Experimento 3 - corda vibrante

Introdução

O movimento ondulatório é causado pelo transporte de energia e momento, de um ponto a outro do espaço sem transporte de matéria, e isso pode ser visto através da passagem de energia com uma determinada frequência por um fio ou barbante. Quando isso é feito, utilizando um vibrador com frequencímetro e um fio de massa M e comprimento L, é observado a formação de ondas estacionárias e nós (região entre duas ondas estacionárias).

Isso ocorre através do encontro entre ondas refletidas em uma extremidade e ondas geradas na outra, onde ambas as extremidades são fixas, condição que impõe que a onda deve ter nós na sua extremidade. O número de ondas estacionárias e nós variam com a frequência aplicada, o comprimento do fio, massa e a desidade linear do fio. E nesse experimento são observadas as relações dadas pela seguinte equação:

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

$$Mg = \frac{4\mu L^n f^2}{(P-1)^x} \quad (2)$$

$$M = \frac{4\mu L^n f^2}{g(P-1)^x} \quad (3)$$

O objetivo do experimento será determinar os expoentes n e x da equação acima, além de determinar a densidade linear μ para todos os fios utilizados

Metodologia

Materiais utilizados:

- Suporte com roldana;
- Vibrador com frequência variável e medidor de frequência;
- Massas aferidas;
- balança digital (±1g)
- balança analítica (± 0,0001 g)
- trena (± 0,005 m);
- 5 fios com densidades diferentes

Equações:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}, \quad \mu = \frac{M}{L} \quad (4)$$

Resultados

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

A partir da equação (3), aplicando o logaritimo em ambos os lados chega-se em:

$$\log M = \log \frac{4\nu L^2 f^2}{g} - \log (p-1)^x \quad (5)$$

$$\log M = -\log (p-1)^x + \log \frac{4\nu L^2 f^2}{g} \quad (6)$$

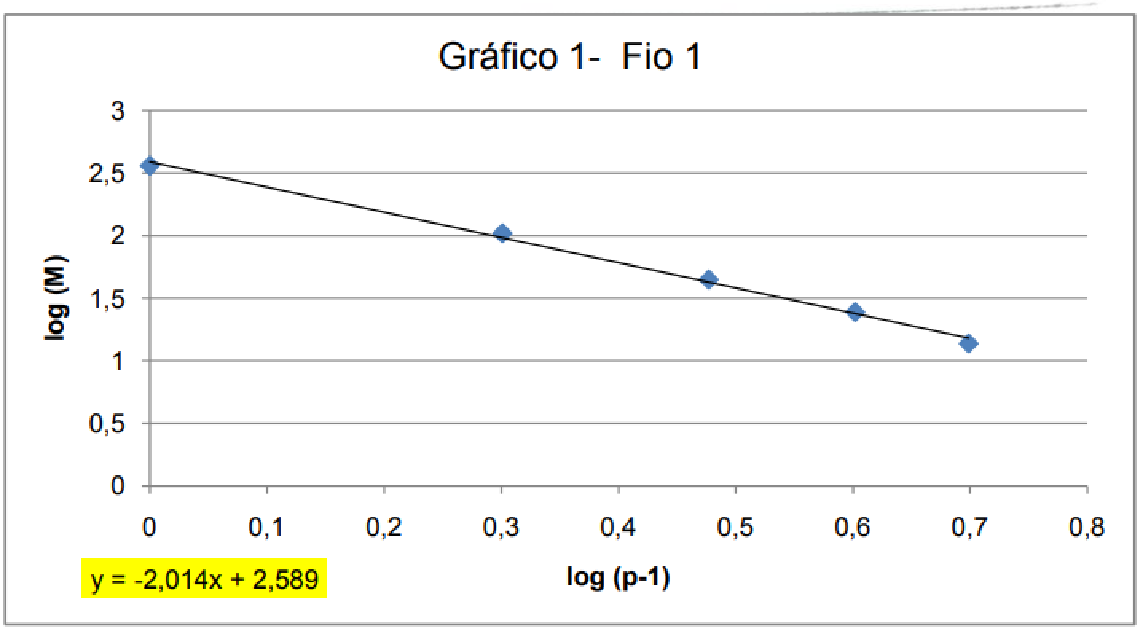
$$\log M = -x \log (p-1) + \log \frac{4\nu L^2 f^2}{g} \quad (7)$$

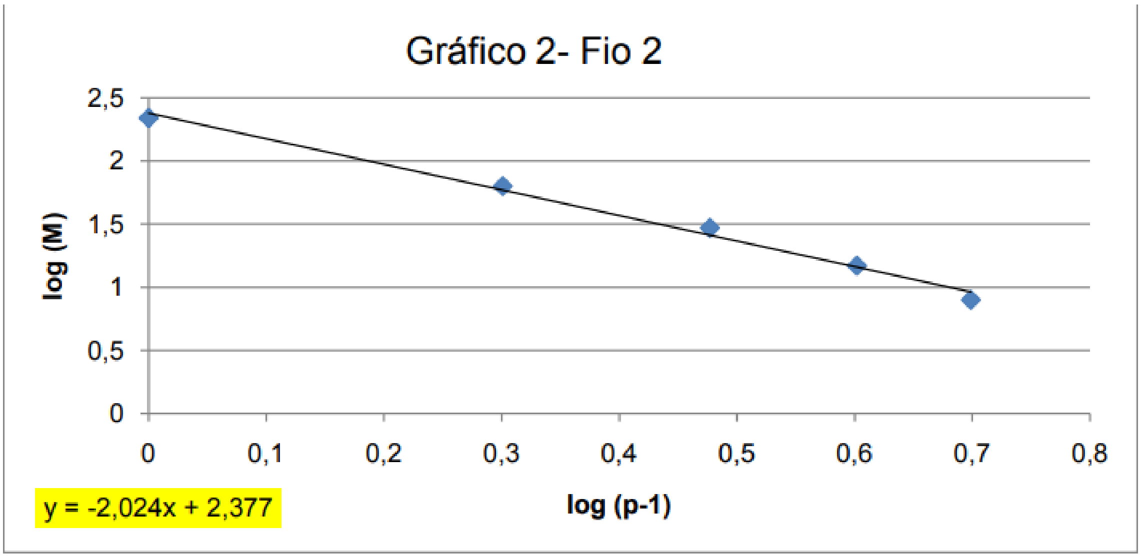
Analisando a equação, uma vez que aplicando o logaritimo chega-se em uma equação da reta cujo x é o coeficiente angular. Desse modo, extraiu-se os coeficientes angulares dos gráficos 1,2 e 3.

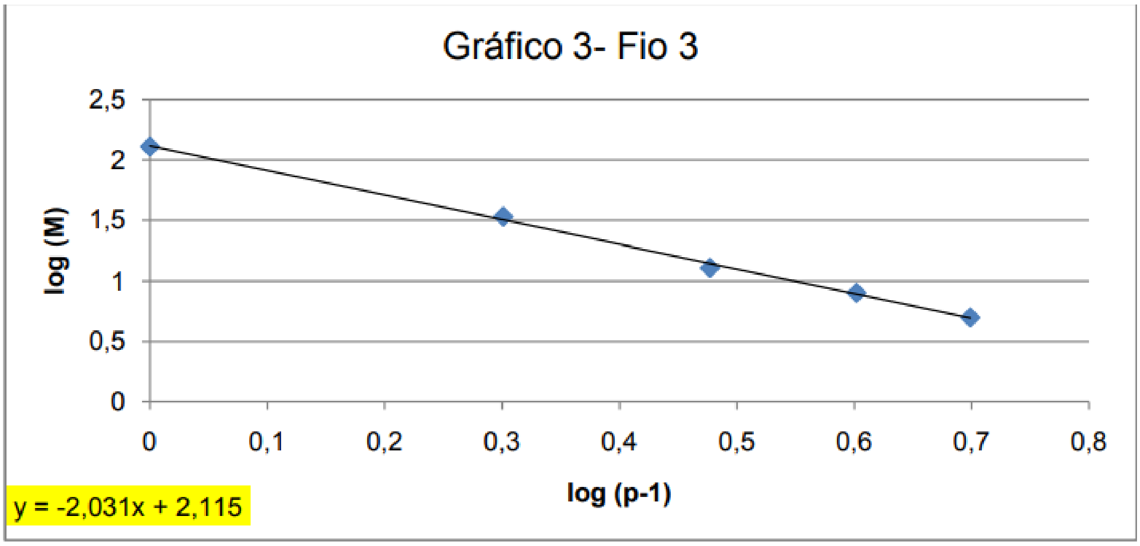
tabela 1: valores de massa para L fixo = 1,50m

			M(g) ± 1					
p	p-1	log (p-1)	fio 1	log M (fio 1)	fio 2	log M (fio 2)	fio 3	log M (fio 3)
2	1	0	369	2,56	218	2,34	130	2,11
3	2	0,301	107	2,02	64	1,81	34	1,53
4	3	0,4771	45	1,65	30	1,47	13	1,11
5	4	0,602	25	1,39	15	1,17	8	0,903
6	5	0,6989	14	1,14	8	0,90	5	0,699

Os gráficos a seguir foram feitos na escala di-log e apresentam as respectivas equações de reta.







Assim, os expoentes x encontrados foram:

$X_1 = 2,014$

$X_2 = 2,024$

$X_3 = 2,031$

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

Novamente, partiu-se da equação (3) e aplicou-se logaritmo em ambos os lados, entretanto, no lugar de p-1 agora se tem o comprimento L. Assim:

$$M = \frac{4 \mu L^n f^2}{g(p-1)^x} \qquad (3)$$

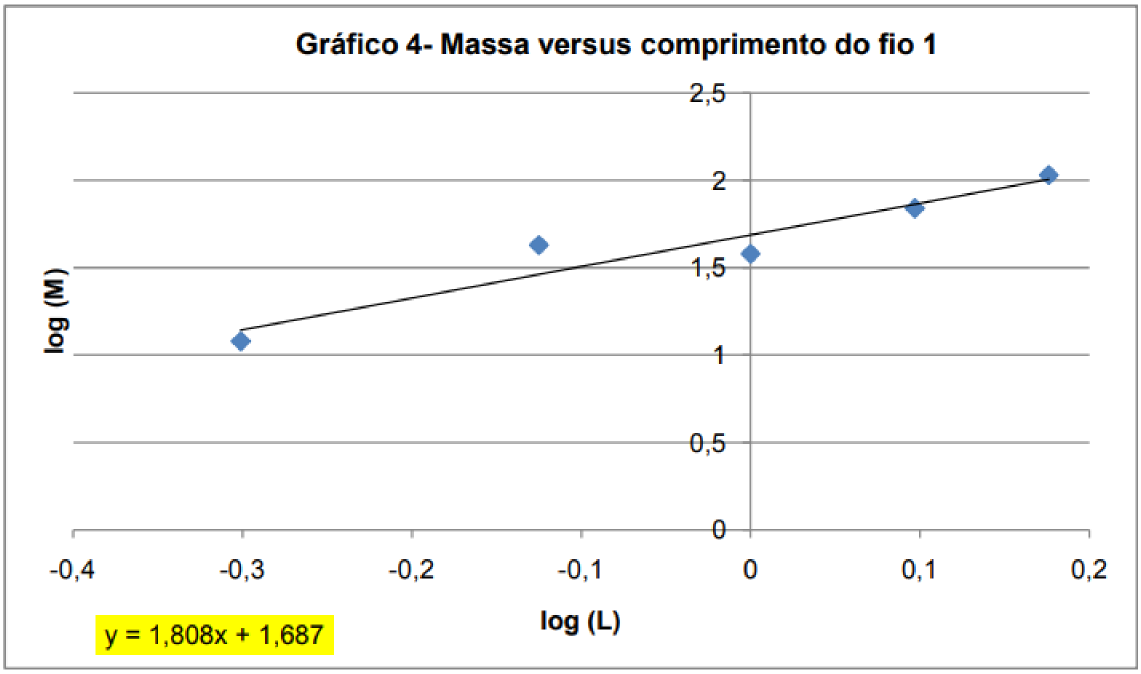
$$\log M = \log L^n + \log \frac{4\nu f^2}{g(\rho-1)^x} \quad (8)$$

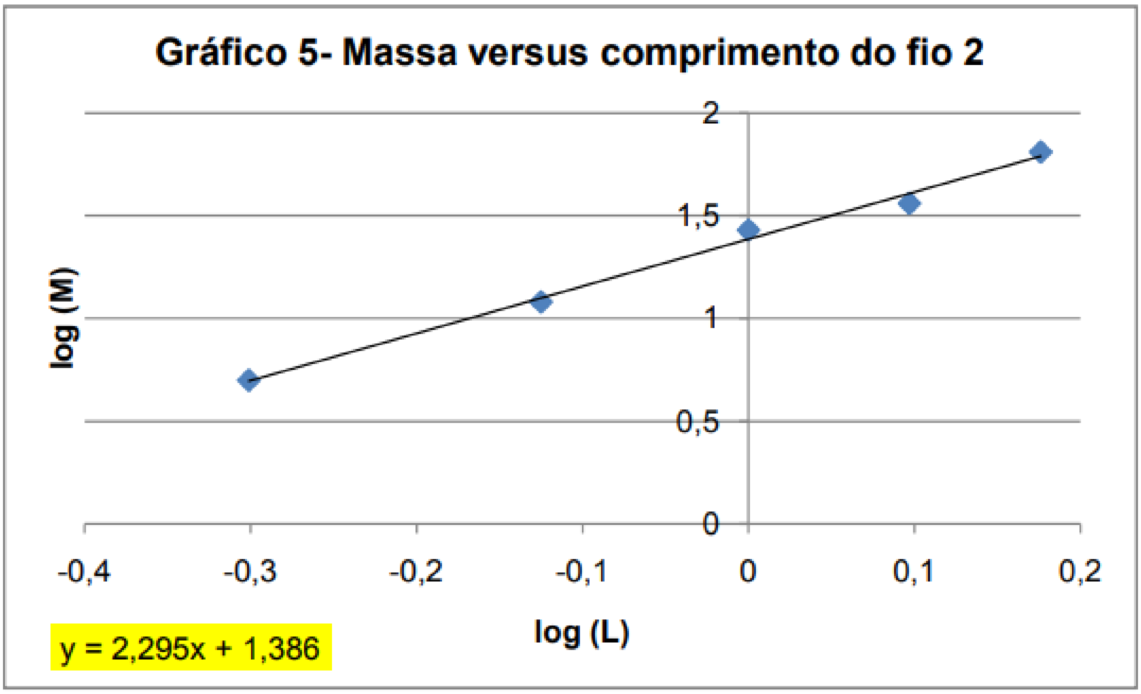
$$\log M = n \log L + \log \frac{4\nu f^2}{g(\rho-1)^x} \quad (9)$$

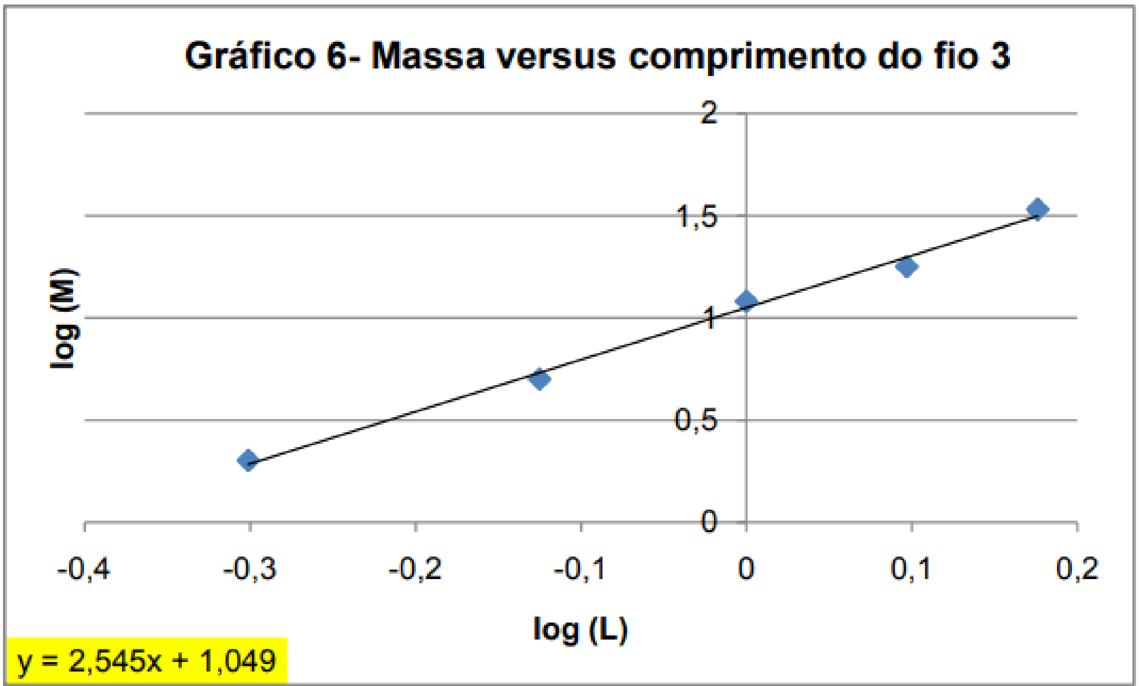
Analogamente ao item a), percebe-se que o coeficiente angular da equação da reta será o expoente n procurado. A partir dos gráficos, então, pode-se extrair os valores de n para cada fio

tabela 2: Valor de Massa para p fixo =3

		M(g) ± 1					
L (m) ± 0,005	log L	fio 1	log M (fio 1)	fio 2	log M (fio 2)	fio 3	log M (fio 3)
1,5	0,176	107	2,02	64	1,81	34	1,53
1,25	0,0969	70	1,85	36	1,56	18	1,26
1,00	0	38	1,58	27	1,43	12	1,08
0,75	-0,125	23	1,36	12	1,08	5	0,699
0,50	-0,301	12	1,08	5	0,699	2	0,301







Assim, os expoentes n encontrados foram:

$n_1 = 1,808$

$n_2 = 2,295$

$n_3 = 2,595$

Comparando os resultados obtidos em a) e b):

Fio1: Ambos são proximos de 2, com uma diferença de aproximadamente 0,206. Considera-se, portanto, que foram valores precisos pela proximidade entre ambos.

Fio2: A diferença entre os dois expoentes foi de 0,271 aproximadamente. Ambos também se aproximaram de 2 embora a diferença seja maior, o que não invalida a precisão.

Fio 3: Os valores foram mais divergentes com diferença de 0,514 aproximadamente. O valor de n foi o maior, possivelmente devido a um erro sistemático uma vez que os valores restantes aproximam-se de 2 e este foi o que mais se distanciou.

Comparando somente para a parte ①, foram três valores extremamente próximos com um desvio considerável em torno de 0,00698. Já para a parte Ⓑ, foi obtido um desvio de 0,306 (um desvio maior, justificável pelo fato de possíveis erros sistemáticos durante o experimento).

ⓓ A partir do valor de densidade estimada para o fio 1 (μ_1), considerando $g = 9,8\ m/s^2$ e utilizando da expressão 1 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 ⓓ da parte experimental.

tabela 3: Valores de massa e comprimento dos fios

Fio	Massa M do fio (g) ± 0,0001	Comprimento L do fio (m) ± 0,005
1	1,1218	1,866
2	0,6605	1,845
3	0,4039	1,945

Experimentalmente, determinam-se os valores de μ_1, μ_2 e μ_3 utilizando a equação de Taylor (4) que relaciona a velocidade de propagação das ondas com a força de tensão aplicada e a densidade linear do fio/corda. Assim:

$$\mu_1 = 0,601 \pm 0,0016\ g/m$$

$$\mu_2 = 0,358 \pm 0,00097\ g/m$$

$$\mu_3 = 0,208 \pm 0,00054\ g/m$$

Somente pela análise dos valores, pode-se concluir previamente que o fio 1 é o mais denso entre os 3 utilizados. A partir de $\mu_1 = 0,601$ e da equação (6), determinou-se o valor da frequência para que, substituindo o valor da mesma na equação, chegasse aos valores teóricos μ_2 e μ_3.

$$\log M = -\log (P-1)^x + \log \frac{4\mu L^n f^2}{g}$$

Nesse caso, o que nos importa é apenas o coeficiente linear, ou seja, apenas $\log \frac{4\mu L^n f^2}{g}$

Portanto:

$$\log M = \log \frac{4 \mu L^2 F^2}{g}$$

$$\log 369 = \log \frac{(4 \times 0{,}601 \times 1{,}5^{1{,}806} F^2)}{9{,}8}$$

$$10^{2{,}57} = 0{,}5106 F^2$$

$$F^2 = \frac{373{,}53}{0{,}5106}$$

$$F = 26{,}9 \, Hz$$

Substituindo o valor da frequência encontrada na mesma equação (6), obteve-se os valores teóricos μ_2 e μ_3

$$\mu_2 = 0{,}291 \ g/m$$

$$\mu_3 = 0{,}157 \ g/m$$

Comparando os valores, experimentais e teóricos, nota-se que μ_2 experimental distanciou-se em 0,067 (um desvio aproximado de 0,0335) do valor teórico e μ_3 experimental distanciou-se em 0,051 (desvio aproximado de 0,0255, exatamente metade do desvio para o fio 2) do valor teórico.

Com relação à frequência, a mesma encontrada teoricamente foi menor do que a utilizada em uma diferença considerável.

Conclusão

O experimento realizado teve como objetivo o estudo do fenômeno de ressonância e a formação de ondas estacionárias. A partir dos resultados podemos concluir que, primeiramente, teve-se uma grande precisão pois foi observado que os resultados empíricos se assemelham com os teóricos.

Também observamos que as discrepâncias entre os resultados foram produtos dos erros sistemáticos inerentes aos equipamentos, além disso é possível perceber que conforme a massa do fio diminui, a exatidão na determinação dos expoentes também decresce, acreditamos que pelo fato de ser necessário equipamentos mais precisos.

Portanto podemos concluir que pelos motivos já citados e pelo estudo das equações utilizadas o objetivo foi alcançado com uma exatidão aceitável.