

## Laboratório de Medições Mecânicas, uma experiência pedagógica no ensino de instrumentação

Milton Zaro

### Resumo

O artigo relata a experiência de ensino realizada no Laboratório de Medições Mecânicas (LMM) do curso de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da UFRGS, laboratório este criado em 1979. Descreve o ambiente criado para estimular os alunos, desenvolvendo sua curiosidade pelos conteúdos relativos às disciplinas que usam o Laboratório, bem como sua sociabilidade, criatividade e interesse por elementos culturais, como por exemplo a música ou a fotografia. Descreve a apropriação pioneira e o desenvolvimento da informática na área de instrumentação pelo LMM, e sua integração nas atividades direcionadas para o ensino, a pesquisa e a produção de equipamentos em conjunto com indústrias e instituições locais. Descreve, ainda, a integração de novas tecnologias à produção de material pedagógico produzido pela equipe do LMM, como CDs didáticos e uso da Internet nas disciplinas.

### Abstract

This work shows a teaching experience at Mechanical Measurements Laboratory (LMM) of Mechanical Engineering course from UFRGS University; this laboratory was created in 1979. It describes the ambient created to stimulate students, developing their curiosity for the contents of courses at the LMM, as well as their sociability, creativity and interest for cultural elements, as music or photographs, for example. It describes the development of microcomputer data acquisition systems (hardware and software) – this group is one of the pioneers in this area, in Brazil – and the integration with other activities of the laboratory, such research, development of equipments and books, with many partnership with local industries. It also describes the integration of new technologies in didactic material produced by LMM group, such instructional CD-ROMs, and the use of the Internet during the courses.

....

### 1 - Engenheiros criativos, sociáveis e integrados à cultura

Um bom laboratório para envolver os alunos nas aulas de instrumentação deve ter bons equipamentos, bons técnicos, bons engenheiros e uma organização disciplinada. Certo? Errado, ou, pelo menos, incompleto, para relatar o trabalho pedagógico realizado no Laboratório de Medições Mecânicas (LMM), que atende os cursos de Engenharia Mecânica e dos Materiais da Escola de Engenharia da UFRGS. Criado em 1979, e pioneiro na implantação, no Brasil, do ensino de instrumentação para a graduação, o LMM vem desenvolvendo uma experiência cuja fundamentação poderia facilmente encontrar suporte teórico nas idéias de Jean Piaget ou no modelo pedagógico proposto por Paulo Freire (embora ambos estejam referidos a circunstâncias educacionais absolutamente diversas da que ora se focaliza e nenhum

dos autores tenha sido usado formalmente para compor o trabalho, na sua concepção). Do primeiro – o pesquisador suíço Jean Piaget, teórico da cognição e formulador do conceito de epistemologia genética> [1](#) - a experiência do LMM serviria bem para documentar o estímulo à ação do aluno, como uma motivação para a construção do seu próprio conhecimento, despertando sua criatividade, capacidade de descoberta de soluções próprias e do desenvolvimento de sua sociabilidade, visando integrar os lados afetivo e cognitivo do aluno no processo educacional.

Do segundo autor – Paulo Freire, o principal pedagogo brasileiro, autor da chamada "pedagogia do oprimido" -, a experiência pedagógica do LMM serviria para mostrar a importância do reconhecimento do universo referencial do estudante, da consciência de sua própria cultura e do uso de sua própria linguagem, como uma ferramenta já conhecida, para documentar/aprender e agir sobre o mundo ao seu redor> [2](#)

A experiência didático-pedagógica foi relatado em trabalho anterior (Zaro et alii, 1985), abordando não só os motivos da criação da disciplina ENG 03 353 – Medições Mecânicas, como sua evolução ao longo do tempo. Um dos focos dessa experiência poderia estar localizado exatamente na expressão "envolver os alunos". No LMM, a idéia desse envolvimento inclui sala de pesquisa, sala de leitura/biblioteca com livros e revistas técnicas nacionais e internacionais, e também de interesse geral (literatura, poesia, filosofia da ciência, teorias cognitivas). Inclui também oficina mecânica e eletrônica, sala de TV/vídeo, 14 computadores (10 ligados na Internet), cinco impressoras coloridas, scanners, máquina fotográfica digital, câmeras e gravadores de CD, tudo isso à disposição dos alunos, nos três turnos, independentemente do horário das turmas. Desta maneira, o aluno pode voltar ao laboratório no momento que lhe for mais adequado, fazer os experimentos, refazê-los, aprofundá-los, discutindo os fundamentos teóricos e os resultados experimentais com bolsistas de iniciação científica, mestrado, doutorado, professores e engenheiros. E como bons engenheiros são seres humanos completos, a equipe do LMM também procura criar atrativos para as horas de lazer, com jantas, rodas de violão, sessão de vídeo, palestras e seminários, ingredientes importantes na formação da personalidade integral do aluno, fazendo-o aprender através do convívio e da sociabilidade. Assim, uma seqüência de fotografias Kirlian, expostas no corredor principal do Laboratório, pode ser assunto de conversa e de aprendizado entre os curiosos por fotografia, ou para os estudantes interessados nos detalhes da física das descargas elétricas. E o pedal de distorção da guitarra passa a ser um bom motivo para uma aula informal sobre processamento de sinais.

Portanto, ao imaginar o trabalho que é feito no LMM, esqueça por alguns instantes aquela idéia cristalizada no antigo ensino de Engenharia, de que os laboratórios de ensino são locais onde se executam montagens simples, retiram-se alguns dados e geram-se gráficos e tabelas, rapidamente, cumprindo a função solicitada e, de onde, de preferência, se sai correndo. Esqueça também a idéia daqueles locais cinzentos, poeirentos e habitados por *nerds*, estudantes muito inteligentes e pouco sociáveis. Substitua essa imagem mental por um aquário de peixes, logo na entrada, cuja manutenção é feita pelos próprios estudantes, voluntariamente. Disponha ainda pelas paredes fotos de Einstein, de Eric Clapton e das experiências de algum fotógrafo amador. Procure na estante (ao lado de inúmeras plantas) os números de *Scientific American* e *Computational and Applied Mathematics*, e encontre também *Discover*, *Popular Mechanics*, *Veja*, *Exame*, *Fritjof Capra*, *Steven Pinker*, *Yeats*, *Paul Thagard*, *E. Sahtorius*, *Carl Sagan*,...

O objetivo desse ambiente atrativo é bem claro: envolver o aluno, prendê-lo por mais tempo no laboratório, através de "iscas" capazes de estimular não apenas sua curiosidade científica, mas afetiva, cultural, artística, existencial; fazê-lo descobrir, por si mesmo, sua capacidade de aprendizado, através da experiência e da troca social e intelectual com os outros. Vai repetir os experimentos e aprofundar, criar novos, envolvendo-se com a pesquisa além dos créditos disciplinares, dos títulos

acadêmicos e até mesmo dos horários, como prova a alta frequência de estudantes nas dependências do LMM, até as 23h, mesmo nas sextas-feiras (sempre com um professor ou um engenheiro disponível) > [3](#).

O outro foco pedagógico do trabalho do LMM poderia ser localizado na integração dos alunos de graduação aos projetos de pesquisa e prestação de serviços desenvolvidos no Laboratório por mestrandos e graduandos. Tanto formalmente, como bolsistas, quanto informalmente, como parte integrante do processo de aprendizagem, os alunos de graduação acabam participando ativamente das atividades dos pesquisadores, o que dá um sentido prático e pragmático aos conteúdos que recebem ao longo do curso. Essa característica do processo educacional ganha peso quando são listadas algumas das empresas ou instituições com as quais o LMM interage, na forma de projetos em parceria e desenvolvimento de produtos: Albarus S/A, Maxwell Metalurgia e Equipamentos Científicos, Escola de Educação Física da UFRGS, Escola de Educação Física da UDESC, Clínica Odontológica Ortoben, Clínica Fisiátrica Suporte, e outros. Todos esses trabalhos contribuíram para familiarizar os alunos com as grandes alterações tecnológicas, especificamente na área de informática, integrada ao cotidiano do trabalho do LMM desde sua criação, e hoje também integrada ao material de apoio didático produzido pela equipe do Laboratório.

## **2 – Pioneiro no desenvolvimento e aplicação de informática à instrumentação**

O Laboratório de Instrumentação do Departamento de Engenharia Mecânica da UFRGS – hoje denominado Laboratório de Medições Mecânicas, LMM – foi criado em 1979. O grupo associado a esse Laboratório foi responsável pela implantação, já em 1980, da primeira disciplina de graduação na área de instrumentação, ligada ao curso de Engenharia Mecânica. A partir de então, a equipe do LMM (hoje formada por dois professores, dois engenheiros, nove mestrandos, três doutorandos, oito bolsistas de Iniciação Científica e cinco alunos em trabalho de conclusão) vem desenvolvendo atividades de ensino, pesquisa, extensão, assessorias a empresas, produção de material pedagógico, como livros, kits didáticos e, mais recentemente, CD-ROMs na área de instrumentação (Termometria, Strain Gages e Biomecânica).

A partir de 1986, com o aparecimento dos primeiros computadores do tipo PC no mercado, foram desenvolvidos experimentos envolvendo aquisição e processamento de dados, via microcomputador. Em 1989, a experiência foi relatada na Revista de Ensino de Engenharia (Zaro et alii, 1989), mostrando a nova abordagem (uso do computador) e descrevendo a evolução da disciplina. Na ocasião, praticamente não havia softwares comerciais para computador do tipo PC na área de aquisição e processamento de dados e a equipe do LMM começou a desenvolver este tipo de programa, resultando na poderosa ferramenta chamada hoje de SAD2 (Software de Aquisição e Processamento de Dados, que rivaliza com os hoje comerciais HPVee, Lab View, LabWin, etc.) a > [4](#)

Todos os estudantes que passam pelo LMM recebem o treinamento no uso do SAD e outros softwares para os processos de medição. Desde sua criação, o Laboratório esteve direcionado à implantação de uma experiência didático-pedagógica

diferenciada, muito mais do que a uma disciplina convencional com uso de laboratório. Hoje, três turmas da disciplina Medições Mecânicas (ENG 03 353) são oferecidas para os cursos de graduação em Engenharia Mecânica e Engenharia de Materiais (outras duas, Técnicas Experimentais I e II, para Mestrado/Doutorado). Fazem parte dos conteúdos programáticos obrigatórios da disciplina instrumentos analógicos digitais (além dos parâmetros a serem medidos: força, deformação, torque, aceleração, diâmetro, temperatura, etc.). Os detalhes do conteúdo da disciplina, conforme cronograma seguido no segundo semestre letivo de 1998, podem ser melhor avaliados na tabela a seguir.

**Tabela – Programa da disciplina ENG 03 353 no semestre 98/2**

<b>Aula n°</b>	<b>Data</b>	<b>Conteúdo</b>
01	22/10	Teoria de erros: propagação de erros e tratamento de dados
02	29/10	Instrumentos I : Analógicos
03	05/11	Instrumentos II: Digitais
04	12/11	Instrumentos III: Osciloscópios
05	19/11	Instrumentos IV : Registradores
06	26/11	Instrumentos V: Aquisição de dados via computador (1ª parte)
07	03/12	Instrumentos VI: Idem, 2ª parte
08	10/12	Discussão/Revisão/Exercícios/Discussão de Relatórios
09	17/12	1ª prova
10	24/12	Sensores I: Temperatura - Termopares
11	31/12	Sensores II : Temperatura: NTP, PTC, Pt100, Ni100, Pirômetros de radiação:total, ótico e fotoelétrico: Infravermelho
12	07/01	Sensores III: Força, deslocamento, deformação, torque,..(1ª parte). Extensometria: strain gages
13	14/01	Sensores IV: Idem, 2ª parte
14	21/01	Sensores V: pressão

15	28/01	Sensores VI : óticos, magnéticos, eletrônicos, Aplicações do Laser
16	04/02	Sensores VII : vibração (LVDT, acelerômetro piezoelétrico, sensores piezoresistivos,..
17	11/02	2ª prova
18	18/02	Exame final

Atualmente, no LMM, o desenvolvimento de softwares para aquisição e processamento de dados de laboratório, em várias áreas, continua sendo uma prioridade, seja através de projetos realizados para atender necessidades do setor industrial, seja na forma de teses de mestrado e doutorado. O que antes dependia da boa observação de ponteiros, há mais de dez anos é feito – e ensinado – no LMM através de computadores, permitindo processar matematicamente de maneira direta o sinal coletado.

Para a Escola de Educação Física da UFRGS, por exemplo, foi desenvolvido um pedal para bicicleta ergométrica, com sensores para medir os componentes de força, e um sistema de medição de força e EMG (eletromiografia, para medir a atividade elétrica muscular), destinado a fornecer dados sobre a fadiga muscular dos atletas. Na Figura 1, pode ser vista a bicicleta, onde foi adaptada uma célula de carga que mede componentes de força vertical e horizontal (no pedal). Esta célula está ligada a um condicionador de sinais que, por sua vez, está conectado a um conversor A/D. O sinal é lido diretamente pelo software SAD2. Este trabalho foi desenvolvido pelo aluno de mestrado na ocasião, Eduardo Nabinger, com o auxílio do bolsista de Iniciação Científica, André Maders e do Engenheiro Carlos Thomas, além do professor orientador.



Fig.1 – Bicicleta ergométrica na qual foi adaptada uma célula de carga com strain gages no pedal para medir forças verticais e horizontais. Os strain gages estão conectados a um condicionador de sinais que por sua vez está conectado a um conversor A/D, instalado dentro do computador.

Um outro bom exemplo do desenvolvimento de pesquisa e ensino integrados com a aplicação da informática foi o trabalho desenvolvido pelo doutorando Luiz Carlos Gertz para analisar a postura das mãos e medir a força dos dedos durante a digitação, como uma forma de diagnosticar e prevenir a chamada LER/DORT (Lesão por Esforço Repetitivo/Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho). Com o objetivo de procurar compreender o mecanismo de desenvolvimento da doença, foi desenvolvido um sistema que permite o estudo profundo da tarefa de digitação, com a utilização de três técnicas: EMG, Dinamometria e Cinemetria. Para medir o esforço dos dedos ao digitar, diretamente no teclado do computador, foi desenvolvida uma célula de carga que mede a força aplicada sobre a tecla durante a digitação, com cinco diferentes acessórios para digitadores. Dessa experiência, foi coletado sinal eletromiográfico dos principais músculos envolvidos na tarefa. Utilizando um sistema que transforma imagens em modelos matemáticos, foram filmadas as mãos de um digitador durante o trabalho, tendo sido avaliados os ângulos entre o punho e antebraço, comprometidos com o movimento.

Numa das aulas sobre aquisição e processamento de dados via computador, uma das práticas realizadas é a análise de sinais produzidos por um gerador de sinais (senoidais, triangulares, onda quadrada, de frequência e amplitude variáveis); posteriormente, através de um microfone ligado a um conversor A/D (instalado dentro do computador – na placa-mãe), conforme pode ser visto na Figura 2, produz-se som num diapasão (440 Hz, nota musical = Lá padrão), e esse sinal pode ser visualizado diretamente na tela do computador. Depois de realizada a aquisição, o sinal é processado matematicamente (filtragem, Transformada de Fourier, sub-amostragem). Da mesma forma, são analisados instrumentos musicais (gaita de boca, violão) e a própria voz dos estudantes. **Cada aluno adquire o sinal de sua voz** e, entre outros cálculos matemáticos, executa a FFT que leva à frequência fundamental e às outras componentes (harmônicos) mais importantes. O processamento dos dados também é feito via SAD2.



**Fig. 2 – Análise de sons produzidos por diapasão (nota musical Lá padrão = 440 Hz), gaita de boca e voz humana, com captação de sinal via microfone conectado a um conversor A/D. Processamento de dados via software SAD 2**

Outro trabalho desenvolvido (pelos bolsistas de Iniciação Científica Juliano Pavan e André Maders) no LMM foi o "tradutor Braille". O advento da informática abriu novas frentes de trabalho e trouxe benefícios incalculáveis para os deficientes visuais. Entretanto, sua participação ainda é bastante limitada, devido ao fato de não poderem ler o que está sendo apresentado na tela do computador. Assim, desenvolveu-se um equipamento que traduz os caracteres da tela do computador em caracteres Braille (código Braille), mediante o toque de um dos dedos (figura 3) do usuário sobre a célula Braille desenvolvida.



**Fig. 3 – Deficiente visual usando o sistema desenvolvido no LMM**

A abrangência e importância deste trabalho é imensa. Este sistema poderia ser utilizado, por exemplo, em sistemas de votação eletrônica, elevadores, eletrodomésticos, caixas eletrônicas de bancos, bem como atividades didáticas em escolas e universidades. O equipamento desenvolvido traduz os caracteres da tela (a princípio armazenados em formato .txt) do computador em caracteres Braille (código Braille). Desta maneira, à medida que o texto vai passando na tela, automaticamente um sistema de agulhas vai "passando" para o dedo do deficiente visual cada uma das letras desta tela e isto pode ser feito rapidamente. Esse projeto foi desenvolvido a partir de um cabeçote de impressora matricial nove agulhas (aproveitando o sistema de agulhas); o cabeçote foi então, desmontado e reformulado para operar com seis agulhas (suficiente para desenhar em Braille). O sistema comporta-se como um eletroímã, onde uma peça metálica é magnetizada e funciona como alavanca, elevando as agulhas.

Uma grande vantagem deste sistema em relação aos sistemas de voz, diz respeito à leitura de equações e programas ou textos onde sejam usados símbolos, por exemplo. O gerenciamento do sistema é realizado por um software especialmente desenvolvido para essa finalidade.

### **3 – Novas tecnologias integradas à produção de material didático**

A experiência pedagógica desenvolvida no LMM não seria completa se não abrangesse também a produção de material didático de apoio aos estudantes. Isso inclui muitos dos equipamentos usados nas aulas, além de livros, kits didáticos > [5](#) (para treinamento de recursos humanos em empresas e instituições) e, mais recentemente, CD-ROMs didáticos. Além disso, o conteúdo de cada aula das disciplinas está disponibilizado no site do LMM, na Internet, podendo ser acessado remotamente pelo aluno, que também tem acesso a todo o planejamento da disciplina. A contrapartida para o aprendizado à distância é a exigência de que algumas práticas devem resultar em relatório, na forma de um "paper", nos moldes de publicações destinadas a revistas científicas: título, autor, resumo, abstract (em inglês), fundamentos teóricos, equipamento utilizado, procedimento experimental, resultados (com Teoria do Erros – todos os dados têm que ser avaliados), conclusão e bibliografia. Esse relatório é enviado pelo aluno, via Internet e devolvido pela mesma via, com as devidas correções.

Os alunos já estão recebendo gratuitamente protótipos de CD-ROMs com os conteúdos das disciplinas (Medições Mecânicas, Termometria, Strain Gages e Biomecânica), que contêm fotos dos trabalhos desenvolvidos, descrição de experimentos e sugestões de exercícios. Versões interativas desses conteúdos,

contendo áudio, vídeo e animações, além dos textos e imagens, estão sendo produzidas pelo LMM.

#### 4 – Conclusões (*elaborar melhor*)

Motivação é uma palavra-chave, segundo a experiência realizada no LMM, para quem quer fazer um ensino moderno, integrado às rápidas mudanças do mundo globalizado. O trabalho no Laboratório é feito de forma a permitir a integração ativa dos alunos de graduação nas atividades de pesquisa e desenvolvimento de produtos para várias empresas. O LMM vem buscando a integração do ensino com a pesquisa, através do desenvolvimento de equipamentos de instrumentação e kits didáticos (para treinamento de RH), principalmente na área de biomecânica, utilizando softwares próprios de aquisição e processamento de dados, desenvolvidos pioneiramente pelo Laboratório. Além disso, os estudantes são envolvidos em um ambiente rico, capaz de estimular a curiosidade para elementos de sua própria área de atuação, e também de outras áreas, como a cultura, a arte, a música, a literatura, a fotografia, etc.

Na área de produção de material didático, um exemplo do trabalho do LMM é o desenvolvimento de três CD-ROMs (em fase de produção): Termometria, Extensometria e Biomecânica ( em conjunto com Escola de Educação Física da Universidade Federal do RS e da UDESC, além de médicos fisiatras e do grupo de Medicina do Trabalho do Hospital de Clínicas de Porto Alegre).

Os resultados desta metodologia integrada é medido de diversas formas: o índice de reprovação das disciplinas diminui, o número de horas que o aluno permanece no laboratório (usando Internet, elaborando relatórios, aprendendo a usar softwares, etc.) aumentou significativamente; tudo isso de maneira natural, sem que isso seja exigido ou forçado. Outro resultado mensurável é o aumento a procura por estágios e bolsas no Laboratório.

#### 5 Bibliografia

1. COSTA, N.C.A . O conhecimento científico, Ed. Fapesp, 1997.
2. FREIRE, Paulo. Educação como prática da liberdade. Paz e Terra, 11<sup>a</sup> ed., RJ, 1980.
3. FURTH, Hans . Piaget na sala de aula. Traduzido de Piaget for teachers. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, NJ, EUA, 1970 (Dir. trad. Companhia Editora Forense, RJ).
4. HENRY, J. A Revolução Científica, Ed. Zahar, 1997.
5. THAGARD, P. Mente – Introdução à Teoria Cognitiva, Ed. ArtMed, 1998.
6. ZARO, M. A. et alii. Aquisição e processamento de dados via computador: uma experiência didática na disciplina ENG 03 353 – Instrumentação, na Engenharia Mecânica da UFRGS. Ver Ens. de Engenharia, S. Paulo, 8(1): 34-38, 1<sup>o</sup> semestre 1989.
7. ZARO, M. A. et alii. Instrumentação: uma experiência didática na Escola de Engenharia da UFRGS. Ver Ens. Engenharia, S. Paulo, 4(1): 60-62, 1<sup>o</sup> semestre 1985.