

## RESULTADOS DA EXPERIÊNCIA CONJUNTA PARA QUALIFICAÇÃO DE LABORATÓRIO NA ENGENHARIA CIVIL

**Maurício de Campos** – [campos@unijui.tche.br](mailto:campos@unijui.tche.br)

**Cristina Eliza Pozzobon** – [pozzobon@unijui.tche.br](mailto:pozzobon@unijui.tche.br)

**Manuel Martín Pérez Reimbold** – [manolo@unijui.tche.br](mailto:manolo@unijui.tche.br)

**Luciano Pivotto Specht** – [specht@unijui.tche.br](mailto:specht@unijui.tche.br)

**Ivan Paulo Canal** – [canal@unijui.tche.br](mailto:canal@unijui.tche.br)

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI

Departamento de Tecnologia - DETEC

Rua São Francisco 501, Bairro São Geraldo

98700 000 – Ijuí – Rio Grande do Sul

**Resumo:** *Tendo em vista que cada habilitação em engenharia é um conjunto distinto de saberes, realizar uma pesquisa envolvendo duas grandes áreas do conhecimento, como a Engenharia Elétrica e a Engenharia Civil, torna-se um desafio; especialmente quando se concebe a atividade de pesquisa, não como uma simples troca de informações, mas como uma busca e como um entendimento compartilhado entre as duas áreas. Este artigo visa relatar uma experiência de grande êxito, fruto de um trabalho de pesquisa em conjunto com professores e alunos destas engenharias. O objetivo principal desta pesquisa centralizou-se no desenvolvimento de um equipamento para qualificar a estrutura do Laboratório de Engenharia Civil (LEC/UNIJUI). Considerando o baixo custo e os grandes benefícios obtidos, o projeto demonstra que é possível reduzir investimentos utilizando a criatividade e, ainda, envolvendo os acadêmicos e potencializando seus conhecimentos. Esta experiência é um exemplo prático de interlocução entre diferentes áreas do conhecimento, da qual resulta a reconstrução dos saberes.*

**Palavras-chave:** *Interdisciplinariedade, Laboratórios, Pesquisa e Iniciação Científica.*

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Considerações iniciais

A interdisciplinariedade e a transdisciplinariedade, muito comuns nos discursos pedagógicos atuais, e presentes na maioria dos projetos político-pedagógicos e diretrizes curriculares, são ações bastante complexas.

A implementação dessas ações pressupõe mudanças, tanto nos conteúdos acadêmicos quanto nos conceitos entendidos pela maioria dos docentes de engenharia. Dentro dessa realidade, a pesquisa pode ser a chave para a consolidação dessas ações.

Nos cursos de engenharia do país, a pesquisa representa a quase totalidade das inovações tecnológicas; entretanto, normalmente, os projetos são desenvolvidos se imaginado grandes transformações e se esquecendo da simplicidade que define o próprio conceito de engenharia.

Segundo Marques (2001), a pesquisa no contexto universitário se faz co-extensiva a todos os âmbitos da instituição. Para esse autor, a pesquisa é uma obra coletiva da continuidade, necessária ao aprofundamento dos temas e ao alargamento das perspectivas exigidas pelo avanço tecnológico.

## **1.2 Apresentação do problema**

Os docentes das escolas de engenharia são cobrados quanto a sua produção científica, tanto pelo Ministério da Educação (MEC), nos processos de avaliação dos cursos, quanto por outros agentes, inclusive os financiadores. No entanto, enfrentam constantemente o problema da falta de recursos, pois os órgãos financiadores estão cada vez mais fragilizados e, por isso, cada vez mais exigentes para a liberação de recursos à pesquisa. Nesse cenário, o esforço pela produção de novidades e, principalmente, pela busca das tecnologias de ponta, tem delineado a pesquisa no país.

Assim, na busca por soluções complexas, muitas vezes os pesquisadores brasileiros se esquecem das soluções simples que sempre permearam o conceito de engenharia. Em face desse fato, os alunos de graduação, principalmente das escolas que não possuem programas de pós-graduação, acabam fazendo parte desse processo.

Se, por um lado, essa busca por soluções complexas pode ser encarada a partir do contato com tecnologias avançadas, quem permitem ao discente a ampliação do seu espectro de conhecimento e a conseqüente elevação do seu nível intelectual; por outro lado, as universidades estão formando engenheiros com visões tecnicamente avançadas que dificilmente buscam soluções simples, impedindo que a simplicidade e a criatividade sejam o foco do desenvolvimento tecnológico.

Sobre a afirmativa, Souza (2001) comenta que a falta de imaginação presente no meio acadêmico vem, sistematicamente, formando especialista em áreas estanques. O mesmo autor relata que os acadêmicos e, posteriormente, os engenheiros sofrem da carência de visualização de respostas criativas para os problemas, e acabam optando, quase sempre, por soluções consagradas - clássicas – em detrimento do caminho da experimentação e da ousadia.

Além disso, na maioria dos casos, a pesquisa, em função das particularidades de cada curso e dos aprofundamentos exigidos pela própria comunidade científica, converge para algo unidisciplinar.

Promover a interdisciplinariedade entre as grandes áreas da engenharia pode, além de outros benefícios, contribuir para solucionar os problemas que uma das áreas possui pelo uso de conhecimentos básicos das outras áreas. Ou, ainda, para construir novos conhecimentos baseados na interlocução de cada uma das engenharias.

Outro desafio da interdisciplinariedade está posto quando se pensa em tecnologia laboratorial. Construir e manter laboratórios para ensino, pesquisa e extensão atualizados requer recursos que, muitas vezes, não estão disponíveis no ambiente acadêmico. Além disso, o avanço tecnológico torna os equipamentos obsoletos rapidamente e dificulta, ainda mais, a manutenção de laboratórios qualificados.

Em vista disso, uma solução simples que, de certa forma, possibilita solucionar todos os pontos aqui colocados, é a utilização das competências de cada área para a solução dos problemas de outras áreas, dirigindo as ações e os projetos de iniciação científica para serem o elo de ligação entre as grandes áreas do conhecimento.

## **1.3 Apresentação do trabalho**

Baseado na discussão anterior, o principal objetivo deste trabalho está em expor como uma pesquisa de iniciação científica, coordenada pelo curso de Engenharia Elétrica, centralizada no desenvolvimento de um sistema de automatização de um equipamento, qualificou a estrutura do Laboratório do curso de Engenharia Civil (LEC) da UNIJUÍ.

Trata-se do equipamento para ensaio de cisalhamento direto do Laboratório de Engenharia Civil que era, apesar de eficiente, totalmente manual. Sua substituição estava inviável, tanto pela falta de recursos do próprio laboratório quanto pela justificativa que o referido equipamento foi adquirido recentemente.

Assim, surgiu a proposta de envolver alunos do curso de graduação em Engenharia Elétrica em conjunto com alunos de graduação em Engenharia Civil para o desenvolvimento de um projeto de iniciação científica que visava à automatização do equipamento.

## **2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO ASSUNTO**

O LEC (Figura 1) é um núcleo de apoio do curso de engenharia civil que engloba diversos ambientes: *[i]* Laboratório de concreto; *[ii]* Laboratório de ensaios especiais; *[iii]* Câmara úmida com umidade e temperatura controladas; *[iv]* Laboratório de geotecnia; *[v]* Laboratório de pavimentação; *[vi]* Laboratório de cerâmica; *[vii]* Casa de projetos; *[viii]* Sala para atividades práticas de ensino.



A forma mais usual de se determinar a coesão e o ângulo de atrito é através do ensaio de cisalhamento direto. Este ensaio consiste em determinar qual a tensão de cisalhamento capaz de provocar a ruptura de uma amostra de solo para uma dada tensão normal. Head (1981) apresenta o detalhamento completo acerca do ensaio.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS**

#### **3.1 Equipamento Pavitest**

O equipamento Pavitest, modelo I1073, da marca Contenco, apresentado na Figura 3, é utilizado no laboratório de solos para a realização do ensaio de cisalhamento direto em solos e rochas brandas.



Figura 3 - Equipamento Pavitest modelo I1073 da marca Contenco

Nesse equipamento existe uma caixa, composta por duas partes deslocáveis entre si, onde é colocada uma amostra de solo. Nessa caixa, aplica-se uma tensão normal ( $P$ ), num plano, e verifica-se, através de um dinamômetro analógico, o valor de tensão cisalhante ( $S$ ) na qual ocorre a ruptura naquele plano, conforme mostra a Figura 4.

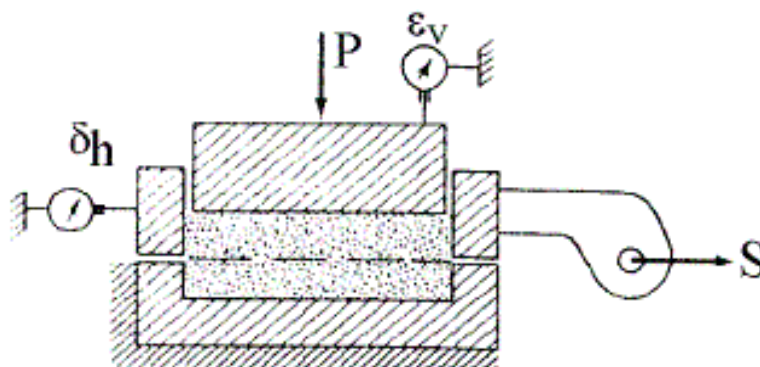


Figura 4 -Corpo submetido a uma tensão normal e a uma tensão cisalhante

Além deste dinamômetro analógico, outros dois sensores de deslocamento, também analógicos, exibem a deformação vertical ( $\epsilon_v$ ) e horizontal ( $\delta_h$ ) instantânea.

O processo de ensaio demora de seis a doze horas, sendo necessária a presença constante de um aluno e/ou professor e/ou laboratorista para obter os resultados, monitorados em intervalos aproximados de 15 minutos, quanto a prensagem e a deformação do solo. Tais resultados apresentam todas as limitações das medições analógicas e da precisão da leitura do olho humano.

O progressivo desenvolvimento tecnológico exige equipamentos que supram o controle manual e, para isso, a automatização é o conjunto de fenômenos destinados a substituir o esforço dos homens. O número de componentes automáticos aumentou muito e, assim, chegou a eliminar a intervenção do ser humano. O progresso da tecnologia eletrônica e da informática, associados ao plano industrial, constituem uma evolução paralela à robótica.

Partindo-se desse pressuposto, a fim de melhorar o processo e garantir resultados confiáveis da prensagem e da deformação do solo, desenvolveu-se um sistema onde as aferições são realizadas de forma digital, monitoradas por um software através de um computador PC compatível.

### 3.2 A solução tradicional

Tradicionalmente haveria duas soluções possíveis neste caso: A primeira seria a substituição do equipamento por outro automático e a segunda, a automatização do mesmo.

Para automatizar este equipamento, seria necessária a troca dos sensores de deslocamento analógicos por dois LVDT (Linear Variable Differential Transducer), que são um tipo particular de sensor de relutância variável, amplamente utilizado na indústria.

Os sensores comerciais LVDT são comercializados por diversos fabricantes, chegando a uma precisão máxima de 0,1 micrometro; no entanto seus custos, em torno de R\$3.300,00 (três mil e trezentos reais), são proibitivos.

Além disso, seria necessária a utilização de uma célula de carga para substituir o dinamômetro e uma placa de aquisição de dados, além de um software e de um microcomputador que suportasse todo esse sistema.

O custo estimado do conjunto ficaria seria em torno de R\$ 15.000,00 (quinze mil reais), o que pode ser considerado relativamente alto.

### 3.3 O sistema proposto

O sistema proposto pode ser dividido em duas partes.

Na primeira é medida a tensão cisalhante (S), onde um conversor analógico-digital recebe os dados de uma célula de carga, instalada em paralelo com o dinamômetro. Estes dados, em forma de tensão analógica já amplificada, são convertidos em dados digitais e, de forma interativa, transmitidos ao computador. A Figura 5 apresenta a parte direita do diagrama.

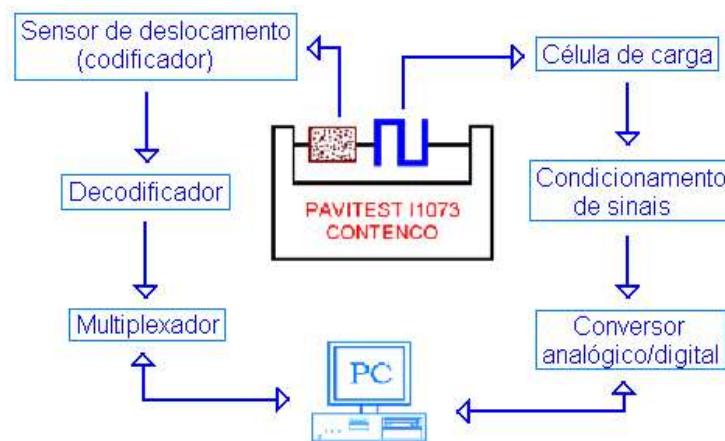


Figura 5 - Esquema de aquisição do sinal de deslocamento e da tensão cisalhante

Para a implementação do projeto está sendo usada a célula de carga da Alfa Instrumentos, modelo Z-500, com grau de proteção IP67 (Figura 6). Essa célula é a prova d'água, tem capacidade nominal de carga de 500 kg, resistência de isolamento maior que 5000 MΩ e erro combinado à saída menor que 0,03 %.





Figura 6 - Célula de carga da Alfa Instruments

O conversor analógico-digital utilizado para ler a célula de carga é um ADS7825, fabricado pela Burr Brown, com resolução de 16 bits, 4 entradas analógicas, capacidade de conversão de  $25\mu$  segundos, com possibilidade de transmissão dos dados paralelamente ou serialmente.

Na segunda parte do sistema, a deformação do solo é medida através de dois sensores de deslocamento (vertical e horizontal). Embora estes sensores utilizem a mesma estrutura mecânica do modelo original, conectou-se, junto ao eixo dos ponteiros do mostrador analógico, um encoder incremental. Com o funcionamento baseado em um mouse de computador, o sistema é relativamente barato e simples e consegue ter uma boa precisão, considerando que os mostradores analógicos dependem da precisão do olho do operador (Figura 7 e Figura 8).

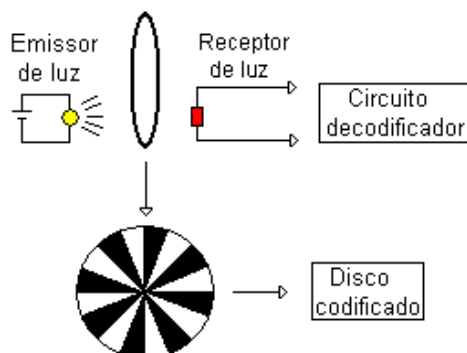
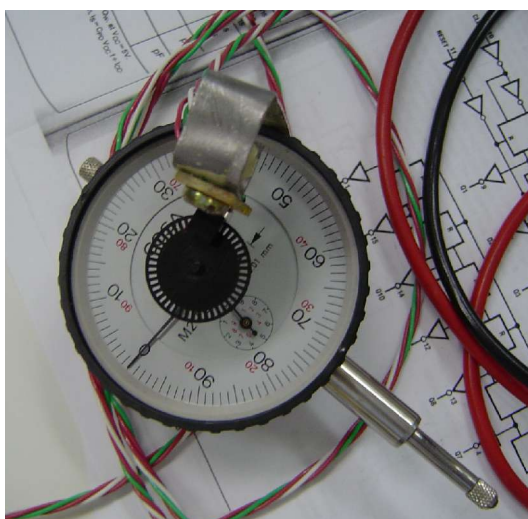


Figura 7 - Esquema de codificação do sinal de deslocamento



O sinal codificado pelo encoder incremental é enviado a um circuito decodificador (Figura 9), o qual recebe a mensagem registrada em código, interpreta os sinais que constituem esse código e os disponibiliza em 12 bits para que também possa ser lido pela porta paralela do PC. Vide Figura 4 (parte esquerda do diagrama).

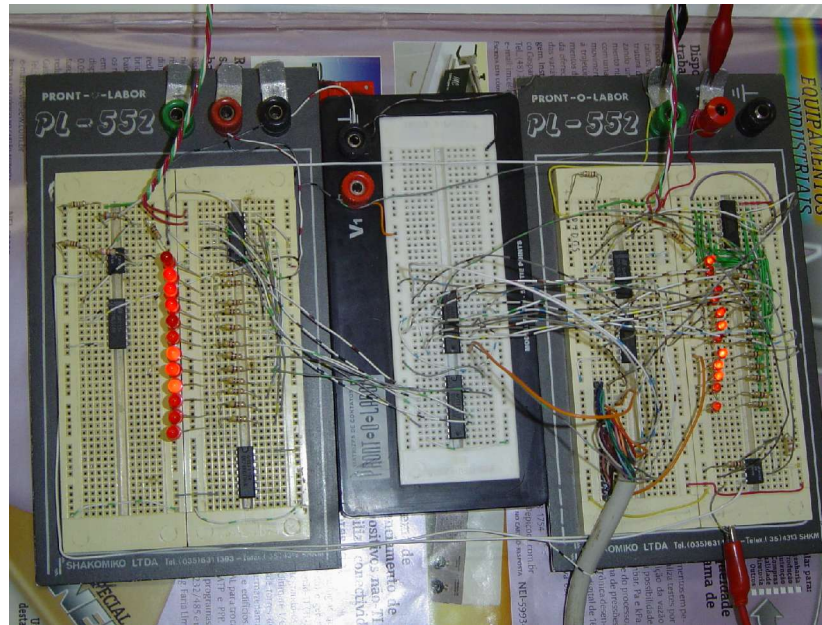


Figura 9 – Protótipo do circuito decodificador e do circuito de conversão analógico digital

Para controlar o sistema, está sendo utilizado um computador PC 486 DX2/66MHz, da marca IBM, o qual não teria outra utilidade no Departamento de Tecnologia. Através da porta paralela deste computador são adquiridos os dados oriundos do circuito apresentado na Figura 07.

Ressalta-se que esse tipo de PC é desprezado e, provavelmente, seria sucateado. O software que controla todo o sistema foi desenvolvido utilizando-se softwares livres, no caso o Bloodshed Dev-C++ (Copyright (C) 1989, 1991 Free Software Foundation, Inc.) e as tabelas geradas para a utilização no Microsoft Excel®.

Com isso o custo final do sistema não ultrapassou R\$ 1.000,00 (um mil reais).

#### 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Sob o ponto de vista técnico, cabe mencionar que:

- O ensaio de cisalhamento direto é necessário para que se conheça a máxima tensão que pode atuar em uma superfície sem levá-la à ruptura. Esse dado é extremamente relevante para o desenvolvimento de um projeto adequado, principalmente em engenharia civil.
- A automação do procedimento de caracterização dos solos é de grande importância para os usuários do processo, se consideradas a melhor precisão das aferições e o fato que não se faz mais necessária a presença de uma pessoa para monitorar o ensaio.
- O sistema apresentou resultados considerados satisfatórios desde o início dos testes.
- Considerando o custo, muitas vezes inferior a um sistema de automação tradicional e bem inferior em relação a um equipamento novo, o sistema implementado consegue aliar simplicidade e eficiência. A partir destes resultados estão sendo confeccionadas as placas de circuito impresso para a montagem definitiva do equipamento.

Sob o ponto de vista didático-pedagógico, duas outras vantagens são enumeradas:

- Como o sistema não eliminou os mostradores e sensores originais da máquina, é possível apresentar para os acadêmicos o ensaio tradicional e compará-lo com o automatizado.

- É possível, também, que o professor solicite a realização do ensaio tradicional e compare os resultados apresentados pelos acadêmicos com os resultados obtidos pelo computador.

Assim, utilizando um trabalho de iniciação científica, foi possível qualificar o Laboratório de Engenharia Civil e, principalmente, fazer com que acadêmicos de engenharia elétrica e civil interagissem enquanto áreas de conhecimento.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse caso o desenvolvimento de sensores foi fundamental para que os alunos entendessem que a engenharia pode solucionar problemas de forma simples. Mostrou que a criatividade ainda é a maior qualidade em um engenheiro.

A utilização dessa experiência deve alimentar um novo desafio que é o aproveitamento do sistema até então desenvolvido para a solução de problemas oriundos nas outras engenharias, principalmente na Engenharia Mecânica e na Agronomia, uma vez que o sistema de aquisição de dados pode ser adaptado para trabalhar com outras aplicações em diversas áreas.

### *Agradecimentos*

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de iniciação científica do acadêmico Ivan Paulo Canal, que contribuiu para a realização deste trabalho.

A Texas Instruments, que através do seu programa de doação de componentes, possibilitou a realização do trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPUTO, P. H. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Rio de Janeiro: LTC. v.1. 1989.

HEAD, K. H. **Manual of soil laboratory testing**. London: Plymouth. v.2. 1982.

LAMBE, W., L.; WHITMAN, R., V. **Mecánica del suelos**. Cidade do México: Limusa. 1974. 582p.

MARQUES, M. O. **Escrever é preciso - O princípio da pesquisa**. Ijuí: Ed. Unijuí, 4. Ed., 2001, 168p.

PINTO, C. S. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas**. São Paulo: Oficina de Textos. 2000. 247p.

SOUZA, B. C. C. **Criatividade: Uma arquitetura cognitiva**. 2001. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BERGSMAN, P. **Controlling the world with your PC**. New York, USA: High Text publications, 1994.

BOGART, T. F. **Dispositivos e circuitos eletrônicos**. São Paulo: Makron Books, 2001.

TEXAS INSTRUMENTS. Disponível em: <<http://www.ti.com>> Acesso em: 20/05/2004.

VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos e suas aplicações**. São Paulo: Mc-Graw Hill. 1987.



## RESULTS OF THE EXPERIENCE FOR QUALIFICATION OF LABORATORIES OF THE CIVIL ENGINEERING

**Abstract:** *The interdisciplinarity is a placed challenge the all the teachers, however each qualification in engineering is a group different from know. This way, a challenge in this sense is to accomplish a research evolved two great areas of the knowledge, as an example the Electric and Civil Engineering's. The research activity should be become realized don't as a simple change of information, but as a search and as an understanding shared among the two areas. This article seeks to relate an experience of great success, fruit of a research work together with teachers and students of these engineering's. The main objective of this research was centralized in the improvement and automation of an equipment to qualify the structure of the Laboratory of Civil Engineering (LEC/UNIJIÚ). Considering the low cost and the great obtained benefits, the project demonstrates that it is possible to reduce investments using the creativity and, still, involving the academics and potentiating their knowledge. This experience is a practical example of dialogue among different areas of the knowledge, of which results the reconstruction of the you knows.*

**Key-words:** *Interdisciplinarity , Laboratories, Researches and Scientific Initiation.*