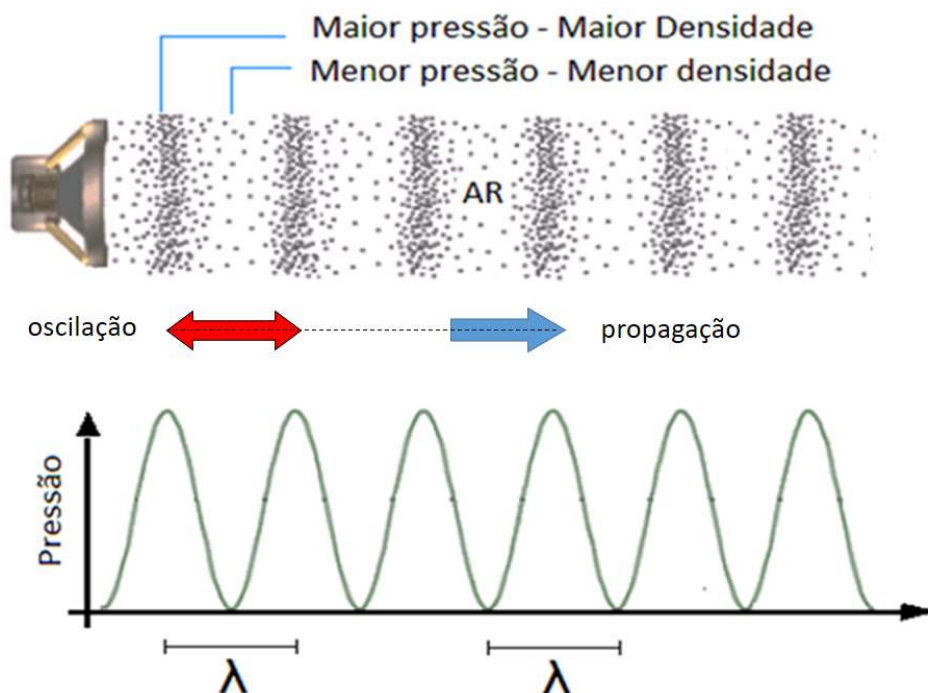
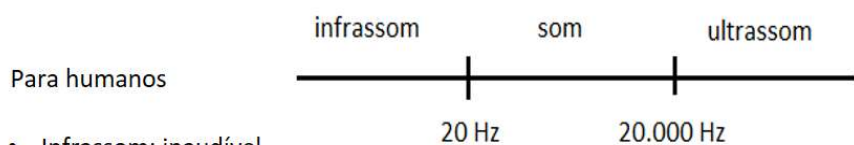
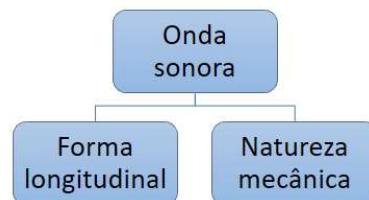


## Ondulatória: som e suas propriedades

### 1. Onda sonora



$$V_{sólidos} > V_{líquidos} > V_{gases}$$



- Infrassom: inaudível
- Som: audível
- Ultrassom: inaudível

### 2. Qualidades fisiológicas do som

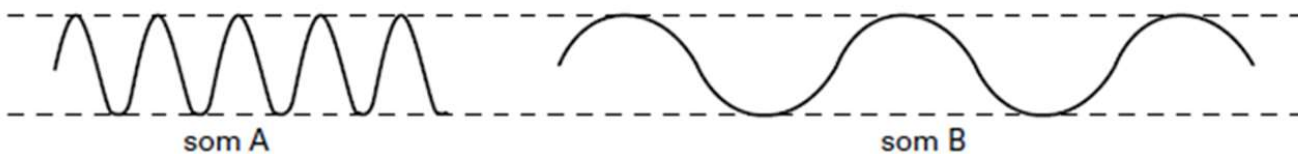
**Altura:** característica associada à frequência

Som alto → alta frequência → som agudo  
 Som baixo → baixa frequência → som grave

A nota musical é definida pela frequência

$$f_{iá} = 440 \text{ Hz}$$

**Exemplo:**



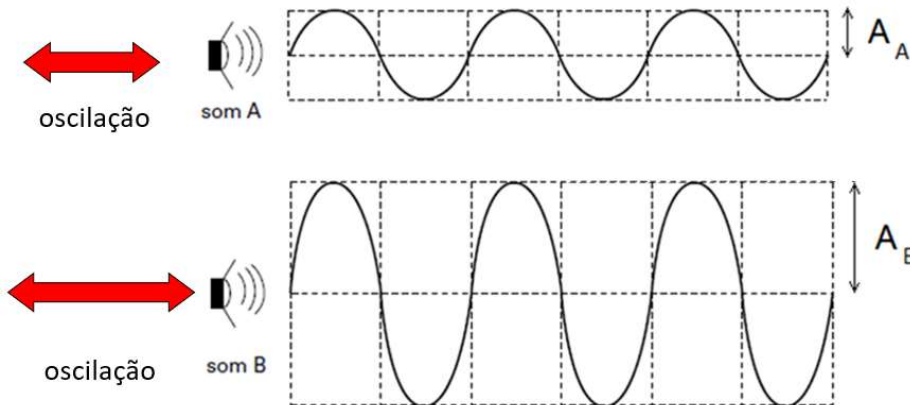
- $f_A > f_B$
- O som A é mais alto do que o som B
- O som A é mais agudo do que o som B

**Intensidade:** característica associada à amplitude da onda (análise qualitativa)

Som mais intenso → som forte → maior amplitude → maior energia  
 Som menos intenso → som fraco → menor amplitude → menor energia

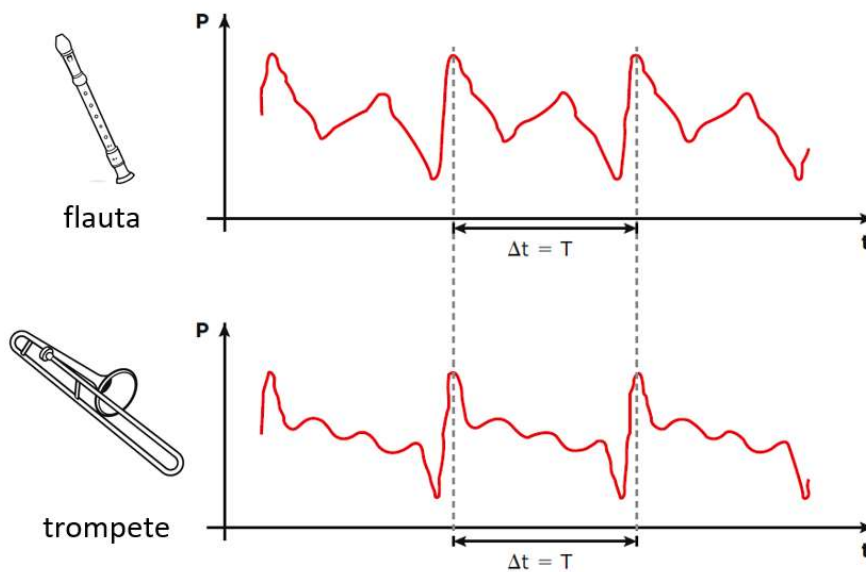


**Exemplo:**



- $A_B > A_A$
- O som B é mais intenso do que o som A
- O som B é mais forte do que o som A

**Timbre:** característica associada ao formato da onda. Depende das características da fonte (material, forma e cavidades, por exemplo).



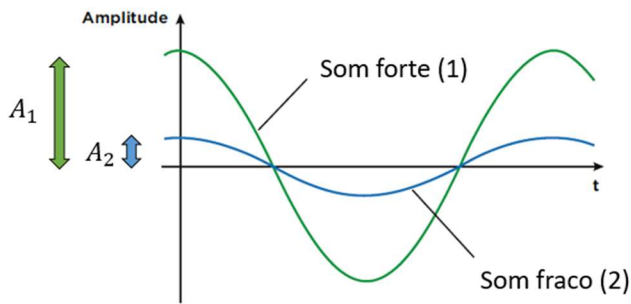
No exemplo:

- $T_{flauta} = T_{trompete}$
- $f_{flauta} = f_{trompete}$  (mesma altura)
- $A_{flauta} = A_{trompete}$  (mesma intensidade)

O timbre permite diferenciar os sons de mesma altura e mesma intensidade

## Nível de Intensidade sonora

### Intensidade sonora: análise quantitativa



**Intensidade do som:** característica associada à amplitude

Som mais intenso → som forte → maior amplitude → maior energia  
Som menos intenso → som fraco → menor amplitude → menor energia

“Volume do som” → intensidade do som

$$I = \frac{P}{A} \rightarrow SI: \left(\frac{W}{m^2}\right)$$

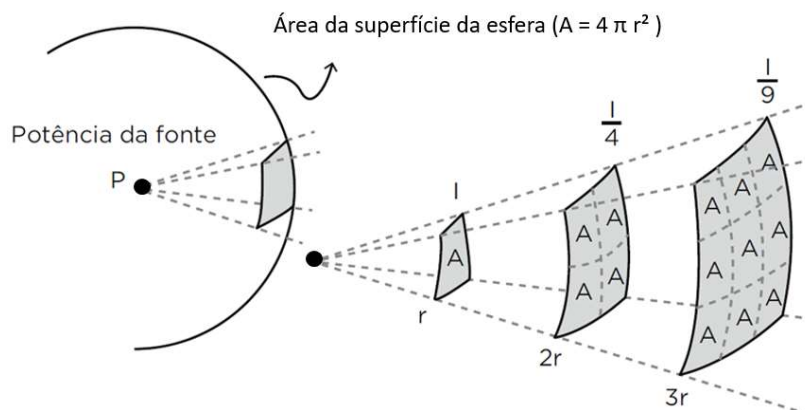
$$P = \frac{E}{\Delta t} \rightarrow SI: (W)$$

$$1W = 1\frac{J}{s}$$

- A: área atravessada pela onda
- P: potência que a atravessa a área escolhida

- E: energia
- $\Delta t$ : intervalo de tempo

### Onda tridimensional e intensidade



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

### Nível sonoro ou nível de intensidade sonora (N)

$$N = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0} \quad \text{Para esta expressão utilizamos a unidade usual dB (decibel)} \rightarrow 1 \text{ db} = 0,1B$$

- N: Nível Sonoro - SI: B (Bel)
- I: Intensidade da onda sonora avaliada - SI: W/m<sup>2</sup>
- $I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$ : menor intensidade audível – SI: W/m<sup>2</sup>

$$\log_b a = x \leftrightarrow b^x = a$$

$$a) \log_b a \cdot c = \log_b a + \log_b c$$

$$b) \log_b \left(\frac{a}{c}\right) = \log_b a - \log_b c$$

$$c) \log_b a^n = n \cdot \log_b a$$

$$d) \log 10 = 1$$

$$e) \log 1 = 0$$

### Exemplos:

- Calcule o nível sonoro para mínima intensidade audível ( $I = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ )

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

$$N = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$$

$$N = 10 \cdot \log \frac{10^{-12}}{10^{-12}}$$

$$N = 10 \cdot \log 1$$

$$N = 10 \cdot (0)$$

$$N = 0$$

- Calcule o nível sonoro para o limiar da dor ( $I = 1 \text{ W/m}^2$ )

$$\text{Para } I = 1 \text{ W/m}^2$$

$$N = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$$

$$N = 10 \cdot \log \frac{1}{10^{-12}}$$

$$N = 10 \cdot \log 10^{12}$$

$$N = 12 \cdot 10 \cdot \log 10$$

$$N = 120 \text{ dB}$$