

- Introdução -

Quando ondas estão confinadas num espaço, como as ondas numa corda de piano, ocorrem reflexões nas duas extremidades e se formam ondas que estão em movimento nas duas direções. Estas ondas se combinam de acordo com o princípio da superposição. Numa dada corda, existem certas frequências nas quais a superposição leva a uma configuração de vibração estacionária denominada onda estacionária.

Se fixarmos as duas extremidades de uma corda comprida, e se excitarmos a corda, num certo ponto, com um movimento harmónico simples de pequena amplitude, transversal à corda, verificaremos que, em certas frequências, formam-se configurações de ondas estacionárias. As frequências que provocam estas ondas são frequências de ressonância do sistema oscilante.

A frequência de ressonância mais baixa é a frequência fundamental, ela provoca a onda estacionária que é denominada o "modo fundamental" da vibração ou o "primeiro harmónico".

Em cada harmónico existem certos pontos da corda que não se movem, o ponto central. Estes pontos são os nós da onda estacionária. Entre cada par de nós existe um ponto onde a amplitude da vibração é um máximo e que se chama o "antino" ou o "ventre" da onda estacionária.

- Materiais e metodologia -

Os materiais utilizados foram: Trena, balança, massas aferidas, medidor de frequência, vibrador com frequência variável, suporte com roldana, 3 fios com densidades diferentes.

Para a realização deste experimento, o sistema foi montado fixando a roldana e o vibrador como instruído, amarrando os fios de diferentes densidades, um de cada vez.

Primeiramente foi utilizado o fio mais grosso, sendo este amarrado mantendo inicialmente um comprimento L igual a 1,5 metros, e ajustando o vibrador para 30 Hz. Com esse sistema, foram medidos os valores de uma massa M responsáveis por proporcionar ao longo do fio os determinados números de nós desejados (2-6).

Logo em seguida o comprimento L do fio é diminuído (1,50 →

tilibra)

1,25 → 1,00 → 0,75 → 0,50), e se mede os valores das massas M responsáveis por proporcionar 3 nós ao sistema montado. Com o vibrador ajustado para 30 Hz.

Os procedimentos descritos foram repetidos para os outros dois fios de diferente espessura e densidade.

Resultados

Tabela 1

massa do suporte	incerteza da Trena	incerteza da balança digital	incerteza da balança analítica
7g	$\pm 0,005\text{m}$	$\pm 1\text{g}$	$\pm 0,0001\text{g}$

* frequência usada: 30 Hz

A densidade linear pode ser calculada a partir de $\mu = \frac{m}{L}$, sendo μ = densidade linear, m = massa do fio, L = comprimento do fio.

	$m(\text{g})$	$L(\text{m})$	$\mu(\text{g/m})$
fio 1	1,1218	1,866	0,6011
fio 2	0,6605	1,846	0,3580
fio 3	0,4039	1,945	0,2076

1. a) Faça os gráficos de $\log M$ versus $(p-1)$ e determine os valores do expoente x para cada fio

p	$p-1$	$m_{\text{fio1}}(\text{g})$	$m_{\text{fio2}}(\text{g})$	$m_{\text{fio3}}(\text{g})$
2	1	369	218	130
3	2	107	64	34
4	3	45	30	13
5	4	25	15	8
6	5	14	8	5

gráficos em
anexo

$$F = mg \quad \text{e} \quad F = \frac{4\mu L^n f^2}{(p-1)^x} \quad (1)$$

$$(2) \quad mg = \frac{4\mu L^n f^2}{(p-1)^x} \quad \rightarrow \quad m = \frac{4\mu L^n f^2}{(p-1)^x g}$$

tilibra $\log m = \log (p-1)^x + \log \left(\frac{4\mu L^n f^2}{g} \right) \quad \rightarrow \quad \log m = -x \log (p-1) + \log \left(\frac{4\mu L^n f^2}{g} \right) \quad (3)$

Assim, o coeficiente angular dos gráficos é igual a $-x$. Desse modo,

$$x_1 = 2,0161, \quad x_2 = 2,0169, \quad x_3 = 2,0365$$

b) Faça os gráficos di-log de M versus L e determine os valores do expoente n para cada fio

$L(m)$	$m_{fio1}(g)$	$m_{fio2}(g)$	$m_{fio3}(g)$
1,50	107	64	34
1,25	70	36	18
1,00	38	29	12
0,75	23	12	5
0,50	12	5	2

$$m = \frac{4\mu L^n f^2}{(p-1)^2 g}$$

$$\log m = \log L^n + \log \left(\frac{4\mu f^2}{(p-1)^2 g} \right)$$

$$\log m = n \log L + \log \left(\frac{4\mu f^2}{(p-1)^2 g} \right)$$

o coeficiente angular dos gráficos é igual ao expoente n

$$n_1 = 1,9916, \quad n_2 = 2,2574, \quad n_3 = 2,5520$$

c) Compare e discuta os resultados obtidos em a) e em b)

É possível constatar que $\bar{x} = 2,0331$ e $\bar{n} = 2,2730$. Além disso, é possível afirmar que os coeficientes x e n demonstram uma influência quadrática de $(p-1)$ e L no cálculo da força.

d) A partir do valor de densidade estimada para o fio 1 (μ_1) considerando $g = 9,8 m/s^2$, e utilizando-se da expressão 1, construa o gráfico di-log de M versus $p-1$, e determine as densidades (μ_2 e μ_3) dos outros dois fios, assim como a frequência do vibrador. Compare com os valores já obtidos no item d) da parte experimental

$$\mu_1 = 0,6011 g/m$$

$$2,5971 = \log \left(\frac{4 \cdot 0,6011 \cdot 1,50^{1,9916}}{9,8} f^2 \right)$$

$$f = 26,81 \text{ Hz}$$

Com isso, é possível encontrar os valores μ_2 e μ_3 graficamente.

$$2,3789 = \log \left(\frac{4 \mu_2 \cdot 1,50^{2,2871}}{9,8} f^2 \right)$$

$$\mu_2 = 0,3226 \text{ g/m}$$

$$2,1191 = \log \left(\frac{4 \mu_3 \cdot 1,50^{2,5520}}{9,8} 26,81^2 \right)$$

$$\mu_3 = 0,1593 \text{ g/m}$$

Os valores encontrados nos cálculos são próximos ao utilizado em laboratório (30 Hz). A discrepância ocorre devido a taxa de erro de um experimento prático.

Conclusão

Por fim, conclui-se que existe uma relação direta entre a quantidade de nós e a força aplicada, quanto menor a massa, maior o número de nós. A partir do cálculo da densidade dos fios e do expoente n , ao se comparar os 3 fios, percebe-se a influência do comprimento do fio.

Gráfico a - fio 1

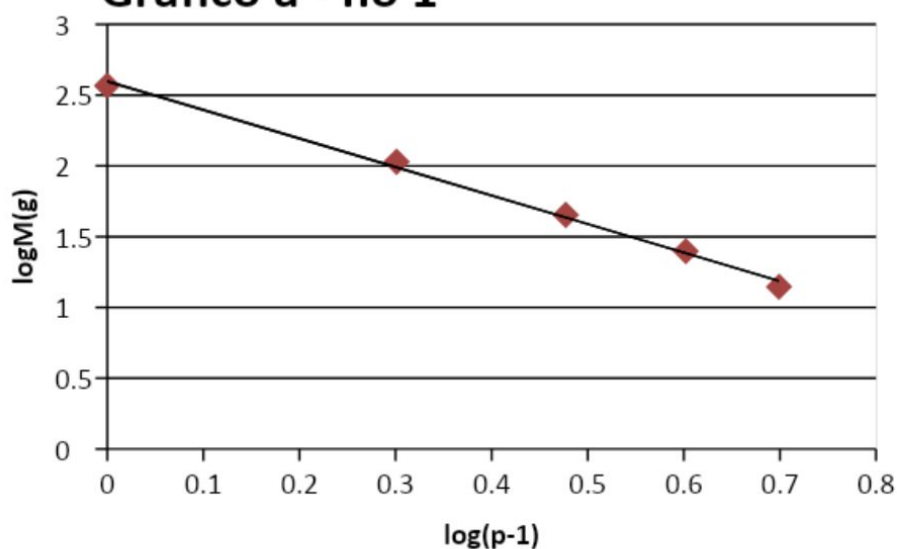


Gráfico a - fio 2

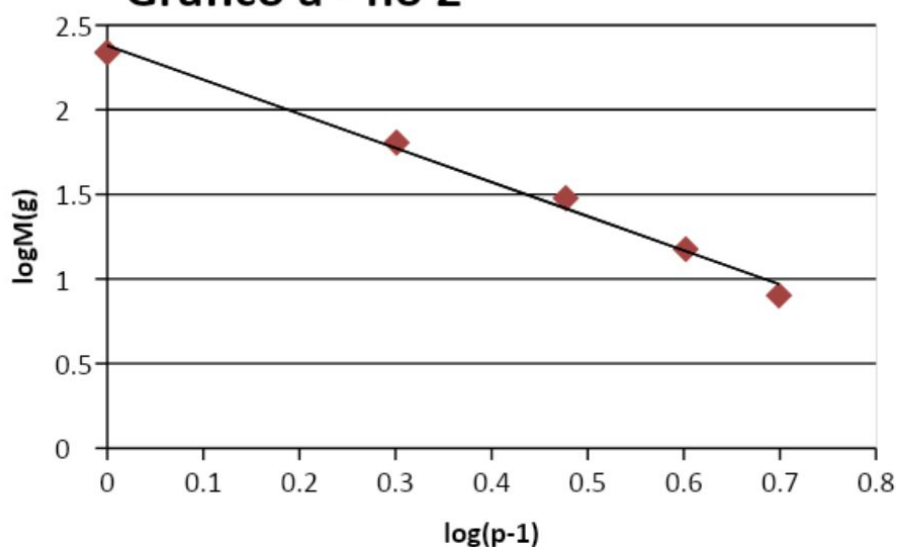


Gráfico a - fio 3

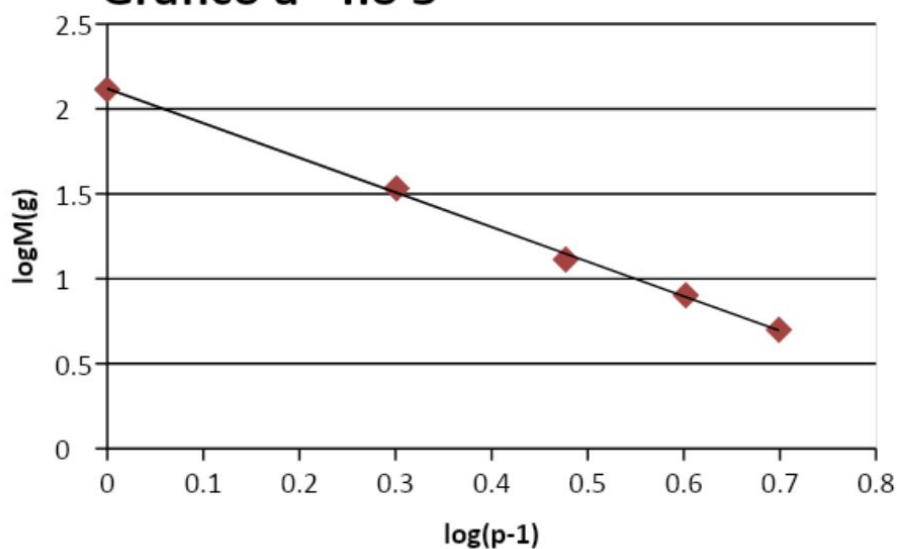


Gráfico b - fio 1

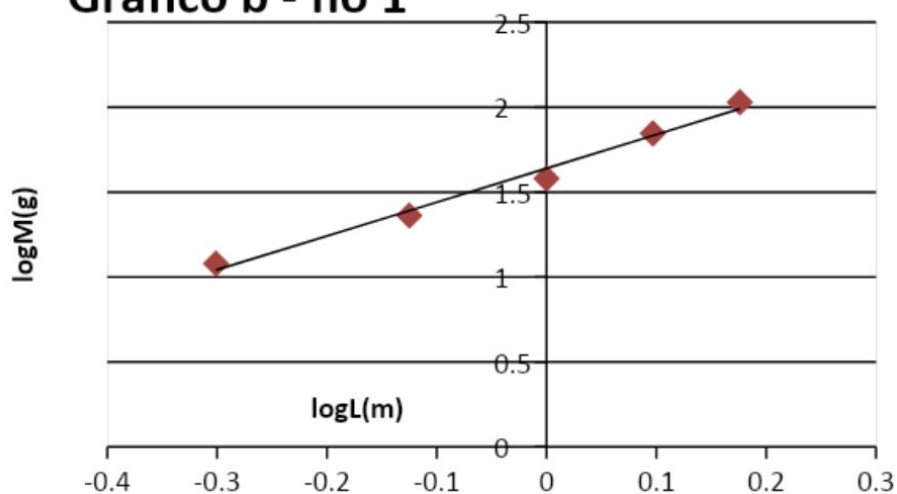


Gráfico b - fio 2

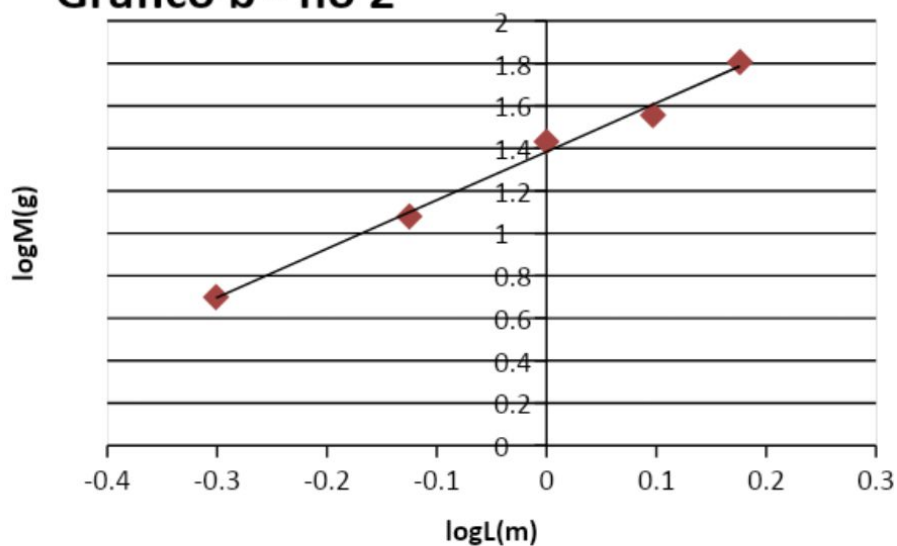


Gráfico b - fio 3

