

UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA COM AQUISIÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS NO LABORATÓRIO DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO

A didactical experiment with automatically data acquisition in Physics Lab high school

Lucia Forgiarini da Silva [lucia@cefetrs.edu.br]¹

Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas (CEFET-RS), UNED/ Sapucaia do Sul, RS, Brasil

Eliane Angela Veit [eav@if.ufrgs.br]

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Resumo

Cinco montagens experimentais em que o microcomputador é usado como instrumento de medida no laboratório didático de Física foram projetadas, desenvolvidas e aplicadas em sala de aula. As atividades, do tipo semi-aberto, enfatizam o processo de medida, de modo que os alunos têm a oportunidade de explorar, testar e discutir desde o uso de sensores nos sistemas de detecção, à conversão analógica/digital, passando pelos *softwares*. Os tópicos abordados são sensores, medidas de tempo, e ondas mecânicas transversais (em cordas) e longitudinais (sonoras). Neste trabalho relatamos uma experiência didática realizada em turmas de ensino médio e tecnológico do UNED/Sapucaia do Sul do CEFET/RS e no Curso de Extensão “Física para o Ensino Médio II”, do Instituto de Física da UFRGS.

Palavras-chave: laboratório didático de Física, ensino-aprendizagem e Física, aquisição automática de dados, medidas de tempo, ondas mecânicas.

Abstract

Five experimental proposals using the microcomputer as a measurement instrument in the Phys Lab has been projected, developed an applied in classroom. Open-ended practical activities emphasizes the measurement process, so that the students have the opportunity to explore, to test and discuss about the sensors of the detection systems, the adc converters and the softwares. The physics topics include sensors, time measurements and mechanical waves: transversal (on string) and longitudinal (sound). The present work reports on a pedagogical experiment carried out in a Brazilian high school (CEFET/RS - UNED/Sapucaia do Sul) and with high school students at the Institute of Physics, Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil.

Keywords: physics lab classes, physics teaching, automatic data acquisition, time measurements, mechanics waves.

I. Introdução

Muitas publicações, tanto em nível nacional como internacional, têm mostrado que a placa de som do microcomputador pode desempenhar o papel de conversor analógico/digital, de modo que a aquisição automática de dados pode ser implementada simplesmente usando um

microcomputador com placa de som. Há exemplos em diversas áreas da Física como Mecânica, Termologia, Eletromagnetismo e Ondas, via tanto a entrada digital quanto a analógica da porta de jogos, assim como via as entradas de microfone e auxiliar. Na literatura nacional a este respeito, destacamos os trabalhos de Cavalcante e Tavolaro (2000; 2002; 2003), Haag (2001), Aguiar e Laudares (2001), Montarroyos e Magno (2001; 2002), Figueira e Veit (2004), Magno et al. (2004), Mützenberg et al. (2004), Grala e Oliveira (2005) e Haag et al. (2005). A implementação de tais sistemas em escolas de ensino médio, entretanto, ainda é pouco freqüente. Em parte isto pode ser consequência da carência de material instrucional que dê condições para que professores e alunos possam construir e/ou trabalhar com esses sistemas automatizados. Como entendemos que a inserção do microcomputador no laboratório didático de Física é imprescindível no século XXI, pois possibilita que o aluno adquira algumas noções sobre técnicas de medida contemporâneas e tecnologias empregadas no dia-a-dia, decidimos desenvolver material de apoio ao professor para cinco atividades de laboratório do tipo semi-aberto, centradas no uso do microcomputador, a fim de colaborar no sentido de suprir parte da lacuna que se verifica neste campo.

A proposta fundamenta-se numa abordagem construtivista, apoiada nas idéias de Vigotski (1998; 2003), com atividades do tipo semi-aberto (Borges, 2002), que possibilitam interação dos alunos com o material em estudo (Beichner, 1994; Redish et al., 1997), dos alunos entre si e dos alunos com o professor, que atua como mediador, conforme descrevemos na seção II. As atividades experimentais concebidas e a metodologia proposta para o seu desenvolvimento em sala de aula são objeto da seção III, enquanto um relato da experiência didática realizada no Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Sul (CEFET-RS), no UNED de Sapucaia do Sul, e no Centro de Referência para o Ensino de Física, do Instituto de Física da UFRGS, consta na seção IV. Comentários gerais e conclusões constituem a seção V.

II. Referencial Teórico

Ao utilizar uma abordagem construtivista o professor percebe que a aprendizagem não é apenas uma questão de transferir idéias de alguém que detém o conhecimento (professor) para alguém que o absorverá passivamente (aluno). A aprendizagem é percebida como um processo pessoal, reflexivo e transformador, no qual idéias e experiências são integradas, e algo novo é criado, onde a visão do professor é interpretada como facilitando o processo de construção do conhecimento por parte do aluno (Aguiar, 1998; Mortimer, 2006).

Dentre as várias correntes construtivistas, optamos pela teoria interacionista de Vigotski como referencial teórico para este trabalho, pelo suporte que pode oferecer ao professor em seu papel de mediador da interação aluno-computador. Neste papel, cabe ao professor auxiliar os alunos para que percebam e compreendam a socialização dos conceitos e práticas da comunidade científica, para que pensem a natureza de uma nova maneira que não é a mesma do senso-comum. “A mente se defronta com problemas diferentes quando assimila os conceitos na escola e quando é entregue aos seus próprios recursos. Quando transmitimos à criança um conhecimento sistemático, ensinamo-lhes muitas coisas que ela não pode ver ou vivenciar diretamente.” (Vigotski, 2003, p. 108).

De acordo com Vigotski, a interação social é essencial para a transformação do homem, sendo através dela que acontece a transmissão dinâmica do conhecimento social, histórico e culturalmente construído. O homem constrói sua individualidade a partir de interações sociais que estabelece; o desenvolvimento cognitivo é a conversão das relações

sociais em funções mentais (Moreira, 1999). O desenvolvimento cognitivo não pode ser entendido sem referência ao contexto social e é mediado por instrumentos e signos¹.

Os processos mentais são mediados por signos que emergem da interação social, e estes são contextuais. A linguagem é um sistema de signos, sendo o principal instrumento de mediação entre as pessoas. Gestos e palavras também são exemplos de signos. O meio em que vivemos é sempre revestido de significados culturais, e estes são internalizados com a participação de mediadores, ou seja, a interação social é um intercâmbio de significados. Quando o indivíduo compartilha os significados social, histórica e culturalmente aceitos, ele internalizou os signos e aprendeu. As Ciências, em especial a Física, compartilham de uma linguagem particular, a linguagem científica, na qual, muitas vezes, empregam-se palavras de uso comum em um contexto científico. Para aprender Física é, então, necessário que o aluno dê um novo significado a estas palavras, compartilhando dos significados científicos. Ao ensinar Física o professor deve estar atento em observar se os seus alunos estão compartilhando dos significados que atribui às palavras, proporcionando atividades em que os alunos tenham a oportunidade de se expressarem tanto de forma oral, como de forma escrita. “A relação entre o pensamento e a palavra não é uma coisa, mas um processo, um movimento contínuo de vaivém do pensamento para a palavra e vice-versa... O pensamento não é simplesmente expresso em palavras; é por meio delas que ele passa a existir” (Vigotski, 2003, p.156).

Vigotski define dois níveis de desenvolvimento: zona de desenvolvimento real e zona de desenvolvimento proximal. As funções mentais que já estão prontas, ou seja, aquilo que o aprendiz é capaz de fazer sozinho, se situam na zona de desenvolvimento real, enquanto a zona de desenvolvimento proximal é definida como “a distância entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo, tal como mediado por sua capacidade de resolver problemas independentemente e o seu nível de desenvolvimento potencial, tal como mediado através da solução de problemas sob a orientação ou em colaboração com companheiros mais capazes” (Vigotski, 2003, p. 129). Dessa forma, os processos de aprendizagem e desenvolvimento não coincidem. Os processos de desenvolvimento podem ser acelerados através de experiências de aprendizagem que proporcionem aos alunos meios que lhes possibilitem internalizar significados dos quais o professor é o grande mediador. Esta mediação deve ser trabalhada além do desenvolvimento real, no sentido de mobilizar a zona de desenvolvimento proximal, sendo ineficazes as experiências orientadas para níveis de desenvolvimento que já foram atingidos ou para níveis de conhecimentos externos à zona de desenvolvimento proximal. A função do professor é de atuar na zona de desenvolvimento proximal dos alunos, proporcionando experiências pedagógicas que os ajudem não só a construir o conhecimento como também a desenvolver-se cognitivamente (Vieira, 2006).

Sabemos que em um grupo de alunos existem diferenças, portanto, não existe um único caminho para conduzi-los ao desenvolvimento cognitivo. De que forma a escola pode proporcionar atividades que atendam às necessidades individuais? Uma possibilidade é utilizar o método chamado de aprendizagem aos pares, proposto por Vigotski, no qual os alunos interagem uns com os outros, para que sob a orientação ou colaboração do outro possam fazer mais do que sozinhos.

Neste trabalho propomos atividades em que o microcomputador é usado como instrumento de medida no laboratório didático de Física. Acreditamos que o embasamento na

¹Instrumento: algo que é utilizado para fazer alguma coisa. Signo: algo que significa alguma coisa (Moreira, 1999).

Teoria de Vigotski é muito apropriado, especialmente porque i) o trabalho experimental é uma atividade de natureza coletiva, em que a interação e troca de significados entre os membros do grupo é sistemática; ii) o tempo para coleta de dados de um determinado experimento é minimizado, restando maior tempo para a comunicação entre alunos e entre grupos de alunos e o professor, o que propicia condições para a troca de experiências, a análise e reflexão crítica, a motivação dos alunos para buscar outros pontos de vista, enfim, a desejar aprender e entender os significados associados a um fenômeno; na visão de Vigotski, buscando a internalização dos significados compartilhados socialmente.

Para que as atividades experimentais possam se desenvolver sob esta perspectiva, é preciso abandonar o procedimento tradicional em que tanto o problema quanto o procedimento de resolução são previamente determinados pelo professor e os resultados obtidos no experimento são mais importantes do que o processo. Conforme apregoado por Borges (2002), Gil Pérez e González (1993) e Gil Pérez et al. (1999) e outros, pretendemos que o laboratório seja um local de investigação de leis e fenômenos físicos, com problemas abertos, em que os alunos tenham a oportunidade de explorar, testar e discutir possíveis soluções. Um ambiente favorável à motivação, envolvimento e responsabilidade dos alunos e grupos de alunos. Além disto, privilegiando atividades em que os alunos interagem com o equipamento, pois Beichner (1994), Redish et. al. (1997) e outros mostram que a aprendizagem é favorecida quando há engajamento do aluno em atividades interativas. Por outro lado, para que isto de fato se concretize, as atividades devem apresentar um grau de complexidade progressivo, situando-se na zona de desenvolvimento proximal dos alunos, de maneira que estes adquiram confiança e se envolvam ativamente. Como professor, nosso papel será o de mediador do processo de aprendizagem, conduzindo o aluno à reflexão sobre suas interpretações e encorajando-o a tomar decisões.

Em síntese, inserimos novas tecnologias no ensino, no caso o microcomputador como instrumento de medida no laboratório didático de Física, como um catalisador para mudanças nos processos de sala de aula, propiciando formas alternativas de trabalho, mudando a abordagem instrucional tradicional por um conjunto mais eclético de atividades de aprendizagem, que inclui situações de socialização e construção de conhecimentos. As atividades construtoras de conhecimento realizadas pelos alunos não deverão terminar como construções individualizadas, mas compartilhadas de forma crítica, permitindo a descoberta e correção de concepções errôneas.

III. Atividades experimentais desenvolvidas e metodologia

A preparação de cada uma destas atividades envolveu uma montagem experimental, orientações para o professor e um guia para o aluno. Este conteúdo foi organizado em um texto de apoio ao professor, intitulado O microcomputador como instrumento de medida no laboratório didático de Física (Silva e Veit, 2006a), no qual são apresentados os princípios gerais sobre aquisição de dados, tanto via entrada digital quanto analógica da placa de som, detalhes técnicos para a construção dos sistemas de detecção e sobre as montagens experimentais, sugestões de atividades a serem desenvolvidas em sala de aula, à luz do referencial de Vigotski, e os guias para os alunos. Este texto, um hipertexto sobre ondas mecânicas transversais e longitudinais (Silva e Veit, 2006b), que incluiu uma seleta coletânea do tipo Physlet (Davidson College, 2006), e o texto completo da dissertação de mestrado de um dos autores (Silva, 2005) estão disponíveis livremente na web.

Os sistemas de aquisição de dados empregados têm por base, especialmente, os trabalhos de Aguiar e Laudares (2001), Haag (2001), Cavalcante e Tavolaro (2003) e Figueira e Veit (2004), resultando em cinco propostas de atividades experimentais, quais sejam:

- medidas automáticas de tempo, em que além de trabalhar com o sistema automatizado via entrada digital da porta de jogos (porta de joystick), se pretende que o aluno adquira alguma familiaridade com planilhas eletrônicas;
- sensores, na qual diferentes transdutores (fotodiodos, fototransistores, termistores, LDRs² e potenciômetros) são utilizados para a medida de distintas grandezas físicas manualmente, em um primeiro momento, para que o aluno tenha melhores condições de entender a automatização das medidas, que ocorre em uma segunda etapa, via porta de jogos em suas entradas analógicas e digitais;
- ondas mecânicas transversais, que possibilita a investigação dos modos normais de vibração em cordas. O microcomputador é utilizado com um gerador de sinais e aciona uma corda vibrante via a caixa de som;
- ondas mecânicas longitudinais I, que permite a determinação da velocidade de propagação do som no ar, a partir do sinal sonoro gerado em um tubo de PVC e captado pelo microfone, sendo a análise espectral feita com um software apropriado;
- ondas mecânicas longitudinais II, em que o microcomputador é utilizado como gerador e analisador de sinais, via entrada e saída de áudio, permitindo a exploração das três qualidades do som em exercícios lúdicos com instrumentos musicais e com a própria voz.

Passamos a apresentar sucintamente a montagem experimental, sugestões sobre a metodologia de trabalho e sobre as atividades propostas aos alunos. Ao professor interessado em implementar tais atividades em sua prática docente, recomendamos fortemente o texto de apoio disponível em Silva e Veit (2006a).

III.1. Medidas automáticas de tempo

A entrada digital da porta de jogos é utilizada para medidas de tempo. Enfatizamos o sistema óptico de detecção, construído com diodos emissores de infravermelho e fototransistores receptores, conectados à entrada digital da porta de jogos. A conexão dos componentes eletrônicos à porta de jogos é feita utilizando um conector do tipo DB15. O princípio de funcionamento do sistema óptico é simples: se não há nenhum objeto obstruindo o feixe de infravermelho emitido pelo diodo, se estabelece uma corrente no circuito; quando há obstrução, esta corrente é interrompida. Para a leitura dos valores de entrada da porta digital (0 ou 1) e armazenamento de dados recomendamos o Microsoft Excel, com rotinas escritas na linguagem Visual Basic (Silva e Figueira, 2006). Na montagem final do equipamento, ligamos em série dois diodos emissores e dois fototransistores receptores. Para que o equipamento tenha maior durabilidade, optamos por montar todo o conjunto em um suporte de madeira, fixando os sensores em blocos de Lego. (Detalhes em Silva e Veit (2006a).)

Esta montagem experimental permite que se obtenham resultados com precisão suficiente para que sejam construídos gráficos de posição, velocidade e, mesmo aceleração, em função do tempo, propiciando o estudo quantitativo das grandezas da cinemática. No entanto, para isto, são necessárias muitas medidas, requerendo tempo e cuidado no trabalho. Tradicionalmente atividades experimentais nos laboratórios didáticos se desenvolvem

² LDR – do inglês *Light Dependent Resistance*.

fornecendo aos alunos roteiros detalhados – muitas vezes ao estilo de receitas de cozinha. Nos dias atuais, tem-se plena consciência que atividades experimentais do tipo tradicional, além de desmotivarem o aluno, são pouco efetivas para a aprendizagem significativa (Borges, 2002). Por isto, embora o sistema automático tenha precisão excelente e permita um estudo quantitativo, não é esta nossa proposta. Entendemos muito mais relevante destacar os aspectos conceituais.

Sugerimos inicialmente uma breve revisão dos sistemas numéricos decimal e binário, com o objetivo de dar uma noção ao aluno de como o microcomputador faz a leitura, o processamento e o armazenamento de dados. Em seguida, usando o multiteste, a realização de medidas da corrente elétrica que circula pelos sensores, para a observação de sua dependência com a incidência, ou não, do feixe infravermelho sobre o fototransistor. Propomos que a aquisição automática de dados seja iniciada com “brincadeiras” como, obstruir e desobstruir manualmente a passagem do feixe de infravermelho, observar o valor do estado lógico da entrada digital da porta de jogos (0 ou 1) e observar quando o feixe é bloqueado, podendo ser feita uma competição entre os alunos para ver qual deles consegue mover a mão mais rapidamente. Neste estágio sugerimos que a leitura seja empregada na investigação das grandezas da cinemática (como por exemplo, determinar a velocidade da mão). Para a leitura dos valores de entrada da porta digital e armazenamento de dados, construímos planilhas para a aquisição de dados, disponíveis na web (Silva e Figueira, 2006), que apresentam diferentes possibilidades de medidas: i) o valor do estado lógico da porta digital, ii) o intervalo de tempo, em milissegundos, durante o qual o feixe permanece obstruído; iii) o intervalo de tempo que um móvel demora para se deslocar entre os dois sensores, permitindo explorar os conceitos de velocidade média e movimento uniforme e iv) o intervalo de tempo durante o qual o objeto obstrui o primeiro e, posteriormente, o segundo sensor, sendo útil para explorar os conceitos de velocidade instantânea, aceleração média e movimentos uniforme e variável.

Com estas atividades, além de favorecer a aprendizagem significativa dos conceitos de deslocamento, velocidade e aceleração, temos como objetivo propiciar alguma alfabetização tecnológica aos alunos e introduzi-los às planilhas eletrônicas.

III.2 Explorando Sensores

Em Explorando Sensores, utilizamos a entrada digital e/ou analógica da porta de jogos, trabalhando com os seguintes sensores: fotodiodos, fototransistores, termistores (NTC e PTC³), LDRs e potenciômetros. Com exceção dos termistores, que respondem a variações de temperatura de forma não-linear, os demais respondem linearmente a variações.

A conexão dos sensores à porta de jogos é feita através da entrada digital ou da entrada analógica, através de conectores DB15. Esta conexão depende do tipo de sensor empregado e do objetivo pretendido. Por exemplo, fotodiodos, embora forneçam uma resposta contínua em função da intensidade luminosa incidente, podem ser usados para fornecer uma resposta binária, se seu sinal for interpretado simplesmente em função de duas leituras: ligado ou desligado (feixe obstruído ou não). Neste caso, a conexão é feita na entrada digital da porta de jogos. Se termistores são empregados na medida de temperatura para monitorar e controlar sistemas térmicos, a entrada a ser utilizada é a analógica, pois os valores de temperatura variam continuamente.

³ Do inglês: NTC – *negative temperature coefficient* e PTC – *positive temperature coefficient*.

Com esta atividade esperamos dar condições para que o aluno adquira noções básicas sobre aquisição automática de dados. Sugere-se que os alunos investiguem o comportamento de sensores (potenciômetros, LDRs, termistores, fototransistores,...) tomando medidas manuais, com um multímetro, do sinal elétrico produzido pelo sensor quando alguma grandeza física é variada (posição, intensidade luminosa, temperatura,...). Só então, construindo circuitos simples (ou usando sistemas construídos previamente) para fazer a aquisição automática.

A leitura dos valores do sinal elétrico na porta de jogos, feita com o software livre Aqdados (Araujo, 2006), é registrada em um arquivo do tipo texto, cujos dados são trabalhados em uma planilha eletrônica. A terceira etapa tem por objetivo mostrar que é possível fazer medidas utilizando mais de um sensor ao mesmo tempo, como também utilizar as entradas digitais e analógicas simultaneamente.

Como tomaria muito tempo para que todos os alunos manipulassem todos os sensores, e também porque cremos, ancorados em Vigotski (2003), que a troca de significados através da discussão em pequenos grupos e entre estes e o grande grupo, auxilia a aprendizagem, propomos que os grupos trabalhem com diferentes sensores e depois apresentem ao grande grupo suas impressões.

III.3 Ondas Mecânicas

Nas três atividades relativas a Ondas Mecânicas⁴ - Ondas Transversais, Ondas Longitudinal I e Ondas Longitudinal II - o microcomputador é utilizado em todas as etapas do processo - introdução de conceitos, exercícios de simulação computacional e atividades experimentais. Para isso, elaboramos um hipertexto relativo ao tema Ondas Mecânicas, ancorado em animações do tipo JAVA Applets (Davidson College, 2006), disponível na web (Silva e Veit, 2006b). Entendemos desejável que os conceitos físicos relevantes ao estudo de ondas mecânicas sejam explorados no hipertexto antes da realização das atividades experimentais, embora também seja possível comparar dados obtidos no experimento com os gerados computacionalmente por animações que simulam o experimento.

As atividades são organizadas de forma que permitem liberdade ao aluno para sua realização, por exemplo, o guia do aluno não apresenta tabelas para preenchimento dos dados coletados, e posterior determinação de grandezas físicas. Os alunos, com a intermediação do professor, é que devem concluir que a organização em tabelas facilitará a interpretação dos resultados. O papel do professor, fundamental para a concretização da proposta, é de um mediador (Vigotski, 2003) e não o de instrutor; auxiliando os alunos para que façam hipóteses, investiguem e testem soluções.

Ondas transversais

Em Ondas transversais são estudados os modos normais de vibração em uma corda vibrante. O microcomputador é usado como gerador de sinais, usando o software Sine Wave Generator (Veldhuijzen, 2006), que gera sinais sonoros via o alto-falante do microcomputador, numa faixa de frequências entre 4 Hz a 4 kHz. A corda é fixa no diafragma de um alto-falante, que se encontra em uma base de madeira, na qual é colocada uma entrada para conexão à entrada de som do computador (Cavalcante et al., 2003). Uma régua na base de madeira que sustenta a polia por onde passa a corda, e que serve de cursor para

⁴ Atividades de aquisição baseadas em Cavalcante et al. (2003).

movimentar o alto-falante, pode facilitar as medidas do comprimento da corda e do comprimento das ondas estacionárias produzidas. (Detalhes em Silva e Veit (2006a)).

Cabe aos alunos produzir a formação de ondas estacionárias na corda e, em discussão mediada pelo professor, investigar a condição necessária e suficiente para que ocorram os diferentes modos de vibração, a relação entre as grandezas físicas (frequência, comprimento de onda, velocidade de propagação, densidade e tensão na corda) e que tipo de medidas precisam ser tomadas para determinar a velocidade da onda. Sugerimos que os grupos trabalhem com diferentes pesos suspensos e densidades lineares de cordas, para que na discussão com o grande grupo possa ser investigada a influência destes na produção de harmônicos fundamentais e na velocidade da onda. Ao final propomos a contextualização dos conceitos desenvolvidos através do manuseio de instrumentos musicais de cordas para que os alunos possam produzir alguns harmônicos fundamentais, e discutam a importância dos elementos do instrumento (trastes, cravelha, cordas, caixa de ressonância) na produção de diferentes notas musicais.

Ondas Longitudinais I

Em Ondas Longitudinal I o microcomputador cumpre a função de analisador de espectro, com o uso do software Spectrogram (Horne, 2006), que permite estudar a composição de frequências de um sinal sonoro captado na entrada de microfone em tempo real. Um microfone, conectado à entrada do microfone da placa de som, é usado na captação de sons produzidos em tubos de PVC de diferentes comprimentos e diâmetros, que funcionam como tubos de ar. Ao bater com a palma da mão em uma das extremidades de um tubo de PVC temos um tubo fechado em uma das extremidades. O som produzido na outra extremidade é captado pelo microfone, podendo ser gravado pelo software para posterior análise.

Após a exploração e discussão nos grupos e no grande grupo das simulações, esperamos que os alunos produzam diferentes espectros sonoros, analisem as frequências de ressonância, discutam as relações entre as grandezas físicas, calculem a velocidade de propagação no ar e, finalmente, contextualizem o que observaram e produziram com diferentes instrumentos musicais de sopro.

Como em ondas transversais, propomos que os grupos trabalhem com tubos de diferentes comprimentos e diâmetros com a finalidade de propiciar a oportunidade para que os alunos, em colaboração com o professor, investiguem a relação entre o espectro sonoro e o comprimento do tubo.

Ondas Longitudinais II

Esta atividade prevê a participação ativa dos alunos, através de atividades lúdicas como cantar e tocar, na exploração das três qualidades do som: altura, intensidade e timbre. Ao final os alunos devem identificar a grandeza física relacionada a cada uma das propriedades físicas do som, as três qualidades do som e compreender a diferença entre tons puros e composição de harmônicos. Para isto, sons diversos são produzidos e gravados os correspondentes espectros sonoros para a análise, de modo a propiciar a oportunidade de compreender, por exemplo, o timbre de instrumentos musicais. Alguns dos sinais analisados são gerados pelo microcomputador, com o software Sine Wave Generator. O equipamento é idêntico ao de Ondas Longitudinais I, acrescido da caixa de som para a geração de sinais.

III. Apresentação dos resultados das experiências didáticas realizadas

Na Tabela 1 apresentamos uma síntese das experiências didáticas realizadas durante os anos de 2003 e 2004, indicando a população-alvo, o número de alunos que compunham cada turma e o tempo dedicado a cada uma das atividades experimentais. Integram esta síntese as dificuldades enfrentadas e os pontos positivos observados por um dos autores deste trabalho (L. F. da S.), que atuou em todas as aulas. Todas as atividades ocorreram em dia regular de aula. Alguns comentários adicionais são apresentados no que segue.

A primeira aplicação de *Medidas automáticas de tempo* mostrou que nossa proposta inicial, em que os alunos participariam efetivamente na montagem do sistema automatizado, era inviável, devido ao exíguo tempo disponível e à falta de habilidade dos alunos para a soldagem dos componentes eletrônicos e para o uso do multiteste. Optamos, então, em oportunidades subsequentes, por oferecer aos alunos os sensores a serem usados nas referidas montagens, bem como montagens em diversos estágios de construção e inclusive completamente prontas, de modo que eles pudessem fazer medidas manuais somente com os sensores e também medidas automatizadas, e tivessem, além disto, a noção de como se monta o sistema automatizado. Esta alternativa de trabalho não prejudicou o objetivo de proporcionar atividades interativas e permitiu que a aquisição automática de dados fosse precedida de atividades em que o aluno inicialmente explora o comportamento dos sensores frente a variações de grandezas físicas, para somente então montar um sistema automático de medidas. Nas três turmas observamos muito interesse no uso do sistema automatizado para exercícios lúdicos ou para a coleta de poucas seqüências de dados, mas nenhum interesse em um trabalhado sistemático de coleta de dados. Notou-se especial motivação e interesse pela atividade proposta por parte da turma do Ensino Médio Adultos (idade média de 35 anos), justamente a turma que apresentava maior dificuldade, tanto em relação ao conteúdo como, e principalmente, na manipulação do microcomputador. Esta atividade também foi desenvolvida no Programa de Aperfeiçoamento e Atualização para Professores de Física do Ensino Médio, realizado no IF-UFRGS no segundo semestre de 2003, e nossos comentários a respeito são: i) o grupo de 13 professores do ensino médio não tinha a menor noção do que seja aquisição de dados com microcomputadores; ii) as atividades despertaram grande interesse sob o ponto de vista qualitativo, mas os próprios professores não se entusiasmaram por análises quantitativas.

Os alunos do Curso de Extensão Física para o Ensino Médio II apresentavam uma característica diferenciada em relação a turmas usuais do ensino médio: grande interesse pela aprendizagem de Física. Este interesse, demonstrado por ocasião da inscrição voluntária no curso, foi observável em todas as aulas, assim como a colaboração e troca de informações entre os membros de grupos de trabalho, bem maior do que usualmente se observa em turmas de ensino médio.

Os sensores de temperatura NTC e PTC foram, sem dúvida, os que despertaram maior interesse no manuseio, trazendo à tona a discussão do aumento da resistência com a diminuição da temperatura, que muitos desconheciam. O fato da resposta destes sensores não ser linear não trouxe maiores dificuldades porque nos limitamos a discussões qualitativas. Em relação às medidas automatizadas, os sensores fotossensíveis foram os que despertaram maior interesse, tanto via a entrada digital quanto via a analógica.

Tabela 1: Síntese das experiências didáticas realizadas.

| População-alvo e horas-aulas | Dificuldades enfrentadas | Aspectos positivos |
|--|---|---|
| Atividades: Medidas automáticas de tempo | | |
| <p>- CEFET/RS – UNED Sapucaia do Sul, um único encontro, em uma turma de três diferentes cursos :</p> <p>a) Ensino Médio Adultos (2º semestre – noturno): 18 alunos, 4h-aula;</p> <p>b) Ensino Médio (1ª série – manhã): 15 alunos, 3h-aula;</p> <p>c) Tecnólogos em Polímeros (1º semestre – tarde): 7 alunos, 3h-aula;</p> | <p>- devido à inexperiência dos alunos, a soldagem dos componentes eletrônicos requereria mais tempo do que o previsto para a realização da atividade;</p> <p>- falta de familiaridade dos alunos com os <i>softwares</i> e <i>hardwares</i>;</p> <p>- pouca persistência para um levantamento sistemático dos dados necessários para a análise quantitativa da velocidade e da aceleração.</p> | <p>Despertou grande interesse nos alunos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - a breve revisão dos sistemas numéricos decimal e binário para um melhor entendimento de como opera a entrada digital; - a observação de que a aquisição de dados seria feita substituindo, por sensores, o <i>joystick</i>, usado para jogar <i>video-game</i>; - a manipulação dos sensores (diodo emissor e fototransistor receptor) usados no sistema óptico de detecção, que motivou a discussão sobre o funcionamento de portas automáticas, alarmes e espectro luminoso; - grande motivação e interesse pela atividade proposta, principalmente a turma do Ensino Médio Adultos. |
| Atividade: Sensores | | |
| <p>Curso de Extensão Física para o Ensino Médio II: 20 alunos do ensino médio, um único encontro de 3h-aula.</p> | <p>- o tempo disponível foi insuficiente para a construção dos diversos sistemas de detecção a serem conectados à porta de jogos (analógica e digital),</p> | <p>Despertou especial interesse:</p> <ul style="list-style-type: none"> - a manipulação dos sensores: boa parte do tempo disponível foi usado em “brincadeiras”, em que testavam a resposta dos sensores frente a variações de alguma grandeza física; - a observação de que a aquisição de dados seria feita substituindo por sensores o <i>joystick</i>, usado para jogar <i>video-game</i>; - a percepção demonstrada |

| | | |
|--|--|--|
| | | <p>pelos alunos ao relacionar os respectivos sensores com o seu cotidiano.</p> <p>- familiaridade dos alunos com o <i>software</i> Excel.</p> |
| Atividade: Ondas Transversais I | | |
| <p>- CEFET/RS – UNED Sapucaia do Sul: 10 alunos da terceira série do ensino médio (manhã). um único encontro de 3h-aula;</p> <p>- Curso de Extensão Física para o Ensino Médio II: 23 alunos do ensino médio, acompanhados por 7 licenciandos do Curso de Física da UFRGS, um único encontro de 3h-aula*;</p> <p>- licenciandos do Curso de Física da UFRGS: 18 alunos, um único encontro de 3h-aula*.</p> <p>(*) Esta atividade ocorreu juntamente com a de Ondas Longitudinais I e II.</p> | <p>- o horário disponível no laboratório de informática do CEFET/RS não coincidia com horários da disciplina de Física, sendo necessária a colaboração e compreensão dos demais professores para a sua realização;</p> <p>- para a montagem do equipamento foi preciso a colaboração do pessoal de eletrônica, e de manutenção na confecção de roldanas e suporte de madeira para o equipamento.</p> | <p>- a facilidade de operação dos <i>softwares Spectrogram e Sine Wave Generator</i>;</p> <p>- interesse demonstrado pelos alunos na atividade, não somente na etapa experimental quanto na exploração do hipertexto;</p> <p>- a discussão sobre as ondas estacionárias geradas nas cordas com as produzidas pelos instrumentos de corda;</p> <p>- a discussão sobre o valor da velocidade da onda se manter constante em um mesmo meio.</p> |
| Atividades: Ondas Mecânicas Longitudinais I e II | | |
| <p>- Curso de Extensão Física para o Ensino Médio II: 23 alunos do ensino médio, acompanhados por 7 licenciandos do Curso de Física da UFRGS, um único encontro de 3h-aula*;</p> <p>- licenciandos do Curso de Física da UFRGS: 18 alunos, um único encontro de 3h-aula*.</p> <p>(*) Esta atividade ocorreu juntamente com Ondas Transversais, em um total de 3 h-aula.</p> | <p>- tempo disponível insuficiente para a exploração das animações e a realização da atividade experimental;</p> <p>- a disposição de microcomputadores na sala, alinhados lado a lado, dificultou o trabalho experimental, especialmente quanto à interferência dos sons gerados pelos diversos grupos;</p> <p>- não foi possível adotar a metodologia proposta neste trabalho porque o tempo seria insuficiente e,</p> | <p>- a possibilidade de confrontação entre os modos de vibração obtidos nos experimentos com simulações do hipertexto motivou os alunos e possibilitou que detectassem seus erros e os corrigissem;</p> <p>- conceitualmente foi proveitosa a discussão em torno da comparação entre o valor da velocidade do som no ar obtida através dos dados experimentais e o valor previsto teoricamente;</p> <p>- em um dos grupos desenvolveu-se uma</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | especialmente, porque os licenciandos não estavam acostumadas à metodologia. | discussão sobre os espectros sonoros obtidos nos tubos de diferentes comprimentos com os timbres do som produzido. |
|--|--|--|

VI. Comentários finais e conclusões

Apresentamos neste trabalho cinco atividades experimentais de aquisição automática de dados para o laboratório de Física do Ensino Médio usando a placa de som do microcomputador como interface analógica/digital e digital/analógica. Como acreditamos que não faz sentido introduzir novas tecnologias usando os métodos tradicionais de ensino, que têm se mostrado pouco efetivos para uma aprendizagem significativa, optamos por organizar atividades semi-abertas. Estas atividades se caracterizam por apresentar uma montagem experimental e uma sugestão de como explorá-la de modo que o aluno compreenda o que está se pretendendo medir, como os dados podem ser analisados, qual a sua utilidade, mas sem tarefas a serem cumpridas rigidamente. Em contraposição aos tradicionais roteiros de laboratório, cujo objetivo maior parece ser conduzir os alunos a obter resultados experimentais que “comprovem” conhecidas leis ou reproduzam valores tabelados para determinadas grandezas físicas, procurou-se direcionar a atenção dos alunos para aspectos relevantes do conteúdo, dentro de sua zona de desenvolvimento proximal, e provir condições para que em pequenos grupos, e com a nossa intermediação, se apropriassem dos significados atribuídos aos conceitos científicos em questão. Em contraposição à introdução do sistema de aquisição automática de dados como uma caixa-negra, optou-se por envolver o aluno em todo o processo de medida, desde os sistemas de detecção até os resultados finais, enfatizando os aspectos conceituais do conteúdo.

Procurou-se instigar o espírito investigativo, o raciocínio crítico, a colaboração entre membros de um grupo na solução de problemas, a tomada de decisões, a troca de conhecimentos (entre alunos, aluno e professor, grupos de trabalho). Enfim, enfatizou-se a interação social e a construção do conhecimento como um processo coletivo, à simples aquisição de conhecimento individual. Nossa abordagem, em uma perspectiva mais ampla, se empregada em um intervalo de tempo maior, pode não somente levar os alunos a se apropriarem de conhecimentos que lhes dêem condições de compreender alguns conceitos científicos e técnicos, quanto lhes dar melhores condições para que compreendam os processos envolvidos, aprendam a trabalhar colaborativamente e atuem de forma crítica na sociedade.

Estas atividades foram testadas em sala de aula (CEFET/RS e UFRGS), em turmas de no máximo 22 alunos, com grupos de 3 a 4 alunos. Sabemos que as turmas de ensino médio usualmente são bem maiores e que os alunos acabam se dispersando em outras atividades que não aquelas propostas, diminuindo assim a colaboração entre os participantes e prejudicando o papel do professor de mediador no processo. Porém, consideramos nossa experiência válida, pois há situações especiais, como as das escolas CEFET, em que há a possibilidade de trabalho em turmas pequenas. Quando isto não é possível, trabalhar sob a forma de projetos é uma alternativa viável e o produto deste trabalho pode servir de base para alguns projetos.

Em relação ao argumento usual de que a automatização de medidas permite que se disponha de maior tempo para se trabalhar com conteúdos de física, vivemos duas situações distintas. Nas atividades em que o sistema de detecção consistia somente do microfone

(*Ondas longitudinais I e II*), isto se mostrou verdadeiro, tendo sido possível discutir com maior profundidade os conteúdos de Física. Nas outras atividades, o manuseio de sensores e *softwares* fez com que o tempo disponível para os conteúdos de Física não fosse maior do que quando as medidas são feitas manualmente. Dois são os principais motivos para isto: i) para enfatizar o processo de medida, e não somente seus resultados, optamos por não utilizar sistemas comerciais de aquisição automática de dados; ii) os alunos não estão familiarizados com os *hardwares* e *softwares* requeridos e o tempo poupado na tomada de medidas manuais repetitivas é gasto no manuseio do *hardware* e do *software*. Este aspecto pode ser considerado positivo, na medida em que um dos objetivos do ensino de Física é preparar os alunos para trabalharem não somente com os conteúdos específicos de Física, mas também com os seus instrumentos, além de contribuir na sua formação geral. Aprender a usar uma planilha eletrônica, por exemplo, pode ser de grande valia para o cidadão, independentemente de seu uso em Física. Apesar disto, em aplicações futuras desta proposta seria desejável destinar uma carga horária maior para estas atividades e desenvolver um trabalho conjunto entre os professores de Física e de Informática, de modo que a introdução ao uso dos *softwares* ocorra nas aulas de Informática.

Constatamos que a manipulação dos sensores e a grande interação entre os diversos membros dos grupos e entre os grupos fizeram emergir nas discussões tópicos de Moderna e Contemporânea, como efeito fotoelétrico e supercondutividade, entre outros. Em atividades similares no laboratório tradicional, jamais observamos digressões em direção a estes temas. Consideramos isto um forte indício de que é preciso agregar ao ensino estratégias de aprendizagem mais dinâmicas.

Temos a expectativa que os materiais produzidos (Silva e Veit, 2006a; 2006b) possam ser muito úteis para o professor disposto a introduzir o microcomputador como um instrumento de medida no laboratório didático de Física.

Agradecimentos a Dra. Naira Maria Balzaretto, professora do Departamento de Física da UFRGS, sem a qual a experiência didática realizada com alunos do ensino médio no Curso de Extensão não teria sido possível e ao Dr. W. Christian e Dr. M. Belloni, que autorizaram o uso dos PhysLet.

Referências

AGUIAR JUNIOR, O. O papel do construtivismo na pesquisa em ensino de Ciências.

Investigações em Ensino na pesquisa em ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 3. p. 107-120, maio/ago. 1998.

AGUIAR, C.E.; LAUDARES, F. Aquisição de dados usando Logo e a porta de jogos do PC.

Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 371-380, dez. 2001.

ARAUJO, I. S. *Aqdados*. Disponível em:

<<http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/material/joystickNTC.html>>. Acesso em: 23 set. 2006.

BEICHNER, R. J. Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, College Park, v. 62, n. 8, p. 750-765, Ago. 1994.

BORGES, A. Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. *Caderno*

Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.

CAVALCANTE, M. A; TAVOLARO, C. R. C. Cuidados na utilização de sistemas de

aquisição de dados no ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 247-258, jun. 2000.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. O estudo das colisões através do Som. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 150-157, jun. 2002.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. Medir a velocidade do som pode ser simples e rápido. *A Física na Escola*, São Paulo, v. 4, n. 1, p.29-30, maio 2003.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. *Novas Tecnologias no Ensino de Acústica* [2003]. Apostila distribuída na oficina realizada no XV Simpósio Nacional de Ensino em Física. Curitiba, mar. 2003.

DAVIDSON COLLEGE. *Physlet Archive*. Disponível em:
<<http://webphysics.davidson.edu/Applets/Applets.html>>. Acesso em: 23 set. 2006.

FIGUEIRA, J. S.; VEIT, E. A. Usando o Excel para medidas de intervalo de tempo no laboratório de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 203-211, set. 2004.

GIL PÉREZ, D.; GONZÁLES, E. M. Las practicas de laboratorio de Física en la formación del profesorado. (1) Un analisis critico. *Revista de Enseñanza de la Física*, Rosario, v.6, n.1, p. 47-61, maio 1993.

GIL PÉREZ, D. ; FURIO MÁZ, C.; VALDÉS, P.; SALINAS, J.; MARTINEZ, T.J.; GUIASOLA, J.; GONZALES, E.; DUMAS, C.A.A.; GOFFARD, M.; ANNA, M. Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 17, n.2, p.311-320, 1999.

GRALA, R. M.; OLIVEIRA, E. S. de. Medida da velocidade do som no ar com o uso do microcomputador. *Física na Escola* v.6, n.2, p. 26-28, out. 2005.

HAAG, Rafael. Utilizando a placa de som do micro PC no laboratório didático de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 176-183, jun. 2001.

HAAG, R.; ARAUJO, I. S. e VEIT, E. A. Por Que e Como Introduzir a Aquisição Automática de Dados no Laboratório Didático de Física? *Física na Escola* v.6, n.2, p. 69-74, mai 2005.

HORNE, R. Spectrogram. Disponível em:
<<http://www.monumental.com.rshorne/gram.html>>. Acesso em: 23 set. 2006.

MAGNO, W. C.; ARAUJO, A. E. P; LUCENA, M. A.; MONTARROYOS, E. Realizando experimentos didáticos com o sistema de som de um PC. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 26, n. 1, 117-123, dez. 2004.

MONTARROYOS, E. ; MAGNO, W. C. Aquisição de Dados com a placa de som do computador. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 57-62, mar. 2001.

MONTARROYOS, E. ; MAGNO, W. C. Decodificando o controle remoto com a placa de som. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 497-498, dez. 2002.

MOREIRA, Marco Antonio. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999. 195 p.

MORTIMER, E. F. *Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos?* Disponível em: < <http://www.if.ufrgs.public/sino/N1>>. Acesso em: 23 set. 2006.

MÜTZENBERG, L.A.; VEIT, E. A.; LANG, F. Elasticidade, plasticidade, histerese.. ondas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 26, n.4, p. 307-314, dez. 2004.

REDISH, E. F.; SAUL, J. M.;STEINBERG, R. N. On the Effectiveness of Active-Engagement Microcomputer- Based Laboratories. *American Journal Physics*, College Park, v.65, p. 45-54, Jan. 1997. Disponível em: <<http://www.physics.umd.edu/perg/papers/redish/mbl/mbl1.html>>. Acesso em: 23 set. 2006.

SILVA, L.F. da; *Uma experiência didática de inserção do microcomputador como instrumento de medida no laboratório de física do ensino médio*. Dissertação do Mestrado Profissional em Ensino de Física, UFRGS, 2005. 144p.

SILVA, L.F. da; VEIT, E. A. *O microcomputador como instrumento de medida no laboratório didático de Física*. Disponível em: < http://www.if.ufrgs.br/mpof/Textos_Apoio/Silva&Veit_v16n2.pdf>. Acesso em: 23 set. 2006.

SILVA, L.F. da; VEIT, E. A. *Ondas Mecânicas*. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/simulacoes/ondas/index.html>>. Acesso em: 23 set. 2006.

SILVA, L.F. da; FIGUEIRA, J. S. *Medidas_tempo: Planilha Excel para leitura da entrada digital da porta de jogos*. Disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/excel/tempo.html>>. Acesso em: 23 set. 2006.

VELDHUIJZEN, M. *Sine Wave Generator*. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/software/sinewave.zip>>. Acesso em: 23 set. 2006.

VIEIRA, F. M. S. *Teorias psicológicas dos processos de desenvolvimento e de aprendizagem*. Disponível em:< <http://www.connect.com.br/~ntemg7/teorias.htm>>. Acesso em: 23 set. 2006.

VIGOTSKI, L. S. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. 6 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998. 191 p.

VIGOTSKI, L. S. *Pensamento e Linguagem*. 3 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003. 135 p.