

# Usando sensores magnéticos em um trilho de ar

(Using magnetic sensor in air's trail)

Francisco Laudaes<sup>1</sup>, Marcia C.S.M. Lopes<sup>2</sup> e Frederico A.O. Cruz<sup>3</sup>

<sup>1</sup>COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>2</sup>Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>3</sup>Laboratório de Biomembranas e Redes Neurais,  
Universidade Estadual do Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Recebido em 15/04/04; Aceito em 26/05/04

Neste trabalho propomos um sistema de medida e coleta de dados para trilhos de ar baseado em sensores magnéticos ligados à porta de jogos de um PC. A leitura dos dados na porta é feita por um pequeno programa escrito em Logo. O sistema foi testado com excelentes resultados em um estudo dos movimentos uniforme e uniformemente variado sobre o trilho.

**Palavras-chave:** logo, trilho de ar, uniforme, uniformemente variado.

In this work we propose a measure system and collects data for air's trails using magnetic sensor linked to the game port of a PC. The reading of the data in the door is made by a small program written LOGO language. The system was tested with excellent results in studies of the uniform movement and evenly varied.

**Keywords:** air's trail, uniform movement, evenly varied.

## 1. Introdução

Um problema comum na montagem de experimentos de mecânica é a eliminação de forças de atrito indesejadas. Nos laboratórios didáticos isto é frequentemente realizado com o auxílio de trilhos de ar (a construção de alguns sistemas desse tipo está descrita nas Refs. [1, 2]). Mesas de ar [3] ou discos com gelo seco [4] são empregados quando movimentos em duas dimensões são estudados. O uso do trilho de ar quase sempre requer um aparato que meça a posição em função do tempo do carrinho que desliza sobre ele. Geralmente isto é feito com centelhadores que marcam uma fita de papel, ou com "photogates" ligados a um cronômetro digital ou computador.

Neste trabalho apresentamos um sistema de medida e coleta de dados para trilhos de ar que pode substituir com vantagens os centelhadores e photogates. Ele é baseado em um sensor de proximidade muito simples e de custo extremamente baixo, o "reed-switch" [5], acoplado à porta de jogos (a entrada do "joystick") de um PC. A porta é lida com um pequeno programa escrito em Logo, nos moldes descritos na Ref. [6]. Na

próxima seção descreveremos em mais detalhe o sistema de medida e aquisição de dados, e sua montagem sobre um trilho de ar eficiente e de fácil construção. Na Seção 3 mostraremos que o sistema se comporta muito bem em experimentos típicos de um laboratório escolar. Na Seção 4 apresentaremos nossas conclusões.

## 2. Descrição do sistema

O modelo de trilho de ar utilizado neste trabalho é semelhante ao apresentado na Ref. [1], e é feito com tubos e conexões de PVC usados em construção civil. O trilho é apoiado sobre uma base de madeira, um pouco acima e paralelo a um perfil de alumínio em U onde são fixos os sensores de posição. Os detetores são ligados a dois bornes que serão conectados à porta de jogos. O ar injetado no trilho sai de um aspirador de pó doméstico. A montagem está mostrada na Fig. 1.

O movimento do carrinho sobre o trilho é monitorado por um conjunto de chaves magnéticas chamadas de *reed-switch* ou *reed-relay*. A Fig. 2 mostra o aspecto de um desses sensores. Em geral ele

<sup>1</sup>Enviar correspondência para Francisco Laudaes. E-mail: f\_laudaes@hotmail.com.

é apresentado como uma pequena ampola de vidro que contém em seu interior duas lâminas de material ferromagnético bem próximas uma da outra. Se aproximamos um ímã do reed-switch as duas lâminas se encostam, fechando os contatos externos. O sensor funciona como uma chave ativada por campos magnéticos. O estado desta chave (aberta/fechada) pode ser facilmente lido pela porta de jogos de um PC, bastando para isto que se ligue o reed-switch aos pinos correspondentes a um botão do joystick, que também opera como uma chave de contato [6]. Com isto, medidas de tempo feitas com o relógio de computador podem ser associadas a passagens pela posição do reed-switch.

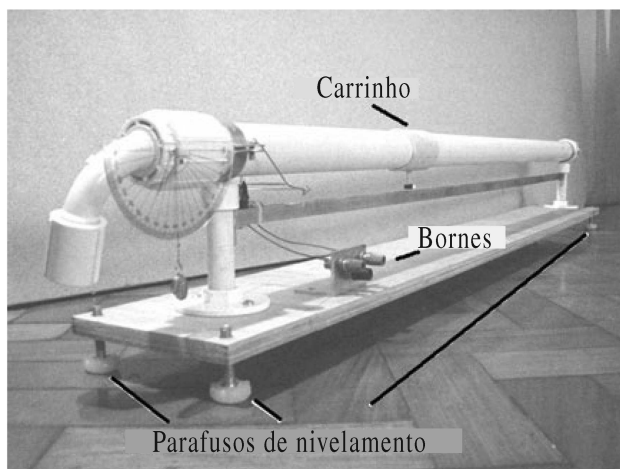


Figura 1 - Trilho de ar usado para o experimento. O transferidor e o fio de prumo medem a inclinação do trilho.



Figura 2 - Um reed-switch.

O carrinho utilizado no trilho é mostrado na Fig. 3., é construído com um pedaço de tubo de PVC de diâmetro ligeiramente maior que o do trilho, com um acabamento na face interna para facilitar o deslizamento. Um ímã é fixado ao carrinho, com o auxílio de uma pequena haste, e serve para acionar os sensores magnéticos durante o movimento do carrinho

pelo trilho.

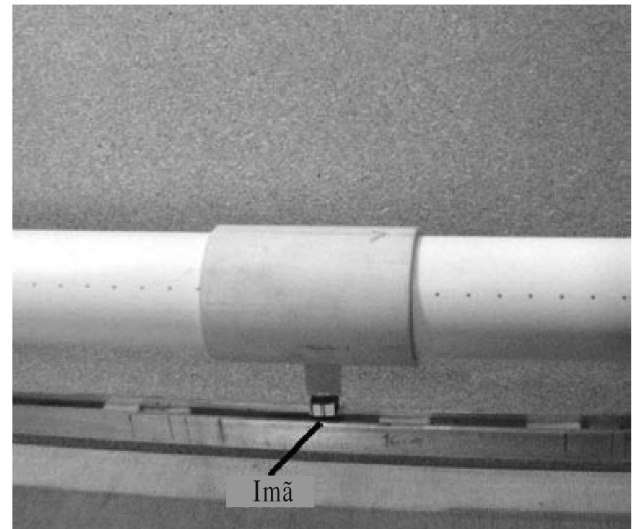


Figura 3 - Carrinho com o ímã acoplado.

Colocamos sete sensores no perfil de alumínio sob o trilho, separados de 16 cm um do outro, completando 96 cm entre o primeiro e o último. Os detectores são ligados em paralelo aos dois bornes do trilho, que por sua vez são conectados à porta de jogos na posição correspondente a um botão do joystick [6]. Assim, quando o ímã passar por um reed-switch, suas lâminas fecham contato e a porta de jogos recebe um sinal de “botão apertado”. A porta é lida por um pequeno programa escrito em Logo, que registra os instantes em que os sensores magnéticos são acionados pela passagem do carrinho com o ímã. Mais detalhes sobre o funcionamento da porta de jogos e como ela pode ser lida por programas Logo estão na Ref. [6].

### 3. Experiências com o sistema

Para testar o sistema de medida e aquisição de dados, realizamos dois experimentos com o trilho de ar: estudamos o movimento do carrinho quando o trilho estava perfeitamente horizontal, e quando ele tinha uma certa inclinação. No primeiro caso, em que a força resultante sobre o carrinho é nula, deixamos o trilho de ar na horizontal ajustando os parafusos de nivelamento da base (ver Fig. 1) até que o carro só se mova com um empurrão. O movimento do carrinho após um empurrão é mostrado na Fig. 4. Uma reta

$$x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2 \quad (1)$$

foi ajustada por mínimos quadrados aos pontos experimentais, resultando em  $x_0 = -0,0003 \pm 0,0001$  m

e  $v_0 = 0,6859 \pm 0,0002$  m/s. A qualidade do ajuste pode ser avaliada na Fig. 4, e mostra que o movimento é uniforme, ou seja, a velocidade do carrinho sobre um trilho horizontal é constante.

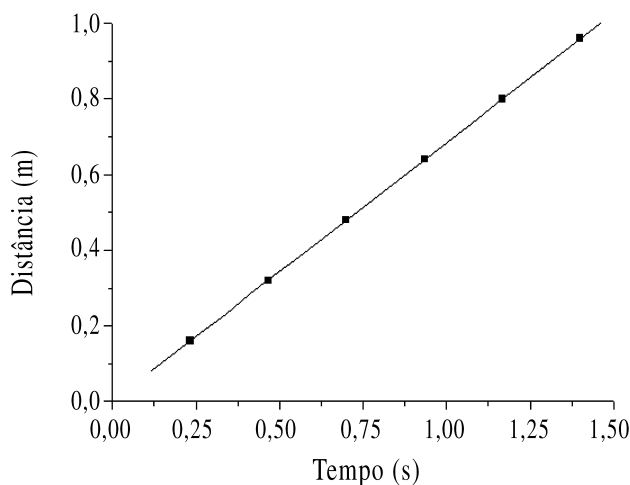


Figura 4 - Distância em função do tempo no trilho horizontal.

No Ensino Médio, ajustes de curva não são ferramentas comuns. A uniformidade do movimento pode, então, ser observada a partir do cálculo direto da velocidade. Na Fig. 5 mostramos as velocidades médias entre detetores sucessivos, calculada com os pontos da Fig. 4. Vemos que estas velocidades são praticamente idênticas.

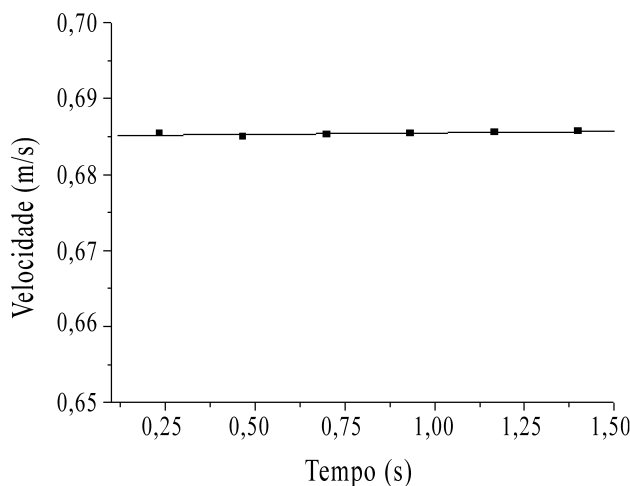


Figura 5 - Velocidades médias no trilho horizontal.

No segundo experimento, o trilho foi inclinado com um ângulo de aproximadamente  $2^\circ$  para que a resultante da força no carrinho não seja nula. O movimento do carrinho abandonado no trilho está mostrado

na Fig. 6.

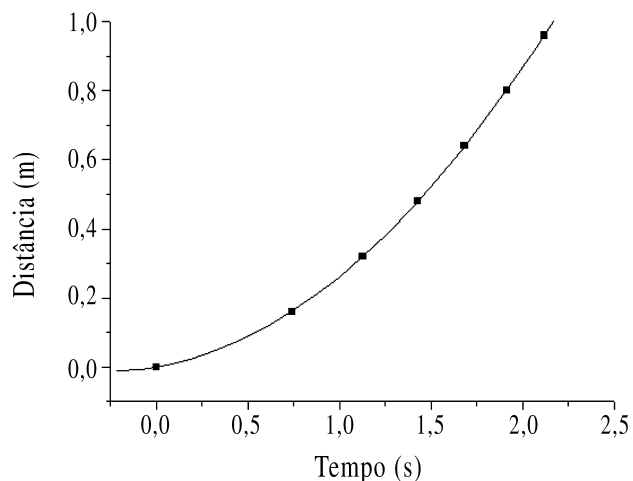


Figura 6 - Distância em função do tempo no trilho inclinado.

Ajustando a parábola

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (2)$$

aos pontos medidos, obtemos  $x_0 = -0,013 \pm 0,009$  m,  $v_0 = 0,09 \pm 0,01$  m/s e  $a = 0,34 \pm 0,01$  m/s<sup>2</sup>. A Fig. 6 mostra a qualidade do ajuste, comprovando que no trilho inclinado o movimento é uniformemente acelerado.

Desprezando os atritos, a aceleração  $a$  do carrinho no trilho é dada pela relação bem conhecida

$$a = g \sin \alpha \quad (3)$$

onde  $g$  é a aceleração gravitacional e  $\alpha$  o ângulo entre o trilho de ar e a horizontal. Substituindo nesta equação os valores de  $a$  e  $\alpha$  dados acima, obtemos para a aceleração da gravidade

$$g = 9,7 \pm 0,3 \text{ m/s}^2 \quad (4)$$

A velocidade média entre os detetores está mostrada na Fig. 7, onde podemos observar que ela

aumenta linearmente com o tempo.

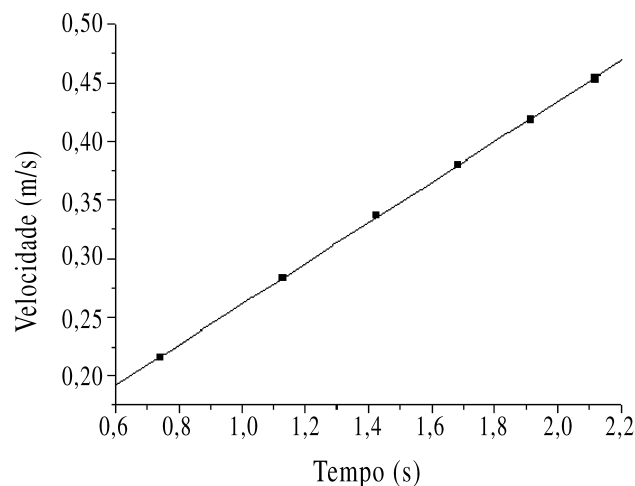


Figura 7 - Velocidades médias no trilho inclinado.

Investigamos também como a aceleração do carrinho depende da inclinação do trilho. Medidas da aceleração em função de  $\sin \alpha$ , para quatro ângulos  $\alpha$  diferentes, estão mostradas na Fig. 8.

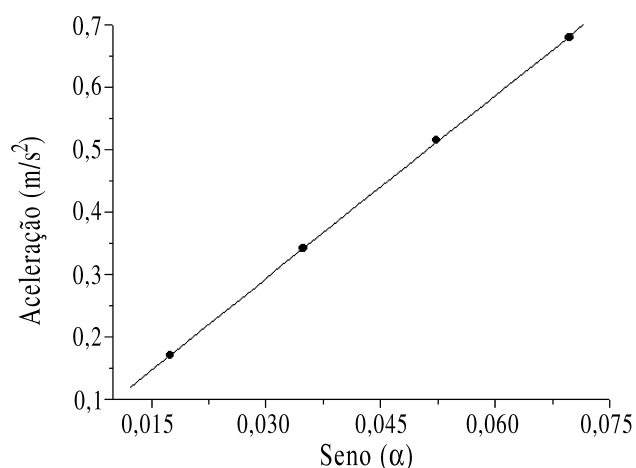


Figura 8 - Aceleração em função do seno do ângulo de inclinação.

Vemos na Fig. 8 que a aceleração depende linearmente de  $\sin \alpha$ , como esperado da equação (3). Ajustando uma reta aos pontos medidos obtemos para a aceleração gravitacional (o coeficiente angular da reta)

$$g = 9,77 \pm 0,07 \text{ m/s}^2$$

um resultado é bastante razoável, e bem mais preciso que a estimativa anterior (Eq. 4). O valor de  $g$  no Rio

de Janeiro é  $9,788 \text{ m/s}^2$ .

## 4. Comentários finais

Mostramos neste trabalho que o reed-switch, um sensor pouco encontrado nos laboratórios didáticos, pode ser utilizado para medir posições sobre um trilho de ar (veja também a Ref. [1]). Quando acoplado à porta de jogos de um PC, como se fosse um botão de joystick, o reed-switch permite que se façam medidas de posição e tempo de qualidade comparável à dos métodos usuais, com um custo muito baixo e uma grande facilidade de montagem e operação. Nós testamos o sistema comprovando que na ausência de forças (trilho horizontal) o movimento é uniforme, e que na presença de uma força constante (trilho inclinado) ele é uniformemente acelerado. Realizamos ainda uma verificação experimental da relação entre aceleração e ângulo em um plano inclinado, extraindo daí uma medida bastante precisa da aceleração da gravidade. Essas experiências, típicas de um curso introdutório de física experimental, mostram que o sistema proposto pode ser usado com sucesso em laboratórios didáticos.

## Agradecimentos

Agradecemos ao Prof. Carlos Eduardo Aguiar, do Instituto de Física da UFRJ, pelas muitas discussões e sugestões.

## Referências

- [1] J.R. Pimentel, V.H. Zumpano e L.T. Yaginuma, *Revista de Ensino de Física* **11**, 15 (1989).
- [2] H.V. Neher and R.B. Leighton, *American Journal of Physics* **31**, 255 (1963).
- [3] J.R. Pimentel, *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **12**, 150 (1995).
- [4] R. Hessel, *Revista de Ensino de Física* **4**, 3 (1982).
- [5] M.M. Werneck, *Transdutores e Interfaces* (LTC, 1996), p. 92.
- [6] C.E. Aguiar e F. Laudares, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **23**, 371 (2001).