



Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.
ISBN 85-7515-371-4

MODERNIZAÇÃO DE MÁQUINA DE LABORATÓRIO DE ENGENHARIA PARA ATENDER AS ATUAIS PRÁTICAS METODOLÓGICAS DE EXPERIMENTAÇÕES

Petrônio Vieira Júnior – petrônio@ufpa.br

Universidade Federal do Pará, Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação.
66075-900 – Belém - PA

Aruana Araguaia Campos Neves – aruana_neves@yahoo.com.br

Bruno Kato de Almeida – bkato82@yahoo.com.br

Resumo: *As modernas práticas metodológicas para atividades experimentais no ensino da engenharia requerem equipamentos associados a terminais ligados em rede que permitam a disponibilidade de relatórios em arquivo eletrônico, utilização de variadas ferramentas matemáticas para análise dos resultados, exibição dos sinais nas diversas formas de curvas e distribuições, e transmissão dos dados experimentais on-line. O investimento para aquisição destes equipamentos é elevado, por isso a maioria das universidades públicas ainda utiliza tecnologias defasadas. Um exemplo típico ocorre nos laboratórios de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará (UFPA), onde são desenvolvidas atividades de ensino, pesquisa e extensão. Um dos equipamentos requisitados nessas atividades é a Máquina de Ensaio de Tração e Compressão (METC), a qual realiza ensaios de tração e compressão em materiais utilizados na construção civil. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um projeto de modernização da METC, visando adequação desta máquina – adquirida pela UFPA na década de 70 – às modernas práticas metodológicas aplicadas em laboratórios. Esta modernização consiste em, utilizando aquisição de sinais, substituir o mostrador analógico por um digital, permitir que ensaios sejam exibidos qualitativa e quantitativamente na tela de um microcomputador, registrados em arquivo eletrônico, compartilhados com outros usuários, além de conferir maior precisão nas leituras dos dados obtidos. Iniciado pelo estudo de funcionamento da METC, seguido do desenvolvimento de um sensor e de interface de condicionamento e conversão analógico-digital de sinais, e finalmente pela elaboração do Programa de Registro de Ensaios (PRE), este projeto foi implementado, seus resultados são apresentados e podem ser considerados satisfatórios.*

Palavras-chave: *Modernização de máquina, Aquisição de sinais, Instrumentação.*

1. INTRODUÇÃO

O Laboratório de Construção Civil do Departamento de Engenharia Civil da UFPA está localizado no Campus Universitário do Guamá, em Belém (PA). Neste Laboratório são

desenvolvidas atividades de graduação, extensão e pós-graduação. Entre as várias atividades, os alunos realizam testes de materiais para a indústria da construção civil, bem como testam novos materiais. Um dos equipamentos mais requisitados é a Máquina de Ensaio de Tração e Compressão - METC, mostrada na Figura 1.

O funcionamento desta máquina apresenta algumas deficiências quando comparada a modelos mais modernos. A máquina realiza ensaios de tração, de compressão e de flexão, as leituras são apresentadas num mostrador tipo relógio ou registradas em um rolo de papel (também observado na Figura 1). O registro em papel está disponível somente para o ensaio de tração (usualmente são ensaiadas vigas de aço ou ferro) e é um resultado pouco preciso, devido à transmissão mecânica do deslocamento da viga, que é feita através de um barbante. Assim o gráfico obtido é mais qualitativo, ou seja, não se obtém um registro com as grandezas precisas que são de interesse para comparação de ensaio.

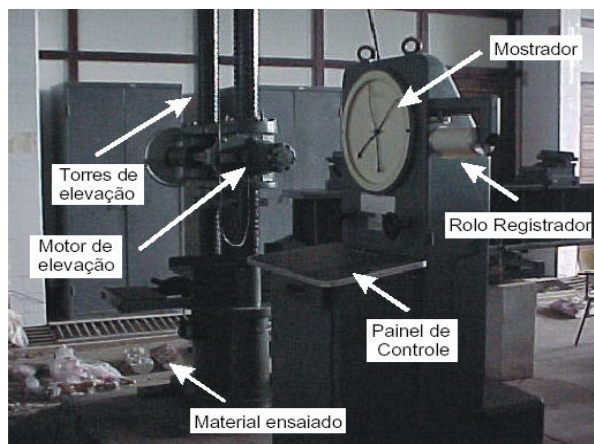


Figura 1 - Máquina de Ensaio de Tração e Compressão do Laboratório de Construção Civil.

É possível dotar a METC de avanços tecnológicos que permitam maior precisão e repetibilidade dos ensaios, além de registrar os resultados diretamente em um arquivo eletrônico. Há uma série de vantagens que podem ser obtidas desta mudança: rapidez na obtenção dos resultados e análise dos gráficos, reprodução de cópias dos ensaios para alunos, professores ou empresas, envio eletrônico dos ensaios facilitando o compartilhamento e divulgação do aprendizado, intercâmbio entre laboratórios, agilidade na elaboração de documentos e relatórios e maior precisão dos resultados pela utilização da instrumentação eletrônica.

A solução encontrada para melhoria do sistema foi construir uma placa de aquisição de sinais para condicionar e converter os sinais analógicos provenientes de um sensor instalado na máquina em sinais digitais. Isto possibilita *interfaceamento* com um computador e obtenção de documentos eletrônicos dos ensaios, criados por um programa que processa estas informações tornando-as acessíveis aos usuários, coletando e exibindo os resultados em tempo real. Usando sensores, uma placa eletrônica para aquisição de sinais (transmissão, condicionamento de sinal e conversão de sinal) e um programa computacional é possível implementar a modernização proposta.

Assim, com o desenvolvimento do projeto, o Departamento de Engenharia Civil é contemplado com a modernização da METC, permitindo que os alunos e professores deste curso realizem seus experimentos trabalhando com tecnologias atuais. E o Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação é contemplado com o desenvolvimento de uma placa para um Sistema de Aquisição de Dados para Automação e Controle – SADAC –, possibilitando aulas práticas de Eletrônica Digital e Controle e Automação de Processos usando microprocessadores. Temos, então, avanço no ensino para ambos os cursos.

2. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

2.1 Condicionamento de sinais

O condicionamento de sinais exige alguns conhecimentos teóricos. A princípio foram utilizados: amplificadores operacionais (Amp Op), resistores e um Programa de Simulação com Ênfase em Circuitos Integrados (PSpice).

A entrada do circuito (Figura 2) possui o primeiro dos Amp Op, com configuração de seguidor de tensão (*Buffer*). O segundo Amp Op tem uma configuração inversora para proporcionar um ganho inferior a um, que neste caso é 0,25. E o terceiro também será um inversor com ganho igual a um, para retornar o sinal positivo.

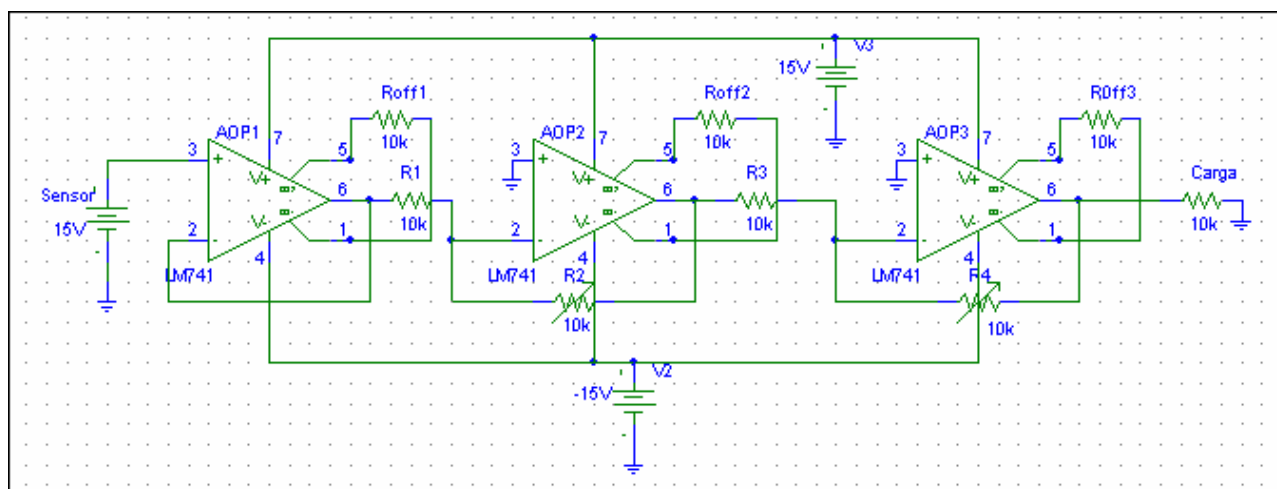


Figura 2 - Arranjo de Amp Op.

A Figura 3 mostra a curva de linearidade do circuito de condicionamento entre a entrada e a saída do sinal. Através desse gráfico encontra-se uma constante de linearidade de aproximadamente 0,25, a qual se iguala ao ganho ajustado nos amplificadores operacionais. Desta forma, está comprovada a linearidade do sistema de interesse.

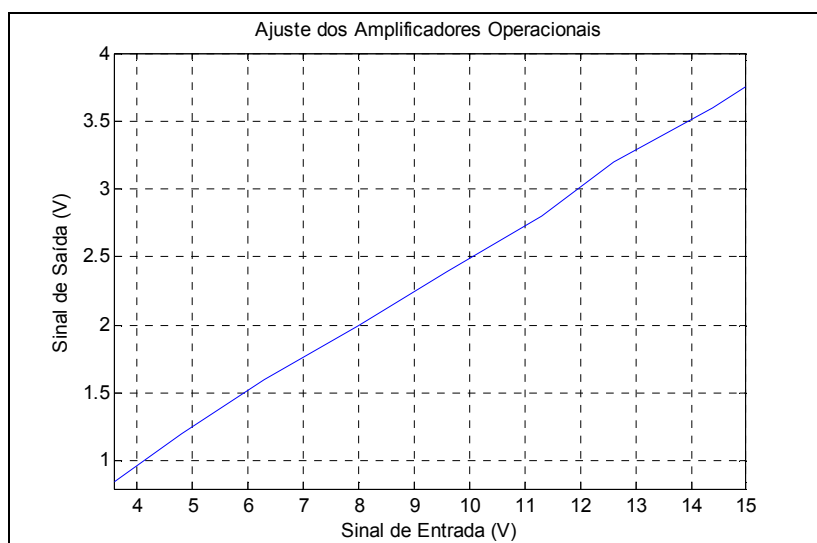


Figura 3 - Curva de linearidade do circuito de condicionamento de sinais.

Conversão analógico-digital

Para a realização da conversão analógico-digital (A/D) é necessário conhecer algumas características do ADC0804LCN, conversor utilizado neste trabalho. Os dados mais relevantes são o tempo de conversão menor que $100 \mu\text{s}$, entradas e saídas compatíveis com o padrão TTL, gerador de *clock* interno, tensão de entrada analógica de 0 V a 5 V, erro de ± 1 LSB (bit menos significativo) e o tempo de subida do pulso para leitura, que é de 20 ns.

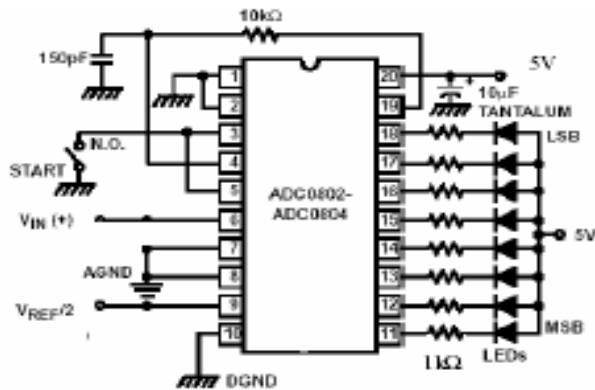


Figura 4 - Configuração de conversão analógico-digital contínua.

Sensor

O sensor de deslocamento consiste em uma criação bem simples: um potenciômetro multivoltas com seu eixo acoplado a uma roda dentada, e um trilho.

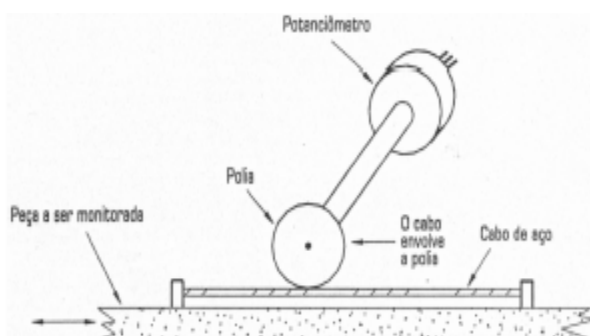


Figura 5 - Sensor de deslocamento linear.

O sensor deve ser instalado na agulha do rolo registrador como mostra a Figura 6. Essa localização se baseia principalmente por não alterar a estrutura da máquina e pela facilidade de adquirir as informações mecânicas do deslocamento da agulha do rolo registrador.



Figura 6 - Detalhes do rolo registrador.

2.2 Estrutura de *interfaceamento* com o microcomputador

O microcomputador (ou apenas PC) nomeia as portas paralelas, chamando-as de LPT1, LPT2, LPT3, e assim por diante, mas, a porta física padrão do computador é a LPT1, e seus endereços são: 378h (para enviar um byte de dados pela Porta), 378+1h (para receber um valor através da Porta) e, 378+2h (para enviar dados).

O DB25 é um conector que fica na parte de trás do gabinete do computador, e é através deste, que o cabo paralelo se conecta ao computador para poder enviar e receber dados.

A Figura 7 mostra o conector padrão DB25, com 25 pinos, onde cada pino tem um nome que o identifica:



Figura 7 - Conector DB25 macho.

Existem vários modos de controle. O modo EPP (*Enhanced Parallel Port*), interesse do trabalho, utiliza uma comunicação bidirecional com 8 vias com lógica invertida para enviar e receber os dados.

Multiplexação

Na análise do comportamento dos materiais ensaiados quando submetidos a uma força de tração, é de interesse dos estudantes avaliar a relação existente entre o deslocamento (alongamento) do material e esta força, até sua ruptura. Para fazer a junção das informações de deslocamento e tração, é necessária a utilização de uma técnica chamada multiplexação. A multiplexação consiste em capturar na entrada dois ou mais sinais distintos e obter como saída esses sinais em uma só linha de transmissão.

Existem diversos dispositivos multiplexadores, dentre os quais os mais conhecidos são os circuitos integrados (CI's) 4066 e 4016. Os multiplexadores 4066 e 4016 são estruturalmente muito semelhantes, ambos contendo internamente quatro *switches*. Optou-se pelo uso do CI 4066 devido a ele ser mais sensível a mudanças rápidas de valores, ter uma impedância interna menor e também devido à disponibilidade deste componente no laboratório de Engenharia Elétrica.

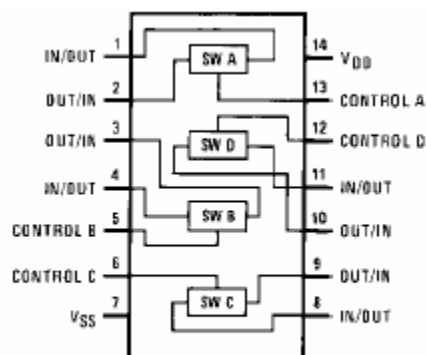


Figura 8 - Diagrama de conexões do CI CD4066BC (www.fe.up.pt/~victorm/CMOS)

Na Figura 9, vemos um esquema simplificado da aquisição da tração e deslocamento pelo PC.

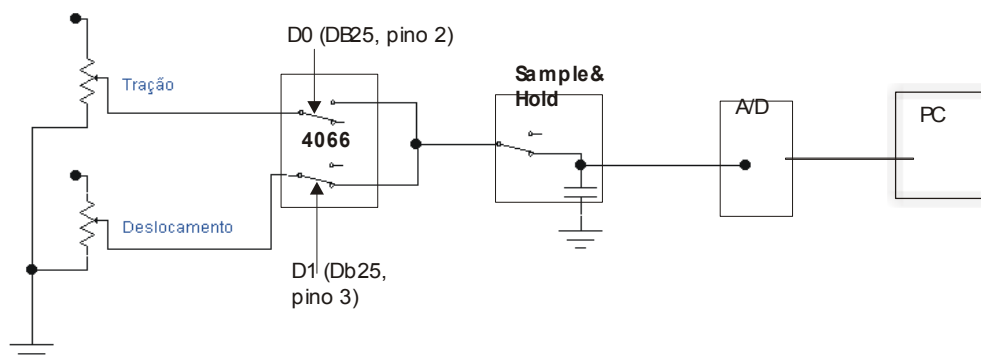


Figura 9 – Multiplexação dos sinais de tração e deslocamento

De acordo com o esquema, a tração e o deslocamento, depois de passarem pelos seus devidos transdutores, têm seu sinal direcionado ao multiplexador. Para garantir que o computador reconheça qual o dado que está recebendo, pensou-se primeiramente em fazer o controle das chaves por um trem de pulsos ligados às entradas de controle de duas chaves, uma delas precedida por um inversor. Verificou-se, em seguida, que seria mais vantajoso realizar esse controle pela própria porta paralela do PC. Neste caso foram escolhidos os pinos 2 e 3, que são pinos de saída do conector DB25. Os sinais de controle acionam as chaves que se fecham alternadamente a cada 1 ms. Desta forma, com a ligação entre as saídas das duas chaves, os dois sinais passam por uma só via. É necessário também o uso de um circuito *Sample & Hold* (amostra e segura), que discretiza os sinais de tração e deslocamento. O intervalo de tempo em que a chave desse circuito se fecha deve ser menor do que o das chaves do 4066. A chave do *Sample&Hold* também é controlada pela porta paralela, através do pino 4. Uma das últimas etapas é realizar a conversão do sinal analógico para digital. O conversor A/D será controlado pelo pino 4 do DB25, que determina o início da conversão. Esses procedimentos garantem total discernimento por parte do PC entre os sinais de tração e deslocamento, pois os intervalos de amostragem, conversão e seleção serão definidos através dele mesmo.

2.3 Desenvolvimento do programa

O fluxograma do Programa de Registro de Ensaios (PRE) mostrado na Figura 10, já deixa nítida a simplicidade da interface criada para o usuário.

O Delphi versão 6.0 (um programa de linguagem de alto nível que funciona como uma *interface* facilitadora à construção de um programa que utiliza um *compilador* como conversor para a linguagem de máquina) foi a incubadora de construção do PRE. Sua *interface* se faz por dois botões (Iniciar e Parar); um mostrador em tempo real do valor da tração; um gráfico para visualizar o resultado do ensaio de tração pelo tempo e um *menu* para tornar a *interface* ainda mais interativa, onde neste há a possibilidade de salvar os resultados em arquivos eletrônicos (*.txt e *.bmp) com as caixas de “Salvar Como”, padrões do sistema operacional Windows. A Figura 11 mostra a janela principal do programa.



Figura 10 - Fluxograma do novo Programa de Registro de Ensaios.

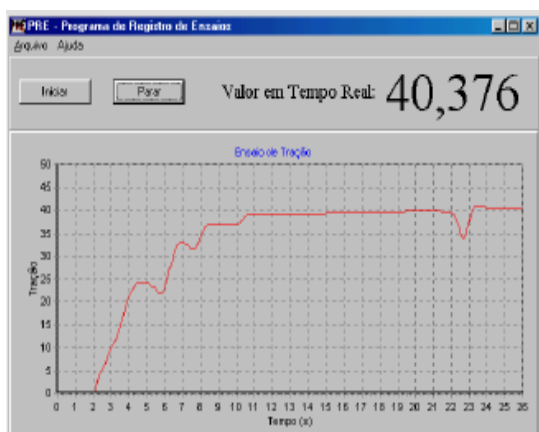


Figura 11 PRE sendo executado.

2.4 Implementação

A construção do *layout* da Placa de Circuito Impresso (PCI) de aquisição de sinais foi realizada em uma família de programas do OrCAD 9.2. O *layout* da placa de aquisição pode ser visualizado na Figura 12. E mesmo através de um processo totalmente manual de confecção da PCI, verifica-se mais adiante, na Figura 15, um resultado bastante satisfatório.

Para complementar a aquisição de sinal, uma placa de alimentação foi construída para servir como fonte de energia a PCI de aquisição.

Um exemplo de implementação do sistema de automatização é mostrado na Figura 14. Neste o cabo manga interliga a placa de aquisição de sinais e o computador. Um potenciômetro representa o sensor de deslocamento e a placa de alimentação representa a fonte. A Figura 13 detalha melhor esse circuito.

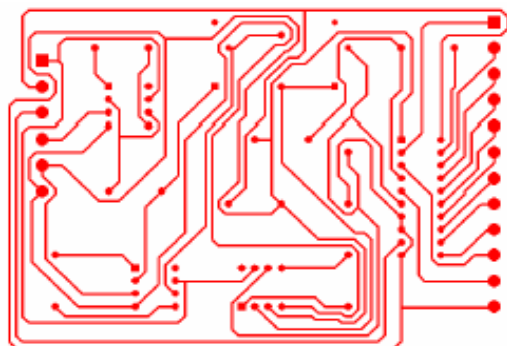


Figura 12 - Layout da placa de aquisição

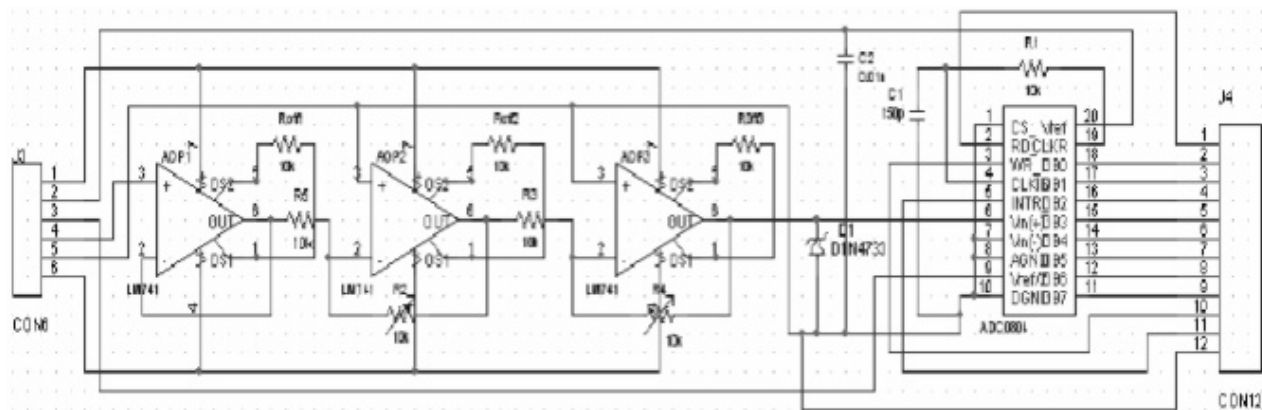


Figura 13 - Esquemático da Placa de Aquisição de Sinais



Figura 14 - Esquema para os testes com o Programa de Registro de Ensaios.

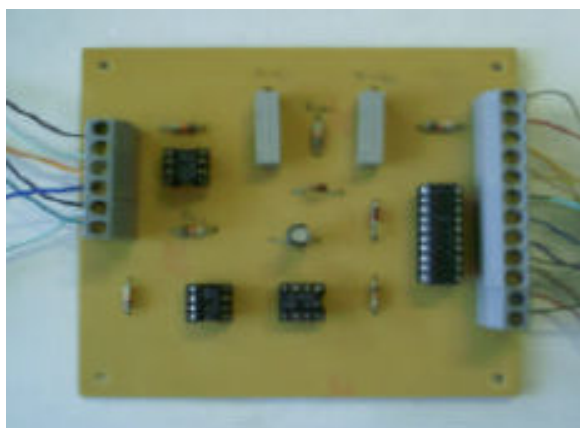


Figura 15 - Placa de aquisição de sinais.

3. RESULTADOS

A placa de circuito impresso de aquisição de sinais e o Programa de Registro de Ensaios apresentaram os resultados desejados. Deste modo justifica-se a modernização da

máquina de ensaios de tração, constituindo um avanço tecnológico significativo para a área de ensaio na construção civil, possibilitando aos alunos a utilização de um instrumento confiável para atestarem ou tão somente conferirem a qualidade dos produtos produzidos pelas empresas da área de construção civil, uma vez que, esta será a única máquina de ensaios totalmente automática desenvolvida com tecnologia local.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a modernização da Máquina de Tração e Compressão do Laboratório de Construção Civil, o objetivo deste trabalho é alcançado, por permitir a utilização de modernas práticas metodológicas laboratoriais, através de um registro de ensaio automatizado, melhorando a qualidade, a confiabilidade, permitindo a transmissão eletrônica dos resultados e criando uma ferramenta que facilita aos alunos de Engenharia Civil a comparação prática com os fundamentos teóricos assimilados.

Utilizando recursos disponíveis de pesquisa e a escolha do sensor de deslocamento adequado, este trabalho contribui também por mostrar-se de baixo custo (aproximadamente R\$ 350,00) quando comparado ao preço de uma máquina moderna, sendo uma solução a ser adotada pelas universidades públicas. Fica evidenciada outra prática metodológica institucionalizada que é a integralização do ensino, pesquisa e extensão. Esta integração ocorre pelas atividades correlacionadas neste trabalho, visto que é voltado para as práticas do ensino, precisou da pesquisa para desenvolver a solução e utilizou-se da extensão na medida em que foi implementado um projeto de engenharia.

Os resultados dos ensaios poderiam ser melhores usando ferramentas tecnológicas atualizadas. Sugere-se como evolução do trabalho o estudo de sensores mais avançados às atividades, considerando como um fator importante nos ensaios a velocidade com que estes se realizam. Sendo constante e no valor correto seria possível aumentar consideravelmente a precisão de análise do comportamento dos materiais. Atualmente, o controle de velocidade do ensaio é feito com manipulação humana, através da abertura e fechamento das válvulas hidráulicas responsáveis pela tração e compressão da máquina. Então, o controle automatizado da velocidade poderia ser uma outra etapa do trabalho ou de projetos futuros.

Outro aspecto gratificante deste trabalho é a interdisciplinaridade, pois beneficia o ensino não somente praticado no curso de Engenharia Civil, mas também em Engenharia Elétrica, pois foi desenvolvido por alunos deste curso, contribuindo na sua formação acadêmica, proporcionando reforço no seu embasamento teórico, e serve como modelo para estudos futuros de aquisição de sinais que poderão ser realizados por outros estudantes.

Agradecimentos

Que fique registrado nosso agradecimento ao Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação da UFPA, Departamento de Engenharia Civil da UFPA, Pró-reitoria de Pesquisa e Extensão da UFPA, aos professores Dr. Raimundo Nazareno Cunha Alves (*in memoriam*) e Dr. Perilo Rosa, aos técnicos Arnaldo Machado Silva e Urbano Rebelo Furtado e a todos os colegas do Núcleo de Energia, Sistemas e Comunicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADADE Filho, A. **Matlab Básico**. São Paulo: CTA-ITA-IEMP, 2002

CANTU, M. **A Bíblia do Delphi 3**. São Paulo: Makron Books, 1999.

CATÁLOGO FARNELL. **The Eletronic Components** . Catalogue. 1998/1999

ORCAD Family Release 9.2, *Online Manuals*.

PAZOS, F. **Automação de Sistemas e Robótica**. Axcel Books, 2002.

PERTENCE Jr., A. **Amplificadores Operacionais e Filtros Ativos**. Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 1988.

RUBENKING, N. J. **Programação em Delphi 3 para leigos**. São Paulo: Berkeley Brasil, 1998.

SEDRA, A. S., SMITH, K. C. **Microeletrônica**. São Paulo: Makron Books, 2000.

SOUZA, C. P., COSTA Filho, J. T. **Controle por Computador: Desenvolvendo Sistemas de Aquisição de Dados para PC**. São Luís: EDUFMA, 2001.

MODERNIZATION OF A ENGINEERING LABORATORY MACHINE FOR ATTEND ACTUAL METHODOLOGICAL PRACTICES OF EXPERIMENTATIONS

***Abstract:** The modern methodological practices for experimental activities in the teaching of the engineering request equipments associated to linked terminals in net that they allow readiness of reports in electronic files, use varied mathematical tools for analysis of the results, exhibiting the signs in the several forms of curves and distributions, and on-line transmission of the experimental data. The investment for acquisition of these equipments is high, so most of the public universities still use outdated technologies. A typical example happens at the laboratories of Civil Engineering of the Federal University of Pará (UFPA), where graduation activities, researches and extension are developed. One of the equipments requested in those activities is the Traction and Compression Rehearsal Machine (METC), which accomplishes traction and compression rehearsals with materials used in the building industry. This article presents the development of a project of modernization of METC, seeking adaptation of this machine - acquired by UFPA in the 70's - to the modern methodological practices applied in laboratories. This modernization consists of substituting the analogical display case for a digital one, to allow the rehearsals to be exhibited qualitative and quantitatively in the screen of a microcomputer, registered in electronic file, shared with other users, and implementing larger precision in the readings of the obtained data. This project was initiated by METC operation study, then by the development of a sensor and conditioning interface and analogical-digital signs conversion, and finally for the elaboration of the Registration of Rehearsals Program (PRE), this project was implemented, their results are presented now and they can be considered satisfactory.*

***Keywords:** Machine Modernization, Signal acquisition, Instrumentation.*