

Produtos e Materiais Didáticos

O plano inclinado de Galileu: uma medida manual e uma medida com aquisição automática de dados

(*The Galileo's inclined plane: a hands on measure and a computer assisted measure*)

Reginaldo R. Soares e Paulo de F. Borges¹

¹Colégio Agrícola Nilo Peçanha, Universidade Federal Fluminense, Pinheiral, RJ, Brasil

²Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Recebido em 16/3/2009; Revisado em 13/5/2009; Aceito em 4/6/2009; Publicado em 17/1/2011

Neste trabalho apresentamos a uma discussão sobre o trabalho em laboratório realizado em um projeto de ensino em que a história da ciência foi usada como mediador na construção de áreas de desenvolvimento cognitivo para a aprendizagem de conceitos de movimento. Após a discussão dos aspectos históricos e da evolução das idéias sobre movimento, os estudantes foram levados ao laboratório e estimulados a comparar as idéias discutidas previamente com os resultados de medidas tomadas manualmente em um primeiro momento e com o auxílio de um microcomputador e sensores de luz para aquisição automática de dados em um segundo momento. A construção do experimento foi realizada com materiais de baixo custo e o *software* utilizado na aquisição de dados é *software* livre LOGO. Os estudantes realizaram as medidas com um tubo de PVC colocado primeiramente na horizontal com a finalidade de investigar o conceito de inércia galileano, a seguir com o tubo inclinado investigaram se havia mudanças no valor da velocidade durante o deslocamento de queda. Os recursos utilizados e o experimento são descritos em detalhe, e uma avaliação do resultado é apresentada.

Palavras-chave: laboratório de ensino, técnicas de ensino, aquisição automática de dados, materiais de baixo custo, plano inclinado de Galileu.

We are going to do a discussion about the lab activities in a learning Physics project. The project's first part has used History of Science to introduce Aristotelian and Galilean concepts of movement. Project's second part has used open lab activities and low cost materials to reproduce the Galileo's inclined plane experiment. The experiment was developed to hands on and shows the extremely hard work to measure time manually. We have used a PVC tube with holes 20 cm separated, a small ball and a chronometer to manual measures. After this very imprecise measure it was introduced a microcomputer and LDR sensors to acquire data, make position versus time tables and draw the respective graphics. The experimental activity is open so that the students can explore, test and discuss solutions for all the process of measure, since the sensors LDR still the graphics drawing using spreadsheet. We have used LOGO free software to acquire data and process control. The tube was placed horizontally to investigate Galilean inertial behavior and inclined to investigate the free fall acceleration. An evaluation process is made.

Keywords: learning lab, learning practice, real time measures, low cost materials, Galileo's inclined plane.

1. Introdução

A história da ciência pode oferecer ricas contribuições ao ensino de ciências, pois possibilita conhecer sobre a vida dos físicos, sobre a física e o fazer ciências, trazendo como complementos os aspectos humanos, sociais e culturais as características técnicas do conhecimento, resgatando a evolução de conceitos e instituições e, mais recentemente, trazendo concepções que permearam determinadas épocas e que hoje são vistas como alternativas ou do senso comum. Deste modo a história da ciência parece ir ao encontro da necessidade de des-

pertar a reflexão do estudante sobre o universo físico e sobre um universo além do físico, com problemas sociais, culturais e éticos, dando a ele condições de interagir com esta realidade e tentar mudá-la. O professor pode colocar em discussão com os estudantes questões do tipo: como foram se construindo e se modificando os paradigmas da física? Como foram superados e substituídos? Quanto tempo é necessário para que uma revolução científica aconteça?

Essa abordagem histórica é necessária para que o estudante compreenda como a ciência evolui e se desenvolve, e tenha consciência de que este desenvolvimento

¹E-mail: pborges@cefet-rj.br.

não é linear, isto é, tem idas e vindas. Aprender ciência é também ter um conhecimento ainda que mínimo, das questões envolvidas no fazer ciência. Outra abordagem que merece nossa atenção diz respeito ao uso de novas tecnologias no ensino de ciências, especificamente o uso do microcomputador no ensino de física. Várias têm sido as tentativas de possibilitar essa nova abordagem, apontando para a utilização das novas tecnologias de informação e comunicação no ensino de ciências, já que o computador e a Internet estão cada vez mais presentes em quase todas as áreas. Neste trabalho, realizamos com estudantes de uma escola pública rural, uma abordagem histórica dos conceitos principais sobre o movimento a partir da discussão destes conceitos desde Aristóteles até Galileu e Kepler [1]. Nosso objetivo é utilizar a história da ciência como um mediador no sentido de Vigotskii, capaz de facilitar a criação de áreas de desenvolvimento cognitivo nos estudantes. Uma apresentação dos textos históricos e sua discussão com os estudantes divididos em grupos é realizada primeiro. A seguir, uma atividade de laboratório é proposta para induzir uma discussão dos fenômenos observáveis. A evolução das idéias e o conceito de revolução científica são expostos e aos estudantes é dada uma idéia de como se faz a ciência

2. A importância do laboratório no ensino de ciências

Desde a década de 60 que o ensino de ciências em geral e de física em particular passou a valorizar as atividades de laboratório como um recurso didático capaz de estimular e desenvolver no estudante o interesse pela ciência. Vários projetos foram desenvolvidos por universidades americanas, cujos efeitos foram posteriormente sentidos, com maior ou menor intensidade, em outros países, inclusive no Brasil, como PSSC (Physical Science Study Committee) na física, CBA (Chemical Bond Approach) na química e BSCS (Biological Science Curriculum Study) na biologia. Apesar de um alto investimento de recursos e esforços ter-se concentrado na disseminação daqueles projetos, o seu uso nas escolas não ocorreu no nível esperado. Uma característica básica desses projetos foi a grande importância alocada à estrutura das disciplinas com escassa atenção sendo dada às aplicações tecnológicas e aos aspectos pessoais e sociais. A visão predominante era que os educadores deveriam ensinar aos estudantes o mundo visto, conhecido e experimentado pelos cientistas, sem deixar espaço para as questões dos estudantes, para as suas concepções e para suas perspectivas. Com essa imagem fechada de ciência, essa concepção empirista - indutivista da ciência, a qual Chalmers [2] denomina de indutivismo ingênuo, assume-se que o conhecimento científico é a verdade provada e descoberta e que tem origem no acúmulo de observações cuidadosas de algum fenômeno por uma mente livre de pré-concepções e sen-

timentos que aplica o método científico para chegar a generalizações cientificamente válidas. Essa concepção de ciência acaba por conferir um peso excessivo à observação, em detrimento das idéias prévias e da imaginação dos estudantes. Em Araújo e Abib [3], os autores fazem uma análise das publicações envolvendo atividades experimentais entre 1992 e 2001 em periódicos nacionais. Nesta pesquisa foram utilizados a Revista Brasileira de Ensino de Física, a Revista Física na Escola e o Caderno Brasileiro de Ensino de Física e, segundo os autores, seu resultado mostra que a experimentação continua sendo um assunto de grande interesse de pesquisadores da área, apresentando uma ampla gama de enfoques e finalidades no ensino de física. Pode-se verificar a importância do uso de atividades experimentais, constatada nesta pesquisa, em que, independente da linha ou modalidade adotada, que todos os autores são unânimes em defender o uso de atividades experimentais, considerando que são fundamentais para estimular a participação ativa dos estudantes, despertar sua curiosidade e interesse e propiciar um ambiente motivador e agradável, rico em situações novas e desafiadoras [3]. Em geral, existem três objetivos para o ensino de laboratório: a aprendizagem de habilidades, hábitos, técnicas e manuseio de aparelhos; a aprendizagem de conceitos, relações, leis e princípios e a aprendizagem da experimentação [4]. Trumper [5] acrescenta um quarto objetivo: atitudes (curiosidade, franqueza, realidade, objetividade, precisão, e cooperação em trabalho de equipe). No laboratório tradicional, o estudante realiza atividades práticas envolvendo observações e medidas, acerca de fenômenos previamente determinados pelo professor. Muitas destas atividades não são relevantes do ponto de vista dos estudantes, já que tanto o problema como o procedimento para resolvê-lo estão previamente determinados como "livro de receitas" pelo professor. Além disso, no laboratório tradicional, estruturado, as operações de montagem no lab, as atividades de coleta de dados e os cálculos para obter respostas esperadas consomem muito, senão todo o tempo disponível restando pouco tempo para que os estudantes analisem e interpretem os resultados e o próprio significado da atividade realizada. Segundo Borges

A questão que se coloca é: o laboratório pode ter um papel mais relevante para aprendizagem escolar? Se pode, de que maneira ele deve ser organizado? [6]

Sim, o laboratório pode, e deve ter um papel mais relevante para a aprendizagem de física em particular e de ciências em geral, o que precisamos é encontrar novas maneiras de usar as atividades prático-experimentais mais criativas e eficientes e com propósitos bem definidos, mesmo sabendo que isso apenas não é solução para os problemas relacionados com a aprendizagem de

ciências. Entretanto, as deficiências formativas observadas nos estudantes poderiam implicar na necessidade de uso da experimentação baseada em um modelo estruturado nas etapas iniciais, enquanto em uma etapa posterior, quando os estudantes já estariam familiarizados com o laboratório, poderiam ser utilizadas abordagens não estruturadas. O laboratório estruturado talvez seja mais apropriado para facilitar a aprendizagem de conceitos, relações, leis e princípios de conhecimentos já ensinados em aula teórica, mas que carecem de ilustração ou comprovação, a fim de que sejam assimilados pelos estudantes [7]. Por outro lado, o laboratório não estruturado parece igualmente apropriado para facilitar a aprendizagem de conceitos, relações, leis e princípios, porém parece igualmente adequado para facilitar a aprendizagem da experimentação, pois os estudantes têm que tomar decisões de como realizar as experiências para alcançar os objetivos pretendidos. Este tipo de laboratório possibilita aos estudantes o desenvolvimento da capacidade de observação, da descrição de fenômenos, do teste de hipóteses e até de re-elaboração de explicações causais, aspectos que contribuiriam para facilitar a reflexão e o progresso intelectual dos estudantes. Segundo Barbosa,

Empregando-se a experimentação com laboratório não estruturado verifica-se que há uma maior eficiência quanto à ocorrência de mudança conceitual nos estudantes e, conseqüentemente, maior facilidade de aprendizagem de conceitos científicos quando se utiliza um ensino experimental baseado em uma abordagem que explora este tipo de atividade em comparação com o ensino tradicional. [8]

Moreira e Levandowski classificam as atividades de laboratório em três abordagens distintas: o laboratório programado, o laboratório com ênfase na estrutura do experimento e o laboratório sob um enfoque epistemológico [4]. A primeira abordagem das atividades experimentais, do laboratório programado ou estruturado, onde o professor ou instrutor dá ao estudante instruções detalhadas que o guiam através de um procedimento destinado a produzir certos resultados específicos. A segunda abordagem das atividades experimentais tenta fazer com que o estudante identifique a "estrutura do experimento" em si e a relação entre experimentação e teoria. Segundo Moreira e Levandowski [4] "identificação da estrutura de um experimento é a identificação do fenômeno (evento) físico básico envolvido no experimento, da questão básica sob investigação, dos conceitos físicos relevantes (conceitos-chave) e seus relacionamentos, do método (sequência de passos do procedimento experimental), dos resultados e da importância desses resultados. A terceira abordagem, o laboratório sob um enfoque epistemológico, é uma extensão da segunda, pois entra mais a fundo

na questão da análise da estrutura de um experimento de laboratório, ou seja, vai além da identificação do fenômeno (evento) de interesse, da questão básica, dos conceitos-chave, do método, dos resultados e do valor desses resultados, pois procura relacionar todos esses aspectos sob um enfoque epistemológico, isto é, procura entrar na questão da natureza do conhecimento e de como ele é produzido. Tamir [9] propõe um sistema de classificação das atividades investigativas entre laboratório estruturado e não estruturado dividido em quatro níveis: No nível 0, o qual corresponde aproximadamente ao extremo de "laboratório estruturado", são dados o problema, os procedimentos e aquilo que se deseja observar/verificar, ficando a cargo dos estudantes coletar dados e confirmar ou não as conclusões. No nível 1, o problema e os procedimentos são definidos pelo professor, através de um roteiro, ficando a cargo dos estudantes coletar os dados indicados e obter as conclusões. No nível 2, apenas a situação-problema é dada, ficando para os estudantes decidir como e que dados coletar, fazer as medições necessárias e obter conclusões. Finalmente, no nível 3, o mais aberto de investigação, o estudante deve fazer tudo, desde a formulação do problema até chegar às conclusões. Através de relatos que incentivam o uso de atividades experimentais no ensino de física, estas são vistas como uma das maneiras de tentar amenizar as dificuldades encontradas e tornar a aprendizagem desta disciplina mais eficaz. Entretanto, sabe-se que a prática de atividades experimentais não é comum na maioria das escolas de nível básico.

Há ainda evidências de pesquisas [10-14] sugerindo que o uso de computadores como ferramentas de laboratório possibilitam novas maneiras de desenvolver conceitos físicos nos estudantes e permitem que os mesmos planejem seus experimentos, proponham questões, façam e testem previsões, colem e analisem dados, além de contribuir para reforçar a habilidade em interpretar gráficos e resultados. Pelo fato de permitir interatividade e uma experiência concreta de coleta de dados em tempo real, os laboratórios baseados em computadores deixam mais tempo para os estudantes se dedicarem a atividades mais centrais para o pensamento crítico, para a solução de problemas e para construção de conceitos científicos [10]. Segundo Borges,

Alternativas que têm o potencial de propiciar aos estudantes atividades relevantes e motivadoras, que os desafiem a utilizar suas habilidades cognitivas para construir modelos mais robustos, capazes de dar sentido às suas experiências com o mundo, envolve o uso de simulações em computador e os laboratórios investigativos baseados em computadores combinados com sensores de vários tipos. [6]

3. O computador no laboratório

No ensino de ciências, Hagg e cols. [12–14] afirmam que: "Nas ciências em geral e na física em particular, o computador vem sendo maciçamente utilizado para a criação de complexos modelos científicos que não poderiam ser realizados sem o seu auxílio". Entretanto, na escola, o computador tem sido usado como simples fonte de consulta, geralmente utilizando sítios de busca para realizar 'pesquisas' e apresentação de trabalhos, seja através de textos ou apresentações tipo slides. Hagg e cols. [12–14] apontam três fatores para que o computador seja utilizado desta forma: somente nos últimos anos computadores estão sendo introduzidos nas escolas, porém com crescimento considerável, o que indica que em pouco tempo será universalizado; o desconhecimento por parte da maioria dos professores da possibilidade de confecção de sistemas de aquisição automática de baixo custo e fácil desenvolvimento, o que de certa forma vem sendo combatido com o aumento dos cursos de formação continuada e de cursos de pós-graduação em ensino de ciências; e, até recentemente os sistemas de aquisição de dados disponíveis requeriam interfaces externas ao computador, importadas e caras (só muito recentemente surgiram ofertas nacionais). Os primeiros fabricantes de interfaces comerciais foram a Pico [15], Pasco [16], Phywe [17], etc. em que geralmente o *hardware* utilizado para a automatização das medidas é uma "caixa-preta", cujo funcionamento é considerado irrelevante nas atividades experimentais.

Os *softwares* de aquisição de dados são em geral sofisticados, fornecendo gráficos, tabelas e possibilidade de tratamentos estatísticos, mas são sistemas fechados, não acessíveis ao usuário, além de caros. No Brasil, somente há poucos anos algumas empresas, como Cidepe [18], Impac [19] e Maxwell Metalurgia e Equipamentos Científicos [20], começaram a produzir equipamentos de laboratório que utilizam o microcomputador. Alguns artigos publicados demonstram a utilização de interfaces comerciais em diversas áreas do ensino de física. Como por exemplo, Cavalcante e Tavolaro [21] fazem medidas da aceleração da gravidade, de coeficientes de atrito e de temperatura com sistemas da Pasco, Vernier e Phywe, assim como discutem as possibilidades de utilização dessas interfaces como os cuidados que devem ser tomados quando se usam estes sistemas comerciais. Todo sistema de aquisição de dados necessita de um sensor para converter alguma grandeza física em um sinal elétrico que posteriormente é enviado ao microcomputador para a coleta e análise dos dados. Atualmente há no mercado uma enorme quantidade de componentes eletrônicos de baixo custo que podem ser utilizados para este fim, sensores simples como LDR (Figs. 1 e 2) (Light Dependent Resistor) para medidas de tempo e posição, NTC (Figs. 3 e 4) (Negative Temperature Coefficient) ou PTC (Fig. 5) (Positive Temperature Coefficient) para medidas de temperatura, 'reed-switch'

como chave magnética, potenciômetros, fotodiodos, microfones etc. Estes sensores podem ser conectados as portas serial, paralela e USB do microcomputador, dependendo do que se pretende medir e do aparato experimental, se a medida é analógica (contínua) ou digital (ligado ou desligado).

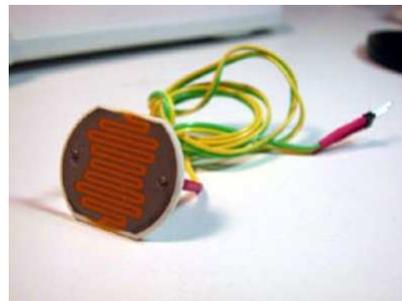


Figura 1 - LDR.

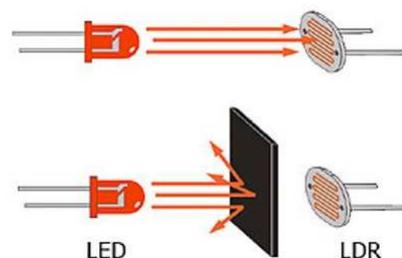


Figura 2 - Esquema em que um LED ilumina um LDR mostrando o efeito de inserir um obstáculo opaco.

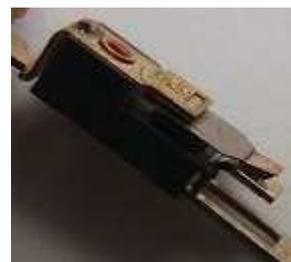


Figura 3 - NTC.



Figura 4 - NTC1.

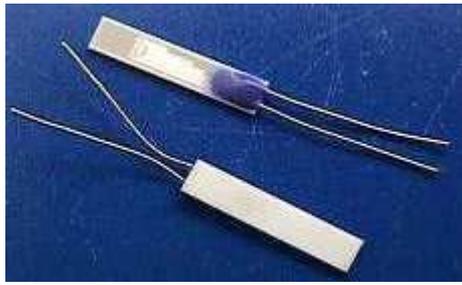


Figura 5 - PTC. <http://www.arquimedes.tv/sens/temperatur.htm>, 12/1/2006.

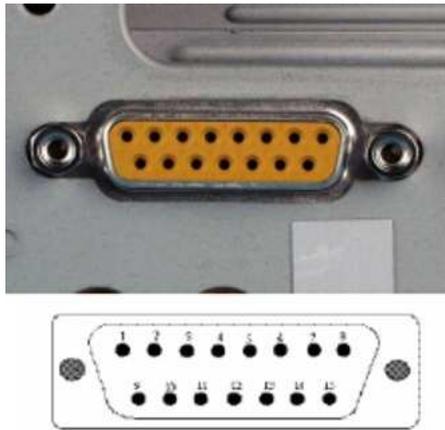


Figura 6 - Fotografia da porta de som e função dos pinos de contato.

A utilização da placa de som como interface entre o microcomputador e o mundo externo é muito fácil de ser implementada, pois dispensa o uso de circuitos externos. Além disto, a maior parte dos microcomputadores atuais já possui placa de som ou elas podem ser adquiridas por baixos valores, não sendo necessário alterar a configuração do microcomputador para sua instalação e uso. Dentre as várias medidas via placa de som destacamos a apresentada por Cavalcante e cols. [22,23] que estudam colisões mecânicas através do som e fazem medidas da velocidade do som no ar; Aguiar e cols. [24,25] determinam o valor da aceleração da gravidade a partir do estudo do coeficiente de restituição em colisões mecânicas e também medem o período de um pêndulo como função da amplitude; Montarroyos e cols. [26] apresentam um sistema de geração e aquisição de sinais eletrônicos que simula um gerador de funções e um osciloscópio, comparando o sinal observado em um osciloscópio comercial com o detectado pela placa de som; Montarroyos e cols. [27] discutem a decodificação das funções de um controle remoto de TV. O esquema da porta de jogos está mostrado abaixo, conforme descrito por Aguiar e Laudares [28].

Esta porta é constituída de um soquete de 15 pinos como mostrado na Fig. 6, geralmente colocada na placa de som, sendo que neste caso, dois de seus 15 pinos são dedicados à porta MIDI (Musical Instruments Digital Interface). Os pinos 1, 2, 8 e 10 são utilizados para as

medidas, Tabela 1. O principal motivo para se usar esta porta para coleta de dados em um laboratório didático é a segurança e facilidade com que podemos conectar sensores, que devem ter como característica a variação da resistência em função da grandeza física que se pretende medir. Assim, é possível monitorar esta grandeza, registrar a sua evolução temporal em intervalos de tempo muito pequenos, da ordem de 3 a 15 milissegundos, e manipular dados que dificilmente seriam alcançáveis em um laboratório didático convencional. Uma outra possibilidade de realizar a coleta de dados é usar o próprio mouse como sensor (Figs. 7 e 8), dependendo do experimento é necessário fazer algumas pequenas alterações. Para fazer as alterações no mouse para as atividades de medidas de tempo, é necessário entender como é o funcionamento do mesmo. O movimento da mão do usuário é transmitido, através de uma bolinha emborrachada, a dois eixos perpendiculares que possuem em uma de suas extremidades, uma roda com cerca de 50 a 80 aberturas radiais que permitem a passagem de luz. Cada uma dessas rodas fica situada entre um emissor de luz infravermelho (LED) e um receptor sensível à luz (fototransistor). Numa dada posição do mouse (consequentemente da bolinha e das rodas) é possível ocorrer as seguintes situações: os dois sensores recebem luz, um dos sensores recebe luz e nenhum dos sensores recebe luz. À medida que movimentamos o mouse alteramos essas configurações, mudando as condições de luz e sombra no conjunto dos dois receptores (fototransistor), ocorrendo mudança na direção e na velocidade do cursor na tela do computador. Para transformar um mouse em um sensor de coleta de dados como tempo, é necessário somente soltar os receptores (fototransistor) e ligá-los novamente, mas com um fio (de 30 a 50 cm) para que possamos colocá-los no experimento. Nas atividades propostas e desenvolvidas nesta pesquisa utilizamos dois fototransistores do tipo LDR conectados com o pino 5,0 V da porta de jogos. Estes sensores (foto-transistor) foram colados em dois pontos diferentes em um tubo de PVC por onde passa uma bolinha de ping-pong, ou uma bolinha de mouse. Quando estes os valores para estes pontos estão registrados passa-se para os seguintes. Um aspecto importante é o *software* necessário para a coleta e análise de dados, que pode ser livre (*freeware*) ou parcialmente livre (*shareware*) e podem ser obtidos na Internet. Alguns exemplos são linguagens de programação como Pascal, VisualBasic, Delphi, C++, LOGO e planilhas eletrônicas como Excel. Aguiar (2001) [28] utiliza a linguagem LOGO para aquisição e análise dos dados. Aguiar e Laudares [28] destacam ainda dois pontos em que a aquisição automática de dados pode ser fundamental: indispensável no estudo de eventos que requeiram medidas muito freqüentes ou em experimentos que envolvem medições de tempo em frações de segundos e a coleta manual é impossível; desejável para medidas de eventos que se estendem por longos intervalos de tempo, maior

precisão nas medidas e para se dispor de um grande número de medidas já digitalizadas. Nestes casos, o registro de dados pode ser possível manualmente, mas torna-se tedioso. Dentre os *softwares* que podem ser utilizados para coleta automática de dados foi escolhido a linguagem de programação LOGO por ser fácil à aprendizagem e o entendimento e possibilita algumas alterações pelos próprios estudantes, além de ter os comandos em português. Imagens do mouse podem ser vistas em [29]

Tabela 1 - Valor dos pinos da porta de jogos

Pino	Função
01	+5 Volts
02	botão A1
03	potenciômetro X1
04	terra
05	terra
06	potenciômetro Y1
07	botão B1
08	+5 Volts (ou sem uso)
09	+5 Volts
10	botão A2
11	potenciômetro X2
12	terra (ou porta MIDI)
13	potenciômetro Y2
14	botão B2
15	+5 Volts (ou porta MIDI)

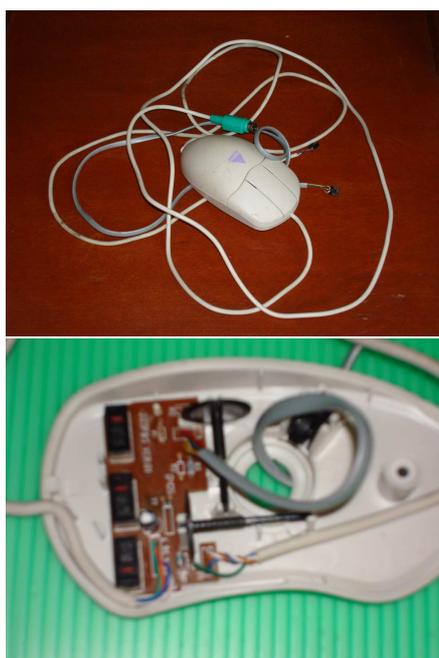


Figura 7 - (a) Mouse mostrando os sensores e a conexão aos fios. (b)

4. O plano inclinado: os recursos para coleta de dados

Para realizar a experiência, vamos utilizar um tubo de PVC (de 40 mm) de 1,5 m de comprimento, com pequenos furos colocados em pares e cada par separado

de 20 cm em 20 cm (Figs. 9 e 10). Para o procedimento manual foi utilizado um apoio para o tubo permanecer inclinado e uma rampa para o lançamento horizontal. As medidas foram feitas com régua e cronômetro. O tempo de resposta dos estudantes a um estímulo externo influenciou bastante na qualidade das medidas. Para o procedimento auxiliado por computador os passos a seguir foram realizados: Em um dos furos foram colocados sensores (foto-células, LDR) e pelo outro furo a luz ambiente incide no interior do tubo. As bolinhas do mouse ou de vidro são soltas na extremidade do tubo e o atravessam. Quando as bolinhas passam pela posição onde o tubo está furado, impedem a luz de alcançar o sensor, permitindo a passagem de corrente no circuito. Este sinal é coletado na porta de dados do microcomputador. Para realizar as medidas de tempo com o auxílio do microcomputador, é necessário fixar os sensores LDRs (Resistência Dependente de Luz - Figs. 1 e 2) nos furos do cano de PVC, e conectá-los à porta de som (joystick) do microcomputador (Fig. 6). O *software* de aquisição automática de dados foi escrito em linguagem LOGO, e foi configurado para armazenar os dados no formato XLS, que pode ser lido em uma planilha EXCEL. Quando deixamos a bolinha descer pelo cano de PVC, a luz é impedida de iluminar o sensor LDR, ocorre uma diminuição da incidência de luz sobre o mesmo suficiente para mudar a sua resistência, alterando a tensão e a corrente. Essa alteração na tensão é suficiente para ser detectada pela porta de som do microcomputador, que é lida pelo programa em LOGO e associada à medida de tempo, Figs. 11 a 13. Os gráficos relativos ao movimento serão construídos com o auxílio da planilha EXCEL.



Figura 8 - Tubo de PVC exibindo a furação. Quando a bolinha passa bloqueia a luz sobre o sensor e o sinal é registrado.

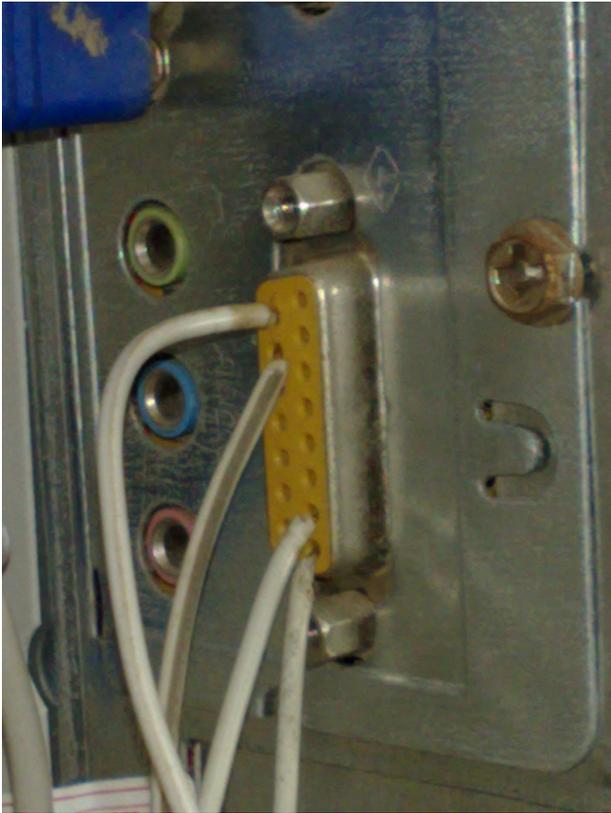


Figura 9 - Conexão dos cabos do sensor ao computador.



Figura 10 - Os sensores conectados ao computador são fixados em um dos furos do tubo de PVC.

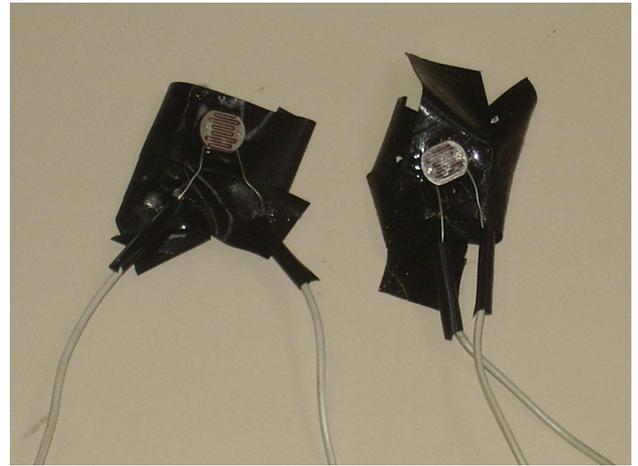


Figura 11 - LDR que recebe luz apenas em uma face. Estes são colados fechando um dos furos e sendo iluminado pelo outro. Uma perna conecta em 5 V e a outra no respectivo botão.

4.1. Coleta manual

Procedimento

Os recursos mostrados acima foram utilizados de duas formas diferentes: na primeira o movimento da bolinha foi visto com os olhos dos estudantes, registros do tempo marcado em um cronômetro eram feitos pelos alunos quando a bolinha passava pelos buracos no tubo. Esta aula foi realizada no laboratório didático no dia de aula da disciplina Laboratório Interdisciplinar. O professor iniciava a aula dizendo que o objetivo era verificar se Galileu tinha razão em relação às suas conclusões que contestavam as concepções de Aristóteles, como haviam estudado na aula anterior a partir da abordagem histórica. Ele apresentava o material disponível para realizar a experiência, contendo um tubo de PVC com cinco furos, uma régua, uma balança, um cronômetro e algumas bolinhas de gude, do mouse e de ping-pong. Continuava questionando o que se deveria medir e como fazer para realizar tais medidas, para comprovar ou não as afirmações de Galileu? Em seguida sugeria que, depois de resolvidas as questões anteriores, realizassem a experiência quantas vezes achassem necessárias e anotassem os dados medidos em tabelas, que poderiam ser representadas através de gráficos. Durante aproximadamente quinze minutos os grupos fizeram uma releitura do último texto fornecido pelo professor, onde havia uma descrição resumida da experiência realizada por Galileu, discutiram as questões sugeridas pelo professor e começaram a realizar a experiência. Todos os grupos decidiram, depois da discussão, que se deveria medir a massa da bolinha, as distâncias entre os furos no tubo de PVC e os respectivos tempos que a bolinha gastava para passar pelos furos, que eram fixos com uma distância de 20 cm entre eles. Nenhum dos três grupos das três turmas propôs medir e realizar a mesma experiência com bolinhas diferentes, isto é, com

bolinhas de massas e tamanhos diferentes. Todos os grupos realizaram primeiro a experiência com o plano um pouco inclinado, apoiando o tubo de PVC sobre alguns cadernos e mantendo-o com uma inclinação fixa e bem definida. Escolher uma bolinha e deixá-la descer, medindo o tempo gasto entre os dois primeiros furos e anotar na tabela. Repetir o processo até o último furo do cano de PVC. Na horizontal o tubo é fixado na bancada com fita adesiva. Em uma de suas extremidades, colocar um livro, caderno ou revista um pouco inclinado, fixando-o a bancada, para fixar uma altura de lançamento e garantir que a bolinha sempre entra no tubo com a mesma velocidade. Soltar a bolinha desta altura fixa a cada vez que as medidas eram repetidas. Com os resultados do plano na horizontal fazer a comparação entre os dois conjuntos de medidas e verificar se em ambas a velocidade era constante, como afirmava Aristóteles, ou diferente e com aceleração no plano inclinado como afirmava Galileu. Todos os grupos tiveram muita dificuldade em realizar as medidas de tempo, pois é muito rápida a passagem da bolinha pelos buracos, o que fez com que os grupos adotassem estratégias diferentes para realizá-las. Os grupos montaram as tabelas para anotar os valores medidos das posições e dos respectivos tempos, e em seguida realizaram as medidas entre os furos. Os grupos começaram a fazer as medidas de tempo a partir do primeiro furo no tubo de PVC de cima para baixo, mas como era muito rápido não conseguiram, e passaram a desprezar este primeiro furo tentando fazer as medidas nos furos seguintes. Mesmo assim as dificuldades de se conseguir realizar as medidas continuaram. Quando resolveram trocar o estudante que estava cronometrando, a diferença entre os tempos de resposta individuais se tornou crítica, sendo necessário duas ou mais trocas. Realizadas as medidas dos tempos e anotados na tabela os dados para o plano inclinado, passaram para a segunda parte da experiência, ou seja, repetir todo o processo, mas com o plano na horizontal. Os grupos foram orientados pelo professor a colocar um suporte, um caderno ou livro inclinado, na entrada do tubo de PVC e deixar a bolinha descer sempre de um mesmo ponto. Passaram rapidamente a realizar as medidas onde novamente foi impossível medir o tempo para o primeiro furo, sendo este desprezado, considerando os cinco furos seguintes. As medidas foram feitas e anotadas na tabela a qual utilizaram para construir gráficos de posição x tempo. Nenhum componente desses grupos fez a proposta de realizar a experiência com outra(s) bolinha(s) de massa(s) diferente(s), o que poderia comprovar que as massas não interferem no movimento de queda dos corpos, como afirmava Galileu. Com as tabelas devidamente anotadas o professor orientou a construção dos gráficos e sugeriu que, se em algum deles não fosse encontrada uma reta, que se tentasse refazer o gráfico, mas da posição x tempo ao quadrado, o que acabou sendo necessário. Novamente as dificuldades encon-

tradas para a construção dos gráficos foram motivo de muita discussão entre os estudantes.

4.2. O plano inclinado: coleta automática

O professor repetiu os processos iniciais como na coleta manual e quando se aproximou o momento de realizar as medições pediu um minuto de atenção para mostrar uma maneira diferente de fazer as medidas, isto é, realizar as medidas de tempo sem usar o cronômetro. Próximo a cada grupo já havia uma lâmpada de emergência conectada a uma tomada e que estava apagada, quando o professor pediu para que um estudante de cada grupo pegasse um pedaço de papel e colocasse na frente da lâmpada, bem próximo do vidro. O que foi prontamente atendido pelos estudantes e que puderam verificar que a lâmpada acendeu, ou seja, enquanto havia luz sobre o vidro da lâmpada de emergência esta continuava apagada, mas quando a luz era interrompida, a lâmpada acendia. O professor chamou atenção para o sensor de luz, LDR (Resistência Dependente de Luz), que se encontra logo após o vidro, mostrando uma lâmpada de emergência desmontada, fazendo uma breve descrição de seu funcionamento tendo um LDR em suas mãos. Em seguida distribuiu LDRs ligados por um fio e explicou onde deveriam ser ligados, apontando para o quadro onde havia um desenho da porta de som (joystick) do microcomputador. Pediu para que os grupos identificassem essa porta no microcomputador que estava no laboratório, o que foi atendido com muita facilidade. Continuando, explicou cada pino da porta de som, a diferença entre sinal digital e analógico, e em quais pinos eles deveriam ligar os fios conectados aos LDRs. Uma descrição precisa das ligações com os códigos em LOGO pode ser encontrada em Aguiar e Laudares (2001) [28]. Como os computadores já estavam ligados e o programa aberto e minimizado, o professor pediu que os estudantes ligassem os fios nos pinos indicados e iniciassem o programa para aquisição de dados, o qual pedia algumas informações para iniciar as medidas de tempo. Em seguida o professor sugeriu que os estudantes fizessem sombra e luz bem próxima dos sensores LDRs para que pudessem verificar o seu funcionamento e a velocidade com que respondiam a presença ou falta de luz. Os grupos realizaram esta atividade com entusiasmo e com certa admiração do que estavam presenciando durante dez a quinze minutos. Depois que os grupos já estavam familiarizados com o novo aparelho para medida de tempo o professor sugeriu que voltassem suas atenções para o plano inclinado de Galileu e que fizessem as medidas necessárias. Todos os grupos montaram primeiro o plano um pouco inclinado, colocando livros e / ou cadernos embaixo de uma extremidade do tubo de PVC, soltando a bolinha para verificar se ela descia sem agarrar no meio do cano. Em seguida, colocaram um sensor LDR no primeiro furo no tubo de

PVC bem próximo a extremidade onde a bolinha era solta, e o outro sensor no último furo, bem próximo à base de apoio do tubo. Soltando a bolinha os sensores registravam a passagem da mesma e salvava em um arquivo específico (.XLS), mostrando os valores na tela do computador, mesmo assim todos os grupos registraram os valores em uma tabela montada por eles no caderno. Repetiram o processo para todos os furos existentes no tubo sem que houvesse necessidade de trocas de estudantes para realizar as tarefas. A medida é relativa a um sinal de referência e os estudantes só dispunham de 2 LDR's, por isso o procedimento foi repetido para cada furo no cano de PVC, mantendo um sensor LDR no primeiro e o outro acompanhando os furos seguintes. Como as distâncias entre os furos no cano eram fixas com 20 cm de distância entre eles, fizeram as medidas de tempo necessário para bolinha atingir cada furo, a partir do ponto onde a bolinha entrou no cano (posição zero). Ao final desta primeira atividade o professor sugeriu que eles abrissem o arquivo onde as medidas haviam sido salvas, mudassem o nome do arquivo e a pasta para poder localizar com mais facilidade posteriormente. Como o arquivo foi salvo com a extensão.XLS, para abrir era necessário uma planilha eletrônica, sendo utilizada Microsoft Excel, inclusive para construção dos gráficos sugeridos pelo professor, Figs. 14 a 19. Com os respectivos gráficos entre os planos inclinado e horizontal, os grupos puderam verificar e discutir a diferença entre eles, pois já haviam estudado funções do 1° e do 2° graus em matemática, concluindo que no plano horizontal a velocidade da bolinha era constante e que no plano inclinado à velocidade aumentava conforme a bolinha descia, isto é, a bolinha sofria um acréscimo de velocidade com o passar do tempo, ou seja, uma aceleração. Assim os grupos verificaram os resultados da experiência de Galileu com o plano inclinado e constataram que a velocidade de um corpo próximo à superfície da Terra cai em direção a ela com aceleração e não com velocidade constante como afirmava Aristóteles. Com a realização da experiência utilizando coleta automática de dados e a construção de tabelas e gráficos usando o computador, o que tornou mais fácil e rápido fazer as medidas e construir os gráficos, possibilitou a realização desta atividade em um menor tempo. Assim sendo, foi possível a discussão e a análise dos resultados obtidos para se concluir que Galileu tinha razão sobre os movimentos terrestres. No entanto, os estudantes duvidaram que Galileu tenha realmente conseguido realizar boas medidas de tempo com os relógios de água construídos por ele, pois na aula anterior tinham realizado a coleta manual utilizando cronômetro digital e a dificuldade de efetuar as medidas foi enorme. A seguir incluímos os gráficos obtidos no processo de coleta automática e aqueles obtidos na coleta manual para comparação dos resultados. Como esperado, é nos baixos valores de posição e tempo que as discrepâncias são maiores. A extrapolação destes gráficos para $t = 0$

não altera significativamente o seu formato. Enquanto que para os gráficos obtidos na coleta manual a forma do gráfico sofre uma alteração mensurável. A ordem em que os gráficos estão é plano horizontal, coleta manual - coleta automática, a seguir temos plano inclinado coleta manual - coleta automática e por fim plano inclinado, posição versus tempo ao quadrado, coleta manual - coleta automática.

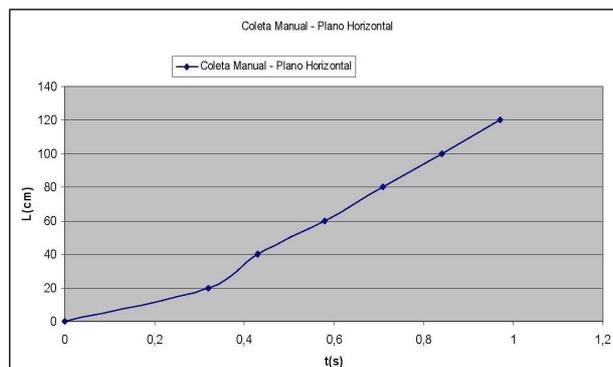


Figura 12 - Movimento horizontal em coleta manual.

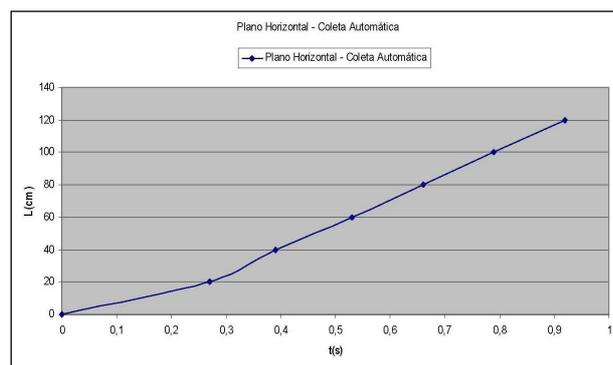


Figura 13 - Movimento horizontal em coleta automática.

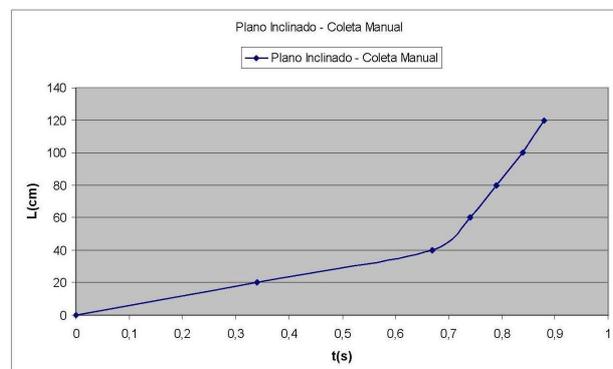


Figura 14 - Plano inclinado em coleta manual.

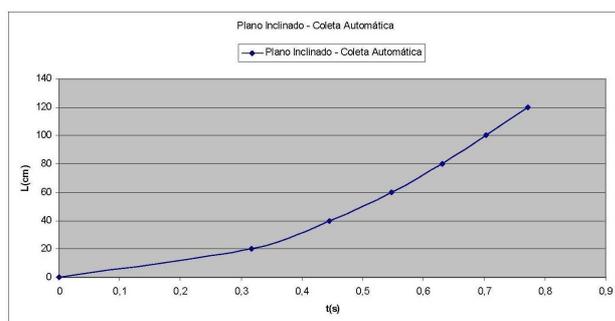


Figura 15 - Plano inclinado em coleta automática.

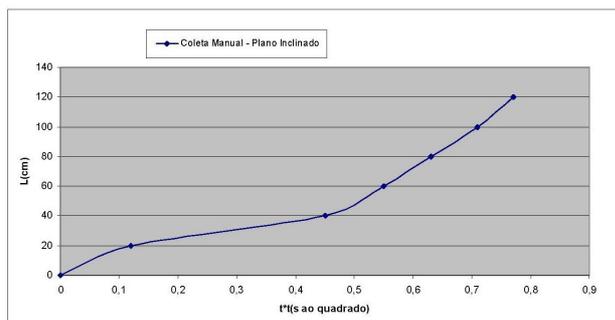


Figura 16 - Plano inclinado em coleta manual linearizado.

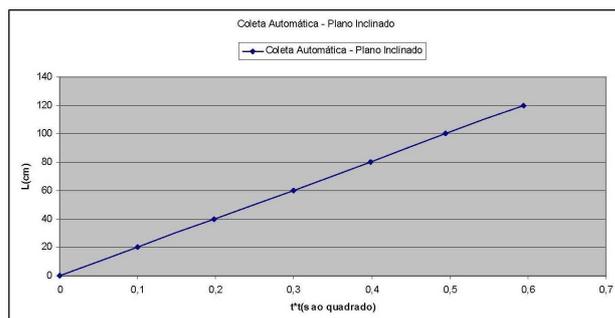


Figura 17 - Plano inclinado em coleta automática linearizado.

5. Conclusões

Ao observarmos o envolvimento de nossos alunos em todas as atividades desenvolvidas, concluímos que esta proposta de trabalho proporcionou um ambiente de estímulo, motivação e empenho desses alunos, proporcionando o desenvolvimento e apropriação de conhecimentos de forma coletiva. Acreditamos que a mediação da história da ciência e a utilização de novas tecnologias de ensino - recursos de informática como simuladores, Internet etc. em aulas de física no Ensino Médio, deva ser feita como uma ferramenta integrada aos demais recursos utilizados no processo de ensino-aprendizagem, nunca de forma única, cabendo ao professor a responsabilidade de dosar o tempo de uso de cada recurso, e o da criação de um ambiente onde o aluno seja o foco, onde possa perguntar, refletir, debater, duvidar, pesquisar, e ambos possam se sentir responsáveis pelo

processo ensino-aprendizagem. O professor da disciplina de informática abriu uma exceção em seu planejamento para mostrar como construir gráficos utilizando uma planilha eletrônica. Este recurso foi muito bem aceito pelos alunos que estavam estudando funções e construção de gráficos na disciplina de matemática.

Referências

- [1] R.R. Soares, *O Plano Inclinado de Galileu e a História da Ciência em Sala de Aula do Ensino Médio*. Dissertação de Mestrado, CEFET-RJ, 2007.
- [2] A.F. Chalmers, *O que é Ciência Afinal?* (Editora Brasiliense S.A., São Paulo, 1982).
- [3] M.S.T. Araújo e M.L.V.S. Abib, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **25**, 176 (2003).
- [4] Marco A. Moreira e Carlos E. Levandowisk, *Diferentes Abordagens ao Ensino de Laboratório* (Editora da UFRGS, Porto Alegre, 1983).
- [5] R. Trumper, *Science & Education* **12**, 645 (2003).
- [6] A. Tarciso Borges, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **19**, 291 (2002).
- [7] M.S. Ribeiro, D. da S. Freitas e D.E. Miranda, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **19**, 444 (1997).
- [8] J.O. Barbosa e C. Rinaldi, *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **16**, 105 (1999).
- [9] P. Tamir, *Science Education* **73**, 59 (1989). Apud A. Tarciso Borges, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **19**, 291 (2002).
- [10] Ronald K. Thornton, *Physics Education* **22**, 230 (1987).
- [11] Paulo R. da S. Rosa, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **17**, 182 (1995).
- [12] R. Haag, I.S. Araújo, e E.A. Veit, *A Física na Escola* **6**(1), 69 (2005).
- [13] E.A. Veit *et al.*, *Novas Tecnologias no Ensino de Física*. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/mecanica/restituicao.html>. Acesso em 12/10/2005.
- [14] E.A. Veit, in *Atas do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física* (Curitiba, 2003), p. 133-142, CD-ROM.
- [15] Pico Technology Limited, disponível em: <http://www.picotech.com>. Acesso em 10/7/2005.
- [16] Pasco Scientific, disponível em <http://www.pasco.com>. Acesso em: 10/7/2005.
- [17] Phywe Wysteme GMBH & CO.KG, disponível em <http://www.phywe.com>. Acesso em 10/7/2005.
- [18] Centro Industrial de Equipamentos de Ensino e Pesquisa, disponível em <http://www.cidepe.com.br>. Acesso em 10/7/2005.
- [19] Impac, Instrumentos Medição, Automação e Controlado, disponível em <http://www.impac.com.br>. Acesso em 10/7/2005.
- [20] Maxwell Metalurgia e Equipamentos Científicos, disponível em <http://www.maxwellscientific.com.br>. Acesso em 10/7/2005.
- [21] M.A. Cavalcante e C.R.C. Tavoraro, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **22**, 247 (2000).

- [22] M.A. Cavalcante e C.R.C. Tavoraro, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **22**, 421 (2000).
- [23] M.A. Cavalcante, E. Silva, R. do Prado, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **24**, 150 (2002).
- [24] C.E. Aguiar e F. Laudares, *American Journal of Physics* **71**, 499 (2003).
- [25] C.E. Aguiar, [http://omnis.if.ufrj.br/\sim\\$carlos/infoenci/notas/introducao/1.html](http://omnis.if.ufrj.br/\sim$carlos/infoenci/notas/introducao/1.html). Acesso em 12/12/2005.
- [26] E. Montarroyos e W.C. Magno, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **23**, 57 (2001).
- [27] E. Montarroyos e W.C. Magno, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **24**, 497 (2002).
- [28] C.E. Aguiar e F. Laudares, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **23**, 371 (2001).
- [29] Imagens do mouse podem ser vistas em [http://omnis.if.ufrj.br/\sim\\$carlos/infoenci/estudantes/andre/usodomouse.htm](http://omnis.if.ufrj.br/\sim$carlos/infoenci/estudantes/andre/usodomouse.htm)