

EXPERIMENTO 4

INTRODUÇÃO

Ondas sonoras são ondas mecânicas, ou seja, elas precisam de um meio para se propagar. A propagação de ondas em um meio homogêneo obedece uma relação entre o comprimento de onda (λ) e a frequência (f) com que são emitidas, conforme a equação $v = \lambda \cdot f$. Uma vez que já foram estudados os ondas estacionárias (ondas com mesma amplitude, comprimento de onda e frequência, mas sentidos contrários) temos conhecimento suficiente para analisar a propagação de ondas em um tubo de comprimento variável.

Para formar uma onda estacionária nos tubos deste experimento, devemos ter um nodo de deslocamento na extremidade fechada e um antinodo de deslocamento na extremidade aberta. Podemos ver que o comprimento de onda do modo fundamental é dado por $\lambda = 4/l$, onde l é o comprimento que vai da extremidade aberta até a extremidade fechada do tubo. Assim, o comprimento efetivo L de um tubo sonoro aberto depende da $L = n \cdot \frac{\lambda}{4}$, sendo $n = 1, 3, 5, 7, \dots$

A partir disso, devemos que encontrar os harmônicos através das pentes de ressonância e, posteriormente, calcular a velocidade de propagação no ar. Também será utilizado um diapósio, instrumento metálico sonoro fabricado para vibrar em uma única frequência.

MATERIAIS E MÉTODOS

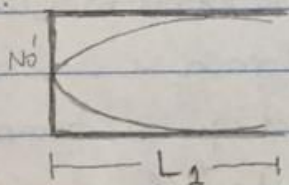
Os materiais usados para a prática deste experimento foram: tubo de ressonância de acrílico, gerador de funções, alto falante, microfone, detector de pico, diapósio de alumínio e martelinho.

Na primeira parte do experimento, o gerador de função foi ligado para gerar as ondas senares enquanto o tamanho do tubo era variado para perceber a diferença de ondas com o comprimento de onda. Assim, foram encontrados os harmônicos e, através de uma trena presa ao tubo, foi vista a distância dos harmônicos até o começo do tubo.

Na segunda parte do experimento, o gerador de função e o alto falante foram substituídos pelas diapasões. Uma pessoa ficou na frente do tubo batendo com o martelo nas diapasões, enquanto outra variava o comprimento do tubo para encontrar os pontos de ressonância, como na primeira parte do experimento.

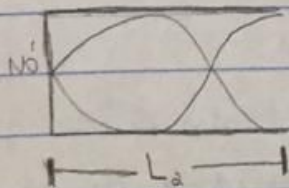
Resultados e discussões

Os tipos de ondas que estamos analisando apresenta a seguinte característica:



Nesse caso, L_1 é a distância de um nó até a metade da fonte, porém, sabemos que a distância de um nó ao outro é igual a distância de um ventre ($\lambda/2$), então, L_1 vai até a metade de um ventre,

$$L_1 = \frac{\lambda}{4} \therefore n = 1$$



Nesse caso como L_2 é a distância de um ventre completo ($\lambda/2$) mais a metade de um ventre ($\lambda/2/2 = \lambda/4$), então $L_2 = \frac{3\lambda}{4} \therefore n = 3$

Generalizando os casos, chegamos na seguinte expressão: $L = n \cdot \frac{\lambda}{4}$

Percebemos que n não pode ser um número par, já que sempre teremos a "metade de um ventre" nos casos examinados.

Com essa fórmula conseguimos descobrir o comprimento de onda com os valores das tabelas 1, 2, 3 e 4.

Tabela 1: frequência = 425,99 Hz

λ médio = 0,7671111 m

Tabela 2: frequência = 396,34 Hz

λ médio = 0,8680 m

Tabela 3: frequência = 499,30 Hz

λ médio = 0,68600 m

Tabela 4: frequência = 525,06 Hz

λ médio = 0,610000 m

Sabendo as frequências e os comprimentos de onda, descobrimos a velocidade do som no ar e a sua média, pela seguinte fórmula

$$V = \lambda f$$

Tabela 5: frequência = 425,99 Hz

V média = 326,7826622 m/s

Tabela 6: frequência = 396,34 Hz

V média = 326,6615167 m/s

Tabela 7: frequência = 499,30 Hz

V média = 326,4778578 m/s

Tabela 8: frequência = 525,06 Hz

V média = 326,0604800 m/s

A partir dos dados das tabelas, temos uma velocidade média total de 325,1461712 m/s.

Vamos utilizar um gráfico de distância (m) por número de nós para descobrir graficamente a velocidade do som. O coeficiente angular da equação da reta desse gráfico é igual a $\lambda/4$, então multiplicamos por 4 o coeficiente angular e descobrimos λ graficamente.

Gráfico 1: para $f = 425,99 \text{ Hz}$, temos $\lambda = 0,812 \text{ m} \therefore v = 345,90 \text{ m/s}$

Gráfico 2: para $f = 376,34 \text{ Hz}$, temos $\lambda = 0,9088 \text{ m} \therefore v = 342,02 \text{ m/s}$

Gráfico 3: para $f = 479,30 \text{ Hz}$, temos $\lambda = 0,714 \text{ m} \therefore v = 342,22 \text{ m/s}$

Gráfico 4: para $f = 526,06 \text{ Hz}$, temos $\lambda = 0,6592 \text{ m} \therefore v = 346,42 \text{ m/s}$

Por fim, vemos que o v médio obtido graficamente é igual a $343,06 \text{ m/s}$. Podemos perceber a discrepância entre os valores obtidos graficamente e pelas tabelas, havendo uma diferença de $18,92$ entre as velocidades. Porém, a velocidade obtida graficamente é bem mais precisa quando comparada com a real, de 343 m/s .

Agora com esses dois valores, vamos descobrir a frequência do diapás com os dados obtidos pela tabela e pelo gráfico abaixo.

Gráfico 5:

Tabela 9:

Com o gráfico somos capazes de descrever o λ e, por sua vez, a frequência do diapás.

$$\lambda = 1,0592 \rightarrow \text{quando } v = \lambda \cdot f, \text{ temos para } v_1 = 344,06 \text{ m/s};$$
$$f = 324,83 \text{ Hz}$$

$$\text{e para } v = 326,14 \text{ m/s}, \text{ temos } f = 306,97 \text{ Hz}$$

Podemos observar uma diferença de $17,86 \text{ Hz}$ entre as frequências e podemos dizer que a frequência de $324,83 \text{ Hz}$ é a que chega mais próximo da verdadeira frequência do diapás. Vale lembrar que despruzamos as extremidades do diapás devido à distância

Para descrever a velocidade do som a 0°C , vamos utilizar a seguinte equação: $V(T) = V_0 \sqrt{1 + \beta T}$

$$V_{25} = V_0 \cdot \sqrt{\frac{1 + 25}{278}} \quad \text{como } V_0 = 329,31 \text{ m/s}, V_{25} = 344,06 \text{ m/s}$$

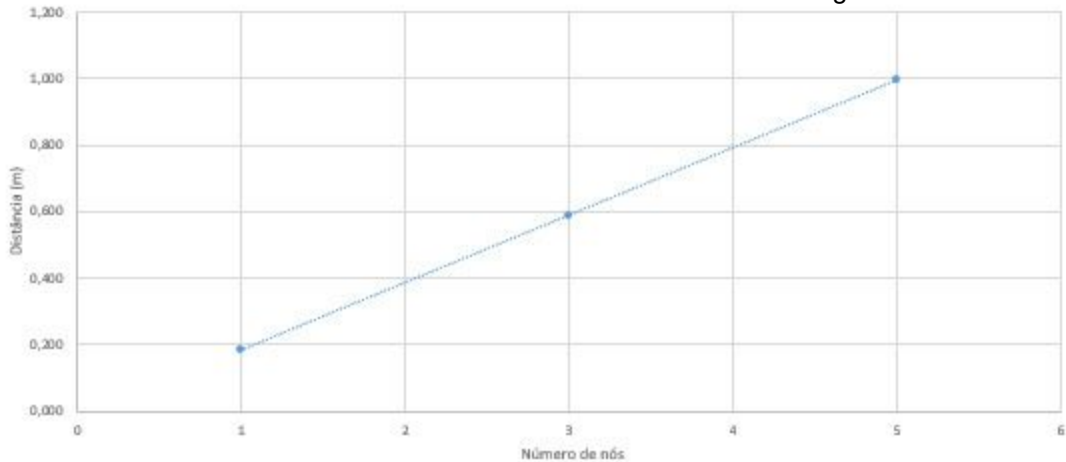
A velocidade do som a 0°C é igual a $331,45 \text{ m/s}$, fazendo uma diferença de $2,14$ entre a velocidade obtida com a real velocidade do som a 0°C , provando que a precisão foi boa.

CONCLUSÃO

Através da realização do experimento pudemos elucidar conceitos a respeito da velocidade do som no ar e do tubo de ressonância. Foi discutido como calcular n na expressão $L = n \cdot \frac{\lambda}{4}$, através da formação de harmônicos. Com os dados obtidos nos experimentos, construiu-se tabelas que facilitaram o cálculo do comprimento de onda e, posteriormente, a velocidade que aquela onda possuía quando propagada no tubo. Foram construídos gráficos da distância \times número de nós, o que tornou possível a obtenção do comprimento de onda. Comparou-se os valores obtidos pelas tabelas com os obtidos graficamente, concluindo que o método gráfico é mais preciso. Por fim, calculou-se a frequência do diapasão (atentando-se para as considerações feitas durante o experimento que poderiam interferir nos resultados) e também foi calculada a velocidade do som a 0°C .

$y = 0,203x - 0,0221$ Distância versus número de nós

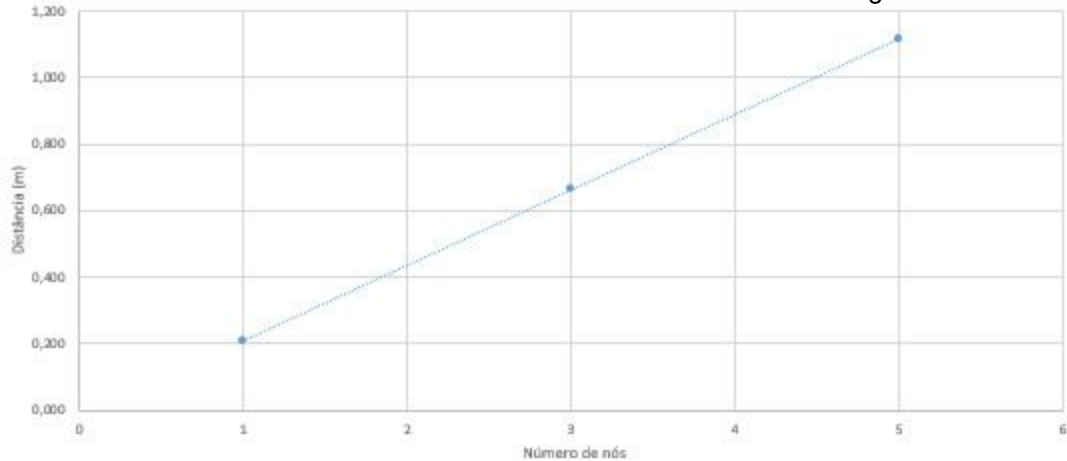
grafico 1



$$y = 0,2272x - 0,0198$$

Distância versus número de nós

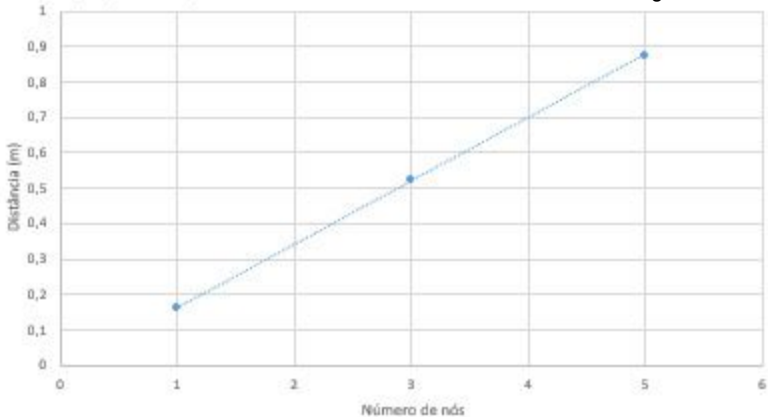
grafico 2



$$y = 0,1785x - 0,0158$$

Distância versus número de nós

grafico 3



$$y = 0,1648x - 0,0235$$

Distância versus número de nós

grafico 4

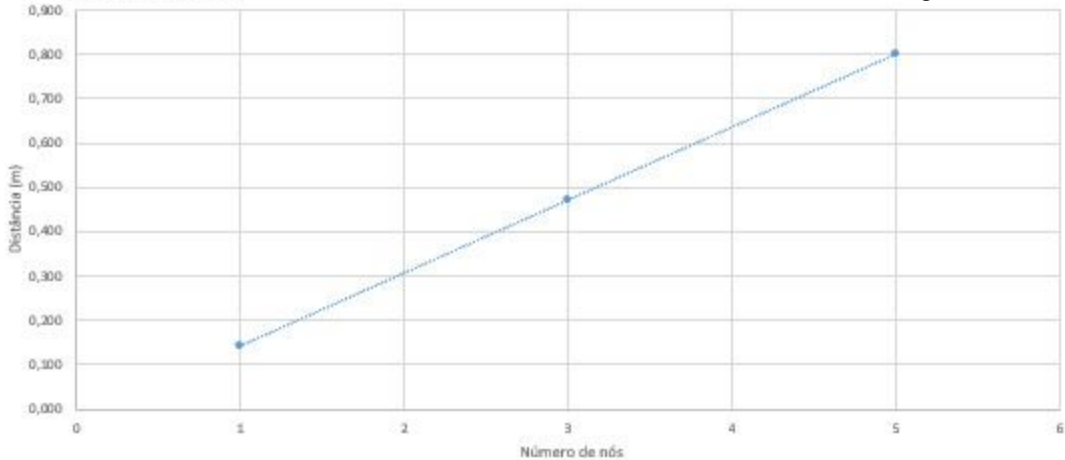


Tabela 1 - Pontos de encontro para frequência de 425,99 Hz.

Distância (m)						
n	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média	Erro da média	$\lambda(m)$
1	0,175	0,185	0,184	0,181	0,007	0,725333333
3	0,582	0,589	0,587	0,586	0,006	0,781333333
5	0,997	0,991	0,992	0,993	0,006	0,794666667

Tabela 2 - Pontos de encontro para frequência de 376,34 Hz.

Distância (m)						
n	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média	Erro da média	$\lambda(m)$
1	0,212	0,205	0,204	0,207	0,007	0,828
3	0,665	0,663	0,659	0,662	0,006	0,883111111
5	1,111	1,119	1,117	1,116	0,007	0,892533333

Tabela3 - Pontos de encontro para frequência de 479,30 Hz.

Distância (m)						
n	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média	Erro da média	$\lambda(m)$
1	0,162	0,161	0,163	0,162	0,005	0,648
3	0,521	0,522	0,520	0,521	0,005	0,694666667
5	0,872	0,877	0,879	0,876	0,006	0,7008

Tabela 4 - Pontos de encontro para frequência de 525,06 Hz.

Distância (m)						
n	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média	Erro da média	$\lambda(m)$
1	0,140	0,141	0,141	0,141	0,005	0,562666667
3	0,469	0,471	0,477	0,472	0,006	0,629733333
5	0,800	0,799	0,801	0,800	0,005	0,64

Tabela 5 - Velocidade do som para frequência de 425,99 Hz

n	Distância (m)		$\lambda(m)$	v (m/s)
	Média	Erro da média		
1	0,181	0,007	0,725333333	308,984747
3	0,586	0,006	0,781333333	332,840187
5	0,993	0,006	0,794666667	338,520053

Tabela 6 - Velocidade do som para frequência de 376,34 Hz.

n	Distância (m)		$\lambda(m)$	v (m/s)
	Média	Erro da média		
1	0,207	0,007	0,828	311,60952
3	0,662	0,006	0,883111111	332,350036
5	1,116	0,007	0,892533333	335,895995

Tabela 7 - Velocidade do som para frequência de 479,30 Hz.

n	Distância (m)		$\lambda(m)$	v (m/s)
	Média	Erro da média		
1	0,162	0,005	0,648	310,5864
3	0,521	0,005	0,694666667	332,953733
5	0,876	0,006	0,7008	335,89344

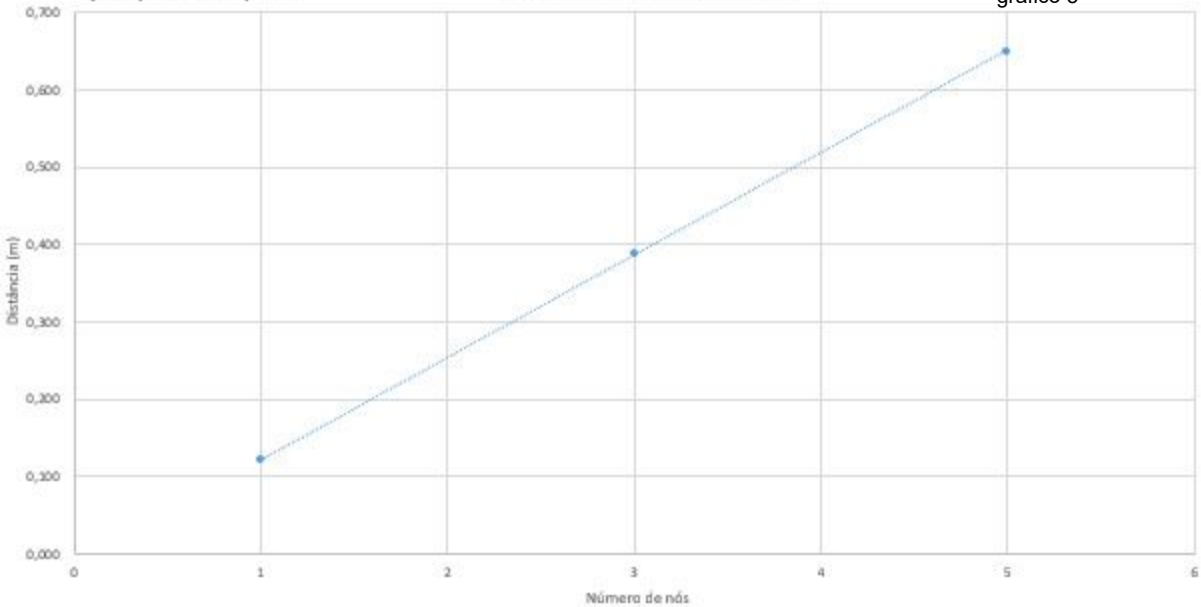
Tabela 8 - Velocidade do som para frequência de 525,06 Hz.

n	Distância (m)		$\lambda(m)$	v (m/s)
	Média	Erro da média		
1	0,141	0,005	0,562666667	295,43376
3	0,472	0,006	0,629733333	330,647784
5	0,800	0,005	0,64	336,0384

$$y = 0,1324x - 0,0103$$

Distância versus número de nós

grafico 5



Distância (m)

Tabela 9

n	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média	Erro da média
1	0,118	0,126	0,119	0,121	0,007
3	0,398	0,389	0,381	0,39	0,01
5	0,657	0,656	0,639	0,65	0,01