

3ª Série



BEM VINDO! CANAL SEDUC-PIB

PROFESSOR: **DANILO**

GALDINO

DISCIPLINA: **FÍSICA**

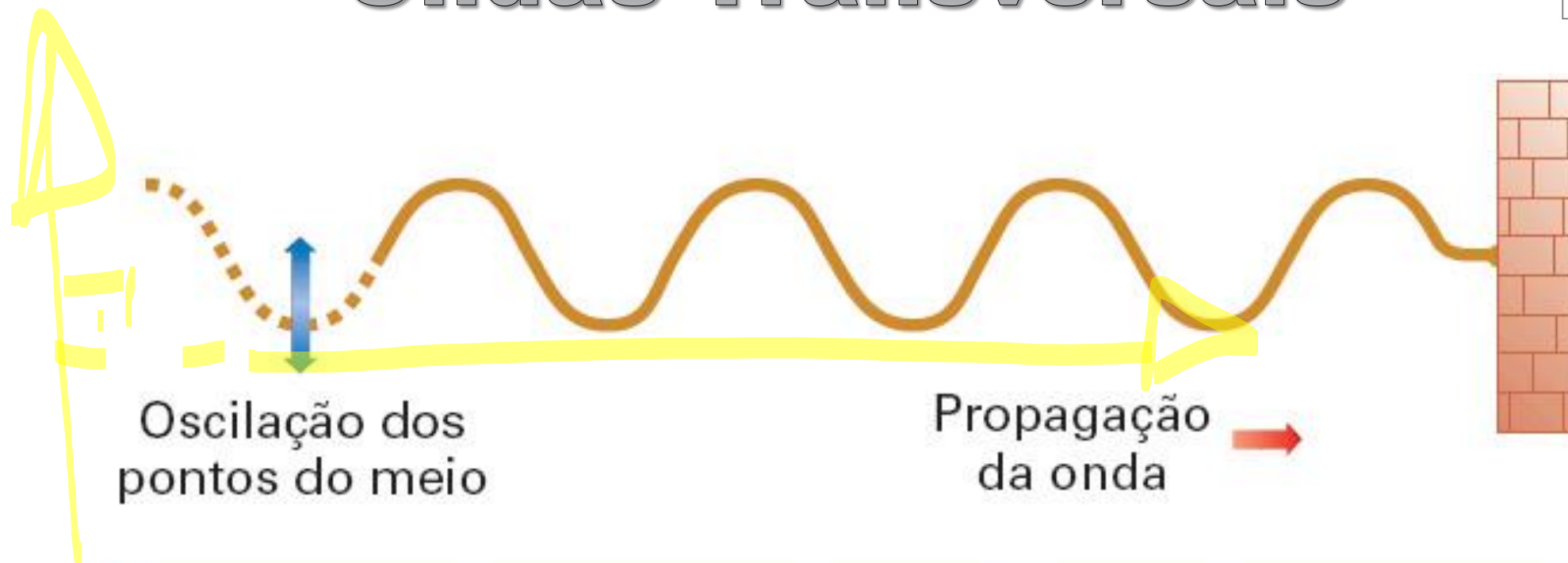
CONTEÚDO:

ONDULATÓRIA

Classificação das Ondas

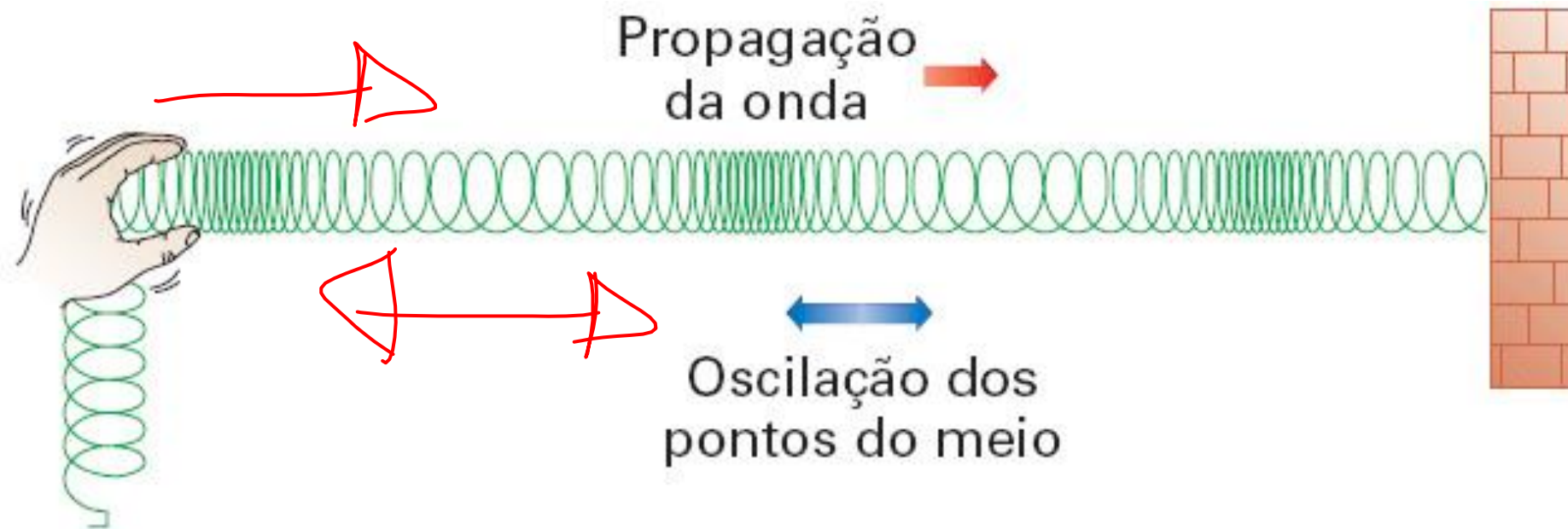
- **Quanto a forma**
 - **Transversais**
 - **Longitudinais**
- **Quanto a natureza**
 - **Mecânicas**
 - **Eletromagnéticas**

Ondas Transversais



Em uma onda transversal, a oscilação dos pontos do meio se dá em uma direção, enquanto a propagação da onda (energia) ocorre em direção perpendicular.

Ondas Longitudinais



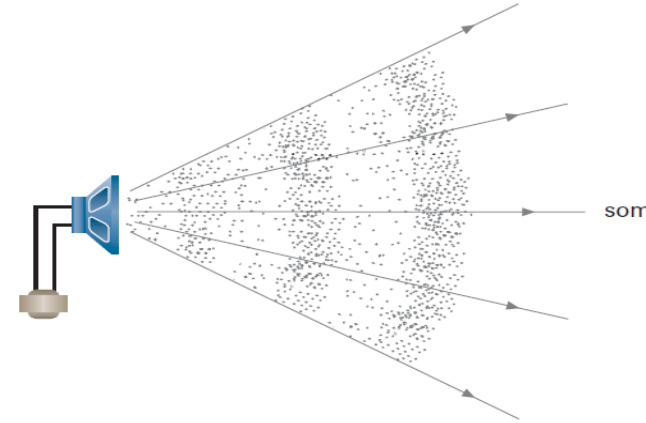
Em uma onda longitudinal, a oscilação dos pontos do meio ocorre na mesma direção da propagação da onda.

Ondas Mecânicas

❖ São ondas que necessitam de um meio material para se propagarem.

❖ Exemplos:

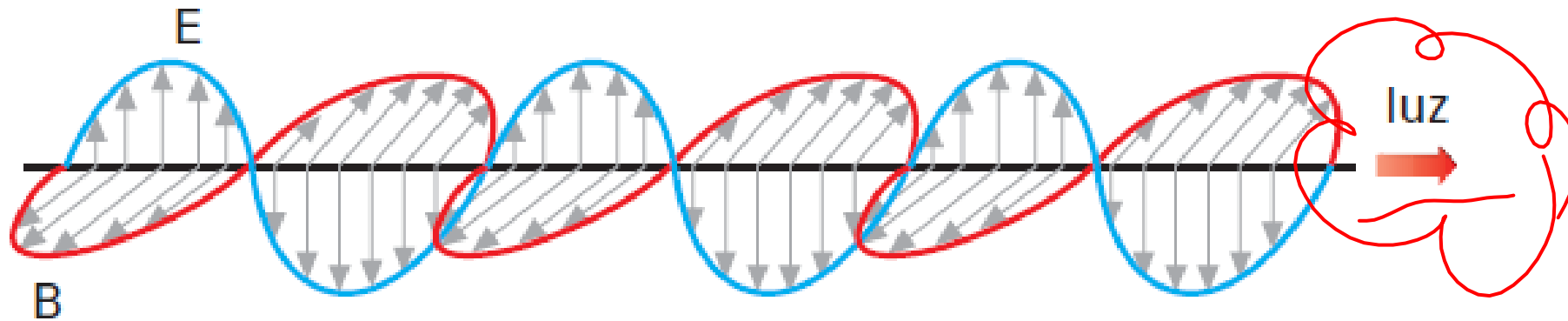
- Onda sonora;
- Ondas em cordas;
- Ondas na superfície de um líquido.



Uma pedra, ao ser jogada em um lago tranquilo, gera ondas mecânicas que se propagam pela superfície da água.

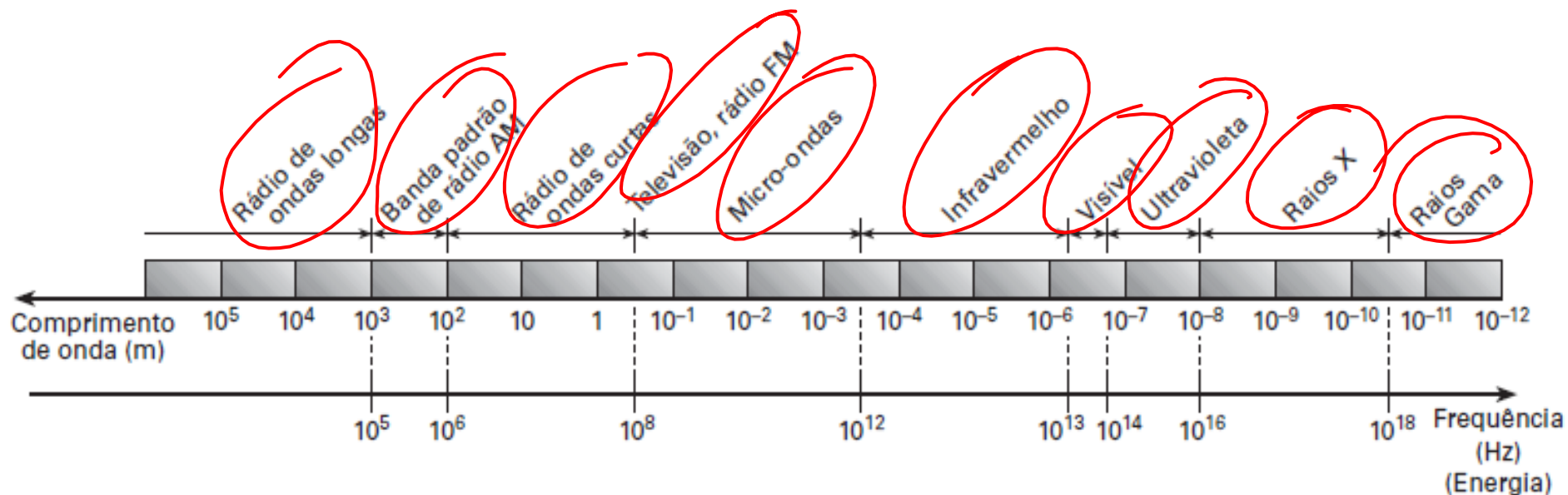
Ondas Eletromagnéticas

- Quando a onda envolve a oscilação de campos elétricos e magnéticos, dizemos que é uma **onda eletromagnética**.



Ondas Eletromagnéticas

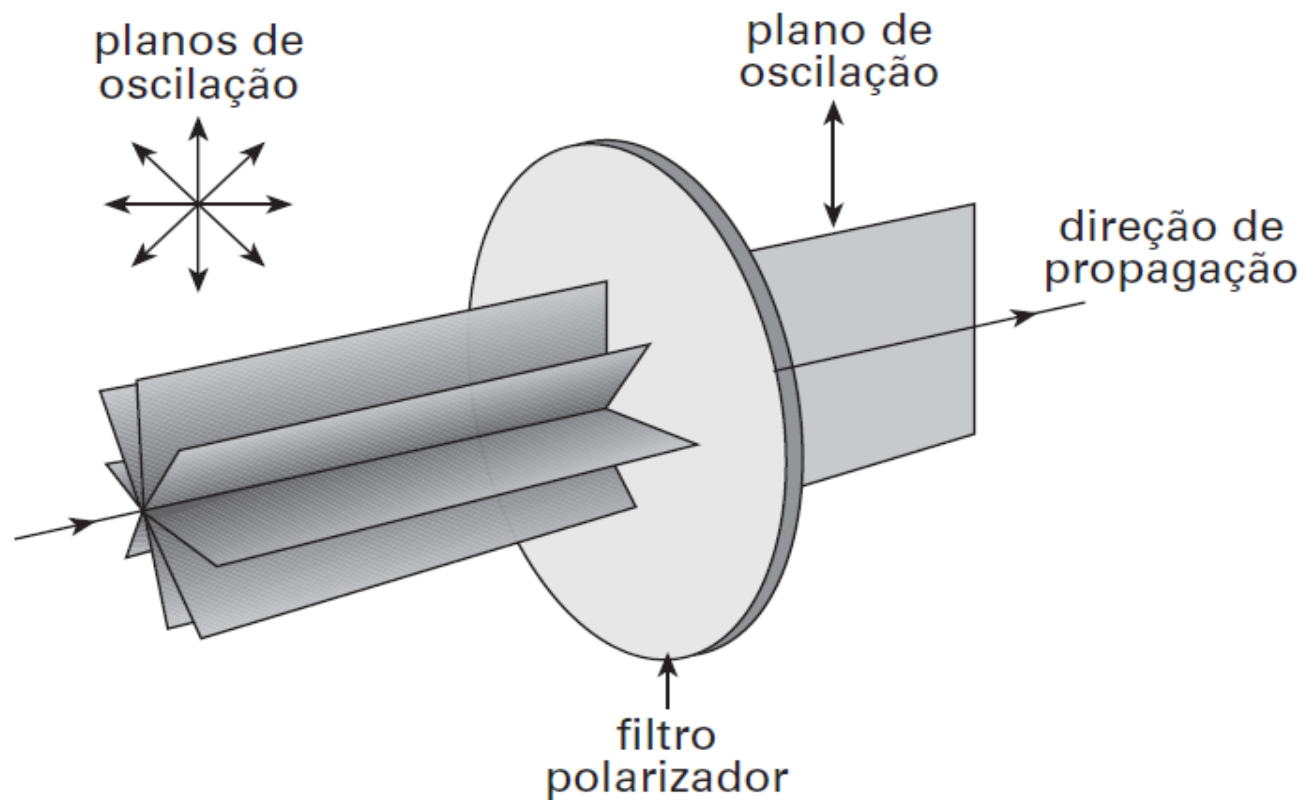
- As ondas eletromagnéticas são classificadas de acordo com sua frequência. Veja esquema a seguir.



Ondas Eletromagnéticas

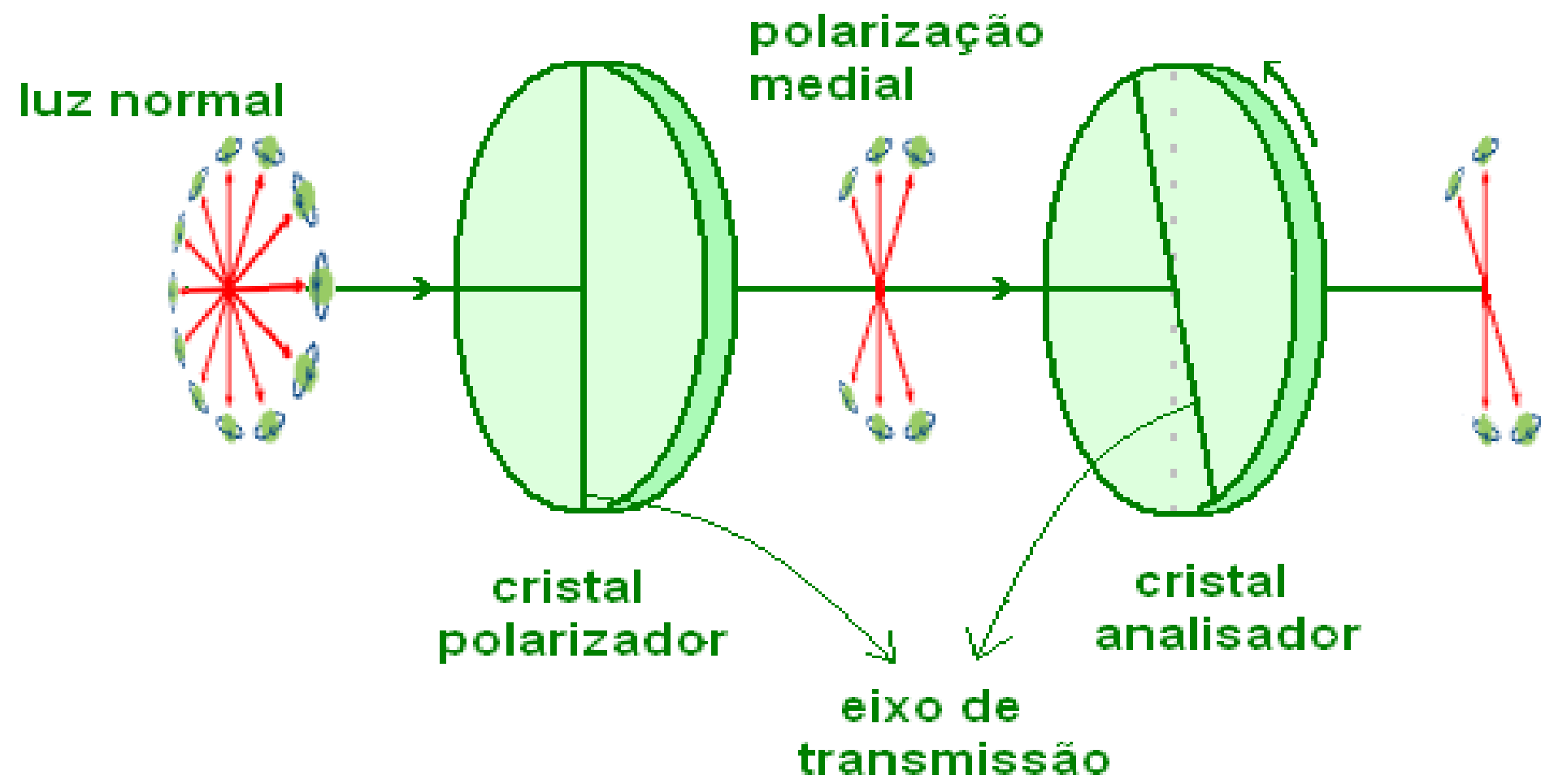
- É possível verificar que a oscilação de campos elétricos e magnéticos não depende da existência de meio material. Por isso, a propagação da luz pode ocorrer em diversos meios, inclusive o vácuo.
- No vácuo, todas as radiações eletromagnéticas viajam com a mesma velocidade $c = 3 \cdot 10^8$ m/s. Nos demais meios materiais, a velocidade da onda eletromagnética depende da frequência. Por exemplo, no interior da água a luz vermelha tem velocidade superior à da luz azul. Porém ambas são inferiores a $3 \cdot 10^8$ m/s.

Polarização



Somente as ondas transversais podem ser polarizadas.

Polarização



Quando uma onda se propaga de um local para outro, necessariamente ocorre:

- ~~a) transporte de energia.~~
- b) transformação de energia.
- c) produção de energia.
- d) movimento de matéria.
- e) transporte de matéria e energia.

Das ondas citadas a seguir, qual delas não é onda eletromagnética?

- a) Infravermelho.
- b) Ondas de rádio.
- c) Radiação gama.
- d) Ultrassom.
- e) Ondas luminosas.

No vácuo, todas as ondas eletromagnéticas têm:

- a) mesma frequência.
- b) mesma amplitude.
- c) mesmo comprimento de onda.
- d) mesma quantidade de energia.
- e) mesma velocidade de propagação.

Dos tipos de ondas citados a seguir, qual é longitudinal?

- a) Ondas em cordas tensas.
- b) Ondas em superfície da água.
- c) Ondas luminosas.
- d) Ondas eletromagnéticas.
- e) Ondas sonoras propagando-se no ar.

Analise as afirmativas:

I. Toda onda mecânica é sonora.

II. As ondas de rádio, na faixa de FM (Frequência Modulada), são transversais.

III. Abalos sísmicos são ondas mecânicas.

IV. O som é sempre uma onda mecânica, em qualquer meio.

V. As ondas de rádio AM (Amplitude Modulada) são ondas mecânicas.

São verdadeiras:

a) I, II e III.

b) III, IV e V.

c) I, III e V.

d) I, IV e V.

e) II, III e IV.

Qual das ondas a seguir não se propaga no vácuo?

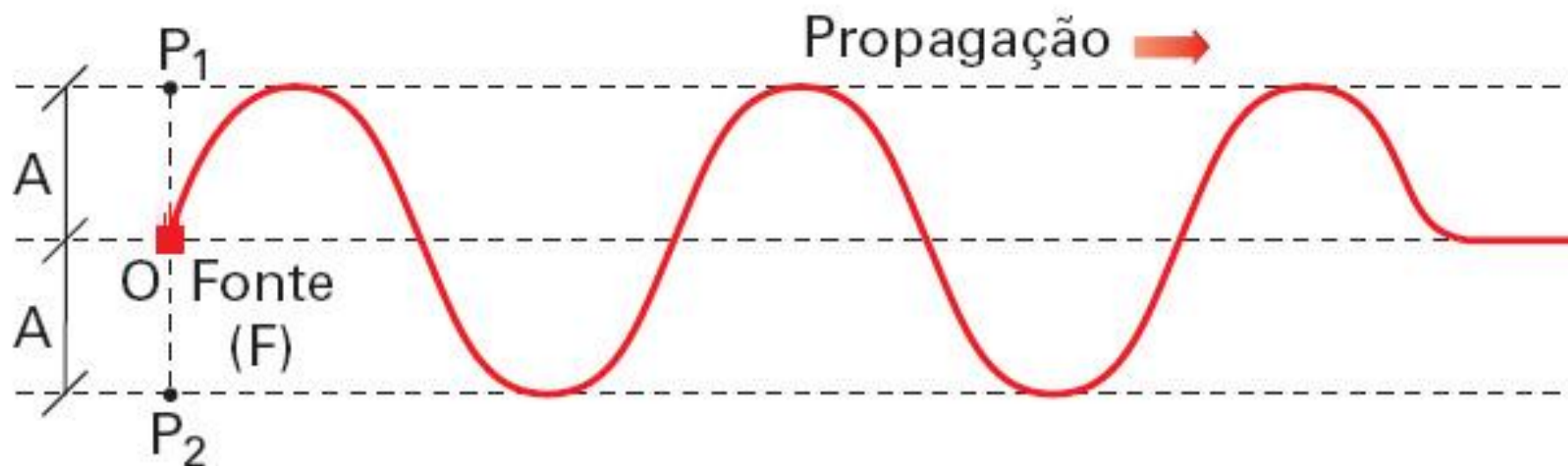
- a) Raios laser (light **amplification by stimulated emission of radiation**).
- b) Ondas de rádio.
- c) Micro-ondas.
- d) Ondas de sonar (**sound navigation and ranging**).
- e) Ondas de calor (raios infravermelhos).

Vê-se um relâmpago; depois, se ouve o trovão. Isso ocorre porque:

- a) o som se propaga no ar.
- b) a luz do relâmpago é muito intensa.
- c) a velocidade do som no ar é de 340 m/s.
- d) a velocidade do som é menor que a da luz.
- e) se esse fenômeno ocorresse no vácuo, o som do trovão e a luz do relâmpago chegariam juntos.

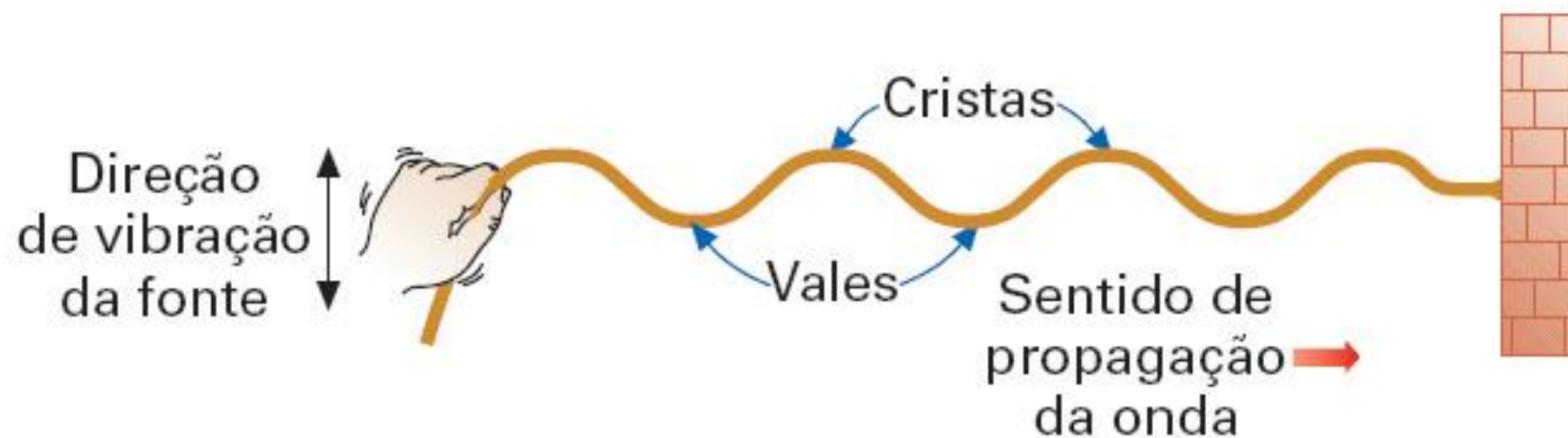
Elementos de uma Onda

Amplitude (A)



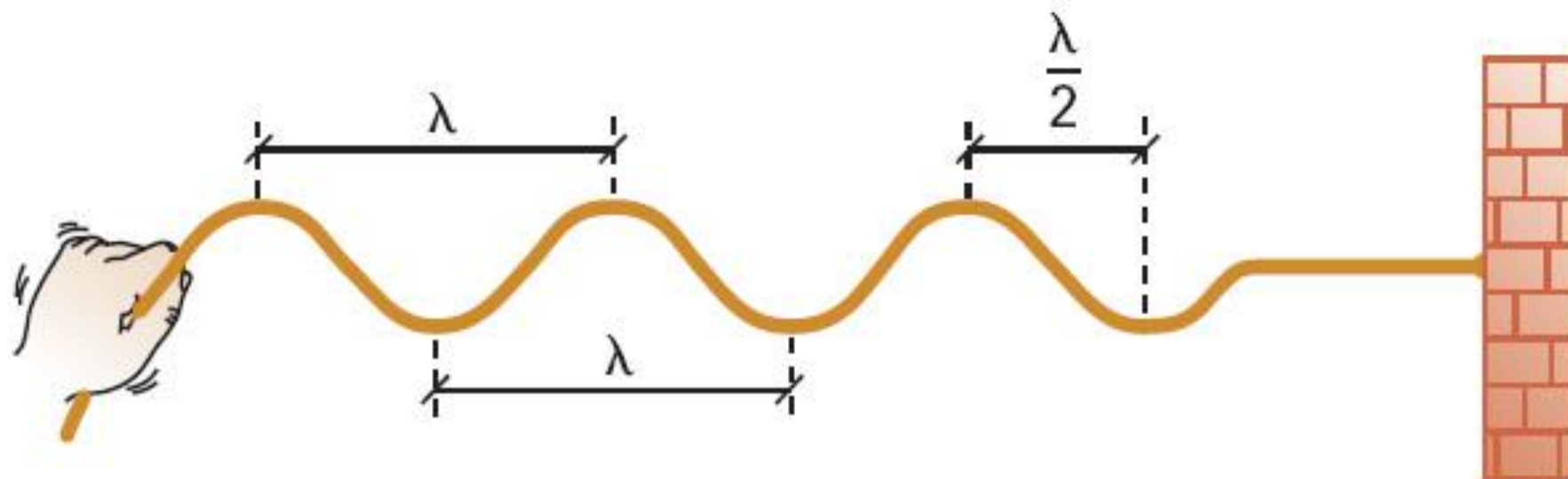
A fonte de perturbações F realiza um movimento vibratório entre os extremos P_1 e P_2 , gerando ondas. A amplitude de oscilação (A) define a amplitude da onda.

Cristas e Vales



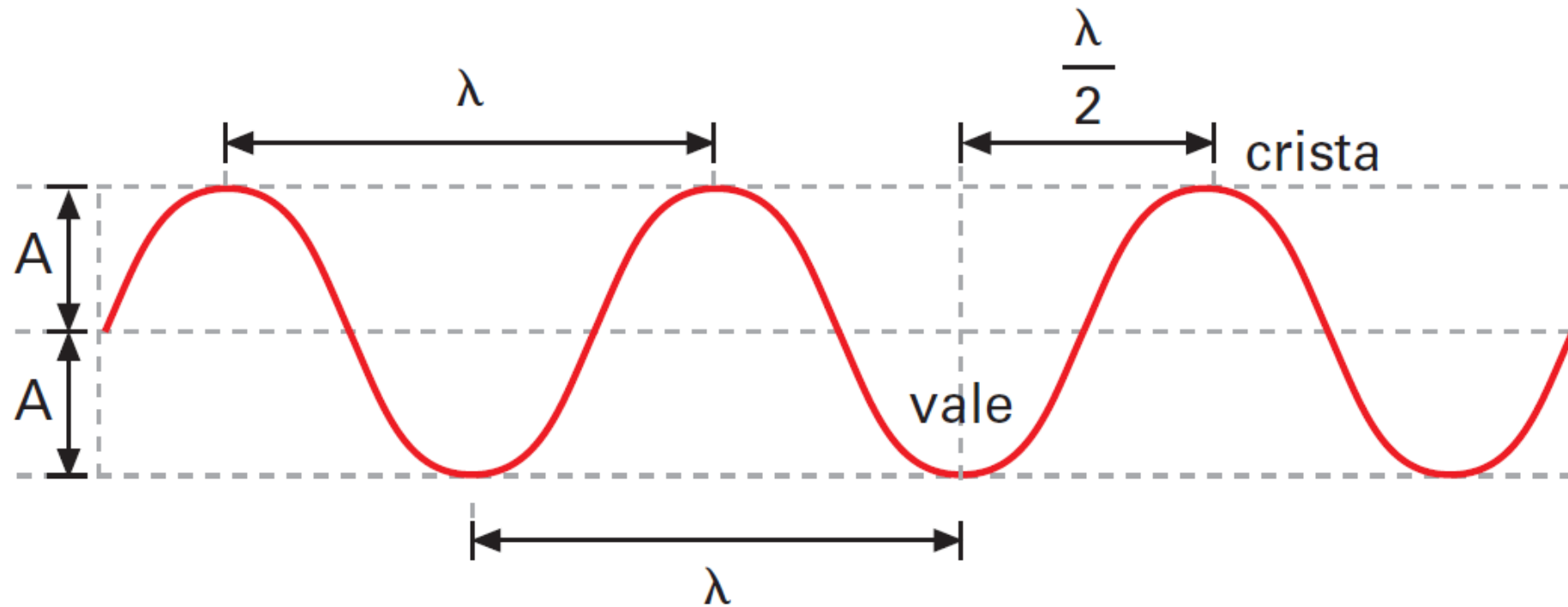
Um conjunto de pulsos origina uma onda, formada por cristas e vales que se propagam ao longo do meio elástico.

Comprimento de Onda (λ)



O comprimento de onda (λ) corresponde à distância entre duas cristas consecutivas ou dois vales consecutivos.

Comprimento de Onda (λ)



Período (T)

- É o tempo necessário para que uma onda percorra um comprimento de onda, ou seja, é o tempo de duração de uma oscilação completa.

Frequência (f)

$$f = \frac{n}{\Delta t}$$



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

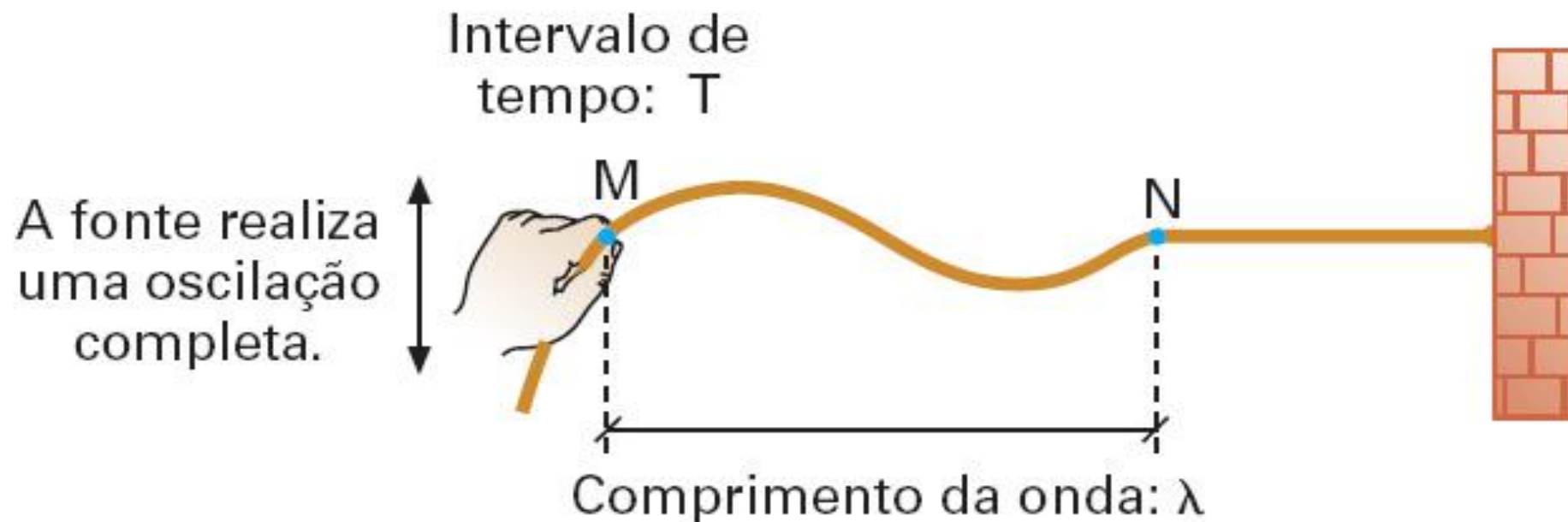
Frequência

[Hz]

Período

[s]

Equação fundamental da ondulatória



Durante um período T , a onda percorre a distância MN , definida como comprimento de onda (λ).

Em um ciclo completo, temos :

$$\Delta S = \lambda \quad e \quad \Delta t = T$$

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{\lambda}{T}$$

$$v = \lambda \cdot \frac{1}{T} \Rightarrow v = \lambda \cdot f$$

Equação fundamental da ondulatória

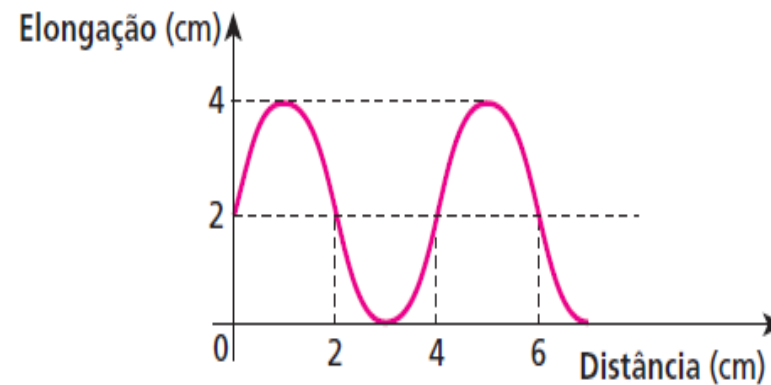
$$v = \lambda \cdot f$$

Velocidade de propagação
[m/s]

Comprimento de onda
[m]

Frequência
[Hz]

O gráfico a seguir mostra a variação da elongação de uma onda transversal com a distância percorrida por ela:



Qual o comprimento de onda e qual a amplitude dessa onda?

Para atrair um golfinho, um treinador emite um ultrassom com frequência de 25 000 Hz, que se propaga na água a uma velocidade de 1 500 m/s. Qual é o comprimento de onda desse ultrassom na água?

Os modernos fornos de micro-ondas usados em residências utilizam radiação eletromagnética de pequeno comprimento de onda para cozinhar os alimentos. A frequência da radiação utilizada é de aproximadamente 2 500 MHz. Sendo 300 000 km/s a velocidade da luz no vácuo, qual é, em centímetros, o valor aproximado do comprimento de onda das radiações utilizadas no forno de micro-ondas?

Uma emissora de rádio, na faixa de FM (Frequência Modulada), transmite utilizando ondas de 3,0 m de comprimento. Sendo $3,0 \times 10^8$ m/s a velocidade das ondas eletromagnéticas no ar, qual a frequência dessa emissora de rádio? Dê a resposta em MHz.

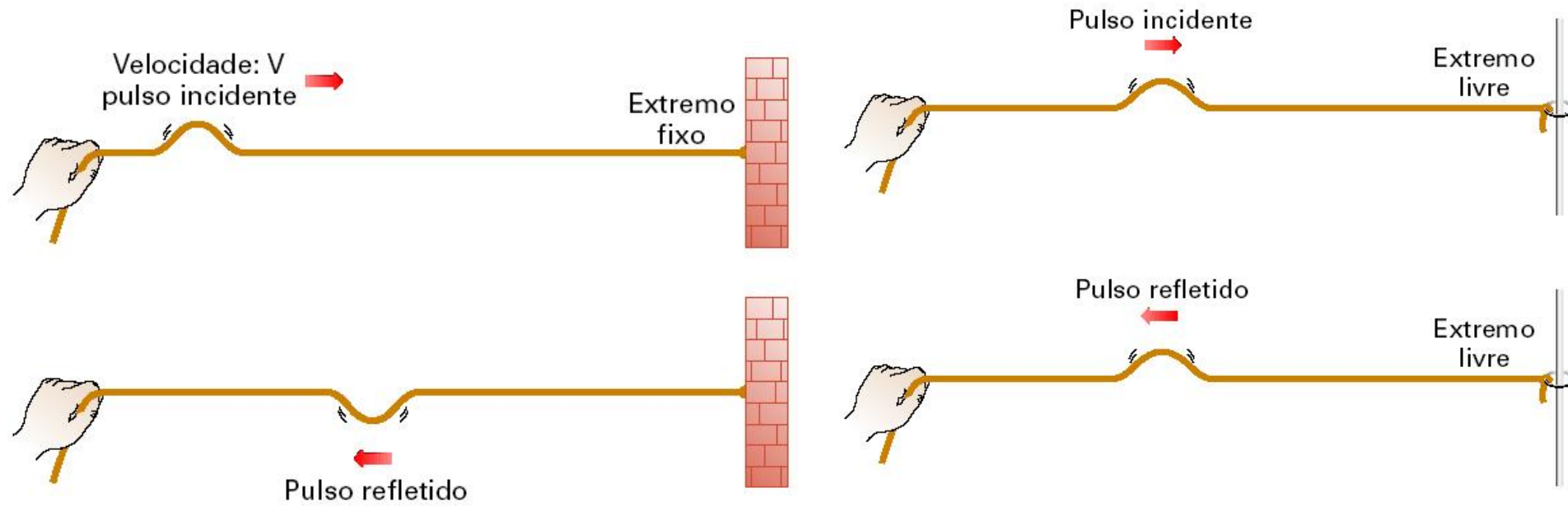
(PUC-SP) Em dezembro de 2004, um terremoto no fundo do oceano, próximo à costa da ilha de Sumatra, foi a perturbação necessária, para a geração de uma onda gigante, um tsunami. A onda arrasou várias ilhas e localidades costeiras na Índia, no Sri Lanka, na Indonésia, na Malásia, na Tailândia, dentre outras. Um tsunami de comprimento de onda 150 quilômetros pode se deslocar com velocidade de 750 km/h. Quando a profundidade das águas é grande, a amplitude da onda não atinge mais do que 1 metro, de maneira que um barco nessa região praticamente não percebe a passagem da onda. Quanto tempo demora para um comprimento de onda desse tsunami passar pelo barco?

- a) 0,5 min
- b) 30 min
- c) 2 min
- d) 60 min
- e) 12 min

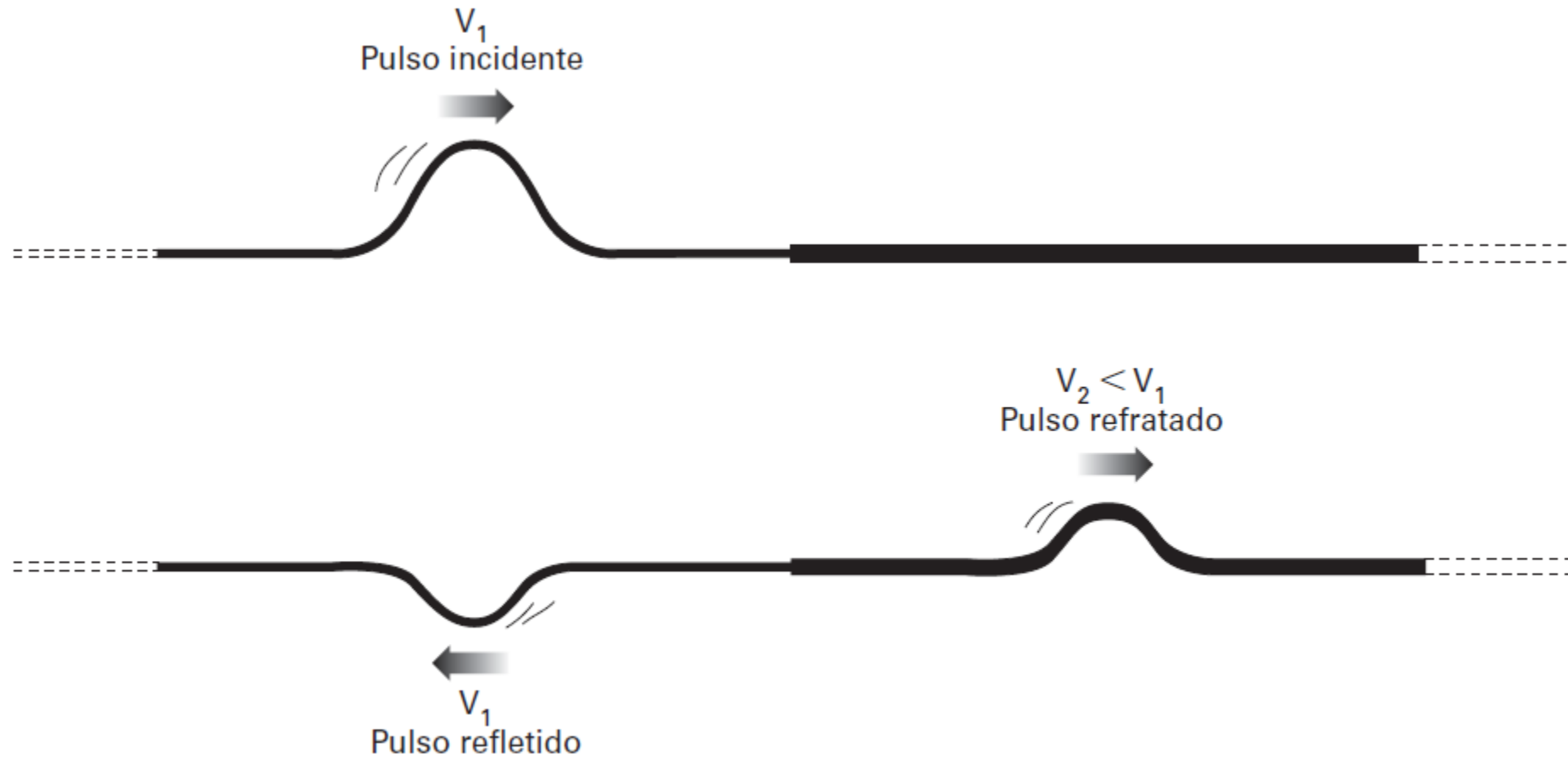
Um banhista, parado em relação à Terra, conta em uma praia a passagem de 21 cristas de onda equiespaçadas pelo seu corpo. O intervalo de tempo decorrido no evento é de 80 s. Conhecendo a velocidade de propagação das ondas (1,0 m/s), determine o comprimento de onda das ondas do mar nesse local.

Ondas em Cordas

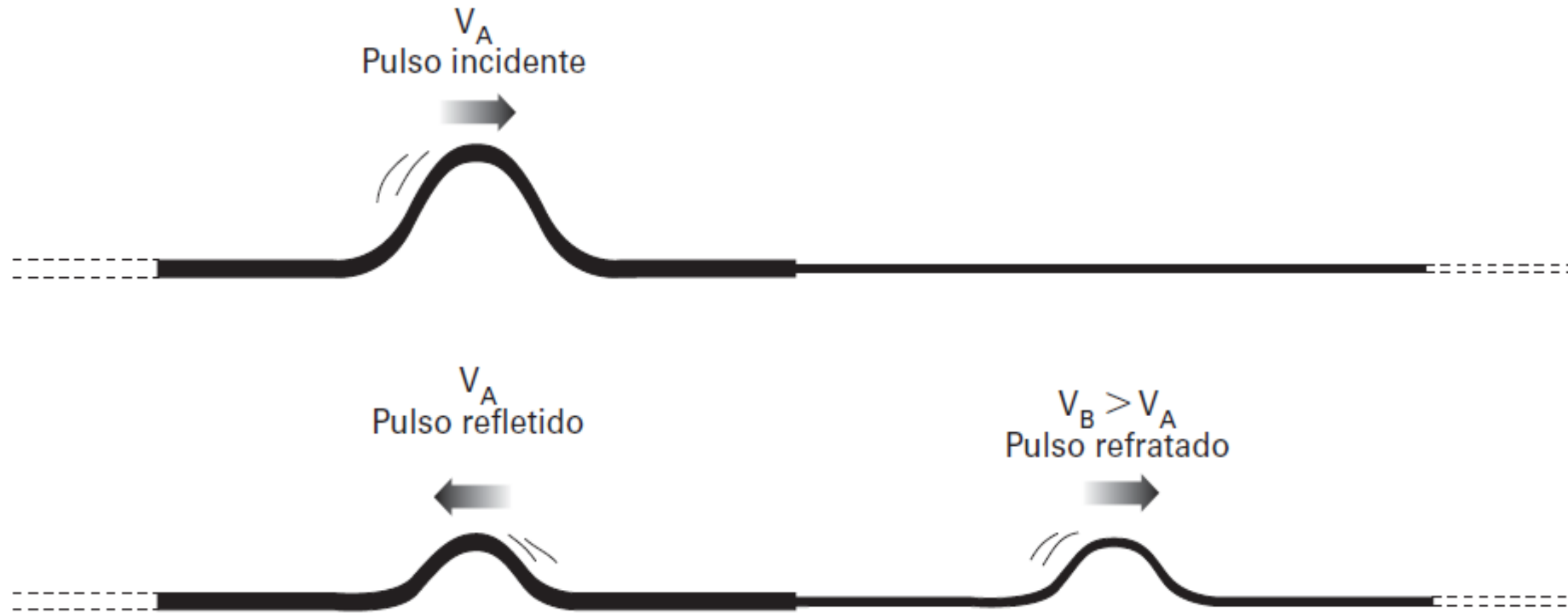
Reflexão



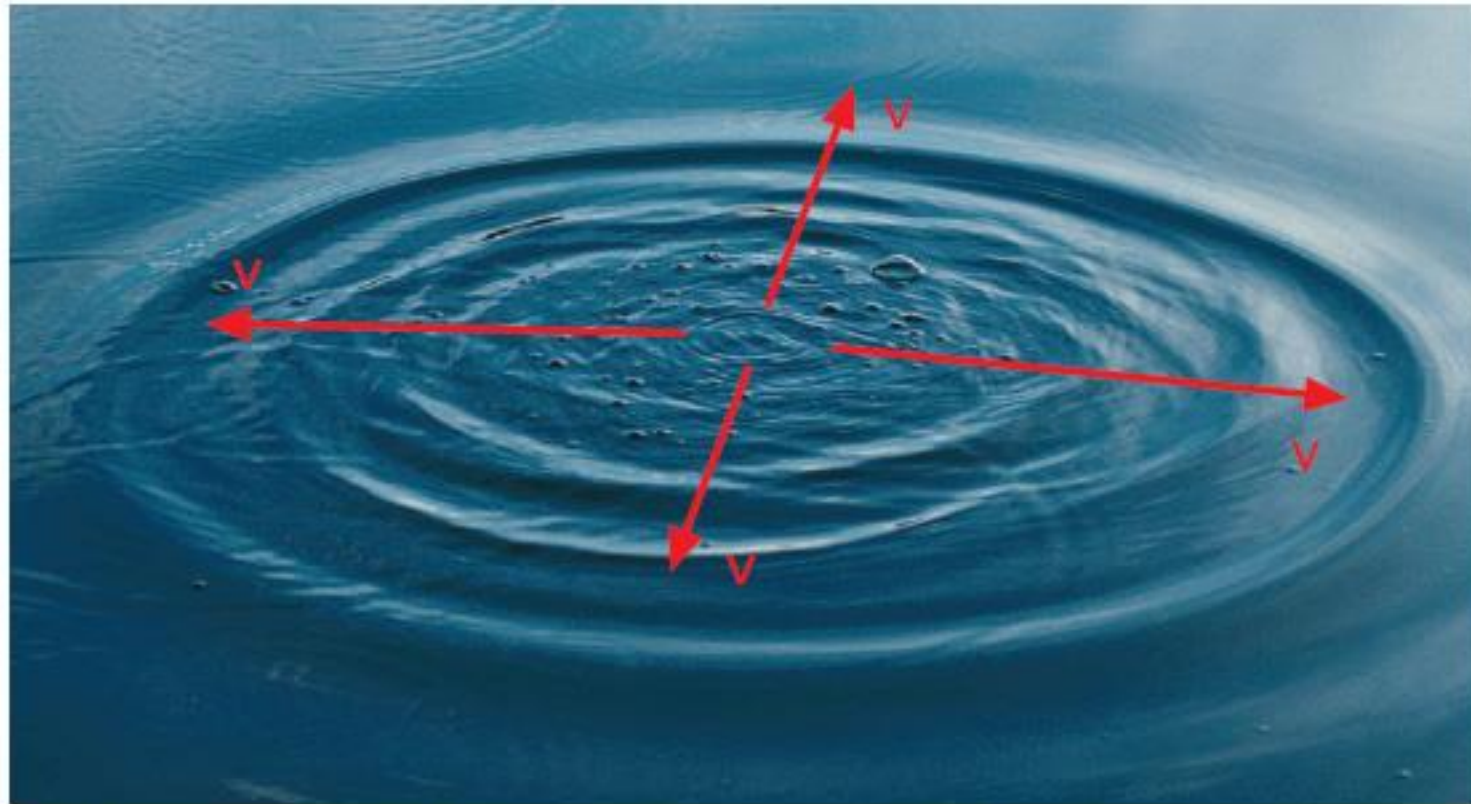
Refração



Refração

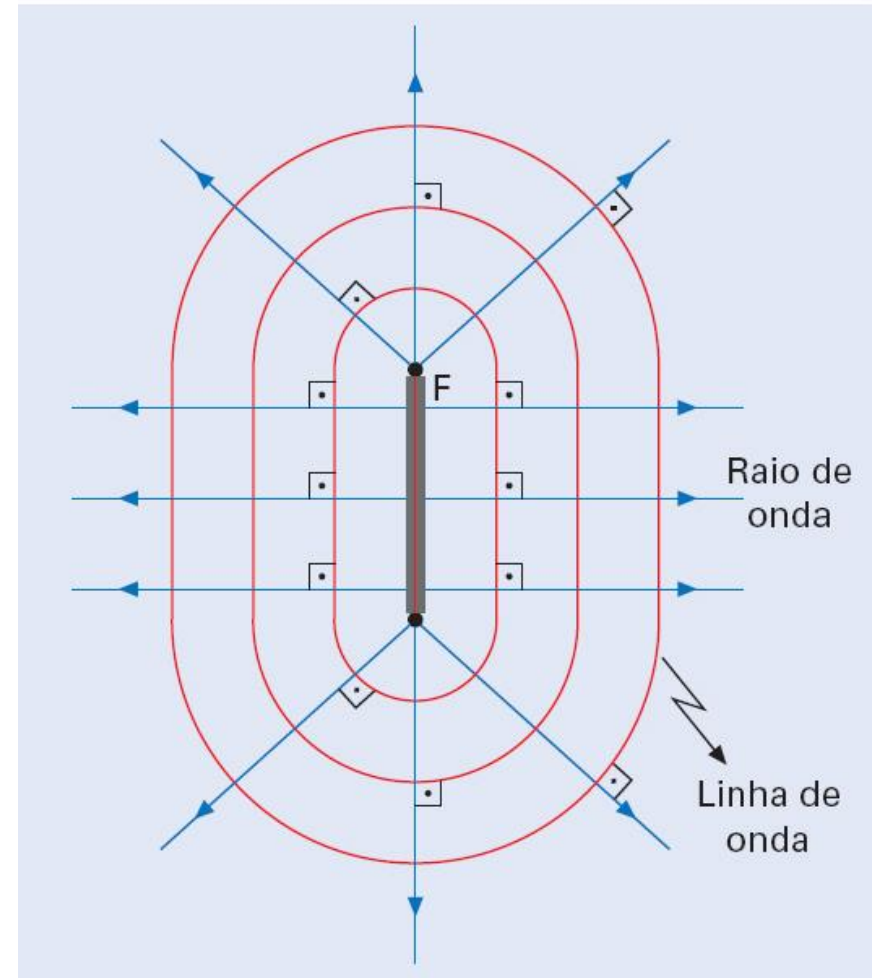
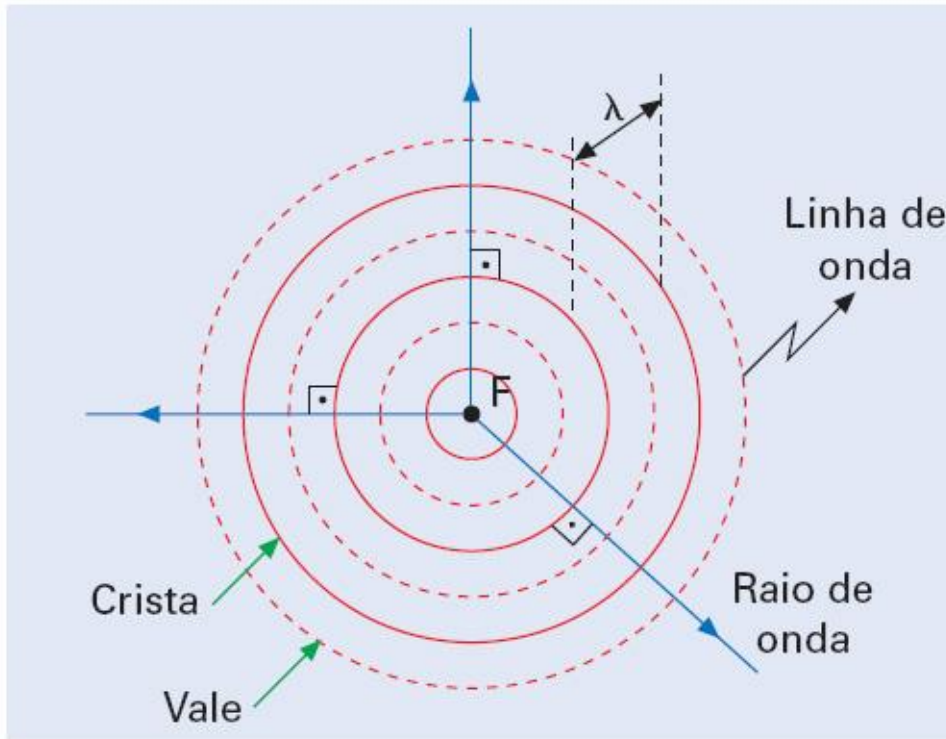


Ondas em Líquidos

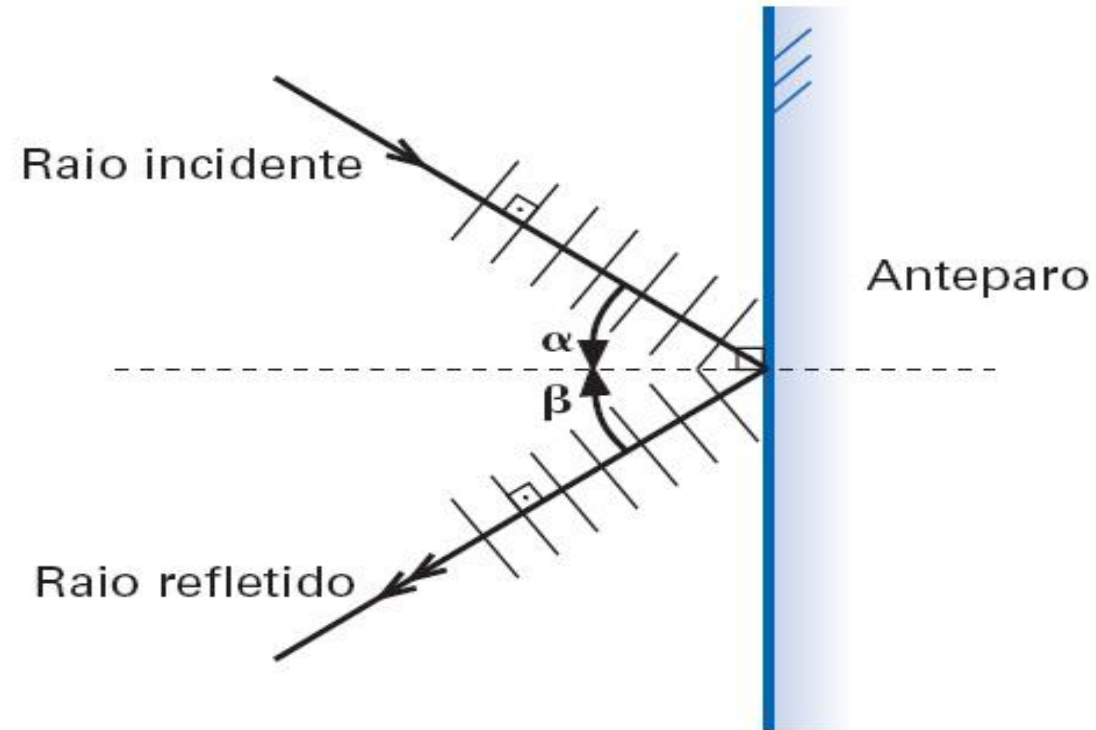


Choques: deformação e restituição.

Representação

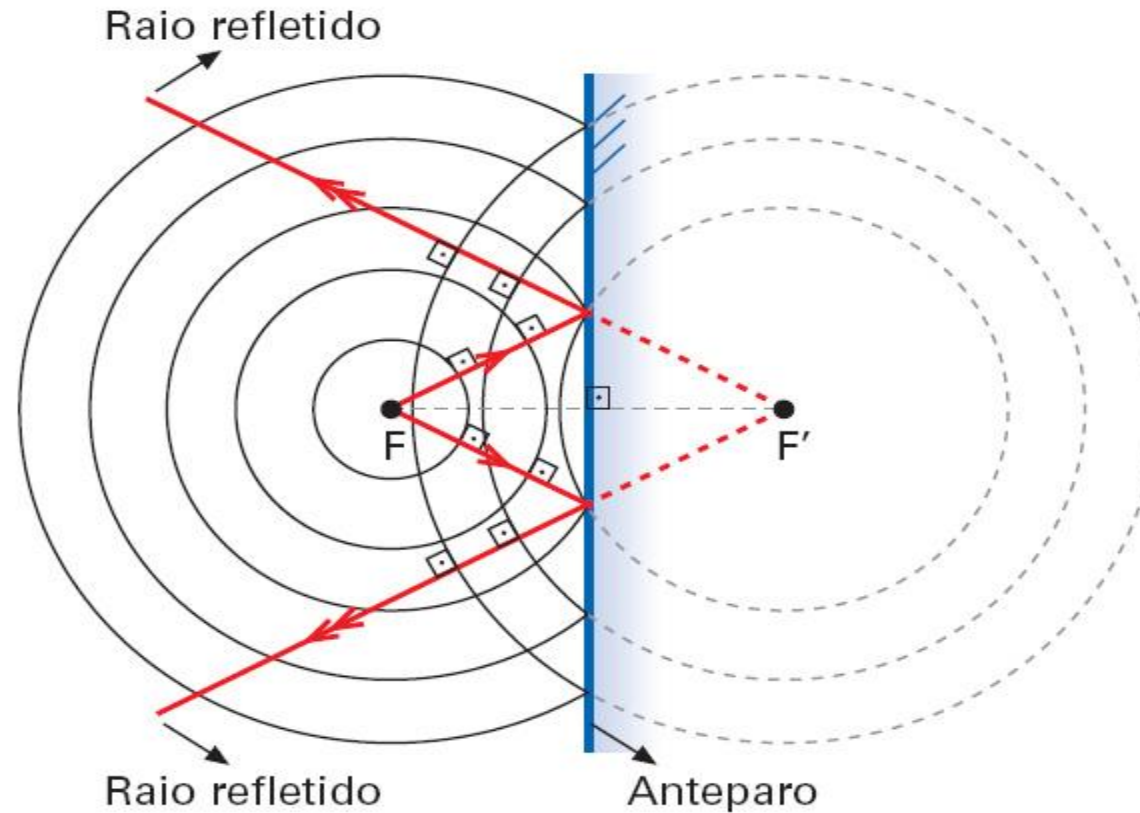


Reflexão

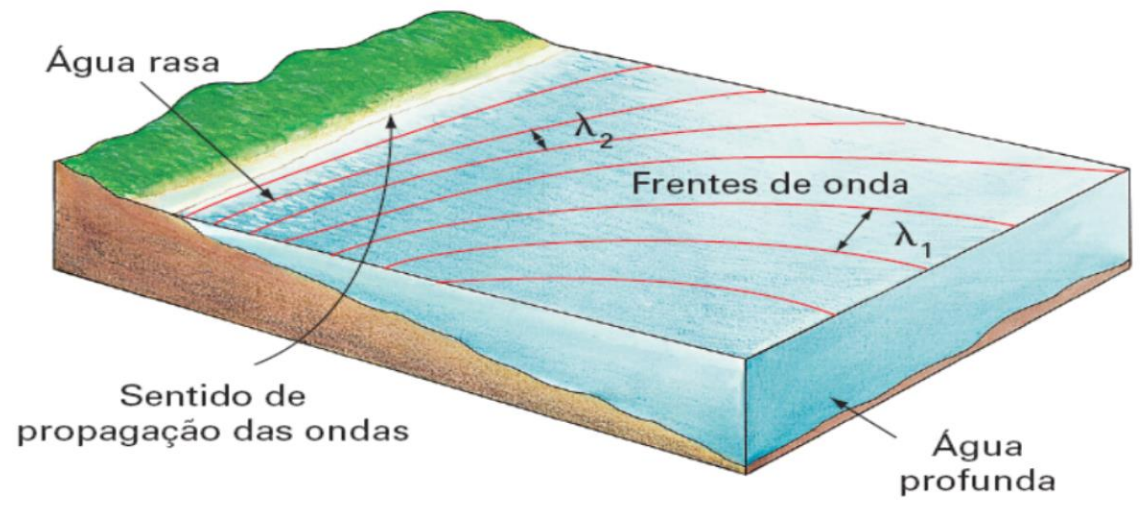
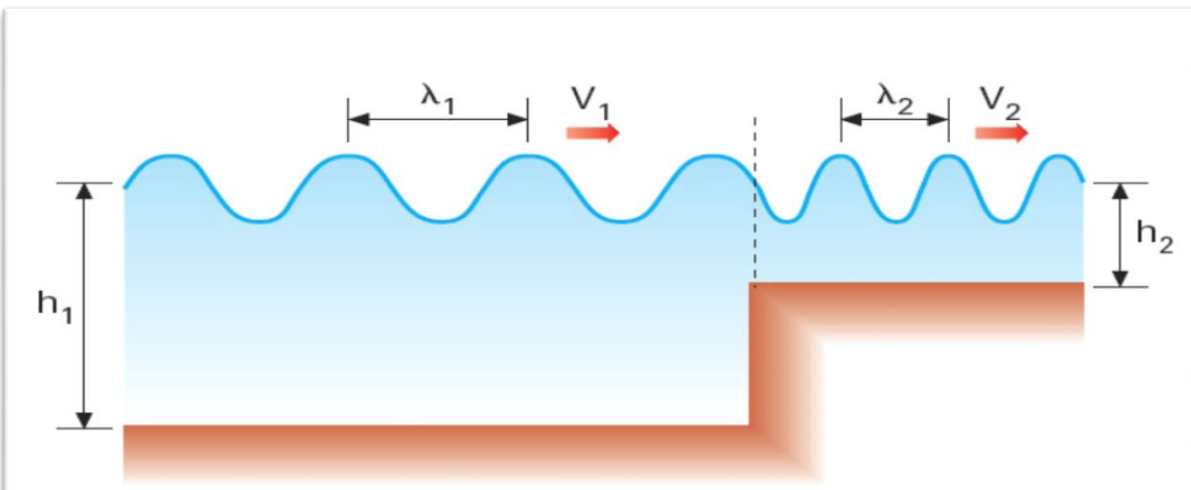


O ângulo de incidência α e o ângulo de reflexão β possuem a mesma medida.

Reflexão



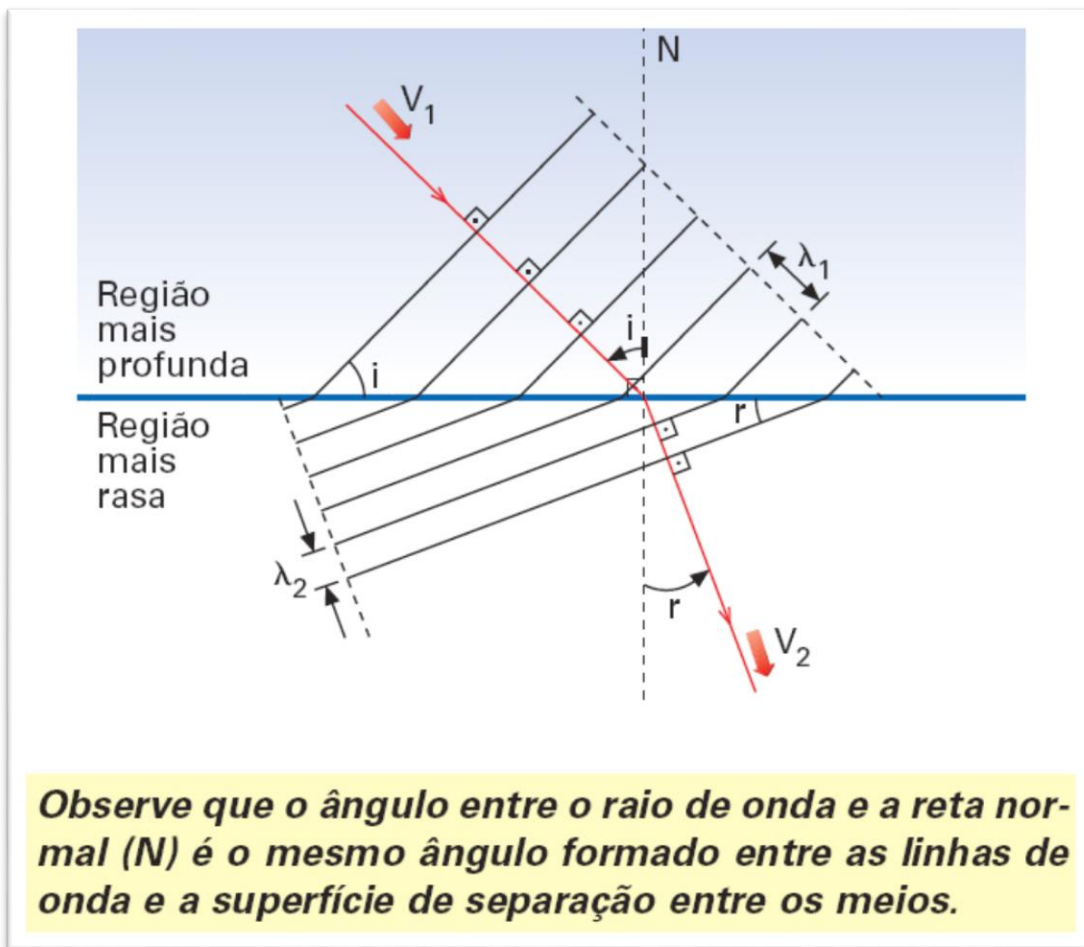
Reflexão de ondas circulares em um anteparo plano.



Passagem de ondas de água da região profunda para a parte rasa. Observe que o comprimento de onda (λ) é maior na região mais profunda.

Refração

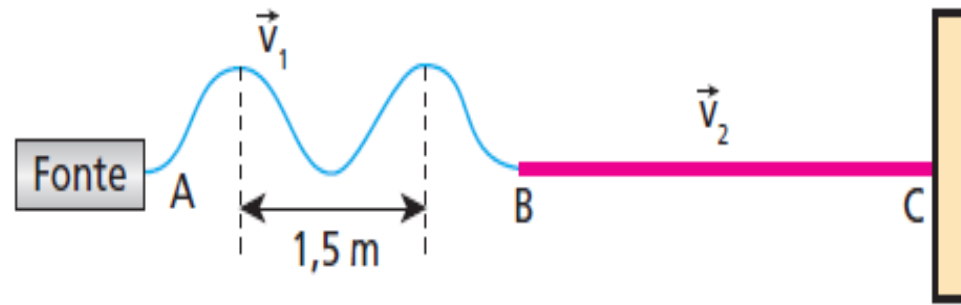
Refração



$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$\left. \begin{array}{l} v_1 = \lambda_1 \cdot f_1 \Rightarrow f_1 = \frac{v_1}{\lambda_1} \\ v_2 = \lambda_2 \cdot f_2 \Rightarrow f_2 = \frac{v_2}{\lambda_2} \end{array} \right\} \begin{array}{l} f_1 = f_2 \\ \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2} \end{array}$$

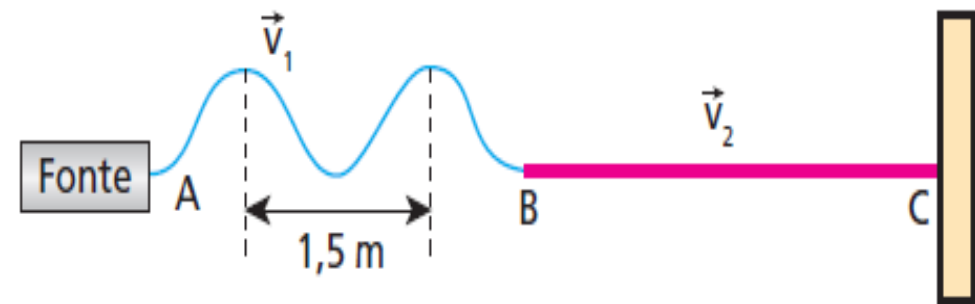
A figura representa uma onda transversal periódica que se propaga nas cordas AB e BC com as velocidades v_1 e v_2 , de módulos respectivamente iguais a 12 m/s e 8,0 m/s.



Nessas condições, o comprimento de onda na corda BC, em metros, é:

- a) 1,0.
- b) 3,0.
- c) 1,5.
- d) 4,0.
- e) 2,0.

A figura representa uma onda transversal periódica que se propaga nas cordas AB e BC com as velocidades v_1 e v_2 , de módulos respectivamente iguais a 15 m/s e 100 m/s.



Nessas condições, calcule o comprimento de onda na corda BC, em metros.

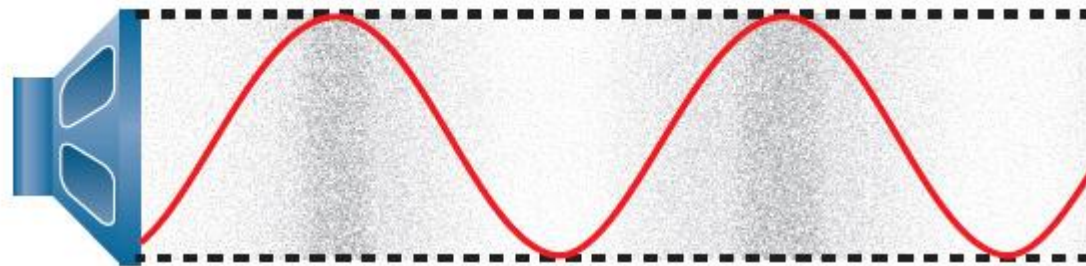


Acústica

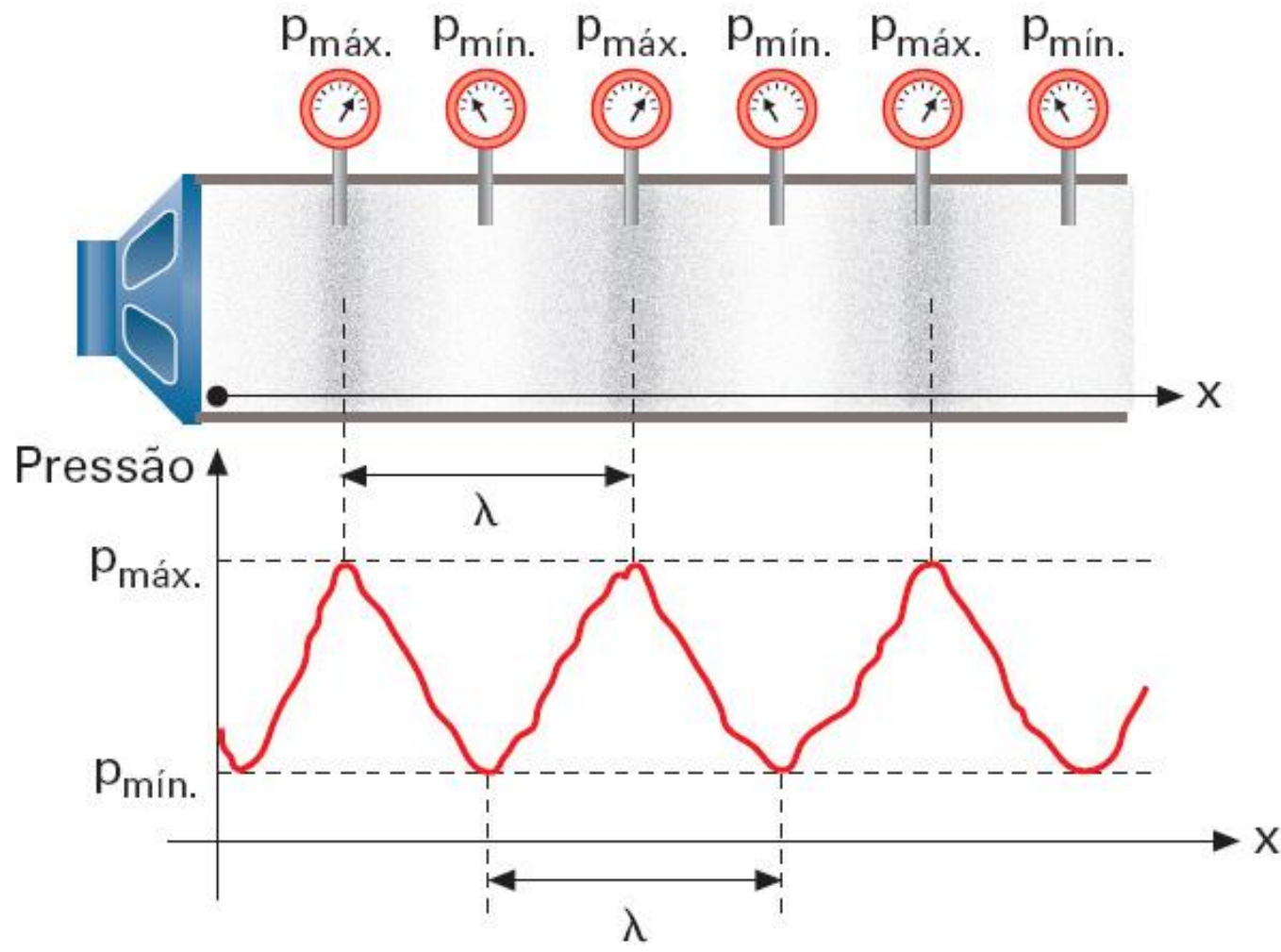
A Natureza do Som

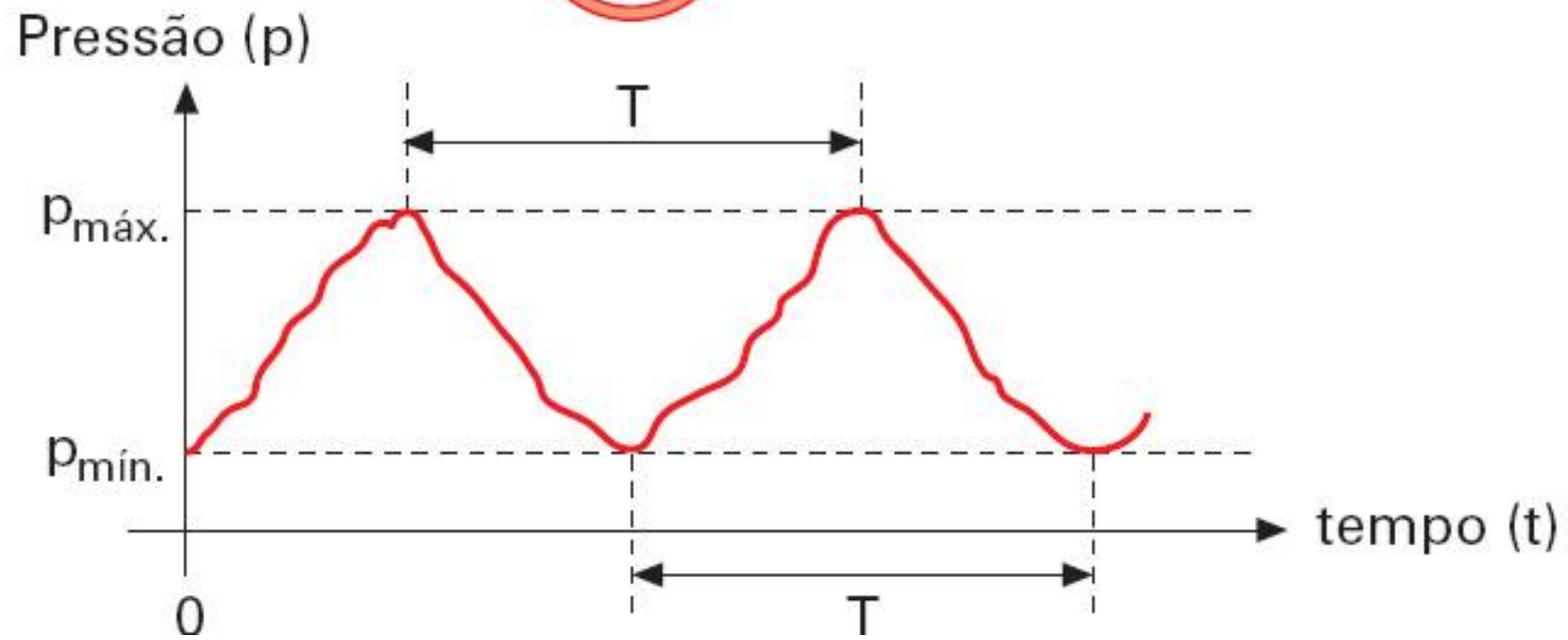
O que é onda sonora?

Onda sonora é uma onda longitudinal mecânica (*portanto só se propaga em um meio material*), cuja frequência está compreendida, aproximadamente, entre 20 Hz e 20.000 Hz.



Para representar a onda sonora, toma-se emprestada a representação de uma onda transversal.





Infra-som e Ultra-som

- Infra-som é uma onda longitudinal mecânica com frequência inferior a 20 Hz;
- Ultra-som é uma onda longitudinal com frequência superior a 20.000 Hz.

Velocidade de propagação

- Depende do meio de propagação, sendo:

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

- Também há influência da temperatura do meio, quanto maior a temperatura maior a velocidade do som.
- Não depende da pressão, frequência e comprimento de onda.

Temperatura		Velocidade
°C	K	m/s
-17	256	317,76
0	273	328,14
10	283	334,10
16	289	337,62
20	293	339,95

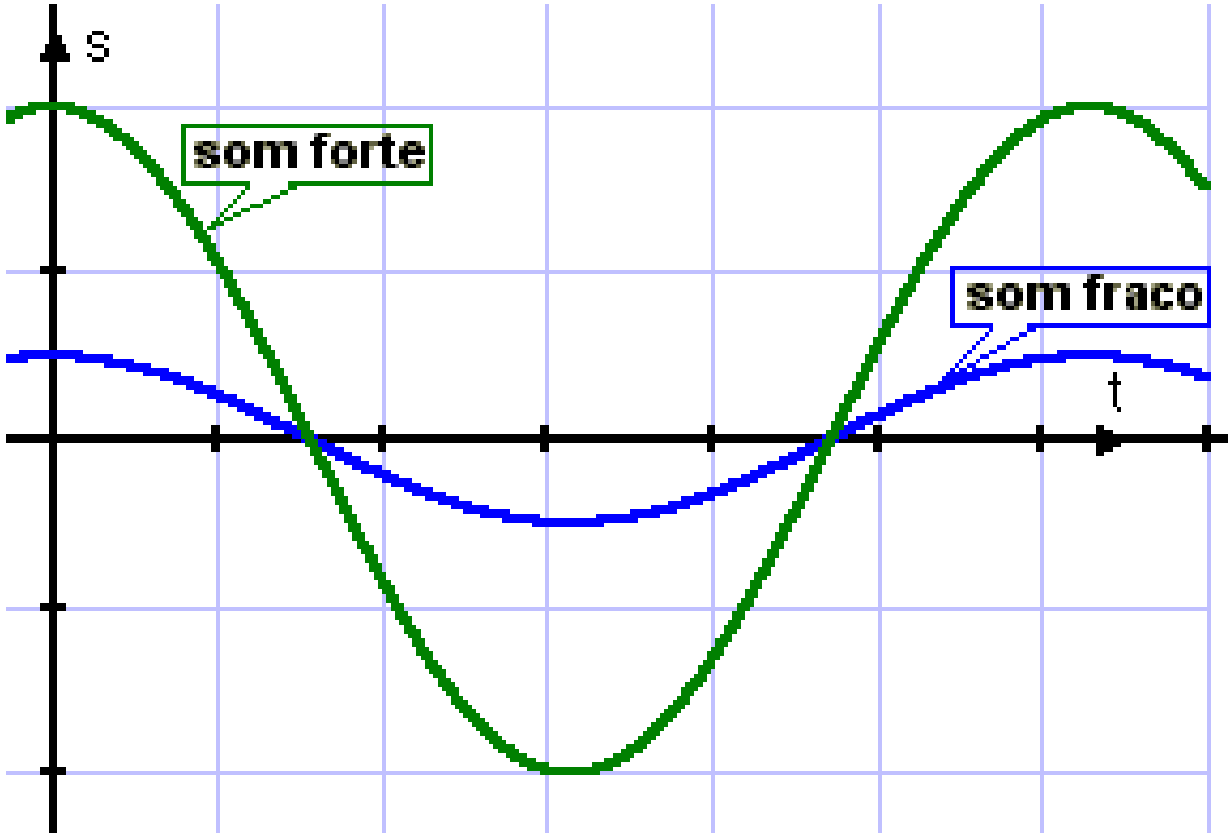
Características do som

Os sons simples distinguem-se uns dos outros por duas características, a saber, **INTENSIDADE** e **ALTURA**; os sons compostos, além daquelas, diferenciam-se pelo **TIMBRE**.

Intensidade Sonora

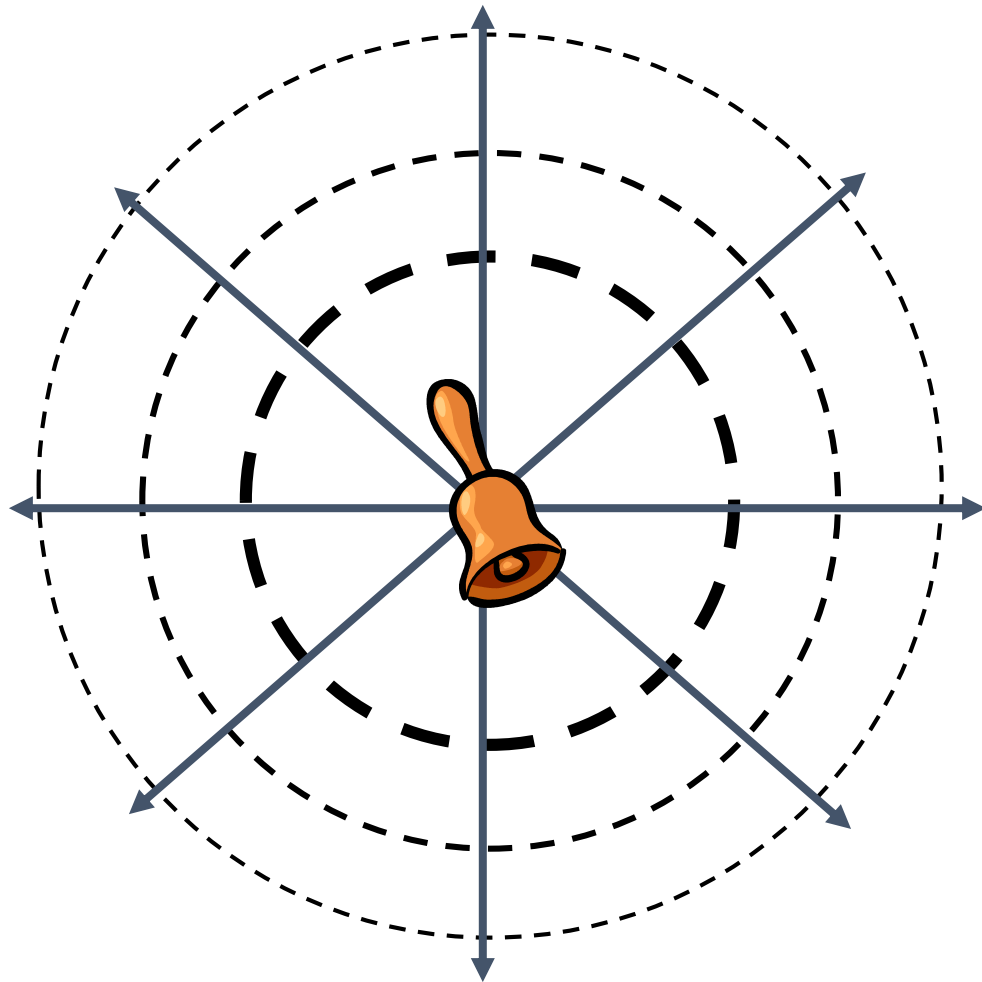
- Está ligada à amplitude das vibrações; (e, portanto à energia transportada pela onda sonora)
- É a qualidade pela qual um som forte (grande amplitude — muita energia) se distingue de um som fraco (pequena amplitude — pouca energia).

Intensidade Sonora



Amplitude das vibrações de uma partícula do campo ondulatório (meio).

Intensidade Média de uma onda



$$I_M \equiv \frac{P_M}{S}$$

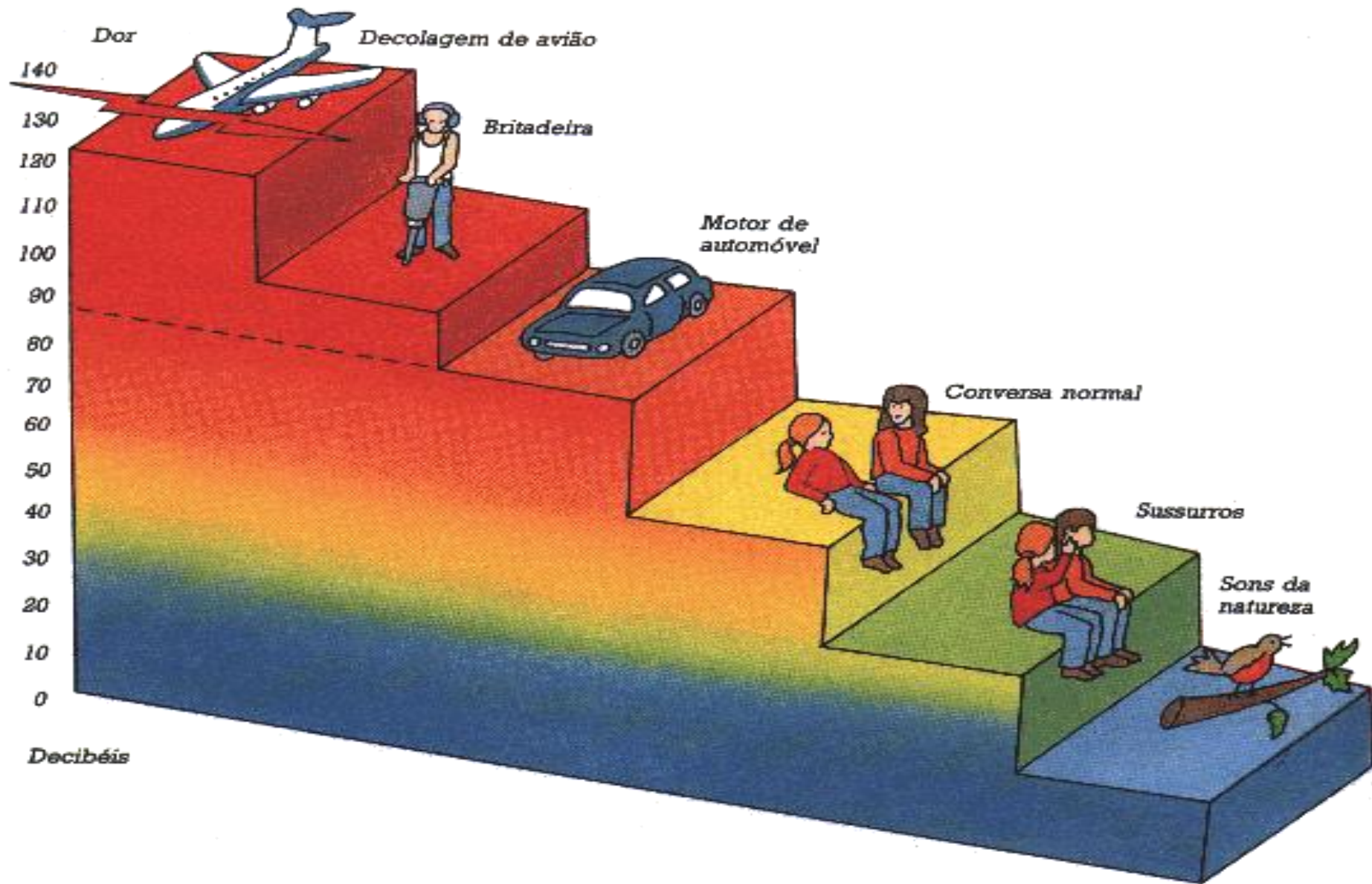
Onde:

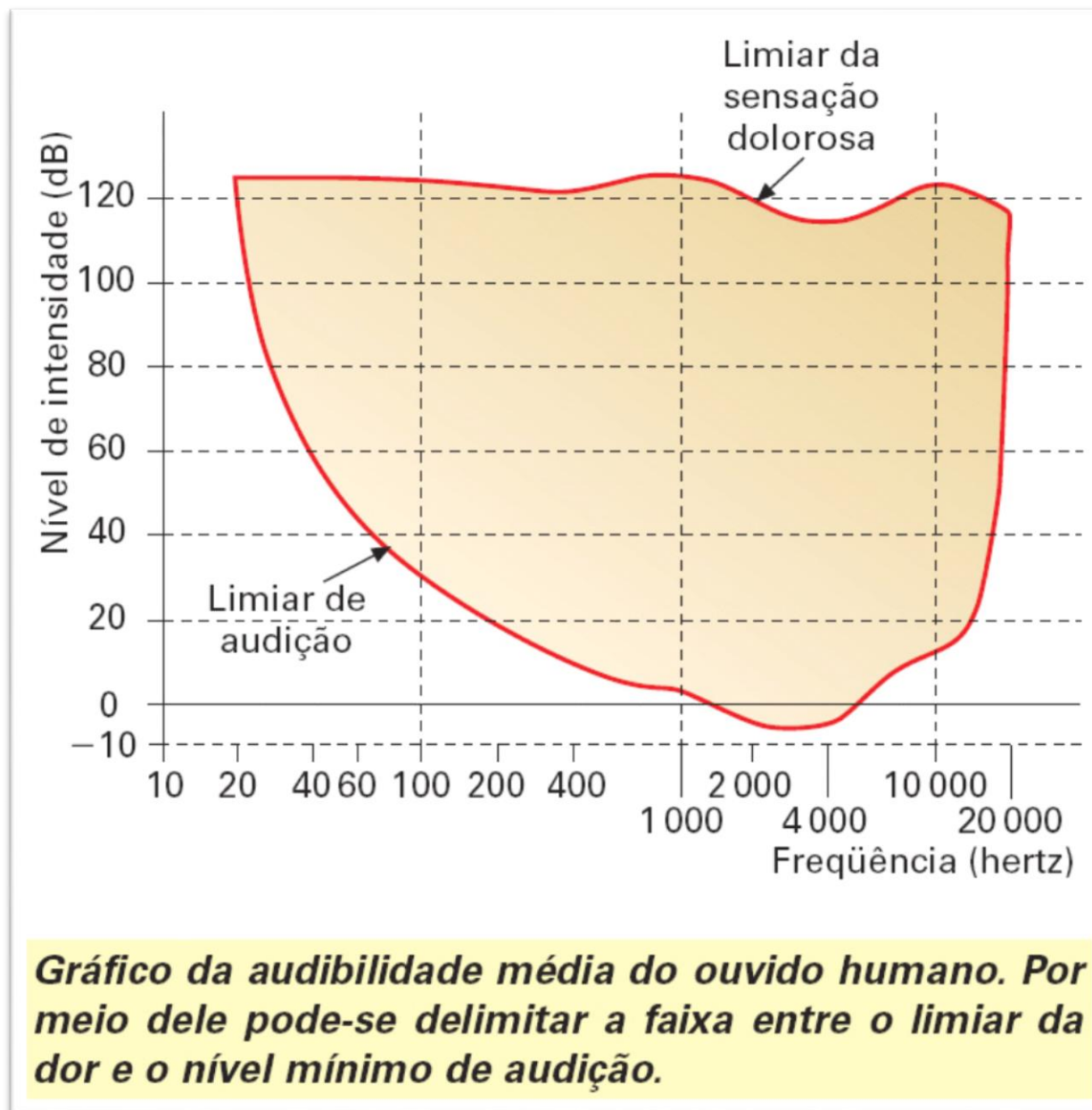
- $S \rightarrow$ área da superfície da onda;
- $\Delta t \rightarrow$ intervalo de tempo;
- $P_M \rightarrow$ potência média;
- No SI, a intensidade média (I_M) de uma onda é medida em W/m^2 .

Nível de Intensidade Sonora

$$\beta = 10 \cdot \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

- $\beta \rightarrow$ nível de intensidade sonora e é medido em dB (decibel)
- $I \rightarrow$ intensidade sonora da onda;
- $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

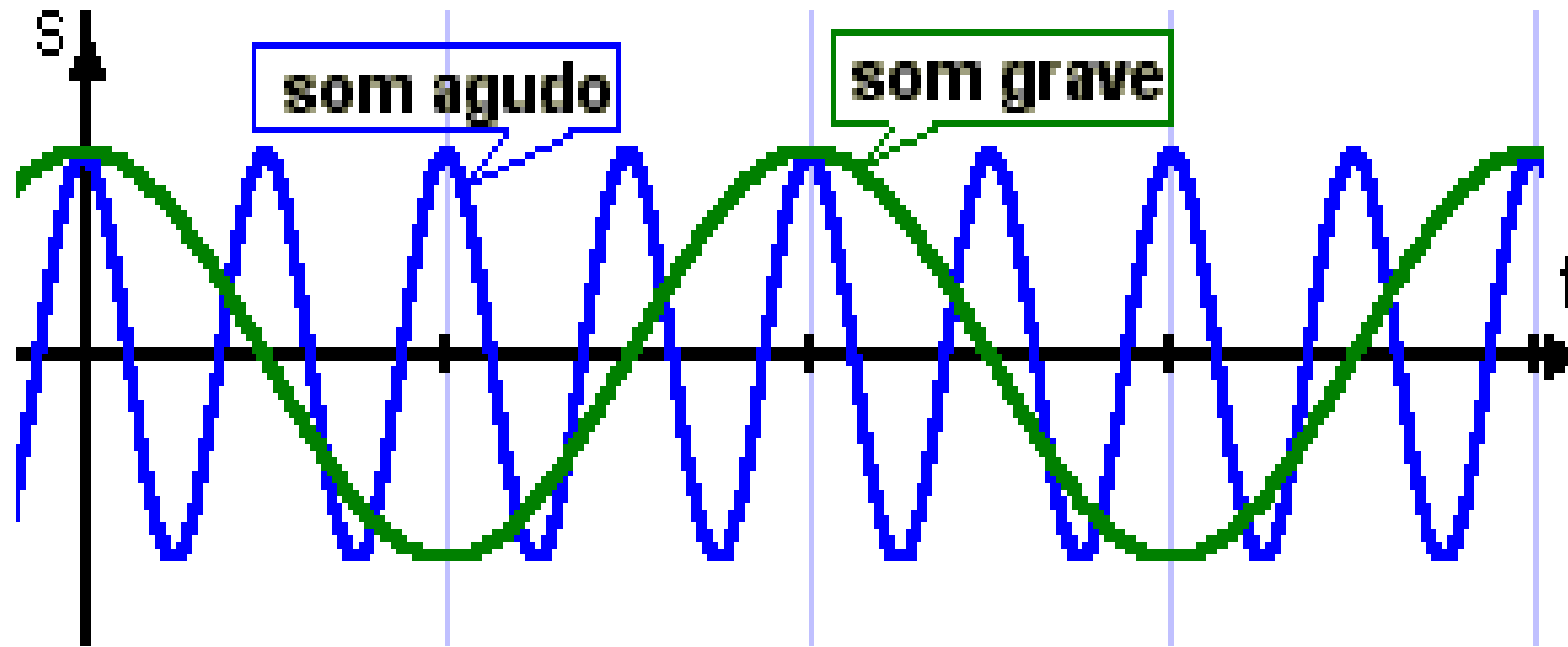




Altura do Som

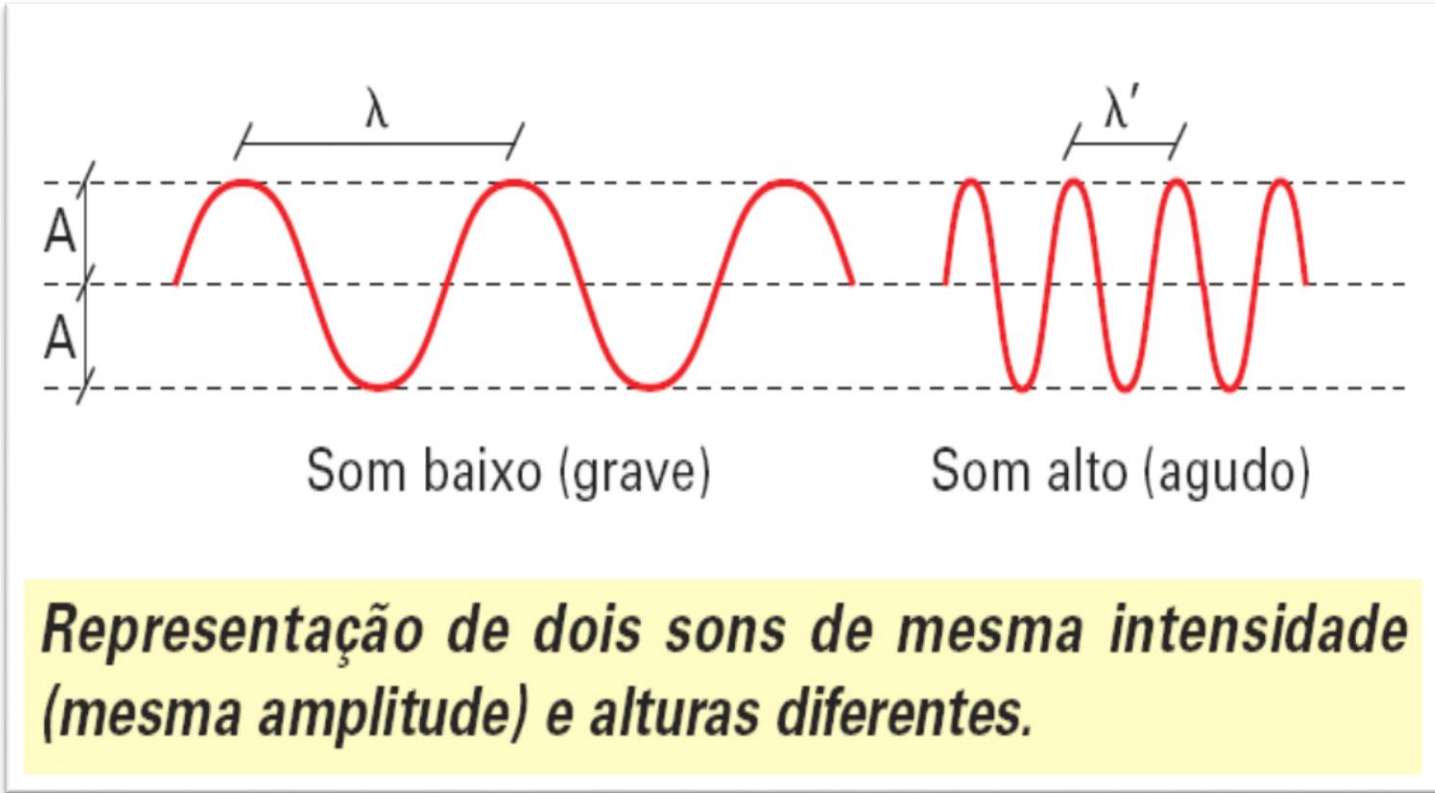
- A altura do som está ligada unicamente à sua frequência;
- É a qualidade pela qual um som grave se distingue de um som agudo;
- Som baixo → frequência baixa → som grave
- Som alto → frequência alta → som agudo

Altura do Som



Frequências das vibrações de uma partícula do campo ondulatório (meio).

Altura do Som

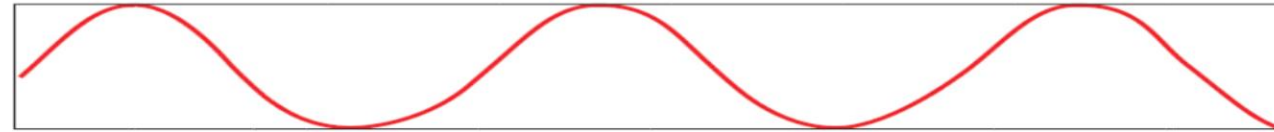


Representação de dois sons de mesma intensidade (mesma amplitude) e alturas diferentes.

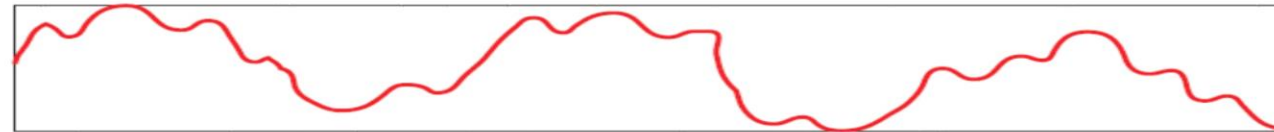
Timbre

- É uma qualidade da fonte sonora;
- É uma função do conjunto de harmônicos que compõem a onda sonora gerada.
- É através do timbre que podemos diferenciar a mesma nota musical emitida por dois instrumentos diferentes.

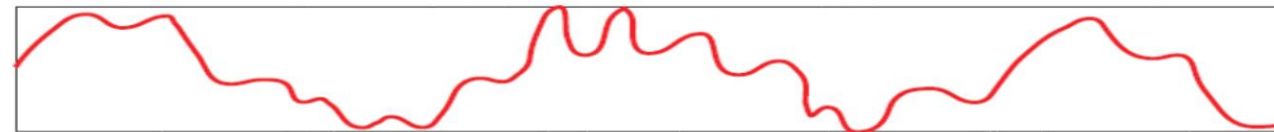
Timbre



a



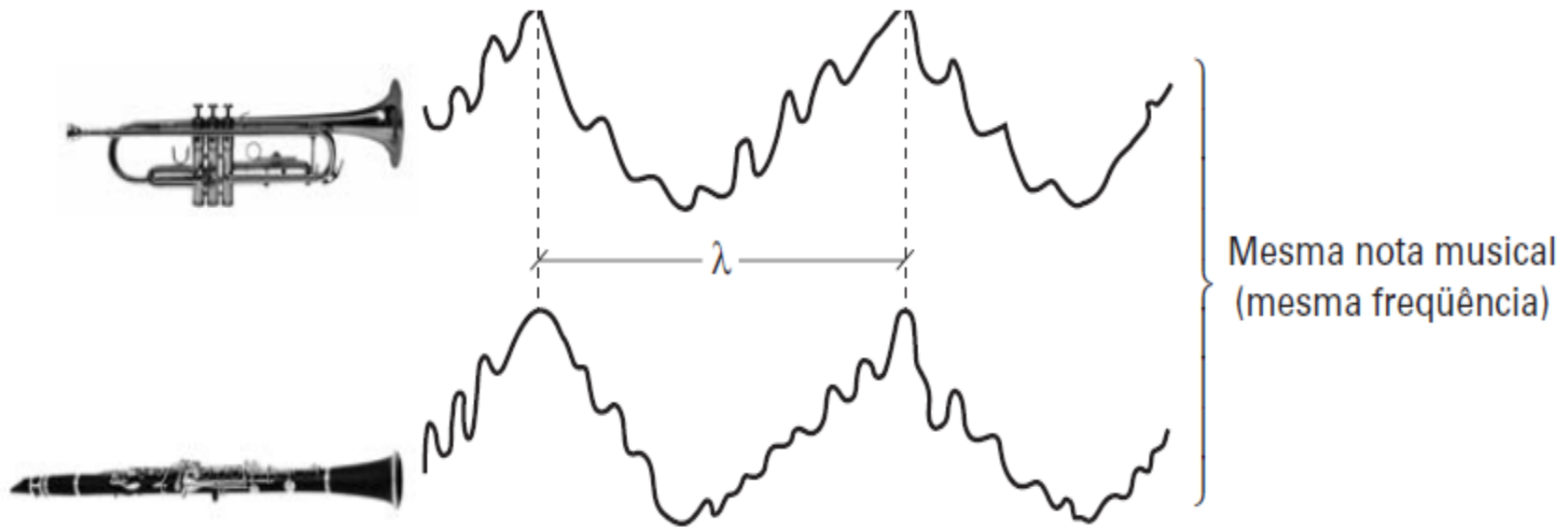
b



c

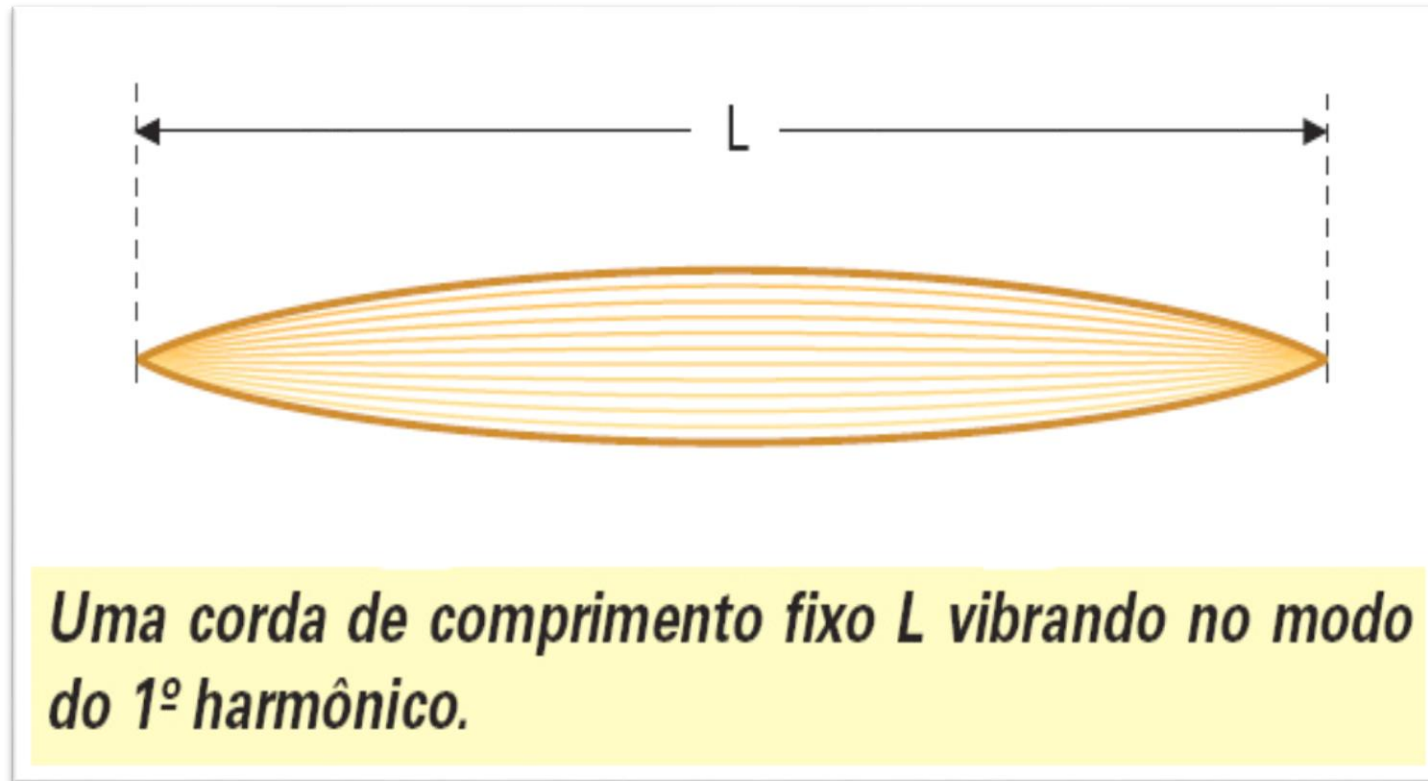
Mesma nota musical, mas com timbres diferentes:
a) representação de uma nota musical (por exemplo, lá) emitida por um diapásão (comumente, a chamamos de "som puro"); b) mesma nota musical, agora emitida por um violão; c) mesma nota, porém tocada em um piano.

Timbre

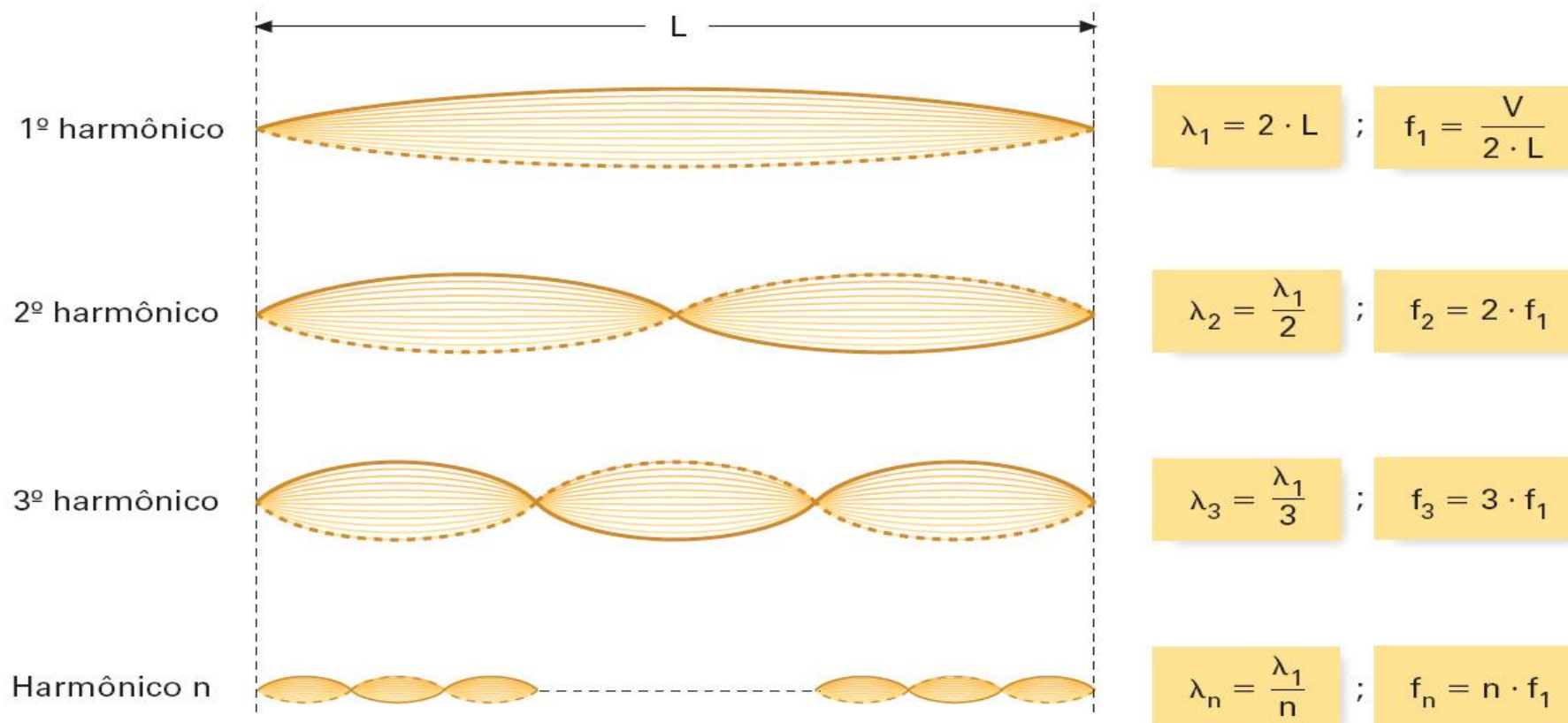


Cordas Vibrantes

1º harmônico ou modo fundamental



Freqüências naturais de vibração



Representações de alguns harmônicos formados em uma corda e seus respectivos valores de freqüência e comprimento de onda.

Equação de Lagrange-Helmholtz

$$f = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{F}{\rho}}$$

Número de ventres

Tração na corda

Freqüência

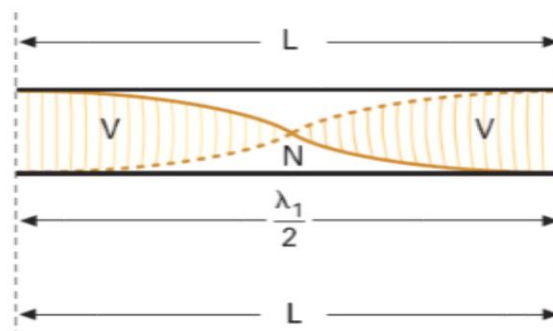
Comprimento da corda

Densidade Linear

The diagram shows the Lagrange-Helmholtz equation $f = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{F}{\rho}}$ with blue arrows pointing from labels to the corresponding variables in the equation. The label 'Número de ventres' points to the variable n . The label 'Tração na corda' points to the variable F . The label 'Densidade Linear' points to the variable ρ . The label 'Comprimento da corda' points to the variable $2L$. The label 'Freqüência' points to the variable f .

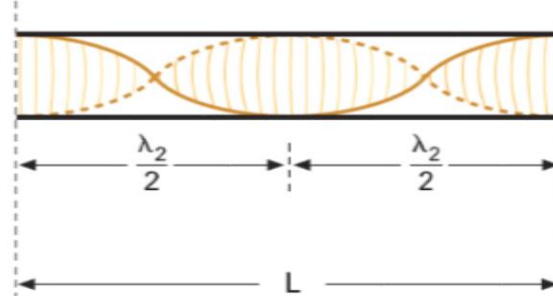
Tubo Sonoro Aberto

(I) Som fundamental
1º harmônico



$$\lambda_1 = 2 \cdot L ; f_1 = \frac{V}{2 \cdot L}$$

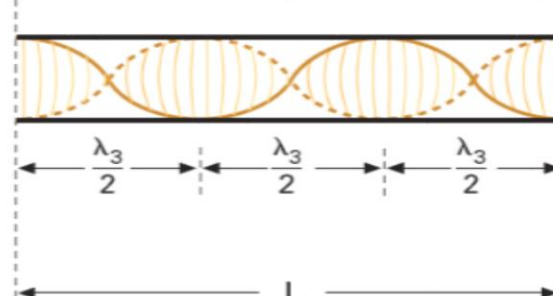
(II) 2º harmônico



$$\lambda_2 = \frac{2 \cdot L}{2} \therefore \lambda_2 = \frac{\lambda_1}{2}$$

Logo: $f_2 = 2 \cdot f_1$

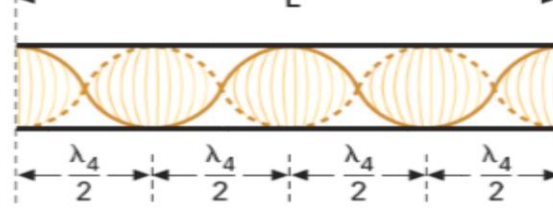
(III) 3º harmônico



$$\lambda_3 = \frac{2 \cdot L}{3} \therefore \lambda_3 = \frac{\lambda_1}{3}$$

Logo: $f_3 = 3 \cdot f_1$

(IV) 4º harmônico



$$\lambda_4 = \frac{2 \cdot L}{4} \therefore \lambda_4 = \frac{\lambda_1}{4}$$

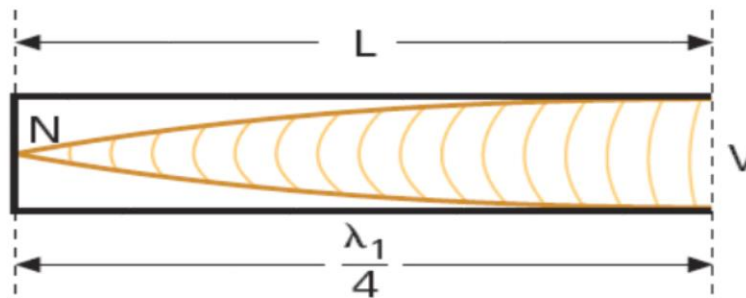
Logo: $f_4 = 4 \cdot f_1$

Representação de ondas estacionárias em um tubo aberto em ambas as extremidades. A configuração I corresponde à frequência fundamental (n = 1); as configurações seguintes (II, III e IV) correspondem aos harmônicos seguintes (n = 2, 3 e 4). A letra V indica ventre, e a N, o nó.



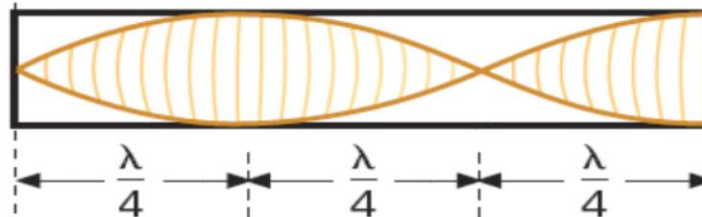
Tubo Sonoro Fechado

(I) Som fundamental
1º harmônico



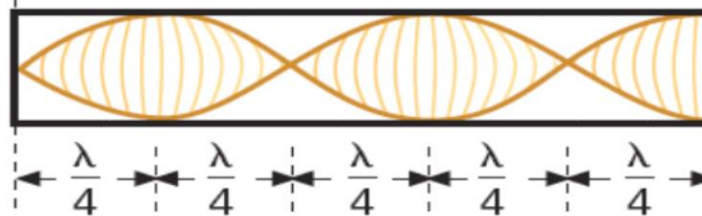
$$L = \frac{\lambda_1}{4}$$

(II)



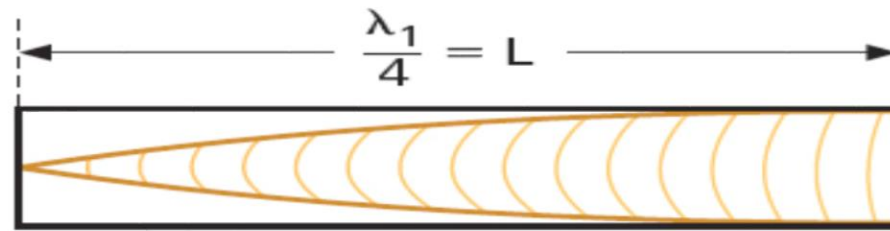
$$L = \frac{3\lambda}{4}$$

(III)

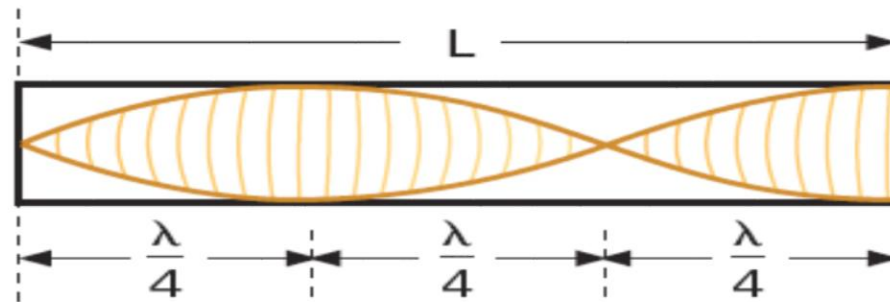


$$L = \frac{5\lambda}{4}$$

Representação de ondas estacionárias em um tubo de comprimento L , aberto em apenas uma das extremidades. A letra V indica as regiões onde se formam os ventres; e a N , as regiões onde se formam os nós.



$$\lambda_1 = 4L; f_1 = \frac{V}{\lambda} = \frac{V}{4L}$$

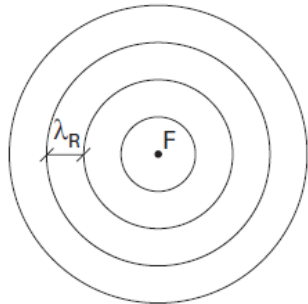


$$3 \cdot \frac{\lambda}{4} = L \Rightarrow \lambda = \frac{4L}{3} \quad \therefore \lambda = \frac{\lambda_1}{3}$$

$$f = \frac{V}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{V}{\frac{4L}{3}} \quad \therefore f = 3f_1$$

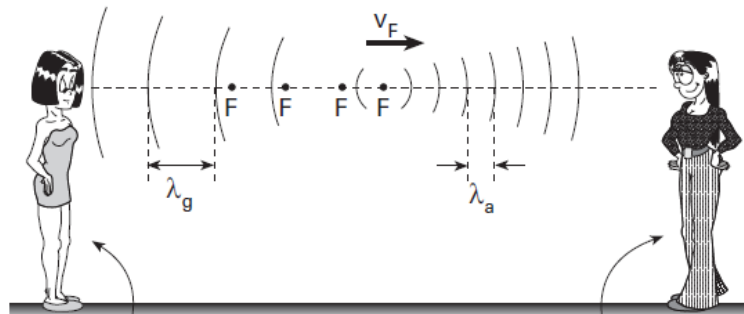
Efeito Doppler

I) Fonte em repouso em relação à Terra



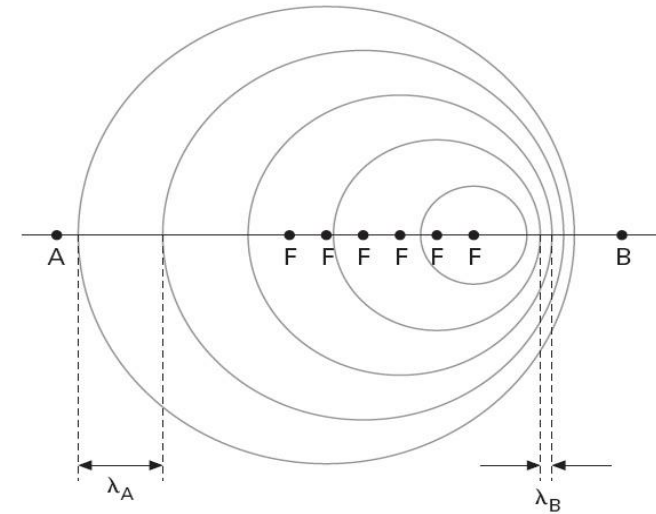
λ_R : real comprimento de onda
 f_R : frequência emitida pela fonte

II) Fonte em movimento em relação aos observadores



O observador percebe o som mais grave
 $(f_{ap} < f_R)$

O observador percebe o som mais agudo
 $(f_{ap} > f_R)$



$$f_{aparente} = f_{real} \cdot \frac{v_{som} \pm v_{receptor}}{v_{som} \pm v_{fonte}}$$