

## ONDULATÓRIA:

Onda Progressiva é uma forma de transmitir energia. Pode-se dizer que uma onda progressiva é energia em trânsito, saindo da fonte e se espalhando. Exemplo: onda sonora.

Onda Estacionária é uma forma de conservar a energia. Pode-se dizer que uma onda estacionária é energia confinada numa região do espaço. Exemplo: onda na corda de um violão.

Onda Mecânica é uma deformação num meio material elástico. Devido a elasticidade do meio, a energia é transferida de um ponto a outro do meio. Não existe no vácuo. Necessita de um meio material. Quanto mais rígido, maior será a velocidade de propagação. Exemplo: onda numa corda.

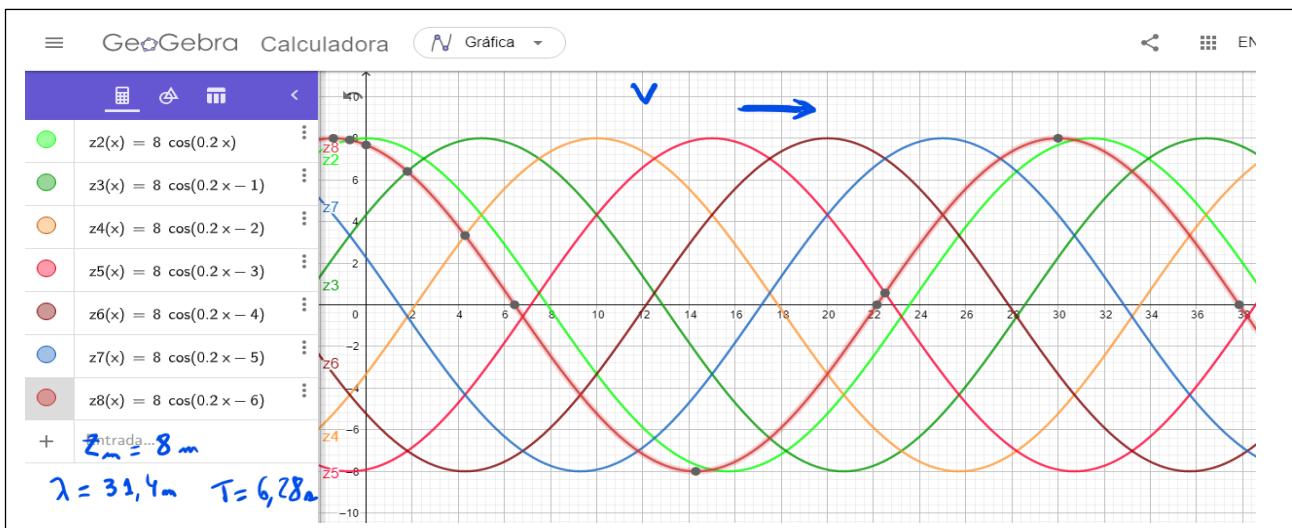
Onda Eletromagnética é uma perturbação no espaço-tempo. É percebida através de campo eletromagnético variável. O campo elétrico varia radialmente e o campo magnético associado varia circularmente em torno da direção de propagação. Existe no vácuo. Não necessita de um meio material. Quanto maior for o vácuo, maior será a velocidade de propagação. Exemplo: luz visível.

Onda Transversal é a onda que tem a direção de propagação normal (faz 90°) em relação a direção de oscilação (vibração). Exemplos: onda na superfície de um lago, onda eletromagnética.

Onda Longitudinal é a onda que tem a direção de propagação paralela a direção de oscilação. Exemplo: onda sonora.

Forma de Onda Mecânica Transversal (vibração no eixo z) Progressiva (velocidade no sentido positivo do eixo x):

$$z(x, t) = z_m \cdot \cos(k \cdot x - \omega \cdot t + \phi_0)$$



Amplitude de oscilação ( $z_m$ ): a onda oscila entre  $-z_m$  e  $+z_m$

Comprimento de onda ( $\lambda$ ): é a distância que uma onda completa percorre.

Número de onda ( $k$ ): é o análogo a frequência angular no espaço  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

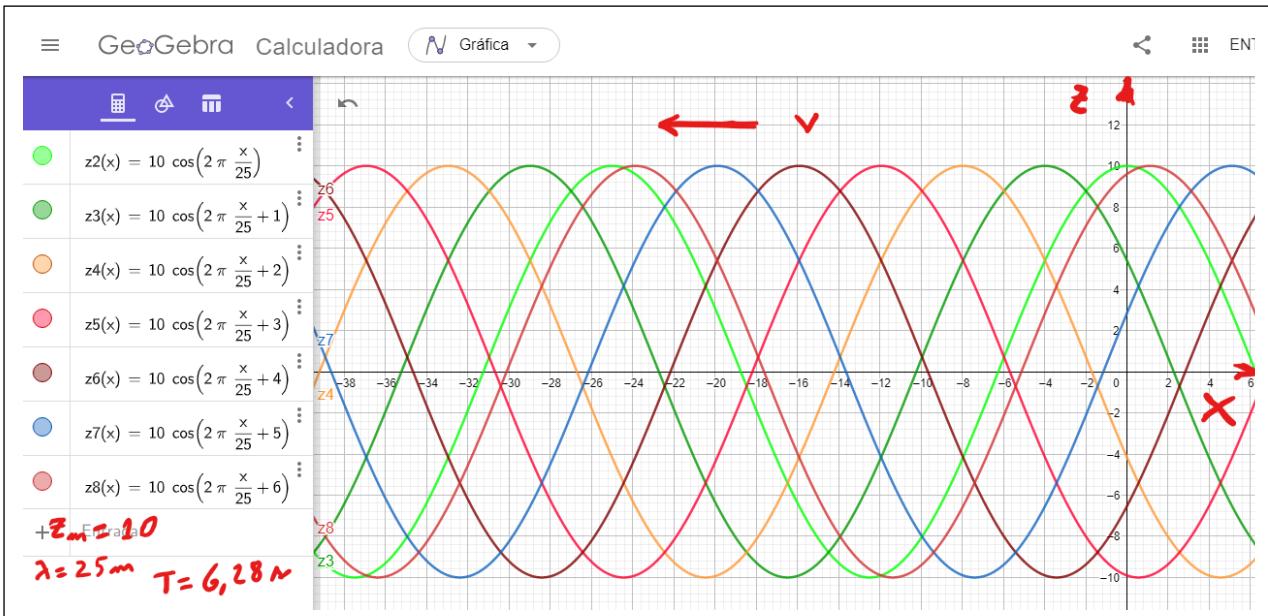
Período da onda ( $T$ ): é o intervalo de tempo para uma onda completa ser gerada.

Frequência da onda ( $f$  ou  $v$ ): é o número de ondas geradas durante uma unidade de tempo.

Frequência angular da onda ( $\omega$ ):  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  ou  $\omega = 2\pi \cdot f$

Forma de Onda Mecânica Transversal (vibração no eixo z) Progressiva (velocidade no sentido negativo do eixo x):

$$z(x, t) = z_m \cdot \cos(k \cdot x + \omega \cdot t + \phi_0)$$



Velocidade de Propagação ( $v$ ): é definida por  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$  considerando que uma onda completa percorre  $\Delta s = \lambda$  durante o intervalo de tempo  $\Delta t = T$  então:  $v = \frac{\lambda}{T}$  e ainda como  $f = \frac{1}{T}$  vem:  $v = \lambda \cdot f$

Esta relação é muito importante. Sabendo o comprimento de onda e a frequência ou o período, pode-se calcular a velocidade de propagação.

Exemplo 1: Se uma onda é dada, em unidades S.I., pela expressão:  $z = 0,3 \cdot \sin(9 \cdot y - 180 \cdot t)$  Determine:

- A direção e o sentido da propagação
- A amplitude de oscilação
- A frequência
- O período
- O comprimento de onda
- A velocidade de propagação

Exemplo 2: Se uma onda é dada, em unidades S.I., pela expressão:  $y = 25 \cdot \sin(22 \cdot x + 46 \cdot t)$  Determine:

- A direção e o sentido da propagação
- A amplitude de oscilação
- A frequência
- O período
- O comprimento de onda
- A velocidade de propagação

Exemplo 3: Uma onda tem os seguintes parâmetros:

- A direção e o sentido da propagação: eixo z positivo
- A amplitude de oscilação: 0,16m no eixo y
- A frequência: 9,5Hz
- O comprimento de onda: 0,36m

Escreva a equação que representa a forma desta onda pela expressão:

$$z(x, t) = z_m \cdot \cos(k \cdot x + \omega \cdot t + \phi_0)$$

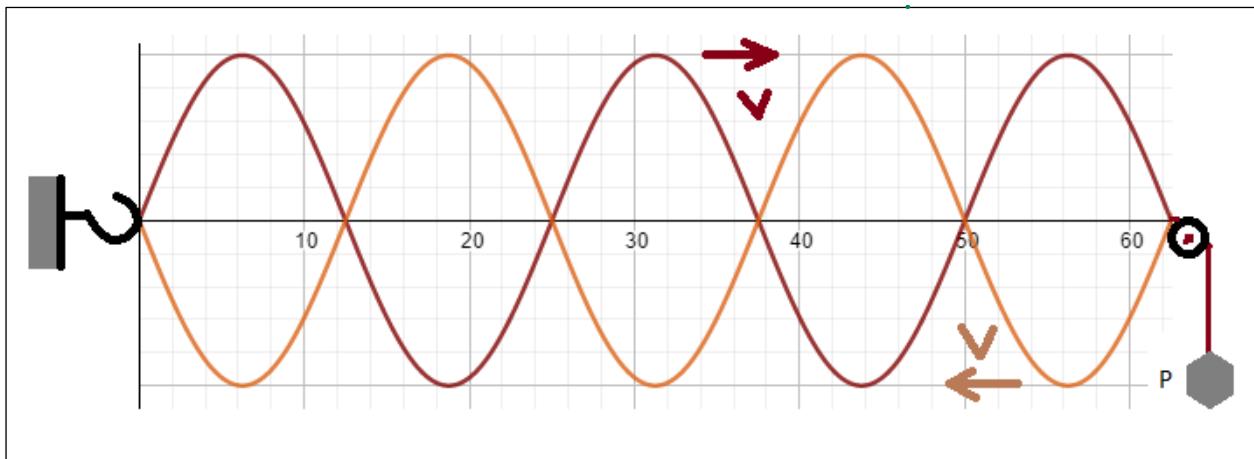
Exemplo 4: Calcule o comprimento de onda da micro onda da onda portadora do sinal do seu smartphone.

Dado:  $f = 9,2\text{GHz}$  e velocidade da luz  $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$

Velocidade de Propagação de uma Onda numa Corda Tensionada:

Uma corda que tem área de seção reta ( $A$ ), comprimento ( $L$ ) e massa ( $m$ ) se estiver sujeita a uma força de tração ( $F$ ) poderá propagar ondas a velocidade ( $v$ ):

$$v = \sqrt{\frac{\tau \cdot A}{\mu}} \text{ onde } \tau = \frac{F}{A} \text{ é a tensão da corda e } \mu = \frac{m}{L} \text{ é a densidade linear da corda.}$$



Exemplo 1: Uma corda que tem: massa  $m = 6,0\text{g}$ ; comprimento  $L = 2,00\text{m}$ ; tensão  $\tau = 50\text{Pa}$ ; diâmetro  $0,5\text{mm}$

Qual é a velocidade de propagação das ondas geradas nesta corda?

Exemplo 2: Uma corda que tem: massa  $m = 3,0\text{g}$ ; comprimento  $L = 1,00\text{m}$ ; tensão  $\tau = 50\text{Pa}$ ; diâmetro  $0,5\text{mm}$

Qual é a velocidade de propagação das ondas geradas nesta corda?

Exemplo 3: Uma corda que tem: massa  $m = 40\text{g}$ ; comprimento  $L = 2,00\text{m}$ ; força de tração  $F = 500\text{N}$

Qual é a velocidade de propagação das ondas geradas nesta corda?

## Equação Diferencial de Geração de uma Onda Transversal:

$$\frac{d^2z}{dx^2} = \frac{1}{v^2} \cdot \frac{d^2z}{dt^2} \quad \text{onde para uma corda: } v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Para uma Onda Eletromagnética:

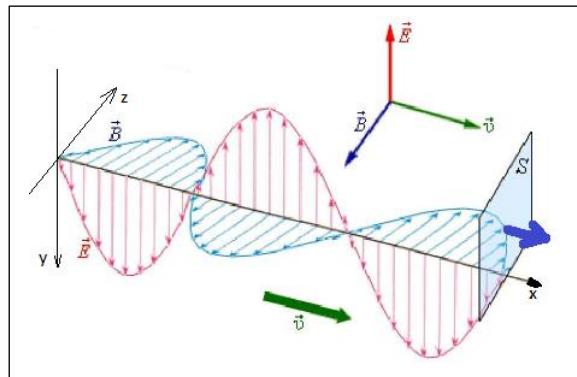
$$\frac{d^2 B_z}{dz^2} = \mu_0 \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{d^2 B_z}{dt^2} \quad \text{campo magnético}$$

$$\frac{d^2E_y}{dy^2} = \mu_0 \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{d^2Ey}{dt^2} \text{ campo elétrico}$$

Sendo a velocidade da luz:  $c = \sqrt{\frac{1}{\mu_0 \cdot \epsilon_0}}$

$\mu_0$  é a permeabilidade magnética do vácuo e

$\varepsilon_0$  é a permissividade elétrica do vácuo.



Potência com que a Energia é Transmitida por uma Onda Transversal numa Corda:

É definida pela expressão:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \mu \cdot v \cdot y_m^2 \cdot \omega^2 \quad \text{onde } \mu \text{ é a densidade da corda; } \omega = 2\pi \cdot f$$

Exemplo 1: Calcule a potência média para a transferência de energia de uma corda que tem densidade 0,03kg/m; velocidade de propagação 129m/s que propaga ondas de amplitude 2,0cm e frequencia de 4,50Hz.

Exemplo 2: Calcule a potência média para a transferência de energia de uma corda que tem densidade 0,03kg/m; velocidade de propagação 25m/s que propaga ondas de amplitude 2,0cm e frequencia de 4,50Hz.

Exemplo 3: Calcule a potência média para a transferência de energia de uma corda que tem densidade 0,03kg/m; velocidade de propagação 129m/s que propaga ondas de amplitude 2,0cm e frequencia de 450Hz.

## Onda Transporta o quê ???

Transporta Energia. Não transporta Matéria.