



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA

Instrumentos Musicais: Contextualizando o Ensino de Acústica

Caroline Machado Canto
Orientadora Prof^ª. Dr. Marcia Martins Szortyka

Araranguá

2022

APRESENTAÇÃO

Caro (a) professor (a),

Este produto educacional foi desenvolvido para a aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre o conteúdo de ondas e acústica, como parte de uma pesquisa em ensino de física da dissertação de mestrado intitulada “Instrumentos Musicais: Contextualizando o Ensino de Acústica”.

O material tem como objetivo fornecer um apoio para professores, como fonte de pesquisa para o ensino de ondulatória e acústica. Foi elaborado pela acadêmica Caroline Machado Canto, do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), polo de Araranguá, orientada pela professora Dr. Marcia Martins Szortyka.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Propagação de ondas I	16
Figura 2 – Propagação de ondas II	16
Figura 3 – Propagação de ondas III.....	17
Figura 4 - pulso	18
Figura 5 – Onda no lago.....	18
Figura 6 – Formas de propagação das ondas.....	19
Figura 7 – Ondas periódicas.....	20
Figura 8 – Exemplo 1	21
Figura 9 – Recorte da figura 8.....	22
Figura 10 – Simulação “PHET”	23
Figura 11 – questão 3	25
Figura 12 – questão 5	26
Figura 13 – questão 7	26
Figura 14 – Código para leitura das respostas do questionário	27
Figura 15 – Ondas sonoras	29
Figura 16 – Velocidade do som.....	29
Figura 17 - Espectro sonoro	31
Figura 18 – Notas musicais	31
Figura 19 - Ruídos.....	34
Figura 20 – Tempo máximo de exposição ao ruído	35
Figura 21 - Timbre	36
Figura 22 - Harmônicos de uma onda sonora.....	36
Figura 23 – Reflexões do som.....	37
Figura 24 – Som direto e som refletido.....	38
Figura 25 - Efeito Doppler	42
Figura 26 - Ressonância	42
Figura 27 – Cordas do Violão	44
Figura 28 - Flauta pã	46
Figura 29 – Modos de vibração.....	47
Figura 30 – Cordas: primeiro harmônico	48
Figura 31 – Cordas: segundo harmônico.....	48
Figura 32 – Cordas: terceiro harmônico.....	49
Figura 33 - Flauta doce.....	52
Figura 34 - Tubo aberto: primeiro harmônico.....	52
Figura 35 - Tubo aberto: segundo harmônico	53
Figura 36 - Tubo aberto: terceiro harmônico	53
Figura 37 - Flauta pã	54
Figura 38 - Tubo fechado: primeiro harmônico	55
Figura 39 - Tubo fechado: terceiro harmônico.....	55
Figura 40 - Tubo fechado: primeiro harmônico	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resumo das aulas	7
Quadro 2 – Intervalos acústicos	32
Quadro 3 – Escala de dó.....	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	6
2 QUADRO DE RESUMO DAS AULAS.....	7
3 PLANOS DE AULA.....	9
3. 1 MOMENTO 1: ONDAS	9
3. 2 MOMENTO 2: ONDAS SONORAS.....	10
3. 3 MOMENTO 3: QUALIDADES DO SOM.....	11
3. 4 MOMENTO 4: FENÔMENOS SONOROS	12
3. 5 MOMENTO 5: INSTRUMENTOS MUSICAIS	13
3. 6 MOMENTO 6: AVALIAÇÃO	14
4 CADERNO DO ALUNO	15
5 MATERIAIS UTILIZADOS NA APLICAÇÃO.....	58
5. 1 MOMENTO 1: ONDAS (REMOTO).....	58
5. 2 MOMENTO 2: ONDAS SONORAS (REMOTO)	76
5. 3 MOMENTO 3: QUALIDADES DO SOM (REMOTO)	82
5. 4 MOMENTO 4: FENÔMENOS SONOROS (REMOTO).....	97
5. 5 MOMENTO 5: INSTRUMENTOS MUSICAIS (PRESENCIAL)	116
5. 6 MOMENTO 6: AVALIAÇÃO (PRESENCIAL).....	116
REFERÊNCIAS	118

1 INTRODUÇÃO

Este produto educacional fornece as informações e os materiais necessários para aplicação de uma sequência didática para o ensino de ondas e acústica. Foi elaborado para a aplicação em uma turma de segundo ano do Ensino Médio de uma instituição de ensino público estadual de Santa Catarina, mas pode ser adaptado para diversas situações.

O capítulo 2 deste documento traz um quadro de resumo das aulas que fazem parte desta sequência de ensino, apresentadas no capítulo 3 e divididas em 6 planos de aula, com objetivos, conteúdos, recursos e metodologias.

Além disso, foi elaborado um “caderno do aluno”, no capítulo 4, onde encontram-se todas as atividades e textos a serem abordados ao longo das aulas. Tendo os alunos como público-alvo, esse caderno pode facilitar a aplicação e organização da sequência didática.

A primeira aplicação deste produto educacional se deu em meio a uma pandemia de coronavírus que obrigou os professores a migrarem para um regime de ensino especial não presencial. Por esse motivo, as aulas precisaram ser adaptadas. Elas foram publicadas semanalmente na plataforma “Google Sala de Aula” e são compostas por aulas síncronas e atividades assíncronas, utilizando principalmente o “google formulários”.

Os materiais usados na aplicação são apresentados no capítulo 5. Dentre eles estão os links de acesso às apresentações de slides utilizadas nas aulas síncronas e às ferramentas tecnológicas utilizadas, bem como as imagens das atividades assíncronas em formato de formulários.

2 QUADRO DE RESUMO DAS AULAS

Quadro 1 – Resumo das aulas

	Aulas	Descrição
1º Momento	01	<ul style="list-style-type: none"> • Construção individual de um diagrama (mapa conceitual) sobre ondas; • Construção de um diagrama na lousa, com toda a turma; • Discussão e comentários sobre o tema.
	02	<ul style="list-style-type: none"> • Atividade prática sobre formas de propagação de ondas, com mola slinky; • Discussão sobre as observações e resultados do experimento;
	03	<ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva dialogada utilizando slides, sobre a natureza de ondas, formas de propagação e as características de uma onda periódica; • Exemplo de aplicação.
	04	<ul style="list-style-type: none"> • Atividade com simulação computacional sobre características de uma onda periódica.
	05	<ul style="list-style-type: none"> • Correção e discussão das atividades feitas anteriormente; • Resolução de alguns problemas práticos e questões teóricas;
2º Momento	06	<ul style="list-style-type: none"> • Questionário individual utilizando <i>Plickers</i>; • Socialização das respostas;
	07	<ul style="list-style-type: none"> • Atividade prática em grupos: telefone com fio; • Discussão dos resultados;
	08	<ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva dialogada utilizando slides, sobre ondas sonoras; • Questões para pesquisar e responder em grupos; • Correção e discussão das respostas;
3º Momento	09	<ul style="list-style-type: none"> • Problematização: diferentes sons em instrumentos musicais; • Introdução do conceito de altura sonora; • Exploração de um aplicativo para gerar diferentes frequências;
	10	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação da pesquisa sobre as aplicações do infrassom e do ultrassom; • Aula expositiva dialogada utilizando slides, sobre a física da música;
	11	<ul style="list-style-type: none"> • Problematizações sobre intensidade sonora; • Aula expositiva dialogada utilizando slides, sobre o conceito de intensidade e nível sonoro;
	12	<ul style="list-style-type: none"> • Problematização: Qual instrumento está sendo tocado? • Explicação do conceito de timbre sonoro.;
4º Momento	13	<ul style="list-style-type: none"> • Problematizações sobre o fenômeno de reflexão sonora; • Aula expositiva dialogada utilizando slides, sobre reflexão sonora;
	14	<ul style="list-style-type: none"> • Resolução de uma lista de exercícios; • Correção e discussão da lista de exercícios;
	15	<ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva dialogada utilizando slides, vídeos, simulações e animações, sobre efeito doppler.
	16	<ul style="list-style-type: none"> • Problematização sobre ressonância sonora; • Explicação do fenômeno da ressonância; • Demonstração experimental e discussão;

5º Momento	17	<ul style="list-style-type: none"> • Atividade prática sobre instrumentos de cordas (violão);
	18	<ul style="list-style-type: none"> • Atividade prática sobre instrumentos de tubos (flauta pã);
	19	<ul style="list-style-type: none"> • Discussão e explicação dos resultados e demonstrações experimentais; • Explicação dos conteúdos de: ondas estacionárias, ondas em cordas (fórmula de Taylor), modos de vibração em cordas e tubos;
6º momento	21	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação individual sem consulta;

Fonte: Elaborado pela autora (2020)

3 PLANOS DE AULA

3.1 MOMENTO 1: ONDAS

Duração: 5 aulas de 45min.

Objetivos:

- Levantar uma problematização inicial para a observação dos conhecimentos prévios.
- Discutir as ideias iniciais dos alunos;
- Problematizar o conceito por meio de uma atividade experimental;
- Explicar o conteúdo de forma dialogada.

Conteúdo abordado:

- Conceito de onda, natureza (mecânica e eletromagnética) e formas de propagação (transversal e longitudinal).
- Ondas periódicas: cristas, vales, amplitude, comprimento de onda, frequência, período e velocidade de propagação.

Recursos:

- Lousa e marcador;
- Molas Slinky (mola maluca);
- Projetor para apresentações de slides;
- Computadores com acesso à internet.

Metodologia:

1. Construção de um diagrama (que pode ser um mapa conceitual) sobre ondas. Nele, o aluno poderá se expressar livremente, destacando as palavras que surgem em sua mente, associadas ao tema.
2. Construção de um mapa conceitual em conjunto, em que os alunos poderão discutir suas concepções iniciais sobre o tema proposto.

3. Para problematizar o conceito de onda, dividir a turma em grupos, cada grupo receberá uma mola slinky para a realização de uma atividade prática para simular as formas de propagação e refletir sobre as características do movimento.
4. Discussão com a turma a respeito dos resultados do experimento e das observações feitas pelos alunos.
5. Explicar o conteúdo de forma expositiva dialogada, utilizando slides com imagens, vídeos e animações.
6. Resolver exemplos de aplicação do cálculo da velocidade de uma onda periódica.
7. Solicitar a realização de uma atividade com uma simulação computacional (https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string).
8. Correção e discussão das atividades feitas anteriormente.
9. Resolução de alguns problemas práticos contextualizados e questões teóricas.

3.2 MOMENTO 2: ONDAS SONORAS

Duração: 3 aulas de 45min.

Objetivos:

- Fazer um questionário inicial para observar os conhecimentos prévios;
- Realizar uma atividade prática para problematizar o conceito;
- Explicar os conceitos de forma dialogada.

Conteúdo abordado:

- Ondas sonoras.

Recursos:

- Lousa e marcador;
- Smartphone com acesso à internet;
- Materiais para o experimento: copos descartáveis, barbante, prego, alicate e vela

Metodologia:

1. Distribuir placas de QR code impressas para os alunos e realizar um questionário inicial, utilizando a ferramenta *Plickers* (<https://get.plickers.com/>).

2. Discutir as respostas iniciais dos alunos com base no conhecimento prévio.
3. Para problematizar o conceito de ondas sonoras e sua propagação, distribuir os materiais para a realização do experimento “telefone com fio”.
4. Discutir os resultados e explicar o conceito de onda sonora, como o som se propaga e qual sua velocidade em diferentes meios de propagação.
5. Solicitar uma pesquisa e discutir os resultados.

3.3 MOMENTO 3: QUALIDADES DO SOM

Duração: 4 aulas de 45min.

Objetivos:

- Levantar problematizações sobre as qualidades do som;
- Explicar os conceitos de forma dialogada;
- Explorar um aplicativo gerador de frequências;
- Contextualizar as diferentes frequências, como o ultrassom e o infrassom;
- Relacionar o conceito de altura sonora com elementos da música;
- Discutir nível sonoro e poluição sonora.

Conteúdo abordado:

- Qualidades do som: altura, intensidade e timbre.
- Ultrassom e infrassom;
- Física da música: notas musicais, intervalo acústico, escalas e tons.
- Nível sonoro e poluição sonora.

Recursos:

- Lousa e marcador;
- Projetor para apresentações de slides;
- Smartphone com acesso à internet;
- Dois instrumentos musicais diferentes (ex. Flauta e violão);

Metodologia:

- Levantar a problematização dos diferentes sons em instrumentos musicais. A partir do diálogo com os alunos, introduzir o conceito de altura sonora;
- Discutir as diferentes frequências por meio da exploração de um aplicativo gerador de frequências;
- Solicitar uma pesquisa sobre as aplicações do infrassom e do ultrassom e discutir os resultados;
- Relacionar o conceito de altura sonora com elementos musicais, por meio de uma apresentação de slides.
- Levantar problematizações sobre intensidade sonora e nível sonoro e, partindo das discussões, explicar os conceitos utilizando slides.
- Levantar mais uma problematização sobre o timbre dos instrumentos musicais e explicar o conceito com base nas discussões.

3. 4 MOMENTO 4: FENÔMENOS SONOROS

Duração: 4 aulas de 45min.

Objetivos:

- Levantar problematizações sobre os fenômenos;
- Explicar de forma dialogada com demonstrações;
- Contextualizar com o cotidiano do aluno.

Conteúdo abordado:

- Fenômenos sonoros: reflexão, efeito doppler e ressonância.

Recursos:

- Lousa e marcador;
- Projetor para apresentações de slides;
- Material para demonstração experimental da ressonância: 02 diapasões.

Metodologia:

- Levantar problematizações sobre a reflexão sonora por meio de imagens e, a partir da discussão, explicar o fenômeno de forma expositiva dialogada.

- Contextualizar com o cotidiano, resolver exemplos e exercícios de aplicação.
- Explicar o efeito doppler, de forma expositiva e dialogada utilizando slides, vídeos, simulações e animações.
- Problematizar a ressonância sonora, explicar o fenômeno e fazer uma demonstração experimental.

3.5 MOMENTO 5: INSTRUMENTOS MUSICAIS

Duração: 4 aulas de 45min.

Objetivos:

- Levantar problematizações sobre os fenômenos;
- Explicar de forma dialogada com demonstrações;
- Contextualizar com o cotidiano do aluno.

Conteúdo abordado:

- Fenômenos sonoros: reflexão, efeito doppler e ressonância.

Recursos:

- Violões;
- Materiais para atividade prática de tubos: canos de PVC (20mm), cola quente, rolinhos, estilete, fitas adesivas e outros materiais de papelaria.
- Projetor para apresentações de slides;

Metodologia:

- Dividir a turma em grupos para a realização da atividade prática sobre instrumentos de cordas (violão);
- Ainda em grupos, distribuir os materiais para a realização da atividade prática sobre instrumentos de tubos (flauta pã);
- Discussão e explicação dos resultados e do conteúdo, por meio de slides e demonstrações experimentais.

3.6 MOMENTO 6: AVALIAÇÃO

Duração: 4 aulas de 45min.

Objetivos:

- Observar a captação de significados e a compreensão dos conceitos.

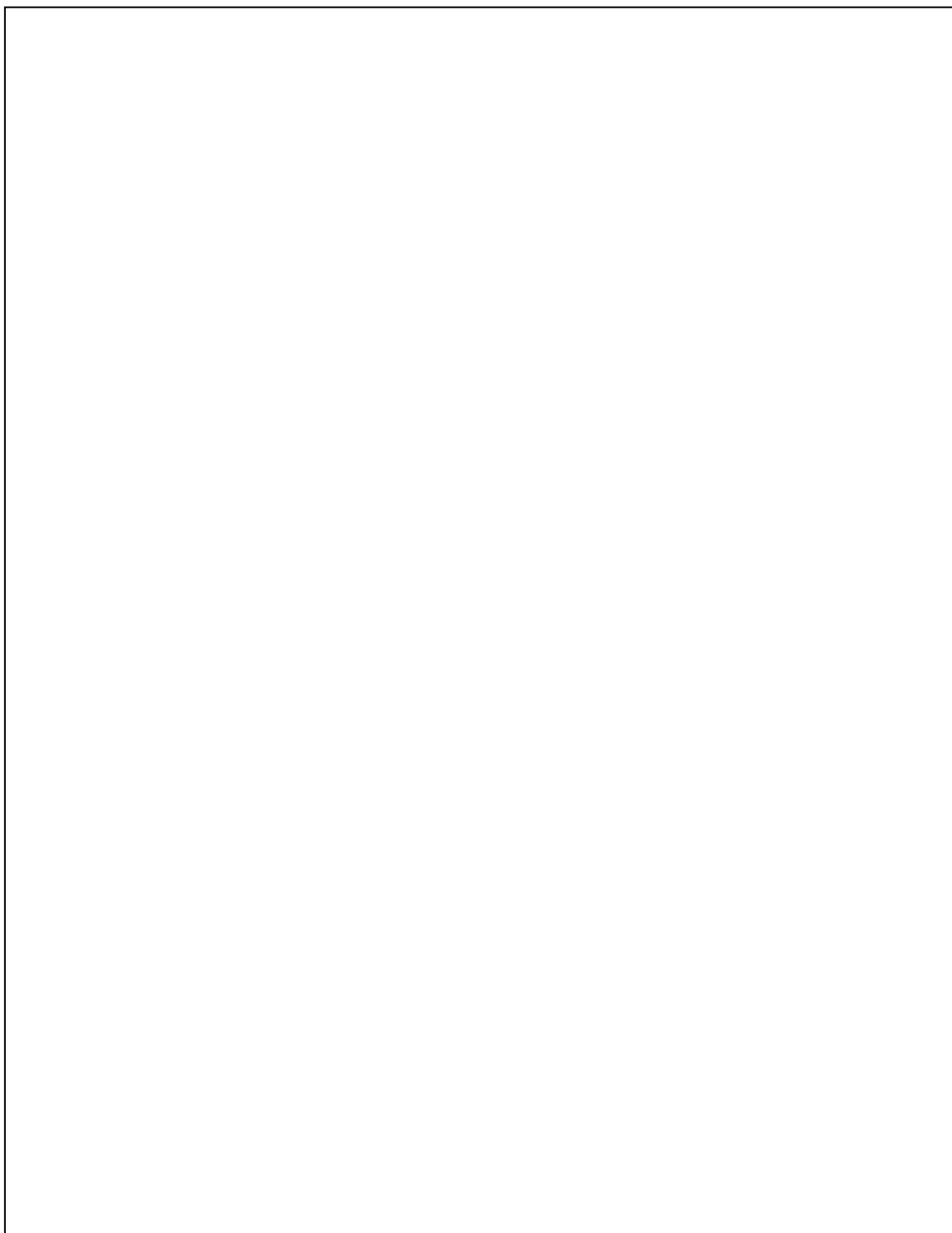
Metodologia:

- Solicitar a realização de uma prova individual, com questões discursivas teóricas e numéricas e uma avaliação das aulas, na qual o aluno poderá demonstrar suas opiniões, críticas e comentários, individualmente e anonimamente sobre suas experiências, seu aprendizado e sua motivação durante as aulas.

4 CADERNO DO ALUNO

1. ONDULATÓRIA

Ondulatória é a parte da Física que estuda ondas. Mas você sabe o que são ondas? No espaço abaixo, monte um diagrama, que pode ser um mapa conceitual ou um mapa mental sobre esse tema. Desenhe no seu diagrama tudo que você pensa estar relacionado às ondas!



2. ATIVIDADE PRÁTICA: PROPAGAÇÃO DE ONDAS

Objetivos:

- Conceituar pulso e onda;
- Compreender a diferença entre ondas transversais e longitudinais.

Problema: O que é uma onda?

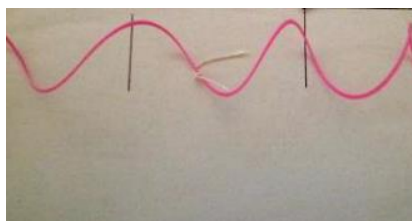
Materiais:

- 01 mola maluca;
- 01 folha branca A4;
- 10cm de barbante.

Procedimento experimental:

1. Fixe a folha no chão da sala.
2. Amarre o pedaço de barbante no meio da mola.
3. Com uma pessoa segurando em cada extremidade, estique a mola. Posicione o barbante no meio da folha e faça dois traços perpendiculares, a qual o barbante deverá estar entre os traços.

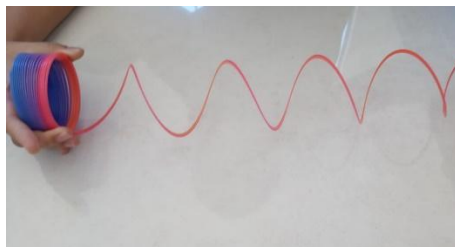
Figura 1 – Propagação de ondas I



Fonte: Elaborado pela autora (2020)

4. Fixe uma ponta, e faça pulsos na outra ponta, ou seja, desloque a sua mão a aproximadamente 5 cm da mola, comprima até sua extremidade e solte.

Figura 2 – Propagação de ondas II



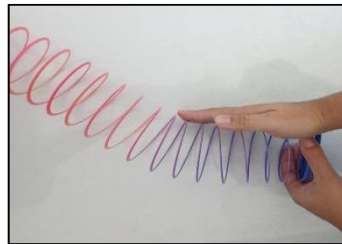
Fonte: Elaborado pela autora (2020)

5. Que tipo de movimento o barbante preso à mola está realizando?
-
-

6. Repita o procedimento “4”, fazendo interruptamente uma sucessão de pulsos (Movimente uma das extremidades da mola para frente e para trás) e desenhe os resultados obtidos nos itens 4 e 5 no espaço abaixo.

7. Agora, com a corda esticada e uma das pontas fixas, dê batidas do lado da corda (por exemplo, da direita para a esquerda).

Figura 3 – Propagação de ondas III



Fonte: Elaborado pela autora (2020)

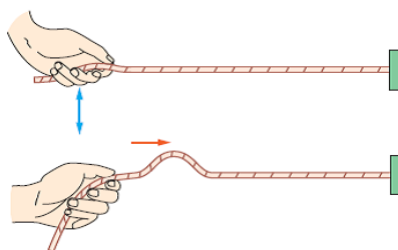
8. Que tipo de movimento o barbante preso à mola está realizando?

9. Repita o procedimento “7” fazendo interruptamente uma sucessão de pulsos (Movimente uma das extremidades da mola para direita e para a esquerda) e desenhe os resultados obtidos nos itens 7 e 8 no espaço abaixo.

3. ONDAS

“Uma onda é uma perturbação que se propaga, transportando energia sem o transporte de matéria”.

Figura 4 - pulso



Fonte: disponível em <http://fisicacontextoaplicacoes.blogspot.com/2017/08/reflexao-de-pulsos.html>.

Acesso em jan. 2022.

Imagine que você está segurando uma corda. Ao sacudi-la para cima, será possível criar uma perturbação, que se chama pulso. Quando este pulso se propaga, temos uma onda.

Quando uma pedra cai na superfície de um lago, se forma um pulso, que se propaga na forma de uma onda circular. Se algum objeto estiver na superfície do lago, não será transportado, mas oscilará para cima e para baixo, pois a onda lhe cederá energia.

Figura 5 – Onda no lago



Fonte: disponível em <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-classificacao-das-ondas.htm>. Acesso em jan.

2022.

Uma onda pode ser classificada quanto à sua natureza e sua forma de propagação.

Natureza das ondas

- *Ondas mecânicas*: São perturbações que se propagam em um meio material, por vibrações de partículas. São exemplos, o som, os terremotos, ondas em cordas, em

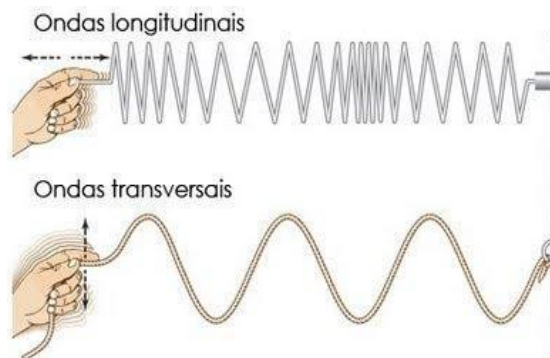
lagos, em molas, etc. Como as ondas mecânicas necessitam de um meio material para sua propagação, elas não se propagam no vácuo.

- *Ondas eletromagnéticas*: São causadas por variações nos campos elétrico e magnético, originadas por cargas oscilantes. São exemplos, as ondas de rádio, micro-ondas, raios X, ultravioleta, luz visível, etc. As ondas eletromagnéticas não necessitam, obrigatoriamente, de um meio material para sua propagação, por isso podem se propagar no vácuo.

Formas de propagação

- *Ondas transversais*: São aquelas em que a direção de propagação da onda é perpendicular à direção de vibração. São exemplos as ondas numa corda e as ondas eletromagnéticas.
- *Ondas longitudinais*: São aquelas em que a direção de propagação da onda coincide com a direção de vibração. O som é um exemplo.

Figura 6 – Formas de propagação das ondas



Fonte: disponível em <http://www.explicatorium.com/cfq-8/caracteristicas-das-ondas.html>. Acesso em jan. 2022.

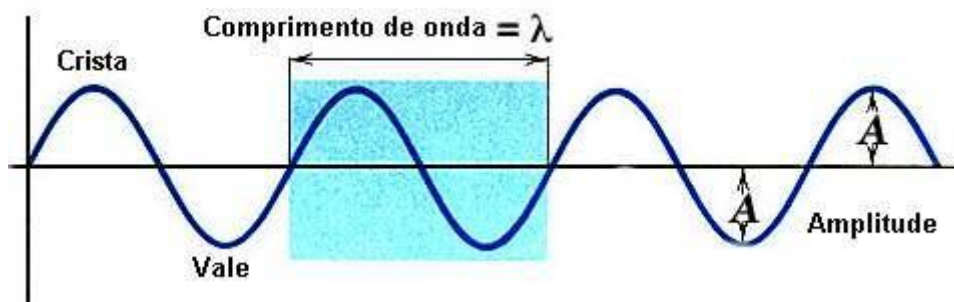
Observe alguns tipos de ondas na simulação:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/waves-intro

4. ONDAS PERIÓDICAS

Quando um pulso se repete em intervalos regulares, tem-se uma onda periódica. O formato das ondas individuais se repete em tempos iguais.

Figura 7 – Ondas periódicas



Fonte: disponível em <http://www.geocities.ws/saladefisica8/ondas/periodicas.html>. Acesso em jan. 2022.

Nas ondas periódicas, destacamos alguns elementos importantes:

- *Amplitude da onda (A)* - É a medida da altura máxima da onda, também chamada de crista (extremo superior) ou vale (extremo inferior).

$$[A] = \text{m (metro)}$$

- *Comprimento de onda (λ)* – É a distância entre o começo e o fim de uma oscilação, o tamanho de cada repetição, ou a distância entre duas cristas/vales.

$$[\lambda] = \text{m (metro)}$$

- *Período (T)* – Intervalo de tempo de uma oscilação completa de qualquer ponto da onda.

$$[T] = \text{s (segundo)}$$

- *Frequência (f)* - É o número de oscilações por segundo, determinada pela fonte que origina a onda. Por definição, a frequência é o inverso do período:

$$f = \frac{1}{T} \quad [f] = \text{H (hertz)}$$

➤ *Velocidade de propagação (v)* – Distância que a onda avança por unidade de tempo.

Determinada pela equação:

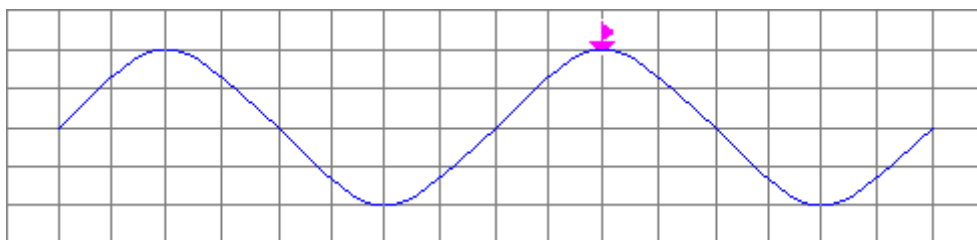
$$v = \lambda f \quad [v] = \text{m/s}$$

Observação! Quanto mais próximas as moléculas estão em um meio, mais rápido as ondas mecânicas se propagam nele, ou seja, elas se propagam mais rápido em sólidos do que em líquidos e gases. O contrário acontece com as ondas eletromagnéticas, cuja maior velocidade é no vácuo, e menor em outros meios.

$$v(\text{vácuo}) = c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Exemplo: A figura abaixo representa uma onda periódica propagando-se na água (a onda está representada de perfil). A velocidade de propagação desta onda é de 40 m/s, e cada quadradinho possui 1 m de lado.

Figura 8 – Exemplo 1



Fonte: disponível em <http://seja-ead.com.br/2-ensino-medio/ava-ead-em/2-ano/05-fs/aula-presencial/aula-7.pdf>. Acesso em jan. 2022.

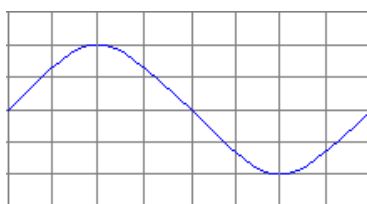
Determine:

- O comprimento de onda (λ) desta onda.
- A amplitude (A) desta onda.
- A frequência (f) da onda.
- O período (T) de oscilação do barquinho sobre a onda.

Resolução:

- Comprimento de onda é a distância de uma oscilação completa, ou seja, uma crista e um vale. Recortando da figura somente uma oscilação, temos:

Figura 9 – Recorte da figura 8



Fonte: disponível em <http://seja-ead.com.br/2-ensino-medio/ava-ead-em/2-ano/05-fs/aula-presencial/aula-7.pdf>. Acesso em jan. 2022.

Assim, podemos observar que o comprimento de onda corresponde a 8 quadradinhos e, como cada quadradinho possui 1m:

$$\lambda = 8m$$

b) A amplitude é o tamanho das cristas e dos vales. Podemos observar na figura que corresponde a dois quadradinhos, logo:

$$A = 2m$$

c) Sabemos que a velocidade da onda é $v = 40 \frac{m}{s}$ e que o comprimento de onda encontrado na letra (a) é $\lambda = 8m$. Devemos utilizar a equação:

$$v = \lambda f$$

Isolando a frequência:

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

Substituindo os valores:

$$f = \frac{40}{8}$$

$$f = 5Hz$$

d) Como o período é o inverso da frequência, temos que:

$$T = \frac{1}{f}$$

$$T = \frac{1}{5}$$

$$T = 0,2s$$

5. ATIVIDADE EXPERIMENTAL: ONDAS EM UMA CORDA

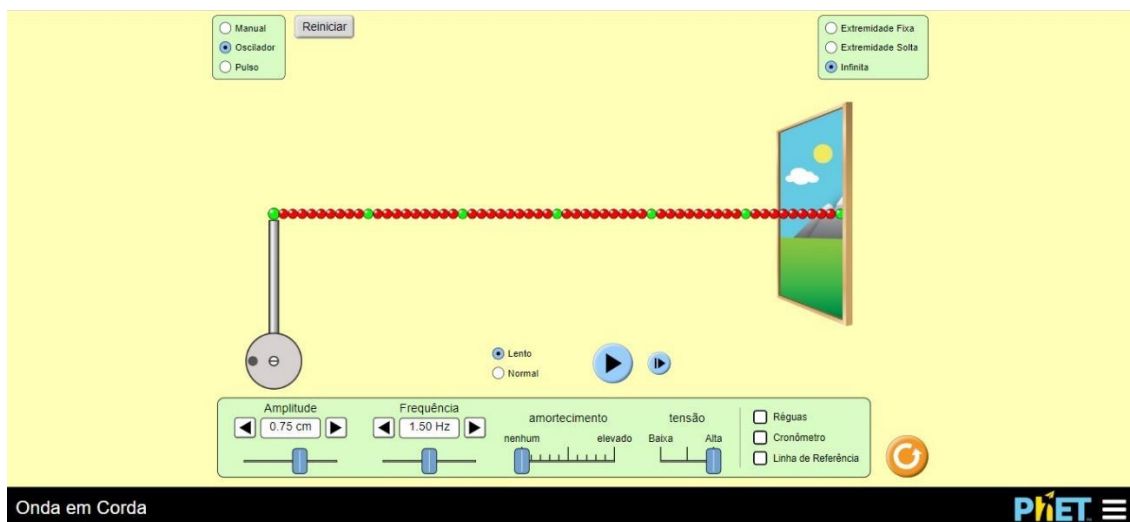
Objetivos:

- Identificar os componentes de uma onda periódica (cristas, vales, amplitude, comprimento de onda, frequência)
- Calcular a velocidade de propagação de uma onda.

Procedimentos:

1. Acesse a simulação: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string
2. Na caixa à esquerda: selecione oscilador. Na caixa à direita: selecione infinita. Na caixa inferior: retire o amortecimento (não altere as outras opções). Como na figura abaixo.

Figura 10 – Simulação “PHET”



Fonte: elaborado pela autora (2020)

3. Inicie a simulação, clicando no play. Espere alguns segundos. Pause o oscilador quando o primeiro ponto verde estiver sob a linha tracejada.
4. Quantas cristas e quantos vales possui essa onda (antes da janela)?
Cristas: _____ *Vales:* _____
5. Desenhe abaixo o que você está vendo.

6. Pegue a régua e meça ao comprimento de onda. Faça uma mudança de unidades para o SI.

7. Calcule a velocidade desta onda.

8. Altere a frequência para 3,00 Hz. você observou alguma mudança? Se sim, Qual? Explique porquê.

9. Meça o novo comprimento de onda, responda em metros.

10. Quantas cristas e quantos vales essa nova onda possui?

Cristas: _____ *Vales:* _____

11. Calcule a velocidade desta onda.

12. Compare o valor com o valor da velocidade calculado anteriormente. Comente.

16. LISTA DE EXERCÍCIOS 1

1. (UPE) Nas últimas décadas, o cinema tem produzido inúmeros filmes de ficção científica com cenas de guerras espaciais, como *Guerra nas Estrelas*. Com exceção de *2001, Uma Odisséia no Espaço*, essas cenas apresentam explosões com estrondos impressionantes, além de efeitos luminosos espetaculares, tudo isso no espaço interplanetário.

a. Comparando *Guerra nas Estrelas*, que apresenta efeitos sonoros de explosão, com *2001, uma odisséia no Espaço*, que não os apresenta, qual deles não está de acordo com as leis da Física? Explique sua resposta com suas palavras.

b. E quanto aos efeitos luminosos apresentados por ambos, estão de acordo com as leis Físicas? Justifique.

2. Sobre as ondas, assinale V (verdadeiro) ou F (falso) e justifique as falsas:

a. A velocidade de uma onda em uma corda depende das características mecânicas em que se encontra a corda.

b. O som é um exemplo de onda mecânica transversal.

c. A velocidade de uma onda é igual ao produto do comprimento de onda pela sua frequência.

d. Luz e som são ondas que apresentam, em comum, a característica de se propagarem em qualquer meio.

e. Numa onda transversal a direção de propagação e a direção da perturbação são paralelas

3. Considere uma pessoa batendo periodicamente em um ponto da superfície de um líquido. Uma onda passa a se propagar nessa superfície. Julgue as afirmativas em verdadeiras (V) ou falsas (F):

a. A velocidade de propagação (v) da onda na superfície de um líquido depende do meio. Assim, em líquidos diferentes (água, óleo etc.) teremos velocidades de propagação diferentes.

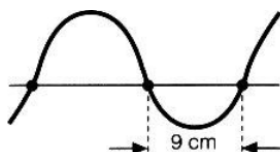
b. A distância entre duas cristas sucessivas é o comprimento de onda.

c. A frequência (f) da onda é igual à frequência da fonte que deu origem à onda.

d. As grandezas v , f e λ estão relacionadas pela equação $\lambda = v/f$ e, portanto, como v é constante para um dado meio, quanto maior for f , menor será o valor de λ neste meio.

4. Uma onda se propaga ao longo de uma corda com frequência de 30 Hz, conforme a figura abaixo. Nessas condições, qual sua velocidade e comprimento de onda?

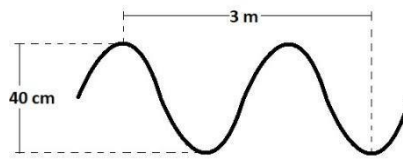
Figura 11 – questão 3



Fonte: disponível em https://loucoporfisica.webnode.com/_files/200000042-25d9f26d47/Conceito-de-onda.154.189.pdf. Acesso em jan. 2022.

5. A figura mostra um trecho de uma onda que se propaga em um fio esticado. A fonte que gera a onda opera com frequência de 20 Hz.

Figura 12 – questão 5



Fonte: elaborada pela autora (2020)

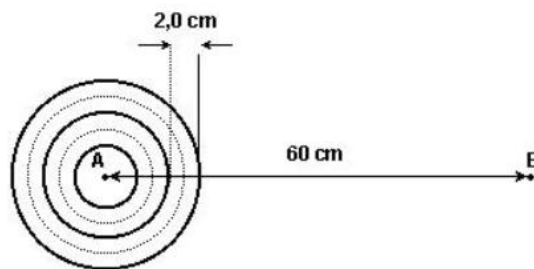
Determine:

- a amplitude da onda;
- seu comprimento de onda;
- a velocidade de propagação da onda no fio.

Desafios:

7. (UFPE) A figura abaixo mostra um aparelho no ponto O que produz ondas de 2 Hz em um lago.

Figura 13 – questão 7



Fonte: disponível em <http://tudodeconcursosevestibulares.blogspot.com/2014/05/questoes-resolvidas-sobre-ondas.html>. Acesso em jan. 2022.

As linhas cheias são as cristas das ondas geradas. A 20 cm distantes do aparelho há um objeto boiando. Qual o tempo necessário para que uma onda criada em O chegue até o objeto?

8. João está em uma extremidade de uma piscina de 6 m que possui profundidade constante, na outra extremidade, sua irmã mais nova está sentada na beira da piscina e começa a bater seus pés 30 vezes por minuto constantemente. João observa que:

- A cada batida dos pés de sua irmã, é gerado uma onda;
- Essa onda demora 24 s para chegar até ele do outro lado da piscina.

Considerando essas observações, qual o comprimento de onda das ondas formadas na piscina?

6. ACÚSTICA

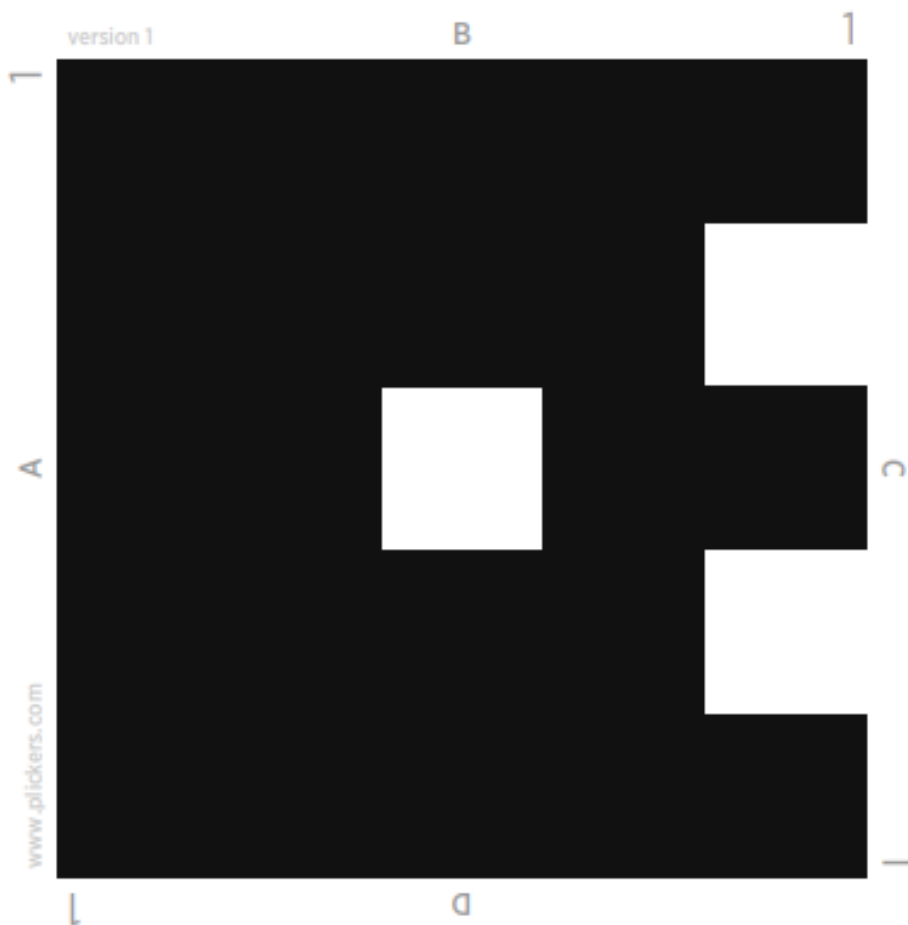
A Acústica é o ramo da Física que estuda o som e suas propriedades. Você sabe o que é o som?

Vamos responder um questionário para descobrir o quanto sabemos sobre o som!

Questionário inicial

- A professora irá mostrar a pergunta;
- Escolha sua alternativa;
- Levante o cartão abaixo para responder:
 - Observe a letra escolhida;
 - Procure nos lados do cartão;
 - Mostre o cartão de forma com que a letra fique em pé;
 - Exemplo, se a resposta for a letra B, levante o cartão desta forma:

Figura 14 – Código para leitura das respostas do questionário



Fonte: disponível em <https://get.plickers.com/>. Acesso em jan. 2022.

7. ATIVIDADE PRÁTICA: TELEFONE COM FIO

Objetivos:

- Conceituar ondas sonoras.
- Compreender a forma de propagação das ondas sonoras.

Problema: O que é o som? Como ele se propaga?

Materiais:

- 02 copos plásticos resistentes ou latas de alumínio.
- 4 a 5 metros de barbante.
- 01 prego.
- 01 alicate.

Procedimento experimental:

1. Segure o prego com o alicate e aqueça em uma chama de uma vela por cerca de 1 minuto.
2. Com o prego quente, faça um furo no fundo de cada um dos copos.
3. Coloque em cada furo uma das extremidades do barbante. Dê vários nós na ponta do barbante para que ele não escape do furo ao ser esticado.
4. Peça a um colega colocar um dos copos no ouvido, estique o barbante e fale no outro copo. O que você observou?

1. Tente fazer o mesmo, mas sem esticar o barbante. O que você observou? Explique com suas palavras porque isso aconteceu.

2. Tente fazer o mesmo procedimento 4, mas coloque o dedo no barbante (segurando-o). O que você observou? Explique com suas palavras porque isso aconteceu.

3. Tente explicar: como o som é formado?

4. Você fala em um dos copos e seu colega te ouve no outro copo. Tente explicar como ocorre a propagação do som, desde a saída do som da sua boca, até a percepção do som pelo seu colega.

5. ONDAS SONORAS

São ondas longitudinais de pressão, que se propagam no ar ou em outros meios. Ocorre quando se vibra algum material, por exemplo, um tubo de ar, uma corda de violão ou um diafragma de um alto falante. A vibração é transmitida para as moléculas do meio, onde se originam regiões sucessivas de baixa e alta pressão.

Figura 15 – Ondas sonoras



Fonte: disponível em <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/ondas-sonoras.htm>. Acesso em jan. 2022.

A velocidade das ondas sonoras depende da densidade do meio e da temperatura. No ar, o som se propaga com uma velocidade de aproximadamente 340m/s.

Nos sólidos e líquidos, a velocidade do som é maior. Veja alguns exemplos na tabela:

Figura 16 – Velocidade do som

Sólidos	
Vidro (20 °C)	5130 m/s
Alumínio (20 °C)	5100 m/s
Líquidos	
Glicerina (25 °C)	1904 m/s
Água do mar (25 °C)	1533 m/s
Água (25 °C)	1493 m/s
Mercúrio (25 °C)	1450 m/s
Gases	
Hidrogênio (0 °C)	1286 m/s
Hélio (0 °C)	972 m/s
Ar (20 °C)	343 m/s
Ar (0 °C)	330 m/s

Fonte: disponível em <https://www.todamateria.com.br/velocidade-do-som/>. Acesso em jan. 2022.

Pense e pesquise:

1. Porque, quando em uma tempestade de raios, vemos primeiro o relâmpago (luz) para depois ouvir o trovão (som)?
2. Por que nossa voz fica diferente quando respiramos gás hélio?
3. O que é barreira do som? O que significa dizer que um avião rompeu a barreira de som?
4. Como ouvimos? Pesquise como funciona o nosso ouvido.

6. QUALIDADES FISIOLÓGICAS DO SOM

As ondas sonoras possuem todas as características das outras ondas, mas existem outras características que dependem da sensação que temos quando ouvimos, elas são chamadas qualidades e são: altura, intensidade e timbre.

Altura

É a qualidade que nos permite diferenciar sons agudos e graves pela sua frequência:

Sons altos (agudos): ondas sonoras com frequência alta.

Sons baixos (graves): ondas sonoras com frequência baixa.

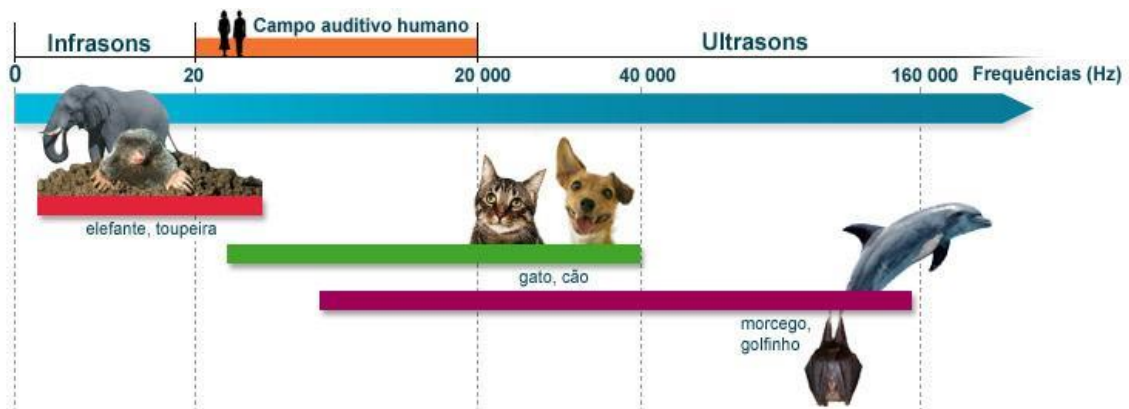
Baixe o Aplicativo a seguir e observe a diferença no som emitido em várias frequências.

[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.boedec.hoel.frequencygenerator&hl=pt BR](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.boedec.hoel.frequencygenerator&hl=pt_BR)

➤ *Tipos de frequências*

O ouvido humano consegue captar vibrações com frequências compreendidas, aproximadamente, entre os 20 Hz e os 20.000 Hz, como podemos observar no espectro sonoro abaixo. Os sons com frequência inferior a 20 Hz são chamados de infrassons e os sons com frequência maior que 20.000Hz são chamados ultrassons, esses sons podem ser captados por outros animais e são muito utilizados em aplicações tecnológicas.

Figura 17 - Espectro sonoro



Fonte: disponível em <http://www.cochlea.org/po/som/campo-auditivo-humano>. Acesso em jan. 2022.

Pense e pesquise:

1. Onde encontramos o ultrassom e o infrassom no dia a dia?
2. Cite e explique o funcionamento de, pelo menos, uma aplicação tecnológica de cada.

➤ *Música*

São quando as ondas sonoras emitidas possuem frequências em harmonia, produzindo uma sensação auditiva agradável. Essas frequências não são representadas por números (ex. 440Hz), mas nomes próprios ou notas, por exemplo: DÓ, RÉ, MI, FÁ, SOL, LÁ, SI, DÓ..., que corresponde a uma escala.

Figura 18 – Notas musicais

Notas	Frequência (Hz)
dó	264
ré	297
mi	330
fá	352
sol	396
lá	440
si	495
dó	528

Fonte: disponível em <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/notas-escalas-musicais.htm>. Acesso em jan. 2022.

Uma escala musical é uma sequência ordenada de notas. Existem diversas escalas musicais, que são montadas de acordo com um intervalo acústico.

Intervalo acústico é a distância entre um som (frequência) e outro. Matematicamente, o intervalo é medido pela razão entre as frequências dos dois sons:

$$i = \frac{f_1}{f_2}$$

Na música, é dada uma nomenclatura para cada intervalo, como pode ser visto no quadro abaixo.

Quadro 2 – Intervalos acústicos

Intervalo Acústico	Razão de frequência
Uníssonos	1:1
Oitava	2:1
Quinta	3:2
Quarta	4:3
Terça maior	5:4
Terça menor	6:5
Sexta maior	5:3
Sexta menor	8:5
Tom maior (M)	9:8
Tom menor (m)	10:9
Semitom (s)	16:15

Fonte: elaborado pela autora (2020)

Quando o intervalo é igual a 2, significa que a frequência da nota f_1 é duas vezes maior que a frequência f_2 , logo, o som de f_1 é uma oitava maior que f_2 . As notas musicais de mesmo nome são separadas por um intervalo de uma oitava (2:1)

O quadro abaixo mostra a escala conhecida como dó maior e as frequências aproximadas das notas:

Quadro 3 – Escala de dó

Intervalo	<i>Tom</i>	<i>Tom</i>	<i>Semitom</i>	<i>Tom</i>	<i>Tom</i>	<i>Tom</i>	<i>Semitom</i>	
Escala de Dó maior	DÓ	RÉ	MI	FÁ	SOL	LÁ	SI	DÓ
Frequência (Hz)	264	297	330	352	396	440	495	528

Fonte: elaborado pela autora (2020)

Em qual volume você utiliza o fone de ouvido?

Será que volumes “altos” prejudicam a audição?

Se um som alto é um som agudo, que característica da onda determina o volume?

Intensidade

É a qualidade que nos permite diferenciar sons fortes e sons fracos, relacionada com a amplitude da onda sonora. Fisicamente, intensidade sonora é a energia transmitida pela onda por unidade de tempo e área. Sendo assim, temos

$$I = \frac{E}{A \cdot \Delta t}$$

mas $\frac{E}{\Delta t}$ é a potência sonora da onda, assim

$$I = \frac{P}{A}$$

No Sistema Internacional de Unidades, a intensidade sonora é medida em W/m² (watts por metro quadrado).

➤ *Limiar de audibilidade* – Menor intensidade sonora que pode ser ouvida.

$$I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$$

➤ *Limiar de dor* – Maior intensidade suportável pelo ouvido humano.

$$I_{máx} = \frac{1 W}{m^2}$$

Na prática, utilizamos o conceito de **nível sonoro** (β), pois é construído em escala logarítmica, visto que a intensidade sonora não varia linearmente (se dobramos a intensidade, o som fica mais forte, porém não duas vezes mais intenso). Sendo I a intensidade do som que se quer medir e I_0 a intensidade mínima, o nível sonoro é dado por:

$$\beta = \log \frac{I}{I_0}$$

A unidade utilizada para o nível sonoro é o Bel (B), mas como esta unidade é grande comparada com a maioria dos valores de nível sonoro utilizados no cotidiano, seu múltiplo usual é o **decibel (dB)**, de maneira que 1 B = 10 dB. No esquema abaixo, pode ser observado o nível sonoro em diversas situações.

Baixe o Aplicativo a seguir:

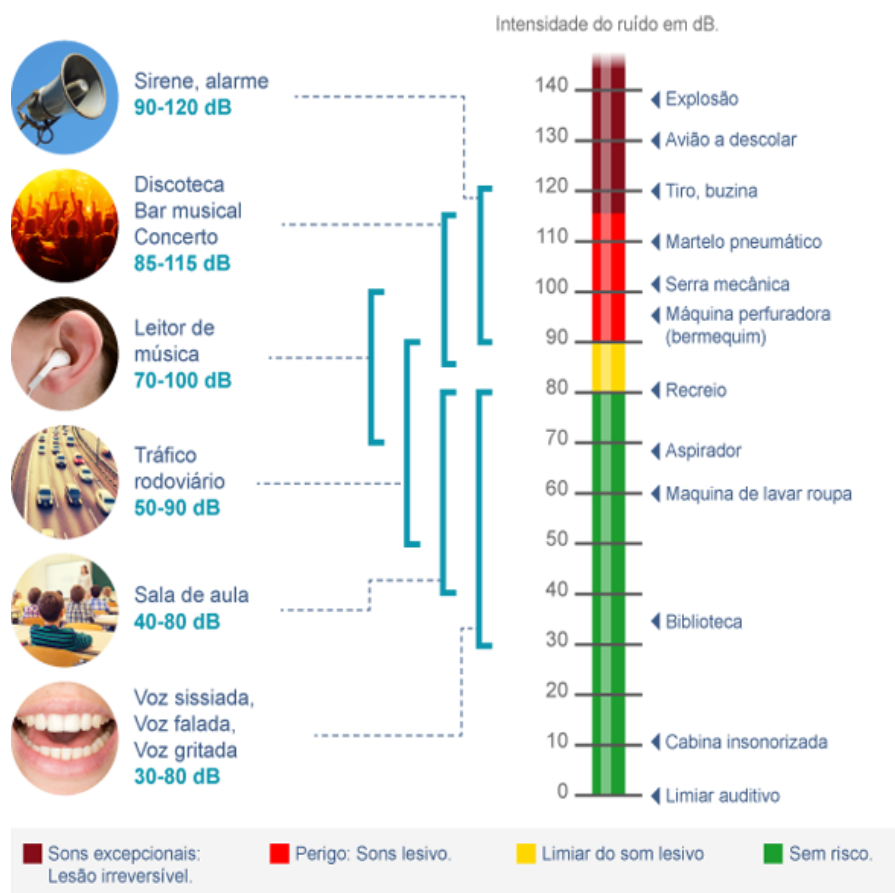
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.splendapps.decibel&hl=pt_BR

- Meça o nível sonoro em diferentes lugares. Comente e compare os valores obtidos por sua medição.

REPORTAGEM: EXPOSIÇÃO AO RUÍDO E PERIGO PARA O OUVIDO!

Disponível em: <http://www.cochlea.org/po/ruído>.

Figura 19 - Ruídos

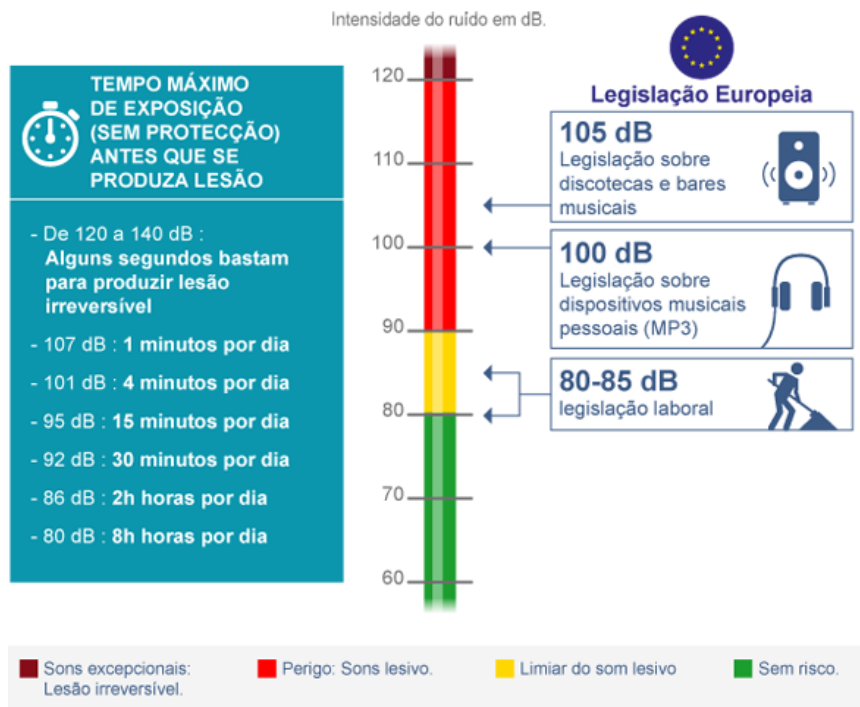


Fonte: disponível em <http://www.cochlea.org/po/ruído>. Acesso em mar. 2020.

De acordo com Camilleri e Trigueiros-Cunha (2017) “Esta escala de níveis sonoros (em dB) classifica os sons ambientais em 4 categorias:

- até aos 80 dB (verde), não há qualquer risco para o ouvido, qualquer que seja o tempo de exposição;
- de 80 a 90 dB (amarelo), aproximamo-nos da zona nociva, mas os riscos limitam-se a exposições de muito longa duração;
- de 90 a 115 db (vermelho), o ouvido está em risco: Quanto mais forte o som, menor o tempo de exposição é necessário para provocar lesão
- acima de 115 dB (castanho), os ruídos impulsivos provocam imediatamente lesões irreversíveis”.

Figura 20 – Tempo máximo de exposição ao ruído



Fonte: disponível em <http://www.cochlea.org/po/ruído>. Acesso em mar. 2020.

Pense e pesquise:

1. Quais os problemas de saúde que os sons com grande intensidade podem trazer para os seres humanos?
2. O que é poluição sonora?
3. Quais são os responsáveis pela poluição sonora no dia a dia?
4. A poluição sonora pode afetar a saúde humana? Justifique.

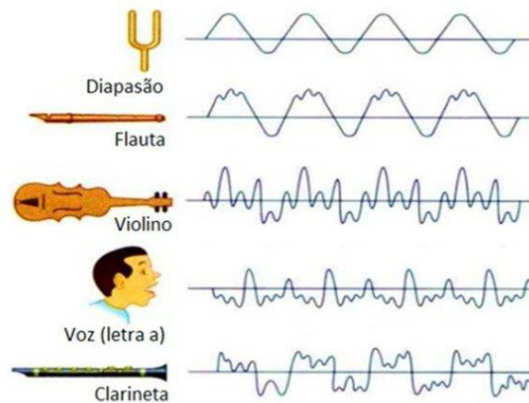


Por que conseguimos diferenciar a mesma nota musical em dois instrumentos diferentes?

Timbre

É a qualidade que permite ao ouvido diferenciar sons de mesma altura e intensidade, emitidos por fontes diferentes. O timbre está relacionado ao formato da onda emitida, que é composto por uma composição de frequências diferentes.

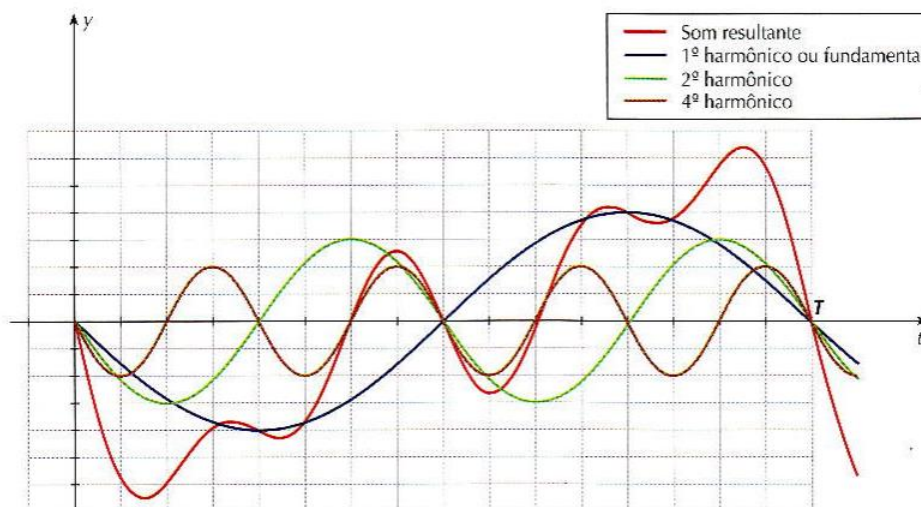
Figura 21 - Timbre



Fonte: disponível em <https://www.cienciarte.com.br/noticia-1467768453-timbre-a-ciencia-da-musica-em-nossos-ouvidos>. Acesso em jan. 2022.

As notas emitidas por um instrumento musical são formadas por um conjunto de frequências. Cada combinação diferente de frequências resulta em uma onda com formato específico.

Figura 22 - Harmônicos de uma onda sonora



Fonte: Ramalho, Nicolau e Toledo (1997)

Além disso, esta combinação de frequências também determina se o som é agradável ou não. Se as frequências que compõem a onda sonora são múltiplas umas das outras, então o som resultante produzirá uma sensação agradável. Assim, teremos uma frequência básica, que é chamada de tom fundamental, e as demais são múltiplos desta, chamadas de harmônicos.

Cada instrumento emite uma onda diferente, devido a diversos fatores, como o material de que é feito, sua forma e a força usada para produzir o som.

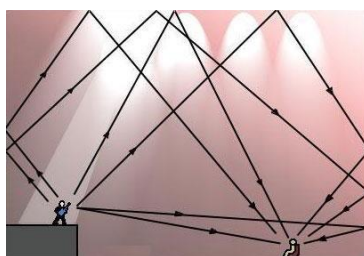
7. FENÔMENOS SONOROS: REFLEXÃO



O que essas imagens têm em comum?

Ao ser emitida, uma onda sonora tende a se propagar livremente em todas as direções. Quando o som encontra um obstáculo rígido, como uma parede, é refletido.

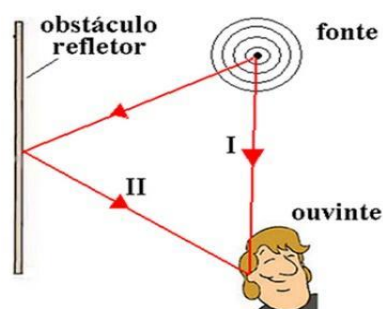
Figura 23 – Reflexões do som



Fonte: disponível em <https://www.clickestudante.com/reflexao-sonora.html>. Acesso em jan. 2022.

Quando ocorre a reflexão do som, podemos ter três impressões diferentes, dependendo do tempo decorrido entre a chegada do som original e do refletido: reforço, reverberação ou eco.

Figura 24 – Som direto e som refletido



Fonte: disponível em <https://www.preparaenem.com/fisica/reflexao-das-ondas-sonoras.htm>. Acesso em jan. 2022.

Na figura acima, podemos observar duas ondas sonoras que saem na mesma fonte: a onda I, que vai direto ao ouvinte; e a onda II, que é refletida por um obstáculo. Essas ondas são recebidas pelo ouvinte em instantes diferentes. Quando a diferença de tempo para as duas ondas chegarem ao ouvinte for menor que 0,1 s, seu cérebro não conseguirá reconhecê-las como dois sons diferentes. Esse tempo de 0,1 s é chamado de persistência auditiva.

- *Reforço*: ocorre quando o intervalo de tempo é desprezível, ou seja, o obstáculo está muito próximo do ouvinte, fazendo com que o som refletido chegue junto com o som direto. Assim, ambos se reforçam, dando a sensação de maior intensidade.
- *Reverberação*: ocorre quando o obstáculo se encontra distante do ouvinte, fazendo o som refletido chegar depois daquele que veio direto, provocando uma sensação de continuidade, principalmente no fim da duração de uma nota.
- *Eco*: ocorre quando o som refletido chega ao ouvinte com um intervalo de tempo superior a 0,1s após o som direto, assim a percepção de repetição da última parte é nítida e o ouvinte escuta dois sons distintos.

Exemplo 1: O menor intervalo de tempo para que o cérebro humano consiga distinguir dois sons que chegam ao ouvido é, em média, 0,1s. Qual a menor distância que podemos ficar de um obstáculo para ouvir o eco de nossa voz? (Dado a velocidade do som no ar 340m/s)

Resolução: Para ouvir o eco de sua voz, você irá falar, o som irá percorrer uma distância D , atingir o obstáculo e voltar para o seu ouvido, em um intervalo de tempo de no mínimo 0,1 s. Assim, o som percorrerá uma distância de $2D$ (ida e volta) em um tempo de 0,1 s, ou seja,

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{2D}{\Delta t}$$

$$340 = \frac{2D}{0,1}$$

$$2D = 340 \times 0,1D = \frac{34}{2}$$

$$D = 17 \text{ m}$$

Exemplo 2: Um submarino é equipado com um aparelho denominado sonar, que emite ondas acústicas de frequência 4×10^4 Hz. A velocidade das ondas emitidas no ar e na água são, respectivamente, $3,70 \times 10^2$ m/s e $1,40 \times 10^3$ m/s. Esse submarino, quando em repouso na superfície, emite um sinal na direção vertical através do oceano e o eco é recebido após 0,80 s. Pergunta-se: Qual é a profundidade do oceano nesse local?

Resolução: O sinal foi emitido, foi até o fundo do oceano e voltou em 0,80 s. A velocidade do som na água é de 1400 m/s, assim, utilizando $v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$, temos:

$$1400 = \frac{\Delta S}{0,8} \Delta S = 1400 \cdot 0,8 = 1120 \text{ m}$$

Esse valor refere-se ao percurso de ida e volta, assim, a profundidade nesse local é de 560 m.

Exemplo 3: Determine o tempo, em segundos, decorrido entre o instante da emissão de uma onda por um sonar de um navio e seu retorno após colidir com um submarino que se encontra a 290 m de profundidade. (Dado a velocidade do som no mar 1450 m/s)

Resolução: O som é emitido pelo sonar do navio, percorre 290 m até o submarino e volta por mais 290 m até o navio. Assim, a distância percorrida é de 580 m.

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$1450 = \frac{580}{\Delta t} \Delta t = \frac{580}{1450}$$

$$\Delta t = 0,4 \text{ s}$$

8. LISTA DE EXERCÍCIOS 2

1. Assinale o que for correto e **justifique** as incorretas:

- a) Ondas sonoras são ondas transversais.
- b) Ondas sonoras se propagam no vácuo com a velocidade da luz.
- c) O som não se propaga no vácuo, porque ele corresponde a uma onda transversal.
- d) Tanto o som como a luz se propagam no vácuo, pois ambos correspondem a ondas longitudinais.
- e) A luz se propaga no vácuo ao contrário do som que necessita de um meio material para a sua propagação.
- f) Um som grave é um som de baixa frequência
- g) O som propaga-se mais rapidamente no ar que nos sólidos.
- i) A altura é a qualidade que permite distinguir um som forte de um som fraco de mesma frequência.
- j) Intensidade é a qualidade que permite distinguir um som agudo de um som grave.
- k) Timbre é a qualidade que permite distinguir dois sons de mesma altura emitidos por fontes diferentes.

2. A que distância devemos estar de um obstáculo para que o eco de nossa voz chegue 0,5s após gritar? (Velocidade do som no ar: 340 m/s)

3. Você está a 68 metros de um paredão vertical bem alto. Se você gritar, em quanto tempo irá ouvir o eco da sua voz? (Velocidade do som no ar: 340 m/s)

4. O exame de ultrassom funciona quando um aparelho emite ondas sonoras que percorrem o corpo humano e seus ecos são utilizados para criar uma imagem. Suponha que a velocidade do som no corpo humano é de 1500 m/s, em um intervalo de 0,001 s, as ondas de ultrassom percorrem que distância?

5. (Cefet-PR - adaptada) Relacione a segunda coluna de acordo com o proposto na primeira coluna:

- (1) Reforço
- (2) Reverberação
- (3) Eco

- Fenômeno que permite ouvir isoladamente o mesmo som emitido e refletido.
- Som direto e som refletido chegam no mesmo instante.
- Percepção do som direto e do som refletido é inferior a 0,1 s.
- Fenômeno utilizado por morcegos que, emitindo e recebendo ultrassons, localizam insetos ou obstáculos.
- Fenômeno sonoro no qual a percepção de dois sons, direto e refletido, deve ser maior que 0,1 s.

6. Uma pessoa, 510 metros distante de um obstáculo refletor, dá um grito e ouve o eco de sua voz. A velocidade do som no ar é de 340 m/s. Qual o tempo gasto entre a emissão do som e o momento em que a pessoa ouve o eco, em segundos?

7. Uma pessoa em um balão em um dia calmo emite um som e ouve o eco depois de 2 s. Sabendo que a velocidade do som no ar é de aproximadamente 340 m/s, qual a altura que o balão está?

9. FENÔMENOS SONOROS: EFEITO DOPPLER

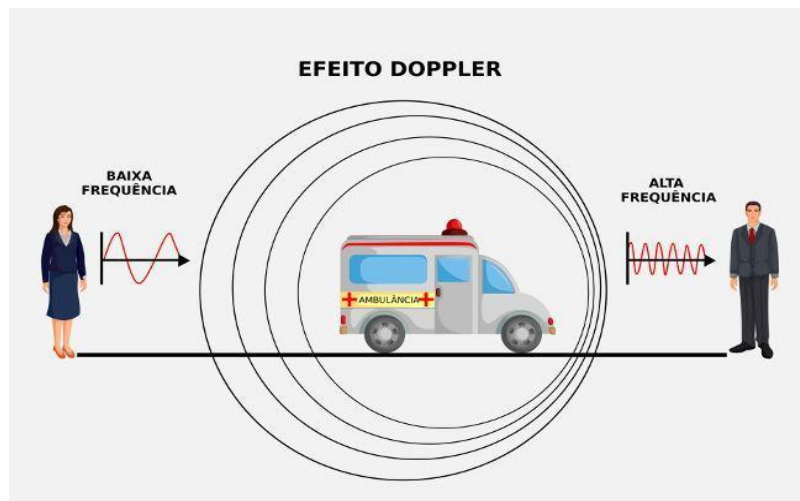
Assista os vídeos:

- <https://www.youtube.com/watch?v=Tj1GukWlxus>
- <https://www.youtube.com/watch?v=4jZC0PyQuEE>

O que você pode observar a respeito do som da sirene no segundo vídeo? Como você explicaria isso?

O Efeito Doppler ocorre quando ondas são emitidas por uma fonte em movimento em relação a um observador. Devido a esse fenômeno, observamos uma variação na frequência do som escutado. Quando o carro se aproxima do observador (lado direito da figura abaixo), a frequência das ondas na frente dele aumenta e o observador escuta o som mais agudo. O oposto ocorre quando o carro se afasta, ouvimos o som mais grave, pois a frequência das ondas diminui (lado esquerdo da figura).

Figura 25 - Efeito Doppler



Fonte: disponível em <https://www.infoescola.com/fisica/efeito-doppler/>. Acesso em jan. 2022.

O efeito Doppler é utilizado na medicina em exames de ultrassom no qual o elemento a ser visualizado está em movimento. Também é utilizado na astronomia para medir a velocidade com que os astros estão se afastando ou aproximando, por meio da observação da frequência da luz emitida por eles.

5. FENÔMENOS SONOROS: RESSONÂNCIA SONORA

Você já viu alguém quebrar uma taça somente com a voz?

Figura 26 - Ressonância



Fonte: disponível em <https://www.saberatualizado.com.br/2016/07/e-possivel-quebrar-uma-taca-de-vidro.html>. Acesso em jan. 2022.

Observe: <https://www.youtube.com/watch?v=dclQNcITjC4>

Como você acha que isso é possível?

O fenômeno que explica isso é chamado de ressonância. Isso acontece porque todos os materiais possuem pelo menos uma frequência natural de vibração, que é uma característica do material. Quando um material recebe energia em forma de oscilações com frequência próximas a sua frequência natural, ele começa a absorver essa energia e vibrar com amplitudes cada vez maiores, o que pode ocasionar o rompimento de sua estrutura.

“Um caso muito famoso deste fenômeno foi o rompimento da ponte Tacoma Narrows, nos Estados Unidos, em 7 de novembro de 1940. Em um determinado momento, o vento começou soprar com frequência igual à natural de oscilação da ponte, fazendo com que esta começasse a aumentar a amplitude de suas vibrações até que sua estrutura não pudesse mais suportar, fazendo com que sua estrutura rompesse” (fonte: <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Ondas/ressonancia.php>. Acesso em mar. 2020)

Observe você mesmo: <https://www.youtube.com/watch?v=mfQk6ac4res>

“O caso da ponte Tacoma Narrows pode ser considerado uma falha humana, já que o vento que soprava no dia 7 de Novembro de 1940 tinha uma frequência característica da região onde a ponte foi construída, logo os engenheiros responsáveis por sua construção falharam na análise das características naturais da região. Por isto, atualmente é feita uma análise profunda de todas as possíveis características que possam requerer uma alteração em uma construção civil”. (fonte: <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Ondas/ressonancia.php>. Acesso em mar. 2020)

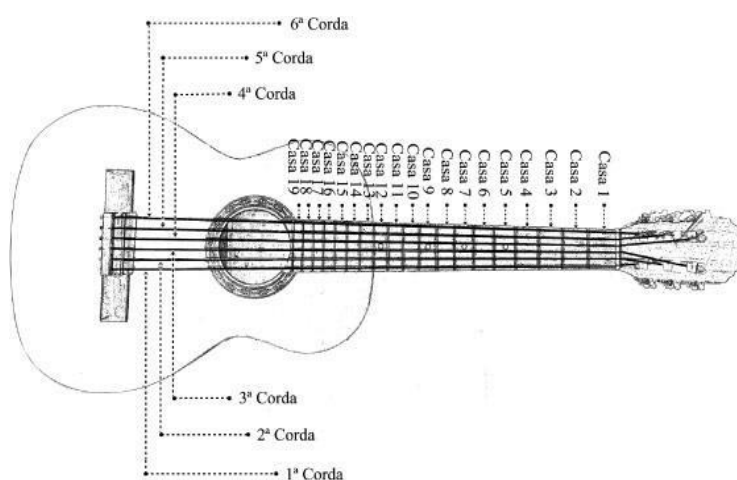
Podemos verificar o fenômeno da ressonância através de demonstrações experimentais, como as realizadas com diapasões e lâminas ressoantes. Observe essas demonstrações em sala de aula e responda:

1. Por que, ao vibrar um diapasão, o outro também começa a emitir som?

13. ATIVIDADE PRÁTICA: INSTRUMENTOS DE CORDAS

O violão é um instrumento de cordas, assim como o violino, violoncelo, viola, baixo, guitarra, entre outros. Quando vibramos as cordas, elas produzem ondas transversais que refletem nas extremidades e, após uma superposição de ondas, originam uma onda estacionária. Essas vibrações provocam compressões e rarefações no ar, são amplificadas no corpo do instrumento e chegam até os nossos ouvidos. O violão possui 6 cordas, sua estrutura pode ser vista na figura.

Figura 27 – Cordas do Violão



Fonte: disponível em https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Diagrama-de-um-violao-com-a-indicacao-das-casas-1-19-e-das-cordas-1-6_fig4_264970546. Acesso em jan. 2022.

Objetivo: compreender a física envolvida no violão.

1. Existe diferença entre as cordas no violão?

Escreva e explique sua hipótese inicial:

- a. Descubra a frequência que cada corda emite. (se necessário, afine o instrumento - gire as cravelhas até o afinador indicar a nota correspondente).

Corda	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
Nota	Mi	Si	Sol	Ré	Lá	Mi
f (Hz)						

b. O que você descobriu? Explique sua conclusão.

c. Quando afinamos, apertamos ou afrouxamos as cordas, o que muda no som?
Explique por que isso ocorre.

2. Como tocamos esse instrumento? Como se faz os acordes?

Escreva e explique sua hipótese inicial:

a. Descubra a nota obtida quando apertamos as casas:

Casa	2	4	6	8	10
Nota					
f (Hz)					

b. O que ocorre com o som à medida que pressionamos as cordas nas casas? Explique por que isso ocorre.

3. Conclusão – O que você aprendeu com essa atividade?

14. ATIVIDADE PRÁTICA: INSTRUMENTOS DE TUBOS

Uma flauta pã é um instrumento formado por tubos com uma das extremidades fechada e outra aberta.

Figura 28 - Flauta pã



Fonte: disponível em <https://pixabay.com/pt/photos/flauta-pan-m%C3%BAAsica-653495/>. Acesso em jan. 2022.

Objetivo: Construir uma flauta pã e compreender os conceitos envolvidos na produção de som.

Como construir uma flauta pã?

1. Com os materiais disponíveis, tente construir uma flauta pã. Escreva sua ideia, como você vai fazer?

2. Descubra quais as notas emitidas pelos tubos da sua flauta.

Nota	Dó(C)	Ré(D)	Mi(E)	Fá(F)	Sol(G)	Lá(A)	Si(B)
f(Hz)							
Tamanho (cm)							

3. Por que as notas obtidas são diferentes?

Conclusão – O que você aprendeu com essa atividade?

15. ONDAS NOS INSTRUMENTOS MUSICAIS

Ondas em instrumentos de cordas

Em um instrumento de cordas, como violão, violino, guitarra, etc., são formadas ondas estacionárias ao ser produzida uma vibração na corda. Essa onda se propaga com uma velocidade (v), que depende da tensão (T) na corda (força com a qual a corda é esticada) e da densidade linear de massa (μ), obtida dividindo-se a massa total da corda por seu comprimento total.

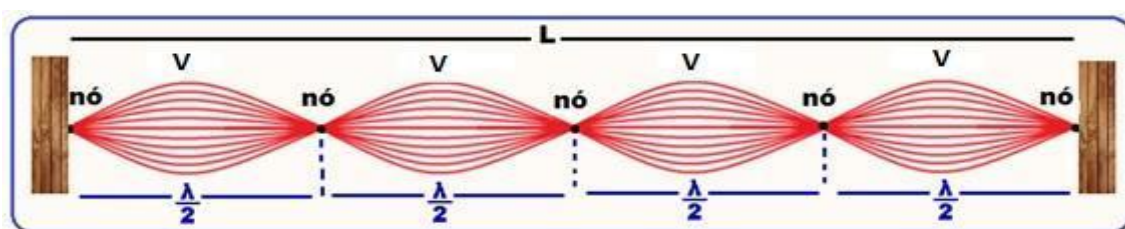
$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Essa expressão é conhecida como *fórmula de Taylor*.

Modos de vibração (harmônicos) em cordas vibrantes

Considere uma corda de comprimento L fixa em suas extremidades. Ao produzir uma perturbação em qualquer ponto, ela se propaga até cada uma das extremidades, reflete e retorna em sentido contrário, formando ondas estacionárias.

Figura 29 – Modos de vibração



Fonte: disponível em <https://fisicaevestibular.com.br/novo/ondulatória/acústica/cordas-vibrantes/>. Acesso em jan. 2022.

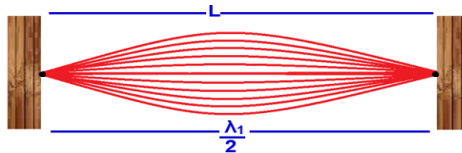
O comprimento da corda e a energia de vibração inicial determinam o comprimento de onda e a frequência da onda resultante. Observe que cada ventre é definido pela metade do comprimento de onda.

A onda estacionária de frequência mais baixa (frequência fundamental) corresponde a uma onda estacionária com um único ventre, chamada de harmônico

fundamental ou primeiro harmônico. As frequências seguintes são múltiplos inteiros da frequência fundamental, chamadas de sobretons ou 1º harmônico, 2º harmônico e assim por diante.

➤ *1º Harmônico – som fundamental*

Figura 30 – Cordas: primeiro harmônico



Fonte: disponível em <https://fisicaevestibular.com.br/novo/ondulatória/acustica/cordas-vibrantes/>. Acesso em jan. 2022.

O comprimento de onda λ_1 tem metade do comprimento L da corda:

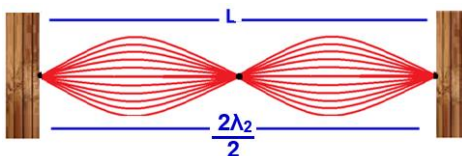
$$\frac{\lambda_1}{2} = L \rightarrow \lambda_1 = 2L$$

Lembrando que $v = \lambda \cdot f$

$$f_1 = \frac{v}{2L}$$

➤ *2º Harmônico*

Figura 31 – Cordas: segundo harmônico

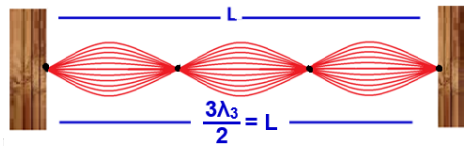


Fonte: disponível em <https://fisicaevestibular.com.br/novo/ondulatória/acustica/cordas-vibrantes/>. Acesso em jan. 2022.

$$\frac{2\lambda_2}{2} = L \rightarrow \lambda_2 = \frac{2L}{2} \quad f_2 = \frac{2v}{2L}$$

➤ 3º Harmônico

Figura 32 – Cordas: terceiro harmônico



Fonte: disponível em <https://fisicaevestibular.com.br/novo/ondulatória/acustica/cordas-vibrantes/>. Acesso em jan. 2022.

$$\frac{3\lambda_3}{2} = L \rightarrow \lambda_3 = \frac{2L}{3} \quad f_3 = \frac{3v}{2L}$$

➤ *Enésimo harmônico – Generalizando*

$$\frac{n\lambda_n}{2} = L \rightarrow \lambda_n = \frac{2L}{n} \quad f_n = \frac{nv}{2L}$$

O número inteiro n é o grau do harmônico, ou seja, $n = 1$, para o harmônico fundamental; $n = 2$, para o segundo harmônico; $n = 3$, para o terceiro harmônico; e assim por diante.

$$n = 1, 2, 3, 4, 5 \dots$$

Assim, quanto maior a ordem (n) dos harmônicos, maior a frequência da nota musical (mais aguda), o que na música chamamos de **oitavas**.

Se substituirmos v pela equação de Taylor, temos:

$$f = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Essas são as formas mais simples de vibração de uma corda presa a duas extremidades, elas são chamadas modos normais ou naturais de vibração. Entretanto, as cordas de um instrumento dificilmente realizam um único modo vibracional quando oscilam livremente. Normalmente o que ocorre é um movimento resultante da

composição do modo fundamental com alguns harmônicos, o que caracteriza o timbre do instrumento.

Para tocar um instrumento, como o violão, por exemplo, as cordas são comprimidas com os dedos de modo a fazer variar o comprimento, produzindo as diferentes notas e acordes. Ao mudar de uma corda para a outra, varia-se a densidade linear μ e quanto menor a densidade de uma corda, maior a frequência do som gerado. Por esse motivo, as cordas mais finas dos instrumentos são as mais agudas. Para afinar o instrumento, varia-se a tensão F girando as cravelhas ou tarraxas (roscas para essa finalidade), aumentando ou diminuindo a frequência até chegar na nota desejada.

Em instrumentos de corda, como o violão e o violino, há uma caixa de madeira onde o volume de ar ressoa e é amplificado. Quando se produz a vibração na corda, ela é transmitida à madeira e ao ar no interior da caixa. Por um processo de ressonância, são reforçados apenas os sons correspondentes às frequências naturais de vibração do sistema.

Numa orquestra, de forma geral, instrumentos de cordas mais curtas produzem sons mais agudos (altos) e instrumentos de cordas mais longas, sons mais graves (baixos).

Exemplo: Bruna afina a corda mi de seu violino, para que ela vibre com uma frequência de 680 Hz. A parte vibrante das cordas do violino de Bruna mede 35 cm de comprimento, como mostrado nesta figura:

Considerando essas informações,

- a) Calcule a velocidade de propagação de uma onda na corda mi desse violino.
- b) Considere que a corda mi esteja vibrando com uma frequência de 680 Hz. Determine o comprimento de onda, no ar, da onda sonora produzida por essa corda. Velocidade do som no ar = 340 m/s

Resolução:

Pelo enunciado foram dados os seguintes valores:

$$f = 680\text{Hz}$$

$$L = 35\text{cm}$$

$$v_{som} = 340 \frac{m}{s}$$

- a) A velocidade de propagação de uma onda é determinada pela expressão: $v = \lambda \cdot f$, a frequência mínima é 680 Hz, ou seja, é a frequência fundamental f_1 , porém precisamos encontrar o valor do comprimento de onda, utilizamos a expressão:

$$\lambda_n = \frac{2L}{n}$$

Como estamos considerando o primeiro harmônico,

$$\lambda_1 = \frac{2.35}{1}$$

$$\lambda_1 = 70 \text{ cm}$$

Agora, podemos calcular a velocidade de propagação:

$$v = \lambda \cdot f$$

$$v = (0,7m) \cdot 680$$

$$v = 476 \frac{m}{s}$$

Que é a velocidade da onda na corda mi.

b) Utilizando a mesma expressão:

$$v = \lambda \cdot f$$

$$340 = \lambda \cdot 680$$

$$\lambda = \frac{340}{680}$$

$$\lambda = 0,5 \text{ m}$$

$$\lambda = 50 \text{ cm}$$

Que é o comprimento de onda, no ar, da onda sonora produzida pela corda mi.

Ondas em instrumentos de tubos

Em instrumentos de tubos, como flautas, saxofone, clarinete, etc., são produzidas ondas estacionárias pela boca. Eles podem ser abertos em ambos os lados ou apenas de um lado:

Tubo aberto nas duas extremidades

Um exemplo é a flauta doce, quando se sopra o ar para dentro da flauta, é produzida uma onda que vai de uma extremidade à outra. Ao atingir a saída do tubo, a onda encontra um meio diferente, sofrendo reflexão e refração. A onda refletida interfere na onda incidente, formando uma onda estacionária.

Figura 33 - Flauta doce



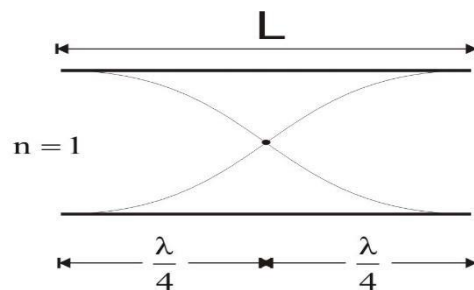
Fonte: disponível em <https://pixabay.com/pt/photos/flauta-gravador-de-tocar-flauta-2245041/>.

Acesso em jan. 2022.

Como ambas as extremidades são abertas, em cada uma delas temos ventres. Seus harmônicos, frequências e comprimentos de onda são os seguintes:

➤ *1º Harmônico – som fundamental*

Figura 34 - Tubo aberto: primeiro harmônico



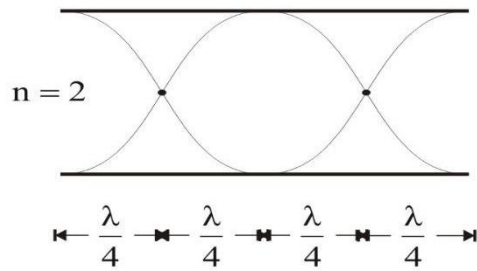
Fonte: disponível em <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Acustica/tubos.php>. Acesso em jan. 2022.

$$\frac{2\lambda_1}{4} = L \rightarrow \lambda_1 = 2L$$

$$f_1 = \frac{v}{2L}$$

➤ 2º Harmônico

Figura 35 - Tubo aberto: segundo harmônico

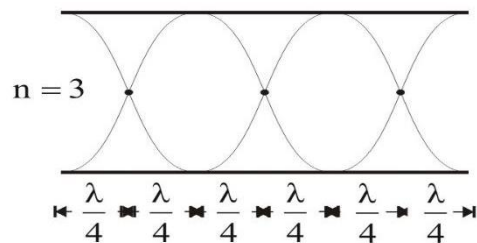


Fonte: disponível em <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatória/Acústica/tubos.php>. Acesso em jan. 2022.

$$\frac{4\lambda_2}{4} = L \rightarrow \lambda_2 = L$$
$$f_2 = \frac{v}{L}$$

➤ 3º Harmônico

Figura 36 - Tubo aberto: terceiro harmônico



Fonte: disponível em <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatória/Acústica/tubos.php>. Acesso em jan. 2022.

$$\frac{6\lambda_3}{4} = L \rightarrow \lambda_3 = \frac{2L}{3}$$
$$f_3 = \frac{3v}{2L}$$

➤ Enésimo harmônico – generalizando

$$\frac{n\lambda_n}{2} = L \rightarrow \lambda_n = \frac{2L}{n}$$

$$f_n = \frac{nv}{2L}$$

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

Tubo fechado em uma extremidade

Um exemplo é a flauta Pã, onde apenas uma extremidade é aberta, de modo que o ar possa oscilar longitudinalmente com liberdade. Já a extremidade fechada impede a oscilação das moléculas de ar.

Figura 37 - Flauta pã



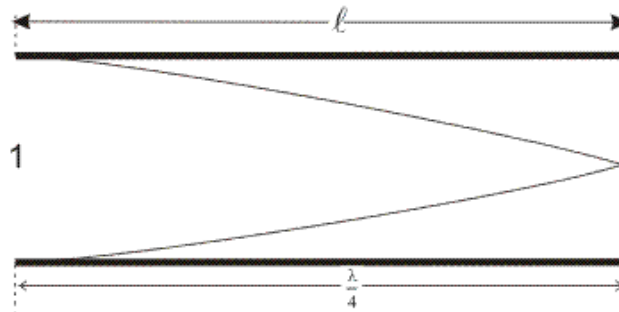
Fonte: disponível em <https://pixabay.com/pt/photos/flauta-pan-m%C3%BAAsica-653495/>. Acesso em jan. 2022.

Neste caso, dentro do tubo são possíveis somente ondas estacionárias que terminam em um nó. Essas condições determinam uma quantidade menor de modos normais de vibração da coluna de ar.

Para determinado tubo com uma extremidade fechada de comprimento L , teremos somente os harmônicos ímpares:

➤ *1º Harmônico – som fundamental*

Figura 38 - Tubo fechado: primeiro harmônico

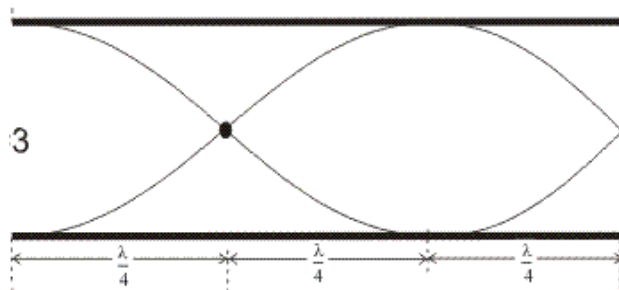


Fonte: disponível em <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Acustica/tubos2.php>. Acesso em jan. 2022.

$$\frac{\lambda_1}{4} = L \rightarrow \lambda_1 = 4Lf_1 = \frac{v}{4L}$$

3º Harmônico

Figura 39 - Tubo fechado: terceiro harmônico

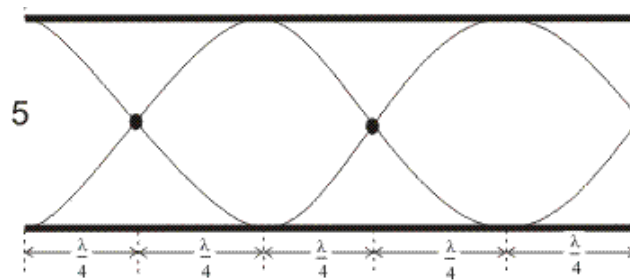


Fonte: disponível em <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Acustica/tubos2.php>. Acesso em jan. 2022.

$$\frac{3\lambda_3}{4} = L \rightarrow \lambda_3 = \frac{4L}{3} f_3 = \frac{3v}{4L}$$

➤ 5º Harmônico

Figura 40 - Tubo fechado: primeiro harmônico



Fonte: disponível em <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Acustica/tubos2.php>. Acesso em jan. 2022.

$$\frac{5\lambda_5}{4} = L \rightarrow \lambda_5 = \frac{4L}{5} \quad f_5 = \frac{5v}{4L}$$

➤ Enésimo Harmônico

$$\frac{n\lambda_n}{4} = L \rightarrow \lambda_n = \frac{4L}{n} \quad f_n = \frac{nv}{4L} \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

Assim como nos instrumentos de cordas, normalmente ao tocar um instrumento de tubo, diversos modos estão presentes simultaneamente, assim o movimento do ar é uma superposição desses modos.

Tubos mais compridos emitem sons mais graves e tubos mais curtos emitem sons mais agudos. Além disso, existe um conjunto de botões (ou orifícios) nesses tubos que servem para modificar o tamanho da coluna de ar e assim alterar o comprimento da onda estacionária, gerando sons com diferentes frequências. Isso é semelhante ao que ocorre no violão, em que os dedos pressionam as cordas contra o braço do instrumento e modificam o comprimento da corda que vibra, produzindo sons de diferentes frequências.

REFERÊNCIAS

CAMILLERI, Marie; TRIGUEIROS-CUNHA, Nuno. **RUIDO: ATENÇÃO PERIGO ! PROTECÇÃO**. 2017. Disponível em: <http://www.cochlea.org/po/ruido>. Acesso em: 07 jan. 2022.

OLIVEIRA, Maurício Pietrocola Pinto De et al. **Física em contextos: pessoal, social e histórico: energia, calor, imagem e som**. volume 2. 1st. ed. São Paulo - SP: Editora FTD S. A., 2011.

RAMALHO, F.; NICOLAU, G.; TOLEDO, P. **Os Fundamentos da Física 2**. São Paulo: Moderna, 1997.

5 MATERIAIS UTILIZADOS NA APLICAÇÃO

5.1 MOMENTO 1: ONDAS (REMOTO)

- Mapa mental: De forma assíncrona e utilizando a ferramenta www.mentimeter.com;
- Aula síncrona de ondulatória, utilizando slides: https://docs.google.com/presentation/d/1VHRqCjNeQ_fj_HSZ08XfvdO38KPvuC8K/edit?usp=sharing&ouid=114555967288051959647&rtpof=true&sd=true
- Aula de revisão no “Google Formulários” com atividade de simulação computacional (<https://forms.gle/T5nGrsJwhqC2mGSC9>):

Seção 2 de 33


Ondas

Descrição (opcional)

“Uma onda é uma perturbação que se propaga, transportando energia, sem o transporte de matéria”.

Descrição (opcional)

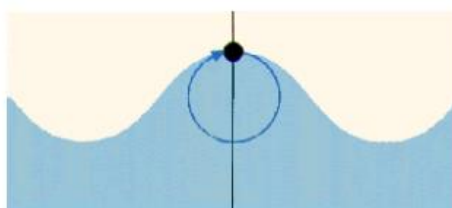
Imagine que você está segurando uma corda, ao sacudi-la para cima, será possível criar uma perturbação, que se chama pulso. Quando este pulso se propaga, temos uma onda.

A photograph showing a person's hand holding a thick, light-colored rope. The rope is stretched horizontally across the frame. The hand is positioned on the left side, and the rope extends to the right. This image is used to illustrate the concept of a pulse wave.

Quando uma pedra cai na superfície de um lago provoca um pulso que se propaga na forma de uma onda circular.



Se algum objeto estiver na superfície do lago, não será transportado, mas oscilará para cima e para baixo, pois a onda lhe cederá energia.



Seção 3 de 33

Natureza das ondas



As ondas podem ser de duas naturezas: mecânicas ou eletromagnéticas

Ondas mecânicas

São perturbações que se propagam em um meio material, por vibrações de partículas.

Como as ondas mecânicas necessitam de um meio material para sua propagação, elas não se propagam no vácuo.

Ondas eletromagnéticas

São causadas por variações nos campos elétrico e magnético, originadas por cargas oscilantes.

As ondas eletromagnéticas não necessitam, obrigatoriamente, de um meio material para sua propagação, por isso podem se propagar no vácuo.

Mecânica X Eletromagnética



Vamos ver o que você acha desses exemplos:

Ondas em cordas *



- Mecânica
- Eletromagnética

Título da seção (opcional)



As ondas produzidas em cordas são MECÂNICAS, pois precisam do meio (corda) para se propagarem.

Mecânica X Eletromagnética



Descrição (opcional)

Ondas de rádio *



- Mecânica
- Eletromagnética

Título da seção (opcional)



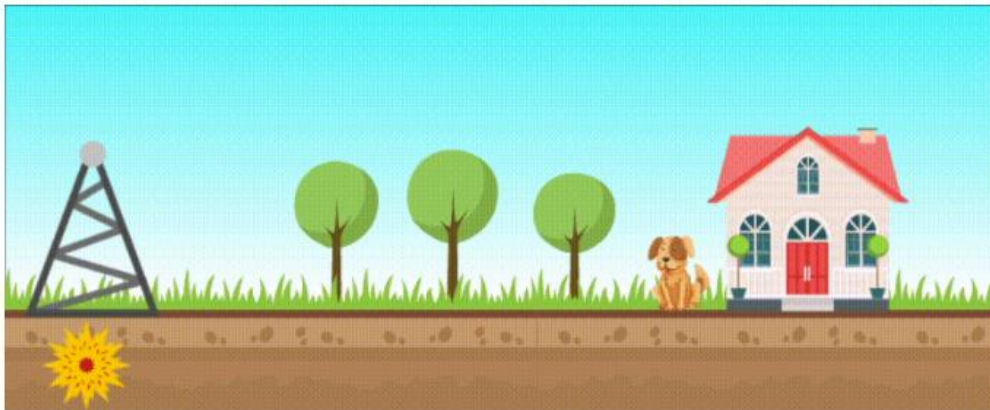
As ondas de rádio são ELETROMAGNÉTICAS, pois podem se propagar no vácuo.

Mecânica X Eletromagnética



Descrição (opcional)

Ondas sísmicas *



- Mecânica
- Eletromagnética

Título da seção (opcional)



As ondas que originam os terremotos são MECÂNICAS, pois precisam de um meio para se propagar.

Mecânica X Eletromagnética



Descrição (opcional)

Ondas na água



Mecânica

Eletromagnética

Título da seção (opcional)



Ondas criadas na água são MECÂNICAS, pois precisam do meio (no caso, a água) para se propagarem.

Mecânica X Eletromagnética



Descrição (opcional)

Ondas de raio X



- Mecânica
- Eletromagnética

Título da seção (opcional)



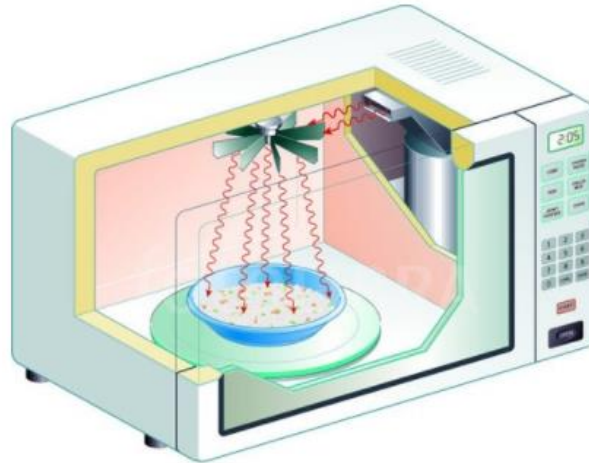
As ondas de raio X, muito utilizadas na medicina, são ELETROMAGNÉTICAS e podem se propagar no vácuo.

Mecânica X Eletromagnética



Descrição (opcional)

Micro-ondas



- Mecânica
- Eletromagnética

Título da seção (opcional)



As micro-ondas também são ELETROMAGNÉTICAS, juntamente com os raios gama, infravermelho, ultravioleta, luz visível, etc.

Mecânica X Eletromagnética



Descrição (opcional)

Ondas sonoras



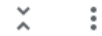
- Mecânica
- Eletromagnética

Título da seção (opcional)



O som é gerado por ondas MECÂNICAS e, por incrível que pareça, precisa de um meio (como o ar) para se propagar.

Formas de Propagação



As ondas podem se propagar transversalmente, longitudinalmente, ou de forma mista (mistura das duas):

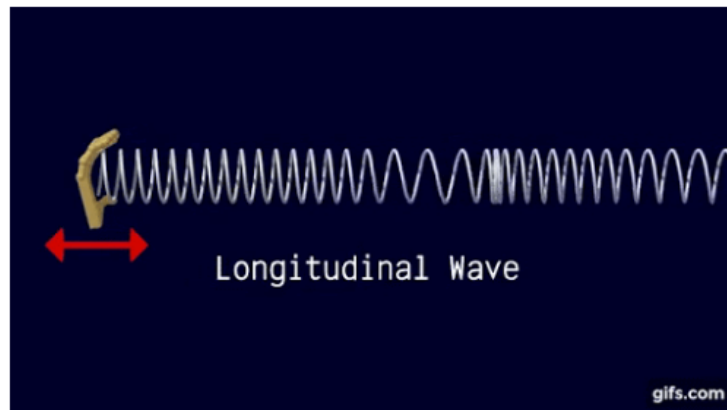
Ondas transversais

São aquelas em que a direção de propagação da onda é perpendicular à direção de vibração. São exemplos as ondas numa corda e as ondas eletromagnéticas.

Ondas Longitudinais

São aquelas em que a direção de propagação da onda coincide com a direção de vibração. O som é um exemplo.

Título d...

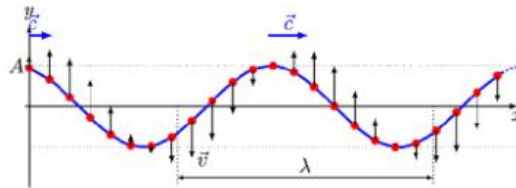


Ondas periódicas



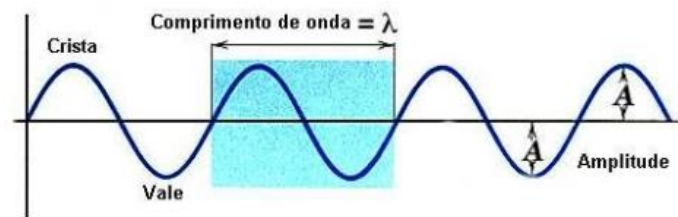
Descrição (opcional)

Quando um pulso segue o outro em uma sucessão regular tem-se uma onda periódica. O formato das ondas individuais se repete em tempos iguais.



...

Nas ondas periódicas destacamos alguns elementos importantes:



Amplitude da onda (A)

É a medida da altura máxima da onda, também chamada de crista (extremo superior) ou vale (extremo inferior).
Unidade de medida -> [A] = m (metro)

Comprimento de onda (λ)

É a distância entre o começo e o fim de uma oscilação, o tamanho de cada repetição, ou a distância entre duas cristas/vales.
Unidade de medida -> [λ] = m (metro)

Período (T)

Intervalo de tempo de uma oscilação completa de qualquer ponto da onda.
Unidade de medida -> [T] = s (segundo)

⋮

Frequência (f)

É o número de oscilações por segundo, determinada pela fonte que origina a onda. Por definição, a frequência é o inverso do período:

$$f = 1/T$$

Unidade de medida -> [f] = H (hertz)

Velocidade de propagação (v)

Distância que a onda avança no tempo. Determinada pela equação:

$$v = \lambda f$$

Unidade de medida -> [v] = m/s

Seção 20 de 33

Observação!

✕ ⋮

Quanto mais próximas as moléculas estão em um meio, mais rápido as ondas mecânicas se propagam nele. Na prática isso quer dizer que as ondas mecânicas se propagam mais rápido em sólidos do que em líquidos e gases. O contrário acontece com as ondas eletromagnéticas, que se propagam com sua velocidade máxima no vácuo e mais lentamente em meios sólidos.

⋮

Velocidade da luz no vácuo (c)

Por experimentos é possível calcular a velocidade das ondas eletromagnéticas no vácuo, hoje sabemos que seu valor é:

$$v \text{ (vácuo)} = c = 300.000.000 \text{ m/s}$$

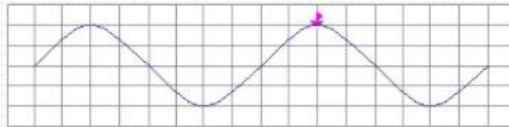
Exemplo

Descrição (opcional)

Título d...

Exemplo:

A figura abaixo representa uma onda periódica propagando-se na água (a onda está representada de perfil). A velocidade de propagação desta onda é de 40 m/s, e cada quadradinho possui 1 m de lado.



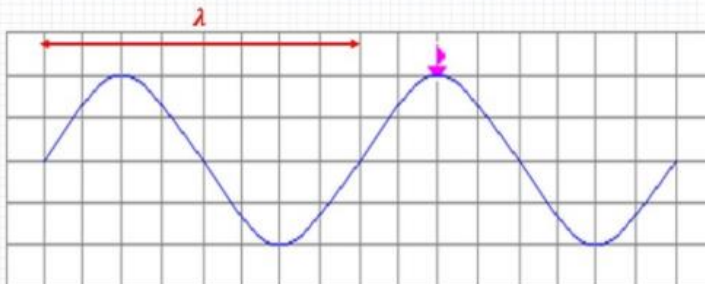
Determine:

- O comprimento de onda (λ) desta onda.
- A amplitude (A) desta onda.
- A frequência (f) da onda.
- O período (T) de oscilação do barquinho sobre a onda.



Título d...

a) O comprimento de onda (λ) desta onda.

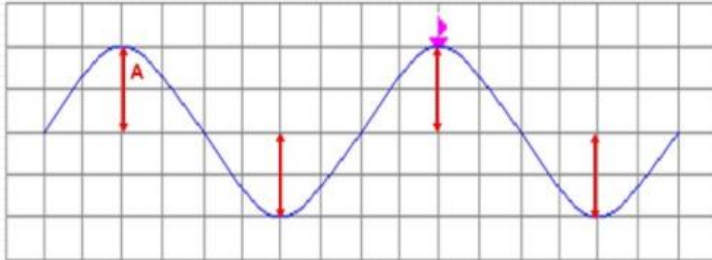


$$\lambda = 8 \text{ quadradinhos} = 8\text{m}$$



Título d...

b) A amplitude (A) desta onda.



$$A = 2 \text{ quadradinhos} = 2\text{m}$$



...

Título d...

c) A frequência (f) da onda.

$$v = 40\text{m/s}$$

$$\lambda = 8\text{m.}$$

Devemos utilizar a equação:

$$v = \lambda f$$

Isolando a frequência:

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

Substituindo os valores:

$$f = \frac{40}{8}$$

$$f = 5\text{Hz}$$



Título d...

d) O período (T) de oscilação do barquinho sobre a onda.

$$T = \frac{1}{f}$$

$$T = \frac{1}{5}$$

$$T = 0,2s$$



Seção 22 de 33

Atividade Experimental

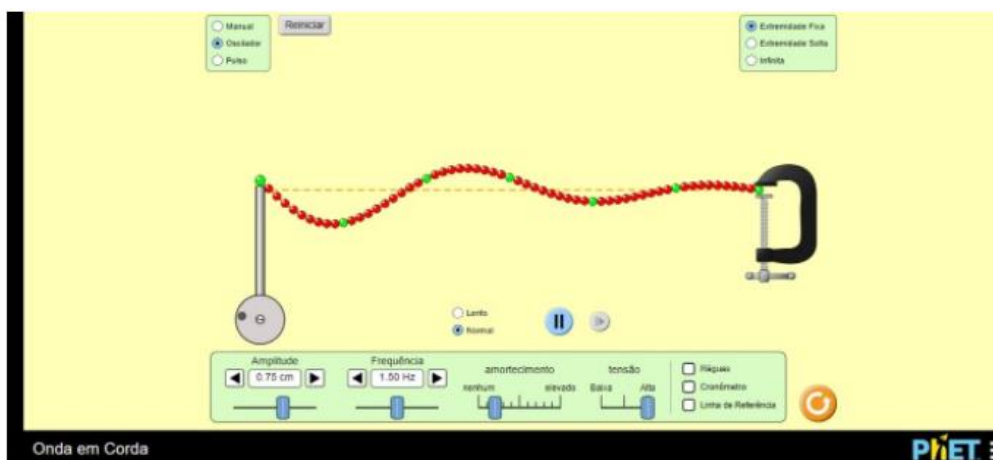


Descrição (opcional)

Acesse o link abaixo:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string

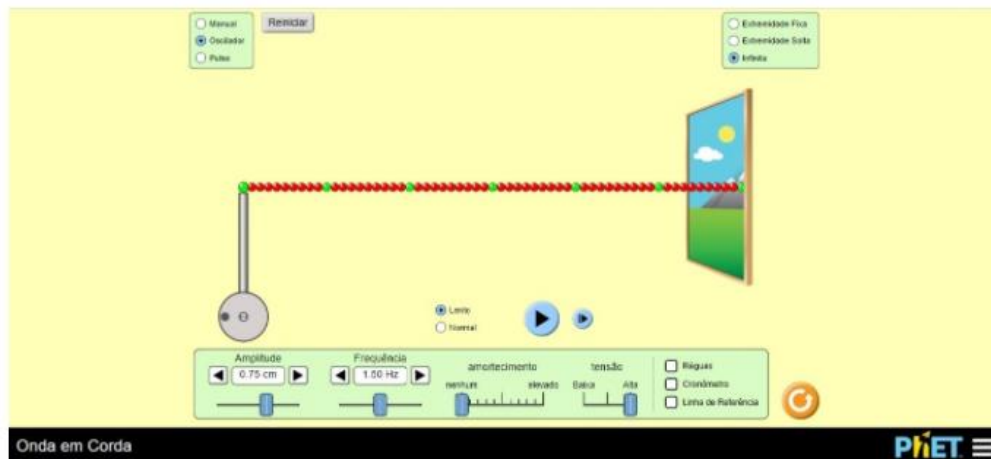
Explore um pouco a simulação, observe o que cada botão faz.



Agora que você já descobriu como funciona o simulador, vamos começar a atividade!

Clique no botão alaranjado para reiniciar.

Na caixa à esquerda: selecione oscilador. Na caixa à direita: selecione infinita. Na caixa inferior: retire o amortecimento (não altere as outras opções). Como na figura abaixo.



Seção 23 de 33

Título da seção (opcional)



Descrição (opcional)

1. Inicie a simulação, clicando no play. Espere alguns segundos e pause o oscilador. Tire um print da tela (ou desenhe e tire foto) e poste aqui. *

Seção 24 de 33

Título da seção (opcional)



Descrição (opcional)

2. Quantas cristas e quantos vales possui essa onda (antes da janela)? *

Texto de resposta longa

Seção 25 de 33

Título da seção (opcional)



Descrição (opcional)

3. Pegue a régua (caixa inferior) e meça ao comprimento de onda. Faça uma mudança de unidades para o SI. *

Texto de resposta longa

Seção 26 de 33

Título da seção (opcional)



Descrição (opcional)

4. Calcule a velocidade desta onda no SI (utilize os dados informados no simulador) *

Texto de resposta longa

Seção 27 de 33

Título da seção (opcional)



Descrição (opcional)

5. Altere a frequência para 3,00 Hz. você observou alguma mudança? Se sim, Qual? Explique porquê. *

Texto de resposta longa

Seção 28 de 33

Título da seção (opcional)



Descrição (opcional)

6. Meça o novo comprimento de onda, responda em metros. *

Texto de resposta longa

Seção 29 de 33

Título da seção (opcional)



Descrição (opcional)

7. Quantas cristas e quantos vales essa nova onda possui? *

Texto de resposta longa

Seção 30 de 33

Título da seção (opcional)



Descrição (opcional)

8. Calcule a velocidade desta onda no SI. *

Texto de resposta longa

Seção 31 de 33

Título da seção (opcional) ✕ ⋮

Descrição (opcional)

9. Compare o valor com o valor da velocidade calculado anteriormente. Comente. *

Texto de resposta longa

Seção 32 de 33

Título da seção (opcional) ✕ ⋮

Descrição (opcional)

10. Altere o amortecimento para elevado. O que aconteceu? Explique. *

Texto de resposta longa

Seção 33 de 33

Fim! ✕ ⋮

Descrição (opcional)

Comentários =)

Texto de resposta longa

- Lista de exercícios 1, disponível no caderno do aluno.

5. 2 MOMENTO 2: ONDAS SONORAS (REMOTO)

- Questionário inicial sobre ondas sonoras, de forma assíncrona utilizando o “Kahoot”: <https://create.kahoot.it/share/acustica/49c2ab98-586a-467c-b7a9-624c9dbc631d>

- Formulário que contém a atividade “Telefone com fio” seguida da explicação do conteúdo de ondas sonoras: <https://forms.gle/VELKRJ5khDQx665n9>

Seção 2 de 6

Telefone com fio

Antes de começar a revisão de hoje, vamos fazer um experimento!

Você já está com seu telefone?



Poste uma foto dele aqui... *

Seção 3 de 6

Vamos começar?

Descrição (opcional)

1. Peça para alguém da sua família colocar um dos copos no ouvido, estique o barbante e fale no outro copo. O que você observou? *

Texto de resposta longa

2. Tente fazer o mesmo, mas sem esticar o barbante. O que você observou? Explique com suas palavras porque isso aconteceu. *

Texto de resposta longa

3. Tente fazer o mesmo procedimento (1), mas coloque o dedo no barbante (segurando-o). O que você observou? Explique com suas palavras porque isso aconteceu. *

Texto de resposta longa

4. Tente explicar: como o som é formado? *

Texto de resposta longa

5. Você fala em um dos copos e seu familiar te ouve no outro copo. Tente explicar como ocorre a propagação do som, desde a saída do som da sua boca, até a percepção do som no ouvido do seu parceiro de experimento. *

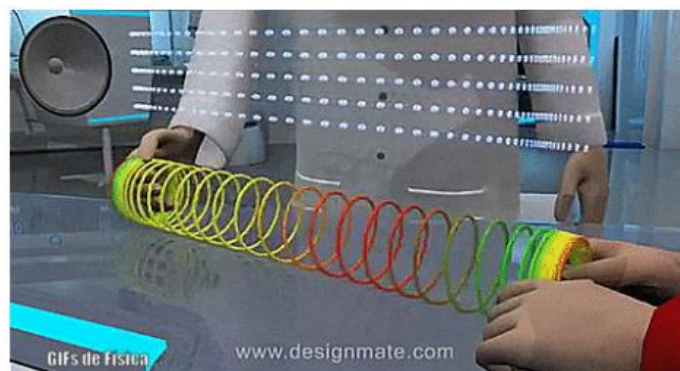
Texto de resposta longa

Seção 4 de 6

Ondas Sonoras

Descrição (opcional)

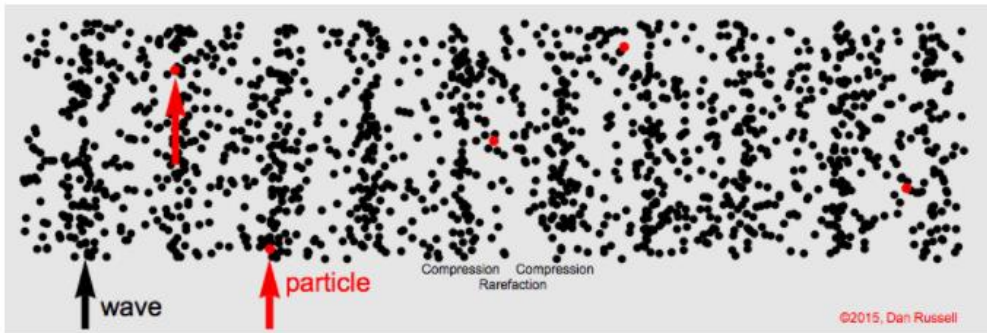
São ondas longitudinais de pressão, que se propagam no ar ou em outros meios.



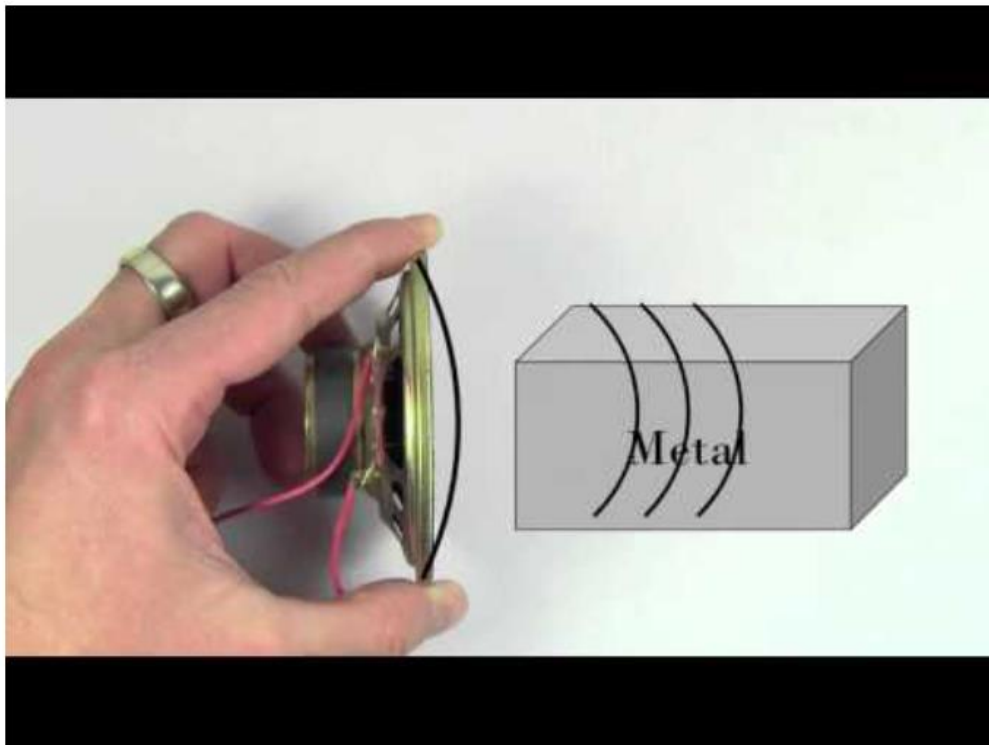
Ocorre, por exemplo, ao se comprimir e expandir periodicamente um tubo de ar, quando uma corda de violão vibra ou quando um diafragma do alto falante se movimenta para frente e para trás.

Descrição (opcional)

As moléculas do meio originam regiões de baixa e alta pressão, criando-se sucessivas camadas de compressão e rarefação.



Se quiser entender melhor, veja o vídeo abaixo...



[Produção de som - YouTube](#)

A velocidade das ondas sonoras depende da densidade do meio e da temperatura.

No ar, o som se propaga com uma velocidade de aproximadamente 340m/s.

Nos sólidos e líquidos a velocidade do som é maior.



Veja alguns exemplos na tabela:

Sólidos	
Vidro (20 °C)	5130 m/s
Alumínio (20 °C)	5100 m/s
Líquidos	
Glicerina (25 °C)	1904 m/s
Água do mar (25 °C)	1533 m/s
Água (25 °C)	1493 m/s
Mercúrio (25 °C)	1450 m/s
Gases	
Hidrogênio (0 °C)	1286 m/s
Hélio (0 °C)	972 m/s
Ar (20 °C)	343 m/s
Ar (0 °C)	330 m/s

Pense e Pesquise



Agora, faça uma pequena pesquisa:

1. Porque, quando em uma tempestade de raios, vemos primeiro o relâmpago (luz) para depois ^{*} ouvir o trovão (som)?

Texto de resposta longa

2. Porque nossa voz fica diferente quando respiramos gás hélio? ^{*}

Texto de resposta longa

3. O que é barreira do som? O que significa dizer que um avião rompeu a barreira de som? ^{*}

Texto de resposta longa

4. Como ouvimos? Pesquise como funciona o nosso ouvido. ^{*}

Texto de resposta longa

Fim!



Descrição (opcional)

Comentários =)

Texto de resposta longa

5.3 MOMENTO 3: QUALIDADES DO SOM (REMOTO)

- Aula síncrona utilizando a apresentação de slides:
<https://docs.google.com/presentation/d/1SslQPAR-w1eYLhYjVWOc3qcpXEbZyglJ/edit?usp=sharing&ouid=114555967288051959647&rtpof=true&sd=true>
- Atividades assíncronas utilizando o “Google formulários”:
 - Altura: <https://forms.gle/ndBHWTrfmZFcHhMq7>

Seção 2 de 8

Altura

Descrição (opcional)

O que é um som alto? *

Texto de resposta longa

Seção 3 de 8

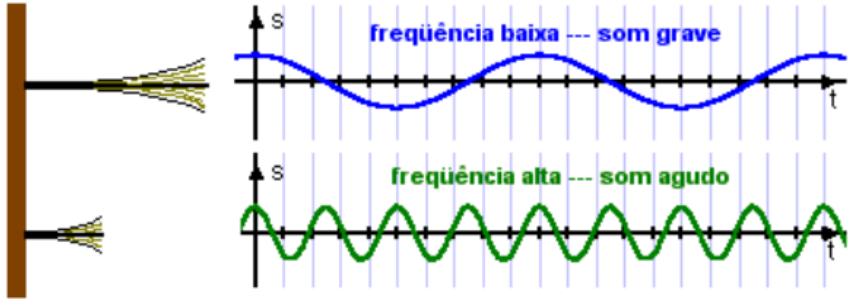
Altura

Descrição (opcional)

É a qualidade que nos permite diferenciar sons agudos e graves pela sua frequência:

Sons altos (agudos): frequência alta.
Sons baixos (graves): frequência baixa.

Não esqueça: A altura só está relacionada com a frequência do som!



Exemplo

Um rádio ligado no volume máximo, não significa que está emitindo sons altos.

Lembre-se: um som alto é um som agudo, e não com volume alto!

Unidade de medida de frequência -> Hz (hertz)

A frequência é o inverso do período (1/s)

Por exemplo:

5Hz significa que a onda faz 5 oscilações por segundo

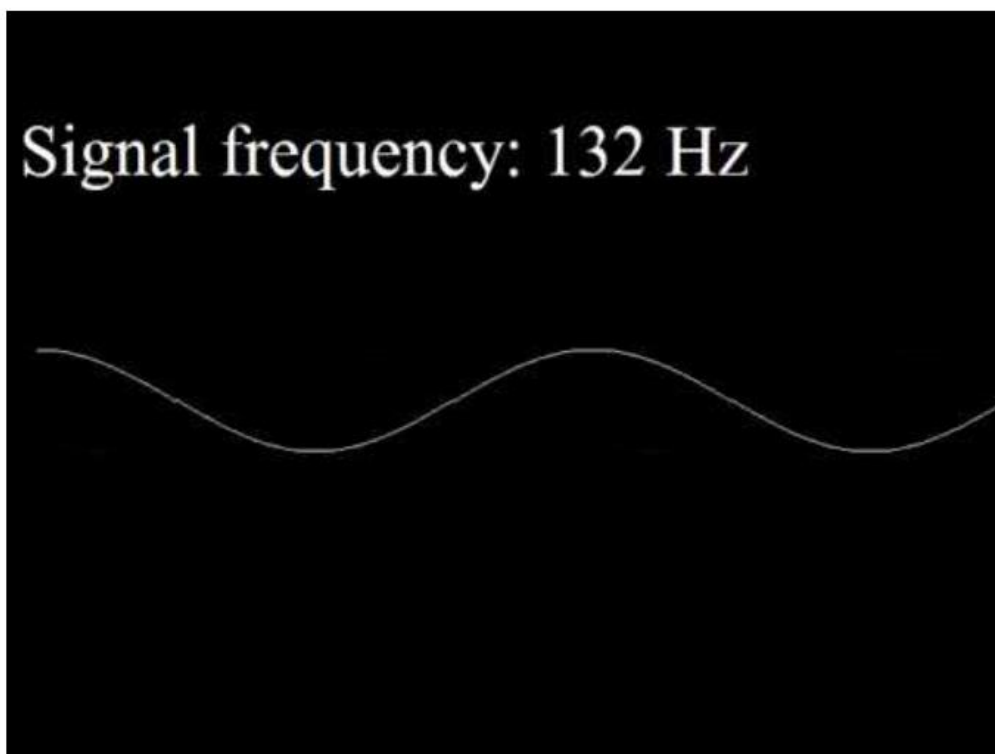
Seção 4 de 8

Gerador de Frequências



Vamos ouvir sons com frequências diferentes?

Reproduza o vídeo abaixo:



A partir de que frequência você começou a escutar o som? *

Texto de resposta longa

Até que frequência você escutou? *

Texto de resposta longa

Com o aumento da frequência, o que você observou no formato da onda na tela? *

Texto de resposta longa

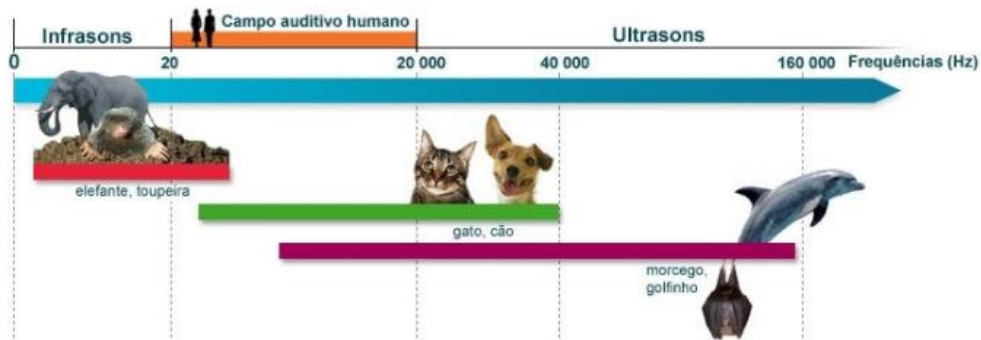
Seção 5 de 8

Espectro sonoro



Espectro sonoro é o conjunto de todas as ondas que compõem os sons audíveis e não audíveis pelo ser humano.

O ouvido humano consegue captar vibrações com frequências compreendidas, aproximadamente, entre os 20 Hz e os 20.000 Hz, como podemos observar no espectro sonoro abaixo.



Infrassons

Sons com frequência inferior a 20 Hz.

Não são audíveis ao ouvido humano, mas são para o ouvido de alguns animais (como o elefante e a toupeira) e também são utilizados em aplicações tecnológicas.

Ultrassons

Sons com frequência maior que 20.000Hz.

Também não são audíveis ao ouvido humano, mas são para alguns animais (como cão, gato, morcego, golfinho, etc). Além disso, também são muito utilizados em tecnologias, principalmente relacionadas à medicina.

Pense e Pesquise



Descrição (opcional)

1. Onde encontramos o infrassom e o ultrassom no dia a dia? Dê exemplos. *

Texto de resposta longa

2. Cite e explique o funcionamento de, pelo menos, uma aplicação tecnológica de cada. *

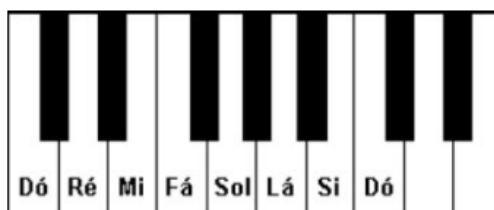
Texto de resposta longa

Música



São quando as ondas sonoras emitidas possuem frequências em harmonia, produzindo uma sensação auditiva agradável.

Essas frequências não são representadas por números (ex. 440Hz), mas por nomes próprios ou notas, por exemplo: DÓ, RÉ, MI, FÁ, SOL, LÁ, SI, DÓ..., que corresponde a uma escala.



Cada nota possui uma frequência (altura) específica.

Notas	Frequência (Hz)
dó	264
ré	297
mi	330
fá	352
sol	396
lá	440
si	495
dó	528

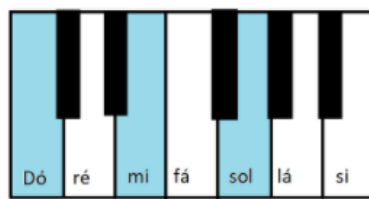
Escala Musical: é uma sequência ordenada de notas.



Existem vários tipos de escala, a mais conhecida é a escala de Dó:

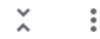
DÓ RÉ MI FÁ SOL LÁ SI DÓ

Acorde: é a combinação de duas ou mais notas tocadas simultaneamente.



Seção 8 de 8

Fim!



Descrição (opcional)

Comentários =)

Texto de resposta longa

- Timbre: <https://forms.gle/Rv2CnEAomWWUEddf6>

Seção 2 de 5

Instrumentos musicais



Descrição (opcional)

Você consegue diferenciar os sons dos instrumentos musicais?



<https://youtu.be/4lc6gOUNKfQ>

Qual o instrumento 1? *

Texto de resposta longa

Qual o instrumento 2? *

Texto de resposta longa

Qual o instrumento 3? *

Texto de resposta longa

Por que conseguimos diferenciar a mesma nota musical em instrumentos diferentes? *

Texto de resposta longa

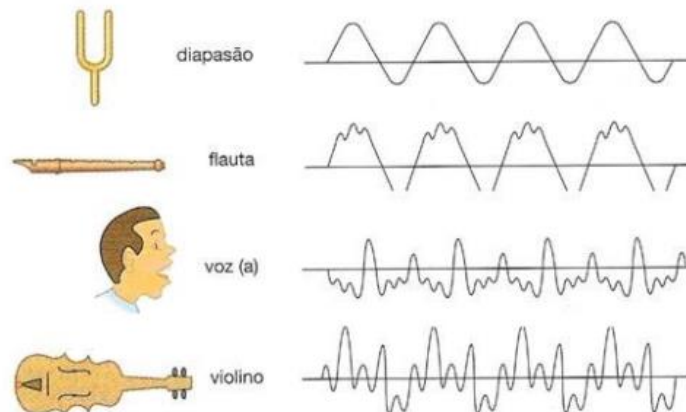
Seção 3 de 5

Timbre



É a qualidade que permite ao ouvido humano diferenciar sons de mesma altura e intensidade, emitidos por fontes diferentes.

Está associado à forma da onda e é caracterizado pela composição de frequências que constituem a onda sonora emitida pelo instrumento. Cada instrumento emite uma onda diferente, devido a diversos fatores, como o material de que é feito, sua forma e a força usada para produzir o som.



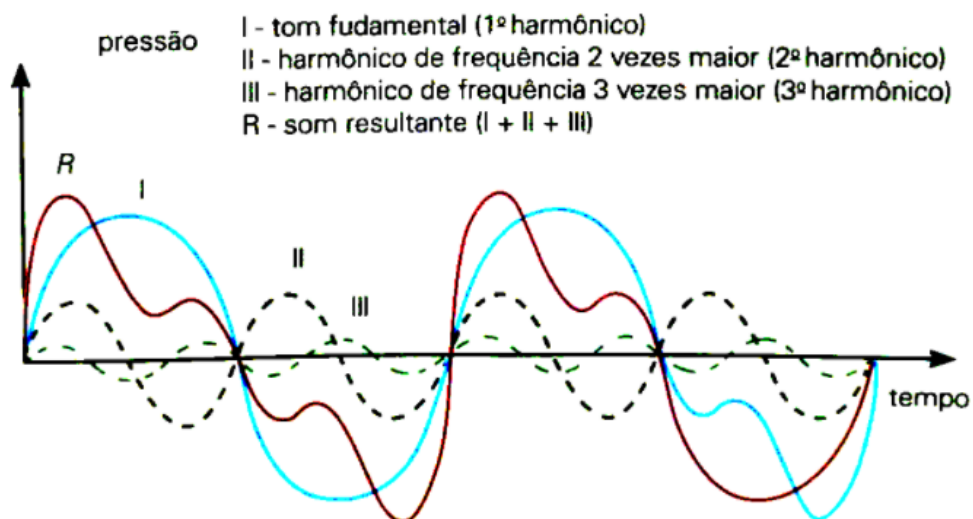
Diapasão: é um instrumento sonoro fabricado para vibrar em uma única frequência, que serve para afinar um instrumento musical.



As notas emitidas por um instrumento musical são formadas por um conjunto de frequências. Cada combinação diferente de frequências, resultam em uma onda com formato específico.

Descrição (opcional)

Além disso, esta combinação de frequências também determina se o som é agradável ou não. A sensação de som agradável ocorre quando as frequências que compõem o som são múltiplas umas das outras, ou seja, temos uma frequência básica (tom fundamental) e as demais são duas, três ou quatro vezes maiores, os chamamos harmônicos.



Seção 4 de 5

Pense e pesquise



Descrição (opcional)

Escolha um instrumento musical que você goste e pesquise como ele é feito, quais os materiais * utilizados e como interfere no som.

Texto de resposta longa

Seção 5 de 5

Fim!



Descrição (opcional)

Comentários =)

Texto de resposta longa

- Intensidade: <https://forms.gle/QUEDF4kW3rfmjZnN6>

Seção 2 de 9

Volume do som



Descrição (opcional)

Em qual volume você utiliza o fone de ouvido? *

Texto de resposta longa

Será que volumes "altos" prejudicam a audição? *

Texto de resposta longa

Se um som alto é um som agudo, que característica da onda determina o volume? *

Texto de resposta longa

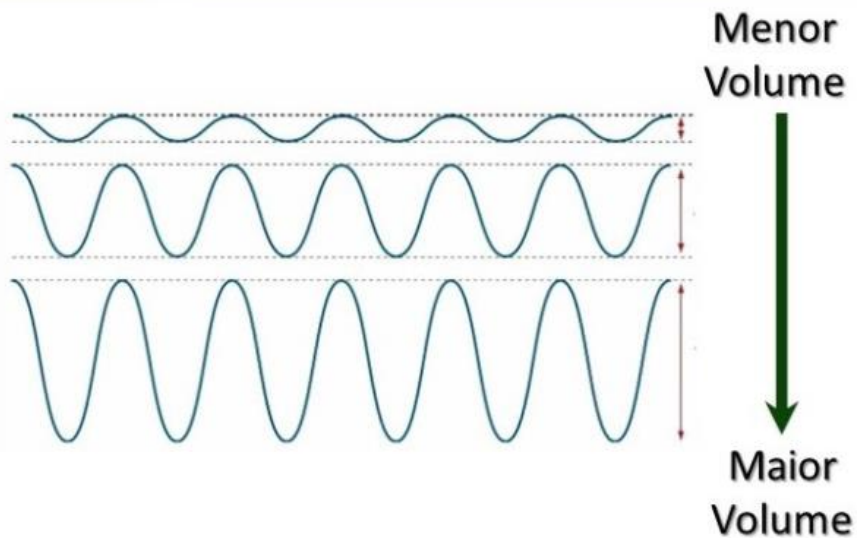
Seção 3 de 9

Intensidade



É a qualidade que nos permite diferenciar sons fortes e sons fracos, relacionada com a amplitude da onda sonora.

Quanto maior a amplitude da onda, maior o volume, ou seja, mais forte o som será.



Fisicamente, intensidade sonora é a energia transmitida pela onda por unidade de tempo e área. Sendo assim, temos

$$I = \frac{E}{A \cdot \Delta t} \quad \text{como} \quad \frac{E}{\Delta t} = P \quad I = \frac{P}{A}$$

- Limiar de audibilidade - Menor intensidade sonora que pode ser ouvida.

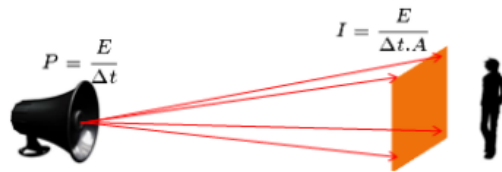
$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

- Limiar de dor - Maior intensidade suportável pelo ouvido humano.

$$I_{\text{máx}} = \frac{1 \text{ W}}{\text{m}^2}$$



Título d...



No Sistema Internacional de Unidades, a intensidade sonora é medida em W/m^2 (watts por metro quadrado).

Obs: Iremos estudar a intensidade sonora qualitativamente (os conceitos irão predominar sobre os cálculos).

Seção 4 de 9

Nível sonoro

Na prática, utilizamos o conceito de nível sonoro (β), pois é construído em escala logarítmica, visto que a intensidade sonora não varia linearmente (se dobramos a intensidade o som fica mais forte, porém não duas vezes mais intenso).

Se I a intensidade do som que se quer medir e I_0 a intensidade mínima, o nível sonoro é dado por:

Nível Sonoro (β)

Como I não é linear:

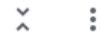
$$\beta = \log \frac{I}{I_0} \quad [\beta] = \text{bel (B)}$$

1B = 10dB ... Decibel

A unidade utilizada para o nível sonoro é o Bel (B), mas como esta unidade é grande comparada com a maioria dos valores de nível sonoro utilizados no cotidiano, seu múltiplo usual é o decibel (dB), de maneira que $1B=10dB$.

Obs: Iremos estudar a nível sonoro qualitativamente (os conceitos irão predominar sobre os cálculos).

Como medir o nível sonoro?



Descrição (opcional)

Baixe o App: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.splendapps.decibel&hl=pt_BR

Descrição (opcional)

1. Meça o nível sonoro nos ambiente de sua casa e anote aqui. *

Texto de resposta longa

2. Agora escolha duas fontes sonoras diferentes (exemplo: liquidificador e secador de cabelo) e anote abaixo a potência de cada uma (representada pela unidade de medida W) *

Texto de resposta longa



3. Ligue cada uma das fontes separadamente e meça o nível sonoro ao redor. *

Texto de resposta longa

4. Agora ligue as duas fontes juntas e meça o nível sonoro. *

Texto de resposta longa

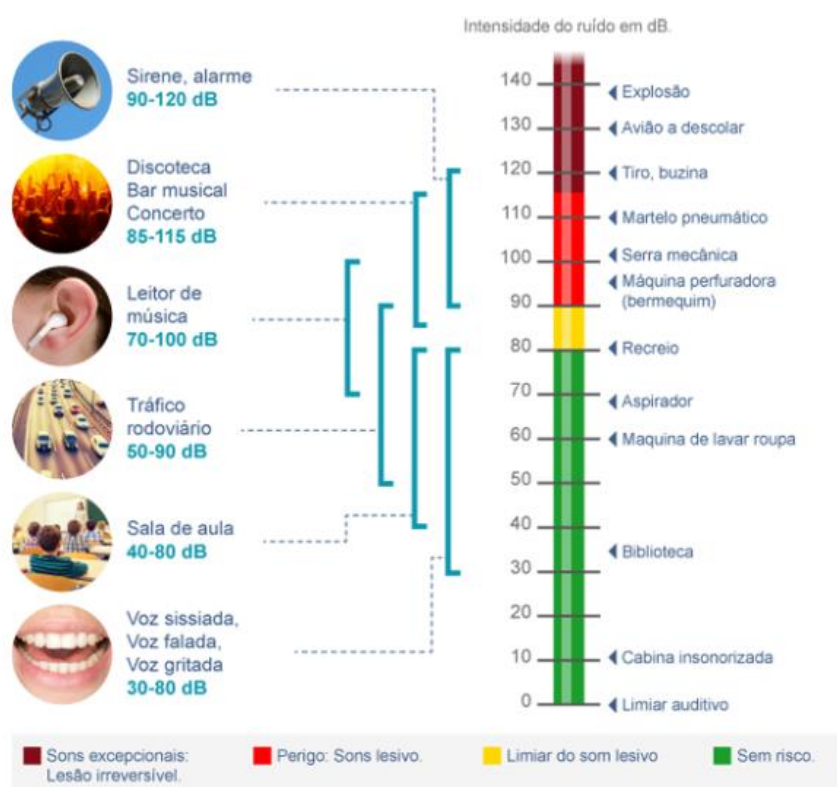
5. O que você observou? Tente explicar com suas palavras. *

Texto de resposta longa

A intensidade sonora pode prejudicar a audição?

Sim!

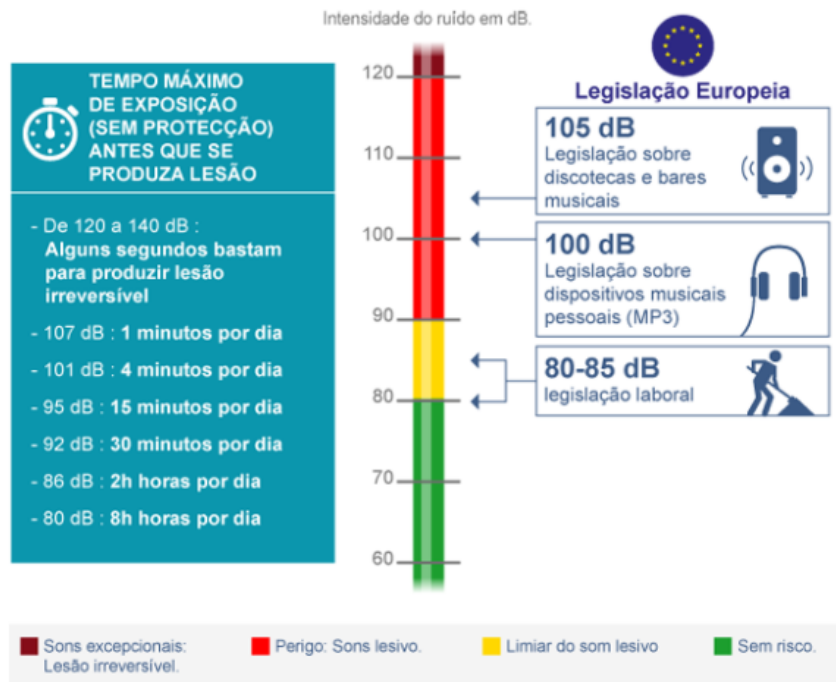
Observe os exemplos de níveis sonoros na imagem abaixo:



Esta escala de níveis sonoros (em dB) classifica os sons ambientais em 4 categorias:

- até 80 dB (verde), não há qualquer risco para o ouvido, qualquer que seja o tempo de exposição;
- de 80 a 90 dB (amarelo), aproximamo-nos da zona nociva, mas os riscos limitam-se a exposições de muito longa duração;
- de 90 a 115 dB (vermelho), o ouvido está em risco: Quanto mais forte o som, menor o tempo de exposição é necessário para provocar lesão
- acima de 115 dB (castanho), os ruídos impulsivos provocam imediatamente lesões irreversíveis

Na imagem abaixo podemos ver a relação entre a intensidade e o tempo limite de exposição.



Você utiliza fones de ouvido? Em qual volume? Consulte a tabela acima: quanto tempo, no máximo, por dia você deveria usar fones de ouvido? *

Texto de resposta longa

Seção 7 de 9

Pense e Pesquise

Descrição (opcional)

1. Quais os problemas de saúde que os sons com grande intensidade podem trazer para os seres humanos? *

Texto de resposta longa

2. O que é poluição sonora? *

Texto de resposta longa

3. Quais são os responsáveis pela poluição sonora no dia a dia? *

Texto de resposta longa

4. A poluição sonora pode afetar a saúde humana? Justifique. *

Texto de resposta longa

Seção 8 de 9

Revisão

Descrição (opcional)

Vídeo s...



[Quais são as QUALIDADES FISIOLÓGICAS DO SOM? | ONDULATÓRIA - YouTube](#)

Fim!



Descrição (opcional)

Comentários =)

Texto de resposta longa

5. 4 MOMENTO 4: FENÔMENOS SONOROS (REMOTO)

- Aula síncrona sobre reflexão sonora utilizando slides: <https://docs.google.com/presentation/d/1IKv0kkeSg1oGCwXRv0UNQIPhywbFDNrP/edit?usp=sharing&oid=114555967288051959647&rtpof=true&sd=true>
- Formulário de revisão e atividades: <https://forms.gle/hUoUeHePtRpWHx3Y7>

O que essas imagens têm em comum?



Descrição (opcional)

Título d...



Título d...



Título d...



⋮

Título d...



Você consegue ver alguma relação entre as imagens acima? O que elas podem ter em comum? *

Texto de resposta longa

Seção 3 de 9

Reflexão Sonora

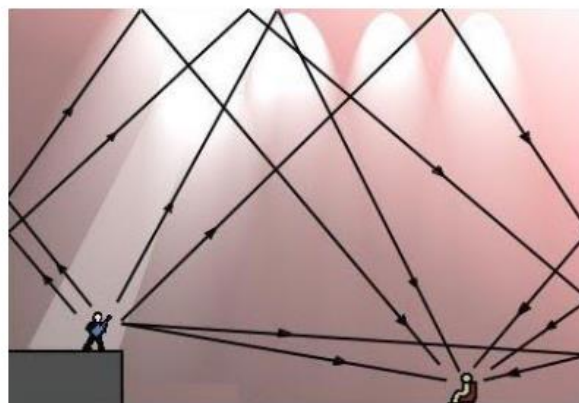
Ao ser emitida, uma onda sonora tende a se propagar livremente em todas as direções.

Ao incidir em uma superfície, parte do som é absorvido e transmitido e parte é refletido!

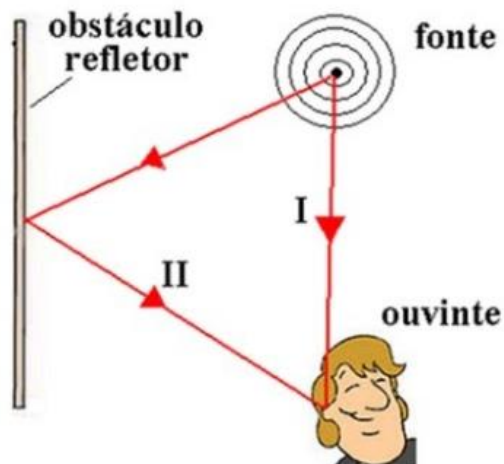


Figura 35
Incidência sonora
sobre uma superfície

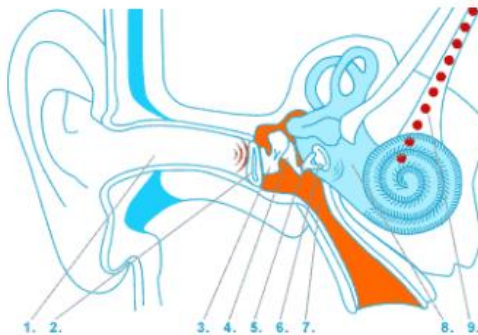
Quando ocorre a reflexão do som, podemos ter três impressões diferentes, reforço, reverberação ou eco, dependendo do tempo decorrido entre a chegada do som original e do refletido.



Na figura abaixo, o ouvinte recebe em instantes diferentes, a onda direta I e a onda refletida II, emitidas pela mesma fonte.



Quando a diferença de tempo para as duas ondas chegarem ao ouvinte for menor que 0,1s, seu cérebro não conseguirá reconhecê-las como dois sons diferentes. Esse tempo de 0,1s é chamado de persistência auditiva.



Reforço: Ocorre quando o intervalo de tempo é desprezível, ou seja, o obstáculo está muito próximo do ouvinte, fazendo com que o som refletido chegue junto com o som direto. Assim, ambos se reforçam, dando a sensação de maior intensidade.

Descrição (opcional)

Reverberação: ocorre quando o obstáculo se encontra distante do ouvinte, fazendo o som refletido chegar depois daquele que veio direto, provocando uma sensação de continuidade, principalmente no fim da duração de uma nota.



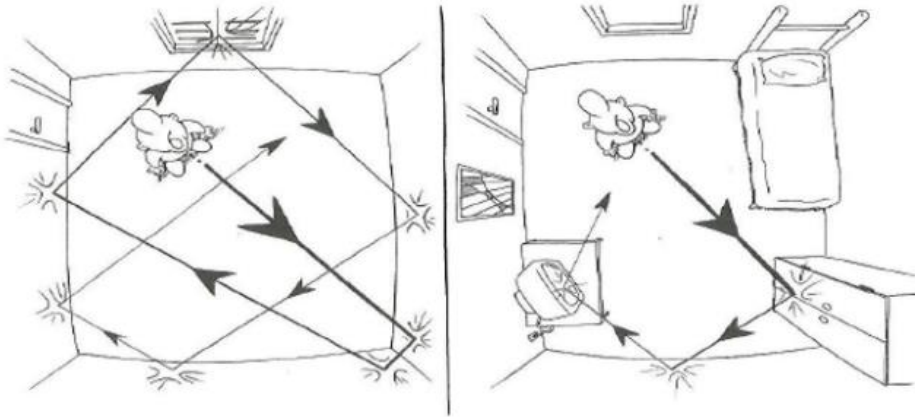
[Reverberação - YouTube](#)

Eco: ocorre quando o som refletido chega ao ouvinte com um intervalo de tempo superior a 0,1s após o som direto, assim a percepção de repetição da última parte é nitida, o ouvinte escuta dois sons diferentes.



[Eco - YouTube](#)

O resultado da reflexão do som depende dos materiais do ambiente, quando mais absorvedores, mais energia é perdida.



Seção 4 de 9

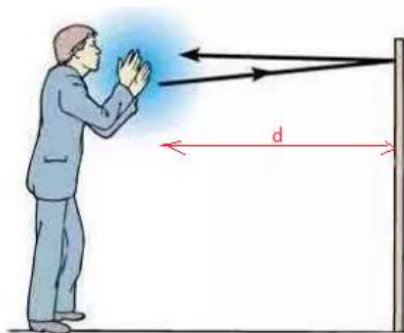
Exemplos de aplicação

Descrição (opcional)

1. O menor intervalo de tempo para que o cérebro humano consiga distinguir dois sons que chegam ao ouvido é, em média, 0,1s. Qual a menor distância que podemos ficar de um obstáculo para ouvir o eco de nossa voz? (Dado a velocidade do som no ar 340m/s)

Descrição (opcional)

Quando "falamos" o som sai da nossa boca, vai até o obstáculo e volta. Sendo assim, o som percorre a distância d duas vezes (na ida e na volta).



Primeiro, devemos lembrar que a velocidade é a distância dividido pelo tempo. No caso do eco,

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{2D}{\Delta t}$$

...

Agora podemos substituir o valor da velocidade do som no ar (340m/s) e do tempo de persistência auditiva (0,1s)

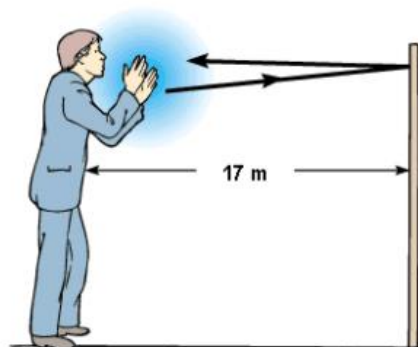
$$340 = \frac{2D}{0,1}$$

$$2D = 340 \times 0,1$$

$$D = \frac{34}{2}$$

$$D = 17m$$

A menor distância que podemos ficar de um obstáculo para ouvir o eco de nossa voz é 17m



Exemplos de aplicação

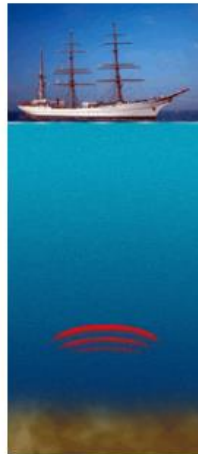


Descrição (opcional)

2. Determine o tempo, em segundos, decorrido entre o instante da emissão de uma onda por um sonar de um navio e seu retorno após colidir com um submarino que se encontra a 435m de profundidade. (Dado a velocidade do som no mar 1450m/s)

Descrição (opcional)

O som é emitido pelo sonar do navio, percorre 435m até o submarino e volta por mais 435m até o navio. Assim, a distância percorrida é de 870m.



Sabendo que, neste caso, a velocidade é a distância percorrida pelo tempo:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$1450 = \frac{870}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{870}{1450}$$

$$\Delta t = \mathbf{0,6s}$$

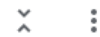
...

O tempo decorrido entre o instante da emissão da onda pelo sonar do navio e seu retorno após colidir com um submarino é de 0,6s

Descrição (opcional)

Seção 6 de 9

Agora é com você!



Descrição (opcional)

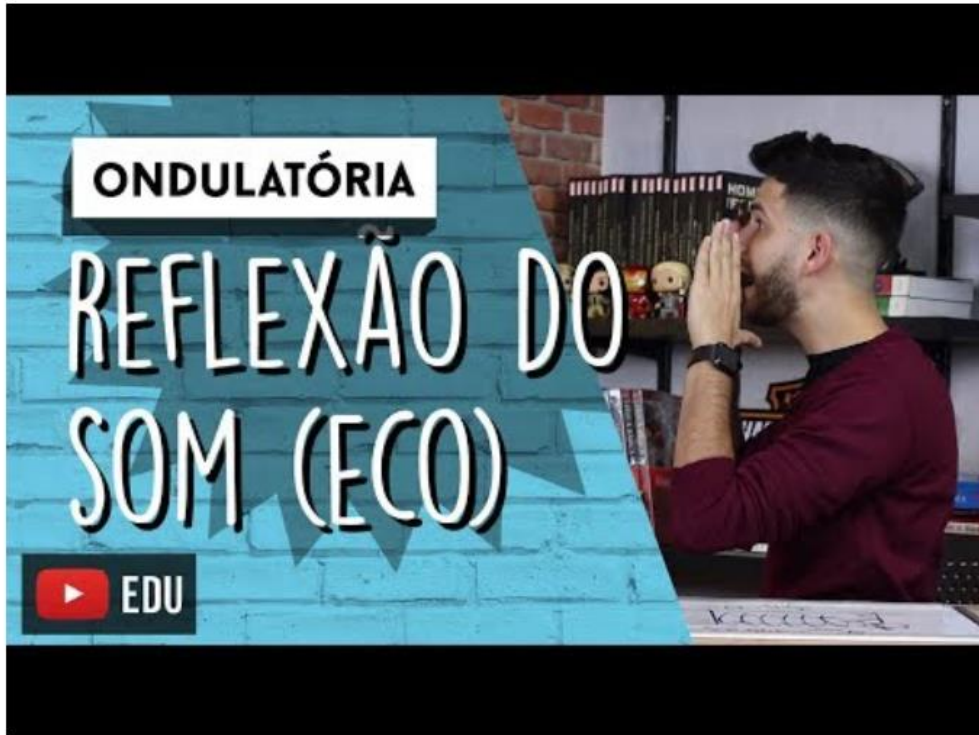
1. Um submarino possui um sonar que emite ondas sonoras. A velocidade das ondas na água é ^{*} de 1400m/s. Quando em repouso na superfície, o submarino emite um sinal na direção vertical através do oceano e o eco é recebido após 0,5s. Qual é a profundidade do oceano nesse local?

Texto de resposta longa

Resumo

Descrição (opcional)

Video s...



[Reflexão do Som \(Eco\) | ONDULATÓRIA - YouTube](#)

Pense e pesquise

Descrição (opcional)

Pesquise uma aplicação tecnológica que utiliza a reflexão do som e explique seu funcionamento. *

Texto de resposta longa

⋮
Pesquise como alguns animais utilizam a reflexão do som, dê exemplos. *

Texto de resposta longa

Seção 9 de 9

Fim!

Descrição (opcional)

Comentários =)

Texto de resposta longa

- Lista de exercícios 2, disponível no caderno do aluno;
- Aula e atividades assíncronas sobre os fenômenos da Ressonância e do Efeito Doppler: <https://forms.gle/7o6M2EXuZzYdJjGG6>

Seção 2 de 9

Título da seção (opcional)

Descrição (opcional)

Você já viu alguém quebrar uma taça somente com a voz?



Observe:



Como você explica a taça ser quebrada com o som? *

Texto de resposta longa

[Ressonância Acústica - YouTube](#)

Seção 3 de 9

Ressonância



Descrição (opcional)

Todos os materiais possuem, pelo menos uma frequência natural de vibração, que é uma característica do material, de como ele foi construído.

Como a taça, que possui uma frequência natural. Podemos ouvir essa frequência se produzirmos som com a taça e é esse som (com essa frequência) que se deve "cantar" para que ela quebre.

Quando esse material recebe energia por meio de excitações de frequência igual a uma de suas frequências naturais, ele começa a vibrar com amplitudes cada vez maiores e pode romper.

Descrição (opcional)

Por exemplo, um balanço que oscila em um ritmo constante.



Para empurrar o balanço ou fazer impulso, você precisa estar em ressonância com o movimento pendular do balanço, ou seja, neste mesmo ritmo, para fazer com que sua altura do chão aumente.



Um caso muito famoso deste fenômeno foi o rompimento da ponte Tacoma Narrows, nos Estados Unidos, em 7 de novembro de 1940. Veja:



[Ponte Tacoma balança e cai - Ressonância \(PT-BR\) - YouTube](#)

⋮

Em um determinado momento o vento começou soprar com frequência igual à natural de oscilação da ponte, fazendo com que esta começasse a aumentar a amplitude de suas vibrações até que sua estrutura não pudesse mais suportar, fazendo com que sua estrutura rompesse.

"O caso da ponte Tacoma Narrows pode ser considerado uma falha humana, já que o vento que soprava no dia 7 de Novembro de 1940 tinha uma frequência característica da região onde a ponte foi construída, logo os engenheiros responsáveis por sua construção falharam na análise das características naturais da região. Por isto, atualmente é feita uma análise profunda de todas as possíveis características que possam requerer uma alteração em uma construção civil". (fonte: <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Ondas/ressonancia.php>. Acesso em 27/03/2020)

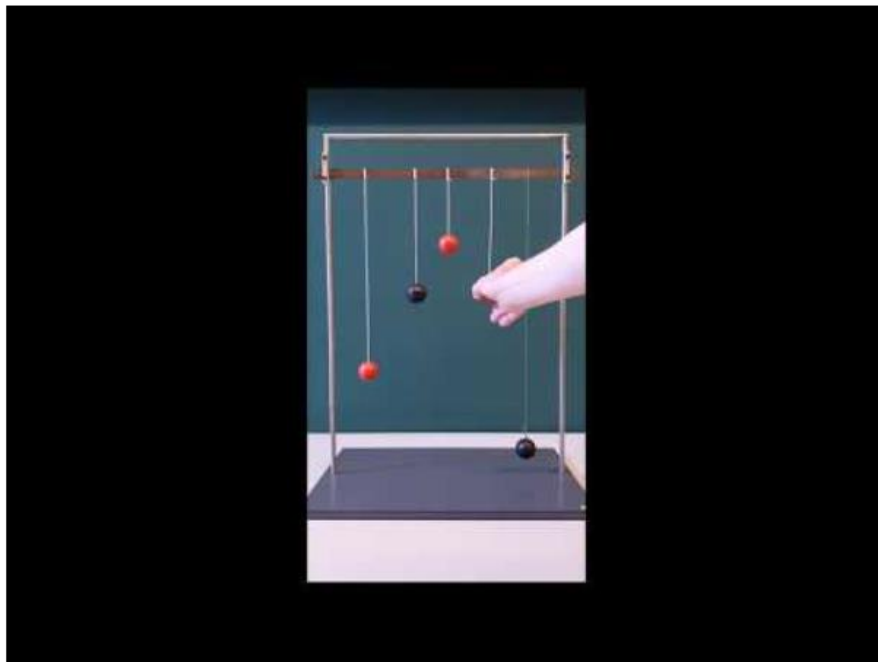
Seção 4 de 9

Experimento 1

✕ ⋮

Descrição (opcional)

Observe o vídeo abaixo:



[Resonance with Pendulums - YouTube](#)

1. O que você observou? Tente explicar com as suas palavras. *

Texto de resposta longa

2. O primeiro pêndulo colocado a oscilar foi o segundo (bolinha vermelha da direita para a esquerda). Depois de alguns segundos, qual pêndulo começa a vibrar (amplitudes maiores) com ele? Qual suas características? *

Texto de resposta longa

3. Utilize o fenômeno da ressonância para tentar explicar porque só esses dois pêndulos oscilaram juntos com amplitudes parecidas. *

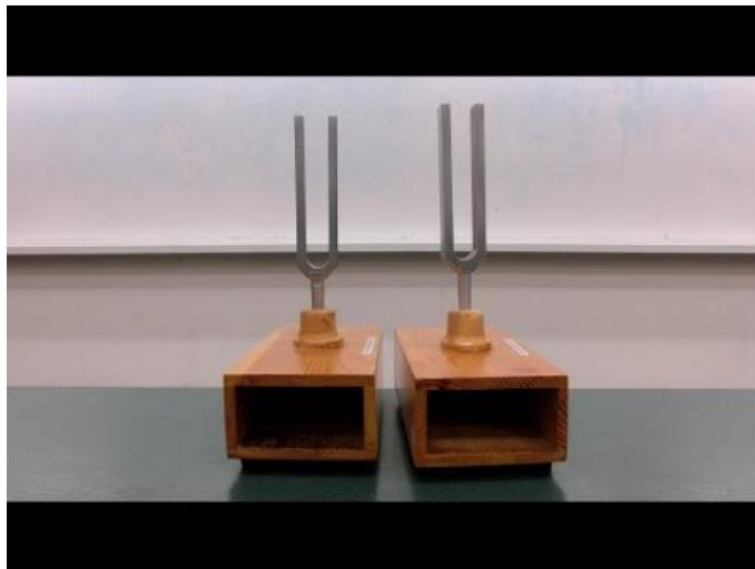
Texto de resposta longa

Seção 5 de 9

Experimento 2

Descrição (opcional)

Observe o vídeo:



[Resonance: Tuning Forks -- xmdemo 021 - YouTube](#)

1. O que você observou? Tente explicar com as suas palavras. *

Texto de resposta longa

2. No vídeo, inicialmente, temos dois diapasões iguais que emitem som com frequências de 440Hz. Por que, ao vibrar um diapasão, o outro também começa a emitir som? *

Texto de resposta longa

3. Na segunda parte do vídeo, foi colocado uma peça a mais em um dos diapasões. O que aconteceu ao repetir o experimento? Explique. *

Texto de resposta longa

4. Utilize o fenômeno da ressonância para explicar esse experimento. *

Texto de resposta longa

Seção 6 de 9

Efeito Doppler



Descrição (opcional)

Você já ouviu falar em Efeito Doppler? *

Sim

Não

Assista o vídeo:



[A FÍSICA DA SÉRIE BIG BANG - EFEITO DOPPLER COM SHELDON COOPER \(#T1E5\) - YouTube](#)

Vamos tentar entender melhor...

Descrição (opcional)

Veja o vídeo abaixo:



[Efeito Doppler - YouTube](#)

O que você observou? *

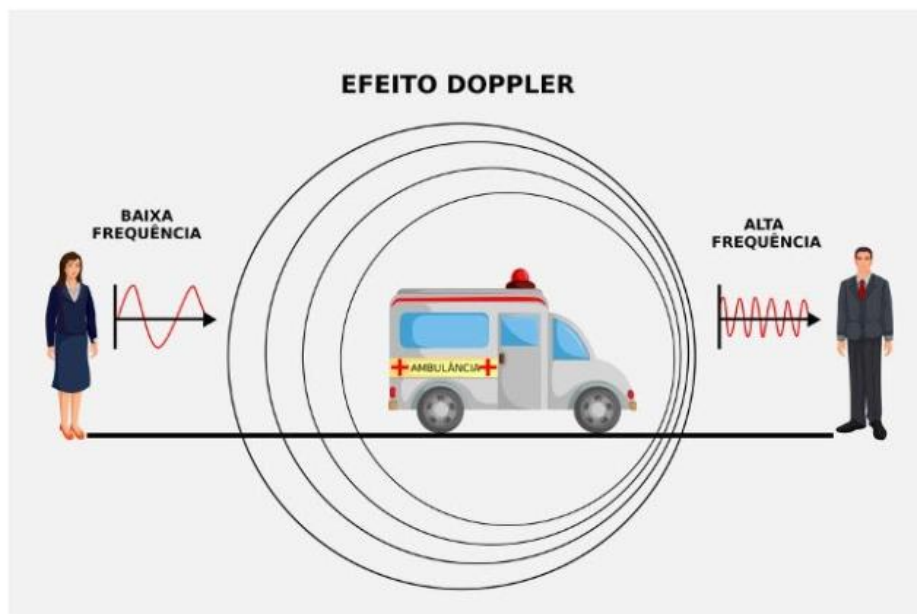
Texto de resposta longa

Seção 7 de 9

Efeito Doppler

Descrição (opcional)

O Efeito Doppler ocorre quando ondas são emitidas por uma fonte em movimento em relação a um observador.



Devido a esse fenômeno, observamos uma variação na frequência do som escutado:

Quando a ambulância se aproxima do observador (lado direito da figura acima), a frequência das ondas na frente dele aumenta, e o observador escuta o som mais agudo.

O oposto ocorre quando a ambulância se afasta, ouvimos o som mais grave pois a frequência das ondas diminui (lado esquerdo da figura).

Como pode ser visto na animação abaixo, a distância entre cada uma das linhas (ondas sonoras) a esquerda do carrinho é menor. Isso significa que a frequência dessas ondas é maior se comparadas com as da direita (menor frequência).



⋮

Por meio desse fenômeno é possível saber quando um veículo está se aproximando ou se distanciando de nós, mesmo que não consigamos enxergá-lo diretamente.

Descrição (opcional)

Seção 8 de 9

Pense e pesquise

✕ ⋮

Descrição (opcional)

Qual a importância do Efeito Doppler? *

Texto de resposta longa

Pesquise uma aplicação do Efeito Doppler. Em que esse fenômeno é usado? *

Texto de resposta longa

Seção 9 de 9

Fim!

✕ ⋮

Descrição (opcional)

⋮

Comentários =)

Texto de resposta longa

5.5 MOMENTO 5: INSTRUMENTOS MÚSICAIS (PRESENCIAL)

- Atividades práticas sobre instrumentos de cordas e tubos, disponíveis no caderno do aluno.

5.6 MOMENTO 6: AVALIAÇÃO (PRESENCIAL)

Instrumentos musicais: contextualizando o ensino de acústica

Este instrumento avaliativo é parte da coleta de dados do projeto de dissertação de Caroline Machado Canto, mestranda da Universidade Federal de Santa Catarina, que tem como objetivo a implementação e análise de uma sequência didática para o ensino de física no Ensino Médio. As atividades realizadas foram as seguintes:

1. Mapa mental sobre ondas;
2. Ondulatória: atividade com simulação (Phet);
3. Lista de exercícios 1: ondas;
4. Questionário sobre o som (Kahoot);
5. Ondas sonoras: atividade prática telefone com fio;
6. Qualidades do som: altura;
7. Qualidades do som: timbre;
8. Qualidades do som: intensidade e nível sonoro;
9. Fenômenos sonoros: Reflexão (Eco, Reverberação e Reforço);
10. Lista de exercícios 2: reflexão;
11. Fenômenos sonoros: Ressonância e Efeito Doppler;
12. Instrumentos musicais: flauta pã;
13. Instrumentos musicais: violão.

1) Classifique os itens de 0 a 5 (0= nada; 1=pouco; 5=muito):

	1	2	3	4	5
Você participou das aulas de ondas e acústica do GSA?					
As aulas foram interessantes?					
Você aprendeu os conteúdos?					
Você teve dificuldades?					
Se você pudesse avaliar o seu desempenho no geral, qual seria a sua nota (de 0 a 5)?					
Que nota (0 a 5) você daria para as aulas de ondas e acústica?					

2) Quais atividades/aulas você lembra de ter participado (1 a 13)?

3) Qual atividade/aula chamou mais a sua atenção (1 a 13)? Por quê?

Segunda parte

- 4) Sobre as ondas:
- a) O que é uma onda?

 - b) Qual a diferença entre:
Onda mecânica: _____
Ondas eletromagnética: _____
- 5) O que você aprendeu sobre o som? O que é? Como se propaga?
- 6) Sobre as qualidades do som (altura, intensidade e timbre):
- a) Que característica define a altura sonora? _____
som alto= _____
som baixo= _____
 - b) Comente sobre o ultrassom e o infrassom. Se quiser, utilize exemplos.

 - c) Comente sobre a intensidade sonora. O que você aprendeu?

 - d) O que você aprendeu sobre o timbre?

 - e) Alguma qualidade sonora pode prejudicar a saúde? Explique.
- 7) Sobre os fenômenos sonoros:
- a) O que você aprendeu sobre a reflexão sonora?

 - b) Qual a diferença entre eco, reverberação e reforço?
- 8) Instrumentos Musicais:
- a) Qual a diferença entre as notas musicais (dó, ré, mi, fá, sol, lá, sí)?

 - b) O que você aprendeu sobre a física dos instrumentos musicais?
- 9) Faça um comentário sobre as aulas.

REFERÊNCIAS

CAMILLERI, Marie; TRIGUEIROS-CUNHA, Nuno. **RUIDO: ATENÇÃO PERIGO ! PROTECÇÃO**. 2017. Disponível em: <http://www.cochlea.org/po/ruido>. Acesso em: 07 jan. 2022.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, vol 2, 2014.

JULIANI, J. P. **Matemática e Música**. 2003. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Matemática, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

LIMA, J. J. P. **Ouvido, Ondas e Vibrações: Aspectos físicos e biofísicos**. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2012.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica: Vol. 2 Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor**, 4a ed., Edgard Blucher (2002).

OLIVEIRA, Maurício Pietrocola Pinto De et al. **Física em contextos: pessoal, social e histórico: energia, calor, imagem e som**. volume 2. 1st. ed. São Paulo - SP: Editora FTD S. A., 2011.

RAMALHO, F.; NICOLAU, G.; TOLEDO, P. **Os Fundamentos da Física 2**. São Paulo: Moderna, 1997.

YOUNG, H; FREEDMAN, R., **FISICA II. Termodinâmica e Ondas**. 14a ed. São Paulo, Pearson Education do Brasil Ltda., 2015.