

Tubos sonoros

- Livro 6 / Capítulo 6 / Página 282

Apresentação, orientação e tarefa: fisicasp.com.br

Prof. Caio Gomes





Flauta Andina

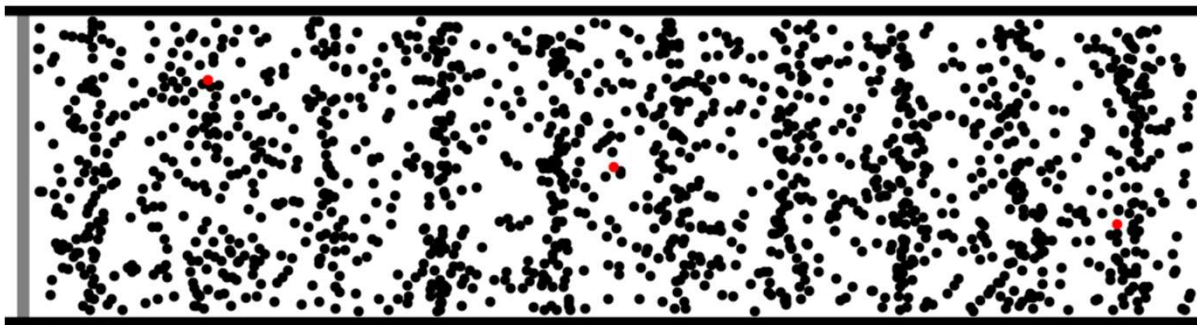


Flauta Doce



Onda sonora progressiva

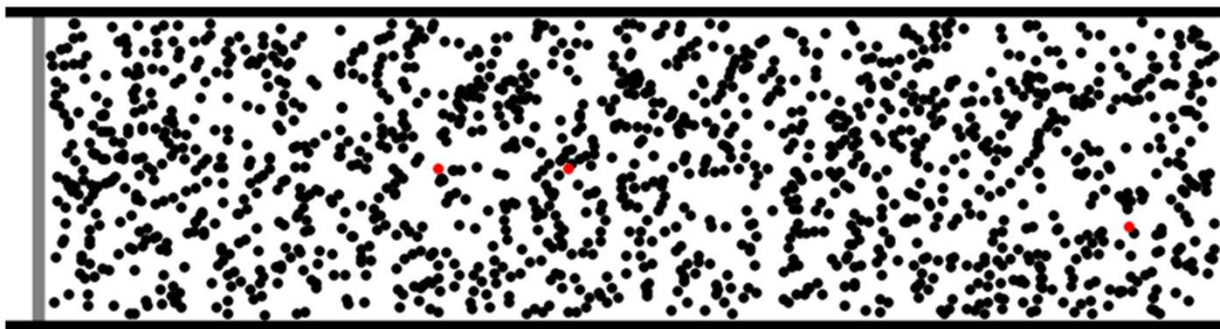
oscilação   propagação



©2011, Dan Russell

Onda sonora estacionária

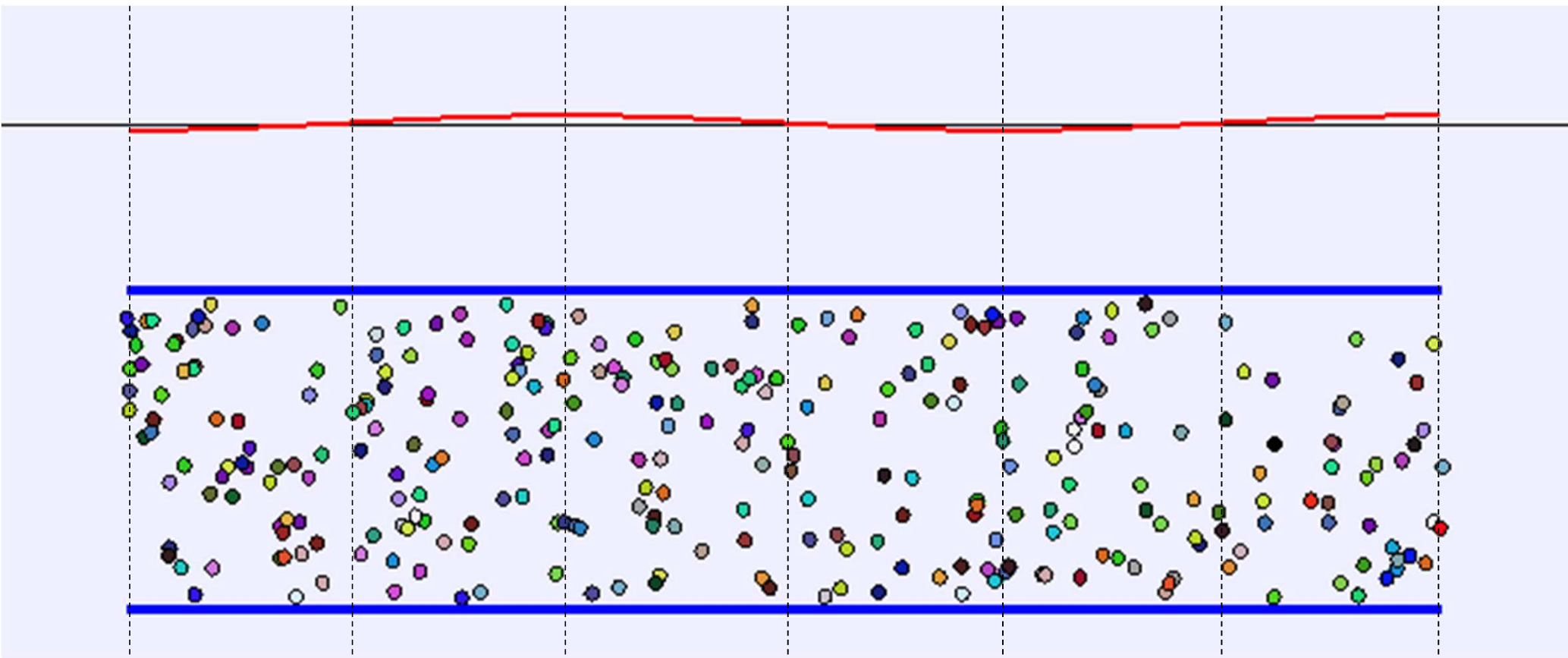
oscilação 



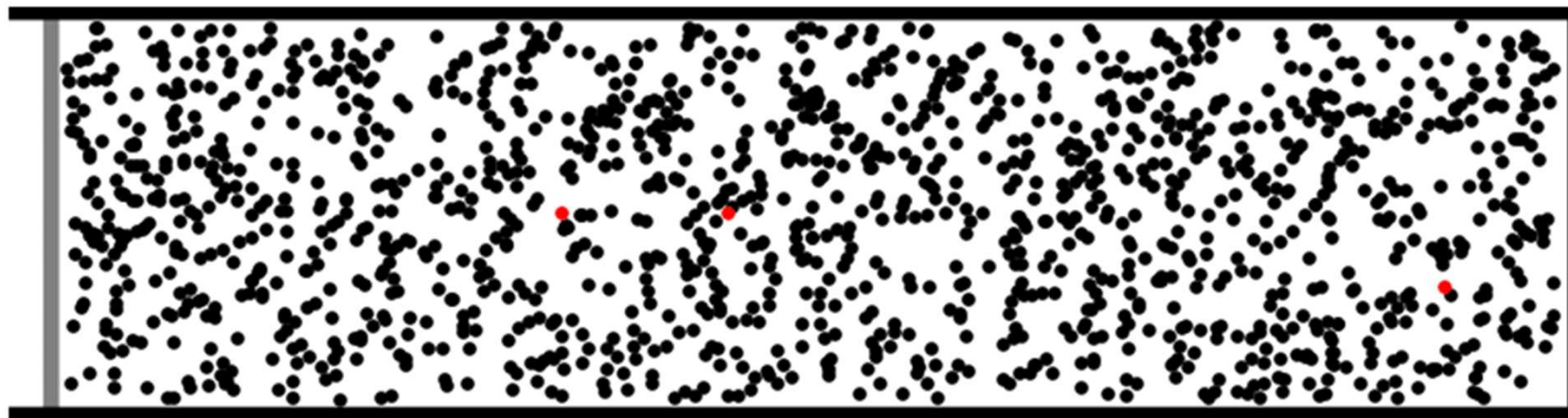
©2012, Dan Russell

Onda de deslocamento: tubo aberto

V N V N V N V

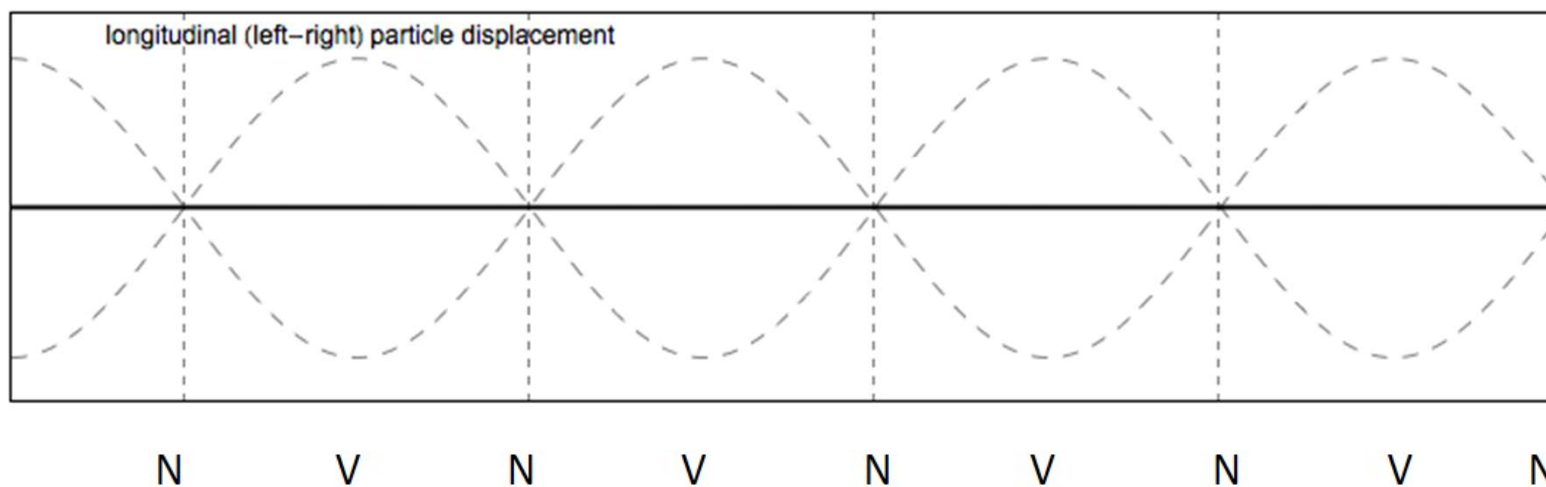


Onda de deslocamento: tubo fechado



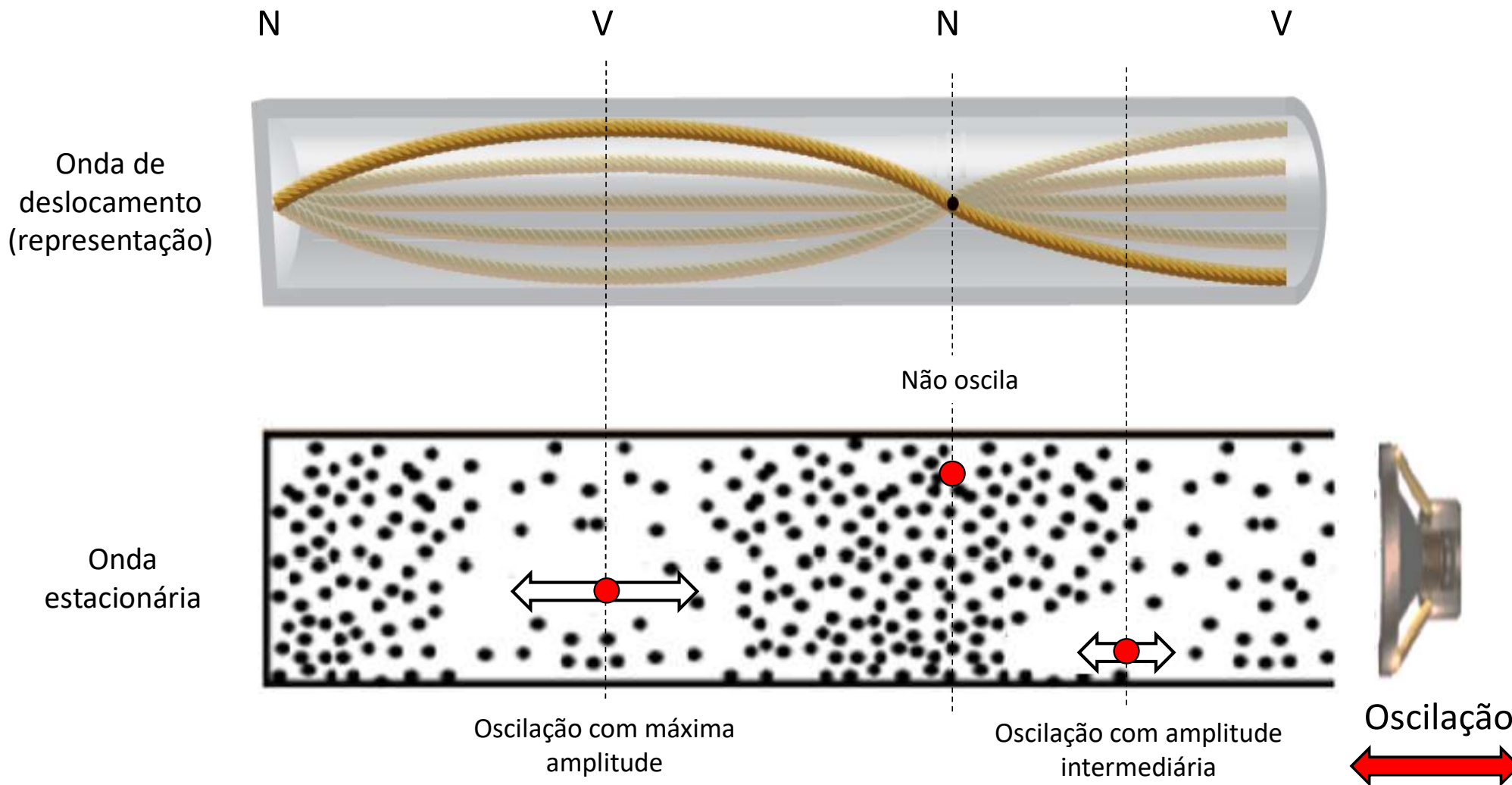
©2012, Dan Russell

Onda estacionária

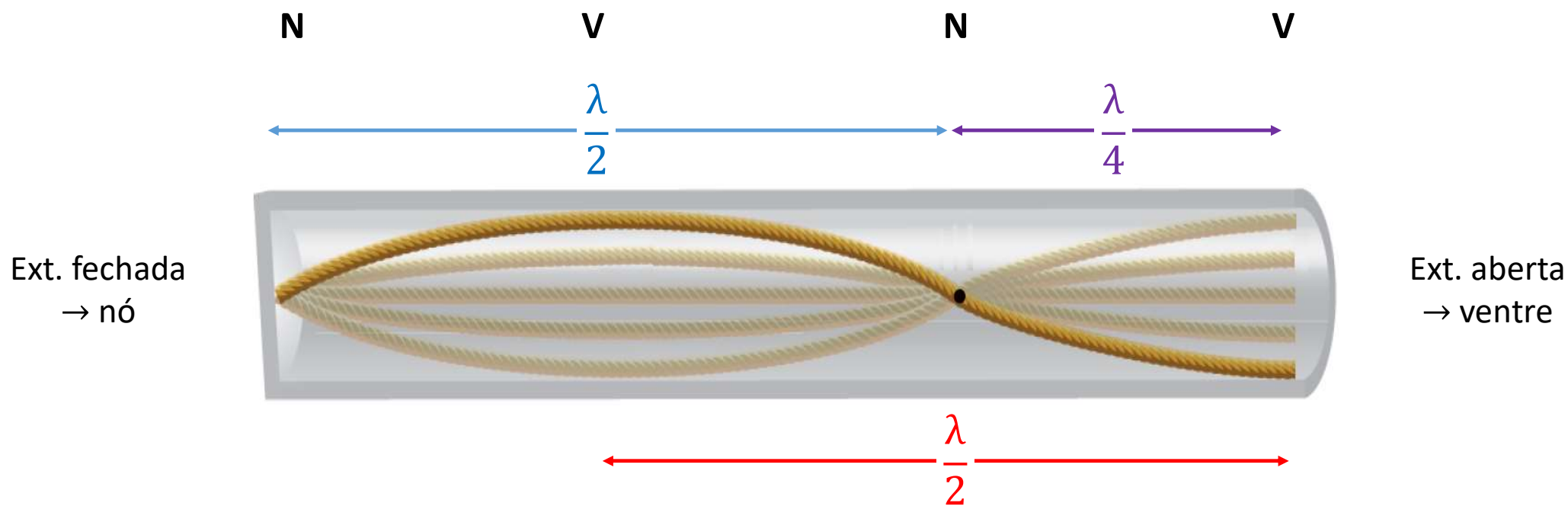


Onda de deslocamento (representação)

1. Representação por meio de onda de deslocamento

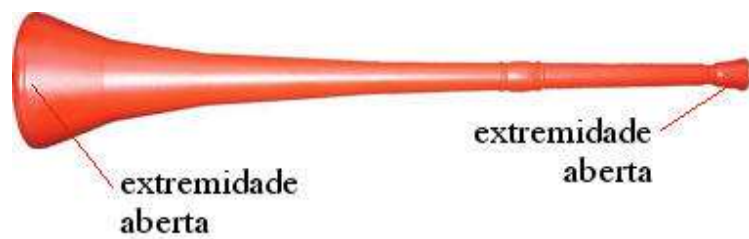


2. Nós, ventres e comprimento de onda



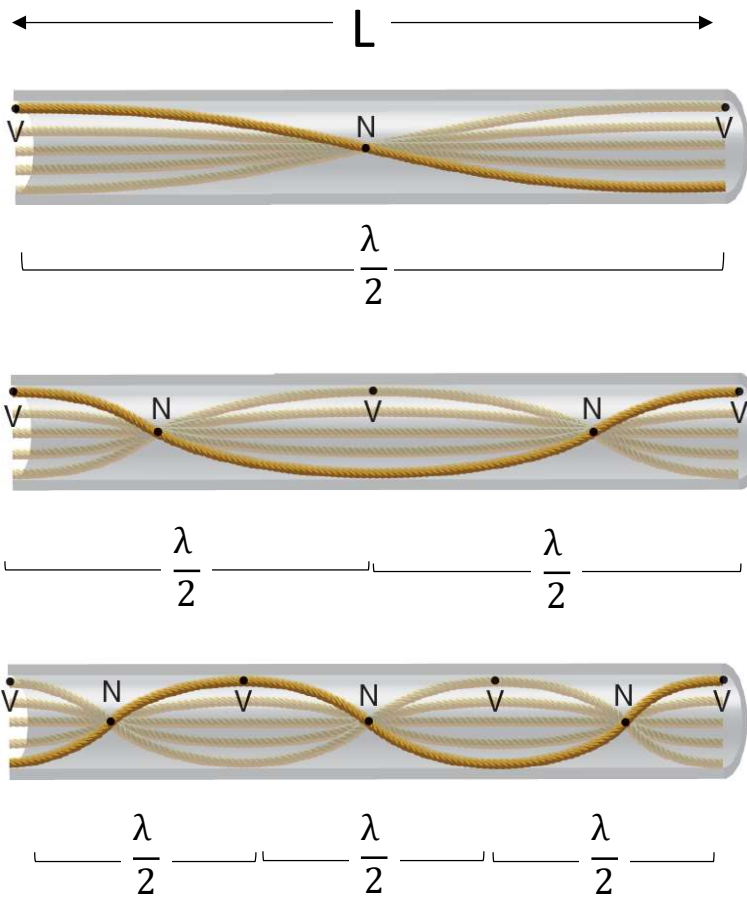
- N: nó → interferência destrutiva
- V: ventre → interferência construtiva

Vuvuzela



Berrante





Primeiro harmônico (fundamental)
n = 1

Segundo harmônico
n = 2

Terceiro harmônico
n = 3

f : aumenta
V : constante
λ : diminui

$$\uparrow f_n = \frac{V_{cte}}{\lambda_n \downarrow} \quad \uparrow f_n = \uparrow (n) \left[\frac{V}{2L} \right]_{cte}$$

Modos de vibração – tubo aberto

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

$$L = (1) \cdot \frac{\lambda_1}{2} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{2L}{(1)}$$

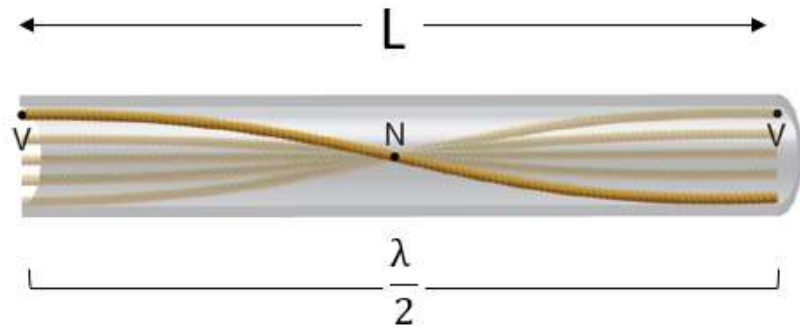
$$L = (2) \cdot \frac{\lambda_2}{2} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{2L}{(2)}$$

$$L = (3) \cdot \frac{\lambda_3}{2} \Rightarrow \lambda_3 = \frac{2L}{(3)}$$

$$L = (n) \cdot \frac{\lambda_n}{2} \Rightarrow \lambda_n = \frac{2L}{(n)}$$

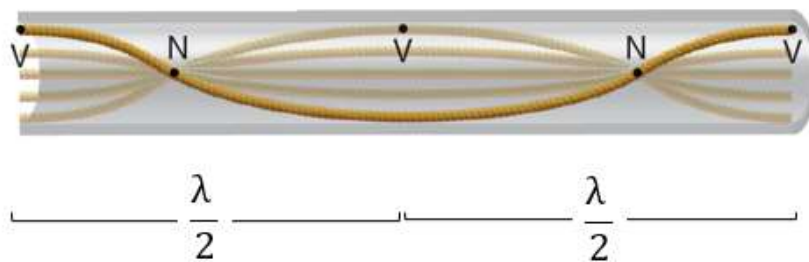
$$f_n = \frac{V}{\lambda_n} \Rightarrow f_n = \frac{V}{\frac{2L}{(n)}} \Rightarrow f_n = (n) \frac{V}{2L}$$

Modos de vibração – tubo aberto



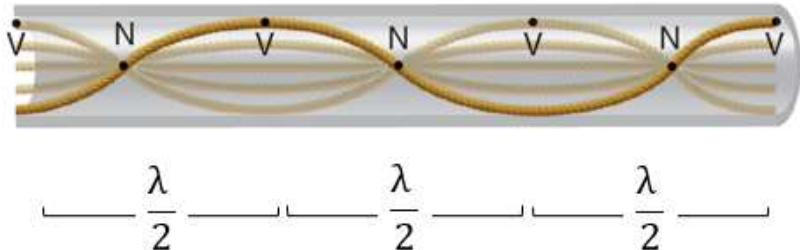
Primeiro
harmônico
(fundamental)

$n = 1$



Segundo
harmônico

$n = 2$



Terceiro
harmônico

$n = 3$

Os harmônicos também são denominados modos normais / naturais de oscilação do sistema ou frequências de ressonância.

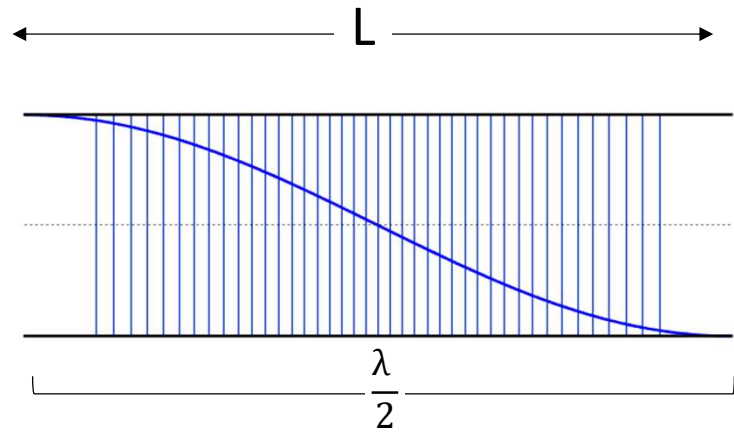
Somente ocorrerá a formação dos harmônicos quando a fonte oscilar em umas das frequências naturais do sistema:

$$f_n = (n) \frac{v}{2L} \quad (n = 1, 2, 3, 4 \dots)$$

Nesses casos, o ar e a fonte estarão em ressonância.

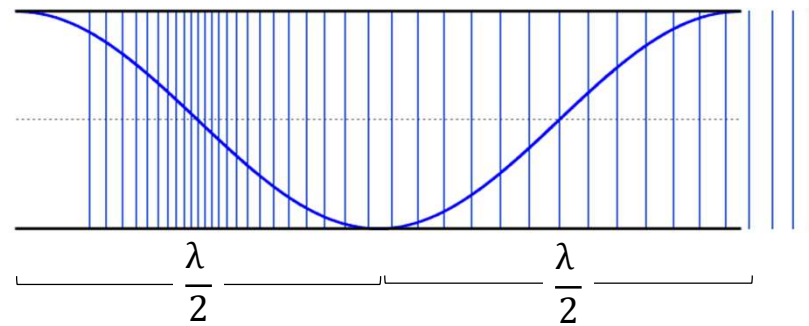
Modos de vibração – tubo aberto

$$n = 1, 2, 3, 4 \dots$$



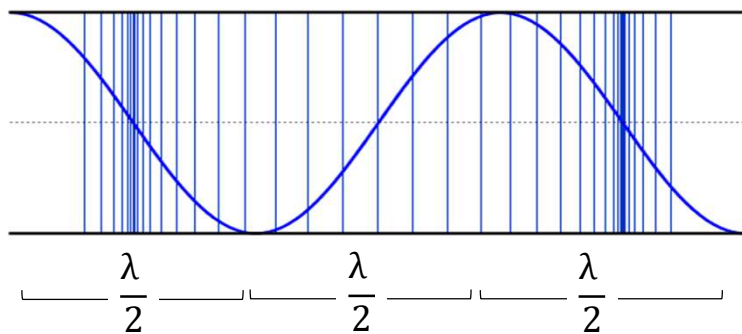
Primeiro
harmônico
(fundamental)

$$n = 1$$



Segundo
harmônico

$$n = 2$$



Terceiro
harmônico

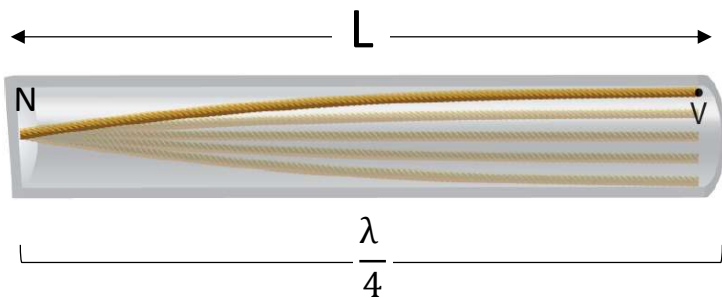
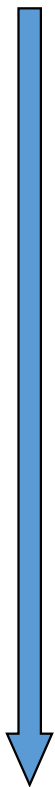
$$n = 3$$

Flauta andina

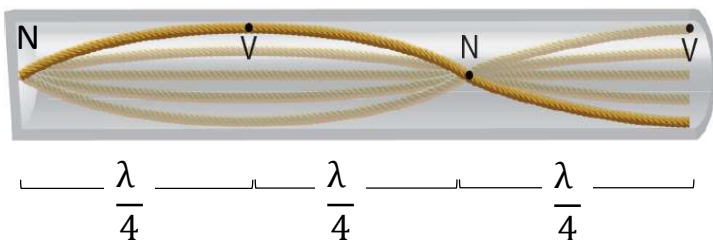


Garrafas

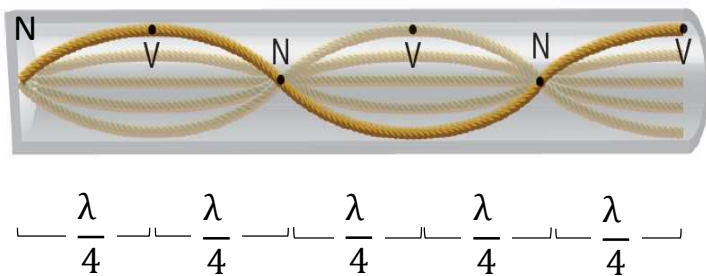




Primeiro harmônico (fundamental)
n = 1



Terceiro harmônico
n = 3



Quinto harmônico
n = 5

f : aumenta
V: constante
 λ : diminui

Modos de vibração – tubo fechado

n = 1, 3, 5, 7 ... (ímpar)

$$L = (1) \cdot \frac{\lambda_1}{4} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{4L}{(1)}$$

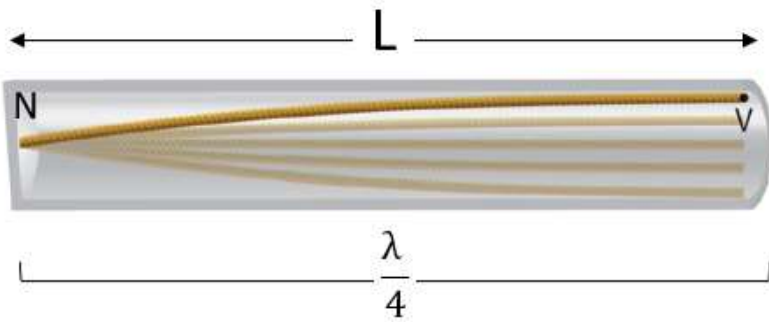
$$L = (3) \cdot \frac{\lambda_3}{4} \Rightarrow \lambda_3 = \frac{4L}{(3)}$$

$$L = (5) \cdot \frac{\lambda_5}{4} \Rightarrow \lambda_5 = \frac{4L}{(5)}$$

$$L = (n) \cdot \frac{\lambda_n}{4} \Rightarrow \lambda_n = \frac{4L}{(n)}$$

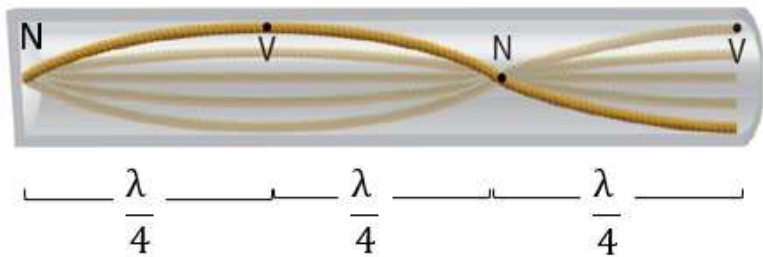
$$f_n = \frac{V}{\lambda_n} \Rightarrow f_n = \frac{V}{\frac{4L}{(n)}} \Rightarrow f_n = (n) \frac{V}{4L}$$

Modos de vibração – tubo fechado



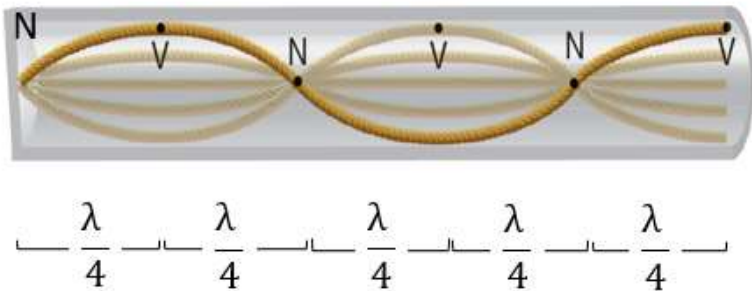
Primeiro harmônico (fundamental)

$$n = 1$$



Terceiro harmônico

$$n = 3$$



Quinto harmônico

$$n = 5$$

Os harmônicos também são denominados modos normais / naturais de oscilação do sistema ou frequências de ressonância.

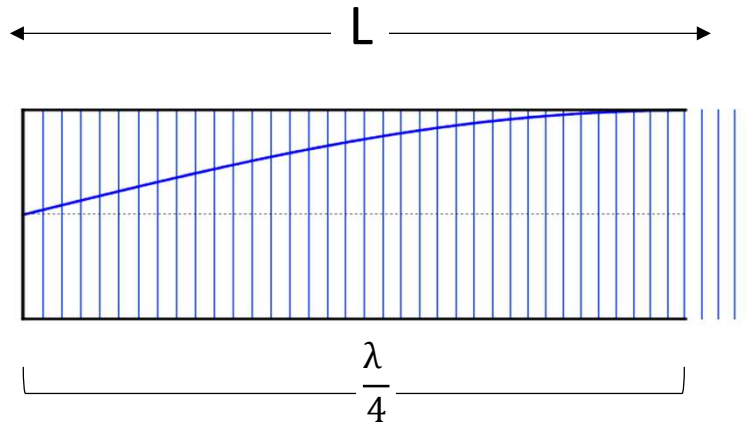
Somente ocorrerá a formação dos harmônicos quando a fonte oscilar em umas das frequências naturais do sistema:

$$f_n = (n) \frac{v}{4L} \quad (n = 1, 3, 5, 7 \dots)$$

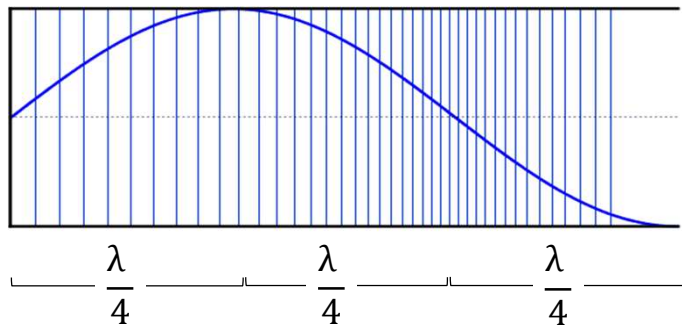
Nesses casos, o ar e a fonte estarão em ressonância.

Modos de vibração – tubo fechado

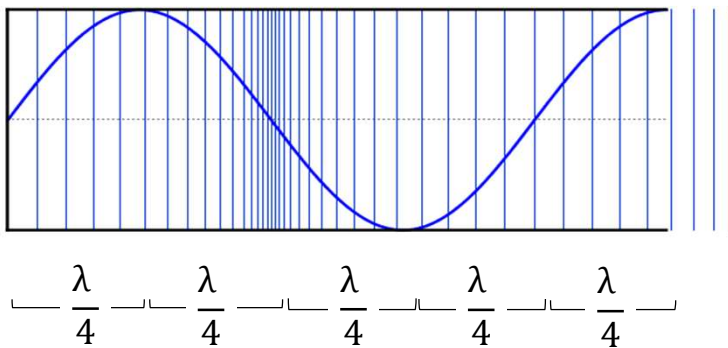
$n = 1, 3, 5, 7 \dots$ (ímpar)



Primeiro
harmônico
(fundamental)
 $n = 1$



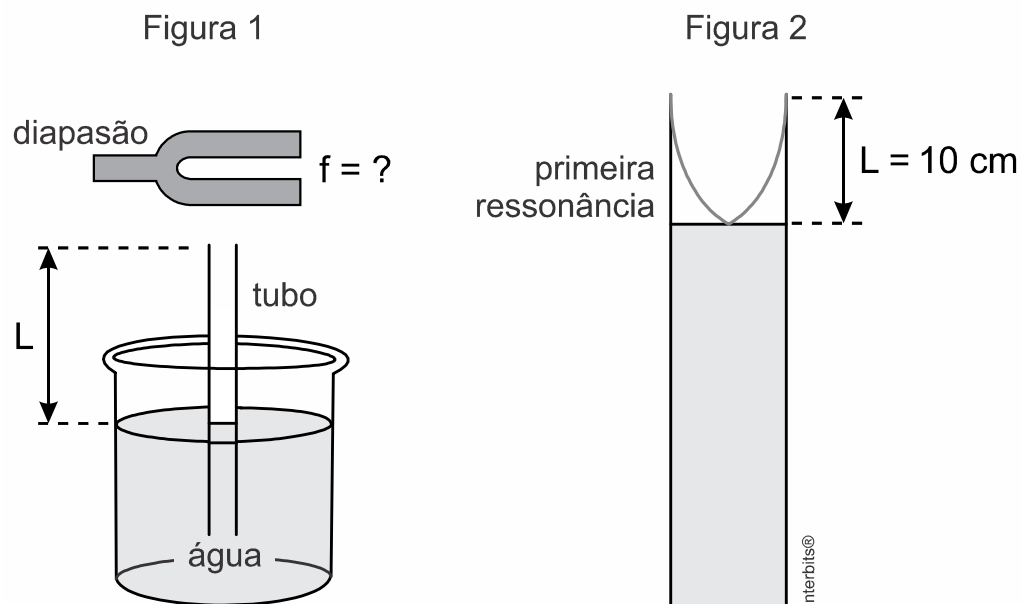
Terceiro
harmônico
 $n = 3$



Quinto
harmônico
 $n = 5$

Exercícios

1. (Unesp 2016) Um experimento foi feito com a finalidade de determinar a frequência de vibração de um diapasão. Um tubo cilíndrico aberto em suas duas extremidades foi parcialmente imerso em um recipiente com água e o diapasão vibrando foi colocado próximo ao topo desse tubo, conforme a figura 1. O comprimento L da coluna de ar dentro do tubo foi ajustado movendo-o verticalmente. Verificou-se que o menor valor de L , para o qual as ondas sonoras geradas pelo diapasão são reforçadas por ressonância dentro do tubo, foi de conforme a figura 2.



Considerando a velocidade de propagação do som no ar igual a 340 m/s , é correto afirmar que a frequência de vibração do diapasão, em Hz é igual a

- a) 425 b) 850 c) 1360 d) 3400 e) 1700

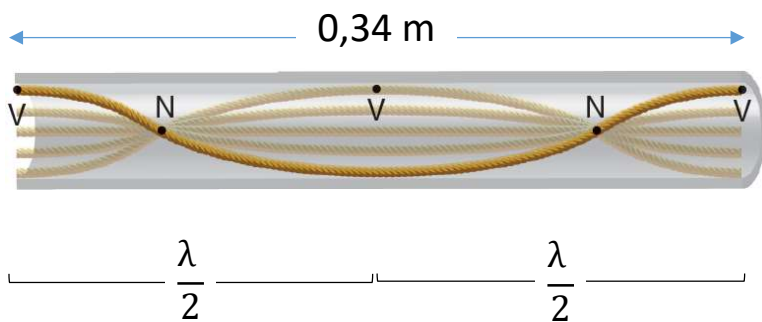
2. (Albert Einstein – adaptada) Em 1816 o médico francês René Laënnec, durante um exame clínico numa senhora, teve a ideia de enrolar uma folha de papel bem apertada e colocar seu ouvido numa das extremidades, deixando a outra livre para ser encostada na paciente. Dessa forma, não só era evitado o contato indesejado com a paciente, como os sons se tornavam muito mais audíveis. Estava criada assim a ideia fundamental do estetoscópio [do grego, *stêthos* (peito) *skopéo* (olhar)]. A folha de papel enrolada pelo médico francês René Laënnec pode ser interpretada como um tubo sonoro aberto. Considerando o comprimento desse tubo igual a 34 cm e que, ao examinar um paciente, houve a formação, no interior desse tubo, de uma onda estacionária longitudinal de segundo harmônico e que se propagava com uma velocidade de 340 m/s qual a frequência dessa onda, em hertz?

- a) 250
- b) 500
- c) 1000
- d) 2000

2. (Albert Einstein – adaptada) Em 1816 o médico francês René Laënnec, durante um exame clínico numa senhora, teve a ideia de enrolar uma folha de papel bem apertada e colocar seu ouvido numa das extremidades, deixando a outra livre para ser encostada na paciente. Dessa forma, não só era evitado o contato indesejado com a paciente, como os sons se tornavam muito mais audíveis. Estava criada assim a ideia fundamental do estetoscópio [do grego, *stêthos* (peito) *skopéo* (olhar)]. A folha de papel enrolada pelo médico francês René Laënnec pode ser interpretada como um **tubo sonoro aberto**. **Considerando o comprimento desse tubo igual a 34 cm** e que, ao examinar um paciente, houve a formação, no interior desse tubo, de uma onda **estacionária longitudinal de segundo harmônico** e que se **propagava com uma velocidade de 340 m/s** qual a **frequência dessa onda, em hertz?**

- a) 250 b) 500 c) 1000 d) 2000

2° harmônico para tubo aberto



$$2 \cdot \frac{\lambda}{2} = 0,34\text{m} \Rightarrow \lambda = 0,34\text{m}$$

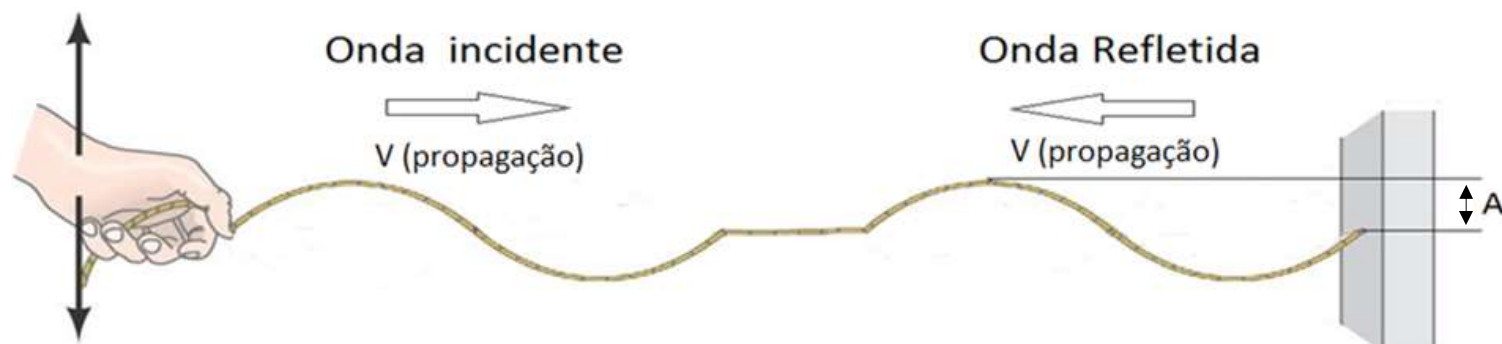
$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda}$$

$$f = \frac{340}{0,34} = 1000 \text{ Hz}$$

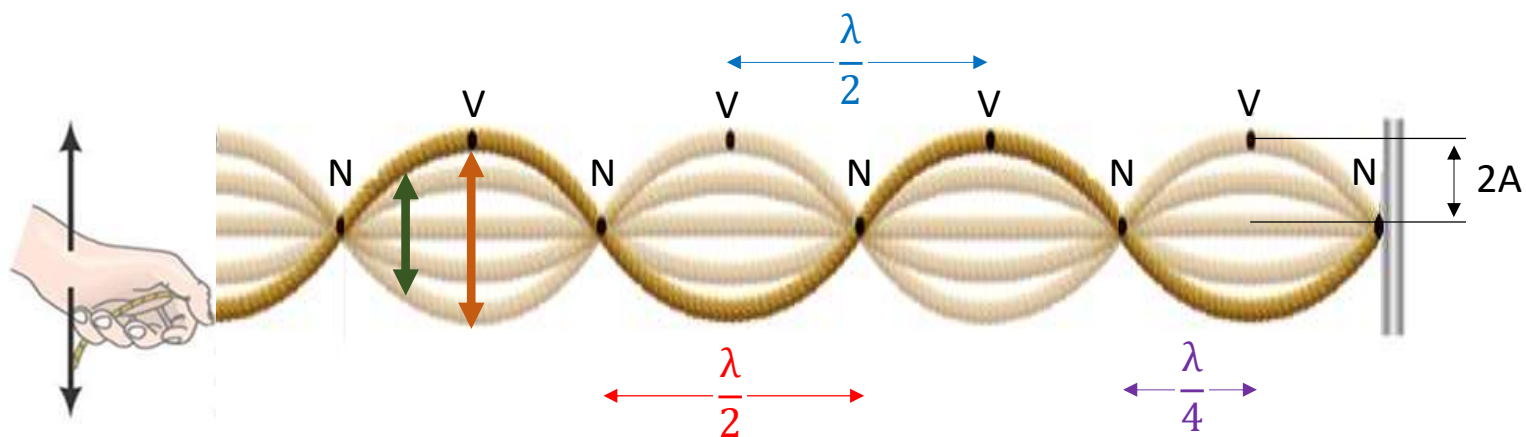


Revisão

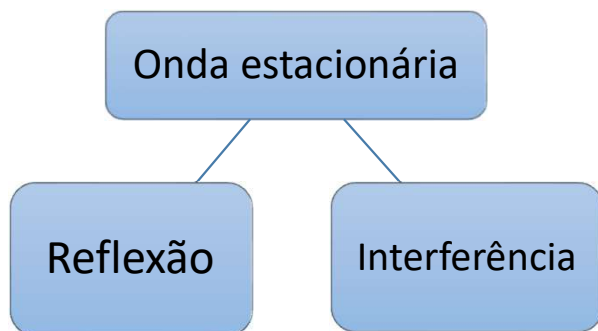
Onda estacionária



- Nó: interferência destrutiva
- Ventre: interferência construtiva



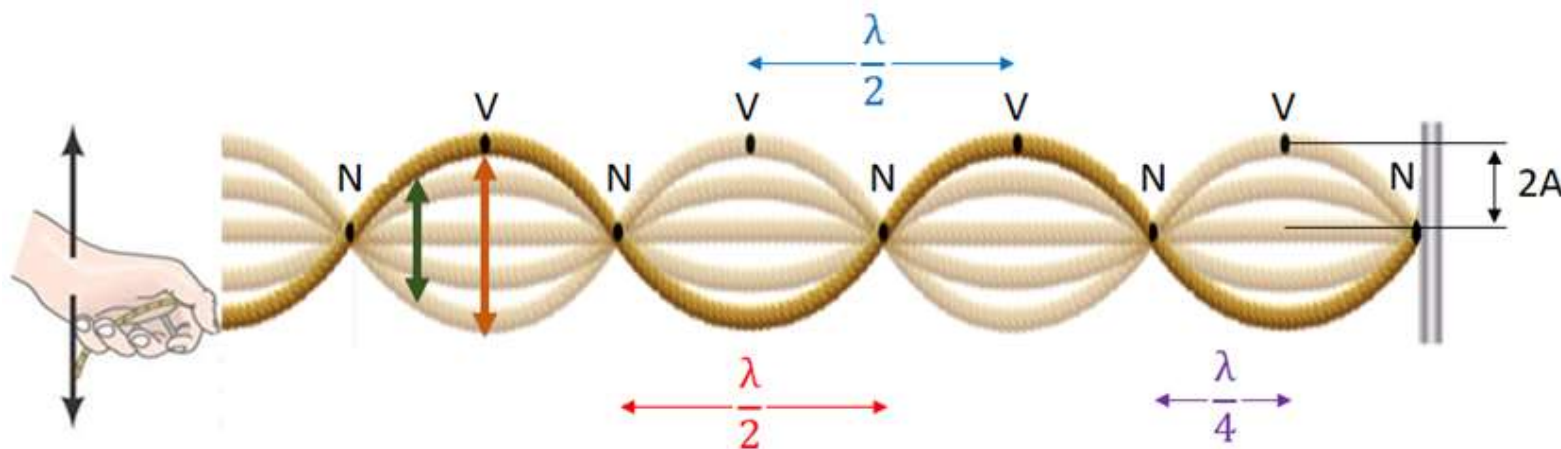
Onda estacionária



	Ondas originais	Onda estacionária
Amplitude	A	2A
Comp. de onda	λ	λ
Frequência	f	f

$$V = \lambda \cdot f$$

- Nó: interferência destrutiva
- Ventre: interferência construtiva

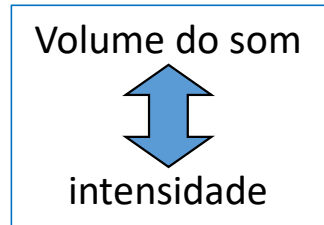


Intensidade

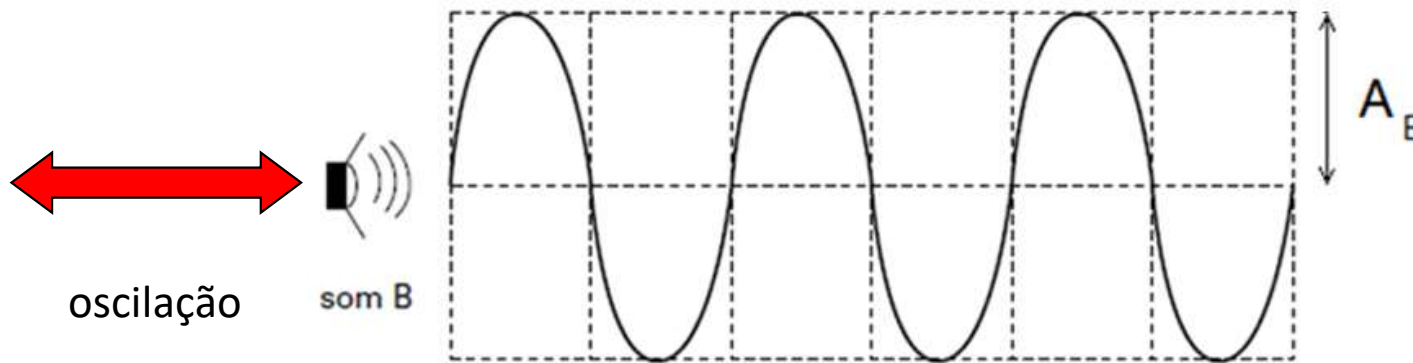
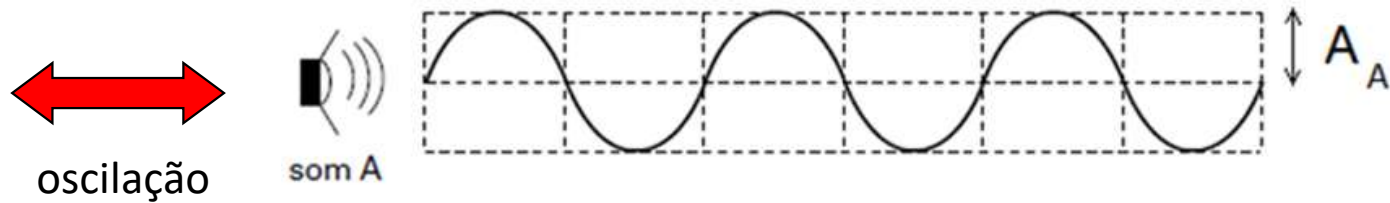
Intensidade do som: característica associada à amplitude

Som mais intenso → som forte → maior amplitude

Som menos intenso → som fraco → menor amplitude



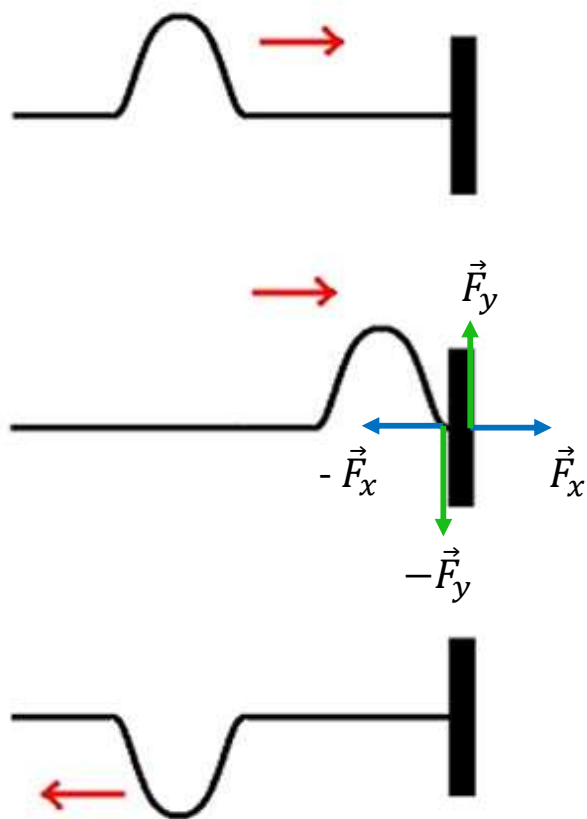
Exemplo:



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

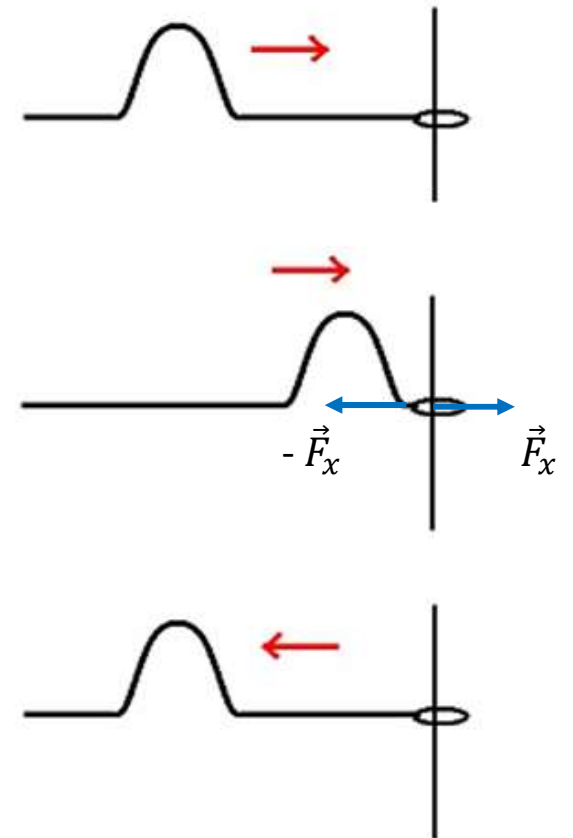
Reflexão de pulsos

Extremidade fixa

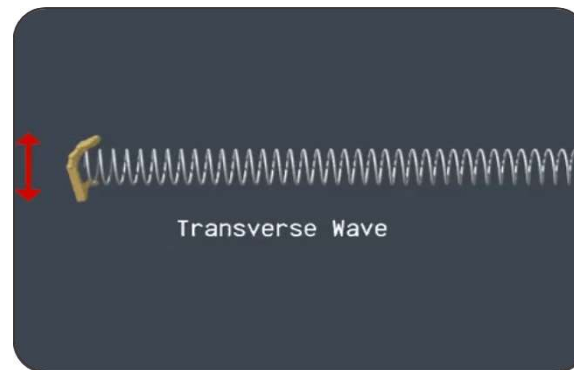


Reflexão com inversão de fase

Extremidade livre



Reflexão sem inversão de fase



Reflexão de pulsos

Extremidade fixa



Reflexão com inversão de fase

Extremidade livre



Reflexão sem inversão de fase

Refração de pulsos

$$\mu_B > \mu_A$$



Reflexão com inversão de fase



Reflexão sem inversão de fase

Os pulsos refratados não sofrem inversão de fase.