

Produtos e Materiais Didáticos

Aquisição de dados em laboratórios de física: um método simples, fácil e de baixo custo para experimentos em mecânica

(Data acquisition in the physics laboratory: an easy, simple and low-cost method for experiments in mechanics)

Marisa Almeida Cavalcante¹, Amanda Bonizzia e Leandro Cesar Pereira Gomes

Grupo de Pesquisa em Ensino de Física, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

Recebido em 16/10/2007; Revisado em 22/2/2008; Aceito em 3/1/2008; Publicado em 7/7/2008

O principal interesse na construção de um sistema de aquisição de dados para fins didáticos é inserir o computador no laboratório de física. Nesse trabalho utilizamos a entrada de microfone da placa de som do computador como interface para medir intervalos de tempo em experiências de mecânica. O sistema usa sensores sensíveis à luz, acoplados diretamente na conexão *mic* da placa de som. A coleta e análise dos sinais gerados pelo bloqueio e desbloqueio de incidência de luz nos fotossensores são realizadas por intermédio de versões *shareware* e/ou *freeware* de programas de análise sonora disponíveis na Internet. Levando-se em conta a simplicidade e o baixo custo deste método, acreditamos que ele pode representar uma contribuição real para a difusão tecnológica no ensino de física.

Palavras-chave: aquisição de dados, placa de som, entrada de microfone.

The main interest in the construction of a didactic system of data acquisition is to insert the computer in the physics laboratory. In this work we use the microphone entrance of the computer sound cards as an interface to measure time intervals in experiments of mechanics. The system employs light sensible sensors connected directly to *mic* plug-in of the sound card. The storage and sound analysis of the produced signals when the incident light in the photogate is blocked is carried through free or share softwares. Because of the simplicity and low cost of this method we believe that it can represent a concrete contribution for technological diffusion in the physics teaching.

Keywords: data acquisition, sound card, microphone plug-in.

1. Introdução

Atualmente o microcomputador é um instrumento bastante acessível, sendo indispensável que o usuário conheça cada vez mais os seus recursos. Além de fazer cálculos e armazenar informações, o microcomputador pode também ser utilizado para fazer aquisição de dados, controle de processos em tempo real ou enviar sinais a um periférico. Tais propriedades tornam o computador um instrumento muito poderoso para auxiliar o ensino e aprendizagem de física, principalmente nas aulas experimentais. Levando em conta o fato de que a coleta de dados se processa em tempos curtos, experimentos podem ser realizados em diferentes condições de contorno transformando as aulas em um ambiente de investigação e pesquisa.

Contudo, apesar das suas potencialidades, o computador ainda é pouco utilizado em laboratórios de física, quer pela falta de informação dos professores dos recursos oferecidos, quer pela dificuldade em adquirir interfaces e programas de aquisição.

A simplicidade do método proposto neste trabalho, bem como seu baixo custo, representa uma possibilidade real de inserção dos microcomputadores como instrumento de medida em um laboratório didático.

Neste trabalho apresentamos propostas de dois experimentos distintos: determinação da aceleração de queda de corpos no ar e verificação da lei de conservação de momento linear, utilizando fotossensores ou fototransistores conectados diretamente à entrada de microfone de um PC. A coleta de dados é realizada através de versões *shareware* e/ou *freeware* de programas de análise sonora disponíveis na Internet.

Quando gravamos um sinal sonoro através de um microfone, este sinal, que é analógico, é convertido em um código binário por um conversor A/D disponível na placa de som e processado pelo PC.

A conversão pode ser feita em 8 ou 16 bits e com uma taxa de amostragem de até 44,1 kHz e com resoluções que podem atingir a faixa de 23 μ s, suficientes para quaisquer aplicações didáticas. Atualmente podemos contar com diferentes programas que nos per-

¹E-mail: marisac@pucsp.br.

mitem tanto gerar sinais através das saídas de áudio quanto analisar sinais através da entrada de áudio da placa de som, visualizando-os tanto em componentes de frequência quanto em amplitude em função do tempo.

No caso proposto, os impulsos provenientes de um fotossensor são enviados à entrada de microfone de um PC e analisados a partir de programas de análise sonora. Para experimentos em mecânica, os intervalos de tempo de passagem de objetos nos fotossensores podem ser medidos diretamente na tela do microcomputador, o que nos permite estudar tanto características cinemáticas como velocidade e aceleração de objetos, quanto obter informações de sua quantidade de movimento. Apresentaremos então propostas de experimentos em mecânica e em particular a determinação da aceleração de queda de corpos no ar, bem como uma proposta experimental para o estudo de colisões e conservação da quantidade de movimento linear.

2. Determinação da aceleração de queda de corpos

Uma das grandes vantagens deste método está na simplicidade do equipamento utilizado. Para o desenvolvimento do experimento, um único fotossensor ou fototransistor é conectado diretamente na entrada de microfone de um PC e recebe a incidência de um feixe de luz proveniente de uma ponteira laser. Com a incidência de luz, o fotossensor encontra-se conduzindo. Ao bloquear a incidência de luz sobre o sensor, um pulso de tensão é gerado e captado pela entrada do microfone através de um conector *jack*. A Fig. 1 fornece diferentes tipos de conectores *jack* encontrados no mercado.



Figura 1 - Conectores *jack* de áudio utilizados para a conexão na entrada de microfone dos microcomputadores. Nos experimentos utilizamos conectores de áudio de 3,5 mm mono ou estéreo (os dois conectores centrais).

Para garantir uma melhor relação sinal/ruído, costuma-se associar o fotossensor em série a uma resistência (da ordem de 600 Ω), uma bateria de 9,0 V e um led que permite verificar visualmente a resposta

do fotossensor ao bloqueio e desbloqueio da luz. Os intervalos de tempo podem ser medidos a partir do sinal produzido na resistência, como indica a Fig. 2.

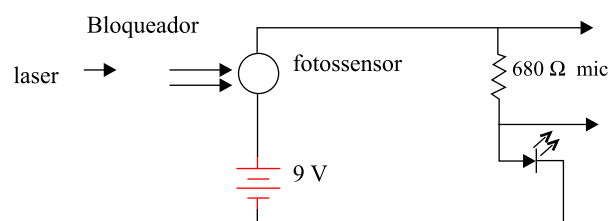


Figura 2 - Circuito utilizado para melhorar a relação sinal/ruído.

Para a determinação da aceleração de queda, lançamos entre o sensor e a ponteira laser uma placa de acrílico transparente onde fitas opacas de mesma largura são dispostas com distâncias previamente fixadas, conhecidas como *picket fence* [7,8]. Tal lançamento produz bloqueios e desbloqueios sucessivos no fotossensor, gerando pulsos que podem ser gravados no gravador do PC a partir de sua entrada de microfone, conforme indica o esquema da Fig 3.

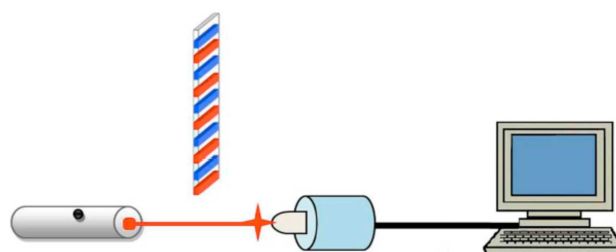


Figura 3 - Esquema da montagem utilizada para a determinação da gravidade, obtendo um valor igual a $(976 \pm 30) \text{ cm/s}^2$.

A Fig. 4 mostra uma foto do sistema utilizado, onde se vê a ponteira laser, o fotossensor e a placa bloqueadora (*picket fence*).

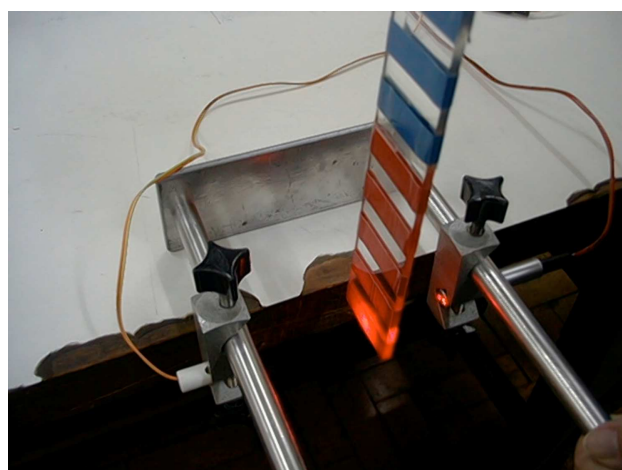


Figura 4 - Foto indicando a ponteira laser, o fotossensor e a placa bloqueadora.

Os impulsos gerados a partir dos bloqueios e desbloqueios do fotossensor podem ser analisados através de programas de análise sonora disponíveis na Internet

[10, 11]. Estes programas permitem a visualização da evolução do sinal com o tempo. É importante observar que devido à existência de um capacitor na entrada de microfone, o primeiro registro está sempre associado ao bloqueio do fotossensor. Neste trabalho utilizamos uma versão *shareware* do programas *Cool Edit* [10] e a Fig. 5 mostra a tela com um dos resultados obtidos.

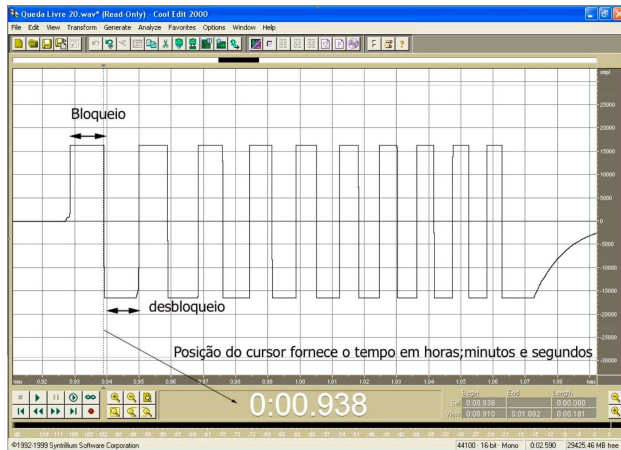


Figura 5 - Resultado obtido para o lançamento de uma placa entre o fotossensor e a ponteira laser, indicando os bloqueios e desbloqueios sucessivos produzidos. Cada instante de tempo pode ser obtido a partir da localização do cursor na tela.

A Fig. 6 mostra a relação entre cada instante medido através do programas de análise sonora e os espaços de bloqueio e desbloqueio da placa de lançamento, a partir da qual a tabela de posição *vs.* tempo pode ser facilmente obtida.

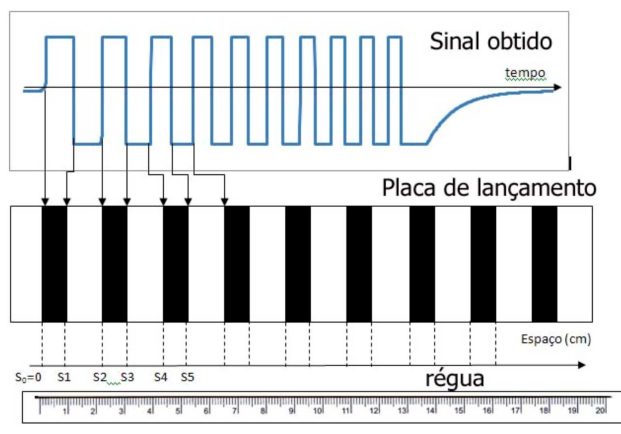


Figura 6 - Relação entre o sinal obtido através do programa de análise sonora e os intervalos de bloqueio e desbloqueio da placa de lançamento.

O gráfico representado na Fig. 7 indica um dos resultados obtidos.

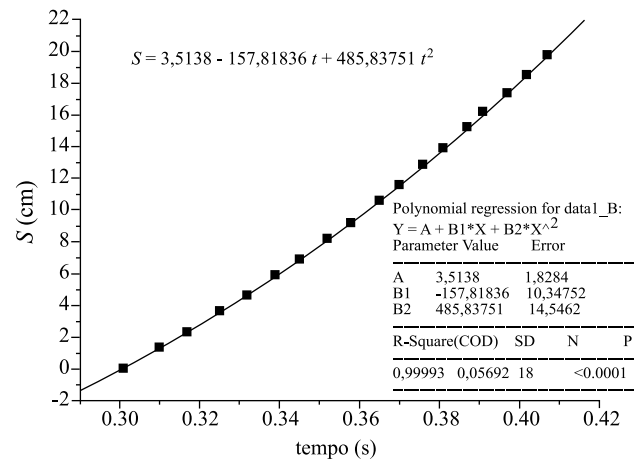


Figura 7 - Gráfico obtido para o lançamento de uma placa com fitas opacas previamente fixadas que permite bloqueios e desbloqueios de um fototransistor diretamente conectado à entrada de microfone de um PC. Uma tabela de posição *vs.* tempo é obtida a partir dos dados coletados em um programa de análise sonora.

Considerando a equação de ajuste, obtém-se um valor para aceleração de queda da placa neste lançamento igual a $972 \pm 30 \text{ cm/s}^2$, valor muito satisfatório principalmente se levarmos em conta a simplicidade do método utilizado.

De modo a verificar a reprodutibilidade dos resultados, efetuamos cerca de 100 lançamentos obtendo-se um valor médio para a aceleração de queda igual a $979,8 \text{ cm/s}^2$ e um desvio padrão para a amostra de $1,0 \text{ cm/s}^2$, evidenciando, portanto, total confiabilidade no método proposto.

3. Conservação da quantidade de movimento linear

Nesta proposta, duas esferas que se movimentam sobre um trilho de plástico efetuam uma colisão unidimensional e dois fotossensores posicionados ao longo do trilho captam o intervalo de tempo de passagem de cada esfera.

A esfera alvo (*A*), que apresenta maior massa, inicialmente em repouso, recebe o impacto de uma esfera incidente (*I*), lançada com uma dada velocidade. O fotossensor (1) determina o intervalo de tempo de passagem desta esfera permitindo, portanto, obter o valor de sua velocidade. Nesse impacto, a esfera alvo (*A*) se desloca na mesma direção e sentido da incidente e sua velocidade pode ser determinada a partir da medida do intervalo de tempo de sua passagem em um segundo fotossensor (2) posicionado ao longo do trilho (Figs. 8(a) e 8(b)).

O velocidade de recuo da esfera incidente, após a colisão, pode ser determinada a partir de um novo intervalo de tempo no fotossensor 1. Os dois fotossensores estão associados em série e conectados à resistência e à bateria da Fig. 2, o que nos possibilita observar qualquer alteração no sinal quando houver um bloqueio ou

desbloqueio de luz em cada um dos fotossensores. Tais registros são observados através do programa *Cool Edit*.

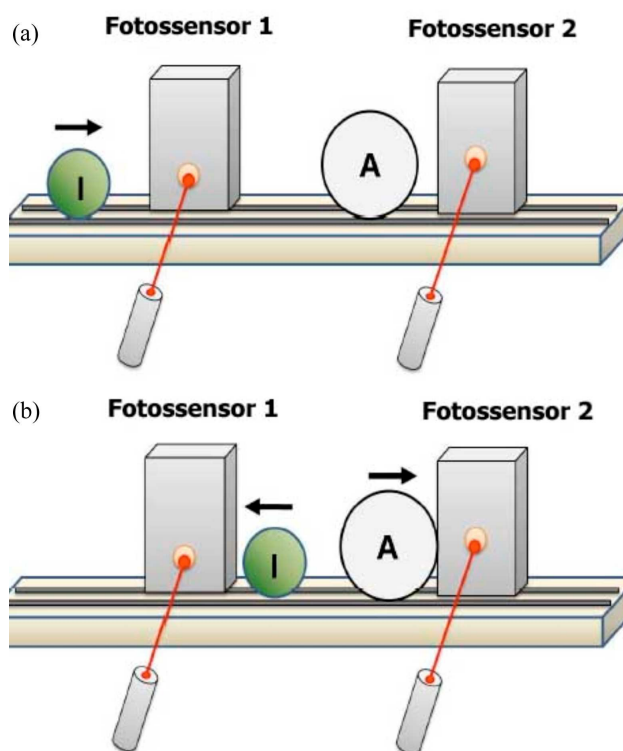


Figura 8 - (a) A esfera incidente *I* é lançada sobre um trilho horizontal e sua velocidade inicial pode ser determinada a partir da medida do tempo de bloqueio no fotossensor 1. A esfera alvo *A* encontra-se em repouso antes da colisão. (b) Após o impacto, a velocidade da esfera alvo *A* pode ser determinada pelo intervalo de tempo de passagem no fotossensor 2. Com o recuo da esfera incidente *I*, um novo intervalo de tempo é determinado e fornece a sua velocidade após a colisão.

A Fig. 9 mostra uma foto do sistema utilizado, e as Figs. 10 (a) e 10 (b) mostram a placa que permite a conexão em série dos fotossensores.

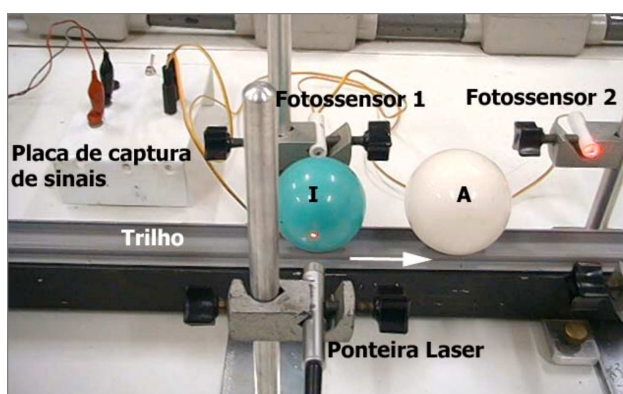


Figura 9 - Sistema utilizado para a observação da conservação da quantidade de movimento linear em que se vê o trilho as duas esferas *A* e *I*, os fotossensores, ponteira laser e a placa de captura de sinais.

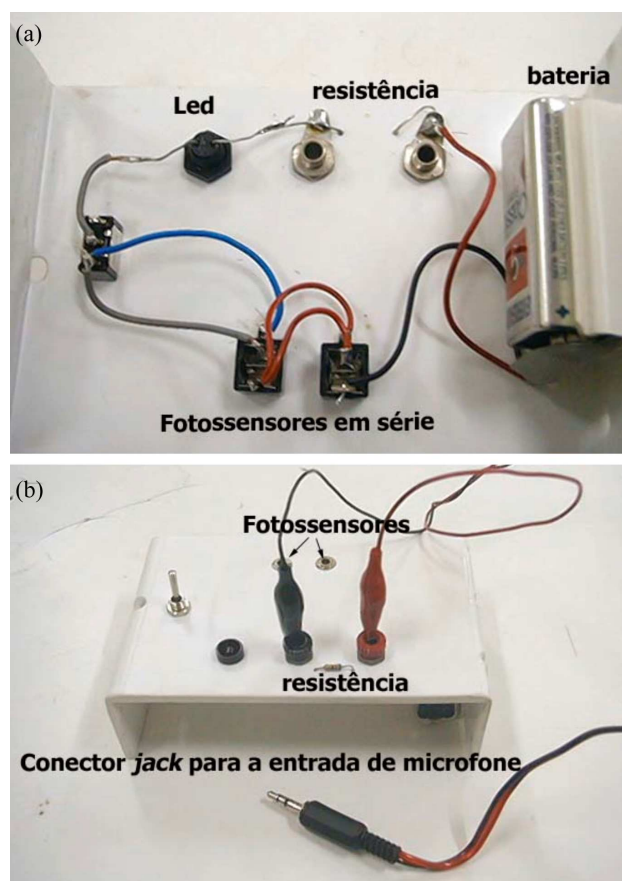


Figura 10 - Placa indicando as conexões em série entre os fotossensores, led, resistência e bateria. (a): Vista inferior (b): Vista superior.

Os fotossensores devem ser posicionados de tal forma que os sinais não se superponham, ou seja, os sinais de cada bloqueio e desbloqueio nos fotossensores 1 e 2 devem apresentar defasagens temporais que nos possibilite distingui-los perfeitamente a partir do *Cool Edit*. Além disso, é fundamental que os fotossensores estejam posicionados no centro de cada esfera, para que possamos utilizar o valor de cada diâmetro como o espaço de bloqueio e com isso ter uma boa estimativa para as velocidades antes e depois da colisão. A Fig. 11 mostra um exemplo do sinal obtido em uma colisão com o correspondente bloqueio e desbloqueio nos fotossensores, bem como a distinção dos intervalos de tempo que se deseja medir. A Tabela 1 mostra alguns resultados obtidos. Ela indica desvios percentuais para a conservação de momento linear menores do que 3%. Além disso, o valor do coeficiente de restituição indica um alto grau de reprodutibilidade dos resultados, fornecendo-nos um valor médio de 0,85 e um desvio padrão da amostra de 0,02. Outros oitenta lançamentos foram realizados conduzindo a resultados semelhantes. Levando-se em conta o baixo custo na realização deste experimento, bem como a simplicidade em sua execução, julgamos tais resultados altamente satisfatórios.

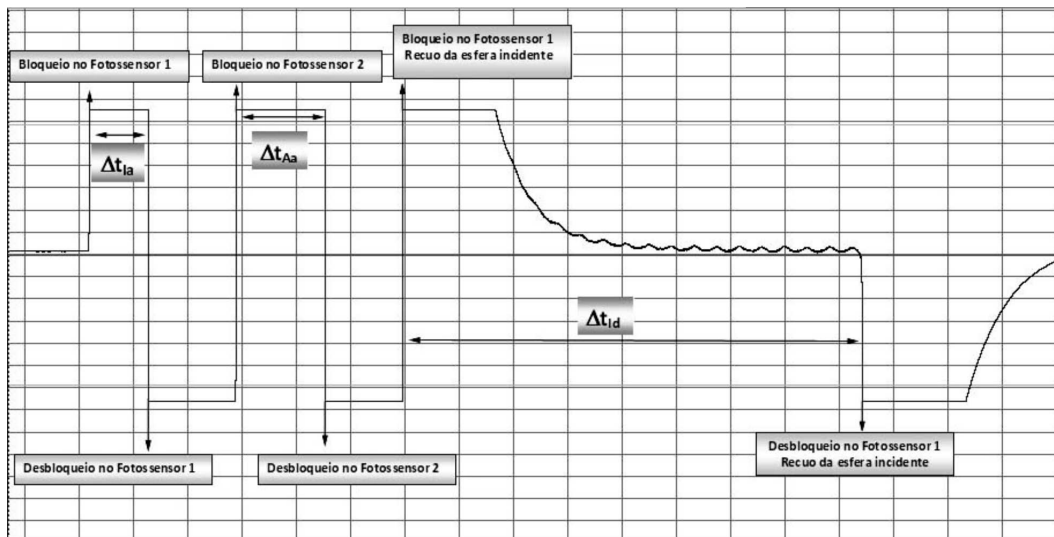


Figura 11 - Tela observada para uma colisão entre as esferas *I* e *A*, onde o instante de bloqueio e desbloqueio em cada fotossensor pode ser devidamente registrado e medido. Da esquerda para a direita temos Δt_{Ia} , intervalo de tempo de passagem da esfera *I* pelo fotossensor 1 antes da colisão; Δt_{Ad} , intervalo de tempo de passagem da esfera alvo pelo fotossensor 2 depois da colisão e finalmente Δt_{Id} , intervalo de tempo de passagem pelo fotossensor 1 da esfera incidente depois da colisão.

Tabela 1 - Resultados obtidos para 21 lançamentos, indicando os valores da quantidade de movimento linear antes e depois da colisão, bem como as respectivas incertezas sistemáticas σ_{pa} e σ_{pd} . Observa-se também uma coluna para o desvio % em relação ao valor esperado, bem como para o valor do coeficiente de restituição obtido para esta colisão.

n.	p_{antes} (kgm/s)	σ_{pa} (kgm/s)	p_{Depois} (kgm/s)	σ_{pd} (kgm/s)	E (%)	coef. rest.
1	0,3021	0,0002	0,3039	0,0002	0,6	0,86
2	0,2568	0,0001	0,2553	0,0002	0,6	0,84
3	0,2568	0,0001	0,2566	0,0002	0,1	0,84
4	0,1975	0,0001	0,1971	0,0002	0,2	0,81
5	0,2703	0,0001	0,2750	0,0002	1,7	0,85
6	0,2445	0,0001	0,2419	0,0002	1,1	0,82
7	0,2568	0,0001	0,2571	0,0002	0,1	0,84
8	0,2445	0,0001	0,2400	0,0002	1,9	0,83
9	0,2703	0,0001	0,2725	0,0002	0,8	0,86
10	0,1975	0,0001	0,1972	0,0002	0,1	0,81
11	0,3210	0,0002	0,3152	0,0002	1,8	0,84
12	0,3424	0,0002	0,3434	0,0002	0,3	0,86
13	0,3668	0,0002	0,3578	0,0002	2,5	0,84
14	0,2853	0,0001	0,2821	0,0002	1,1	0,84
15	0,3021	0,0002	0,3030	0,0002	0,3	0,86
16	0,3210	0,0002	0,3290	0,0002	2,4	0,87
17	0,3424	0,0002	0,3434	0,0002	0,3	0,86
18	0,3210	0,0002	0,3276	0,0002	2,0	0,88
19	0,3668	0,0002	0,3753	0,0002	2,3	0,88
20	0,2568	0,0001	0,2648	0,0002	3,0	0,87
21	0,2568	0,0001	0,2587	0,0002	0,8	0,83

4. Conclusão

Neste trabalho mostramos de que maneira podemos, a partir da entrada de microfone do PC, realizar experimentos de física permitindo que sistemas de aquisição de dados com resoluções em tempo da ordem de milissegundos possam ser implantados a um custo bem re-

duzido. O método proposto estabelece uma conexão direta de fotossensores à interface já existente nas placas de som dos microcomputadores com coleta e análise de dados efetuada através de versões *shareware* e/ou *freeware* de programas de análise sonora disponíveis na Internet.

Mostramos como é possível determinar experimentalmente o valor da aceleração de queda dos corpos obtendo-se um valor de $970 \pm 30 \text{ cm/s}^2$ em um único lançamento. Para uma amostra de 100 lançamentos obtivemos um valor experimental de $(979,8 \pm 0,1) \text{ cm/s}^2$, valor que incorpora o esperado para a aceleração de queda dos corpos na região em que o experimento foi realizado.

Propusemos ainda um método bastante simples para a verificação da lei de conservação de momento em uma colisão unidimensional entre duas esferas de massas conhecidas sobre um trilho de plástico, tal como estes utilizados em conduítes e que são encontrados facilmente no mercado. As medidas realizadas mostraram desvios menores do que 3% para a verificação da lei e permitiu determinar o coeficiente de restituição com desvios estatísticos da ordem de 2%, mostrando uma grande reprodutibilidade do método proposto.

Um dos grandes impedimentos para a inserção de novas tecnologias em nossas escolas deve-se, dentre outros fatores, ao alto custo na compra de interfaces de aquisição didáticas. Ao longo dos últimos anos, muitos trabalhos têm sido realizados no sentido de apontar possibilidades de inserção desta tecnologia e dentre elas encontra-se a utilização de placas de som como interface de aquisição de dados. A maioria destes trabalhos utiliza a entrada de *joystick*, onde sensores analógicos e digitais podem ser conectados. No sítio da Universi-

dade Federal do Rio Grande do Sul [12] pode-se inclusive baixar programas que permitem a coleta de dados a partir da porta *game*, o que favorece muito a inserção desta tecnologia.

No entanto, os computadores mais atuais vêm utilizando cada vez mais a porta USB (*Universal Serial Bus*) e suas placas de som não apresentam mais a conexão DB15, o que tem limitado a utilização desta tecnologia para a aquisição de dados. A utilização da entrada de microfone, proposta neste trabalho, vem contribuir ainda mais para que sistemas de aquisição possam ser facilmente implantados nas nossas escolas da rede pública de ensino, tendo em vista que o seu custo é quase nulo e não requer que o professor tenha qualquer conhecimento em linguagem de programação nem tampouco em eletrônica.

O Grupo de Pesquisa em Ensino da PUC/SP [13] tem divulgado o uso desta tecnologia através de oficinas de extensão oferecidas pela Coordenadoria Geral de Extensão e Aperfeiçoamento da PUC/SP. Nestas oficinas, estes e outros experimentos utilizando a entrada de microfone para a aquisição de dados têm sido realizados, mostrando aos professores que introduzir novas tecnologias no ensino de física pode ser simples, fácil e permite tornar nossas aulas muito mais dinâmicas e inseridas no século XXI.

Levando-se em conta a simplicidade e o baixo custo deste método, acreditamos que ele pode representar uma real contribuição para uma ampla difusão tecnológica no ensino de física.

Referências

- [1] E. Montarroyos e C.W. Magno, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **23**, 57 (2001).
- [2] M.A. Cavalcante e C.R.C. Tavoraro, *Física na Escola* **4**, 29 (2003).
- [3] C.E. Aguiar e F. Laudares, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **23**, 371 (2001).
- [4] R. Haag, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **23**, 176 (2001).
- [5] W.C. Magno e E. Montarroyos, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **24**, 497 (2002).
- [6] M.A. Cavalcante, E. Silva, R. Prado e R. Haag, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **24**, 150 (2002).
- [7] G. Dionísio e W.C. Magno, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **29**, 287 (2007).
- [8] Pasco Picket Fence <http://www.pasco.com/products/groups/53-351-1.html> Acesso em 11/10/2007.
- [9] <http://poly.phys.msu.su/zel/osc11.htm>, página onde se pode baixar o programa *Oscilloscope and Spectrum Analyser*. Acesso em 11/10/2007.
- [10] <http://audacity.sourceforge.net/download/>. Página em que se pode baixar o programa de edição sonora. Pode-se gravar e analisar sinais sonoros. Acesso em 11/10/2007.
- [11] <http://baixaki.ig.com.br/download/Cool-Edit-2000-1-1.htm>, página em que se pode baixar o programa de edição sonora *Cool Edit*. Acesso em 11/10/2007.
- [12] <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/>, página da UFRGS em Novas Tecnologias de Ensino de Física onde encontramos programas desenvolvidos para a aquisição de dados através da entrada joystick da placa de som.
- [13] <http://www.pucsp.br/gopof/gopof.htm>, página do Grupo de Pesquisa em Ensino de Física da PUC/SP onde informações sobre as oficinas de extensão para professores podem ser obtidas. Acesso em 11/10/2007.