Tabela 1				
		Massa M (g)		
p	p-1	fio 1	fio 2	fio 3
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

Gráfico 1

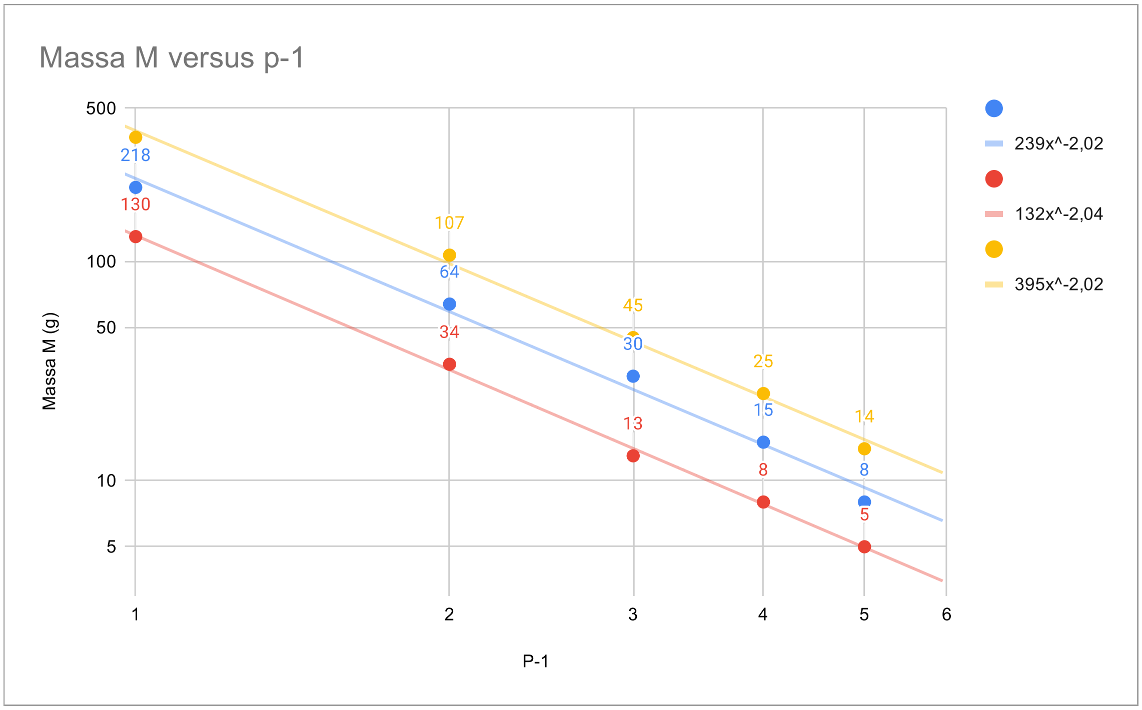
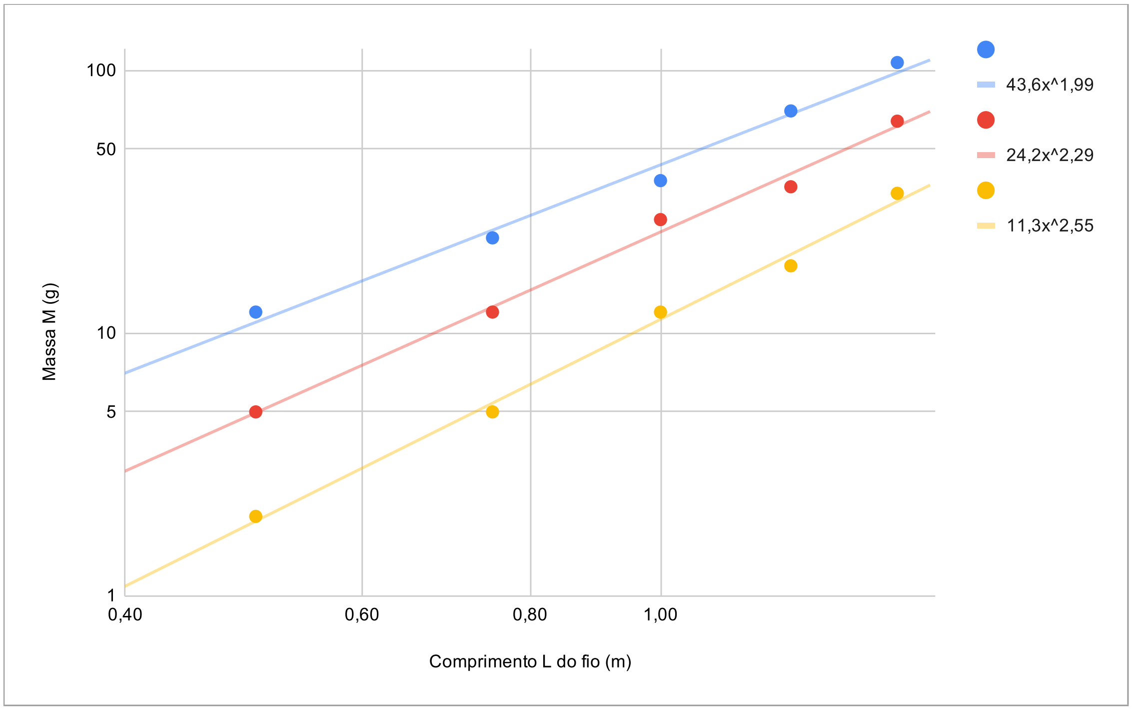


Tabela 2

	Massa M (g)		
L (m)	fio 1	fio 2	fio 3
1,50	107	64	34
1,25	70	36	18
1,00	38	27	12
0,75	23	12	5
0,50	12	5	2

Gráfico 2



Experimento 3 - Cordas vibrantes

Introdução

O movimento ondulatório pode ser imaginado como transporte de energia e de momento de um ponto a outro no espaço sem o transporte simultâneo de matéria. Exemplos de movimentos ondulatórios são as ondas em mar aberto, ondas de luz e ondas vibracionais em cordas ou diferentes metais. Analisaremos cordas vibrantes.

Para algumas configurações determinadas, em uma corda vibrante, existe sobreposição da onda incidente ao ponto fixo e da refletida por ele, assim cria-se uma onda estacionária ao longo da corda.

A relação entre frequência f, velocidade v e comprimento λ de uma onda é dada por

$$v = f \cdot \lambda \qquad \text{(equação 1)}$$

enquanto que λ é medido por,

$$\lambda = \frac{2L}{p-1} \qquad \text{(equação 2)}$$

onde L é o comprimento da corda e p é o número de nodos, ou seja, o número de pontos na corda nos quais o deslocamento é nulo, sendo p um número natural maior que 2.

A velocidade também pode ser definida pela tensão F aplicada na corda por sua densidade linear μ segundo a equação:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \qquad \text{(equação 3)}$$

Assim, para que ondas estacionárias de frequência f sejam produzidas em um fio de comprimento L e densidade linear μ com p nodos, é necessário que uma força F distenda o fio:

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

Metodologia

Utilizou-se nesse experimento um suporte móvel horizontal com roldana, um vibrador com frequencia variável ajustada para 30 Hz, massas aferidas, balança eletrônica com erro de ±1g e balança analítica com erro de ±0,0001 g, trena de ~7 m com erro de 0,0005 m e 3 fios com densidades lineares μ diferentes, além de um suporte para massas.

Inicialmente, com o vibrador modulado para 30 Hz, esticou-se o fio mais grosso em L = 1,50 m, e determinou-se as massas para que a onda estacionária produzida na corda tivesse de 2 a 6 nós. Tomou-se nota de p, p-1 e M para o fio mais grosso, em seguida para os outros fios.

Variou-se então os comprimentos dos fios para 1,25 m, 1,00 m, 0,75 m e 0,50 m com a massa ~~variável~~ e o número de nós igual a 3, anotando-se L e M.

Analisou-se os dados com a planilha do Google Drive e os gráficos criados foi através da logaritmação das escalas e da regressão linear em série de potências no gráfico.

Resultados

Para a primeira parte, as massas que proporcionaram ondas estacionárias com nós definidos estão disponíveis no gráfico 1. Na linearização que refere-se ao expoente x, as equações de retas para os fios foi $F_1 = 395\,x^{-2,02}$, $F_2 = 239\,x^{-2,02}$ e $F_3 = 132\,x^{-2,04}$, as quais estão disponíveis no gráfico 1.

As massas na segunda parte que proporcionaram 3 nós definidos variando o comprimento do fio foram dispostas na Tabela 2. Plotando-se em um gráfico, nas linearizações que se referem ao expoente η, as equações de retas foram $F_1 = 43,6\,x^{1,99}$, $F_2 = 24,2\,x^{2,29}$ e $F_3 = 11,3\,x^{2,55}$, as quais estão disponíveis no gráfico 2.

Analisando as equações teóricas, tem-se que
(2) em (1) e (1) = (3)

$$v = f \cdot \frac{2L}{(p-1)} = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$ eleva-se ao quadrado

$$\frac{f^2 \cdot 4L^2}{(p-1)^2} = \frac{F}{\mu}$$ multiplica-se por μ

$$\frac{4f^2 \mu L^2}{(p-1)^2} = \frac{F\cancel{\mu}}{\cancel{\mu}}$$

$$F = 4\mu \frac{f^2 L^2}{(p-1)^2} = 4\mu f^2 L^2 \cdot (p-1)^{-2}$$

Discussão

Comparando-se os resultados e a teoria, percebe-se que o expoente x foi aproximado com bastante precisão, uma vez que o resultado esperado era de -2 e seus resultados experimentais tiveram uma aproximação de 98%: o que recai em erros experimentais e desvios-padrão dos instrumentos.

Já os dados da segunda parte, podemos ver que há distanciamento do valor teórico em até 21%, dando um resultado não tão agradável. A perda de precisão é devida ao atrito entre os fios e a roldana, ignorada no primeiro exemplo porque o apoio com roldana tinha comprimento fixo.

Conclusão

Em movimento ondulatório de cordas vibrantes, muitas variáveis influem no movimento, desde o comprimento até a densidade linear. Criar ondas estacionárias em fios pode não condizer com a teoria.