

*Universidade Federal de Campina Grande – Campus de Cuité*

*Centro de Educação e Saúde*

*Unidade Acadêmica de Educação*

*Disciplina: Física Experimental II*

*Turma: 01*

*Prof.º Heron*

*Data: 11 /04 /2012*

*Nome: José Robson da Costa Venâncio*

*Matrícula: 81111069*

*Turno: Diurno*

*Nome: Alexsandro Silva Santos*

*Matrícula: 81111052*

*Turno: Diurno*

*Nome: João Carlos Rocha De Araújo*

*Matrícula: 81111038*

*Turno: Diurno*



Universidade Federal  
de Campina Grande

# *O trilho de Ar*

## INTRODUÇÃO

O trilho de ar foi projetado para diminuir as forças de atrito, fazendo com que um corpo se desloque sobre uma camada de ar, o que elimina o contato direto entre a superfície do trilho e superfície do corpo. Esse corpo será aqui chamado de carrinho. O sistema é construído de tal forma que ao longo de toda extensão do trilho existam pequenos orifícios, os quais são responsáveis pela saída de ar proveniente do compressor. Portanto, existe uma camada de ar que mantém o carrinho “flutuando” e com atrito reduzido. Dessa forma, nesta prática experimental podemos desprezar a perda de energia por atrito entre o trilho e o carrinho.

Na prática, uma “mola real” obedece à lei de Hooke até certo valor de deformação que chamamos de limite elástico. A partir deste valor, a deformação da mola se torna permanente. Podemos usar o fato da força restauradora de uma mola ser proporcional a sua deformação para medir forças em situações estáticas.

O oscilador harmônico é um sistema muito utilizado. Esse é um modelo de sistemas macroscópicos, como vibrações na rede (fônons), e microscópicos do átomo, sendo ainda um dos poucos sistemas físicos que tem solução exata.

A força restauradora que atua sobre uma massa  $M$  presa a uma mola de constante  $K$  é:

$$F = - K x \quad (1)$$

Onde  $x$  é o alongamento ou encurtamento da mola e  $K$  é chamada de constante elástica da mola. Seu valor é uma característica da mola.

A velocidade da massa é:  $v = dx/dt$  e a aceleração  $a = dv/dt = d^2x/dt^2$ . Pela 2ª lei de Newton:

$$\frac{d^2}{dt^2} x + \frac{K}{M} x = 0 \quad (2)$$

Na equação (2) não é totalmente satisfatória, pois, não permite alcançar o objetivo básico: prever o movimento. Assim, devemos transformar a equação no tipo  $x = f(t)$ . Em cálculo aprenderemos resolver equações diferenciais. No laboratório usaremos o método empírico. Sabemos que um corpo preso a uma mola irá oscilar. Sabemos também que as funções seno e/ou co-seno descrevem oscilações. Tentemos então a função:

$$x = x_0 \cos(\omega_0 t + f) \quad (3)$$

Sendo  $\omega_0$  a frequência angular. Substituindo  $x$  e sua segunda derivada em (2) obtém-se que

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{M}} \quad \text{ou} \quad f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \quad (4)$$

Para sistemas com mais de uma massa (exemplo: duas massas presas por uma mesma mola), a massa  $m$  na equação (4) deve ser substituída pela massa reduzida.

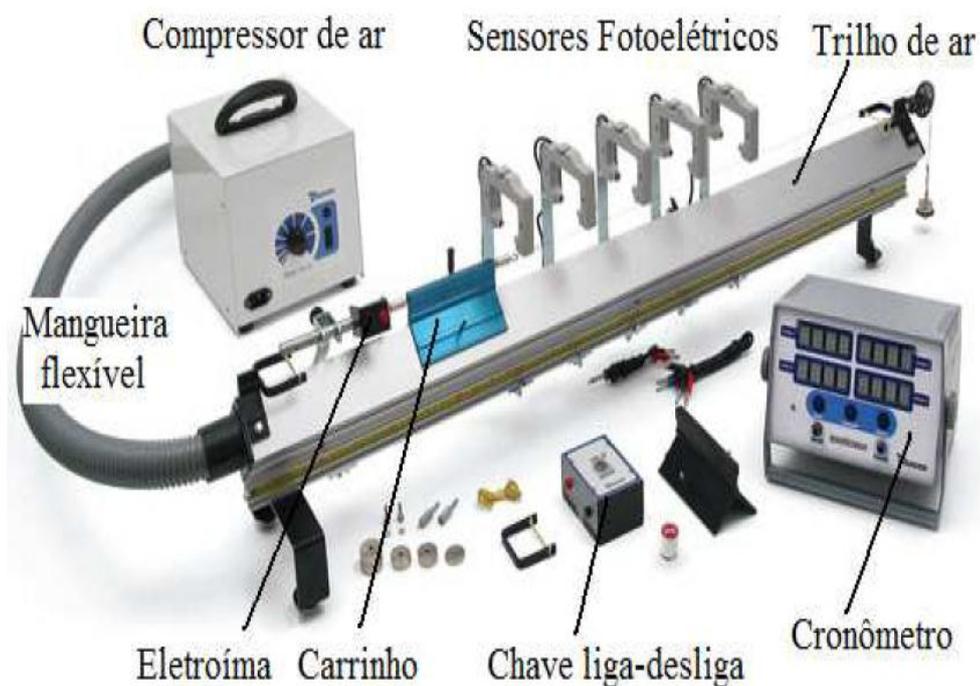
## **OBJETIVOS**

*O objetivo desta experiência é estudar o movimento de um corpo sob ação de uma força conhecida, na ausência de atrito, e verificar a dependência da intensidade da aceleração produzida com a massa do corpo. Além disso, aprenderá como determinar experimentalmente o valor da constante  $K$  e a frequência de oscilação de um oscilador harmônico através de vários experimentos que utilizam o sistema massa-mola.*

## **MATERIAL UTILIZADO:**

- Massas;
- Molas;
- Trilho de ar;
- Compressor de ar;
- Cronômetro;
- Balança

## **MONTAGEM**



*A montagem do experimento foi montada com o auxílio de um técnico de laboratório, ficando responsável pelo nivelamento e regulagem do aparelho o realizador do experimento.*

## PROCEDIMENTOS

De início foi nivelado o aparelho para que ficasse em condições adequadas para realização do experimento. Em seguida foi ligada a turbina aumentando o fluxo de ar até o necessário para eliminar o atrito e a superfície do trilho. Posicionou-se o carrinho, desconectado da mola, próximo à parte central do trilho de ar e verificou-se o nivelamento do trilho. Depois foi medida a massa do carrinho e as massas que serão utilizadas no experimento. Logo depois foi escolhida uma das três molas que serão utilizadas durante o experimento das quais se tem uma mola fina, uma mola média e uma mola grossa. Foi ligado o cronômetro digital ajustando o sensor de acordo com a posição do carrinho, iniciando o experimento apenas com a massa do carrinho e anotado em uma tabela as dez medidas de tempo e frequência e sucessivamente com as demais massas.

### Tabela I (mola média)

**Tabela da mola média** Massa do carrinho é 192g → 0,192kg

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,605	0,603	0,599	0,595	0,592	0,588	0,585	0,581	0,578	0,575	0,5901
F (HZ)	1,652	1,658	1,669	1,680	1,689	1,700	1,709	1,721	1,730	1,739	1,6947

$$\text{Equação para Calculador a constante } f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 21,76 \text{ N/m}$$

**Mola média (m<sub>1</sub>)** Massa do carrinho é 192g + 50g = 242g → 0,242 kg

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,689	0,685	0,686	0,663	0,659	0,652	0,646	0,645	0,642	0,640	0,658
F (HZ)	1,451	1,459	1,457	1,508	1,512	1,533	1,547	1,550	1,557	1,562	1,5136

$$\text{Equação para Calculador a constante } f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 21,88 \text{ N/m}$$

**Mola média (m<sub>1</sub> + m<sub>2</sub>)** Massa do carrinho é 192g + 100 = 292g → 0,292 kg

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,806	0,803	0,799	0,793	0,786	0,781	0,777	0,772	0,767	0,764	0,788
F (HZ)	1,240	1,245	1,251	1,261	1,270	1,280	1,287	1,295	1,303	1,308	1,274

$$\text{Equação para Calculador a constante } f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 18,70 \text{ N/m}$$

**Mola média (m<sub>1</sub> + m<sub>2</sub> + m<sub>3</sub>)** Massa do carrinho é 192g + 150 = 342g → 0,342 kg

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,859	0,855	0,848	0,843	0,836	0,832	0,827	0,822	0,816	0,811	0,833
F (HZ)	1,164	1,169	1,179	1,186	1,196	1,201	1,209	1,216	1,225	1,233	1,1978

$$\text{Equação para Calculador a constante } f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 19,36 \text{ N/m}$$

**Mola média** ( $m_1 + m_2 + m_3 + m_4$ ) Massa do carrinho é  $192g + 200 = 392g \rightarrow 0,392 \text{ kg}$

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,908	0,904	0,902	0,894	0,892	0,890	0,886	0,876	0,875	0,870	0,891333
F (HZ)	1,101	1,106	1,108	1,118	1,121	1,123	1,128	1,137	1,142	1,149	1,1233

Equação para Calculador a constante  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 19,52 \text{ N/m}$

**Mola média** ( $m_1 + m_2 + m_3 + m_5$ ) Massa do carrinho é  $192g + 250 = 442g \rightarrow 0,442 \text{ kg}$

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,874	0,867	0,865	0,860	0,858	0,859	0,852	0,846	0,842	0,839	0,8562
F (HZ)	1,144	1,153	1,156	1,162	1,165	1,164	1,173	1,182	1,187	1,191	1,1677

Equação para Calculador a constante  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 23,78 \text{ N/m}$

**Mola média** ( $m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6$ ) Massa do carrinho é  $192g + 300 = 492g \rightarrow 0,492 \text{ kg}$

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,909	0,905	0,908	0,902	0,896	0,890	0,886	0,883	0,881	0,878	0,895222
F (HZ)	1,100	1,104	1,108	1,108	1,116	1,123	1,128	1,132	1,135	1,138	1,1192

Equação para Calculador a constante  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 24,32 \text{ N/m}$

**Mola média** ( $m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7$ )

Massa do carrinho é  $192g + 350 = 542g \rightarrow 0,542 \text{ kg}$

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	1,050	1,046	1,042	1,036	1,027	1,025	1,019	1,013	1,009	1,002	1,0269
F (HZ)	0,952	0,956	0,959	0,965	0,973	0,975	0,981	0,987	0,991	0,998	0,971

Equação para Calculador a constante  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 20,16 \text{ N/m}$

**Mola média** ( $m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 + m_8$ )

Massa do carrinho é  $192g + 400 = 592g \rightarrow 0,592 \text{ kg}$

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	1,072	1,068	1,060	1,055	1,049	1,043	1,042	1,035	1,031	1,029	1,0484
F (HZ)	0,932	0,936	0,943	0,947	0,953	0,958	0,959	0,966	0,968	0,971	0,951333

Equação para Calculador a constante  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 21,14 \text{ N/m}$

**Mola média** ( $m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 + m_8 + m_9$ )

Massa do carrinho é  $192g + 450 = 642g \rightarrow 0,642 \text{ kg}$

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	3,433	1,147	1,142	1,137	1,130	1,124	1,118	1,113	1,110	1,002	1,3456
F (HZ)	0,291	0,871	0,875	0,879	0,884	0,889	0,894	0,898	0,900	0,907	0,8288

Equação para Calculador a constante  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 17,40 \text{ N/m}$

**Mola média** ( $m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 + m_8 + m_9 + m_{10}$ )

Massa do carrinho é  $192g + 500 = 692g \rightarrow 0,692 \text{ kg}$

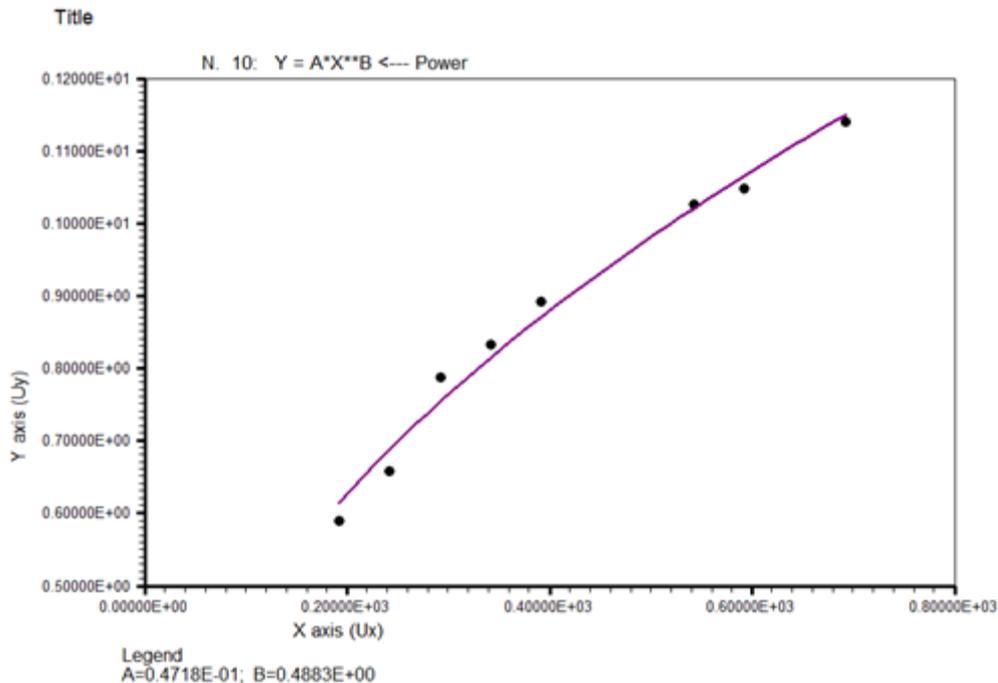
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	1,167	1,162	1,155	1,150	1,144	1,137	1,130	1,123	1,118	1,116	1,1402
F (HZ)	0,856	0,860	0,865	0,869	0,874	0,879	0,884	0,890	0,894	0,896	0,8767

Equação para Calculador a constante  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 21,00 \text{ N/m}$

**A média de todas as tabelas I**

Mola	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	
T (s)	0,5901	0,658	0,788	0,833	0,891333	0,8562	0,895222	1,0269	1,0484	1,3456	1,1402
F (HZ)	1,6947	1,5136	1,274	1,1978	1,1233	1,1677	1,1192	0,971	0,9513	0,828	0,8767

**Gráfico da tabela I**



## Tabela II (mola fina)

Tabela da mola fina Massa do carrinho é 192g → 0,192kg

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,778	0,779	0,775	0,774	0,769	0,768	0,770	0,767	0,765	0,764	0,770
F (HZ)	1,285	1,283	1,290	1,291	1,300	1,302	1,290	1,303	1,305	1,308	1,2957

$$\text{Equação para Calculador a constante } f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 12,72 \text{ N/m}$$

Mola fina ( $m_1$ ) Massa do carrinho é 192g + 50g = 242g → 0,242 kg

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,859	0,856	0,863	0,858	0,855	0,853	0,851	0,847	0,847	0,848	0,853444
F (HZ)	1,164	1,168	1,158	1,165	1,169	1,172	1,175	1,180	1,180	1,179	1,171

$$\text{Equação para Calculador a constante } f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 13,09 \text{ N/m}$$

Mola fina ( $m_1 + m_2$ ) Massa do carrinho é 192g + 100 = 292g → 0,292 kg

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,983	0,917	0,903	0,901	0,894	0,892	0,888	0,886	0,882	0,882	0,905111
F (HZ)	1,017	1,090	1,107	1,109	1,118	1,112	1,126	1,128	1,133	1,133	1,1073

$$\text{Equação para Calculador a constante } f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 14,13 \text{ N/m}$$

Mola fina ( $m_1 + m_2 + m_3$ ) Massa do carrinho é 192g + 150 = 342g → 0,342 kg

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,993	0,990	0,983	0,978	0,970	0,966	0,965	0,962	0,954	0,953	0,97475
F (HZ)	1,007	1,010	1,017	1,022	1,030	1,035	1,036	1,039	1,042	1,049	1,0287

$$\text{Equação para Calculador a constante } f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 14,28 \text{ N/m}$$

Mola fina ( $m_1 + m_2 + m_3 + m_4$ ) Massa do carrinho é 192g + 200 = 392g → 0,392 kg

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	1,008	1,006	0,999	0,998	0,991	0,986	0,984	0,982	0,986	0,974	0,9914
F (HZ)	0,992	0,994	1,001	1,002	1,009	1,014	1,016	1,018	1,014	1,026	1,0086

$$\text{Equação para Calculador a constante } f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 15,73 \text{ N/m}$$

**Mola fina**( $m_1 + m_2 + m_3 + m_5$ ) Massa do carrinho é  $192g + 250 = 442g \rightarrow 0,442 \text{ kg}$

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,887	0,881	0,886	0,890	0,896	0,900	0,903	0,908	0,912	0,915	0,90125
F (HZ)	1,137	1,131	1,128	1,123	1,115	1,110	1,107	1,101	1,096	1,092	1,11444

Equação para Calculador a constante  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 21,66N/m$

**Mola fina**( $m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6$ ) Massa do carrinho é  $192g + 300 = 492g \rightarrow 0,492 \text{ kg}$

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	1,150	1,145	1,140	1,139	1,137	1,129	1,128	1,124	1,120	1,121	1,1333
F (HZ)	0,869	0,873	0,877	0,877	0,879	0,885	0,886	0,889	0,892	0,892	0,882889

Equação para Calculador a constante  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 15,13N/m$

**Mola fina** ( $m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7$ )

Massa do carrinho é  $192g + 350 = 542g \rightarrow 0,542 \text{ kg}$

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	1,211	1,208	1,206	1,201	1,195	1,190	1,184	1,182	1,179	1,178	1,1934
F (HZ)	0,825	0,827	0,829	0,832	0,836	0,840	0,844	0,846	0,848	0,848	0,8375

Equação para Calculador a constante  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 15,00N/m$

**Mola fina** ( $m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 + m_8$ )

Massa do carrinho é  $192g + 400 = 592g \rightarrow 0,592 \text{ kg}$

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	1,258	1,251	1,245	1,248	1,239	1,235	1,230	1,222	1,217	1,211	1,2356
F (HZ)	0,794	0,799	0,803	0,801	0,807	0,809	0,813	0,818	0,821	0,825	0,807222

Equação para Calculador a constante  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 15,22 \text{ N/m}$

**Mola fina** ( $m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 + m_8 + m_9$ )

Massa do carrinho é  $192g + 450 = 642g \rightarrow 0,642 \text{ kg}$

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	1,333	1,320	1,316	1,311	1,308	1,305	1,300	1,293	1,287	1,282	1,3055
F (HZ)	0,750	0,757	0,759	0,762	0,764	0,766	0,769	0,773	0,772	0,780	0,7652

Equação para Calculador a constante  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 14,83 \text{ N/m}$

**Mola fina** ( $m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 + m_8 + m_9 + m_{10}$ )

Massa do carrinho é 192g + 500 = 692g → 0,692 kg

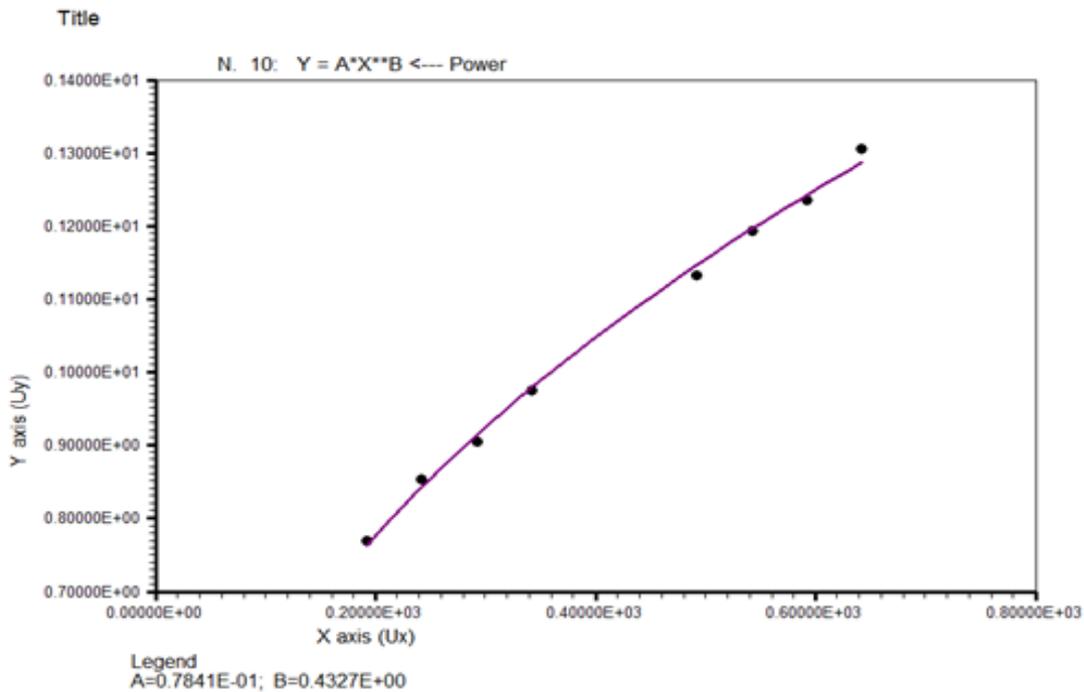
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	1,417	1,419	1,413	1,400	1,391	1,388	1,380	1,374	1,370	1,368	1,392
F (HZ)	0,705	0,704	0,707	0,714	0,718	0,720	0,724	0,727	0,729	0,730	0,7178

Equação para Calculador a constante  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 14,07 \text{ N/m}$

**A média de todas as tabelas II**

Mola	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	
T (s)	0,770	0,8534	0,9051	0,97475	0,9914	0,90125	1,1333	1,1934	1,2356	1,3055	1,392
F (HZ)	1,2957	1,171	1,1073	1,0287	1,0086	1,114444	0,88289	0,8375	0,8072	0,7652	0,7178

**Gráfico da tabela II**



**TABELAS MOLA III(mola grossa)**

Massa do carrinho é 192g → 0,192kg

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,377	0,367	0,361	0,354	0,35	0,349	0,348	0,347	0,346	0,346	0,3545
F (HZ)	2,652	2,724	2,77	2,824	2,857	2,865	2,873	2,881	2,89	2,89	2,8226

Equação para Calculador a constante  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 60,38 \text{ N/m}$

**Mola grossa**( $m_1$ ) Massa do carrinho é 192g + 50g = 242g → 0,242 kg

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,424	0,415	0,402	0,401	0,394	0,392	0,389	0,389	0,386	0,386	0,3978
F (HZ)	2,358	2,409	2,487	2,493	2,538	2,551	2,57	2,57	2,59	2,59	2,5156

Equação para Calculador a constante  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 60,48 \text{ N/m}$

**Mola grossa**( $m_1 + m_2$ ) Massa do carrinho é 192g + 100g = 292g → 0,292 kg

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,525	0,509	0,49	0,48	0,47	0,462	0,458	0,453	0,449	0,446	0,4742
F (HZ)	2,904	2,964	2,04	2,083	2,127	2,164	2,183	2,207	2,227	2,242	2,3141

Equação para Calculador a constante  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 61,93 \text{ N/m}$

**Mola grossa** ( $m_1 + m_2 + m_3$ ) Massa do carrinho é 192g + 150g = 342g → 0,342 kg

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,594	0,588	0,575	0,557	0,545	0,535	0,524	0,515	0,507	0,5	0,544
F (HZ)	1,683	1,7	1,739	1,795	1,834	1,864	1,908	1,941	1,972	2	1,8436

Equação para Calculador a constante  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 44,88 \text{ N/m}$

**Mola grossa**( $m_1 + m_2 + m_3 + m_4$ ) Massa do carrinho é 192g + 200g = 392g → 0,392 kg

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,654	0,641	0,642	0,6	0,579	0,564	0,554	0,546	0,54	0,533	0,5853
F (HZ)	1,529	1,56	1,602	1,666	1,727	1,773	1,789	1,831	1,851	1,876	1,7204

Equação para Calculador a constante  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 45,79 \text{ N/m}$

**Mola grossa**( $m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5$ ) Massa do carrinho é 192g + 250g = 442g → 0,442 kg

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,693	0,678	0,665	0,646	0,634	0,618	0,608	0,597	0,586	0,575	0,63
F (HZ)	1,443	1,474	1,503	1,5147	1,577	1,618	1,644	1,675	1,706	1,739	1,58937

Equação para Calculador a constante  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K = 40,6 \text{ N/m}$

**Mola grossa**( $m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6$ ) Massa do carrinho é  $192g + 300g = 492g \rightarrow 0,492 \text{ kg}$

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,64	0,631	0,622	0,613	0,606	0,598	0,594	0,588	0,582	0,58	0,6054
F (HZ)	1,562	1,564	1,607	1,631	1,65	1,572	1,683	1,7	1,718	1,72	1,6407

$$\text{Equação para Calculador a constante } f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K=31,86N/m$$

**Mola grossa**( $m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7$ )

Massa do carrinho é  $192g + 350g = 542g \rightarrow 0,542 \text{ kg}$

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,672	0,657	0,648	0,634	0,626	0,62	0,614	0,607	0,604	0,603	0,6285
F (HZ)	1,488	1,522	1,1,543	1,577	1,597	1,612	1,628	1,647	1,655	1,658	1,5982

$$\text{Equação para Calculador a constante } f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K=54,64N/m$$

**Mola grossa**( $m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 + m_8$ )

Massa do carrinho é  $192g + 400g = 592g \rightarrow 0,592 \text{ kg}$

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,674	0,664	0,655	0,652	0,647	0,641	0,635	0,628	0,627	0,627	0,645
F (HZ)	1,483	1,506	1,526	0,533	1,544	1,56	1,574	1,592	1,594	1,594	1,4506

$$\text{Equação para Calculador a constante } f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K= 49,16N/m$$

**Mola grossa**( $m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 + m_8 + m_9$ )

Massa do carrinho é  $192g + 450g = 642g \rightarrow 0,642 \text{ kg}$

	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,734	0,72	0,709	0,699	0,685	0,68	0,673	0,668	0,662	0,659	0,6889
F (HZ)	1,362	1,388	1,41	1,43	1,459	1,47	1,485	1,497	1,51	1,517	1,4528

$$\text{Equação para Calculador a constante } f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K= 53,48N/m$$

**Mola grossa**( $m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 + m_8 + m_9 + m_{10}$ )

Massa do carrinho é  $192g + 500g = 692g \rightarrow 0,692 \text{ kg}$

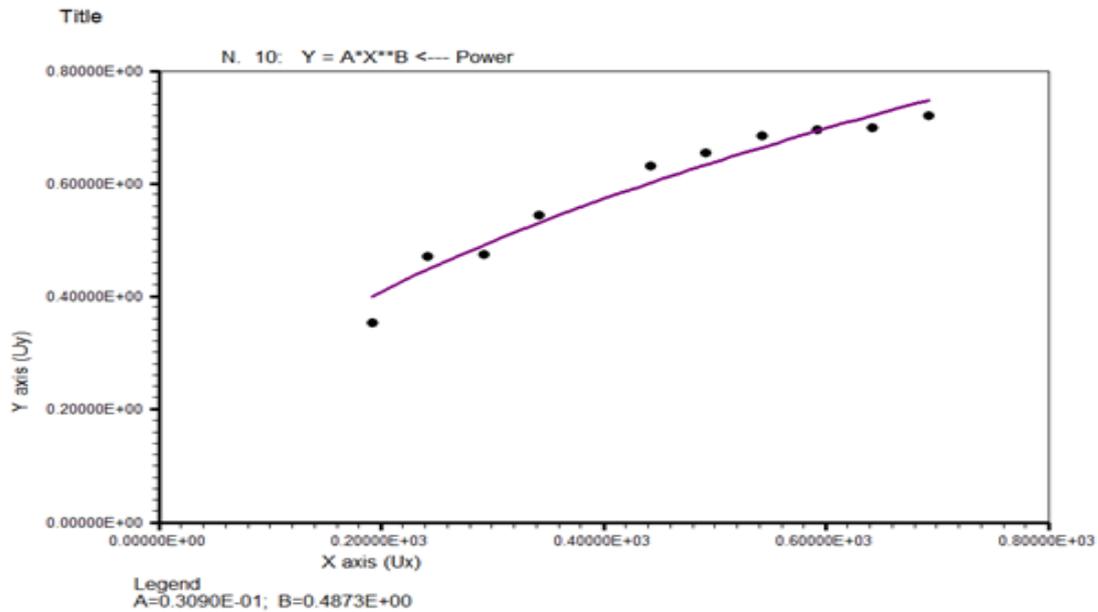
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Média Final
T (s)	0,872	0,854	0,838	0,812	0,792	0,774	0,759	0,745	0,73	0,718	0,7894
F (HZ)	1,146	1,17	1,193	1,231	1,262	1,291	1,317	1,342	1,369	1,392	1,2713

$$\text{Equação para Calculador a constante } f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M}} \rightarrow K = M(2\pi f)^2 \rightarrow K= 44,14N/m$$

**A média de todas as tabelas III**

Mola	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª
T (s)	0,3545	0,4742	0,4742	0,544	0,63	0,63	0,6054	0,6285	0,645	0,6889
F (HZ)	2,8226	2,3141	2,3141	1,8436	1,58937	1,58937	1,6407	1,5982	1,4506	1,4528

**Gráfico da tabela III**



**DEMONSTRAÇÃO.**

$$F = -Kx \rightarrow F = ma$$

$$\frac{dp}{dt} = ma \rightarrow ma = -Kx$$

$$a = \frac{-Kx}{m} \rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{-Kx}{m}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 x \rightarrow x = \cos(\omega t)$$

$$x = -\text{sen}(\omega t) \rightarrow x = \omega - \text{sen}(\omega t)$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{M}} \text{ ou } f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}}$$

## **CONCLUSÕES**

*Através desta experiência foi possível concluir a respeito das propriedades elásticas da mola, que sua constante depende da quantidade de massa existente no sistema massa mola. Notou-se que com o aumento da massa aumenta-se também o tempo entre cada oscilação e conseqüentemente a frequência diminui.*

*Notou-se também que mesmo desprezando a resistência do ar, pelo fato do experimento ter sido realizado sobre um trilho de ar, sabemos que em condições normais é impossível desprezar o atrito, sendo assim o trilho de ar um aparelho que minimiza a presença do atrito.*

*Observou-se que alguns resultados fora do padrão do experimento deve-se a erros do realizador da experiência, pois é impossível para ele realizar o deslocamento do carrinho sempre com a mesma precisão.*

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

*Young, Hugh D. Física I / Young e Freedman; tradução Sonia Midori Yamamoto; revisão técnica Adir Moysés Luiz.- 12.ed.- São Paulo : Addison Wesley. 2008.*

*Nussenzveig, Herck Moysés. Curso de Física Básica / H. Moysés Nussenzveig,- 4ª edição – São Paulo: Edgard bucher. 2002. Física I, Mecânica.*

*HALLIDAY, D. & RESNICK, R. Física 1.5.ed. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 2003.*