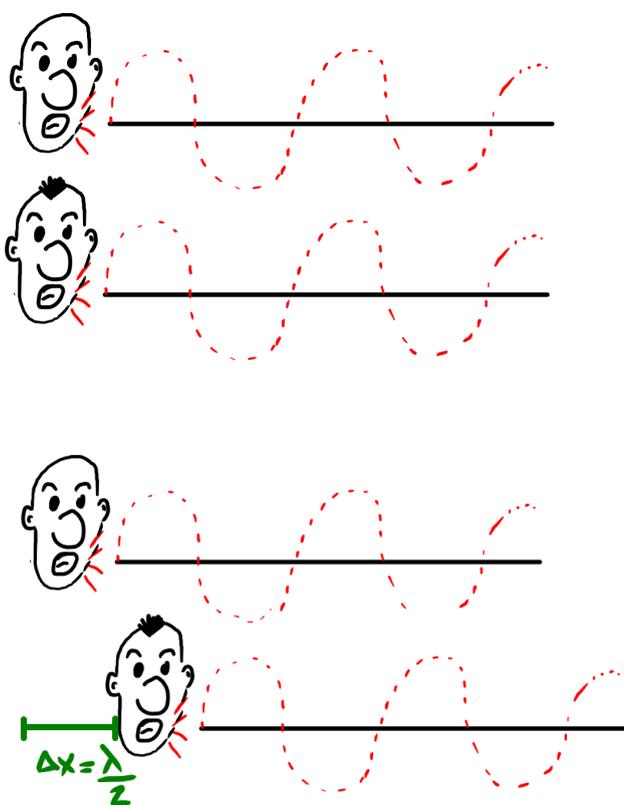


## Ondulatória V: Ondas estacionárias, tubos sonoros e interferência por diferença de caminho

Prof Arthur Casa Nova - 30/08/2023

Meus queridos nós mesalvínicos, tudo bem? Nesta aula, vamos trabalhar com ondas sonoras e os famigerados tubos sonoros, que o ENEM tanto cobrou nos últimos anos. Além disso, vamos olhar mais a fundo para a interferência, com questões específicas!

### Parte I - Interferência e diferença de caminho



ONDAS PARTEM  
EM FASE

CONSTR:  $\Delta x = 2n \cdot \frac{\lambda}{2}$   
 $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

DESTR:  $\Delta x = (2n+1) \frac{\lambda}{2}$   
 $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

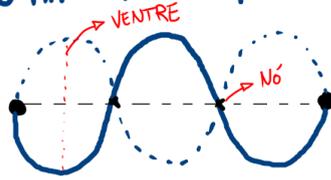
ONDAS PARTEM  
COMPL. FORA  
DE FASE

CONSTR:  $\Delta x = (2n+1) \frac{\lambda}{2}$

DESTR:  $\Delta x = 2n \cdot \frac{\lambda}{2}$

## Parte II - Ondas Estacionárias e modos de vibração

REFLEXÃO + INTERFERÊNCIA  
↳ NÃO HÁ PROPAGAÇÃO DE ENERGIA



Modos de vibração: **CORIDAS:** † †



1º modo (fund.)  
1º HARMÔNICO



2º HARM.



3º HARM.

Ex:



$$v = \sqrt{\frac{T}{d}}$$

$d \Rightarrow \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

OBS: chama o Evandro!

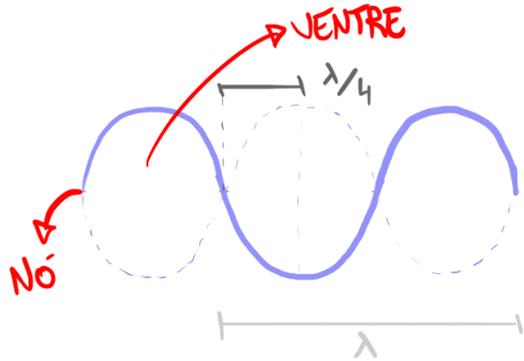
## Parte III - Chama na flauta!

### TUBOS SONOROS

↳ Padrões de ondas sonoras quando o ar no interior é posto a vibrar

↳ COMO O SOM SE FORMA EM INSTRUMENTOS DE SOPRO

↳ IMPORTANTE: ondas estacionárias



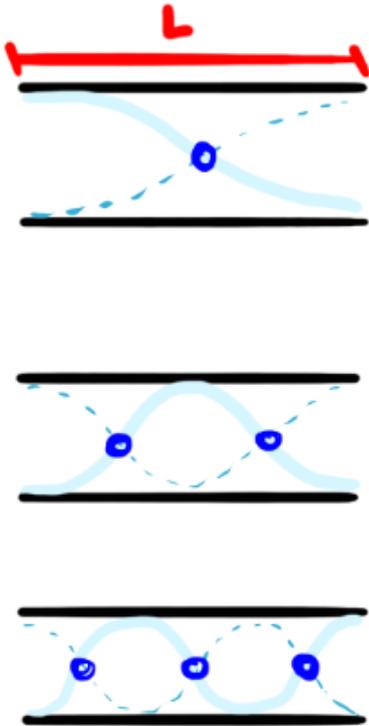
### Vamos relacionar $\lambda$ e L

↳ REGRAS:

- TODA PARTE ABERTA: VENTRE
- TODA PARTE FECHADA: NÓ



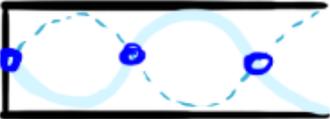
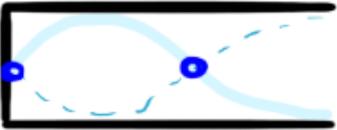
□ Tubos Sonoros Abertos



LEMBRE-SE:

$$v = \lambda \cdot f$$

Tubos Sonoros Fechados



## Parte IV - Exercícios

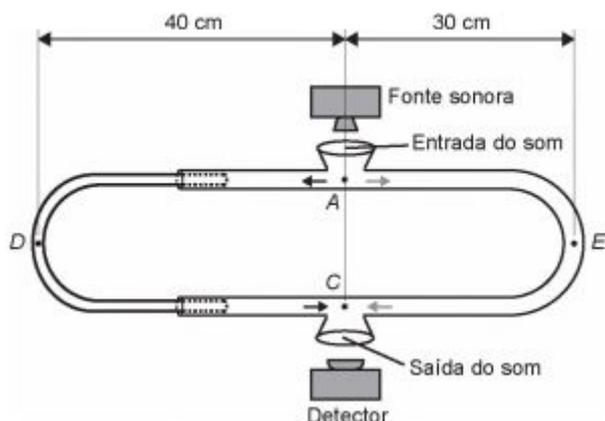
(ENEM 2015) Em uma flauta, as notas musicais possuem frequências e comprimentos de onda ( $\lambda$ ) muito bem definidos. As figuras mostram esquematicamente um tubo de comprimento  $L$ , que representa de forma simplificada uma flauta, em que estão representados: em A o primeiro harmônico de uma nota musical (comprimento de onda  $\lambda_A$ ), em B seu segundo harmônico (comprimento de onda  $\lambda_B$ ) e em C o seu terceiro harmônico (comprimento de onda  $\lambda_C$ ), onde  $\lambda_A > \lambda_B > \lambda_C$ .



Em função do comprimento do tubo, qual o comprimento de onda da oscilação que forma o próximo harmônico?

- A.  $L/4$
- B.  $L/5$
- C.  $L/2$
- D.  $L/8$
- E.  $6L/8$

(ENEM 2017) O trombone de Quincke é um dispositivo experimental utilizado para demonstrar o fenômeno da interferência de ondas sonoras. Uma fonte emite ondas sonoras de determinada frequência na entrada do dispositivo. Essas ondas se dividem pelos dois caminhos (ADC e AEC) e se encontram no ponto C, a saída do dispositivo, onde se posiciona um detector. O trajeto ADC pode ser aumentado pelo deslocamento dessa parte do dispositivo. Com o trajeto ADC igual ao AEC, capta-se um som muito intenso na saída. Entretanto, aumentando-se gradativamente o trajeto ADC, até que ele fique como mostrado na figura, a intensidade do som na saída fica praticamente nula. Desta forma, conhecida a velocidade do som no interior do tubo (320 m/s), é possível determinar o valor da frequência do som produzido pela fonte.



O valor da frequência, em hertz, do som produzido pela fonte sonora é

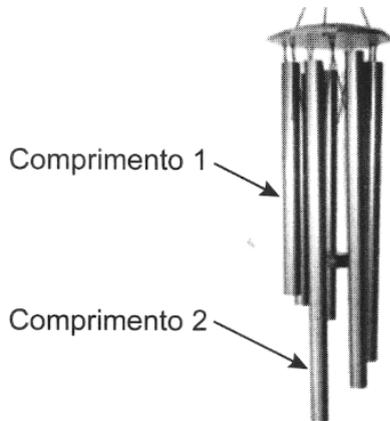
- A. 3200
- B. 1600
- C. 800
- D. 640
- E. 400

(ENEM 2020) Dois engenheiros estão verificando se uma cavidade perfurada no solo está de acordo com o planejamento de uma obra, cuja profundidade requerida é de 30 m. O teste é feito por um dispositivo denominado oscilador de áudio de frequência variável, que permite relacionar a profundidade com os valores da frequência de duas ressonâncias consecutivas, assim como em um tubo sonoro fechado. A menor frequência de ressonância que o aparelho mediu foi 135 Hz. Considere que a velocidade do som dentro da cavidade perfurada é de  $360 \text{ m s}^{-1}$ .

Se a profundidade estiver de acordo com o projeto, qual será o valor da próxima frequência de ressonância que será medida?

- A. 137 Hz.
- B. 138 Hz.
- C. 141 Hz.
- D. 144 Hz
- E. 159 Hz

(ENEM 2021) O sino dos ventos é composto por várias barras metálicas de mesmo material e espessura, mas de comprimentos diferentes, conforme a figura.

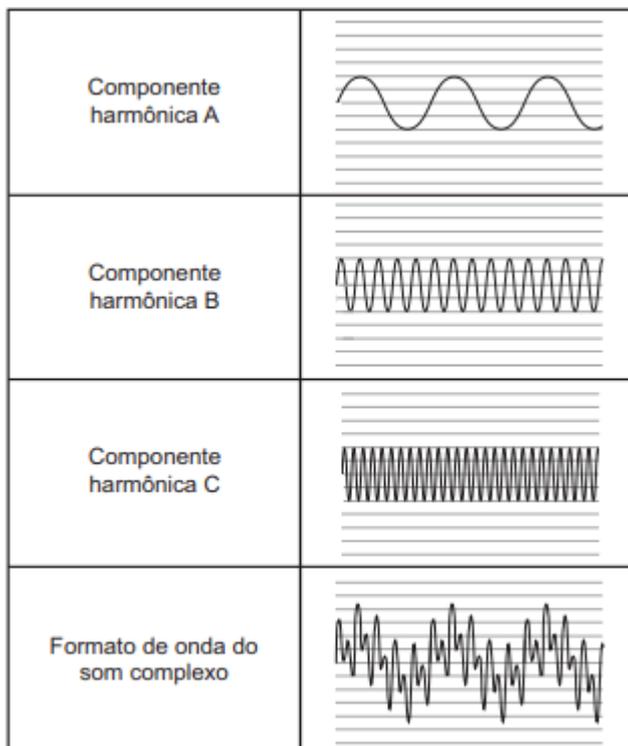


Considere  $f_1$  e  $v_1$ , respectivamente, como a frequência fundamental e a velocidade de propagação do som emitido pela barra de menor comprimento, e  $f_2$  e  $v_2$  são essas mesmas grandezas para o som emitido pela barra de maior comprimento.

As relações entre as frequências fundamentais e entre as velocidades de propagação são, respectivamente,

- A.  $f_1 < f_2$  e  $v_1 < v_2$ .
- B.  $f_1 < f_2$  e  $v_1 = v_2$ .
- C.  $f_1 < f_2$  e  $v_1 > v_2$ .
- D.  $f_1 > f_2$  e  $v_1 = v_2$ .
- E.  $f_1 > f_2$  e  $v_1 > v_2$ .

(ENEM 2021 PPL) As notas musicais, assim como a grande maioria dos sons encontrados na natureza, são complexas e formadas pela superposição de várias ondas senoidais. A figura apresenta três componentes harmônicas e a composição resultante, construídas na mesma escala, para um instrumento sonoro. Essa composição carrega uma “assinatura sônica” ou timbre do corpo que a produz.



RODRIGUES, F. V. Fisiologia da música: uma abordagem comparativa (Revisão). *Revista da Biologia*, v. 2, jun. 2008. Disponível em: [www.ib.usp.br](http://www.ib.usp.br). Acesso em: 22 jun. 2012 (adaptado).

Essas componentes harmônicas apresentam iguais

- amplitude e velocidade.
- amplitude e frequência.
- frequência e velocidade.
- amplitude e comprimento de onda.
- frequência e comprimento de onda.