

Produtos e Materiais Didáticos

O ensino e aprendizagem de física no Século XXI: sistemas de aquisição de dados nas escolas brasileiras, uma possibilidade real

(*Education and learning of physics in the 21st Century:
systems of data acquisition in brazilian schools a real possibility*)

Marisa Almeida Cavalcante¹, Amanda Bonizzia e Leandro Cesar Pereira Gomes

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

Recebido em 18/7/2008; Revisado em 22/10/2009; Aceito em 26/10/2009; Publicado em 18/2/2010

Os avanços tecnológicos propiciaram nos últimos anos maiores velocidades de processamento aos computadores além de um aumento substancial em suas capacidades de armazenamento de dados. Observou-se também uma redução crescente no seu custo o que propiciou o acesso de uma parcela significativa da população brasileira. Apesar do uso crescente dos computadores pelos alunos e das grandes potencialidades que esta tecnologia pode nos oferecer ele ainda é pouco utilizado como instrumento de medida em laboratórios de física, quer pela falta de informação dos professores dos recursos oferecidos, quer pela dificuldade em adquirir interfaces e softwares de aquisição. A inserção desta nova tecnologia para muitos ainda é algo muito distante, e muito difícil. No entanto desde o ano de 2005 que desenvolvemos na disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física do curso de Licenciatura em Física da PUC/SP sistemas de aquisição extremamente simples em que os sinais são coletados através da entrada de microfone dos microcomputadores. A análise e coleta de dados são realizadas através de versões shareware e/ou freeware de softwares de análise de som disponíveis na rede mundial de computadores. Neste trabalho propomos dois experimentos; um deles possibilita determinar a frequência da rede elétrica e o outro destinado ao estudo de lançamento horizontal e a determinação da aceleração da gravidade local. Os resultados obtidos são bastante satisfatórios principalmente se levarmos em conta a relação custo benefício do sistema proposto. Acreditamos que por sua simplicidade e os bons resultados apresentados, este sistema contribui de maneira significativa para uma nova abordagem no ensino de física no século XXI permitindo transformar a sala de aula em um ambiente de investigação, valorizando os objetivos educacionais e não meramente instrucionais. **Palavras-chave:** sistemas de aquisição de dados, entrada de microfone, softwares de análise de som.

In recent years computers have become faster, their storage capacity greater and cost reduction allowed a great percentage of the brazilian population the access to this technology. Notwithstanding these advances, computers are used little in physics labs. Some factors that contribute to this status are unfamiliarity of teachers with existing resources and also the difficulty in acquiring interfaces and acquisition software. However since 2005 we have been developing at PUC/SP extremely simple acquisition mechanisms by means of signals collected via PC's microphones. The analysis and gathering of data is carried out using free- or shareware for sound analysis found in the world wide web. Due to its simplicity we believe this system may contribute in a significant way towards new approaches to physics education in the 21st century, as it allows for the transformation of a classroom into a research environment, placing educational goals ahead of instructional ones.

Keywords: data acquisition, microphone plug, software for sound analysis.

1. Introdução

Nos últimos anos, o desenvolvimento tecnológico tem facilitado, de várias maneiras, o nosso cotidiano. Sistemas computacionais estão presentes não apenas nas residências, mas em todos os lugares que circulamos, no controle do trânsito, nos supermercados, nas agências bancárias, nos aparelhos de telefonia celular, etc. Ensinar física no século XXI pode ser uma tarefa extra-

ordinária, já que toda a tecnologia que nos rodeia está intimamente ligada com conceitos físicos essenciais para a compreensão dos mecanismos básicos de funcionamento de cada um destes sistemas. No entanto, muitos alunos apresentam grande dificuldade na compreensão dos fenômenos físicos. Entre as razões do insucesso na aprendizagem em física são apontados métodos de ensino desajustados das teorias de aprendizagem mais recentes e a falta de meios pedagógicos modernos [1].

¹E-mail: marisac@puccsp.br.

O uso de Tecnologias de Informação (TI) no ensino tem sido objeto de estudo em todas as áreas. Nos últimos anos os avanços no uso de TI foram extraordinários tendo em vista que os computadores se tornaram muito mais velozes e com maior capacidade de armazenamento e de representação somando-se a novas interfaces tais como luvas e capacetes de visualização que nos trouxeram a realidade virtual para sala de aula. Mais recentemente a técnica “Haptics” [2, 3], criada em 2003 pela equipe de investigadores do Laboratório de Realidade Virtual da Universidade de Buffalo, nos EUA e que nos faz sentir sensações de tato dos objetos virtuais amplia ainda mais as possibilidades em diferentes áreas do conhecimento, como por exemplo, o treinamento de futuros cirurgiões e certamente possibilitará avanços consideráveis em programas de Educação a Distância (EAD) para portadores de deficiências visuais [4]. Todos estes avanços nos mostram que o computador pode ser uma ferramenta de valor inestimável para o aprendizado e pode servir como uma fonte de estímulo e criatividade inesgotável [5].

Apesar desta grande revolução tecnológica, as salas de aula da grande maioria das escolas brasileiras ainda estão bem distantes deste universo e o ensino de física ainda continua desconectado deste mundo tão fascinante que nos cerca. Os recursos computacionais, quando utilizados, em geral se restringem no uso de simulações, editoração de textos, planilhas de cálculo e internet para pesquisa de trabalhos escolares. A possibilidade de utilizar o computador como um instrumento de medida ainda é desconhecida pela grande maioria dos nossos professores [6] até porque em geral sistemas de aquisição automática de dados disponíveis no mercado, ainda apresentam um custo elevado para a realidade das escolas da rede pública brasileira.

Ao longo dos últimos anos muitos trabalhos têm sido realizados no sentido de apontar possibilidades de inserção desta tecnologia desde a construção de interfaces com conexão a entrada paralela dos computadores e a programação do software de aquisição em QBasic [7] até a utilização de placas de som como interface de aquisição de dados, em que sensores analógicos e digitais são conectados a entrada de joystick [8-10]; outros em que a entrada de microfone faz a captura de sinais [11-14]. No entanto desde 2005 que na disciplina Instrumentação para o Ensino de Física do curso de Licenciatura da PUC/SP desenvolvemos sistemas de aquisição de dados de baixo custo utilizando a placa de som como interface de conversão e em particular a entrada de microfone [15]. Fototransistores são conectados diretamente a entrada de microfone dos computadores e softwares de análise sonora com versões freeware permite obter informações de tempo com precisões da ordem de milissegundos. A partir de 2007 começamos a oferecer oficinas de extensão a professores de outras instituições através da Coordenadoria de Extensão e Aperfeiçoamento da PUC/SP levando esta tecnologia

efetivamente para dentro de salas de aula [16].

É importante salientar que a inserção desta nova tecnologia possibilita dentre outras coisas transformar a sala de aula em um ambiente de investigação, valorizando os objetivos educacionais e não meramente instrucionais.

Neste trabalho utilizaremos o sistema de aquisição de dados mais barato e simples já existente em dois experimentos distintos; um destinado a determinação da frequência da rede elétrica e o outro voltado ao estudo de lançamento horizontal. Diante dos resultados obtidos e a simplicidade na aquisição de dados consideramos que o sistema proposto pode representar um passo muito importante para o uso de TI no ensino e aprendizagem de física.

2. Como funciona a aquisição de dados através da entrada de microfone

Quando gravamos um sinal sonoro de um microfone, este sinal analógico é convertido num código binário por um conversor analógico-digital (A/D), disponível na placa e processado pelo microcomputador.

A conversão pode ser feita em oito ou 16 bits e com uma taxa de amostragem de até 44,1 kHz e resoluções que podem atingir a faixa de 23 μ gs, resoluções estas suficientes para aplicações didáticas. Atualmente podemos contar com diferentes softwares, disponíveis na Internet, que nos permitem tanto gerar sinais através das saídas de áudio [17, 18], 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 [19-22].

Neste trabalho os impulsos provenientes de um fotosensor são enviados diretamente a entrada de microfone de um microcomputador através de um conector tipo *Jack* [15] e são analisados a partir de softwares sonoros e outros softwares disponíveis livremente na rede mundial de computadores [19-21]. Para experimentos em mecânica os intervalos de tempo de passagem de objetos nos fotosensores podem ser medidos diretamente na tela do microcomputador o que nos permite estudar tanto características cinemáticas tais como velocidade e aceleração de objetos, quanto obter informações sobre a quantidade de movimento.

Apresentaremos como exemplo, o estudo de lançamento horizontal e mostraremos como é possível, a partir do sistema de aquisição de dados desenvolvido, determinar o valor da aceleração de queda de corpos no ar. Selecionamos ainda uma aplicação deste sistema em eletricidade que possibilita determinar a frequência da rede elétrica.

Nas oficinas de capacitação docente que têm sido oferecidas pela Coordenadoria Geral de Extensão e Aperfeiçoamento da PUC/SP [16, 23] o uso desta tecnologia está sendo difundida entre os professores da

rede de ensino pública e privada e outros experimentos como identificação dos códigos de controles remotos, determinação da aceleração da gravidade, determinação de coeficiente de restituição em colisões, dentre outros são realizados.

3. Resultados Experimentais

3.1. Determinação da Frequência da rede elétrica

Uma lâmpada fluorescente comum é constituída de um bulbo tubular de vidro, com um filamento em cada extremidade, contendo uma pequena quantidade de mercúrio e um gás nobre (argônio, criptônio ou neônio) em baixa pressão. Sob ação do potencial elétrico aplicado nos filamentos, os elétrons movem-se de um lado a outro em alta velocidade. A colisão com os átomos do mercúrio emite radiação ultravioleta. Um revestimento interno com material apropriado converte esta radiação em luz visível. Como a rede elétrica apresenta um sinal variável com o tempo a intensidade de luz emitida pela lâmpada também sofrerá alterações. Uma maior intensidade de luz será obtida nos maiores valores de tensão aplicado nos seus terminais independentemente de sua polaridade. Portanto a cada 8,33 milissegundos devemos esperar um valor máximo para intensidade de luz emitida, que corresponde a 120 Hz, ou seja, o dobro da frequência da rede.

Levando em conta tais observações, é fácil notar que será possível determinar a frequência da rede elétrica a partir de um sensor ótico sensível à flutuação de intensidade de luz das lâmpadas fluorescentes. Para detectar tais variações utilizamos um fototransistor associado em série a um resistor e uma bateria de 9,0 V (tal associação pode ser dispensável caso o fotosensor possa ser posicionado a distancias da ordem de 1 metro da lâmpada fluorescente).

Qualquer alteração de intensidade luminosa sobre o fotosensor será transformada em impulsos de tensão nos terminais resistor que serão observadas através da entrada de microfone.

Neste experimento a coleta e análise de dados foi efetuada através do software Oscilloscope and Spectrum Analyser [19] que permite transformar o microcomputador em um osciloscópio digital e um analisador de espectro no ambiente Windows, com uma visualização em tempo real do sinal aplicado a entrada de áudio. A limitação deste software está na impossibilidade de observação de sinais em intervalos de tempo maiores do que 50 milissegundos já que este valor é o maior tempo possível de observação em tela. Para intervalos de tempo maiores utilizamos softwares de análise de som disponíveis na web, tais como o CoolEdit [20] ou Audacity [21] são utilizados. Os resultados obtidos representados na Fig. 1 mostram um período igual a 8,33 ms em média que corresponde ao período na flu-

tuação de intensidade de radiação emitida pela lâmpada fluorescente [24]. Obtemos, portanto uma frequência igual a 120 Hz, resultando um valor para a frequência da rede elétrica igual a 60 Hz. Um sinal semelhante pode ser obtido a partir de uma lâmpada de filamento aquecido [25]. Os arquivos referentes aos sinais que podem ser observados tanto para a lâmpada fluorescente quanto para a lâmpada de filamento foram gravados através do audacity e estão disponíveis nas Refs. [24] e [25].

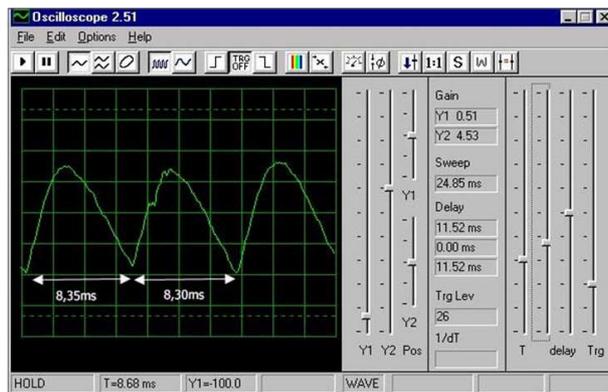


Figura 1 - Sinal observado nos terminais do resistor com um período correspondente a 8,33 ms em média.

3.2. Estudo do lançamento horizontal e a determinação da aceleração da gravidade local

Uma das grandes vantagens do método apresentado está na simplicidade do equipamento utilizado. Uma esfera é lançada em um trilho e cairá em uma caixa contendo areia que nos permite determinar seu alcance, conforme indica a Fig. 2.

Um fototransistor é disposto na saída do trilho permitindo determinar o intervalo de bloqueio através de um software de análise sonora.

Para cada lançamento efetuado, determina-se a velocidade horizontal a partir da informação de tempo fornecida pelo fotosensor e se obtém na caixa de areia o alcance correspondente (Fig. 2). A relação entre a velocidade de lançamento e alcance pode ser obtida.

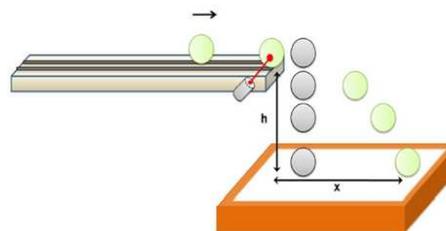


Figura 2 - Esquema experimental do lançamento horizontal. A figura da esfera de cor cinza representa o movimento vertical (ação da aceleração da gravidade) e a figura da esfera de cor verde representa o movimento final parabólico (velocidade considerada constante na componente horizontal e variável na componente vertical).

Em um lançamento horizontal com velocidade constante teremos para uma esfera lançada a uma dada altura h que

$$h = \frac{gx^2}{2v_x^2}, \quad (1)$$

onde h representa a altura de lançamento, fixada pelo observador, x representa o alcance da esfera, determinado quando a esfera toca a caixa de areia, v_x representa a velocidade de lançamento que pode ser determinada a parti do diâmetro da esfera e do tempo de bloqueio no fotosensor e g representa a aceleração da gravidade local.

O valor da aceleração da gravidade local poderá ser obtido conhecendo-se a relação entre a velocidade de lançamento e o alcance para uma dada altura h .

A Fig. 3 mostra um exemplo do sinal visualizado na área de trabalho do software utilizado Cooledit [20] que possibilita determinar o tempo de bloqueio da esfera e determinar sua velocidade de lançamento.

Observe na Fig. 3 que o intervalo de tempo medido é igual a 7,0 ms, valor este que só pode ser obtido a partir de sistemas digitais de medida de tempo tais como os desenvolvido por Hessel e colaboradores [26]. No entanto, para desenvolver contadores eletrônicos como proposto no trabalho de Hessel é necessário que se tenha certo conhecimento de eletrônica básica e tempo disponível para a montagem e teste de todo o dispositivo. Estes fatores acabam por dificultar a implantação destes contadores, principalmente nas escolas da rede pública de ensino.

No sistema proposto neste trabalho, tais medidas podem ser facilmente realizadas à um custo extremamente reduzido (no máximo R\$10,00) e com precisões em tempo dependentes apenas do limite imposto pela taxa de aquisição das placas de som comerciais que em média atinge valores da ordem de 23 μ s.



Figura 3 - O sinal mostra o tempo de bloqueio de incidência de luz no sensor acoplado na entrada de microfone da placa de som, bloqueio esse ocasionado pela passagem da bola de bilhar de diâmetro $(5,647 \pm 0,002)$ cm na saída do trilho.

Um gráfico que relaciona o alcance e a velocidade horizontal de lançamento foi obtido para 50

lançamentos distintos a uma altura de 82 cm e está representado nas Figs. 4 e 5 para duas esferas distintas de diâmetro da ordem de 5,6 cm e 1,9 cm respectivamente.

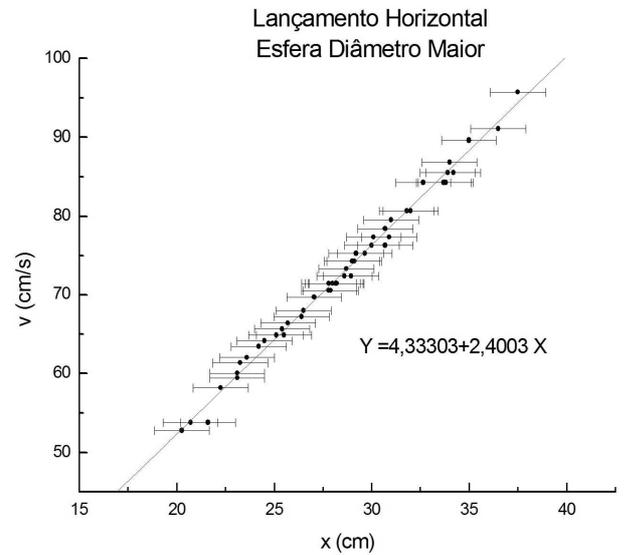


Figura 4 - Gráfico que relaciona a velocidade de lançamento horizontal e o alcance observado para a esfera de maior diâmetro.

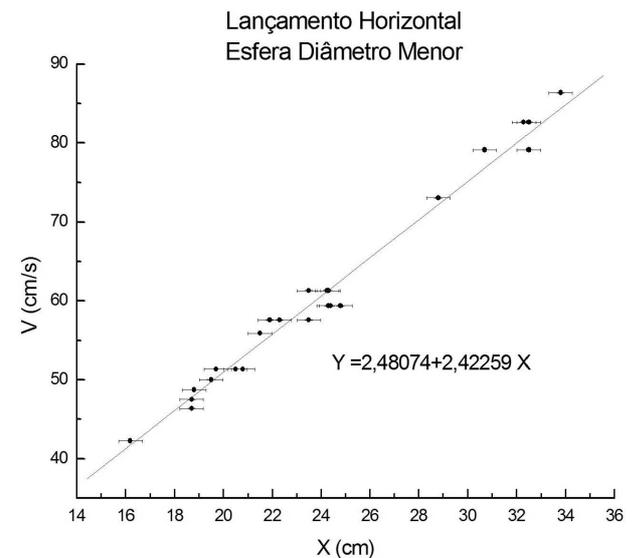


Figura 5 - Gráfico que relaciona a velocidade de lançamento horizontal e o alcance da esfera de diâmetro menor.

A partir de cada coeficiente angular obtido através do ajuste linear obtém os valores (945 ± 23) cm/s² e $g = (963 \pm 55)$ cm/s². Resultados bastante satisfatórios para o valor da aceleração da gravidade local considerando a simplicidade do método proposto.

4. Considerações finais

A grande revolução tecnológica que hoje vivemos trouxe ao alcance de uma boa parcela da população brasileira sistemas computadorizados que vão desde aparelhos de

telefonia celular com sistemas de transferência de dados Bluetooth e câmeras integradas de resoluções cada vez maiores até a conjugação de tecnologias de rastreamento, posicionamento e navegação que introduziram cidadãos comuns no campo da geotecnologia. Estamos diante de uma nova era, e a cada dia a forma de comunicação entre as pessoas é transformada. No entanto uma considerável parcela das nossas escolas parece ainda estar à margem deste processo. Ensinar física no século XXI é uma tarefa desafiadora e terá a função de trazer aos indivíduos uma compreensão deste universo moderno.

Mas é preciso mais do que discutir os conceitos físicos envolvidos nos diferentes recursos que nos cercam é preciso levar estes recursos para dentro da sala de aula. Parece incompreensível que com tantos recursos tecnológicos disponíveis a “física”, grande responsável por toda esta revolução, ainda seja ensinada com recursos de quase dois séculos atrás.

É no mínimo conflitante falar de tecnologias “haptics” em sala de aula e continuar medindo tempo em experimentos clássicos de mecânica somente através de cronômetros digitais. Se os computadores ficaram tão velozes nos últimos anos por que não utilizá-los também para medidas de tempo?

Hoje os computadores estão na casa das pessoas e em muitas escolas, em laboratórios de informática muitas vezes ociosos por total desconhecimento dos professores dos recursos disponíveis, inclusive da possibilidade de utilizá-los como instrumentos de medidas em experimentos de física.

No entanto um dos impedimentos, para a inserção desta nova tecnologia em nossas escolas se deve 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 se encontra a utilização de placas de som como interface de aquisição de dados. A maioria destes trabalhos utiliza a entrada de joystick em que sensores analógicos e digitais podem ser conectados. No sítio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pode-se inclusive baixar *softwares* que permitem a coleta de dados a partir da porta game [27], o que favorece muito a inserção desta tecnologia. Nos últimos anos, no entanto os computadores vêm utilizando cada vez mais a porta USB (Universal Serial Bus) e suas placas de som não apresentam mais a conexão DB15, relacionada à porta de jogos, o que tem limitado a utilização desta tecnologia para a aquisição de dados.

É possível ainda montar interfaces de aquisição e com linguagem simples de programação como o QBasic, por exemplo, e obter a um custo bem reduzido um sistema bastante eficiente de coleta e análise de dados. No entanto os professores em sua grande maioria não têm formação em eletrônica básica tampouco em linguagem de programação para possibilitar o uso destas

interfaces.

Para suprir todas estas dificuldades desde o ano de 2005 que iniciamos na PUC/SP o desenvolvimento de sistemas de aquisição que utilizam a entrada de microfone, para a coleta de dados. Estes sistemas estão sendo utilizados com alunos do curso de licenciatura em física propiciando instrumentalizá-los para o uso de novas tecnologias em qualquer escola que disponha de computadores com placas de som. Mostramos neste trabalho como estes experimentos podem ser facilmente realizados e acreditamos que devido à simplicidade do sistema e seu baixo custo, nossas escolas públicas finalmente possam incorporar esta nova tecnologia em sala de aula.

A nosso ver a possibilidade de inserção desta nova tecnologia além de tornar as aulas de física inserida no cotidiano dos alunos, permite aos indivíduos uma maior compreensão de sistemas computadorizados, deixando de ser algo que apenas “especialistas têm o privilégio de compreendê-los”. Julgamos fundamental a divulgação deste trabalho, tendo em vista que é uma excelente oportunidade para que pesquisadores desta área e professores possam conhecer os avanços que conseguimos no sentido de garantir um recurso tecnológico incrivelmente simples e que viabiliza levar para sala de aula uma física mais integrada ao mundo contemporâneo.

O Grupo de Pesquisa em Ensino da PUC/SP tem divulgado o uso desta tecnologia através de oficinas de extensão oferecidas pela Coordenadoria de 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.

Referências

- [1] C. Fiolhais e J. Trindade, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **25**, 259 (2003).
- [2] Técnica Haptics: <http://haptics.lcsr.jhu.edu/Research>, laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologia “Haptics”. Acesso em 19/09/2009
- [3] Técnica Haptics: <http://www.hapticssymposium.org/next{.}conference.htm>, página do Simpósio Internacional da Tecnologia “Haptics”. Acesso em 19/9/2009.
- [4] <http://haptics.lcsr.jhu.edu/Research/education>, página que mostra algumas aplicações da tecnologia haptics no ensino. Acesso em 19/9/2009.
- [5] M.F. Barroso, G. Felipe e T. da Silva, in *Ata do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física 2006*, disponível em <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/x/atas/resumos/T0113-1.pdf>.
- [6] P.R. da Silva Rosa, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **17**, 182 (1995).

- [7] D.F. de Souza, J. Sartori, M.J. Bell e L.A. Nunes, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **20**, 413 (1998).
- [8] C.E. Aguiar e F. Laudares, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **23**, 371 (2001).
- [9] R. Haag, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **23**, 176 (2001).
- [10] G. Dionísio e C.W. Magno, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **29**, 287 (2007).
- [11] E. Montarroyos e C.W. Magno, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **23**, 57 (2001).
- [12] M.A. Cavalcante e C.R. Tavolaro, *Física na Escola* **4**(1), 29 (2003).
- [13] M.A. Cavalcante, E. Silva, R. Prado e R. Haag, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **24**, 150 (2002).
- [14] C.W. Magno e E. Montarroyos, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **24**, 497 (2002).
- [15] M.A. Cavalcante, A. Bonizzia e L.C.P.Gomes, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **30**, 2501 (2008).
- [16] Cogea/PUC/SP: <http://www.cogea.pucsp.br/index2.php?ID=23>, página da Coordenadoria Geral de Extensão e Aperfeiçoamento da PUC/SP onde informações sobre as oficinas de extensão para professores podem ser obtidas. Acesso em 18/9/2009.
- [17] Gerador de Sinais <http://fisica-cogea-pucsp.blogspot.com/search/label/Gerador%20de%20Sinais>. Esta página permite baixar o software free “sine wave generator” que permite obter na saída de áudio sinais de frequência conhecida. Acesso em 18/9/2009.
- [18] Série de Fourier <http://www.falstad.com/fourier/>. Este simulador permite demonstrar série de Fourier. Pode-se compor um sinal com diferentes harmônicos na saída de áudio do computador. Acesso em 18/9/2009.
- [19] Oscilloscope and Spectrum Analyser: <http://xviiisnefnovastecnologias.blogspot.com/2009/01/software-osciloscio.html>, página em que se pode efetuar um download livremente do software. Acesso em 18/9/2009.
- [20] CoolEdit ,software de análise sonora <http://baixaki.ig.com.br/download/Cool-Edit-2000-1-1.htm>, página em que se pode efetuar o download do software de edição sonora *Cool Edit*. Acesso em 19/9/2009.
- [21] Audacity, software de análise sonora: <http://audacity.sourceforge.net/download/>, página em que se pode efetuar o download de um software de edição sonora. Pode-se gravar e analisar sinais sonoros. Acesso em 19/9/2009.
- [22] Analisador de espectros sonoros <http://www.visualizationsoftware.com/gram/gramdl.html>, endereço para download do software spectrogram V.16 versão freeware. Acesso em 19/9/2009.
- [23] <http://fisica-cogea-pucsp.blogspot.com/>, blog que traz informações acerca das oficinas de extensão oferecidas pela Cogea da PUC/SP. Acesso em 18/9/2009.
- [24] Arquivo sonoro para os dados da lâmpada fluorescente <http://picintel-profjulio.blogspot.com/2009/08/dados-coletados-com-lampada{ }7081.html>, blog que apresenta o projeto desenvolvido pelo prof. Julio Lamon com alunos de Ensino Médio em que esta atividade foi desenvolvida. Neste endereço específico o leitor poderá baixar o arquivo do sinal sonoro gravado com o sistema proposto neste trabalho referente a uma lâmpada fluorescente. Acesso em 18/9/2009.
- [25] Arquivo sonoro para os dados da lâmpada de filamento ligada a rede elétrica <http://picintel-profjulio.blogspot.com/2009/08/dados-coletados-com-lampada{ }1375.html>, endereço onde o leitor poderá baixar o arquivo de som gravado com o sistema proposto neste trabalho para uma lâmpada de filamento ligada diretamente a rede elétrica. Acesso em 18/9/2009.
- [26] R. Hessel, C.S. de Oliveira, G.A. Santarine, D.R. Vollet e A.C. Perinotto, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **30**, 1502 (2008).
- [27] Sítio da UFRGS: <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/> Página da UFRGS em Novas Tecnologias de Ensino de Física onde encontramos *softwares* desenvolvidos para a aquisição de dados através da entrada joystick da placa de som. Acesso em 19/9/2009.