco em uma superfície menor que ele, sendo que sabemos que o eco só é capaz de existir se for utilizada uma superfície maior que o indivíduo que propagou o Som.

2-Você já parou para pensar que existe uma distância mínima que devemos estar de um obstáculo para que ouça o eco da tua própria voz? Então vamos calcular?

Bom, calculando $340 = 2 \Delta S / 0,1$ se tornando assim 17m que seria a distância mínima para a ocorrência do eco.

3-Que alternativa preenche corretamente as lacunas da frase abaixo?

O eco e a reverberação são causados pela reflexão das ondas sonoras ao incidirem normalmente sobre um ou mais anteparos.

A reverberação é causada pela reflexão múltipla do Som nas paredes de uma grande sala.

a)eco, reflexão, reverberação, Som

b)Som, eco, reflexão, reverberação

c)reflexão, reverberação, Som e eco

d)eco, reverberação, reflexão, Som

e)Som, reflexão, reverberação, eco

Ao analisar as respostas dadas pelos estudantes vemos que eles se apropriaram bem dos termos científicos e conhecimentos físicos apresentados no estudo realizado acerca do tema reflexão do Som. Ao final desta aula a professora ressaltou aos alunos, para caso tiverem, retirar todas as dúvidas oriundas.

Na 11ª aula realizada de forma assíncrona, utilizou-se novamente o *Google Forms*, para que os alunos respondessem uma questão, esta possibilitou a sondagem da aprendizagem sobre a reflexão do Som, sendo este o conteúdo explanado no terceiro módulo. Desta forma foi lançada a seguinte questão:

1- O que você aprendeu nas aulas sobre a reflexão do Som?

“Aprendi sobre as características e os fenômenos que o Som causa, como reflexão, eco, reverberação, e que esses fenômenos são aplicados no dia a dia. Podendo ser utilizado desde um navio no mar, até um palco de teatro, assim como faziam os antigos na Grécia. Teve também um breve estudo sobre a reflexão do Som aplicado em nosso aparelho auditivo” (Aluno N3)

“Eu entendi que através da reflexão do Som acontece com os fenômenos do Eco e da reverberação e como eles se propagam” (Aluno N10)

Ao analisamos as 21 respostas obtidas pelos alunos percebemos que houve uma aprendizagem satisfatória, seus relatos foram bem coesos e compostos por conceitos físicos ressaltados durante as aulas.

Ao final da implementação do produto educacional percebeu-se que os alunos gostaram muito de participar das atividades propostas. Notou-se também que esta mesma participação, por meio de nossa pesquisa e análise, proporcionou uma ressignificação por parte dos alunos diante de suas concepções sobre os conceitos mais elementares de Física.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve o intuito aplicar, desenvolver, implementar e avaliar o potencial pedagógico de uma metodologia de ensino denominada Sequência Didática, a qual pode ser compreendida como uma metodologia voltada para práticas pedagógicas postuladas, sobretudo, por Dolz, Noverraz e Schneuwly (2004). A escolha do tema para o desenvolvimento deste trabalho objetivou o ensino de conhecimentos físicos sobre a Acústica visando despertar nos alunos a presença desse fenômeno no dia a dia.

Devido ao momento que estamos vivenciando por motivo da pandemia provocada pela fácil proliferação do vírus causador do Covid-19 o distanciamento social se fez imprescindível na luta para preservação da saúde. Neste contexto a implementação da proposta, ocorreu de maneira remota, sendo esta uma nova forma de estudar, ressaltando que a modalidade de ensino a distância já existe, porém o momento exige a adesão a um modelo de ensino que se assemelha com o ensino a distância. Vivendo esta realidade, mesmo sendo realizada a implementação da Sequência Didática em uma turma muito participativa, não foi possível atingir 100% dos alunos, pois alguns deles realizaram atividades impressas por não terem acesso à internet em suas casas.

Desta forma para a realização das aulas síncronas e assíncronas com a turma do 3º ano do Ensino Médio utilizou-se da plataforma de acesso gratuito *Classroom* do qual se explorou suas ferramentas para estimular a interação e a participação dos alunos que demonstraram uma boa aceitação, o que ficou claro, pois nas aulas observou-se a participação ativa da maioria dos alunos, onde realizaram experimentos e resolução atividades das quais foram registradas imagens e compartilhadas através do *Classroom*.

Diante do panorama atual, com escolas vedadas a oferta presencial de ensino, as aulas remotas propuseram significativa contribuição no que se refere a fomentar o aprendizado dos alunos, considerando que vivemos numa era tecnológica e tais recurso aproxima alunos e docentes, e vem de encontro com a necessidade existente. Todo esse processo pelo qual estamos passando e utilizamos para a implementação desta Sequência Didática, proporcionou aprendizagem e todo esse material e recursos poderão ser utilizados como instrumento no ensino da disciplina de Física, sendo esta integração tecnológica uma motivação para despertar o interesse dos

alunos a se aprofundar na aprendizagem a esta área de conhecimento, que ao abordar a estrutura do aparelho auditivo possibilita trabalhar a interdisciplinaridade entre as matérias de Física e Biologia.

Na interação com a turma, alguns alunos deixaram nítido através da forma de expressar-se, o interesse em participar deste momento de aprendizagem. Estes momentos foram realmente produtivos e que sem dúvida possibilitará aos alunos observar nas situações do dia a dia a presença da Física.

Ressalta-se que a aplicação da proposta realizou-se em um curto período de tempo, porém foi bem sucedida e comprovou que evoluímos diante dos obstáculos impostos levando o professor a reorganizar sua prática pedagógica de forma que planeje um ensino diferenciado o que resulta em inovadoras propostas metodológicas o que aguça a participação dos alunos na construção do conhecimento.

Ao realizar o presente trabalho que abordou a averiguou-se a possibilidade de oportunizar aos alunos uma aprendizagem referente à disciplina de Física, ofertando um ensino de qualidade, o que traz como consequência o fomento ao professor para elaborar atividades que provocam nos alunos, o desejo de entender e aprender a disciplina de Física, correlacionando tais conhecimentos a situações do mundo que o rodeia. Assim almeja-se que os professores de Física da Educação Básica possam explorar e utilizar essa proposta, para nortear o tema abordado de acordo com sua realidade, utilizando as diversas ferramentas didáticas apresentadas.

REFERÊNCIAS

- AIDAR, L. Teatro Grego. **Toda matéria**. 2011. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/teatro-grego/>. Acesso em: 7 abr. de 2021.
- ALVES, N. Ondulatória – O que é? Fórmulas, Classificação e Exemplos. **Gestão Educacional**, 2019. Disponível em: <https://www.gestaoeducacional.com.br/ondulatoria-o-que-e/> Acesso em: 29 jan. de 2021.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.
- AUSUBEL, D.P. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune and Stratton, 1963.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2004.
- BATISTA, M. C., FUSINATO, P. A., A utilização da modelagem matemática como encaminhamento metodológico no ensino de física, **REnCiMa**, v. 6, n. 2, p. 86-96, 2015.
- BATISTA M. C.; CONEGLIAN, D. R.; ROCHA, D. R. Interdisciplinaridade no ambiente escolar: uma possibilidade para formação integral no Ensino Fundamental. **Revista Pontes**, Paranaíba, v. 1, nº 1, p. 107-122, 2018.
- BEHRENS, M. A. **Projetos de aprendizagem colaborativa num paradigma emergente**. In: MORAN, J. M. Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica- 6ª Ed. Campinas-São Paulo: Papirus, 2000.
- BERSAN, F. **Acústica: um passeio pelo tempo**. Disponível em: <https://www.Somaovivo.org/artigos/acustica-um-passeio-pelo-tempo/> Acesso em: 08 mar. 2021.
- BIOGRAFÍA de DAVID PAUL AUSUBEL **YOU TUBE**. 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=clhKQbUke18>. Acesso em: 10 mar. de 2021.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. Tradução Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto: Porto Editora, 1994.
- BORGES, D. Audição – Definição, fisiologia, anatomia da orelha e estímulos sonoros. **Conhecimento Científico**. 2020. Disponível em: <https://conhecimentocientifico.com/audicao/>. Acesso em: 26 fev. de 2021.
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, Lei nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Introdução. Brasília: MEC/SEF, 1997.

BRITO, L. O.; FIREMAN, E. C. Ensino de ciências por investigação: uma estratégia pedagógica para promoção da alfabetização científica nos primeiros anos do ensino fundamental. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), vol. 18, núm. 1, 2016.

BRITO, S. H. B. Como o Sinal Wi-Fi é Propagado na Natureza? **Medium.com**. 2018. Disponível em: <https://medium.com/ubntbr/como-o-sinal-wifi-%C3%A9-propagado-na-natureza-d87daef39575>. Acesso em: 12 mar. de 2021.

CURY, A. **Pais brilhantes, professores fascinantes**: a educação inteligente - formando jovens pensadores e felizes. Rio de Janeiro: Sextante, 2003.

DAROS, T. Metodologias ativas: aspectos históricos e desafios atuais. *In*: CAMARGO, F.; DAROS, T (orgs.). **A sala de aula inovadora**: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 8-12.

DOLZ, J. NOVERRAZ, M. e SCHNEUWLY, D. **Gêneros orais e escritos na escola**. Tradução e organização Roxane Rojo e Glais Sales Cordeiro. Campinas: Mercado de Letras, 2004, p. 95 – 128.

FENÔMENOS acústicos. **Neofísica 11**. 2012. Disponível em: <http://neofisica11.blogspot.com/2012/03/webquest-17-tema-fenomenos-acusticos.html>. Acesso em 18 jan. de 2021.

FERRARO, N. G. Termologia, Óptica e Ondas. **Os Fundamentos da Física**. 2014. Disponível em: http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2014/11/cursos-do-blog-termologia-optica-e-ondas_11.html. Acesso em: 15 mar. de 2021.

FREQUÊNCIA de uma onda. **Só biologia**. 2008. Disponível em: https://www.sobiologia.com.br/conteudos/oitava_serie/Ondas2.php. Acesso em: 21 fev. de 2021.

FIRME, R.N., AMARAL, E.M.R., BARBOSA, R.M.N. **Análise de uma Sequência Didática sobre pilhas e baterias: uma abordagem CTS em sala de aula de química**. *In*: XIV Encontro Nacional de Ensino de Química, 14, 2008, Curitiba, Anais. Curitiba: 2008.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física: ensino médio**. Alberto Gaspar. 1 ed. e 2 ed. - São Paulo: Ática, 2010 e 2013.

GUIMARÃES, O. **Física** / Osvaldo Guimarães, José Roberto Piqueira, Wilson Carron - 1ª edição - São Paulo, Ática, 2013.

HENRIQUE, L. L. **Acústica Musical**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2002.

JÚNIOR, J. S. S. O que é espectro eletromagnético? **Brasil Escola**. (s/d). Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-espectro-eletromagnetico.htm>. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-espectro-eletromagnetico.htm>. Acesso em 3 mar. de 2021.

LEMOS, E. S. **A Aprendizagem Significativa**: estratégias facilitadoras e avaliação. Série-Estudos - Periódico do Mestrado em Educação da UCDB. Campo Grande-MS, n. 21, p.53-66, jan/jun. 2006. Disponível em: <https://www.serie-estudos.ucdb.br/serie-estudos/article/view/291> Acesso em: 27 mar. 2021.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E.M. **Oficina de Criatividade Científica - Manual do caçador Técnicas de pesquisa**. 2ed. São Paulo: Atlas, 1990. Disponível em: <file:///C:/Users/Public/Documents/JU%20SKARABOTO/ultimos%20documentos/9bf9d1e42c3a61ea5a0bc961d0a24b2d%20metodologia.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2021.

MATIAS, C. MATIAS, M. História da Acústica. **Ensaio Flutuantes**. 2016. Disponível em: <https://ensaiosflutuantes.wordpress.com/2016/04/04/historia-da-acustica/>. Acesso em: 2 abr. 2021.

MATIAS, C. MATIAS, M. História da Acústica. **Ensaio Flutuantes**. 2016. Disponível em: <https://ensaiosflutuantes.wordpress.com/2016/04/04/historia-da-acustica/>. Acesso em: 2 abr. 2021

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Física: Volume Único**. São Paulo: editora Scipione, 1997.

MÁXIMO, A. e B. A. **Curso de Física**, volume 2. São Paulo: editora Scipione, 2010.

MENEZES, L. C. HOSOUME, Y. KAWAMURA, M. R. **Objetos e objetivos no aprendizado da Física**. Publicações do Instituto de Física da USP. São Paulo, 1994.

MINAYO, M. C. de S. SANCHES, O. **Quantitativo-qualitativo**: oposição ou complementaridade? Cad. Saúde Pública vol.9 no.3 Rio de Janeiro July/Sept. 1993. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X1993000300002 Acesso em: 10 mar. 2021.

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

MOREIRA, M. A. e Buckweitz, B. (1982) **Mapas mentais**. São Paulo: Moraes.

MOREIRA, M.A. *Mapas mentais e Aprendizagem Significativa*. (Texto adaptado e atualizado em 1997, de um trabalho com o mesmo título, publicado em O ENSINO, Revista Galaico - Portuguesa de Sócio-pedagogia e Sociolinguística. Pontevedra, 1988, 23 (28), p. 87-95).

MOREIRA, M.A, MASINI, E.F.S. **Aprendizagem Significativa**: a Teoria de David Ausubel. São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa**: a teoria de David Ausubel. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2006.

MOREIRA, M. A. **A teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação na sala de aula**. Brasília: Editora da UnB. 2006. 185p.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa**: a teoria e textos complementares. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A., **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**. Comportamentalismo, Construtivismo e Humanismo. 2009 (1ª edição), 2016 (2ª edição revisada) Porto Alegre, Brasil.

MOREIRA, M. A. **Uma análise crítica do ensino de Física**. Estudos avançados. 32 (94), 2018. Disponível em:
https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142018000300073
Acesso em: 09 mar. 2021.

NOME das Cordas do Violão. **Formula Violão**. 2014. Disponível em:
<https://www.formulaviolao.com/nome-das-cordas-do-violao/>. Acesso em: 2 fev. de 2021.

NOVAK, J. D. **Uma teoria de educação**. São Paulo: Pioneira, 1981. 252p.

OLIVARES, S. G. O Som. **Silo.tips**. 2018. Disponível em:
<https://silo.tips/download/o-som-o-som-e-uma-onda-mecanica-fois-necessita-de-um-meio-material-para-se-propa>. Acesso em: 4 fev. de 2021.

OLIVEIRA, E G. NOGUEIRA, M. L. **“Educação à distância e formação continuada de professores: novas perspectivas”**. Colabora: revista digital da CVARICESU. v. 4, nº.13. Campo Grande: RICESU, 2007.

ONDA mecânica. **Wikipédia**, 2009. Disponível em:
https://pt.wikipedia.org/wiki/Onda_mec%C3%A2nica. Acesso em: 14 maio de 2020.

PEREIRA, S. A.; PIRES, X. D. **Uma proposta teórica** – experimental de Sequência Didática sobre interações intermoleculares no ensino de química, utilizando variações do teste da adulteração da gasolina e corantes de urucun. Investigações no Ensino de Ciências. v. 17, p. 385-413, 2012.

PONTES NETO, J.A. da S. **Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel**: perguntas e respostas. Série-Estudos - Periódico do Mestrado em Educação da UCDB, Campo Grande - MS, n. 21, p.117-130, jan/jun. 2006.

REIS, G. Características das ondas mecânicas. **Física contexto e aplicações**. 2017. Disponível em:
<http://fisicacontextoaplicacoes.blogspot.com/2017/08/caracteristicas-das-ondas-mecanicas.html>. Acesso em: 23 mar. de 2021.

RONAN, C.A. **História Ilustrada das Ciências**, Universidade de Cambridge: Ed. Zahar, 1987.

SALLES, M. M. O papel da repetição na língua falada. **Portal do professor**. 2011. Disponível em: http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?%20pagina=espaco%2Fvisualizar_aula&aula=28318&secao=espaco&request_locale=es. Acesso em: 10 fev. de 2021.

SANTOS, J. C. F. dos. **Aprendizagem Significativa**: modalidades de aprendizagem e o papel do professor. Porto Alegre: Mediação, 2008.

SERRANO, P. Eco e Reverberação: Qual a diferença? **Portal acústica**. 2016. Disponível em: <http://portalacustica.info/eco-e-reverberacao-qual-diferenca/>. Acesso em: 26 jan. de 2021.

SILVA, D. C. M. Refração de ondas em uma corda. **Prepara ENEM**, 2021. Disponível em: <https://www.preparaenem.com/fisica/refracao-ondas-uma-corda.htm> Acesso em: 10 fev. de 2021.

SILVA, K. S. **Conforto acústico na concepção do projeto de arquitetura**. Estudo de Caso: Igrejas Evangélicas A Pioneira no Município de Macapá. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo - Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, Amapá, 2011. Disponível em: <https://www2.unifap.br/arquitetura/files/2020/07/Silva-2011-Conforto-acustico-na-concepcao-do-projeto-de-arqui.pdf>. Acesso em 12 abril. de 2021.

SOLDOVIERI, T. Ondas - parte 2: pulso, tren de ondas, frente de onda, rayo, descripción de la propagación de una onda y ecuación de onda. **Steemit**, Disponível em: <https://steemit.com/stem-espanol/@tsoldovieri/ondas-parte-2-pulso-tren-de-ondas-frente-de-onda-rayo-descripcion-de-la-propagacion-de-una-onda-y-ecuacion-de-onda>. Acesso em: 7 fev. de 2021.

SOUSA, B. O que são ondas. **Beatriz Sousa 99**. 2013. Disponível em: <http://beatrizsousa99.blogspot.com/2013/03/o-que-sao-ondas-ah-espera-isso-eu-sei.html>. Acesso em: 5 fev. de 2021.

SOUZA, L. C. L.; ALMEIDA, M. G.; BRAGANÇA, L. **Bê-a-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a Arquitetura** – São Carlos: EdUFSCar, 2006.

TORRES, P. M. Reflexão do Som: Eco e Reverberação. **Cola da web**. 2000. Disponível em: <https://www.coladaweb.com/fisica/ondas/reflexao-som-eco-reverberacao>. Acesso em: 12 fev. de 2021.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO INICIAL

QUESTIONÁRIO INICIAL

1- Você já ouviu falar sobre o conteúdo de ondulatória em suas aulas?

- a) Muitas vezes
- b) Nunca
- c) Às vezes

2- No contexto da física, uma onda é basicamente um movimento causado por uma perturbação.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

3- Em uma onda transversal, os pontos do meio em que ela se propaga vibram perpendicularmente à direção de sua propagação.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

4- Uma onda eletromagnética não depende de um meio material para se propagar.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

5- Uma onda percorre a distância de um comprimento de onda no intervalo de tempo igual a um período.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

6- O período é o tempo necessário para que uma onda efetue um ciclo completo.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

7- Uma onda mecânica depende de um meio material para se propagar.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

8- A frequência medida em Hertz é o número de oscilações que uma onda realiza em 1 segundo.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

9- Ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

10- Uma onda transporta energia.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

11- O Som é uma onda mecânica.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

12- O nome do ponto mais alto de uma onda é crista.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

13- O funcionamento de rádio, tv e celulares ocorre por meio da transmissão de informação. Essa transmissão de informação se propaga por meio de ondas eletromagnéticas.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

14- Na história da Ondulatória, Euclides, um grego, define que a altura do Som aumenta com o número de movimentos (choques) produzidos.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

15- Robert Boyle (1627 – 1691), através de experimentos demonstrou que o Som é uma onda que precisa de um meio material para se propagar.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

16- As crianças de um sítio com a mangueira de jardim brincando em um dia ensolarado, dizem que conseguem produzir ondas mecânicas com essa mangueira.

- a) Concordo plenamente
- b) Tenho dúvidas
- c) Discordo plenamente

APÊNDICE B: PRODUTO EDUCACIONAL

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JULIANA SKARABOTO LIMA

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DA
ACÚSTICA NO ENSINO MÉDIO**

CAMPO MOURÃO

2021

JULIANA SKARABOTO LIMA

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DA
ACÚSTICA NO ENSINO MÉDIO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional do Ensino de Física – Polo 32, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Dr^a. Polonia Altoé Fusinato
Coorientador: Dr. Michel Corci Batista

CAMPO MOURÃO

2021



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

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor (es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Pulso de onda.....	98
Figura 2	Ondas em corda.....	98
Figura 3	Amplitude (A); Velocidade de propagação da onda (V1;V2;V3);Comprimento de Onda λ.....	99
Figura 4	Pulso, trem de ondas.....	100
Figura 5	Cordas de um violão.....	101
Figura 6	Propagação de ondas mecânicas.....	101
Figura 7	Espectro Eletromagnético.....	102
Figura 8	Ondas eletromagnéticas.....	102
Figura 9	Ondas transversais em corda.....	104
Figura 10	Ondas transversais em mola.....	104
Figura 11	Ondas Transversais e Longitudinais.....	105
Figura 12	Ondas Longitudinais.....	105
Figura 13	Comprimento de Onda, Amplitude, Frequência.....	107
Figura 14	Alta e Baixa Frequência, Período.....	107
Figura 15	Uma onda se propaga ao longo do eixo X, com comprimento λ, velocidade V, e período de vibração T.....	108
Figura 16	Os objetos materiais, ao vibrarem, produzem ondas que, ao alcançarem nossa orelha, provocam sensações sonoras.....	109
Figura 17	Som sendo captado pelo ouvido humano.....	111
Figura 18	Teatro grego.....	112
Figura 19	Espectro audível ao ser humano.....	114
Figura 20	Frequência audíveis a animais.....	114
Figura 21	O ouvido humano costuma ser dividido em três partes: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno.....	117
Quadro 1	Organização da Sequência Didática em Acústica	123
Quadro 2	Descrição do Módulo 1.....	124
Quadro 3	Descrição do Módulo 2.....	129
Quadro 4	Descrição do Módulo 3.....	136

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	95
2	OBJETIVOS.....	96
2.1	Objetivo Geral.....	96
2.2	Objetivos Específicos.....	96
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	97
3.1.	Física: Introdução ao Estudo da Ondulatória e Acústica	97
3.2.	Natureza da Onda.....	102
3.2.1	Ondas Mecânicas.....	100
3.2.2	Ondas Eletromagnéticas.....	102
3.2.3	Formas das Ondas.....	103
3.2.4	Ondas Transversais.....	103
3.2.5	Ondas Longitudinais.....	105
3.2.6	Ondas Mistas.....	106
3.2.7.	Características Fundamentais de uma Onda.....	106
3.3	Introdução ao Estudo do Som.....	109
3.3.1	Uma síntese histórica da acústica.....	111
3.3.2	Como Ouvimos um Som (limite audível)	114
3.3.3	A Fala Humana.....	115
3.3.4	O Ouvido Humano.....	116
3.3.5	Velocidade de Propagação do Som.....	117
3.3.6	Qualidades Fisiológicas do Som.....	118
3.3.7	A Altura.....	118
3.3.8	Intensidade do Som.....	118
3.3.9	Timbre.....	119
3.4	Reflexão do Som.....	119
3.4.1	Refração do Som.....	120
3.4.2	Difração do Som.....	120
3.4.3	Interferência do Som.....	121
3.4.4	Ressonância.....	121

4	DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	123
4.1	Encaminhamento das atividades da Sequência Didática.....	124
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	141
	REFERÊNCIAS.....	142

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos de experiência na docência nasceu uma inquietude em buscar de novas metodologias, para tentar solucionar os desafios que a disciplina de Física nos proporciona. Assim, nasce a vontade de trabalhar com uma Sequência Didática no Ensino de Física (Acústica) baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Para Ausubel (1963, p. 58), “a Aprendizagem Significativa é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento”.

O tema para desenvolvimento do produto educacional escolhido é a Acústica na perspectiva da saúde auditiva, sendo um conteúdo de Ondulatória voltado ao estudo do Som, com seus fenômenos e qualidades fisiológicas que está presente na vida de todos os seres vivos.

A Acústica é um tema da Física pouco trabalhada no Ensino Médio de forma aprofundada e contextualizada, pois muitas vezes o professor da disciplina não tem formação na área de Física, ou ainda, a carga horária de aulas semanais disponíveis para aulas de Física impossibilitam a explanação de conteúdos da referida matéria de forma mais ampla o que afeta significativamente o contexto científico e social da disciplina.

O produto será desenvolvido de forma qualitativa a partir dos conhecimentos já adquiridos pelos discentes. Moreira (2016) discorre que, investigar é produzir conhecimentos através de uma busca de respostas para determinadas questões-foco, sobre certo fenômeno de interesse, dentro de um marco teórico, metodológico e epistemológico coerente e consistente.

O presente trabalho tem como estudar um tema muito significativo e presente em nosso cotidiano, mas, pouco abordado em sala de aula do Ensino Médio. O tema escolhido foi a Acústica, que será explanado com atividades como: textos, questionários, vídeos e experimentos, deixando o aluno à vontade e sendo um protagonista durante as aulas, permitindo a este uma efetiva assimilação do conteúdo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar, aplicar e avaliar as potencialidades de uma Sequência Didática sobre o tema Acústica em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio de uma instituição pública do interior do Paraná.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Promover uma sensibilização dos alunos para uma utilização consciente dos recursos tecnológicos;
- Oportunizar situações de aprendizagem contextualizadas que possibilitem uma reflexão sobre a presença da Acústica no dia a dia.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Física: Introdução ao Estudo da Ondulatória e Acústica

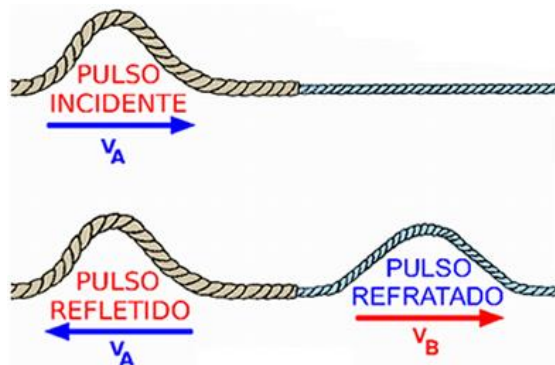
O presente trabalho tem como objetivo principal estudar um tema muito significativo e presente em nosso cotidiano, mas, pouco abordado em sala de aula do Ensino Médio. Trata-se do tema Acústica, intensamente presente no campo das comunicações neste século XXI.

Sabe-se que o excesso de ruídos ou a intensidade do Som desordenado perturbam o sossego e a qualidade de vida de qualquer pessoa, interferindo muitas vezes na própria saúde do cidadão. Antes de abordar o tema Acústica, faremos uma breve introdução sobre alguns conceitos básicos de Ondulatória, para posteriormente trabalhar alguns conceitos de Acústica que contribuem para a saúde do ser humano.

As ondas são perturbações que se propagam no espaço ou em meios materiais transportando energia. Elas são classificadas em relação à natureza, à direção e à energia de propagação. Elas podem necessitar ou não de um meio de propagação. Na natureza, encontramos uma infinidade de movimentos oscilatórios. A nossa audição, a nossa visão, e também nossa fala, são frutos de fenômenos oscilatórios. De um modo geral, as oscilações são caracterizadas pelo movimento de vaivém de um ponto em relação a uma posição de equilíbrio.

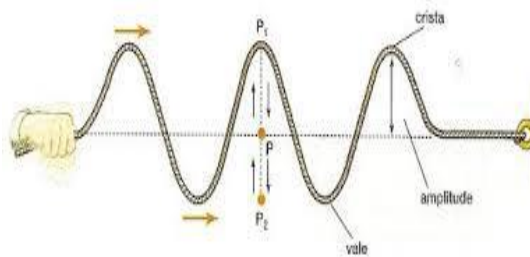
O que acontece na onda é mais ou menos isso: uma perturbação é causada, por alguém ou por alguma fonte, e esta perturbação propaga-se de um ponto para o outro na forma de **pulsos**.

Figura 1 - Pulso de onda



Fonte: Silva (2021, p.1).

Figura 2 - Onda em corda



Fonte: Máximo e Alvarenga (2010, p.263).

As figuras 1 e 2 mostram exemplos de pulso e de uma pessoa movimentando uma corda por uma de suas extremidades, provocando uma perturbação, que se propaga até a outra extremidade.

Um terremoto no fundo do mar causa uma perturbação nas águas do oceano, e esta perturbação propaga-se até encontrar algum continente, causando ondas gigantes conhecidas como **Tsunamis**. Estas ondas causam muita destruição quando chegam às praias.

Quando se coloca uma fila de dominós, por exemplo, e se derruba o primeiro, eu posso dizer que causei uma perturbação somente no primeiro dominó. Mas sabe-se que todos os outros irão cair em seguida. Este é o famoso "efeito dominó". Podemos ver neste caso o que é uma perturbação se propagando de um lugar para o outro. A perturbação causada no primeiro dominó chegou até o último, derrubando-o, apesar de cada dominó não ter saído da sua posição inicial. Note também que somente a **energia** aplicada ao primeiro dominó chegou até a última peça. Portanto, a perturbação transportou somente **energia**.

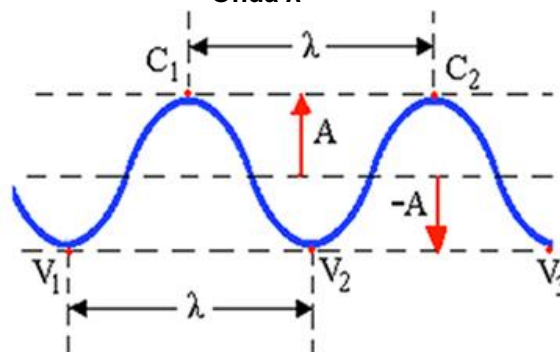
A perturbação causada no dominó somente se moveu por causa dos dominós, sem eles ela nem existiria. Originadas pela deformação de uma região de um meio elástico e que, para se propagarem, necessitam de um meio material.

Vamos citar outro exemplo interessante: se colocarmos pedaços de cortiça sobre uma superfície de água em repouso e provocarmos nela perturbações, pode-se perceber que os pulsos, ao atingirem os corpos flutuantes, farão com que estes oscilem. Em seguida, os pulsos prosseguirão seu caminho, não carregando consigo os pedaços de cortiça, os quais apenas adquirirão um movimento de sobe e desce.

Percebe-se que o meio no qual a onda se propaga não apresenta alteração permanente com a passagem da perturbação. Ocorre apenas um deslocamento para cima e para baixo da porção atingida pelo pulso. Isto significa que a propagação da perturbação de um ponto para outro não implica transporte de matéria entre esses pontos, mas somente transmissão de energia.

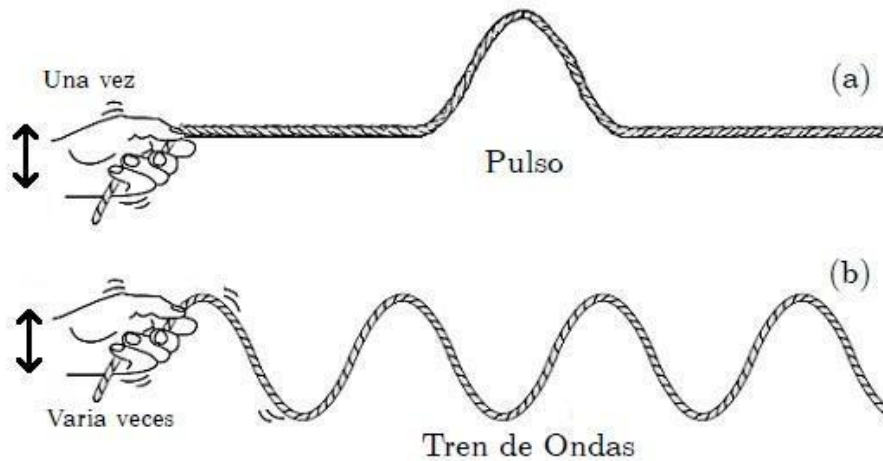
Uma **onda** é uma perturbação oscilante de alguma **grandeza física** no espaço e periódica no **tempo**. A oscilação espacial se caracteriza por seu **comprimento de onda λ** , enquanto que o tempo decorrido em uma oscilação completa é denominado **período da onda**, que é o **inverso** de sua **frequência**. O comprimento de onda e a frequência estão relacionadas pela **velocidade** com que a onda se propaga. Fisicamente, uma onda é um **pulso energético** que se **propaga** através do espaço ou através de um meio (líquido, sólido ou gasoso), com velocidade definida.

Figura 3 - Amplitude (A); Velocidade de propagação da onda (V1; V2; V3); Comprimento de Onda λ



Fonte: Alves (2019).

Figura 4 - pulso; trem de ondas



Fonte: Soldovieri (2019).

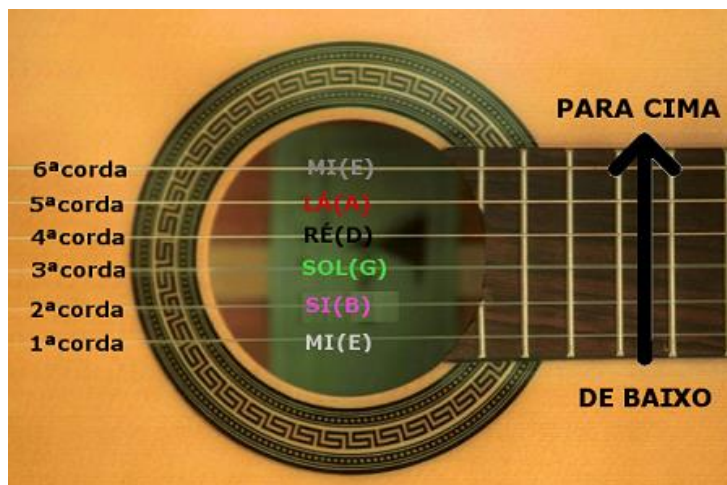
3.2 Natureza da Onda

As ondas podem ser classificadas com relação à sua natureza de vibração como ondas mecânicas ou ondas eletromagnéticas.

3.2.1 Ondas Mecânicas

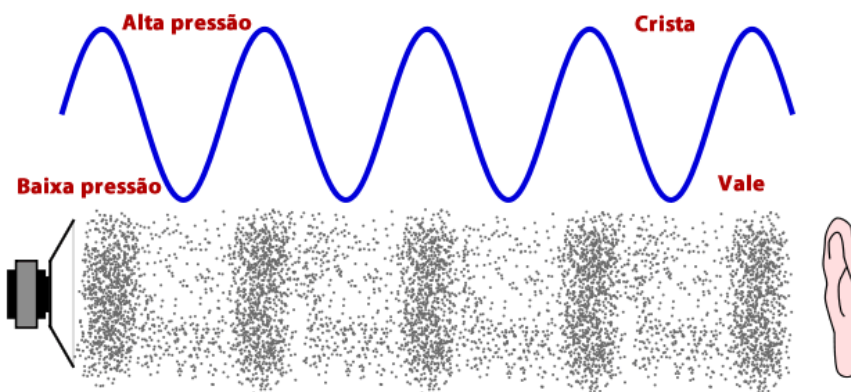
Determinadas ondas necessitam, obrigatoriamente, de um meio material para sua propagação: são as **ondas mecânicas**. Em uma propagação mecânica ocorre transporte de vibrações mecânicas, ou seja, as partículas materiais vibram. É o caso das ondas em cordas (Figura 5), em molas, na superfície e no interior de líquidos, dos sólidos (terremotos) e dos gases (sons se propagando no ar). As ondas mecânicas não se propagam no vácuo.

Figura 5 - Cordas de um violão



Fonte: Formula Violão (2014).

Figura 6 - Propagação de ondas mecânicas



Fonte: Wikipédia (2020).

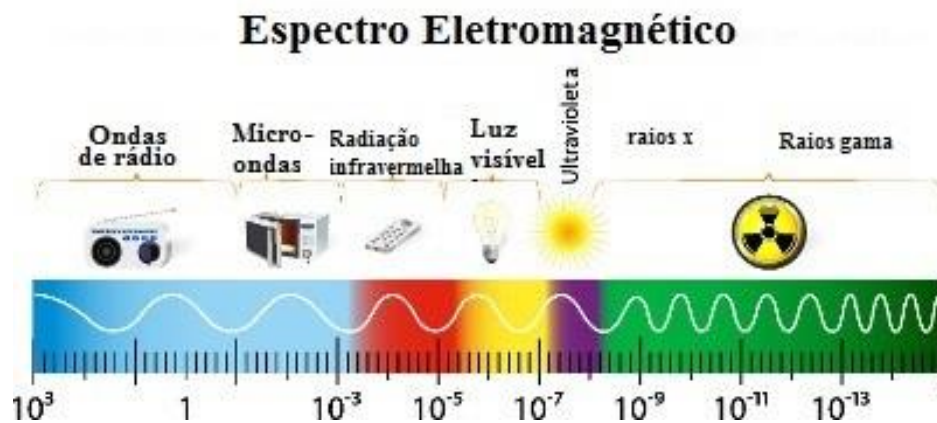
Ao ser vibrada, a corda de um violão faz vibrar as moléculas dos gases que constituem o ar. Esta perturbação se propaga de molécula a molécula e, quando atinge nosso ouvido, produz a sensação sonora. A onda invisível assim produzida é chamada **Som**, sendo esta, uma onda mecânica.

As ondas numa corda e na superfície da água são exemplos de ondas mecânicas. Outro exemplo muito importante de ondas dessa natureza são as **ondas sonoras**, que se propagam nos gases (como o ar), líquidos e sólidos.

3.2.2 Ondas Eletromagnéticas

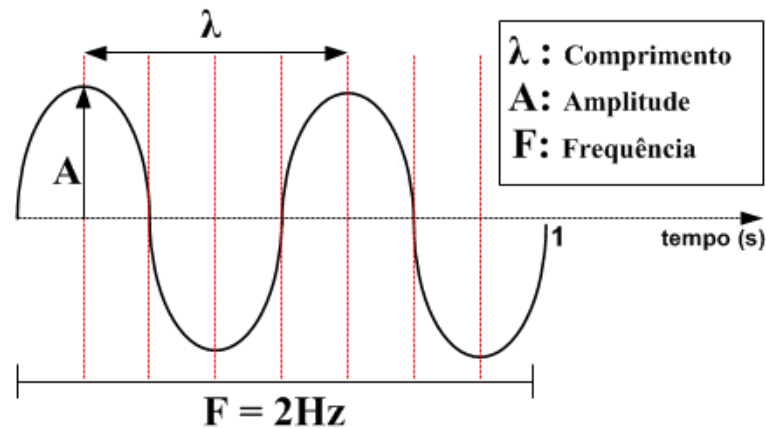
Por outro lado, existem propagações que ocorrem tanto nos meios materiais como no vácuo. São as **ondas eletromagnéticas**, como as ondas de rádio, os raios infravermelhos, a luz visível, os raios X, entre outros.

Figura 7 - Espectro Eletromagnético



Fonte: Júnior (s/d).

Figura 8 - Ondas eletromagnéticas



Fonte: Brito (2018).

Segundo alguns estudiosos e até agora observado, nada impede que uma onda magnética se propague no vácuo ou através da matéria, como é o caso das ondas eletromagnéticas no vácuo ou dos neutrinos através da matéria, em que as partículas do meio oscilam à volta de um ponto médio, mas não se deslocam. Exceto pela radiação eletromagnética e provavelmente as ondas gravitacionais, que podem se

propagar através do vácuo, as ondas existem em um meio cuja deformação é capaz de produzir forças de restauração através das quais elas viajam e podem transferir energia de um lugar para outro sem que qualquer das partículas do meio seja deslocada; isto é, a onda não transporta matéria. Há, entretanto, oscilações sempre associadas ao meio de propagação.

As ondas **eletromagnéticas** são aquelas originadas por cargas elétricas oscilantes, como, por exemplo, elétrons oscilando na antena transmissora de uma estação de rádio ou TV. Elas não necessitam obrigatoriamente de um meio material para se propagarem. Assim, as ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo e em certos meios materiais.

A luz é um bom exemplo deste tipo de onda. Note que a luz do Sol chega até nós mesmo existindo vácuo no espaço. Outros exemplos como a luz emitida por uma lanterna, as ondas de rádio, as micro-ondas, os raios **X** e os raios γ (gama) são exemplos de ondas eletromagnéticas.

3.2.3 Formas das Ondas

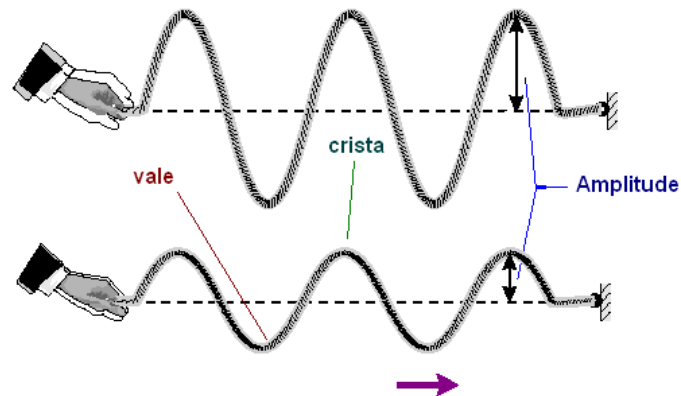
Numa propagação Ondulatória, as vibrações podem ocorrer na mesma direção ou em direção perpendicular à da propagação. Em função disso, as ondas são classificadas em **longitudinais** e **transversais**. Em alguns casos, as vibrações ocorrem nas duas direções, tratando-se, então, de ondas mistas.

3.2.4 Ondas Transversais

Em um movimento ondulatório, ao tomar a ponta de uma corda e proceder a movimentos da corda para cima e para baixo, os pontos ao longo da corda, vibram para cima e para baixo, enquanto a onda se propaga, para a direita, ao longo da corda.

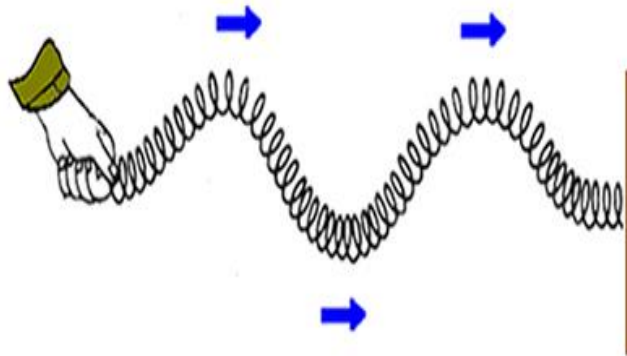
Uma onda como esta, em que a vibração dos pontos se faz em direção perpendicular à direção de propagação, é denominada **onda transversal**. Podemos fazer uma onda como está se propagar não apenas em uma corda, como também em uma mola esticada ou ainda em um longo tubo de borracha, como mangueira e outros.

Figura 9 - Ondas transversais em corda



Fonte: Só Biologia (2008).

Figura 10 - Ondas transversais em mola



Fonte: Silva (2021).

Para melhor compreensão de como são as ondas transversais, vamos analisar um exemplo, bastante presente no cotidiano brasileiro. Imagine uma praia com ondas. É fácil perceber que uma onda possui certa **velocidade**, que ela inicia seu movimento no oceano vindo “quebrar” na praia. É claro, portanto, que as ondas podem mover-se de um lugar para outro, dentro do oceano.

Vamos supor que José está em uma praia dentro da água, e uma onda passa por ele antes de “estourar” na praia. Pode-se indagar: que movimento o corpo de José irá realizar? Fisicamente sabe-se que o corpo de José irá subir e depois descer. Se a onda ainda não “estourou” na praia o corpo de José não conseguirá acompanhá-la, porque ele fará o movimento de **subir e depois descer**, enquanto a onda **vai para a frente**. Com isso, pode-se concluir que a **direção do movimento do corpo de José é diferente da direção do movimento da onda**. Ondas que possuem este comportamento são conhecidas como **ondas transversais**.

As ondas eletromagnéticas são constituídas de dois campos variáveis (um campo elétrico e um campo magnético), perpendiculares entre si e perpendiculares à sua direção de propagação. Dizemos, então, que elas são **transversais**.

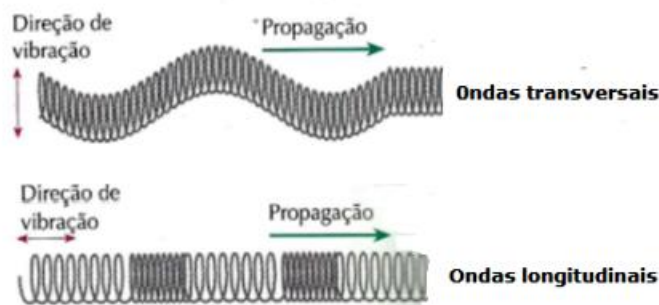
As perturbações eletromagnéticas que atingem os pontos de um meio, seja ele vácuo ou não, são sempre **perturbações transversais**.

3.2.5 Ondas Longitudinais

Denominam-se **ondas longitudinais** aquelas em que a direção de propagação da onda coincide com a direção de vibração. Em uma onda longitudinal, as partículas oscilam na direção de propagação das ondas. O exemplo mais comum de ondas que vibram assim são as ondas sonoras, pois são **ondas longitudinais**. No ar, conforme o Som se propaga, as moléculas formam regiões de compressão e rarefação.

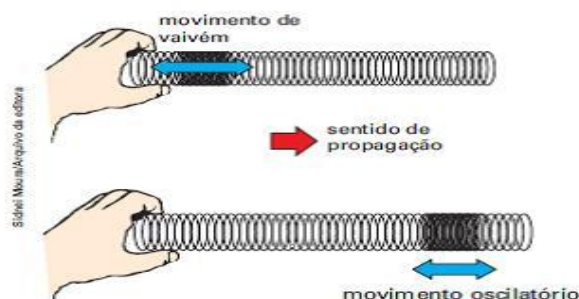
Vamos tomar como exemplo de ondas longitudinais, uma mola. Quando provocamos uma compressão em uma das suas extremidades isso provoca um pulso cuja vibração é na mesma direção da sua propagação.

Figura 11 - Ondas Transversais e Longitudinais



Fonte: Ferraro (2014).

Figura 12 - Ondas Longitudinais.



Fonte: Reis (2017).

Note que as partículas da mola oscilam horizontalmente, na mesma direção em que a onda se propaga. Os sons, quando se propagam em meios fluidos (líquidos, gases e vapores), são ondas **longitudinais**.

Um exemplo de ondas longitudinais são as produzidas pelo movimento de vaivém de um êmbolo no interior de um tubo que contém ar, e no extremo do qual há uma membrana vibrante.

O movimento de vaivém produz uma compressão do ar, seguida de uma rarefação. Esta onda se propaga ao longo do tubo, fazendo com que a membrana também vibre. Esta é a forma pela qual é produzido o Som que emitimos quando falamos. O ar que expelimos de nossos pulmões faz as cordas ou pregas vocais vibrarem, emitindo, assim, as ondas que ouvimos. O mesmo acontece quando vibram as cordas de um violão, de um piano ou de um violino.

3.2.6 Ondas Mistas

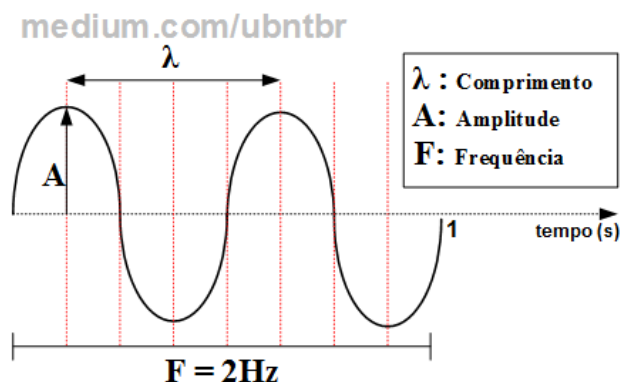
São ondas mecânicas constituídas de vibrações transversais e longitudinais simultâneas. Quando uma partícula de um meio material é atingida por uma perturbação mista, ela oscila simultaneamente na direção de propagação e na direção perpendicular à de propagação.

Como exemplo pode-se citar as ondas em superfícies de líquidos, que nos mares e lagos geralmente são produzidas pela ação dos ventos sobre a superfície livre da água. Os sons, quando se propagam em meios sólidos, também são exemplos de perturbações mistas. Se um corpo está flutuando na superfície da água em alto-mar, com a passagem da onda ele irá executar um movimento misto.

3.2.7 Características Fundamentais de uma Onda

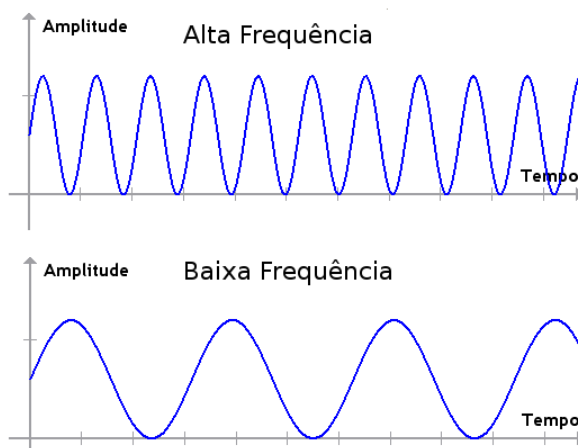
Alguns autores como Guimarães e Gaspar (2013) e Máximo (2010), referem-se aos vários tipos de ondas em física, sendo que as periódicas apresentam especial interesse, tanto pela facilidade para a descrição, quanto pelas aplicações práticas. Vamos analisar algumas características delas, tais como a velocidade de propagação, a frequência e o período dos pulsos, a distância entre dois pulsos consecutivos e o máximo de afastamento vertical dos pontos da corda em relação à posição de equilíbrio.

Figura 13 - Comprimento de Onda, Amplitude, Frequência



Fonte: Brito (2018).

Figura 14 - Alta e Baixa Frequência, Período.



Fonte: Sousa (2013).

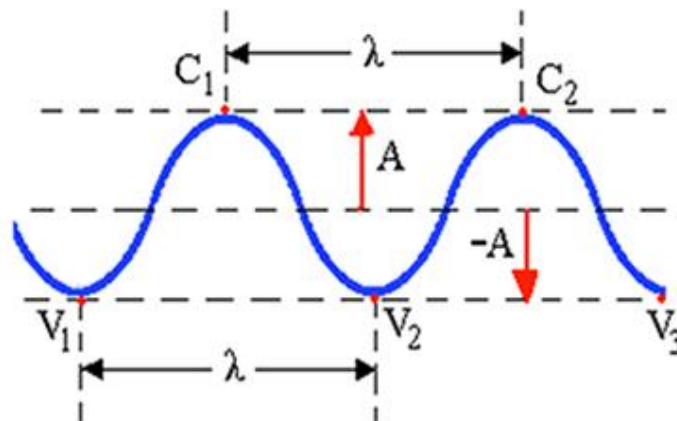
De acordo com a observação e o estudo de fenômenos ondulatórios, percebemos a necessidade de definirmos várias grandezas físicas associadas às ondas. Uma onda quase nunca é constituída por um só pulso, mas por uma sucessão de pulsos emitidos em intervalos de tempo iguais e por isso é chamada de **onda periódica**. Entre as ondas em geral, as periódicas apresentam especial interesse, tanto pela facilidade de descrição, quanto pelas aplicações práticas. Analisaremos as ondas periódicas unidimensionais, como mostra a figura 13, na qual destacamos:

- a) **Comprimento de onda (λ)**, que é a distância percorrida pela onda durante uma oscilação completa, ou seja, durante um intervalo de tempo igual ao período T da onda;
- b) **Amplitude (A)**, que é o maior valor da elongação (máximo afastamento vertical em relação à posição de equilíbrio). A amplitude está relacionada à energia

transportada pela onda. Quanto maior a amplitude, maior a energia transportada. O ponto mais alto recebe o nome de crista (C_1 e C_2) e o ponto mais baixo recebe o nome de vale (V_1 e V_2).

- c) **Frequência (F)** é o número de oscilações completas executadas por qualquer ponto da corda, por unidade de tempo. **A frequência da onda é dada pela frequência da fonte.** Por exemplo, a frequência de uma onda gerada pela mão de uma pessoa em uma corda é dada pela frequência de oscilação da mão dessa pessoa. Quanto mais rápido a pessoa movimentar para cima e para baixo a extremidade livre da corda, maior a frequência da fonte e, conseqüentemente, a da onda. A unidade da frequência no Sistema Internacional de Medidas (SI) é o hertz (Hz).
- d) **Período T** é o intervalo de tempo de uma oscilação completa de qualquer ponto da onda. O período é inversamente proporcional à frequência: quanto maior a frequência, menor o período. Do mesmo modo que a frequência, podemos dizer que **o período da onda é sempre igual ao da fonte que a origina.**
- e) **Velocidade de Propagação da Onda (V)** – a velocidade depende das características físicas do meio e expressa a rapidez com que a onda se propaga nesse meio.
- f) **Equação Fundamental da Ondulatória** - determina a velocidade de propagação de uma onda como o produto da frequência pelo comprimento de onda. Como não transportam matéria em seu movimento, é previsível que as ondas se desloquem com velocidade constante, caracterizando um Movimento Harmônico Simples – MHS.

Figura 15 - Uma onda se propaga ao longo do eixo X, com comprimento λ , velocidade V, e período de vibração T.



Fonte: Alves (2019).

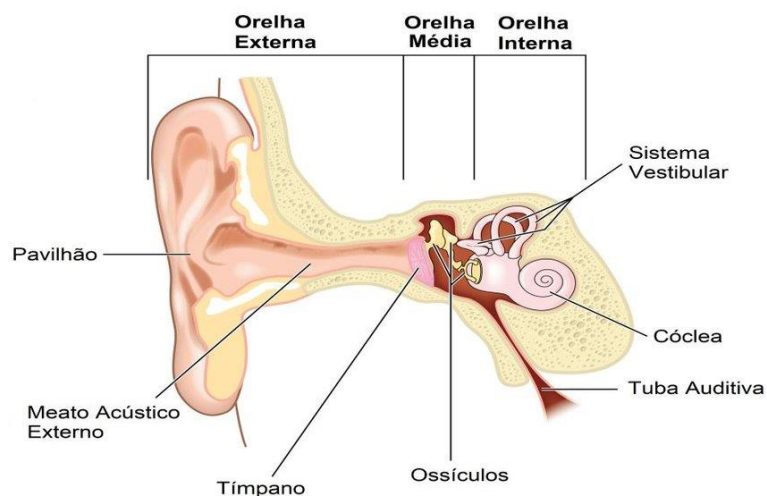
Supondo que na onda da figura 15 o meio é homogêneo e a onda se propaga nele com velocidade constante, dada por $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$. Observa-se então, que quando $\Delta s = 1\lambda$, $\Delta t = T$, pois o período T é o tempo que a onda demora para percorrer um comprimento de onda (1λ). $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow v = \frac{\lambda}{T} \rightarrow v = \frac{\lambda}{(1/f)} \rightarrow v = \lambda f$ (essa equação é chamada Equação Fundamental da Ondulatória).

3.3 Introdução ao Estudo do Som

Os fenômenos sonoros estão relacionados com a vibração dos corpos materiais. Sempre que ouvimos um Som, há um corpo material que vibra, produzindo este Som. Por exemplo: quando uma pessoa fala, o Som que ela emite é produzido pelas vibrações de suas pregas vocais. Quando batemos em um tambor, em um pedaço de madeira ou de metal, estes corpos vibram e emitem Som. As cordas de um piano ou de um violão também emitem Som quando estão em vibração.

Todos estes corpos são fontes sonoras que, ao vibrarem, produzem ondas que se propagam no meio material (sólido, líquido ou gasoso) situado entre elas e a nossa orelha. Ao penetrarem na orelha, estas ondas provocam vibrações que nos causam as sensações sonoras.

Figura 16 - Os objetos materiais, ao vibrarem, produzem ondas que, ao alcançarem nossa orelha, provocam sensações sonoras.



Fonte: Borges (2020).

Em Acústica estudamos as fontes das ondas sonoras e os fenômenos ondulatórios que podem ocorrer durante a propagação dessas ondas.

Entre as fontes sonoras, além de nosso aparelho fonador, merecem destaque as cordas, as colunas de ar e as membranas vibrantes, principalmente pelo uso delas na maioria dos instrumentos musicais.

Fazendo uma fonte sonora vibrar, ela também faz vibrar o meio em que se encontra, em geral o ar, é assim que acontece a emissão do Som. Quando fazemos uma corda de um instrumento vibrar, ela o faz simultaneamente em diversas frequências. Então, o Som que ela emite também é composto de diversas frequências. Cada uma das frequências é denominada um **harmônico** do Som emitido.

Nos instrumentos de sopro, o Som produzido na embocadura é constituído de muitas frequências diferentes, mas só os sons de determinadas frequências entram em ressonância com uma coluna de ar. Assim, os sons que tem essas frequências se reforçam, e cada uma delas é um harmônico do Som emitido.

O Som é uma propagação de vibrações longitudinais através de meios materiais, compreendendo compressões e rarefações que se propagam. Nas compressões, a pressão é mais elevada do que seria caso não houvesse ondas (meio em equilíbrio). Nas rarefações, a pressão é mais baixa que no equilíbrio.

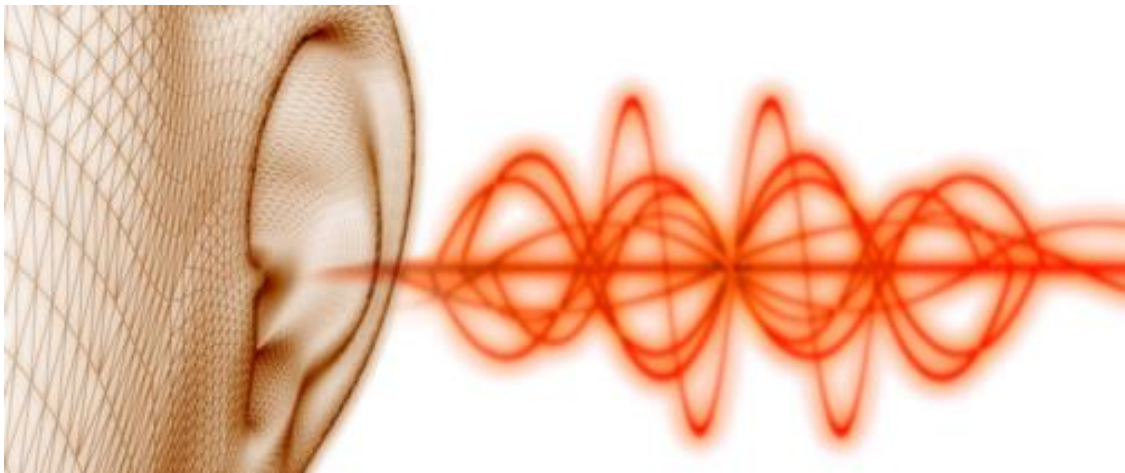
Essas compressões e rarefações propagam-se de maneira análoga às ondas longitudinais em molas, como foi visto anteriormente. É importante destacar, porém, que em geral as ondas sonoras propagam-se em três dimensões pelo espaço. São, portanto, ondas tridimensionais.

Como modelo de produção e propagação de ondas sonoras, pode-se usar um êmbolo que gera compressões e rarefações no ar do interior de um cilindro, como exemplo uma seringa de injeção vazia. Suponhamos que o êmbolo seja posto a oscilar periodicamente. Quando se comprime o êmbolo, ele gera uma compressão no ar interno da seringa. Essa compressão, então, propaga-se. Em seguida, o êmbolo volta, gerando uma rarefação que também se propaga. Logo após, mais uma compressão é produzida, depois outra rarefação, e assim por diante. Como a onda gerada é periódica, continua válida a expressão: $V = \lambda f$, onde V é a velocidade de propagação da onda, λ é seu comprimento de onda e f é sua frequência.

3.3.1 Uma síntese histórica da acústica

A Acústica é um campo de estudo da Física, este campo refere-se basicamente ao estudo do Som, bem como sua criação, meio de propagação e recepção (SILVA 2011 apud ALMEIDA E SILVA, 2005). Desta forma a Acústica estuda frequências oscilatórias que resultam no Som que pode ser captado pelo ouvido humano.

Figura 17 - Som sendo captado pelo ouvido humano.



Fonte: Matias (2016).

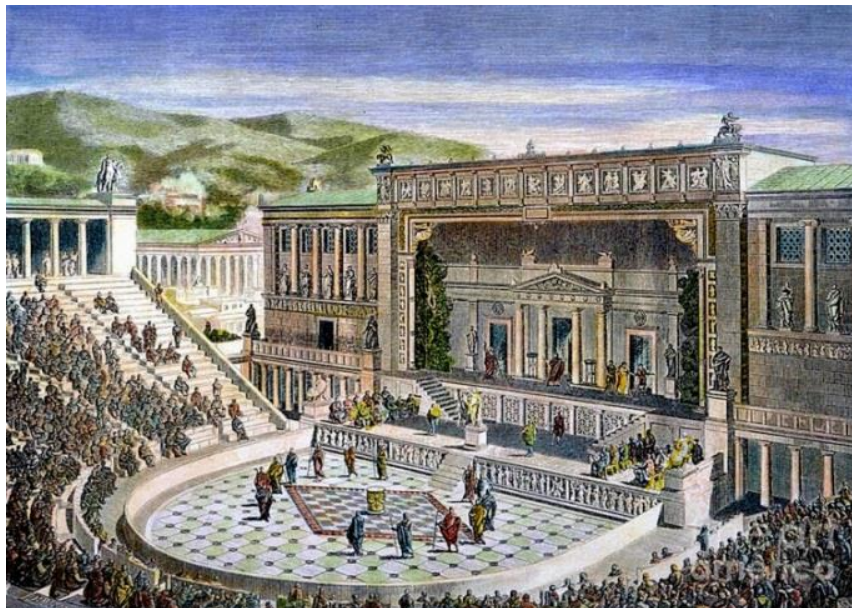
Quando se ouve a palavra Acústica, o pensamento nos remete para assuntos da atualidade como: música, a questão dos ambientes e sua Acústica, ou seja, assuntos modernos. Essa ideia de Acústica se relaciona com a definição da mesma, porém a Acústica traz em sua história uma amplitude de informações.

Desde tempos antigos, a Acústica já fazia parte da vida dos seres humanos, o ramo mais antigo deste campo da Física é a Acústica Arquitetônica (SILVA 2011 apud ALMEIDA E SILVA, 2005). Uma constatação disto são as construções como dos teatros gregos que foram construídos há mais de 2.000 anos atrás. Nestas construções considerava-se, as melhores condições para se obter uma boa Acústica, como: locais de baixo ruído e a favor do vento, a plateia era acomodada em degraus, usava-se conchas Acústicas, que eram bem diferentes das que conhecemos hoje, eram paredes posicionadas estrategicamente atrás do palco e assim funcionavam como refletoras, ou seja, os sons que iriam se dispersar no ambiente (para trás e para cima), eram refletidos em direção à plateia (figura 18). Hoje com auxílio da era

moderna, cálculos indicam que as conchas Acústicas dos teatros gregos traziam ganhos de 3 a 5 dB (decibéis). Os gregos através de suas construções contribuíram com a Acústica, neste viés de acordo com Souza, Almeida e Bragança (2006)

Com os gregos foi possível aprender sobre a eficiência da distribuição da plateia em forma semicirculares e o aproveitamento da topografia, tendo como resultado a aproximação do público ao palco e, conseqüentemente, a maior captação sonora do espectador (SOUZA, ALMEIDA E BRAGANÇA, 2006, p. 16).

Figura 18 - Teatro grego.



Fonte: Aidar (2021).

Além dos teatros gregos outras situações remetem a presença e a importância da Acústica através dos tempos.

A contribuição da Grécia com a história da Acústica vai além do que apresenta a estrutura de seus monumentos, o que já é de grande valia, porém muitos foram os pensadores que realizaram pesquisas referentes a Acústica. Vejamos alguns deles e suas considerações:

- Pitágoras e seus discípulos: atribuem a natureza do Som e a teoria matemática da escala. A Escola Pitagórica determinou a escala a partir dos números inteiros pequenos, com base nos acordes produzidos por cordas vibrantes;
- Euclides: menciona que a altura do Som aumenta com o número de movimentos produzidos. Ele admite também que o número das vibrações é inversamente proporcional ao comprimento da corda em vibração;

- Arquimedes de Siracusa: determinou a lei do inverso do quadrado da distância para a intensidade Acústica;
- Héron: indica que o ângulo de incidência do Som em um sólido é igual ao ângulo de reflexão, de modo que assim, foram determinados os dois princípios fundamentais da Acústica geométrica, base fundamental da arquitetura dos teatros gregos.

Tanto Som, quanto Acústica foram se aprimorando e evoluindo através dos tempos. É possível observar tal evolução, na influência que da música para descoberta de alguns fenômenos como, o de ondas (HENRIQUE, 2002, p. 23).

Na China a música era objeto de estudo, e o Som por ela emitido era centrado pela medição. A partir da medição se classificava o Som por timbre e altura para assim identificar as escalas musicais resultando numa excelente afinação. Um sino devidamente afinado podia servir de padrão e faria com que outro sino tocasse em ressonância quando estivesse corretamente afinado. Em 270 a.C. Lin lun, ministro do imperador Huangundi, é encarregado de estabelecer um padrão de altura (*pitch*) para música (RONAN, 1987).

As primeiras catedrais construídas na Idade Média, não privilegiavam a questão da Acústica devido a sua arquitetura, pois a cobertura dessas construções era tipo cúpulas e na construção utilizavam materiais como pedra e alvenaria, o que interferia na Acústica do local, ocasionando reflexões e concentrações de Som, dificultando a audição das pessoas ali presentes, devido ao aumento da distância percorrida pelo Som, bem como das reflexões, ocasionando eco (SOUZA, ALMEIDA E BRAGANÇA, 2006).

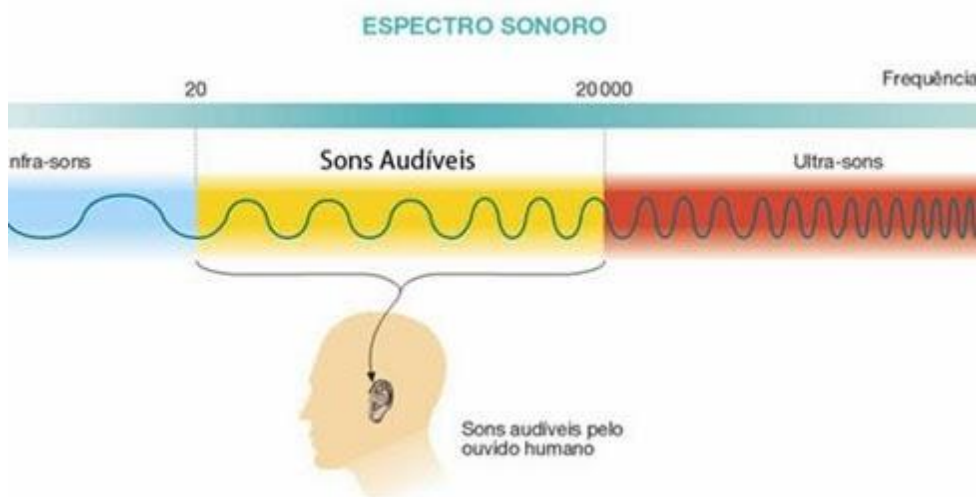
Mediante a evolução e a realização de estudos hoje é possível compreender que o Som se resume a ondas mecânicas, por sua vez as ondas surgem através de uma variação espacial, causada pelo transporte de energia em um determinado ambiente. Percebe-se que na história da Acústica as apresentações artísticas que exploravam a música e conseqüentemente o Som, possibilitaram o estudo e o desenvolvimento deste campo de estudo da Física e neste contexto pode-se ressaltar o estudo realizado por Galileu Galilei, famoso representante do pensamento moderno, em 1638, tal estudo resultou na dedução quantitativa das leis das cordas estabelecendo as relações entre frequência, comprimento, diâmetro, densidade e tensão (HENRIQUE, 2002, p. 20), ou seja, possibilitou verificar que a sensação de

altura musical é diretamente relacionada à frequência. Isso marca o início da Física da música em sua atual concepção.

3.3.2 Como Ouvimos um Som (limite audível)

O Som é uma onda mecânica que, ao atingir nosso aparelho auditivo, causa sensação da audição. Para que a sensação sonora seja percebida, é necessário que a frequência dessas ondas mecânicas esteja dentro de certa faixa de valores. A faixa, por sua vez, depende do ouvinte e varia conforme a idade. De modo geral, são audíveis as ondas mecânicas com frequências compreendidas entre 20 Hz e 20 000 Hz. Apesar disso, também são chamadas de vibrações Acústicas as vibrações mecânicas cujas frequências estão acima (**ultrassom**) ou abaixo (**infrassom**) desses limites.

Figura 19 - Espectro audível ao ser humano



Fonte: Olivares (2018).

Figura 20 - Frequência audíveis a animais

SERES VIVOS	INTERVALOS DE FREQUÊNCIAS
Cachorro	15 Hz – 45.000 Hz
Ser humano	20 Hz – 20.000Hz
Sapo	50 Hz – 10.000 Hz
Gato	60 Hz – 65.000 Hz
Morcego	1000 Hz – 120.000 Hz

Fonte: Júnior (s/d).

Ultrassom e Infrassom – Uma onda longitudinal propagando-se em um meio material com frequência inferior a 20 hertz denomina-se **infrassom** e, se sua frequência for superior a 20 000 hertz, ela é denominada **ultrassom**. Como já vimos estas ondas não provocam sensação sonora ao atingirem o ouvido de uma pessoa. Apesar disso, é importante destacar sobre esses tipos de ondas, alguns fatos.

De acordo com Máximo (1997), alguns animais são capazes de perceber os **ultrassons**. Por exemplo, os cães podem detectar frequências de até 45 000 hertz. Os morcegos são capazes de emitir e detectar **ultrassons** com frequências de até 120 000 hertz. Emitindo ultrassons e recebendo-os após serem refletidos em obstáculos, ou em pequenos insetos, os morcegos detectam a presença desses objetos, mesmo em ambientes escuros. Por isso eles são capazes de voar e de procurar seus alimentos à noite. A tabela da figura 20 mostra a relação de frequências mínimas e máximas audíveis para alguns animais.

Ao contrário do cachorro e do morcego, o elefante e o pombo-correio podem perceber os **infrassons**. Pesquisas realizadas com esses animais mostraram que os pombos se orientam por meio dos infrassons emitidos pelo balanço (provocado pelo vento) de edifícios ou árvores muito altos. Por sua vez, os elefantes parecem se comunicar, a longas distâncias, também usando infrassons emitidos por eles (MÁXIMO, 1997, p. 544).

Uma aplicação muito conhecida dos ultrassons é o sonar. Esse dispositivo é utilizado nos navios e submarinos para localizar objetos, de maneira semelhante ao que é feito pelos morcegos. É de conhecimento geral também a utilização do ultrassom na medicina, a fim de acompanhar durante os nove meses de gravidez, o desenvolvimento do feto no útero materno, por meio de imagens (ultrassonografia) dentre outras funções. Outra aplicação especial do ultrassom na medicina é a verificação do funcionamento do coração o (ecocardiograma), por meio de imagens (MÁXIMO, 1997, p. 544 e 545).

3.3.3 A Fala Humana

A voz emitida pelo ser humano tem sua origem nas vibrações de duas membranas, denominadas **cordas** ou **pregas vocais**.

As pregas vocais entram em vibração quando o ar, proveniente dos pulmões, é forçado a passar pela fenda existente entre as duas membranas. Podemos controlar

a frequência do Som que emitimos, modificando a tensão nas pregas vocais. As vibrações dessas pregas vocais são comunicadas ao ar existente nas diversas cavidades da boca, da garganta e nariz a aos músculos próximos a elas. A combinação de todas essas vibrações determina o timbre da voz, que é característico de cada pessoa.

3.3.4 O Ouvido Humano

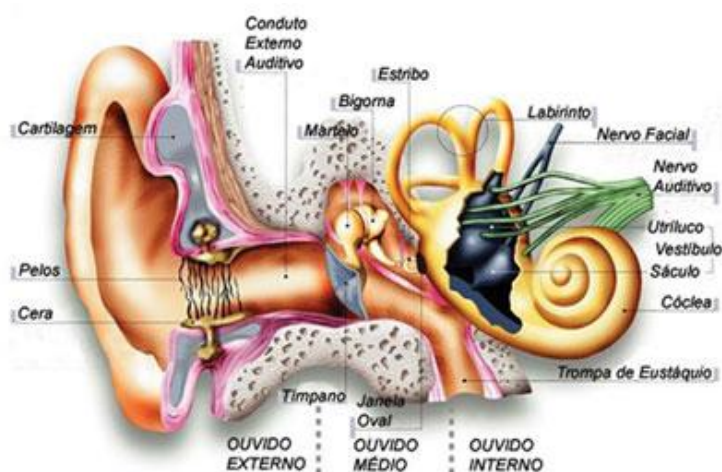
As ondas sonoras, ao atingirem a orelha, são dirigidas para o interior do canal auditivo, na extremidade do qual existe uma membrana, semelhante a pele de um tambor, denominada **tímpano**. O tímpano é tão delicado e sensível que variações de pressão muito pequenas da onda sonora são suficientes para colocá-lo em vibração.

Essas vibrações são comunicadas a um pequeno osso chamado **martelo**, que, por sua vez, aciona outro osso (a **bigorna**), o qual, finalmente, faz vibrar um terceiro osso, denominado **estribo**. Com esse processo, as vibrações são sucessivamente ampliadas (ou amplificadas), tornando nosso ouvido capaz de ouvir/reconhecer/identificar sons de intensidade muito baixa.

Finalmente, as vibrações amplificadas chegam ao ouvido interno (ou cóclea), que tem a forma de um caracol. A cóclea é revestida por pelos muito pequenos e, em seu interior, existe um líquido que facilita a propagação do Som. As ondas sonoras, na **cóclea**, colocam os pequenos pelos em vibração, estimulando células nervosas que, por meio do nervo auditivo, enviam os sinais ao cérebro. Dessa maneira, a pessoa tem a percepção do Som.

Como podemos observar na figura 19, a maior parte do aparelho auditivo está localizada no interior da cabeça do ser humano.

Figura 21 - O ouvido humano costuma ser dividido em três partes: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno.



Fonte: Só Biologia (2008).

Devemos nos lembrar que, os sons agradáveis ou musicais são aqueles constituídos de vibrações periódicas. Nos demais casos, o Som é chamado de ruído.

3.3.5 Velocidade de Propagação do Som

Como regra geral, o Som propaga-se normalmente com velocidade maior nos meios sólidos que nos líquidos, e maior nos meios líquidos que nos gasosos. No ar, por exemplo, a velocidade de propagação do Som é de aproximadamente 340 m/s, valendo cerca de 1500 m/s na água e aproximadamente 5 000 m/s no ferro. A tabela apresentada a seguir fornece valores mais precisos da velocidade do Som em alguns meios.

Tabela 1 - Velocidade do Som

Meio	Velocidade do Som (m/s)	Meio	Velocidade do Som (m/s)
Ar (a 0 °C)	331	Água (a 20 °C)	1 482
Ar (a 15 °C)	340	Chumbo	1 210
Oxigênio (a 0 °C)	316	Alumínio	5 000
Hidrogênio (a 0 °C)	1 284	Aço	5 960
Mercúrio (a 20 °C)	1 450	Berílio	12 870

Fonte: Autoria própria (2021).

Um fato importante é que a velocidade de propagação do Som emitido por uma fonte sonora não depende da velocidade da fonte, mas apenas de características e condições do meio de propagação (isso vale para qualquer onda). Assim, quando a buzina de um automóvel em movimento é acionada, o Som emitido no ar propaga-se com a mesma velocidade que se propagaria se o veículo estivesse em repouso.

Outra regra geral é que a velocidade de propagação do Som não depende de sua intensidade ou de sua frequência. Podemos imaginar como seria difícil o entendimento de uma conversa se os sons agudos, graves, fortes e fracos se propagassem com velocidades diferentes!

3.3.6 Qualidades Fisiológicas do Som

Algumas grandezas são muito importantes na caracterização do **Som** e são chamadas de qualidades **fisiológicas do Som**.

A sensação que temos ao ouvir qualquer tipo de Som nada mais é que a interpretação feita por nosso cérebro. A qualidade fisiológica do Som é a qualidade que um “Som forte” tem de se distinguir de um “Som fraco”. Produzida por essa interpretação, a qualidade fisiológica do Som é dividida em três: a altura, a intensidade e o timbre.

3.3.7 A Altura

A **altura** de um Som é a sensação que nos permite diferenciar entre um Som grave e um Som agudo. Um Som **grave** é um Som de baixa frequência e um Som **agudo** é um de alta frequência. Em geral a voz do homem é mais grave do que a voz da mulher, ou seja, a voz da mulher é mais aguda do que a do homem. Sintetizando:

- **Som grave** é emitido por uma fonte sonora que vibra com **baixa frequência**;
- **Som agudo** é emitido por uma fonte sonora que vibra com **alta frequência**.

3.3.8 Intensidade do Som

Ao ouvirmos o Som emitido pela explosão de uma bomba potente, dizemos vulgarmente que estamos recebendo um Som muito “forte”. Na linguagem da Física, diz-se que este Som tem **grande intensidade**. Por outro lado, o Som produzido pelo

leve balançar de uma folha ao vento é popularmente classificado como um Som “fraco”, enquanto na Física dizemos que ele é um Som de **pequena intensidade**.

A **intensidade do Som** é uma propriedade que nosso ouvido percebe e que está relacionada com a energia (por unidade de tempo) que a onda sonora transfere a ele, sendo tanto maior quanto maior for a amplitude dessa onda sonora.

O nosso ouvido é um instrumento extremamente sensível para captar a energia transportada pelas ondas sonoras. Cientistas verificaram que o ouvido de uma pessoa normal é capaz de perceber sons de intensidade muito baixa, nos quais a amplitude de vibração das moléculas de ar vale cerca de 1 bilionésimo de cm (0, 000000001 cm). Esse valor é menor que o diâmetro da molécula que está oscilando.

Em relação aos sons de maior intensidade que nossos ouvidos podem tolerar (sem sentir dor), eles correspondem a vibrações com uma amplitude de apenas 1 milésimo de cm (0,001 cm).

3.3.9 Timbre

Timbre é a qualidade que permite distinguir sons de mesma altura e mesma intensidade, emitidos por instrumentos diferentes. Os responsáveis pelo timbre são os harmônicos que acompanham o Som fundamental. Assim, se um violino e um piano emitirem a mesma nota (mesma frequência, por exemplo: um dó fundamental), conseguiremos distinguir o Som do violino do Som do piano. Isso porque, embora o Som fundamental seja o mesmo, os harmônicos não são iguais. Na linguagem científica, dizemos que esses dois sons possuem **timbres diferentes**.

3.4 Reflexão do Som

Quando as ondas sonoras atingem um obstáculo fixo, como uma parede, elas sofrem **reflexão** com inversão de fase.

Como acontece com qualquer onda, o Som refletido tem a mesma velocidade de propagação, a mesma frequência e o mesmo comprimento de onda que o Som incidente.

A reflexão do Som envolve, ainda, os fenômenos do **eco** e da **reverberação**.

Quando recebemos um Som, a sensação sonora causada por ele persiste em nós por aproximadamente um décimo de segundo (0,1 s). A esse intervalo de tempo

dá-se o nome de **persistência Acústica**. Se uma pessoa emite um Som que é refletido num paredão e volta até ela, a pessoa ouve dois sons: o Som direto, no momento em que ele é emitido, e, algum tempo depois, o Som refletido pelo paredão.

Se o intervalo de tempo for inferior a 0,1 s, o Som refletido chegará à pessoa quando ela ainda estiver tendo a sensação do Som emitido inicialmente. A pessoa perceberá, então, um prolongamento do Som inicial, que é denominado **reverberação**. Entretanto, se o intervalo de tempo for superior a 0,1 s, o Som refletido chegará depois de cessada a sensação do Som inicial. Assim, o Som refletido será percebido separado do Som inicial, fenômeno que recebe o nome de **eco**.

3.4.1 Refração do Som

Refração de ondas é o nome dado ao fenômeno que ocorre quando uma onda passa de um meio de propagação para outro, de características distintas, tendo sua direção desviada. Independente de cada onda, sua frequência não é alterada na **refração**, no entanto, a velocidade e o comprimento de onda podem se modificar.

Um exemplo de **refração do Som** seria quando uma onda sonora incide na água, meio material mais denso que o ar. Nessa situação, de refração sonora, a onda aumenta de velocidade e se afasta da normal, comportamento, este, contrário ao da luz, que teria sua velocidade diminuída e se aproximaria da normal.

3.4.2 Difração do Som

A **difração** é um fenômeno que ocorre com as ondas sonoras de modo frequente e acentuado. Essa acentuação se dá quando os obstáculos atingidos apresentam dimensões inferiores às do comprimento de onda ou, pelo menos, da mesma ordem de grandeza. E pelo fato de o Som ter comprimentos de onda que variam de aproximadamente 17 mm até 17 m ele encontra grande facilidade para se difratar.

Os sons graves, por terem maior comprimento de onda, difratam-se mais do que os agudos. Isto é facilmente notado numa caixa Acústica, já que os sons agudos são muito mais direcionados que os graves. Por isso, uma pessoa bem afastada lateralmente em relação à caixa ouve muito melhor os graves do que os agudos.

3.4.3 Interferência do Som

As ondas sonoras também sofrem o fenômeno da interferência. Ele ocorre, por exemplo, quando várias pessoas cantam a mesma nota, ao mesmo tempo. Nesse caso, há uma Soma de energias, isto é, há uma **interferência aditiva**.

Devemos lembrar que na realidade não ocorre interferência de ondas, o que ocorre nos pontos onde elas se encontram é uma **superposição de ondas**. O nome “interferência” permanece apenas por motivos históricos, consagrado pelo uso. Por exemplo, vamos supor que tenhamos uma corda com uma extremidade fixa e outra livre. Se pegarmos a extremidade livre e fizermos um movimento de sobe e desce com a corda, veremos a formação de ondas que se propagam nela. Se por acaso duas pessoas pegarem uma corda e em ambas as extremidades começarem a executar um movimento de sobe e desce, veremos a formação de ondas que se propagam. Mas o que acontece quando essas ondas se encontram? Acontece o fenômeno que chamamos de **Interferência de ondas**. Sendo assim, podemos dizer que quando duas ou mais ondas chegam ao mesmo tempo a um ponto em comum de um meio, ocorre o fenômeno da **interferência**, ou seja, as ondas se superpõem naquele ponto, originando um efeito que é o resultado da Soma algébrica das amplitudes de todas as perturbações no local de superposição.

3.4.4 Ressonância

O fenômeno da **ressonância** acontece quando um sistema vibra forçado por outro sistema, mas com uma característica: o sistema que provoca a vibração deve estar perto do outro e vibrar com uma frequência igual à **frequência natural** desse outro. A frequência natural de um sistema é a frequência de seu Som fundamental ou a de seus harmônicos.

Vejamos um exemplo: um diapasão A começa a vibrar, movido pela pancada de um martelo de borracha. Colocando-se perto dele um diapasão B, igual ao primeiro, ele vai passar a vibrar com a mesma frequência de A, ou seja, vai entrar em ressonância com A.

Outros exemplos: os vidros de uma janela podem se quebrar, ao entrar em ressonância com a onda sonora de um avião a jato que passa muito perto; uma ponte pode cair ao entrar em ressonância com o vento ou com o movimento cadenciado de

uma tropa de soldados que a atravessa em marcha; um cristal pode quebrar ao entrar em ressonância com a vibração das cordas de um violino.

É importante lembrar que: só há **ressonância** quando os dois objetos têm a mesma frequência natural.

4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Uma Sequência Didática (SD) deve ser bem estruturada com atividades que proporcione aos alunos estudar a partir de uma pluralidade metodológica. Zabala (1998), define uma Sequência Didática ou sequência de ensino como uma proposta metodológica com várias atividades ordenadas e articuladas entre si.

Os objetivos propostos com o tema Acústica são:

- Perceber a importância do Som no cotidiano;
- Fomentar os alunos para o estudo da física;
- Proporcionar momentos para que o aluno compreenda os conceitos e processos que ocorrem na Acústica;
- Contribuir para a saúde auditiva dos alunos.

Observando que cada aluno apresenta sua forma e tempo para assimilar e aprender, cabe ao professor ser o mediador dessa aprendizagem colocando o aluno no centro com um papel extremamente importante.

Batista (2019, p. 24), propõe que o professor tem o papel fundamental de promover o debate produtivo entre grupos de alunos, de forma a dar espaço e liberdade intelectual a cada aluno. Tem ainda a função de distribuir as atividades e criar um ambiente propício para que ocorra o ensino e a aprendizagem, sempre buscando alcançar os objetivos da proposta, quadro 1.

Quadro 1 - Organização da Sequência Didática em Acústica.

Módulo	Tema	Número de aulas.
1	Introdução ao estudo da Ondulatória.	5 aulas
2	Introdução ao estudo do Som.	3 aulas
3	Reflexão do Som	3 aulas

Fonte: Autoria própria (2021).

4.1 Encaminhamento das atividades da Sequência Didática

Os quadros 2, 3 e 4 apresentam a proposta detalhada de cada módulo, com seus respectivos encaminhamentos.

Quadro 2 - Descrição do Módulo 1.

MÓDULO 1			
TEMA	Introdução ao estudo da Ondulatória.		
PÚBLICO - ALVO	Alunos do 3º ano do Ensino Médio	DURAÇÃO	5 aulas de 50 minutos
CONTEÚDOS	<ul style="list-style-type: none"> • Natureza da onda • Forma da onda • Características fundamentais de uma onda • Equação fundamental da Ondulatória. 		
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre Ondulatória. • Despertar o interesse dos alunos pelo tema Acústica. 		

Fonte: Autoria própria (2021).

1ª Aula – Síncrona

Nessa primeira aula o professor irá ensinar os alunos a construir um mapa mental. A partir do mapa mental é possível perceber as relações estabelecidas pelos alunos em sua estrutura cognitiva.

O professor deverá confeccionar junto com os alunos um mapa mental sobre um assunto qualquer de Física, apenas para explicar a estrutura do mesmo.

Ao final desta aula o professor apresentará para os alunos a proposta de produto educacional.

2ª aula – Assíncrona

Nesta aula os alunos deverão responder ao questionário inicial preparado pelo docente. Esse questionário visa o levantamento das concepções prévias dos alunos. O questionário deve ser respondido e enviado ao professor através do *Classroom*.

QUESTIONÁRIO INICIAL

1-Você já ouviu falar sobre o conteúdo de Ondulatória em suas aulas?

- d) Muitas vezes
- e) Nunca
- f) Às vezes

2-No contexto da física, uma onda é basicamente um movimento causado por uma perturbação.

- d) Concordo plenamente
- e) Tenho dúvidas
- f) Discordo plenamente

3-Em uma onda transversal, os pontos do meio em que ela se propaga vibram perpendicularmente à direção de sua propagação.

- d) Concordo plenamente
- e) Tenho dúvidas
- f) Discordo plenamente

4- Uma onda eletromagnética não depende de um meio material para se propagar.

- d) Concordo plenamente
- e) Tenho dúvidas
- f) Discordo plenamente

5- Uma onda percorre a distância de um comprimento de onda no intervalo de tempo igual a um período.

- d) Concordo plenamente
- e) Tenho dúvidas
- f) Discordo plenamente

6- O período é o tempo necessário para que uma onda efetue um ciclo completo.

- d) Concordo plenamente
- e) Tenho dúvidas
- f) Discordo plenamente

7- Uma onda mecânica depende de um meio material para se propagar.

- d) Concordo plenamente
- e) Tenho dúvidas
- f) Discordo plenamente

8- A frequência medida em Hertz é o número de oscilações que uma onda realiza em 1 segundo.

- d) Concordo plenamente
- e) Tenho dúvidas
- f) Discordo plenamente

9- Ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo.

- d) Concordo plenamente
- e) Tenho dúvidas
- f) Discordo plenamente

10 – Uma onda transporta energia.

- d) Concordo plenamente
- e) Tenho dúvidas
- f) Discordo plenamente

11 - O Som é uma onda mecânica.

- d) Concordo plenamente
- e) Tenho dúvidas
- f) Discordo plenamente

12- O nome do ponto mais alto de uma onda é crista.

- d) Concordo plenamente
- e) Tenho dúvidas
- f) Discordo plenamente

13- O funcionamento de rádio, tv e celulares ocorre por meio da transmissão de informação. Essa transmissão de informação se propaga por meio de ondas eletromagnéticas.

- d) Concordo plenamente
- e) Tenho dúvidas
- f) Discordo plenamente

14- Na história da Ondulatória Euclides, um grego, define que a altura do Som aumenta com o número de movimentos (choques) produzidos.

- d) Concordo plenamente
- e) Tenho dúvidas
- f) Discordo plenamente

15- Robert Boyle (1627 – 1691), através de experimentos demonstrou que o Som é uma onda que precisa de um meio material para se propagar.

- d) Concordo plenamente
- e) Tenho dúvidas
- f) Discordo plenamente

16- As crianças de um sítio com a mangueira de jardim brincando em um dia ensolarado, dizem que conseguem produzir ondas mecânicas com essa mangueira.

- g) Concordo plenamente
 - h) Tenho dúvidas
 - i) Discordo plenamente
-

3ª e 4ª AULA – Síncrona

O professor convida os alunos para responderem uma problematização, pedindo aos alunos que reflitam e escrevam suas respostas no *Classroom*.



Problematização:

Com o decorrer dos anos a Ondulatória tem ocupado um espaço cada vez maior em nossas vidas. Em qual situações do seu dia a dia a Ondulatória está presente?

Após a problematização ser respondida, os alunos devem construir um mapa mental sobre o tema **Som**, em uma folha sulfite. Em seguida, cada aluno apresenta seu mapa mental, e o professor, deve ir confeccionando um novo mapa mental a partir dos temas apresentados pelos alunos em seus mapas, chamamos este de mapa mental coletivo.

Posteriormente o professor deverá apresentar os conceitos básicos de Ondulatória através de uma aula dialogada.

Para contribuir com o diálogo o professor apresenta um vídeo que discute o meio de propagação das ondas.

Ondulatória - e seus meio de propagação



Fonte: You Tube (2019).

Após assistirem ao vídeo e discutirem os conceitos envolvidos o professor deve disponibilizar três questões/exercícios para que os alunos tentem resolver, após delimitado um tempo adequado estipulado pelo professor, o mesmo resolve os exercícios tirando as dúvidas que ainda restaram.

Exercícios de aula

1- A respeito da classificação das ondas, marque as alternativas como VERDADEIRA ou FALSA:

- a) As ondas classificadas como longitudinais possuem vibração paralela à propagação. Um exemplo desse tipo de onda é o Som.
- b) O Som é uma onda mecânica, longitudinal e tridimensional.
- c) Todas as ondas eletromagnéticas são transversais.
- d) A frequência representa o número de ondas geradas dentro de um intervalo de tempo específico. A unidade Hz (Hertz) significa ondas geradas por segundo.
- e) Quanto à sua natureza, as ondas podem ser classificadas em mecânicas, eletromagnéticas, transversais e longitudinais.

2- (UNISINOS) Para evitar acidentes e oferecer mais segurança nas viagens, locomotivas da RFFSA passam a usar, a partir de março do ano passado, um sistema inédito de comunicação via micro-ondas (Zero Hora, 10/09/93). As micro-ondas, amplamente utilizadas nas telecomunicações, são ondas com frequência do que as ondas luminosas. As lacunas são corretamente preenchidas, respectivamente, por:

- a) mecânicas; maior
- b) mecânicas; menor
- c) sonoras; maior

- d) eletromagnéticas; menor
e) eletromagnética; maior

3- (UFRS) Classifique cada exemplo de onda (coluna da direita) de acordo com o tipo correspondente (coluna da esquerda).

- 1- longitudinal
2- transversal

- () ondas sonoras
() ondas de rádio
() onda em uma corda de violão.

A sequência de números que estabelece as associações correta na coluna da direita, quando lida de cima para baixo, é:

- a) 1 - 2 - 2
b) 1 - 1 - 2
c) 2 - 1 - 2
d) 1 - 2 - 1
e) 2 - 1 - 1

5ª AULA – Assíncrona

Nesta aula os alunos devem responder uma questão pelo *Google Forms*, para verificar a aprendizagem.

- 1- O que você aprendeu na aula sobre introdução de Ondulatória?

Quadro 3 - Descrição do Módulo 2

MÓDULO 2			
TEMA	Introdução ao estudo do Som.		
PÚBLICO - ALVO	Alunos do 3º ano do Ensino Médio	DURAÇÃO	3 aulas de 50 minutos
CONTEÚDOS	<ul style="list-style-type: none"> • Como ouvimos um Som. • Qualidades fisiológicas do Som. 		
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o Som. 		

	<ul style="list-style-type: none">• Promover a participação dos alunos pelo tema Acústica.• Realizar atividades em que o aluno perceba a importância do Som.• Medir o ruído em diferentes ambientes.
--	--

Fonte: Autoria própria (2021).

6ª AULA – Assíncrona

Os alunos devem responder a problematização para que o professor possa averiguar os conhecimentos prévios.



Problematização

Os conhecimentos físicos podem ser utilizados como critérios para compreensão de aspectos de uma vida saudável. Então, qual é a relação do Som com a sua saúde auditiva?

Agora, os alunos assistem um vídeo curto de 6 minutos sobre, a natureza do Som e o ouvido humano.

A Natureza do Som e Ouvido Humano



Fonte: You Tube (2013).

7ª AULA – Síncrona

Nessa aula deve-se conversar com os alunos sobre suas dúvidas com relação à problematização e também sobre o vídeo assistido em casa cujo tema foi: A natureza do Som e o ouvido humano.

Na sequência o professor deve apresentar as aplicações sobre estudo do Som utilizando um simulador do PHET - Colorado, para abordar os conceitos básicos de Som.

Ilustração do simulador de Som



Fonte: Techtudo (2010).

Atividade com simulador

O desígnio da atividade, é fazer com que os alunos compreendam as noções básicas de Som, por meio de ondas.

Passos:

1 - Escolha no simulador ouvir uma única fonte, depois vá alterando a amplitude e frequência e siga observando as alterações que acontecem nas ondas formadas.

Registre as alterações que percebeu.

2 - Selecione no simulador interferência entre duas fontes. Selecione ainda a amplitude e a frequência das ondas. Veja o que acontece.

Compare o que acontece em ambas as simulações.

A partir da comparação estabelecida pelos alunos o professor apresenta o fenômeno da interferência, diferenciando a construtiva da destrutiva.

8ª AULA – Assíncrona

Nesta aula, os alunos serão convidados a realizar uma atividade experimental em casa, de maneira individual, com materiais simples e de fácil acesso.

O professor solicitará aos alunos que fotografem o experimento e envie para o docente através da plataforma *Classroom*.

Experimento de Som

Materiais Utilizados

- Bacia pequena e redonda
- Plástico filme
- Sal fino
- Caixa de Som
- Música

Procedimento

Pegue uma bacia redonda e na boca da bacia passe o plástico filme de forma bem esticada, o mais perfeito possível.



Fonte: Autoria própria (2021).

Sobre o plástico filme espalhe um pouco de sal fino.



Fonte: Autoria própria (2021).

Ligue a caixa de Som com uma música que goste e vá aumentando o volume gradativamente.

Observe o que acontece com sal.

Posteriormente, peça aos estudantes que respondam as seguintes questões abaixo:

- 1- Como o experimento demonstra que as ondas sonoras sofrem interferência do meio?**

2- Qual a relação do experimento com o nosso corpo?

3- Quando aumentamos o volume (intensidade sonora) do Som o que acontece com o sal?

4- E, quando estamos com um fone de ouvido o que acontece quando aumentamos o volume do Som gradativamente?

Para finalizar esta aula, os alunos devem responder uma questão através do *Google Forms*, a fim de que possamos verificar sua relação com o assunto estudado.

Questão

O que você aprendeu na aula sobre introdução ao estudo do Som?

Quadro 4 - Descrição do Módulo 3

MÓDULO 3			
TEMA	Reflexão do Som.		
PÚBLICO - ALVO	Alunos do 3º ano do Ensino Médio	DURAÇÃO	3 aulas de 50 minutos
CONTEÚDO	<ul style="list-style-type: none"> • Reflexão do Som 		
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Definir eco, reforço e reverberação. • Realizar cálculos com reflexão do Som. 		

Fonte: Autoria própria (2021).

9ª AULA – Síncrona

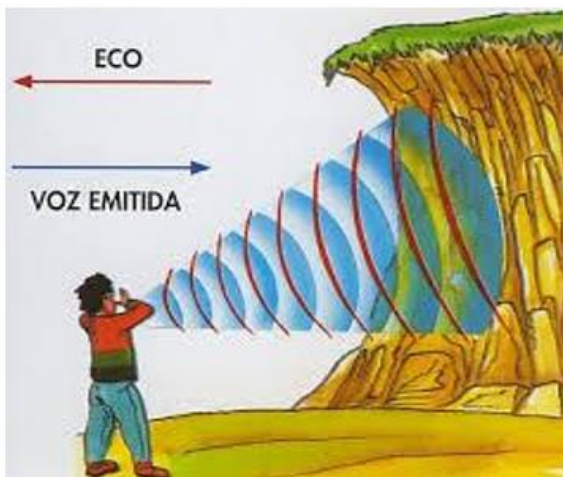
Nesta aula, o professor deve apresentar a problematização ao aluno com o intuito de verificar os subsunçores sobre o fenômeno sonoro da reflexão do Som.



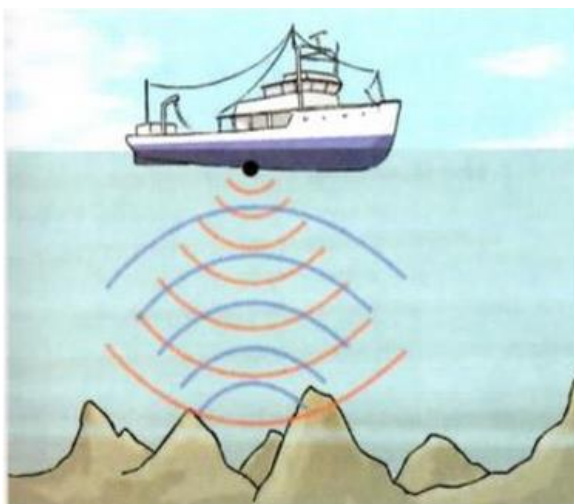
Problematização

Você já ouviu falar em eco? Ele pode ser utilizado em nosso favor? E como?

Em seguida, o docente apresenta imagens para que de forma dialogada e interativa os alunos apresentem seus conhecimentos físicos sobre a reflexão do Som. Explique qual a relação do Som com cada uma das imagens.



Fonte: Neofísica (2012).



Fonte: Torres (2021).



Fonte: Serrano (2016).



Fonte: Jorge (2003).

10ª AULA – Síncrona

O decorrer desta aula o professor deve perguntar aos alunos se existem dúvidas sobre as aulas anteriores e através de uma aula dialogada e interativa sanar as dúvidas dos estudantes.

Posteriormente, o professor juntamente com os alunos resolvem os exercícios abaixo, buscando extrair dos alunos seus conhecimentos físicos mais relevantes.

Exercícios de aula

1-De acordo com o que já estudamos em Som, vamos ler a tirinha e responder o que se pede:



Copyright ©1999 Mauricio de Sousa Produções Ltda. Todos os direitos reservados.

7517

Fonte: Salles (2011).

2-Você já parou para pensar que existe uma distância mínima que devemos estar de um obstáculo para que ouça o eco da tua própria voz? Então vamos calcular?

3-Que alternativa preenche corretamente as lacunas da frase abaixo?

O _____ e a reverberação são causados pela - _____ das ondas sonoras ao incidirem normalmente sobre um ou mais anteparos.

A _____ é causada pela reflexão múltipla do _____ nas paredes de uma grande sala.

- a) eco, reflexão, reverberação, Som
 - b) Som, eco, reflexão, reverberação
 - c) reflexão, reverberação, Som e eco
 - d) eco, reverberação, reflexão, Som
 - e) Som, reflexão, reverberação, eco
-

11ª AULA – Assíncrona

Nesta os estudantes respondem uma questão pelo *Google Forms*, sobre a aula de reflexão do Som.

Questão

1- O que você aprendeu nas aulas sobre a reflexão do Som?

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como intuito a elaboração e implementação de uma Sequência Didática sobre Acústica no Ensino Médio a partir da perspectiva da saúde auditiva, apresentada aos alunos a partir do conteúdo básico de Ondas e suas características.

Para a construção do trabalho utilizou-se os pressupostos teóricos de David Ausubel, visando que os alunos demonstrassem seus conhecimentos prévios através de conversas e atividades escritas, com recursos e metodologia diferenciados, ao longo das aulas que ocorrerão de forma assíncrona e síncrona, pretendendo assim, atingir e atender os alunos em se distintos níveis de aprendizagem.

Ao final das onze aulas serão colhidas todas as informações das atividades realizadas pelos alunos, para assim, realizar uma análise dos resultados obtidos por meio dessa Sequência Didática.

O estudo realizado me permitiu um desenvolver e uma aprendizagem indescritível. O fato de estar contribuindo pedagogicamente com a produção de uma Sequência Didática, da qual os professores da disciplina de Física possam estar desfrutando deste produto em suas aulas é muito gratificante.

REFERÊNCIAS

- AIDAR, L. Teatro Grego. **Toda matéria**. 2011. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/teatro-grego/>. Acesso em: 7 abr. de 2021.
- A NATUREZA do Som e Ouvido Humano. **You Tube**. 2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=wsCII5ehL0c>. Acesso em: 02 mar. de 2021.
- ALVES, N. Ondulatória – O que é? Fórmulas, Classificação e Exemplos. **Gestão Educacional**, 2019. Disponível em: <https://www.gestaoeducacional.com.br/ondulatoria-o-que-e/> Acesso em: 29 jan. de 2021.
- AUSUBEL, D.P. (1963). **The psychology of meaningful verbal learning**. New York, Grune and Stratton.
- BATISTA M. C., FUSINATO P. A., BATISTA R. OLIVEIRA. D. R; **Sequências Didáticas: Contribuições para o Ensino de Ciências e Matemática**. 1 ed. Maringá: Massoni, 2019.
- BIZZO, N. **Como eu ensino: pensamento científico, a natureza da ciência no ensino fundamental**. São Paulo, Melhoramentos, 2008.
- BORGES, D. Audição – Definição, fisiologia, anatomia da orelha e estímulos sonoros. **Conhecimento Científico**. 2020. Disponível em: <https://conhecimentocientifico.com/audicao/>. Acesso em: 26 fev. de 2021.
- BRITO, S. H. B. Como o Sinal Wi-Fi é Propagado na Natureza? **Medium.com**. 2018. Disponível em: <https://medium.com/ubntbr/como-o-sinal-wifi-%C3%A9-propagado-na-natureza-d87daef39575>. Acesso em: 12 mar. de 2021.
- FENÔMENOS acústicos. **Neofísica 11**. 2012. Disponível em: <http://neofisica11.blogspot.com/2012/03/webquest-17-tema-fenomenos-acusticos.html>. Acesso em 18 jan. de 2021.
- FERRARO, N. G. Termologia, Óptica e Ondas. **Os Fundamentos da Física**. 2014. Disponível em: http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2014/11/cursos-do-blog-termologia-optica-e-ondas_11.html. Acesso em: 15 mar. de 2021.
- FREQUÊNCIA de uma onda. **Só biologia**. 2008. Disponível em: https://www.sobiologia.com.br/conteudos/oitava_serie/Ondas2.php. Acesso em: 21 fev. de 2021.
- GASPAR, A. **Compreendendo a Física: ensino médio**. Alberto Gaspar. 1 ed. e 2 ed. - São Paulo: Ática, 2010 e 2013.
- GUIMARÃES, O. **Física** / Osvaldo Guimarães, José Roberto Piqueira, Wilson Carron - 1ª edição - São Paulo, Ática, 2013.

JORGE, S. G. Doença Hepática Gordurosa Não Alcoólica (DHGNA). **Hepcentro**. 2003. Disponível em: <http://www.hepcentro.com.br/esteatose.htm>. Acesso em: 23 jan. de 2021.

JÚNIOR, J. S. S. O que é espectro eletromagnético? **Brasil Escola**. (s/d). Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-espectro-eletromagnetico.htm>. Acesso em 3 mar. de 2021.

MATIAS, C. MATIAS, M. História da Acústica. **Ensaio Flutuantes**. 2016. Disponível em: <https://ensaiosflutuantes.wordpress.com/2016/04/04/historia-da-acustica/>. Acesso em: 2 abr. 2021

MÁXIMO, A. e B. A. **Curso de Física**, volume 2. São Paulo: editora Scipione, 2010.

MOREIRA, M. A. **Compilação de trabalhos publicados ou apresentados em congressos sobre o tema Aprendizagem Significativa, a fim de subsidiar teoricamente o professor investigador, particularmente da área de ciências**. Instituto de Física, UFRGS, Brasil 2009 (1ª edição), 2016 (2ª edição revisada) Porto Alegre, Brasil. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2020.

NOME das Cordas do Violão. **Formula Violão**. 2014. Disponível em: <https://www.formulaviolao.com/nome-das-cordas-do-violao/>. Acesso em: 2 fev. de 2021.

ONDULATÓRIA - e seus meio de propagação. **You Tube**. 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KILMBeSEvaU> . Acesso em: 02 mar. de 2021.

OLIVEIRA, M. P. P [et al]. **Física em contextos: pessoal, social e histórico: energia, calor, imagem e Som** – 1. Ed. São Paulo: FTD, 2010.

OLIVARES, S. G. O Som. **Silo.tips**. 2018. Disponível em: <https://silo.tips/download/o-som-o-som-e-uma-onda-mecanica-fois-necessita-de-um-meio-material-para-se-propa>. Acesso em: 4 fev. de 2021.

ONDA mecânica. **Wikipédia**, 2009. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Onda_mec%C3%A2nica. Acesso em: 14 maio de 2020.

ONDAS Sonoras. **Techtudo**. 2010. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/ondas-sonoras.html> Acesso em: 30 jan. de 2021.

REIS, G. Características das ondas mecânicas. **Física contexto e aplicações**. 2017. Disponível em: <http://fisicacontextoaplicacoes.blogspot.com/2017/08/caracteristicas-das-ondas-mecanicas.html>. Acesso em: 23 mar. de 2021.

RONAN, C. A. **História Ilustrada das Ciências**, Universidade de Cambridge: Ed. Zahar, 1987.

SILVA, D. C. M. **Refração de ondas em uma corda**. 2021. Disponível em: <https://www.preparaenem.com/fisica/refracao-ondas-uma-corda.htm>. Acesso em: 10 fev. 2021. il.

SALLES, M. M. O papel da repetição na língua falada. **Portal do professor**. 2011. Disponível em: http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?%20pagina=espaco%2Fvisualizar_aula&aula=28318&secao=espaco&request_locale=es. Acesso em: 10 fev. de 2021.

SILVA, K. S. **Conforto acústico na concepção do projeto de arquitetura**. Estudo de Caso: Igrejas Evangélicas A Pioneira no Município de Macapá. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo - Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, Amapá, 2011. Disponível em: <https://www2.unifap.br/arquitetura/files/2020/07/Silva-2011-Conforto-acustico-na-concepcao-do-projeto-de-arqui.pdf>. Acesso em 12 abril. de 2021.

SOUSA, B. O que são ondas. **Beatriz Sousa 99**. 2013. Disponível em: <http://beatrizsousa99.blogspot.com/2013/03/o-que-sao-ondas-ah-espera-isso-eu-sei.html>. Acesso em: 5 fev. de 2021.

SOUZA, L. C. L.; ALMEIDA, M. G.; BRAGANÇA, L. **Bê-a-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a Arquitetura** – São Carlos: EdUFSCar, 2006.

SOLDOVIERI, T. Ondas - parte 2: pulso, tren de ondas, frente de onda, rayo, descripción de la propagación de una onda y ecuación de onda. **Steemit**, Disponível em: <https://steemit.com/stem-espanol/@tsoldovieri/ondas-parte-2-pulso-tren-de-ondas-frente-de-onda-rayo-descripcion-de-la-propagacion-de-una-onda-y-ecuacion-de-onda>. Acesso em: 7 fev. de 2021.

SERRANO, P. Eco e Reverberação: Qual a diferença? **Portal acústica**. 2016. Disponível em: <http://portalacustica.info/eco-e-reverberacao-qual-diferenca/>. Acesso em: 26 jan. de 2021.

TORRES, P. M. Reflexão do Som: Eco e Reverberação. **Cola da web**. 2000. Disponível em: <https://www.coladaweb.com/fisica/ondas/reflexao-som-eco-reverberacao>. Acesso em: 12 fev. de 2021.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**; tradução Ermani F. F. Rosa – Porto Alegre: Artmed, 1998.