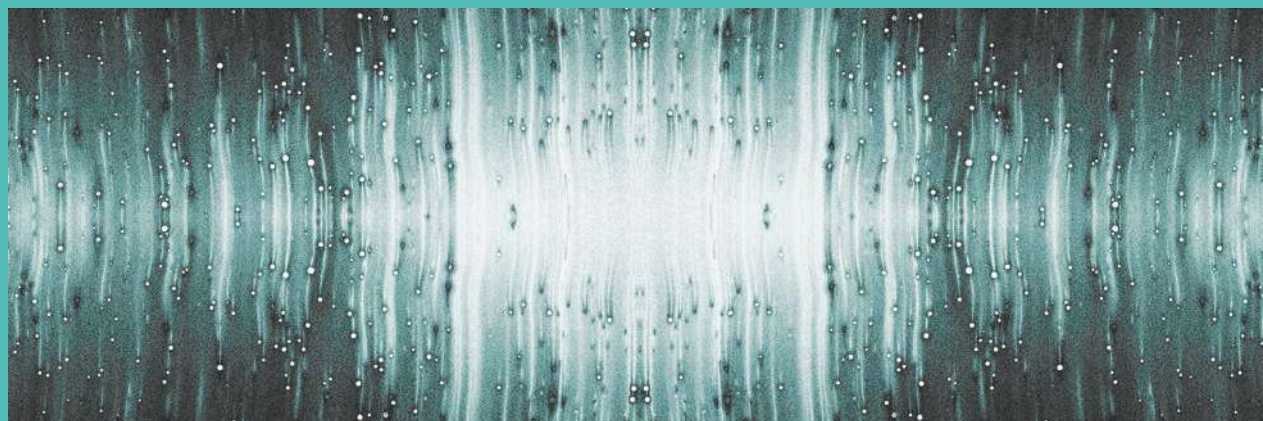


FÍSICA

com Rogério Andrade

Acústica II

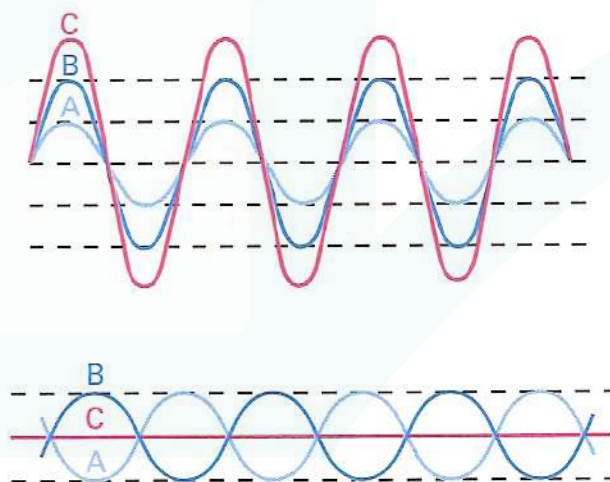


ACÚSTICA II

As **ondas estacionárias** são formadas pela **superposição de duas ondas idênticas** que se propagam em **sentidos opostos** em um mesmo meio. Isso geralmente acontece quando uma onda atinge uma extremidade fixa e se **reflete**, encontrando-se com a onda original.

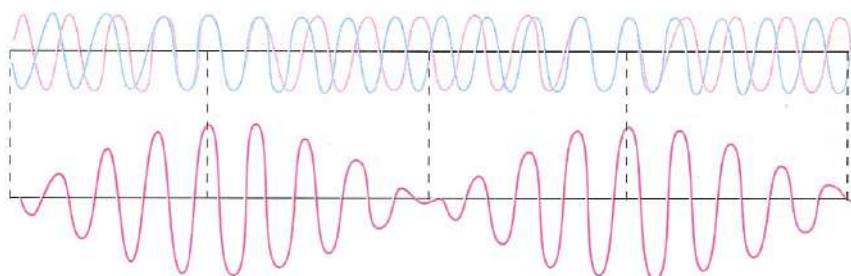
O resultado é uma configuração em que, aparentemente, **não há propagação da onda**, e sim uma vibração oscilando no tempo, com **pontos que permanecem fixos** (nós) e outros que vibram com **máxima amplitude** (ventres).

Esse fenômeno é comum em instrumentos musicais, como cordas de violão e colunas de ar em flautas, onde as ondas estacionárias definem os **modos de vibração** e as **frequências dos sons produzidos**.

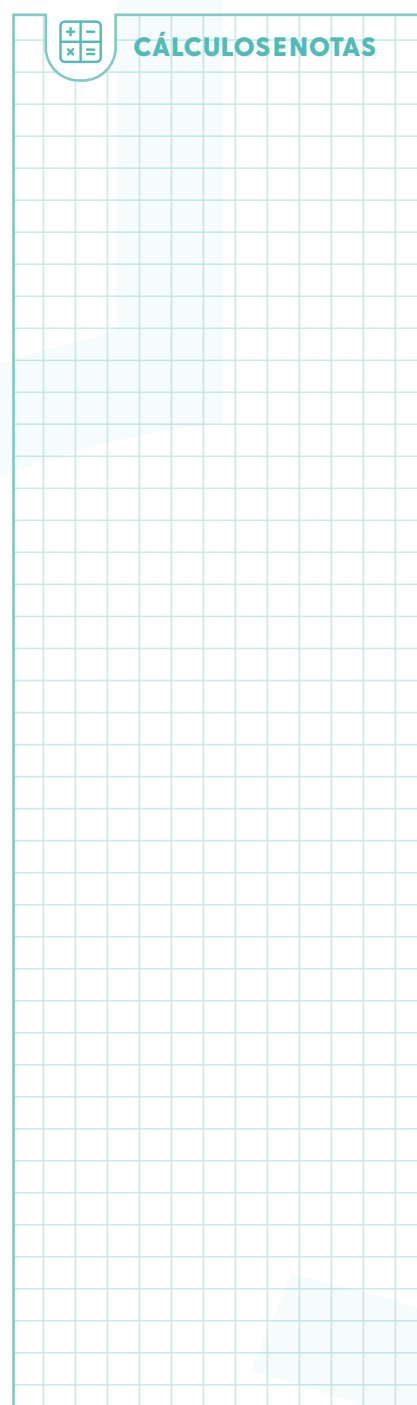


BATIMENTO

O fenômeno do **batimento** ocorre quando duas ondas sonoras de **frequências ligeiramente diferentes** se sobrepõem. O resultado dessa superposição é uma variação periódica da intensidade do som percebido, como se o volume aumentasse e diminuísse ritmadamente — esse “vai e vem” sonoro é o que chamamos de **batimento**.



CÁLCULO ENOTAS



Essa oscilação na intensidade acontece porque, em certos momentos, as ondas se reforçam (**interferência construtiva**) e, em outros, se anulam parcialmente (**interferência destrutiva**).

A frequência do batimento (número de pulsações por segundo) é dada pela **diferença entre as frequências das duas ondas**:

$$f_{\text{bat}} = |f_1 - f_2|$$

Esse fenômeno é muito útil, por exemplo, na **afinação de instrumentos musicais**, quando o músico ajusta seu instrumento até que os batimentos desapareçam, indicando que as frequências estão iguais.

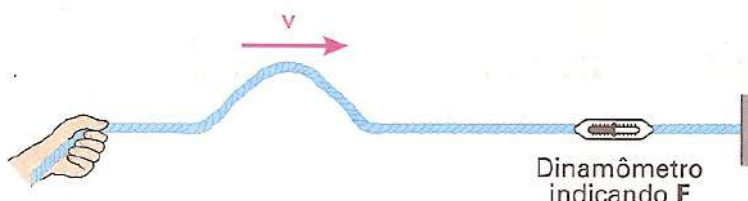
CORDAS SONORAS

As **cordas sonoras** são elementos que produzem som quando entram em **vibração**. Esse tipo de vibração pode gerar **ondas estacionárias** ao longo da corda, resultando em sons com frequências bem definidas — os chamados **sons musicais**.

Instrumentos como o violão, o violino e o piano utilizam cordas para produzir som. Quando uma corda é tracionada e solta, ela vibra, criando ondas que refletem nas extremidades e se superpõem, formando **modos de vibração** específicos.

A **frequência fundamental** (ou primeiro harmônico) da vibração depende de três fatores principais:

- * o **comprimento** da corda (L),
- * **tensão** a que ela está submetida (T),
- * **densidade linear de massa** da corda (μ), ou seja, a massa por unidade de comprimento.



A fórmula que relaciona esses fatores é:

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

CORDAS SONORAS (HARMÔNICOS DE VIBRAÇÃO)

Quando uma corda ou uma coluna de ar vibra, ela pode fazer isso de diferentes formas ao mesmo tempo. A **frequência mais baixa** com a qual ela vibra é chamada de **frequência fundamental**, e os outros padrões de vibração que ocorrem simultaneamente são chamados de **harmônicos**.

Cada harmônico corresponde a um **modo de vibração específico**, com um número inteiro de “meios comprimentos de onda” ajustados ao tamanho da corda ou do tubo.

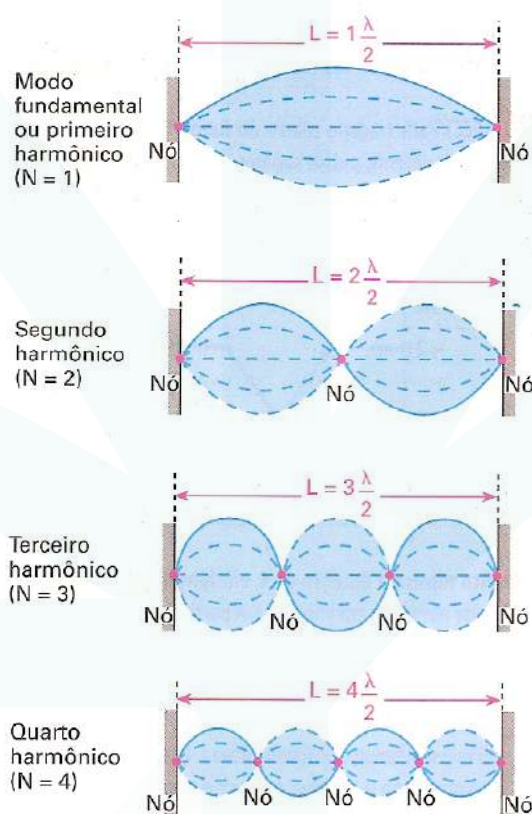
No caso de uma corda com as duas extremidades fixas, os harmônicos aparecem assim:

- * **1º harmônico (fundamental)**: meio comprimento de onda
- * **2º harmônico**: um comprimento de onda completo
- * **3º harmônico**: um comprimento e meio, e assim por diante...

$$f_N = N \cdot \frac{v}{2L}$$

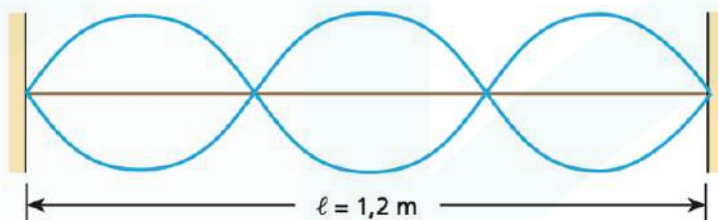
Onde $N = 1, 2, 3, 4, \dots$ (Corresponde ao número do harmônico)





EXEMPLO 1

Uma corda de massa $m = 0,24 \text{ kg}$ e comprimento $L = 1,2 \text{ m}$ vibra com frequência de 150 Hz , no estado estacionário esquematizado a seguir. Determine a velocidade de propagação das ondas que originam o estado estacionário nessa corda e a intensidade da força tensora.



TUBOS SONOROS ABERTOS

Os **tubos sonoros abertos** são colunas de ar com **as duas extremidades abertas**, como em flautas e apitos. Quando o ar dentro do tubo vibra, forma-se uma **onda estacionária**, semelhante ao que acontece nas cordas vibrantes — mas, nesse caso, é o **ar** que vibra e produz o som.

Nas extremidades abertas, formam-se sempre **ventres de vibração** (máxima oscilação do ar), e os **nós** aparecem dentro do tubo. O comprimento do tubo deve conter um número inteiro de **meios comprimentos de onda** para que se forme uma onda estacionária.

No caso de um tubo com as duas extremidades abertas, os harmônicos aparecem assim:

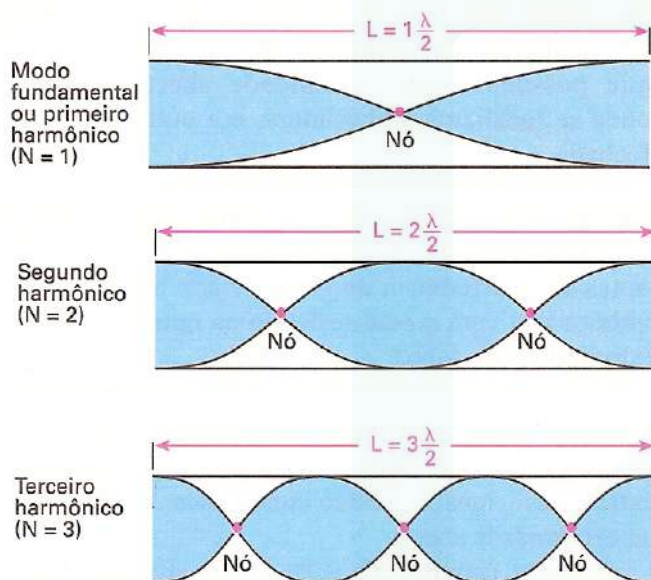
- * **1º harmônico (fundamental):** meio comprimento de onda
- * **2º harmônico:** um comprimento de onda completo
- * **3º harmônico:** um comprimento e meio, e assim por diante...

$$f_N = N \cdot \frac{V}{2L}$$

Onde $N = 1, 2, 3, 4, \dots$ (Corresponde ao número do harmônico)



CÁLCULOSENOTAS



TUBOS SONOROS FECHADOS

Um **tubo sonoro fechado** é aquele que tem **uma extremidade aberta e a outra fechada**, como ocorre em alguns instrumentos de sopro, apitos e canos de órgãos. Quando o ar vibra dentro do tubo, formam-se **ondas estacionárias**, mas com uma característica importante:

Na **extremidade fechada**, forma-se um **nó** (mínima oscilação do ar),

Na **extremidade aberta**, forma-se um **ventre** (máxima oscilação).

Nesse tipo de tubo, **apenas os harmônicos ímpares** são permitidos. Isso significa que os comprimentos de onda ajustados ao tubo devem conter um **número ímpar de quartos de comprimento de onda** ($\frac{1}{4} \lambda$).

Os três primeiros modos de vibração são:

* **1º harmônico (fundamental):** $\frac{1}{4} \lambda$

* **3º harmônico:** $\frac{3}{4} \lambda$

* **5º harmônico:** $\frac{5}{4} \lambda$

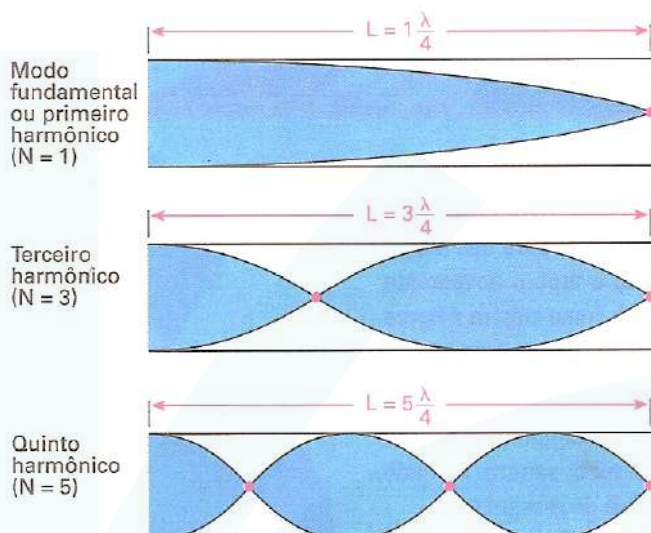
E assim por diante.

A fórmula para a **frequência fundamental** em um tubo fechado de comprimento L é:

$$f_N = N \cdot \frac{V}{4L}$$

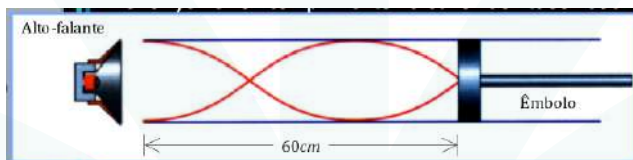
Onde $N = 1, 3, 5, 7, \dots$ (Corresponde ao número do harmônico)

É importante salientar que os tubos fechados não admitem harmônicos pares



EXEMPLO 2

Para medir a frequência de uma onda sonora, utiliza-se um tubo de seção reta circular, provido de um êmbolo, contendo partículas leves que acompanham as vibrações das ondas, indicando a formação de ventres e nós. A figura abaixo mostra a situação em que a posição do êmbolo permite a formação de ondas estacionárias no interior do tubo. Considerando a velocidade do som no ar, dentro do tubo, 340 m/s e o comprimento efetivo do tubo 60 cm, determine a frequência do som



EFEITO DOPPLER

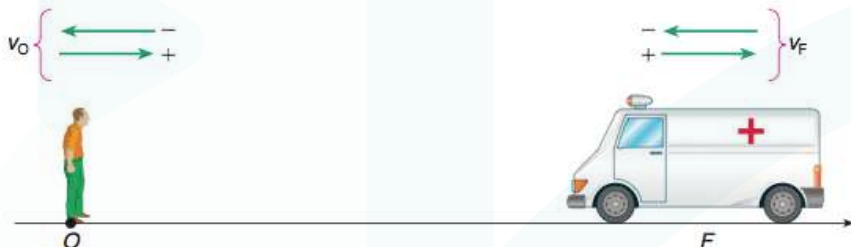
O **Efeito Doppler** é o fenômeno que ocorre quando há **movimento relativo entre uma fonte de ondas e um observador**. Esse movimento provoca uma **variação aparente na frequência** percebida da onda, embora a frequência real emitida pela fonte não mude.

Você já percebeu isso ao ouvir uma ambulância se aproximando: o som parece mais agudo enquanto ela vem em sua direção e mais grave depois que passa. Isso acontece porque, ao se mover, a fonte **comprime** as ondas à sua frente (aumentando a frequência percebida) e **afasta** as ondas atrás de si (diminuindo a frequência percebida).

Esse efeito ocorre com **qualquer tipo de onda**, inclusive som, luz e ondas em líquidos.

Casos principais:

- * **Fonte se aproximando do observador:** frequência percebida **aumenta**
- * **Fonte se afastando do observador:** frequência percebida **diminui**



Para o som, a fórmula geral do efeito Doppler é:

$$f_{\text{dop}} = f \cdot \left(\frac{V_{\text{onda}} \pm V_{\text{observador}}}{V_{\text{onda}} \pm V_{\text{fonte}}} \right)$$

EXEMPLO 3

Quando uma ambulância, com sirene ligada, se aproxima de um observador, este percebe: aumento da intensidade sonora e da frequência.

- aumento da intensidade sonora e diminuição da frequência.
- mesma intensidade sonora e mesma frequência.
- diminuição da altura e variação no timbre sonoro.
- variação no timbre e manutenção da altura.

CÁLCULOS E NOTAS

ANOTAÇÕES

Estamos juntos nessa!



C U R S O
FERNANDA PESSOA
ONLINE

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS.