



## Informações Adicionais

### Tubos abertos

Se o tubo for aberto nas duas extremidades, os modos ressonantes terão ventres nas duas aberturas. Portanto, as frequências possíveis serão:

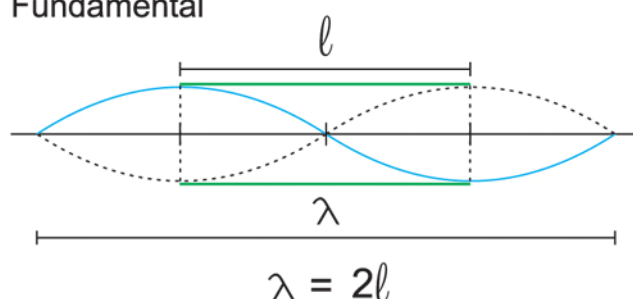
$$v/2\ell, v/\ell, 3v/2\ell, 2v, \dots$$

Ou seja, todos os múltiplos inteiros - pares e ímpares - da frequência fundamental.  $v/2\ell$ .

Modos de Vibração em tubos abertos  
Representação do deslocamento médio

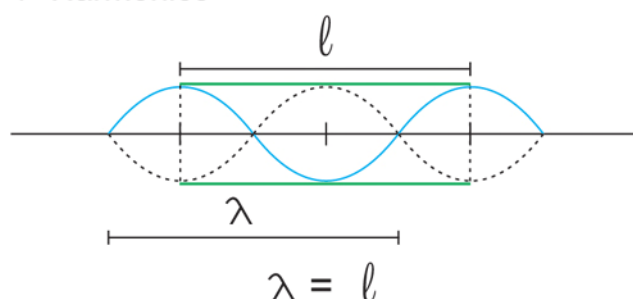
$$f = \frac{v}{\lambda}$$

Fundamental



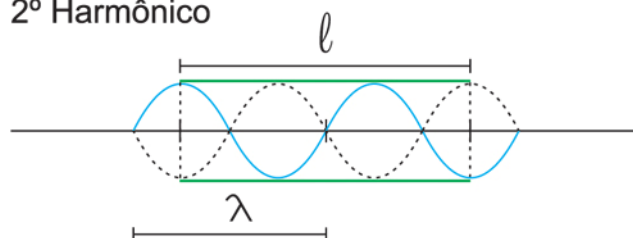
$$f = \frac{v}{2\ell}$$

1º Harmônico



$$f = \frac{v}{\ell}$$

2º Harmônico



$$f = \frac{3v}{2\ell}$$

$$\lambda = 4 \frac{\ell}{3} = \frac{2\ell}{3}$$

**Figura 5** - Ondas estacionárias representadas em um tubo aberto

## Instrumentos de sopro

Diversos instrumentos de sopro possuem um longo tubo cilíndrico com furos. O som mais grave que o instrumento pode emitir é obtido quando todos os furos são fechados. Abrir os furos corresponde a diminuir o comprimento do tubo e, assim, notas mais agudas são produzidas.



## Análise espectral

Caso os alunos disponham de computador com placa de som e microfone, pode-se utilizar softwares de análise espectral para verificar a presença das frequências fundamental e harmônicas. Esses softwares, em geral, utilizam uma escala em decibéis, cujo significado será necessário explorar com os alunos. Um exemplo é o JAAA (Jack/Alsa Audio Analyzer - disponível nas distribuições Linux).

**Fique atento às condições de segurança!**