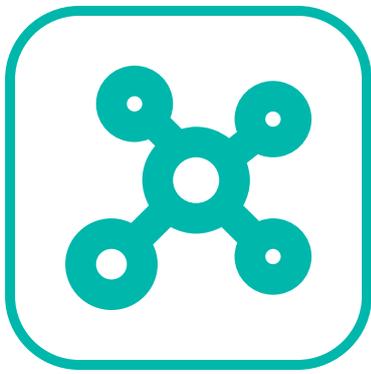


GUIA DE SOBREVIVÊNCIA

/// Ondulatória ///



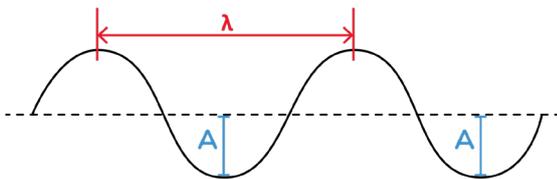


GUIA DE SOBREVIVÊNCIA

Ondulatória: área da física responsável pelo estudo das ondas e dos fenômenos a elas associados.

Onda: uma perturbação transmitida no espaço e no tempo, se repetindo regularmente. Algumas grandezas importantes associadas às ondas são:

- **Amplitude (A):** deslocamento máximo em relação à posição de equilíbrio (indicada pela linha tracejada na figura abaixo) de uma onda.
- **Comprimento de onda (λ):** distância entre duas partes idênticas e consecutivas de uma onda.



Representação Gráfica da Amplitude (A) e do Comprimento de Onda (λ).

- **Frequência (f):** grandeza escalar correspondente ao número de vezes em que uma onda se repete por unidade de tempo. Unidade no SI: hertz (Hz), equivalente a uma oscilação/vibração por segundo ($1 \text{ Hz} = 1/\text{s}$).

Lembre-se: a frequência de uma onda depende apenas da fonte que a emite.

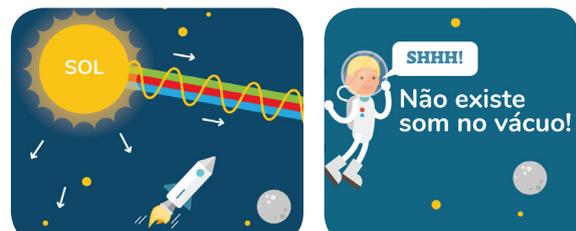
- **Período (T):** tempo de duração de uma oscilação completa.

Frequência (f) e Período (T) são grandezas inversas, ou seja, quanto maior a frequência de uma onda, menor o seu período (e vice-versa). Matematicamente:

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{ou} \quad T = \frac{1}{f}$$

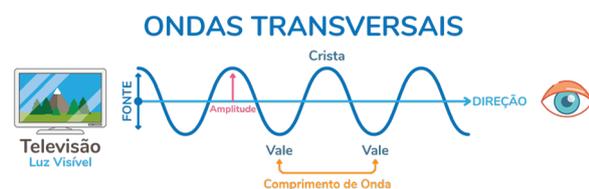
Onda mecânica: tipo de onda que precisa de um meio material para se propagar. Elas não transportam o meio em si, apenas energia através dele. Alguns exemplos de ondas mecânicas são o som, ondas oceânicas e ondas sísmicas.

Onda eletromagnética: tipo de onda que não depende de um meio material para se propagar. A perturbação é causada em campos eletromagnéticos e se propaga através deles. O melhor exemplo de onda eletromagnética é a luz!



A luz do Sol só consegue chegar até nós, pois é uma onda eletromagnética e, portanto, consegue se propagar no vácuo. O som não se propaga no vácuo por ser uma onda mecânica.

Onda transversal: tipo de onda em que a vibração individual das partículas ocorre em uma direção perpendicular à propagação da onda como um todo. As ondas de luz são transversais:



Os pontos de uma onda transversal mais distantes da posição de equilíbrio têm nomes especiais:

- **Crista:** ponto mais alto de uma onda.



- **Vale:** ponto mais baixo de uma onda.

Onda longitudinal: tipo de onda em que a vibração individual das partículas ocorre na mesma direção de propagação da onda como um todo. As ondas de som são longitudinais:

ONDAS LONGITUDINAIS



Esse tipo de onda é também chamada de onda de compressão, pois ela se transmite produzindo zonas de compressão e zonas de rarefação:

- **Zona de Compressão:** região de uma onda onde o meio de propagação se encontra mais comprimido, ou seja, onde a densidade de partículas é maior. Equivalente à crista de uma onda transversal.
- **Zona de Rarefação:** região onde o meio de propagação se encontra menos comprimido, ou seja, onde a densidade de partículas é menor. Equivalente ao vale de uma onda transversal.

Velocidade da onda: grandeza vetorial que representa a rapidez com que uma onda se propaga, juntamente com a direção e o sentido dessa propagação.

A velocidade de uma onda depende do meio em que ela está se propagando.

Equação fundamental da ondulatória: Sabemos que, na Cinemática, uma velocidade (v) equivale à razão entre as grandezas distância e tempo. Para uma onda, podemos pensar em uma relação parecida: a razão entre o comprimento de uma onda (λ) e o seu período de oscilação (T):

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

Como o período (T) de uma onda é sempre inverso à sua frequência (f), chegamos a

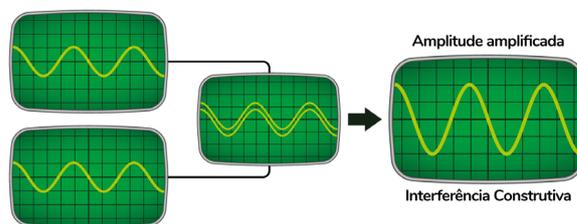
uma relação conhecida como a equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda \cdot f$$

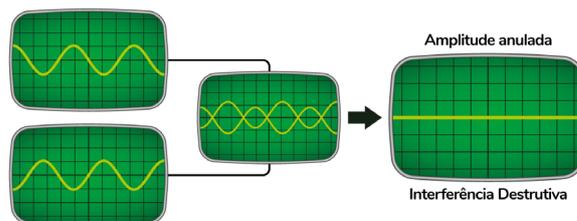
Princípio da superposição: quando duas ou mais ondas ocupam o mesmo espaço ao mesmo tempo, os seus deslocamentos individuais se somam em cada ponto do espaço, formando uma onda resultante.

Interferência: fenômeno ondulatório caracterizado pela superposição de duas ondas ao se encontrarem. Existem dois tipos principais de interferência:

- **Interferência construtiva:** tipo de interferência em que as ondas superpostas produzem uma onda de amplitude maior. Por exemplo, imagine duas ondas idênticas se propagando no mesmo meio. Se elas estão em fase, ou seja, as cristas de uma se superpõem às cristas da outra (e o mesmo ocorre para os vales), a onda resultante será uma onda de frequência idêntica, mas com o dobro de amplitude:



- **Interferência destrutiva:** tipo de interferência em que as ondas superpostas produzem uma onda de amplitude menor. Por exemplo, imagine duas ondas idênticas se propagando no mesmo meio. Se as cristas de uma se superpõem aos vales da outra, as duas ondas se anularão:

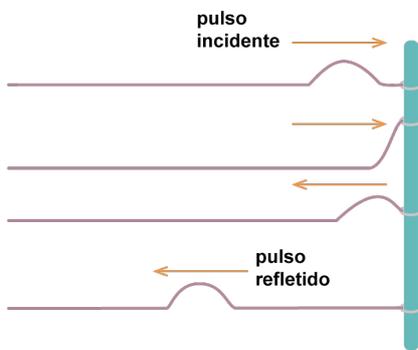


Apesar de os exemplos acima mostrarem apenas ondas transversais, o fenômeno da interferência não é exclusivo dessas.

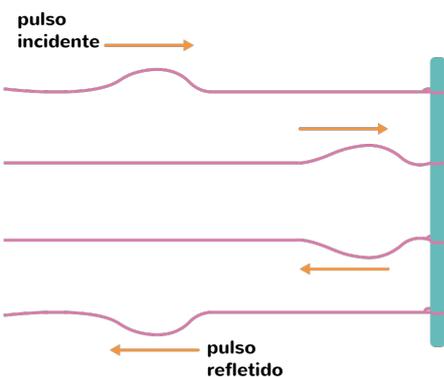
Nas ondas longitudinais, quando zonas de compressão (e de rarefação) de duas ondas se superpõem, ocorre uma interferência construtiva. Já quando zonas de compressão de uma onda superpõem zonas de rarefação da outra, ocorre uma interferência destrutiva.

Reflexão: fenômeno ondulatório em que a onda atinge um obstáculo e retorna ao seu meio de propagação.

Imagine uma corda esticada, com uma de suas extremidades ligada a uma parede. Um pulso emitido nessa corda poderá ser refletido de duas formas diferentes, tudo depende de como a corda foi ligada à parede. Se a extremidade da corda estiver livre para se mover, o pulso refletido é idêntico ao pulso incidente:



Porém, se a extremidade ligada à parede estiver presa, ou seja, sem liberdade para se mover, o pulso refletido é invertido em relação ao pulso incidente:

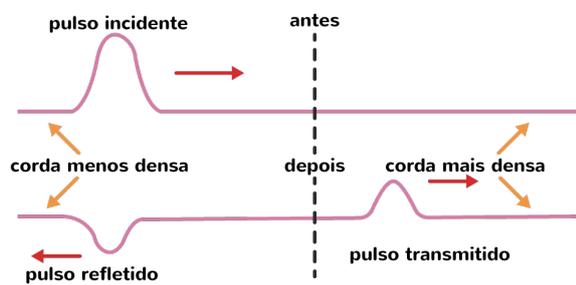


Refração: fenômeno ondulatório que ocorre quando uma onda muda de meio de propagação e, como consequência, tem sua velocidade alterada. Isso ocorre pois, como já citado, a velocidade de uma onda depende do meio onde ela se propaga.

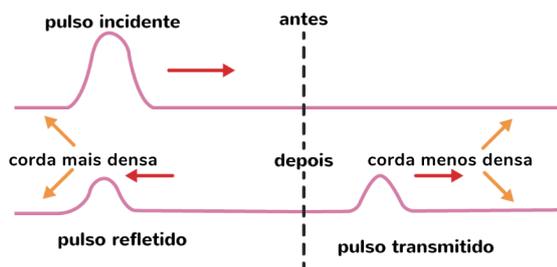
Vale lembrar que, como a frequência de uma onda depende apenas da fonte que a emite, a equação fundamental da ondulatória exige que além da velocidade, o comprimento de onda também seja alterado durante uma refração.

Se unirmos duas cordas de materiais diferentes, um pulso gerado na extremidade de uma das cordas sofrerá refração ao passar para a segunda corda.

Se o pulso passar de uma corda menos densa para uma corda mais densa, parte do pulso é refratada e outra parte é refletida de forma inversa:

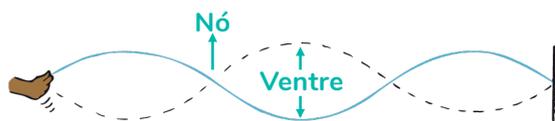


Se o pulso passar de uma corda mais densa para uma corda menos densa, parte do pulso é refratada e outra parte é refletida sem inversão:



Onda estacionária: Imagine novamente uma corda ligada a uma superfície fixa. Porém, dessa vez não exercemos apenas um pulso, e sim uma sequência de ondas com frequência constante. Quando essas ondas atingirem a superfície fixa, elas serão refletidas sobre as ondas incidentes, formando um padrão de interferência muito interessante. Ondas resultantes desse padrão são chamadas de ondas estacionárias.

Esse tipo de onda, como um todo, parece nunca estar se propagando. Alguns pontos permanecem estacionários, já outros ficam alternando entre máximos e mínimos:



- **Nó ou Nodo:** ponto de uma onda estacionária onde não há vibração e a energia é mínima.
- **Ventre ou Antinodo:** ponto de uma onda estacionária onde deslocamento e energia são máximos.

Frequência natural: todo objeto elástico, no qual é exercida uma força externa, tende a vibrar em um conjunto de frequências bem específicas, que variam de objeto para objeto. Essas frequências são chamadas de frequências naturais do objeto.



Um exemplo simples são as cordas de um violão. Sempre que exercemos uma força sobre elas, elas vibram em uma frequência característica.

Outros valores de frequência importantes, diretamente relacionados à frequência natural são:

- **Frequência fundamental:** a menor frequência natural de vibração de um objeto é chamada de fundamental.
- **Harmônico:** múltiplo inteiro da frequência fundamental de um corpo.

Ressonância: fenômeno ondulatório que ocorre quando uma vibração externa, que atua sobre um corpo, possui frequência idêntica à uma das frequências naturais desse corpo.

Esse fenômeno faz com que o corpo vibre em amplitudes bem altas.



É o fenômeno da ressonância que nos permite quebrar taças com o poder da voz! Quando atingimos uma das frequências naturais da taça, ela passa a vibrar em amplitudes altas até se despedaçar.

Tubos Sonoros: assim como ondas estacionárias são geradas em cordas de violão, elas também podem ser geradas nos chamados tubos sonoros, esses são a base de todo instrumento musical de sopro, como flautas e clarinetes.

Esses tubos podem ser divididos em dois tipos:

- **Tubo Aberto:** um tubo aberto nas suas duas extremidades. Para encontrar os harmônicos formados dentro de um tubo desse tipo, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$f_n = n \cdot \frac{v}{2L}$$

Onde:

f_n é a frequência do n° harmônico. Por exemplo, para $n = 1$ ele equivale à frequência fundamental e para $n = 2$ ele equivale ao 2^o harmônico.

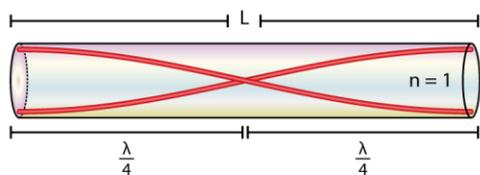
$n = 1, 2, 3, 4, 5...$

v é a velocidade do som dentro do tubo.

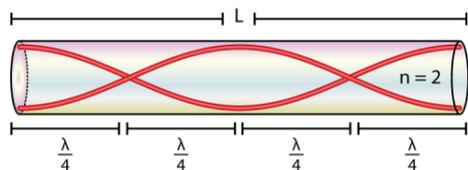
L é o comprimento do tubo.

Alguns exemplos de ondas (com comprimento de onda λ) em tubos abertos estão representados abaixo:

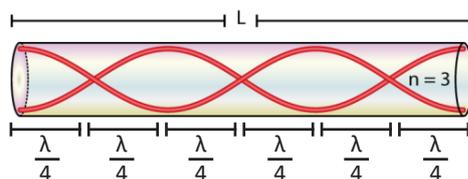




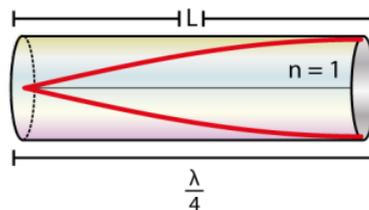
1º harmônico: Frequência fundamental



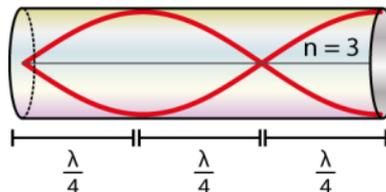
2º harmônico



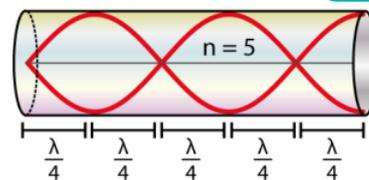
3º harmônico



1º harmônico: Frequência fundamental



3º harmônico



5º harmônico



Tubo Fechado: um tubo aberto em uma das suas extremidades e fechado na outra. Para encontrar os harmônicos formados dentro de um tubo desse tipo, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$f_i = i \cdot \frac{v}{4L}$$

Onde:

f_i é a frequência do $i^{\text{º}}$ harmônico. Por exemplo, para $i = 1$ ele equivale à frequência fundamental e para $i = 3$ ele equivale ao 3º harmônico.

$i = 1, 3, 5, 7, 9...$

v é a velocidade do som dentro do tubo.

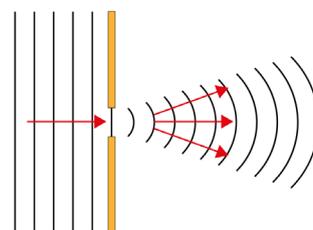
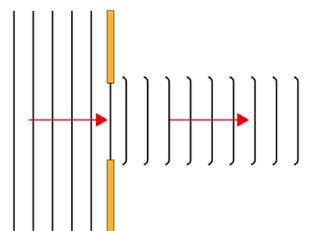
L é o comprimento do tubo.

Alguns exemplos de ondas (com comprimento de onda λ) em tubos abertos estão representados a seguir:

Note que apenas números ímpares são números possíveis para i . Portanto, só existem harmônicos ímpares em tubos fechados!

Difração: fenômeno ondulatório em que uma onda contorna um ou mais obstáculos. É graças à difração que você consegue ouvir pessoas conversando em outros cômodos de sua casa.

Vale lembrar que quanto menor a fenda por onde a onda pode passar, em relação ao seu comprimento de onda, mais acentuados os efeitos da difração.

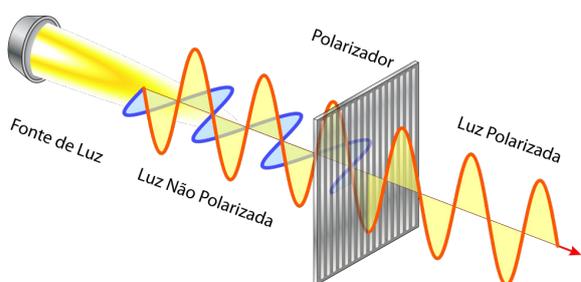




É por isso que dificilmente vemos a ocorrência de difração em ondas de luz, pois o comprimento de onda da luz é da ordem de 10^{-9} m, ou seja, para observar esse fenômeno precisaríamos de uma fenda muuuuuuito pequena.

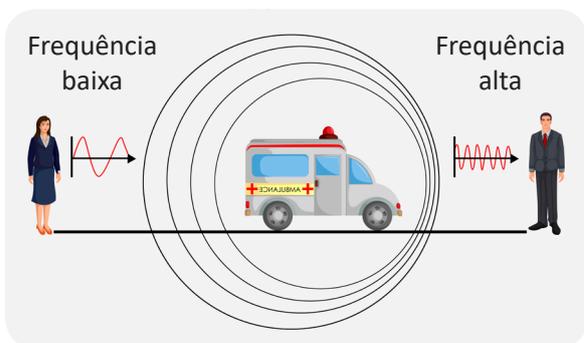
Polarização: fenômeno ondulatório exclusivo das ondas transversais, ou seja, não ocorre em ondas mecânicas como o som. Basicamente, é o processo de filtragem de uma onda, no qual é selecionada uma direção para a vibração.

A luz, em geral, é não polarizada, ou seja, vibra em diversas direções. Após passar por um filtro polarizador, ela passa a vibrar em uma única direção, a direção permitida pelo filtro.



Efeito Doppler: fenômeno ondulatório que ocorre quando a fonte emissora de ondas se move com relação ao observador. Basicamente, quando a fonte e o observador estão se aproximando, a frequência da onda aumenta. Já quando eles estão se afastando, a frequência da onda diminui.

Um exemplo claro é a frequência da sirene de uma ambulância em movimento:



Para calcular a frequência aparente para um determinado observador, utilize a seguinte fórmula:

$$f_a = f \cdot \left[\frac{(v \pm v_o)}{(v \pm v_f)} \right]$$

Onde:

f_a é frequência aparente

f é a frequência real da fonte

v é a velocidade da onda

v_o é a velocidade do observador (deve ser somada quando esse se aproxima da fonte e subtraída quando esse se afasta da fonte)

v_f é a velocidade da fonte (deve ser somada quando essa se afasta do observador e subtraída quando essa se aproxima do observador).

Acústica: área da física responsável pelo estudo do som e de suas propriedades.

Velocidade do som: velocidade com que uma onda sonora se propaga. A velocidade do som no ar vale aproximadamente 340m/s.

Vale lembrar que, assim como em qualquer onda, a velocidade do som depende do meio de propagação. Mais especificamente, por ser uma onda mecânica, a sua velocidade depende da elasticidade do meio. Por exemplo, a velocidade do som na água é aproximadamente quatro vezes maior do que no ar, pois a água é um meio muito mais elástico do que o ar.

Altura: qualidade fisiológica do som associada à sua frequência. Quanto maior a frequência, mais agudo o som e quanto menor a frequência, mais grave. Não confunda altura com volume!

Notas Musicais: Ondas estacionárias com diferentes frequências representam notas musicais diferentes. Nós usamos uma escala de 7 notas: Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá e Si.

Vale lembrar que toda frequência múltipla de uma nota é também essa nota.



Por exemplo, uma onda sonora com frequência 264 Hz é um dó. Então, uma onda com 528 Hz (2 x 264) ou 792 Hz (3 x 264) também são Dós e assim por diante.

Intensidade: grandeza escalar correspondente à potência (P) por área (A) de uma onda sonora. Matematicamente:

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

Como as ondas de som se espalham esfericamente, podemos usar A como a área de uma esfera de raio R. Logo:

$$I = \frac{P}{4\pi R^2}$$

Unidade no SI: W/m².

O que comumente chamamos de volume do som é a sua intensidade e não a sua altura! Na prática, podemos ter um som muito baixo, ou seja, grave e que tem volume alto, ou seja, de alta intensidade.

O ouvido humano reage a intensidades que abrangem uma faixa enorme: entre 10⁻¹²W/m² (sons menos intensos do que isso não são ouvidos) e 1 W/m² (sons mais intensos que isso causam dor).

Por ser uma faixa tão abrangente, costumamos usar outra grandeza baseada em potências de dez.

Essa grandeza é chamada de nível de intensidade sonora (β) e é calculada da seguinte forma:

$$\beta = \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

Onde: I é a intensidade sonora e I₀ é nível de referência: 10⁻¹²W/m²

A unidade para nível de intensidade sonora é o bel. Um décimo dessa unidade equivale ao nosso famoso decibel (dB)!

0 bel equivale ao nível de referência.

1 bel (10 dB) é 10 vezes maior que o nível de referência.

2 bel (20 dB) é 100 vezes maior que o nível de referência.

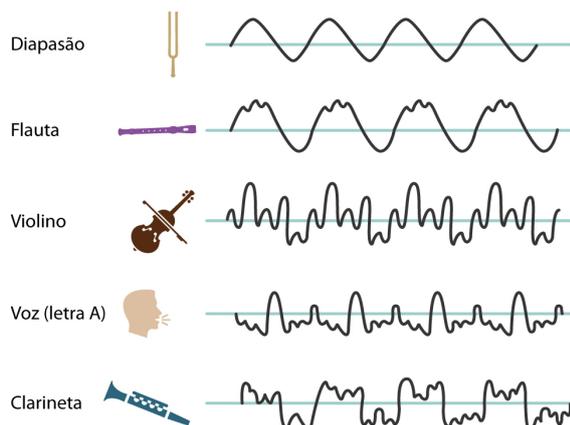
3 bel (30 dB) é 1000 vezes maior que o nível de referência.

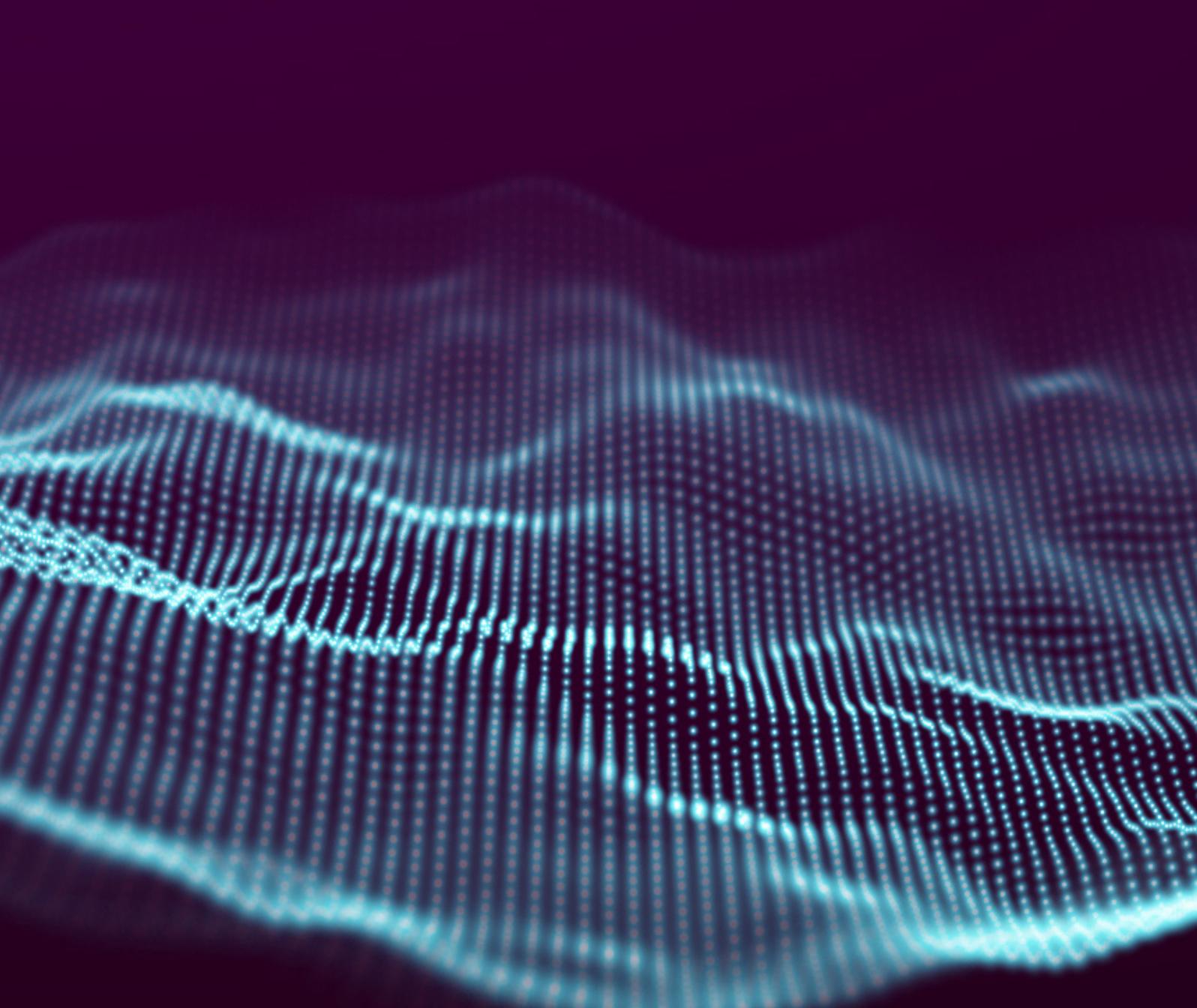
e assim por diante...

Confira na tabela a seguir algumas fontes sonoras e suas respectivas intensidades:

Fonte Sonora	Intensidade (W/m ²)	Nível sonoro (dB)	Observação
Respiração normal	10 ⁻¹²	0	Limiar de audição
Sussurro de folhagens	10 ⁻¹¹	10	Quase inaudível
Murmúrio	10 ⁻¹⁰	20	
Tráfego na rua movimentada	10 ⁻⁵	70	
Ruído de construção civil	10 ⁻³	100	Exposição constante prejudica a audição
Sirene de alarme próxima	1	120	Limiar de audição dolorosa
Avião a jato a 30 m de distância	10 ²	140	

Timbre: qualidade fisiológica do som que nos permite distinguir entre o som de dois instrumentos musicais diferentes, mesmo quando os dois possuem a mesma nota. O timbre descreve todas as características de uma onda sonora. Em geral, diferentes timbres possuem formatos de onda diferentes:





Biologia
PROF. PAULO JUBILUT *total*

- ✉ contato@biologiatotal.com.br
- f /biologiajubilit
- ▶ Biologia Total com Prof. Jubilut
- 📷 @paulojubilut
- 🐦 @Prof_jubilut
- 📌 biologiajubilit
- 📍 +biologiatotalbrjubilit