

Experiência IV → Velocidade do som no ar, tubo de ressonância

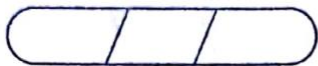
• Introdução

Neste experimento, mediu-se a velocidade de propagação do som no ar através da formação de ondas estacionárias em um tubo de comprimento L e raio R , aberto em uma ponta. No caso do som, as ondas são longitudinais, pois as moléculas que compõem o ar vibram na mesma direção em que o som se propaga. Como todas as fenômenos ondulatórios elas são caracterizadas pela velocidade de propagação que depende do meio onde o fenômeno se observa. Lembrando-se que a velocidade v de uma onda é o produto da frequência f e de seu comprimento de onda λ :

$$v = f \cdot \lambda \quad (\text{Equação 1}).$$

Nesta prática, encontram-se situações em que se formam ondas estacionárias dentro do tubo. Na parede interna do tubo (onde há água), as moléculas de ar são restringidas e ficam paradas, formando assim um nó de deslocamento nulo. Já na superfície aberta do tubo, a condição de contorno apropriada é que a pressão do ar se mantenha aproximadamente constante, resultando em um nó de pressão (igual à pressão atmosférica). Pressão nula corresponde a um extremo de deslocamento equivalente a um ventre de deslocamento na boca do tubo. Essas duas condições de contorno relacionam uma série de harmônicos em que ocorre uma ressonância entre a vibração sonora da fonte e os modos naturais de vibração do tubo. Assim, o comprimento efetivo L de um tubo sonoro corresponde a:

$$L = \frac{n \cdot \lambda}{4}, \quad \text{para } n = 1, 3, 5, 7, \dots \quad (\text{Equação 2}).$$



• metodologia:

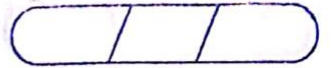
→ materiais:

- Tubo acrílico com extremidade móvel;
- microfone;
- Amplificador;
- Gerador de função (incerteza de $\pm 1\text{ Hz}$);
- Fone de ouvido;
- Conjunto de cinco diapás (sendo quatro com frequências conhecidas e um com frequência desconhecida);
- Termômetro (incerteza $\pm 0,5^\circ\text{C}$);
- martelo de borracha;
- Trena (incerteza de $\pm 0,005\text{ m}$).

→ métodos:

Inicialmente colocou-se um diapás de modo que ele vibrasse sobre a extremidade aberta do tubo. Vibrou-se o diapás com o martelo de borracha e a posição da extremidade móvel do tubo foi variada com o auxílio de um umã, procurando-se o primeiro nível que ocorreu a ressonância. Em seguida, localizou-se a posição de amplitude máxima (ressonância) o mais precisamente possível e marcou-se com um giz esse nível que foi identificado por A1 (sendo A0 a extremidade aberta do tubo). O comprimento do tubo foi aumentado e pode-se localizar um segundo nível A2 de ressonância.

Procurou-se por outros níveis até o final do tubo. Após isto, todos os dados foram registrados em uma tabela com a identificação do diapás utilizado, sua frequência e os pares correspondentes às distâncias A0, A1, A2, etc. Repetiu-se os mesmos passos para todos os 5 diapás, inclusive o de frequência desconhecida, obtendo-se ao todo, 5 tabelas.



• Resultados e Discussões

a) Para determinar os comprimentos das ondas utilizou-se a equação (2), com L e n retirados das tabelas (1), (2), (3) e (4). Completou-se as tabelas em anexo, com os dados obtidos.

b) A extremidade aberta funciona como um nó de pressão e a extremidade fechada funciona como um nó de deslocamento, assim as ondas nessas locais não apresentam ressonância.

c) Com o objetivo de obter a velocidade do som no ar, utilizou-se a equação (1), com os valores médios de comprimentos L e as frequências f utilizadas em cada caso. Os valores obtidos estão na tabela (6). O valor médio foi $v = 325,19 \text{ m/s}$.

d) Para determinar graficamente a velocidade do som, manipulou-se as equações (1) e (2) da seguinte forma:

$$\bullet L = \frac{\lambda n}{4} \rightarrow \lambda = \frac{4L}{n} \quad \bullet v = \lambda \cdot f \rightarrow v = \frac{4L f}{n}$$

Portanto, fez-se um gráfico $4L f$ por n , o coeficiente angular da reta desse gráfico é a velocidade do som. Os gráficos (1), (2), (3) e (4) estão em anexo, bem como os valores obtidos, que estão na tabela (7). O valor médio foi $v = 344,06 \text{ m/s}$.

e) Comparando-se os dois valores da velocidade do som obtidos nos itens (c) e (d), com o valor real de som a 20°C que é aproximadamente 343 m/s ; percebe-se que o valor de $344,06 \text{ m/s}$ obtido através do método gráfico é mais preciso. Isso ocorre pois o método gráfico utiliza os pontos distribuídos, e não seus valores médios, aumentando a precisão.



f) Para determinar a frequência do diapásão, utilize-se a equação: $v = \frac{4L f}{n}$, isolando f , e utilizando os valores de

L e n retirados da tabela (5). A média dos 3 valores obtidos, resultou em 678,06 Hz.

g) • método direto (formulas):

$$v(T) = v_0 \sqrt{1 + \beta T}$$
$$325,19 = v_0 \sqrt{1 + \frac{1 \cdot 24}{273}}$$

$$v_0 = 311,77 \text{ m/s}$$

• método gráfico:

$$v(T) = v_0 \sqrt{1 + \beta T}$$
$$344,06 = v_0 \sqrt{1 + \frac{1 \cdot 24}{273}}$$

$$v_0 = 329,87 \text{ m/s}$$

De acordo com a teoria e os cálculos reais, o valor da velocidade do som, a 0°C é aproximadamente 331 m/s; com o valor do método gráfico chegou-se muito próximo desse valor, comprovando a maior precisão desse método.

R) Demonstração da equação (2)

$$\lambda = 4L \text{ modo mais simples}$$

$$\lambda = \frac{4L}{3} \text{ segundo modo mais simples}$$

$$\text{Averim: } L = \frac{3\lambda}{4} = \frac{\lambda}{4} + \frac{n\lambda}{2}$$

$$L = \frac{\lambda}{4} + 2n\frac{\lambda}{4}$$

$$L = \frac{\lambda}{4} (2n + 1)$$

$$\lambda = \frac{4L}{2n+1} \text{ aceita apenas números ímpares}$$

$$\lambda = \frac{4L}{n} \text{ com } n = 1, 3, 5 \dots$$



ii) Pode-se utilizar um balde de água que se comunica com o tubo, que dá para marcar e anotar as medidas que ocorre as ressonâncias, com a água cobrindo apenas uma das extremidades do tubo. Usa-se também um aplicativo ou programa que produz áudios com suas respectivas frequências. Então varia-se o comprimento do tubo (coluna de ar) até se pontar um que acontece a ressonância, que ocorre por causa da reflexão das ondas de som na água.

° Conclusão

Através da realização do experimento, foi possível analisar e compreender fenômenos por trás da propagação das ondas mecânicas sonoras. Com o conceito de ondas estacionárias, pode-se entender o processo físico conhecido como ressonância no tubo para as diferentes frequências. Os dados obtidos foram próximos ao esperado, levando-se em conta as vezes experimentais e os desvios da idealidade, a metodologia usada e compreendida, interpretando os resultados como válidos, concluindo os objetivos do experimento.

• Anexos

TABELA 1: Pontos de encontro para frequência de 425,99 Hz, com os respectivos valores do comprimento de onda (λ) calculados no item a.

n	L1 (m)	L2 (m)	L3 (m)	L médio	Erro da média	λ (m)
1	0,175	0,185	0,184	0,181	0,007	0,724
3	0,582	0,589	0,587	0,586	0,006	0,781
5	0,997	0,991	0,992	0,993	0,006	0,794

TABELA 2: Pontos de encontro para frequência de 376,34 Hz, com os respectivos valores do comprimento de onda (λ) calculados no item a.

n	L1 (m)	L2 (m)	L3 (m)	L médio	Erro da média	λ (m)
1	0,212	0,205	0,204	0,207	0,007	0,828
3	0,665	0,663	0,659	0,662	0,006	0,883
5	1,111	1,119	1,117	1,116	0,007	0,893

TABELA 3: Pontos de encontro para frequência de 479,30 Hz, com os respectivos valores do comprimento de onda (λ) calculados no item a.

n	L1 (m)	L2 (m)	L3 (m)	L médio	Erro da média	λ (m)
1	0,162	0,161	0,163	0,162	0,005	0,648
3	0,521	0,522	0,52	0,521	0,005	0,695
5	0,872	0,877	0,879	0,876	0,006	0,701

TABELA 4: Pontos de encontro para frequência de 525,06 Hz, com os respectivos valores do comprimento de onda (λ) calculados no item a.

n	L1 (m)	L2 (m)	L3 (m)	L médio	Erro da média	λ (m)
1	0,14	0,141	0,141	0,141	0,005	0,564
3	0,469	0,471	0,477	0,472	0,006	0,630
5	0,8	0,799	0,801	0,800	0,005	0,640

TABELA 5: Pontos de encontro para o diapasão de frequência desconhecida.

n	L1 (m)	L2 (m)	L3 (m)	L médio	Erro da média
1	0,118	0,126	0,119	0,121	0,007
3	0,398	0,389	0,381	0,390	0,01
5	0,657	0,656	0,639	0,650	0,01

TABELA 6: Valores da velocidade do som (em m/s) para cada frequência (em Hz) utilizada, calculados no item c (método direto).

Frequência (Hz)	Velocidade do som (m/s)
425,99	326,55
376,34	326,64
479,30	326,56
525,06	320,99

TABELA 7: Valores da velocidade do som (em m/s) para cada frequência (em Hz) utilizada, calculados no item d (método gráfico).

Frequência (Hz)	Velocidade do som (m/s)
425,99	345,90
376,34	342,09
479,30	342,22
525,06	346,01

GRÁFICO 1: Gráfico de $4Lf$ por n , para a frequência de 425,99 Hz.

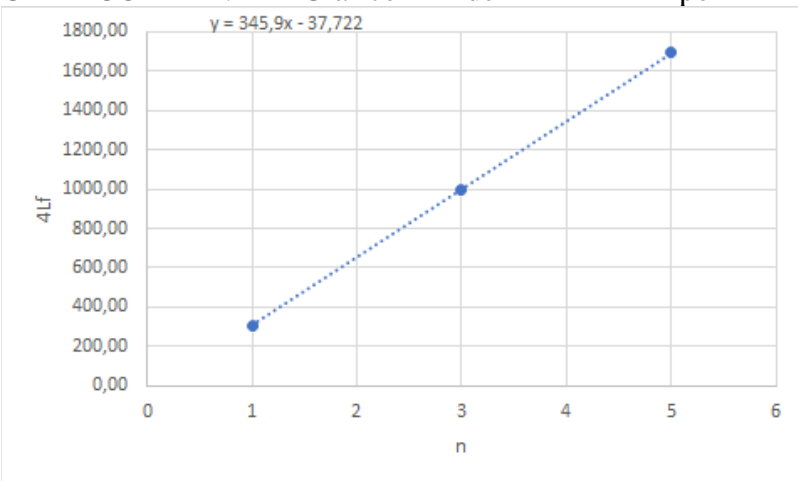


GRÁFICO 2: Gráfico de $4Lf$ por n , para a frequência de 376,34 Hz.

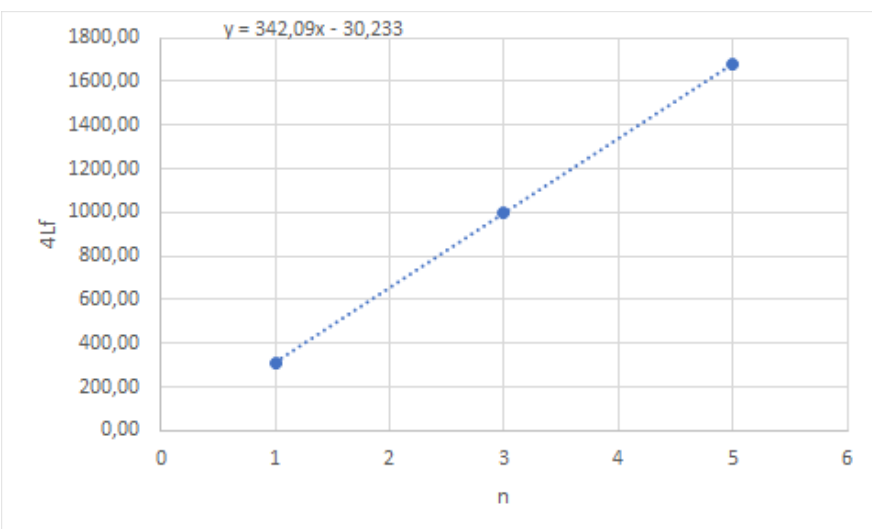


GRÁFICO 3: Gráfico de 4Lf por n, para a frequência de 479,30 Hz.

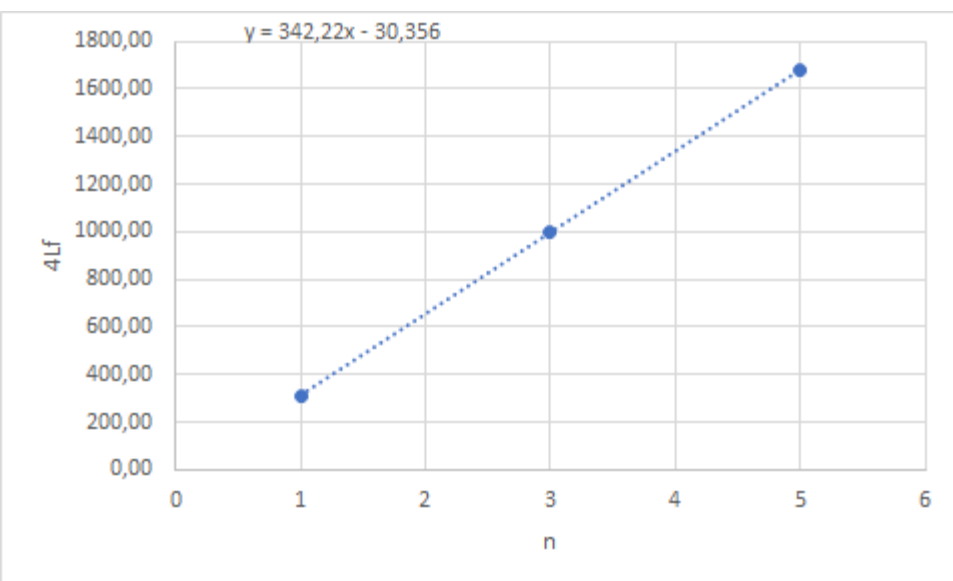


GRÁFICO 4: Gráfico de 4Lf por n, para a frequência de 525,06 Hz.

