

EXPERIMENTOS ENVOLVENDO A SEGUNDA LEI DE NEWTON

Helena Libardi – hlibardi@ucs.br
Véra L. F. Mossman – vlfmossman@ucs.br
Cristiane Conte Paim de Andrade – ccpandra@ucs.br
Universidade de Caxias do Sul - UCS
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130
CEP 95070-560 Caxias do Sul - RS – Brasil

Resumo: *Vários trabalhos de laboratório têm sido desenvolvidos para o melhoramento do ensino de física e conseqüente otimização do aprendizado e assimilação de conceitos pelos alunos. Neste trabalho propomos um experimento para verificar a Segunda Lei de Newton, utilizando recursos computacionais. Neste experimento podemos verificar como a aceleração depende da massa do sistema e da força resultante que atua sobre ele. O sistema abordado consiste em um corpo de massa M que desliza sobre uma superfície plana lisa quando puxado por um corpo suspenso de massa m . Quando variamos a massa suspensa m , mantendo a massa M constante, temos uma relação linear entre a tensão e a aceleração. Quando variamos a massa do corpo M , mantendo a massa pendente m constante, entretanto, a relação entre a aceleração e o inverso da massa não é exatamente linear. Mostramos que a diferença é pequena, permitindo considerar que a relação seja linear.*

Palavras-chave: *Ensino, Laboratório de Física, Engenharia.*

1. INTRODUÇÃO

Professores e pesquisadores em ensino de física têm realizado um grande esforço em física experimental para aprimorar e desenvolver novos experimentos para complementar as disciplinas de física prática [CATELLI *et al.*, 2000; CATELLI *et al.*, 2001; MOSSMAN, *et al.*, 2002]. Diversos trabalhos têm sido realizados com o objetivo de construir experimentos de fácil compreensão e com resultados satisfatórios para o entendimento das disciplinas teóricas.

O sistema escolhido é um corpo de massa M sobre uma superfície horizontal plana sendo puxado por um corpo suspenso de massa m . Este é um problema muito comum e de fácil solução. Propomos um experimento que permita medir a força de tensão no fio que une os dois corpos, o que permite a aplicação da lei de Newton diretamente para o corpo de massa M . Esta solução evita a representação retilínea dos corpos M e m , em que são tratados como um corpo de massa total $M+m$ sendo puxado por uma força $F=mg$ [HALLIDAY, *et al.*, 1996; RAMALHO, *et al.*]. Com esta representação, o modelo teórico não representa visualmente o experimental, o que pode causar confusão na hora da interpretação.

2. TEORIA

A segunda lei de Newton do movimento relaciona grandezas tipo força resultante, massa e aceleração. A aceleração é diretamente proporcional e na mesma direção e sentido que a força resultante que atua no corpo e é inversamente proporcional a massa do corpo.

$$a = \frac{F_{res}}{m} \quad (1)$$

O sistema examinado é um corpo de massa M colocado sobre uma superfície horizontal e ligado por um fio que passa por uma roldana a uma massa suspensa m . O objetivo do experimento é comprovar a segunda lei de Newton.

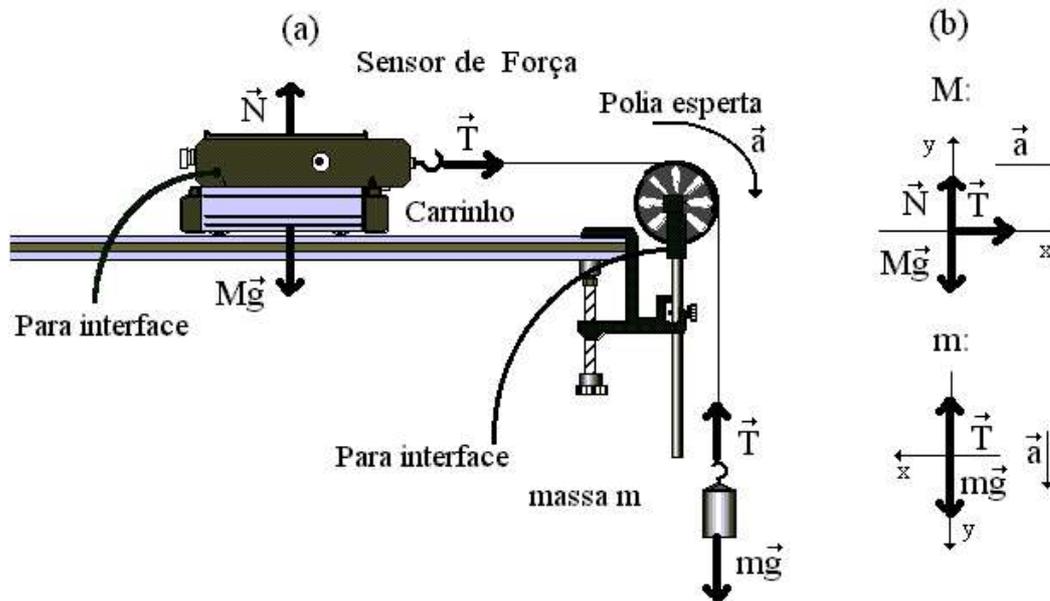


Figura 1 – (a) Diagrama do experimento, identificando as forças aplicadas em cada um dos corpos do sistema. (b) Diagrama de força para os corpos.

Utilizando um sensor na polia e ligando o fio a um sensor de força, é possível medir tanto a aceleração do sistema quanto a força de tensão no fio. Os sensores são ligados a uma interface e os dados são obtidos através de um programa de computador. Utilizamos como corpo de massa M o sensor de forças sobre um carrinho, cuja força de atrito com o trilho pode ser desprezada. As massas M e m podem ser variadas colocando-se massas adicionais. O esquema da montagem está na Figura 1 (a), onde estão identificadas as forças que agem sobre o sistema. Na Figura 1 (b) vemos o diagrama de forças para cada uma das massas. Aplicando a segunda lei de Newton para este sistema obtemos as seguintes relações para a força de tensão e para a aceleração, em função das massas:

$$T = Ma \quad (2)$$

e

$$a = \frac{m}{M + m} g \quad (3)$$

Trabalhando com a equação (2), ao variarmos a massa suspensa (e, conseqüentemente, a tensão no fio), mantendo a massa M fixa, podemos observar que a aceleração varia linearmente. A relação entre estas duas grandezas é a massa M .

Voltando para a equação (2), ao variarmos a massa do carro M , mantendo a tensão fixa, podemos observar que a aceleração varia com o inverso da massa. A relação entre a aceleração e $1/M$ é a tensão.

Quando a solução teórica utiliza a representação retilínea, com $M_{\text{total}} = M + m$, puxada por uma força $F = mg$ (ver Figura 2), a segunda lei de Newton nos dá que:

$$\sum F = mg = (M + m) a \quad (4)$$

A relação é linear entre o peso suspenso (mg) e a aceleração e a constante de que relaciona estas grandezas é a soma das massas. Nesta representação, a interpretação teórica é de um sistema fictício, de difícil visualização. Entretanto, ela é utilizada com frequência em laboratórios de física básica, pois dispensa a medida da tensão no fio.

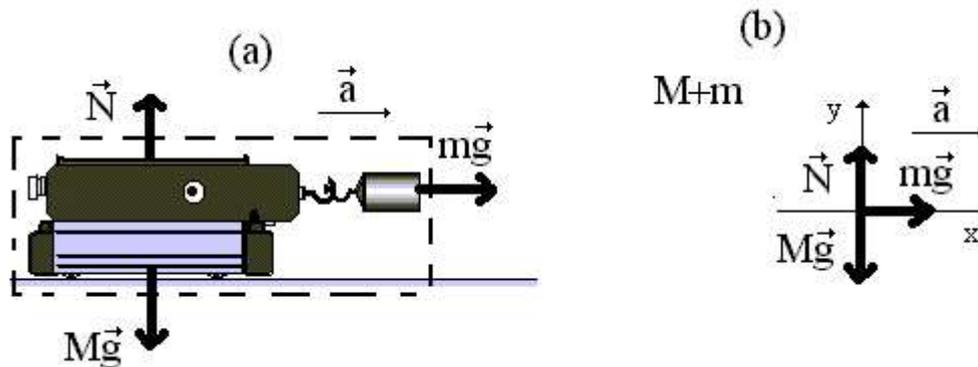


Figura 2 – (a) Representação retilínea do sistema mostrado na Figura 1. (b) Diagrama de força para esta representação. Esta solução não é utilizada pelos autores.

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Foram realizados dois conjuntos de medidas. No primeiro, mantivemos fixa a massa M do carrinho e variamos a força de tensão, através da adição de massas ao corpo suspenso. A tensão e a aceleração eram medidas com o auxílio do computador. Cada ponto experimental corresponde a uma média de cinco medidas. De acordo com a segunda lei de Newton a relação entre estas grandezas é linear, como podemos verificar no gráfico da Figura 3. A inclinação do gráfico $T \times a$ nos dá a massa do corpo M .

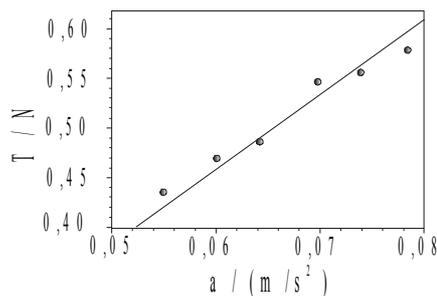


Figura 3 – Relação entre tensão e aceleração, mantendo fixa a massa M . A inclinação da curva nos dá a massa $M_{\text{graf}} = 764,39$ g.

Experimentalmente obtivemos $M_{\text{exp}} = 841,47$ g., comparando com o valor obtido no gráfico ($M_{\text{graf}} = 764,39$ g), o que representa uma diferença percentual de 9,16%.

No segundo conjunto de medidas, variamos a massa do carro, mantendo constante a massa suspensa.

Manter a massa suspensa constante não corresponde a manter a tensão constante, pois a tensão depende do valor das duas massas:

$$T = \frac{mM}{M + m} g$$

(5)

Entretanto, podemos calcular valores de m e M que mantenham a tensão constante. Se tomarmos $T = Ng$, a relação entre as massas fica:

$$\frac{1}{M} = \frac{1}{N} - \frac{1}{m}$$

(6)

Na Figura 4 temos um gráfico para esta relação para um valor de $N = 0,1$. Podemos notar que a massa m varia muito pouco para uma grande variação de M. Com o objetivo de simplificar o experimento mantemos m constante, pois a variação na tensão é pequena. No intervalo escolhido, uma variação em 16% da massa M corresponde a uma variação de 2% da massa suspensa. Se mantivermos a massa suspensa fixa, variando a massa M, a tensão varia em apenas 2%, bem abaixo de nosso desvio experimental.

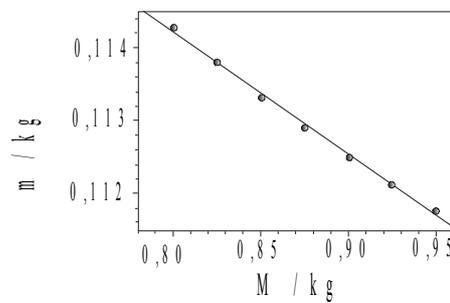


Figura 4 - Relação entre as massas, supondo que a tensão seja constante, $T = Ng$, com $N = 0,1$. No intervalo escolhido, a massa M varia em 16%, correspondendo a uma variação na massa suspensa em apenas 2%.

De acordo com a segunda lei de Newton, a relação entre a aceleração e o inverso da massa do carrinho é linear, como podemos verificar no gráfico da Figura 5. A inclinação do gráfico $a \times M^{-1}$ nos dá a tensão no fio.

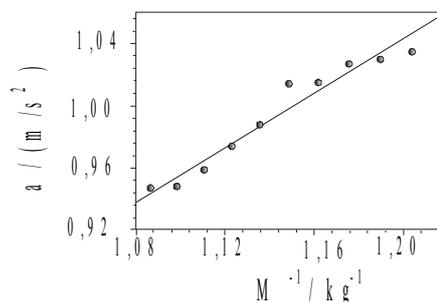


Figura 5 - Relação entre a aceleração e o inverso da massa, mantendo aproximadamente fixa a tensão. A inclinação da curva nos dá a tensão média $T_{\text{graf}} = 0,8690 \text{ N}$.

Experimentalmente obtivemos uma tensão média entre as medidas $T_{\text{exp}} = 0,7949 \text{ N}$, comparando com o valor obtido no gráfico ($T_{\text{teo}} = 0,8690 \text{ N}$), o que representa uma diferença percentual de 8,53 %.

4. CONCLUSÃO

Experimentos tradicionais, envolvendo o sistema com uma massa deslizando em uma superfície horizontal puxada por uma massa suspensa, não possibilitam medir a força de tensão no fio. Desta forma, utiliza-se uma representação teórica retilínea que, por não corresponder a realidade, pode causar erros conceituais.

O uso de um sensor de forças no experimento possibilita a verificação da segunda lei de Newton diretamente, sem a necessidade de trocarmos a representação. Obtemos diretamente a relação entre as grandezas força, massa e aceleração.

A aproximação para tensão constante, quando se varia M mantendo m fixa se mostrou satisfatória, considerando o valor da diferença percentual entre os valores teóricos e experimentais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CATELLI, F.; PEZZINI, S.; MELLO, K. B.; VICENZI, S.; MOSSMANN, V. L. F., Medir é representar as grandezas umas pelas outras. **Rev. do CCET**, Caxias do Sul, v. 3, p. 24-27, 2000.

[2] CATELLI, F.; VICENZI, S. Laboratório caseiro: Interferômetro de Michelson. **Cad. Cat. Ens.Fís.**, v. 18, n. 1, p. 108-116, 2001.

[3] MOSSMAN, V. L.F.; MELO, K.B; CATELLI, F.; LIBARDI, H.; DAMO, I. S. Determinação dos coeficientes de atrito estático e cinético utilizando-se a aquisição automática de dados **Rev. Bras. Ens. Fís.**, v. 24, n. 2, p.146-149, 2002.

[4] HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J.. **Fundamentos de Física I**. 4ª edição. Rio de Janeiro: Livros Técnicos Científicos, 1996

[5] RAMALHO Jr., F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. **Os fundamentos da física 1 mecânica** 8ª edição. Editora Moderna.

EXPERIMENTS INVOLVING THE SECOND LAW DE NEWTON

Abstract: *Some laboratory's works have been developed for the improvement of the physic's education and to optimize the learning and assimilation of concepts for the students. In this work we consider an experiment to verify the Second Law of Newton, using computational resources. In this experiment we can verify as the acceleration depends on the mass of the system and the resultant force that acts on it. The system approach consists of a body of mass M that slides on smooth plain surface when pulled by a suspended body of mass m . When we vary suspended mass m , keeping constant mass M , there is a linear relation between the tension and the acceleration. When we vary the mass of body M , keeping constant suspended mass m , however, the relation between the acceleration and the inverse one of the mass is not accurately linear. We show that the difference is small, allowing to consider that the relation is linear.*

Word-key: *Education, Laboratory of Physics, Engineering.*