

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS  
E LETRAS DE RIBEIRÃO PRETO

RELEVATÓRIO  
FÍSICA 2  
EXPERIMENTOS 4  
VELOCIDADE DO SOM

HILARY ÍSIS DA SILVA, 11216873

RIBEIRÃO PRETO  
ABRIL / 2020

## INTRODUÇÃO:

Onda sonora é definida como qualquer onda longitudinal, ou seja, que possuem a mesma direção de vibração de sua trajetória. A trajetória dessa onda implica que há uma velocidade envolvida que depende de algumas propriedades como comprimento de onda  $\lambda$  e frequência  $f$ , notadas pela seguinte equação:

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

Neste experimento, ao emitir som na entrada de um tubo de acrílica cuja frequência é conhecida, algumas ondas sonoras estacionárias podem ser produzidas. Como existe um antinó na extremidade aberta e um nó na extremidade fechada, o modo mais simples (no caso geral) de se obter frequências de ressonância de um tubo de comprimento  $L$  com uma extremidade aberta e outra fechada é dado por:

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

Assim, somente os harmônicos ímpares podem existir nesse tipo de tubo. Conhecendo o valor do comprimento  $L$  e a frequência  $f$  é possível determinar o respectivo comprimento de onda  $\lambda$  e ainda conhecer com qual velocidade as ondas sonoras viajam. O objetivo do experimento, então, será determinar a velocidade do som no ar e a frequência de vibração de um diapás desconhecido.

## METODOLOGIA:

Materiais: tubo de acrílica transparente com extremidade móvel;

microfone; amplificador, fone de ouvido, conjunto de cinco diapasões (4 com  $f$  conhecidas e 1 com  $f$  desconhecida); Termômetro ( $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ); Martelo de borracha; Trena ( $\pm 0,005\text{m}$ ); gerador de frequência ( $\pm 1\text{ Hz}$ ).

### PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:

Posicionou-se o diapasão de modo que ele vibrasse num plano vertical sobre a extremidade aberta do tubo. Variando a posição da extremidade com o auxílio de um imã, vibrou-se o diapasão com o ~~uso~~ martelo de borracha. Escutando atentamente, variou-se a posição da extremidade móvel do tubo procurando um primeiro nível para o qual ocorra o máximo da intensidade do som (ressonância). Em seguida, localizou-se a posição da intensidade máxima o mais precisamente possível que foi identificada por  $A_1$ . O comprimento do tubo foi aumentado até localizar um segundo nível  $A_2$  de ressonância, e assim por diante até toda a extensão do tubo. Os valores foram colocados em tabelas para realização das análises.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

a) Desprezando as medidas das extremidades para cada diapasão, determine os comprimentos de onda dos sons examinados registrando esses valores também na respectiva tabela.

Tabela 1 - Pontos de encontro para  $f = 425,99\text{ Hz}$  ERRO  $\pm 0,005$

$n$	$L_1\text{ (m)}$	$L_2\text{ (m)}$	$L_3\text{ (m)}$	$L_{\text{média}}$	Erro da média	$\lambda\text{ (m)}$
1	0,175	0,585	0,584	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  $f = 376,34 \text{ Hz}$

n	L <sub>1</sub> (m)	L <sub>2</sub> (m)	L <sub>3</sub> (m)	L médio	Erro 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	0,883
5	1,111	1,119	1,117	<del>0,007</del> 1,116	0,007	0,893

Tabela 3. Pontos de encontro para  $f = 479,30 \text{ Hz}$

n	L <sub>1</sub> (m)	L <sub>2</sub> (m)	L <sub>3</sub> (m)	L méd.	erro med	$\lambda$ (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	0,695
5	0,872	0,877	0,879	0,876	0,006	0,701

Tabela 4. Pontos de encontro para  $f = 525,06 \text{ Hz}$

n	L <sub>1</sub> (m)	L <sub>2</sub> (m)	L <sub>3</sub> (m)	L méd	erro méd	$\lambda$ (m)
1	0,140	0,141	0,141	0,141	0,005	0,564
3	0,469	0,471	0,477	0,472	0,006	0,629
5	0,800	0,799	0,801	0,800	0,005	0,640

b-) As medidas das extremidades são desprezadas pelo fato de que as ondas ali presentes não apresentam ressonância, mas somente as ondas que se distribuem ao longo do tubo de acrílico.

c-) Utilizou-se o valor médio de cada comprimento de onda para as diferentes frequências.

f (Hz)	Veloc. de som (m/s)
425,99	326,45
376,34	326,66
479,30	326,56

525,00

320,81

Valor Médio: 325,12 m/s

d-) Pela equação 3, substituindo  $\lambda$  por  $4L/n$ , chega-se em uma equação para extrair diretamente a velocidade.

$$v = \frac{4Lf}{n} \quad (\text{eq. 3})$$

Desse modo, construindo um gráfico de  $4Lf$  vs.  $n$ , o coeficiente angular da equação da reta será então o valor da velocidade.

A tabela a seguir apresenta os valores de  $n$  que equivalem à velocidade do som  $v$ .

Tabela 6 - Velocidade do som para cada frequência utilizada encontrada graficamente pelo coef. angular  $v = \frac{4Lf}{n}$

Frequência (Hz)	Velocidade do Som (m/s)
425,99	345,9
376,34	342,7
479,30	342,2
525,06	346,0

Valor Médio = 344,20 m/s

e-) Comparando os resultados obtidos pelo método direto (aplicação da equação) e graficamente, os que foram obtidos por este último foram mais precisos e próximos do valor esperado para  $T = 20^\circ\text{C}$  que era de  $v = 343 \text{ m/s}$  (um desvio de 0,35%, considerável pelo fato de que a  $24^\circ\text{C}$  a velocidade do som seria maior que o valor da literatura, ou seja, não valores

precisos e válidos). Como para o método gráfico os pontos foram todos distribuídos e não se trabalhou com valores médios, o procedimento foi mais preciso.

f-) Utilizou-se a velocidade do som  $v = 344,20 \text{ m/s}$ ,  $n = 5$ , através da equação 3 isolando  $f$  chega-se em:  $L = 0,650 \text{ m}$

$$f = \frac{v \cdot n}{4L} \quad (\text{eq. 4})$$

Distância L (m)					
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	0,321	0,39	0,01
5	0,657	0,656	0,639	0,65	0,01

Logo, a frequência encontrada foi  $f = 661,92 \text{ Hz}$

g-) com  $v(t) = 325,12 \text{ m/s}$

$$V_0 = \frac{325,12}{\sqrt{1 + \frac{24}{273}}} \Rightarrow V_0 = 311,7 \text{ m/s}$$

com  $v(t) = 344,20 \text{ m/s}$

$$V_0 = \frac{344,20}{\sqrt{1 + \frac{24}{273}}} \Rightarrow V_0 = 330,05 \text{ m/s}$$

Para  $v(t) = 344,20 \text{ m/s}$  chegou-se no valor esperado de  $V = 330 \text{ m/s}$  enquanto que para  $v(t) = 325,12 \text{ m/s}$  o valor foi estrutamente menor, tratando-se de um valor cuja velocidade foi obtida

por um método menos preciso.

h-)  $\lambda = 4L$   $\rightarrow$  modo mais simples

$\lambda = 4L/3$   $\rightarrow$  2º modo mais simples

$$\text{Logo} \Rightarrow L = \frac{3\lambda}{4} = \frac{\lambda}{4} + \frac{n\lambda}{2}$$

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

$\therefore \lambda = \frac{4L}{2n+1}$   $\rightarrow$  admite apenas números ímpares,  
logo  $\lambda = \frac{4L}{n}$ , com  $n = 1, 3, 5, \dots$

i-) balde com água com cano PVC, cujo comprimento da coluna <sup>de ar</sup> pode ser variado facilmente possibilitando detectar os pontos de ressonância.

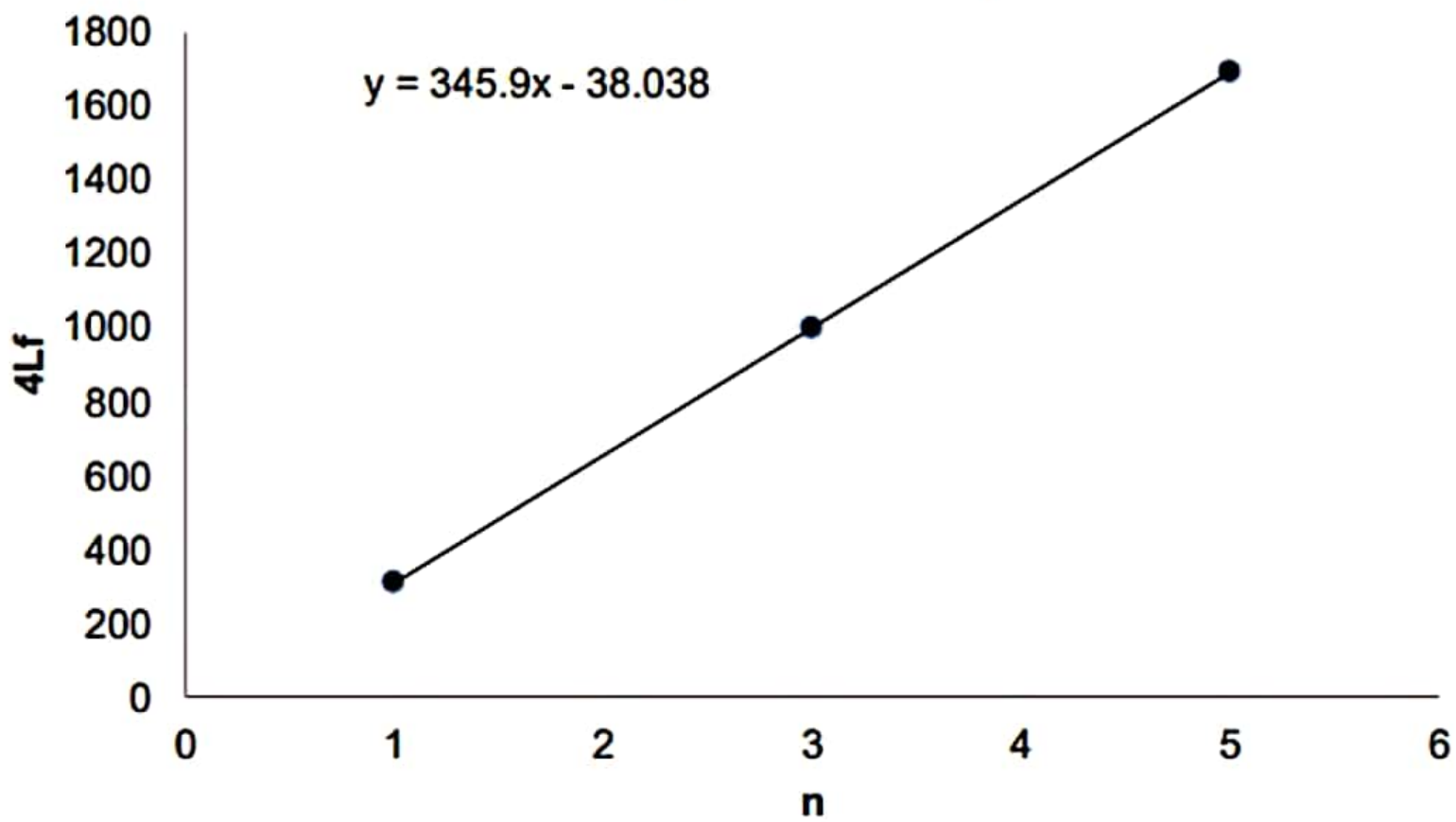
- Os diapasons são substituídos por um programa de computador que gera áudios.

- Além do som produzido, a uma determinada frequência, é possível variar o comprimento da coluna de ar até um valor total que ocorra a ressonância devido à reflexões das ondas na superfície líquida.

### CONCLUSÃO

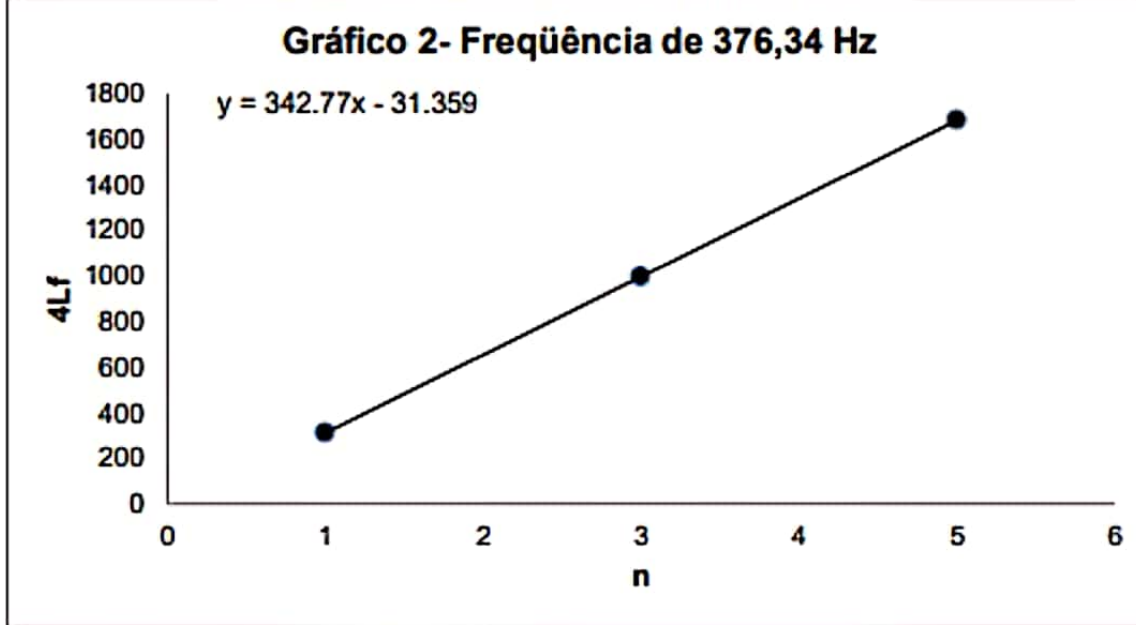
O objetivo do experimento foi concluído e pôde-se assim estudar os fenômenos envolvidos por trás da propagação das ondas mecânicas sonoras. Os valores encontrados de  $v_{\text{som}}$  foram próximos de esperado, e tratando de um experimento prático, possíveis erros sistemáticos são inerentes, entretanto, não invalidam o procedimento.

**Gráfico 1- Frequência de 425,99 Hz**

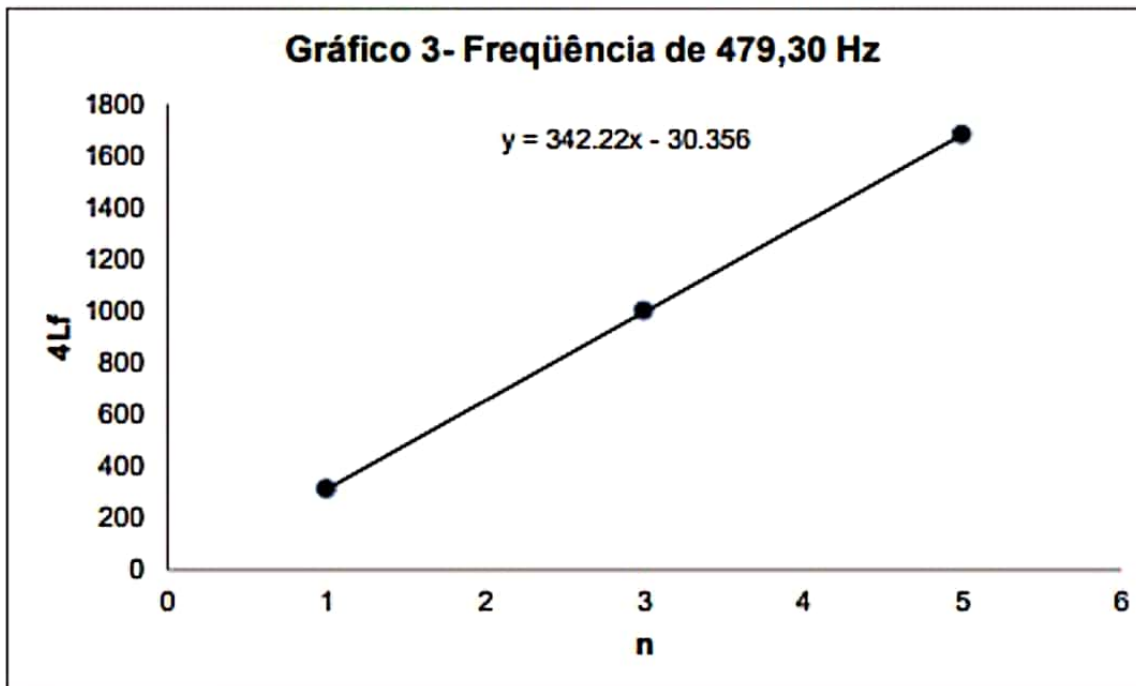




**Gráfico 2- Frequência de 376,34 Hz**



**Gráfico 3- Frequência de 479,30 Hz**



**Gráfico 4- Frequência de 525,06 Hz**

