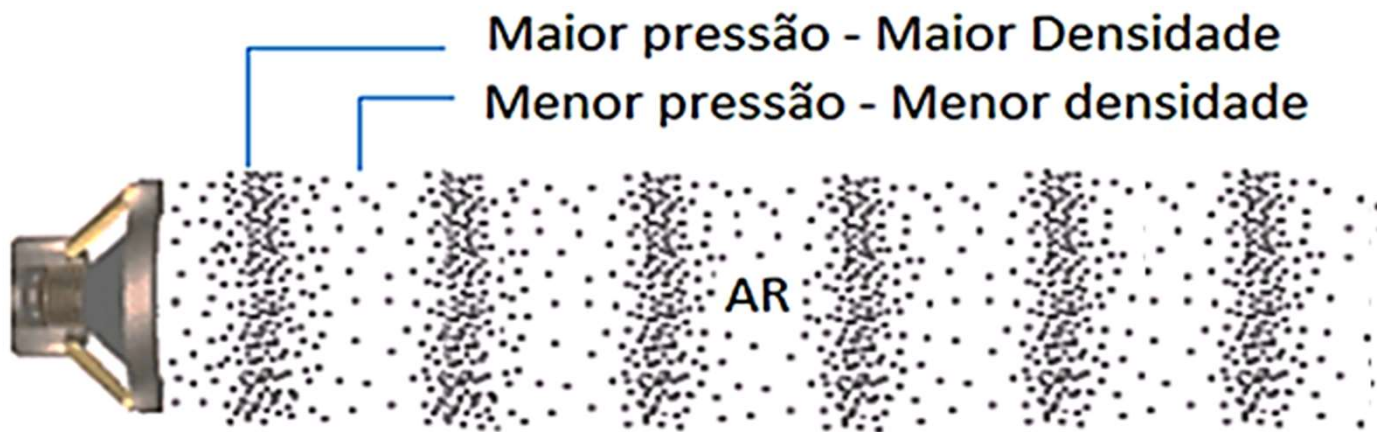


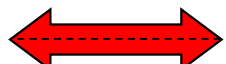
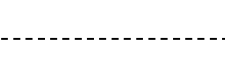

## Ondulatória: som e suas propriedades

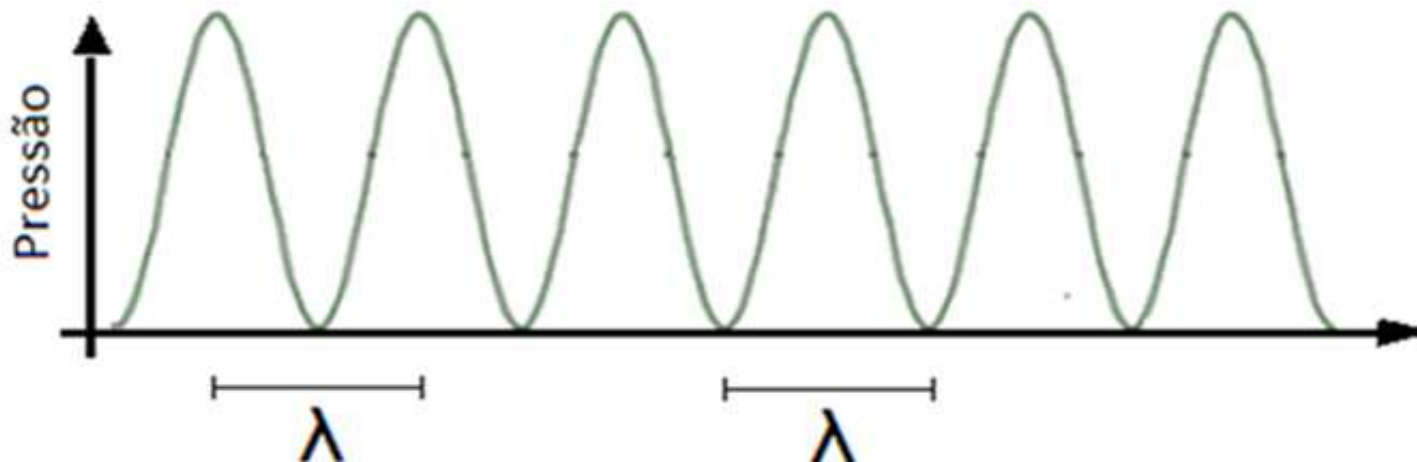
Apresentação, orientação e tarefa: [fisicasp.com.br](http://fisicasp.com.br)

**Professor Caio**

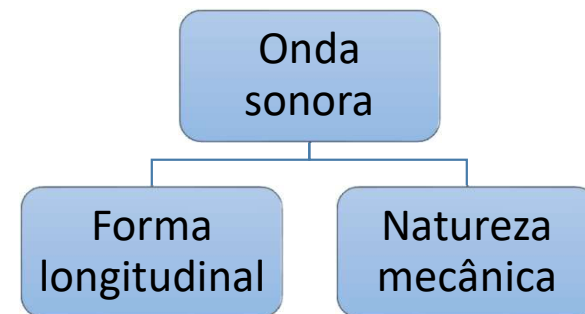
# 1. Onda sonora



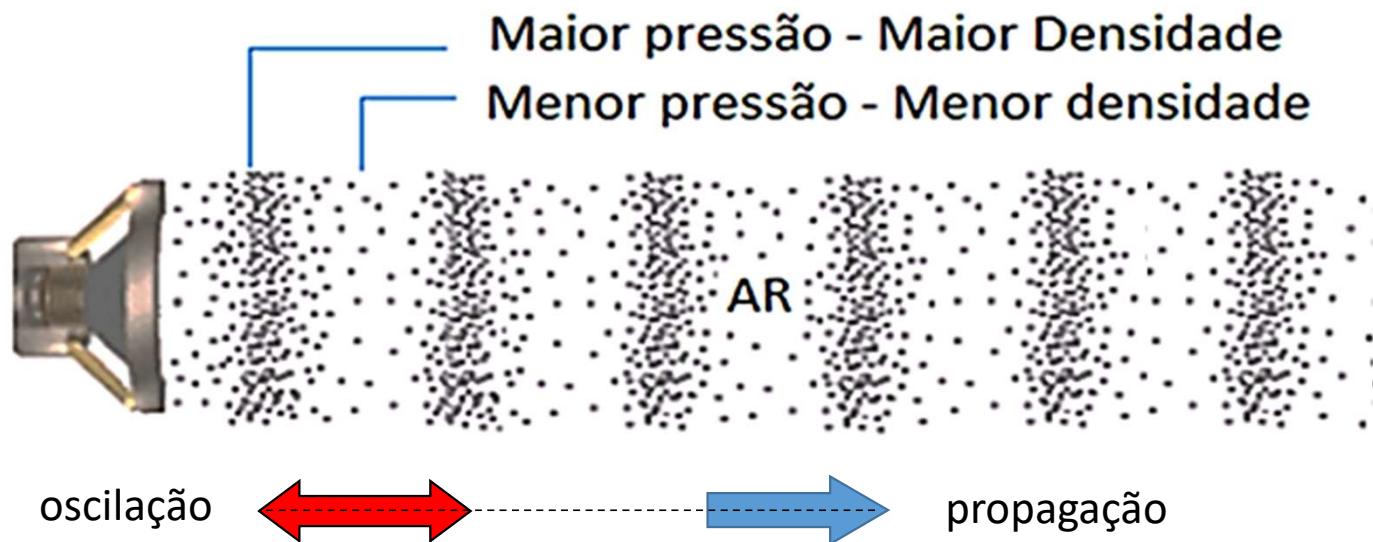
oscilação    propagação



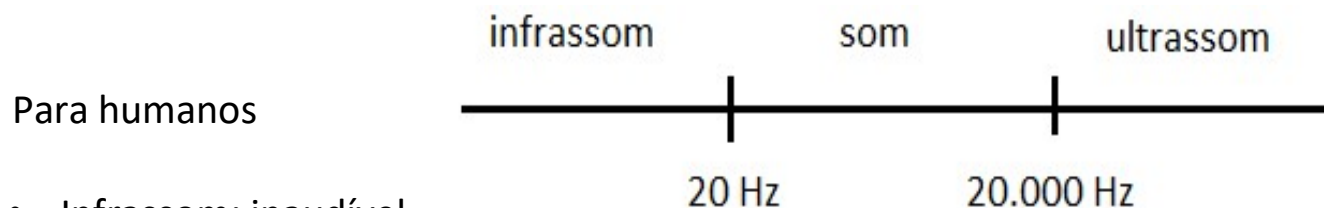
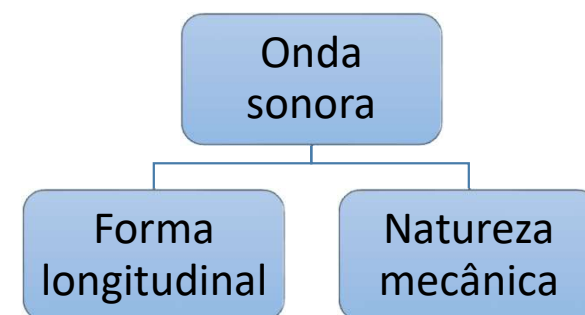
$$V_{sólidos} > V_{líquidos} > V_{gases}$$



# 1. Onda sonora

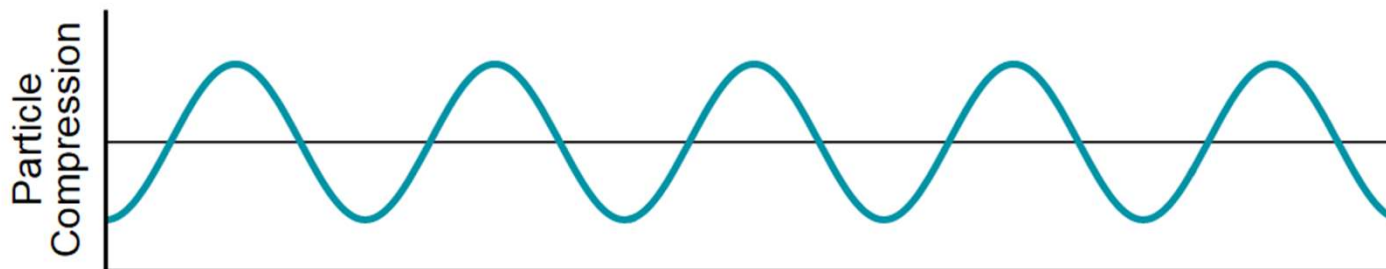
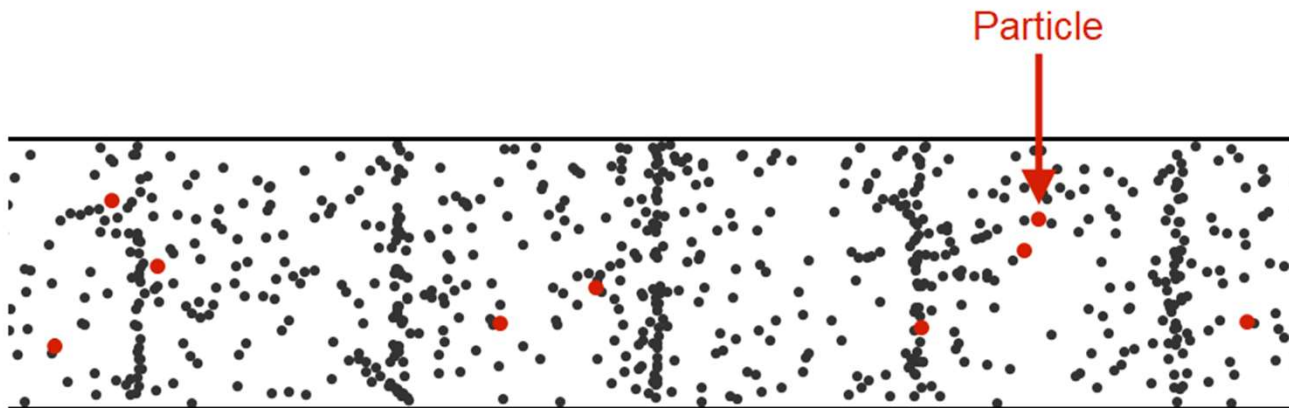




$$V_{\text{sólidos}} > V_{\text{líquidos}} > V_{\text{gases}}$$

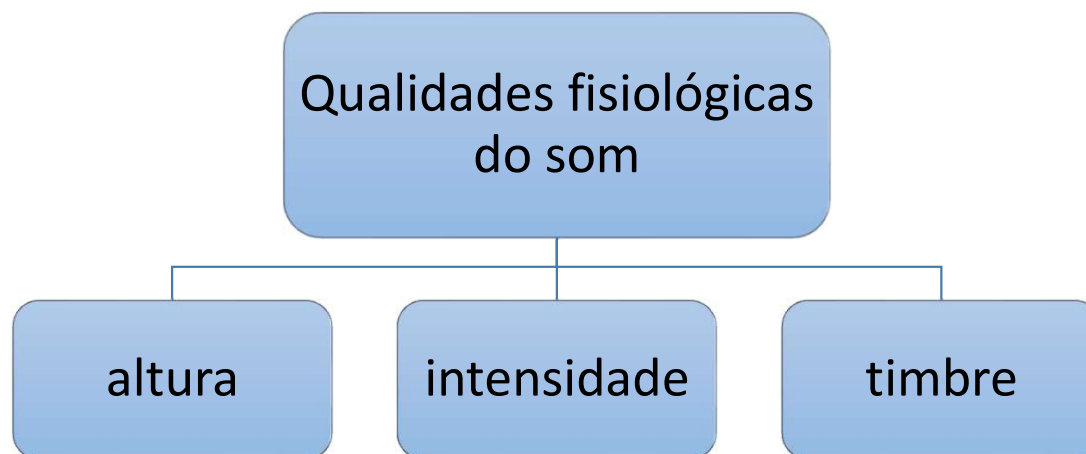


- Infrassom: inaudível
- Som: audível
- Ultrassom: inaudível

# 1. Onda sonora



oscilação  .....  propagação



## Altura do som: característica associada à frequência

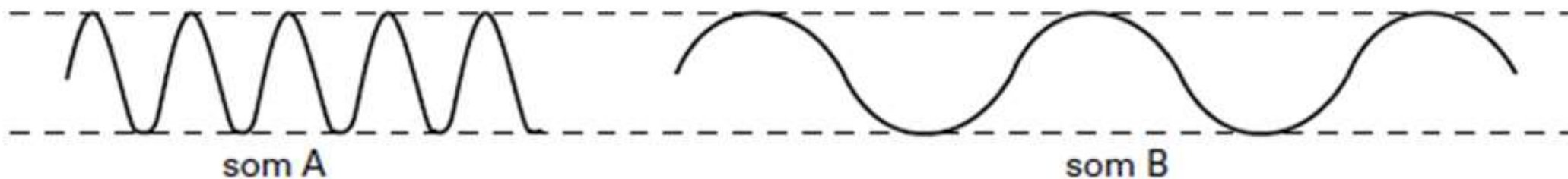
Som alto → alta frequência → som agudo

Som baixo → baixa frequência → som grave

A nota musical é  
definida pela frequência

$$f_{l\acute{a}} = 440 \text{ Hz}$$

### Exemplo:

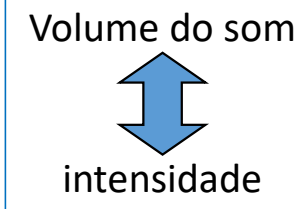


- $f_A > f_B$
- O som A é mais alto do que o som B
- O som A é mais agudo do que o som B

## Intensidade do som: característica associada à amplitude (análise qualitativa)

Som mais intenso → som forte → maior amplitude → maior energia

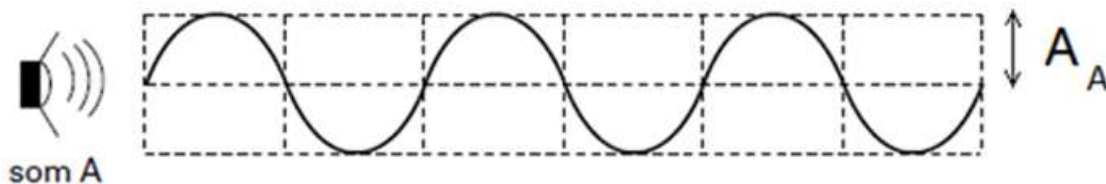
Som menos intenso → som fraco → menor amplitude → menor energia



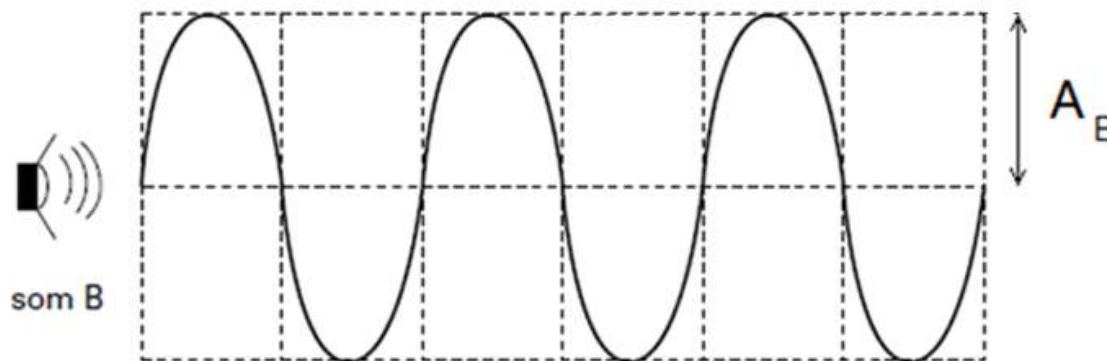
### Exemplo:



oscilação

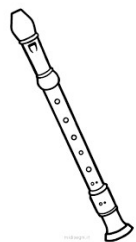


oscilação

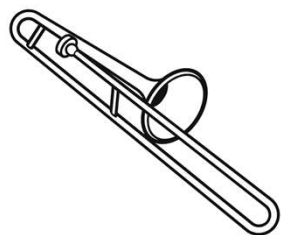
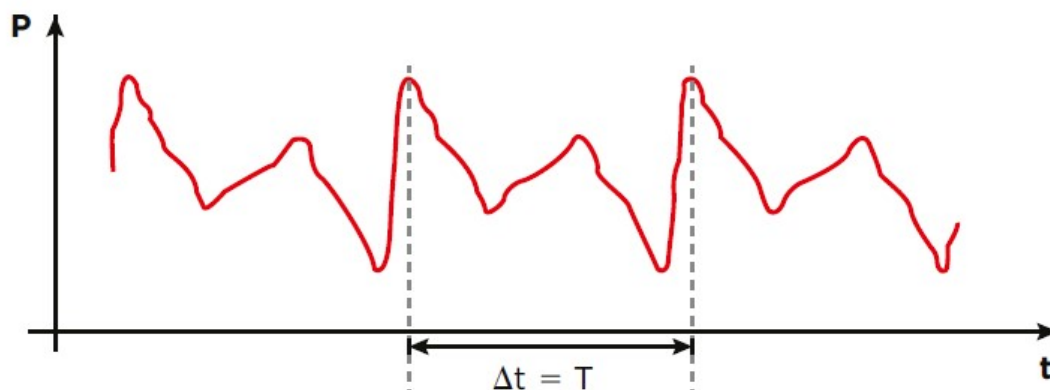


- $A_B > A_A$
- O som B é mais intenso do que o som A
- O som B é mais forte do que o som A

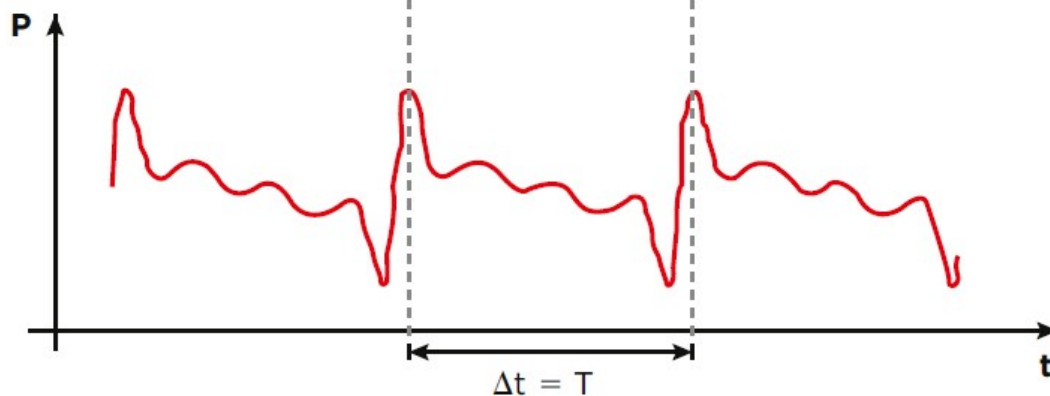
**Timbre do som:** característica associada ao formato da onda. Depende das características da fonte (material, forma e cavidades, por exemplo).



flauta



trompete



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

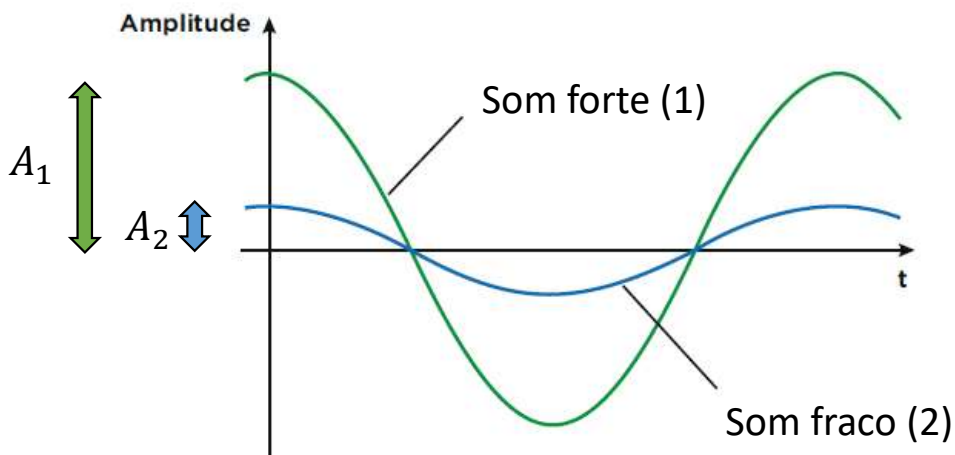


## Nível de intensidade sonora

Apresentação, orientação e tarefa: [fisicasp.com.br](http://fisicasp.com.br)

**Professor Caio**

## Intensidade do 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

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

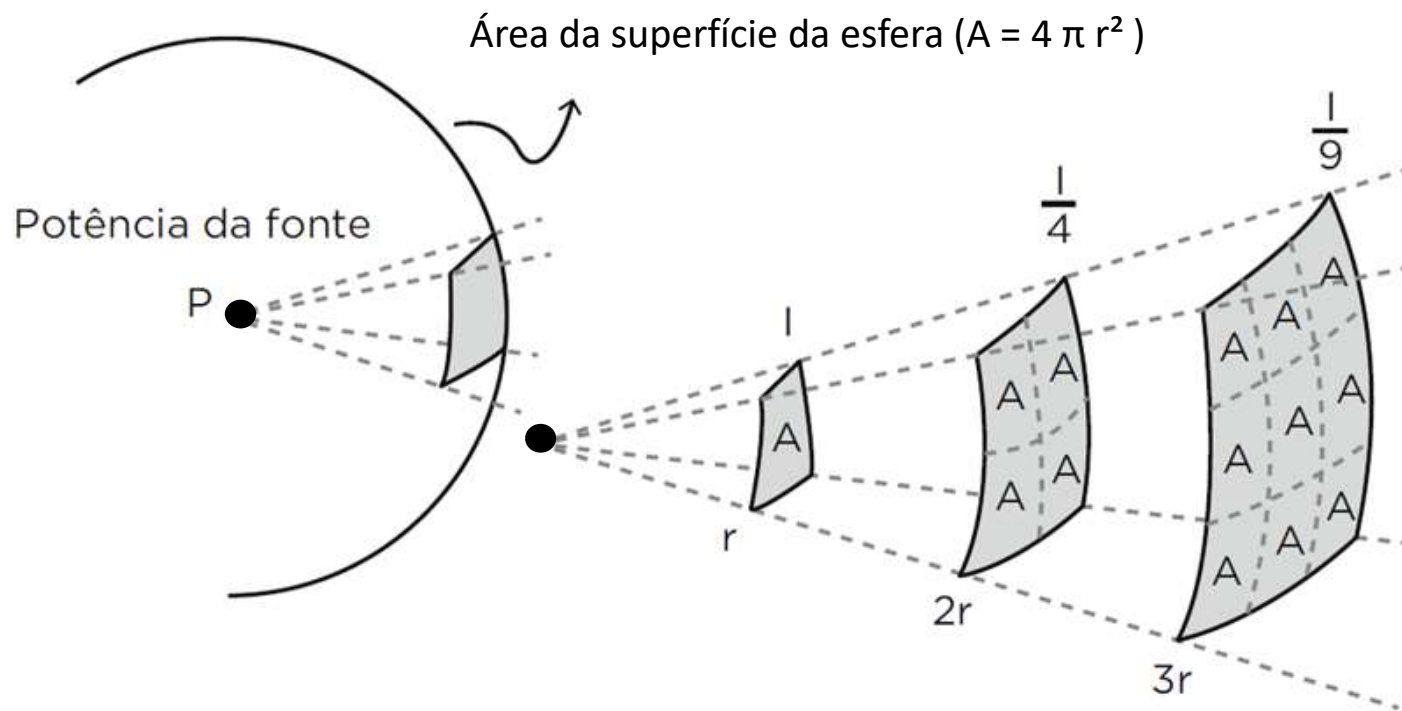
- A: área atravessada pela onda
- P: potência que a atravessa a área escolhida

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

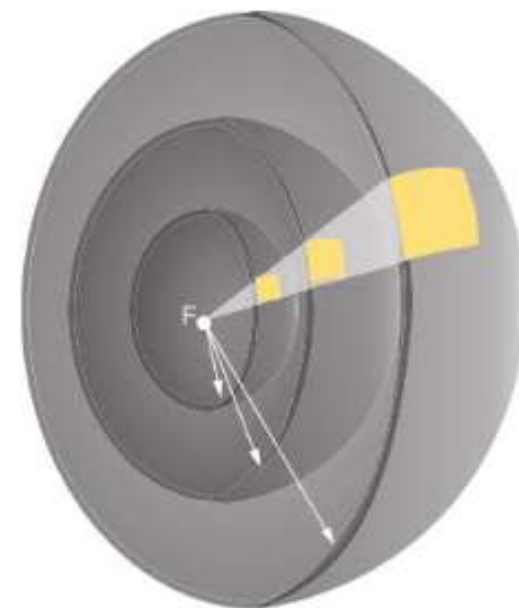
$$1W = 1 \frac{J}{s}$$

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

## Onda tridimensional e intensidade



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



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

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

*Para esta expressão utilizamos a unidade usual dB (decibel)  $\rightarrow 1 \text{ db} = 0,1\text{B}$*

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

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

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

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

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

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

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

$$N = 10 \cdot (0) \quad \boxed{N = 0}$$

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

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

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

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

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

$$N = 12 \cdot 10 \cdot \log 10 \quad \boxed{N = 120 \text{ dB}}$$

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

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

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

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

$$d) \log 10 = 1$$

$$e) \log 1 = 0$$

## Revisão

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

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

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

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

$$d) \log 10 = 1$$

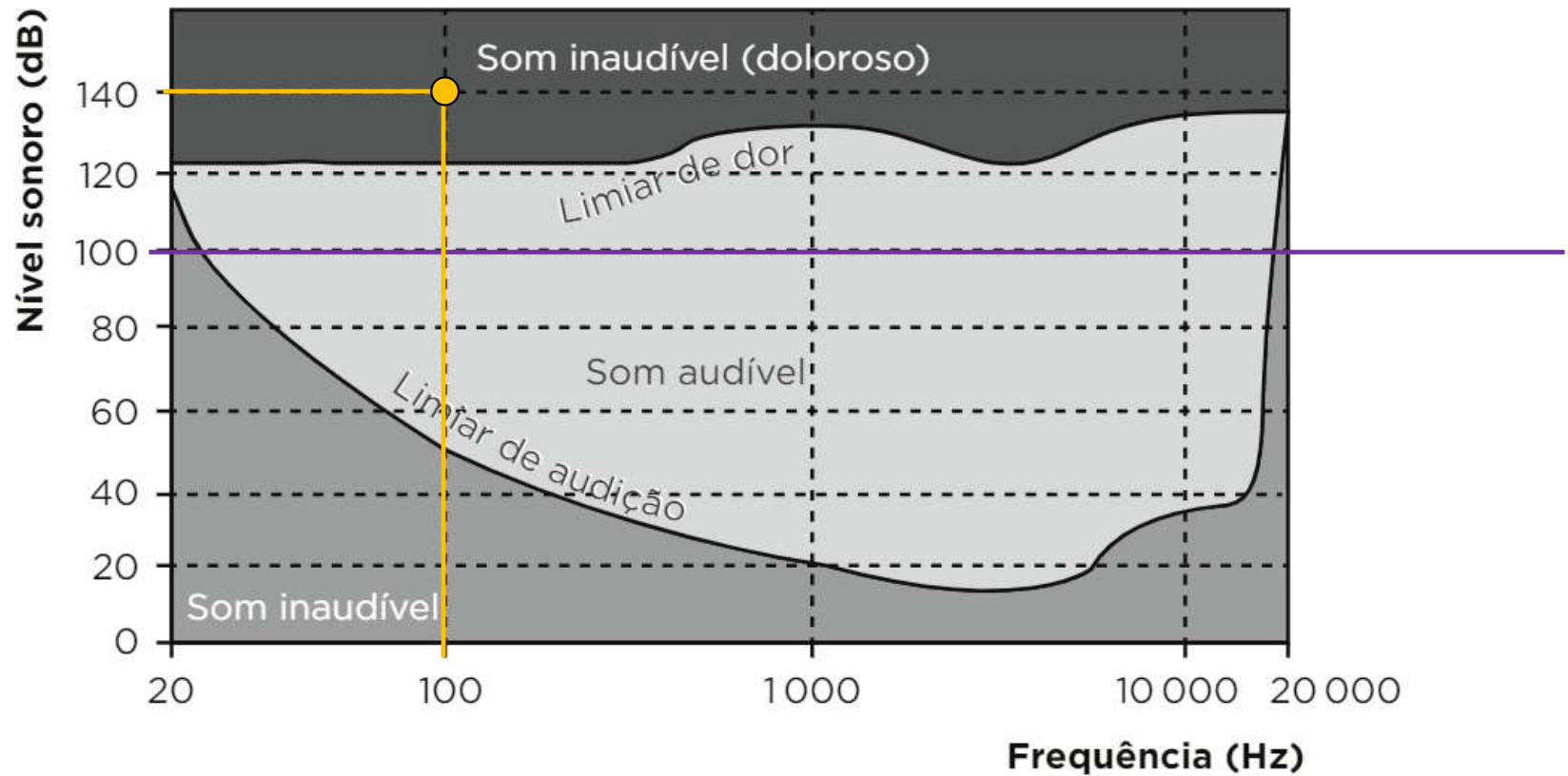
$$e) \log 1 = 0$$

Tipo de Som	Nível Sonoro (dB)	Nível Sonoro (B)	Intensidade
Limiar de Audição	0	0	$I_0 =$ <b>Menor intensidade audível</b>
Respiração normal	10	1	$10 \times I_0$
Conversa muito baixa a 1m	20	2	$100 \times I_0$
Rua silenciosa	30	3	$1.000 \times I_0$
Música baixa	40	4	$10.000 \times I_0$
Escritório comum	50	5	$100.000 \times I_0$
Conversa alta a 1m	60	6	$1.000.000 \times I_0$
Motor de caminhão	70	7	$10.000.000 \times I_0$
Trafego movimentado	80	8	$100.000.000 \times I_0$
Britadeira / estádio de futebol	100	10	$10.000.000.000 \times I_0$
Grupo de rock	110	11	$100.000.000.000 \times I_0$
Danceteria / trio elétrico	120	12	$1.000.000.000.000 \times I_0$
Limiar de dor	120	12	$1.000.000.000.000 \times I_0$
Turbina de jato grande a 30m	140	14	$100.000.000.000.000 \times I_0$

## Exercícios da apostila



1.



I. Na região audível do ouvido humano estão compreendidas as ondas sonoras com frequências menores que 20 Hz e maiores que 20 000 Hz. **(F)**

II. Para o ouvido humano, existem sons inaudíveis com intensidade sonora superior a 100 dB. Esse espectro sonoro compreende as ondas com frequências iguais a 20 Hz e 20 000 Hz, por exemplo. **(V)**

III. Uma onda sonora de 140 dB e frequência de 100 Hz provoca, no ouvido humano, uma sensação de dor. **(V)**