

AUTOMAÇÃO DE EQUIPAMENTO USADO EM ENSAIOS DE CISALHAMENTO

Luis F. Scherer, Jacson W. Lemos, Luciano P. Specht, Mauricio de Campos
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI
Faculdade de Engenharia Elétrica, – Ijuí - RS
luis.scherer@unijui.edu.br, jacson.lemos@unijui.edu.br, specht@unijui.edu.br,
campos@unijui.edu.br

Resumo. *Cada habilitação em engenharia é um conjunto distinto de saberes, entretanto o trabalho mútuo destas áreas permite possibilidades de aplicação de conhecimento muito maiores que as desenvolvidas normalmente. O objetivo principal desta pesquisa centralizou-se na automatização e no aperfeiçoamento de um equipamento para qualificar a estrutura do Laboratório de Engenharia Civil (LEC/UNIJUI). Mais precisamente na automação do equipamento empregado nos ensaios de cisalhamento direto dos solos. Considerando o baixo custo e os grandes benefícios obtidos, o projeto demonstra que usando criatividade é possível reduzir investimentos, contribuindo ainda para o enriquecimento do conhecimento dos envolvidos.*

Palavras-chave: *Cisalhamento, Automação.*

1. INTRODUÇÃO

Os resultados analógicos obtidos em um equipamento utilizado para ensaios de cisalhamento direto em solos e rochas brandas, bem como a necessidade dessas informações para o desenvolvimento de bons projetos na área de engenharia civil, estimularam uma busca conjunta entre as engenharias elétrica e civil para a automação deste processo.

Nesse sentido as soluções apresentadas no decorrer deste artigo buscam facilitar o trabalho das pessoas envolvidas nos ensaios de cisalhamento, auxiliando na obtenção automática de medidas precisas. Para tanto são abordados tópicos, resultantes de um trabalho de pesquisa interdisciplinar, que descrevem desde da funcionalidade do equipamento, até o detalhamento das soluções de automação nele aplicadas.

2. ENSAIOS DE CISALHAMENTO

Embora o objetivo principal desta publicação seja a automação do equipamento utilizado para o ensaio de cisalhamento, ter claro os fins deste, assim como conhecer seu funcionamento são requisitos essenciais para execução de um bom trabalho. Nesse sentido os itens subseqüentes antes de exporem uma solução em termos de automação, discorrem a cerca dos ensaios de cisalhamento.

2.1 Cisalhamento

Os problemas de Mecânica dos Solos estão normalmente associados às superfícies de ruptura. Em fundações superficiais a ruptura pode se dar pela formação de uma cunha ou superfície circular abaixo do elemento estrutural. Em taludes é bastante comum a formação de superfície de ruptura circular. O conhecimento da máxima tensão

que poderá atuar nesta superfície sem levá-la à ruptura é de extrema importância para o desenvolvimento de um adequado projeto de engenharia. Vide CAPUTO (1989) [1] e LAMBE (1974) [2].

Na mecânica dos solos, a resistência ao cisalhamento pode ser definida como a máxima tensão de cisalhamento que o solo suporta sem sofrer ruptura ou ainda a tensão cisalhante no momento da ruptura.

Conforme PINTO (2000) [3], o solo sofre ruptura num certo plano, quando a tensão de cisalhamento, atuante naquele plano, ultrapassa a resistência ao cisalhamento do solo. Nessa situação ocorre o deslizamento, pelo plano de ruptura, de uma parte da massa de solo em relação à outra.

Os parâmetros que caracterizam a resistência ao cisalhamento de um solo são o ângulo de atrito interno e a coesão. Segundo o critério de ruptura de Mohr-Coulomb,

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg}(\phi) \quad (1)$$

onde:

ϕ = Ângulo de atrito entre os grãos;
 c = Coesão;

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.

2.2 Equipamento Pavitest

O equipamento Pavitest, modelo I1073, da marca Contenco, ilustrado na Figura 01 é utilizado no laboratório de solos para a realização do ensaio de cisalhamento direto em solos e rochas brandas.



Figura 01. Equipamento Pavitest

Neste equipamento existe uma caixa, composta de 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 um dinamômetro analógico, o valor de tensão cisalhante (S) na qual ocorre a ruptura naquele plano, conforme Figura 02.

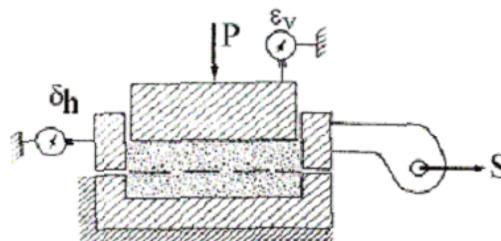


Figura 02. Corpo submetido a tensões.

Além deste, outros dois sensores de deslocamento, também analógicos, exibem a deformação vertical (δv) e horizontal (δh) instantânea.

O processo de ensaio demora de seis a doze horas e é necessário que um aluno e/ou professor e/ou laboratorista fique monitorando, em intervalos de cerca de 15 minutos, a prensagem e deformação do solo. Tudo isso, com a finalidade de obter resultados mais precisos possíveis, dentro das

limitações das medições analógicas e da precisão da leitura do olho humano.

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

Portanto, pensando em facilitar o trabalho com resultados confiáveis, desenvolveu-se como alternativa de automação para o equipamento um sistema baseado em um microcontrolador. Neste dispositivo as aferições são tratadas e posteriormente enviadas para um display e para porta serial de um microcomputador.

2.3 Solução proposta

O sistema proposto pode ser dividido em duas partes, na primeira é medida a tensão cisalhante (S) e a segunda trabalharia na aquisição dos valores de deformação horizontal e vertical. O projeto desenvolvido concentrou-se na medição da tensão cisalhante, começando com a substituição do dinamômetro analógico por uma célula de carga e prosseguindo conforme o diagrama da Figura 03.

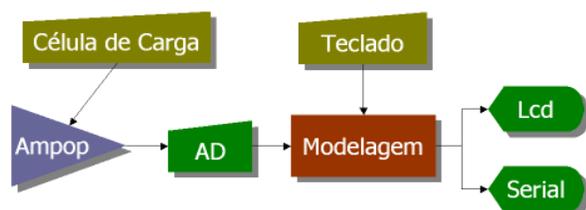


Figura 03. Esquema de aquisição

A célula de carga tem seu funcionamento baseado em extensômetros metálicos (strain-

gages), um sensor que conforme sua deformação apresenta variações de resistência ôhmica. Esses, em número geralmente igual a quatro, são ligados entre si segundo uma ponte de Wheatstone (Figura 04) e o desbalanceamento da mesma é linearmente proporcional à força aplicada. Com esse processo consegue-se então transformar a tensão mecânica imposta à célula de carga em uma tensão elétrica.

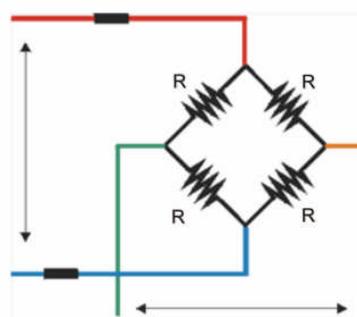


Figura 04. Ponte de Wheatstone

A célula de carga que está sendo usada para implementação do projeto é da Alfa Instrumentos, modelo Z-500 com grau de proteção IP67, capacidade nominal de carga de 500 Kg, resistência de isolamento maior que 5000 MW, erro combinado à saída menor que 0,03 % e realmente a prova d'água, vide Figura 04.



Figura 04. Célula de Carga

Já no estágio de amplificação foi utilizado o amplificador operacional de instrumentação INA128, sendo sua saída conectada ao conversor analógico-digital (AD) do microcontrolador utilizado, no caso o PIC18F452. O valor binário (digital) obtido

com resolução de 10bits na conversão AD, é sujeitado a uma modelagem matemática pelo programa executado no microcontrolador. Esta modelagem baseia-se em parâmetros de calibração definidos pelo usuário, com auxílio de um teclado, e resulta no valor da tensão de cisalhamento em quilograma-força. A tensão de cisalhamento, ainda utilizando recursos do

microcontrolador, é enviada então tanto para um Display LCD 2x16, quanto para um microcomputador através de uma comunicação serial. A Figura 06 representa o circuito implementado a partir do esquemático mostrado na Figura 05. O teste prático do circuito pode ser observado na Figura 07.

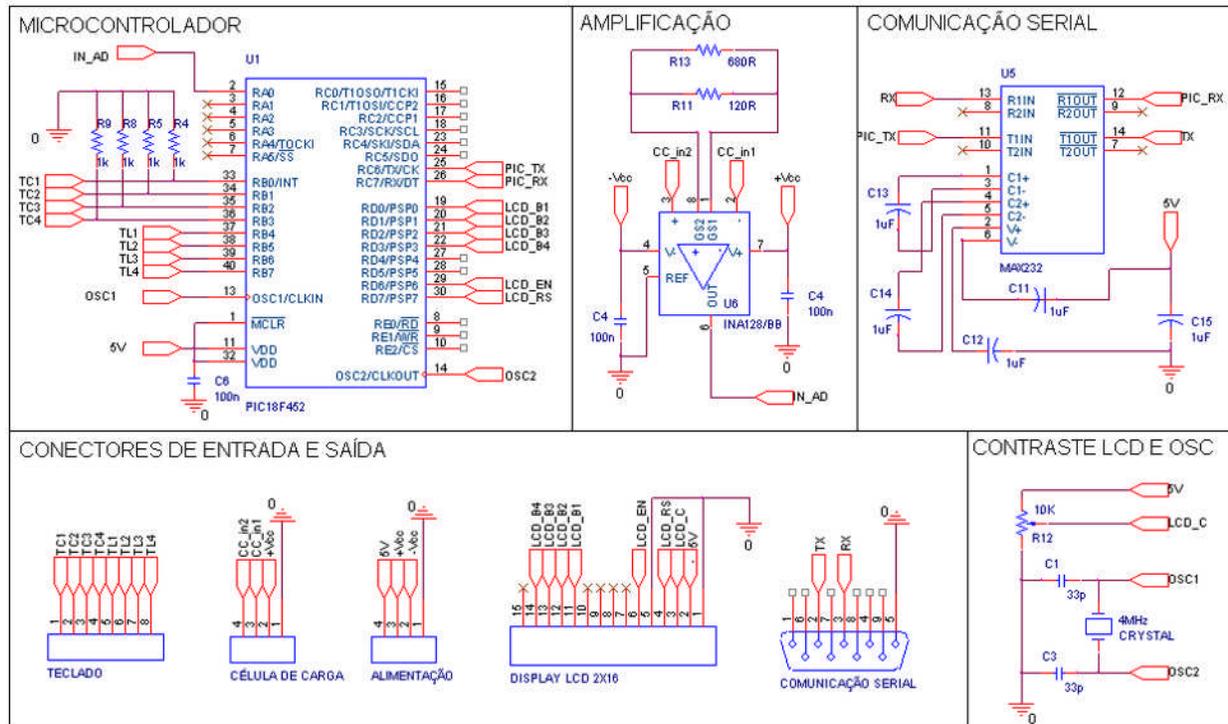


Figura 05. Esquemático do circuito implementado.

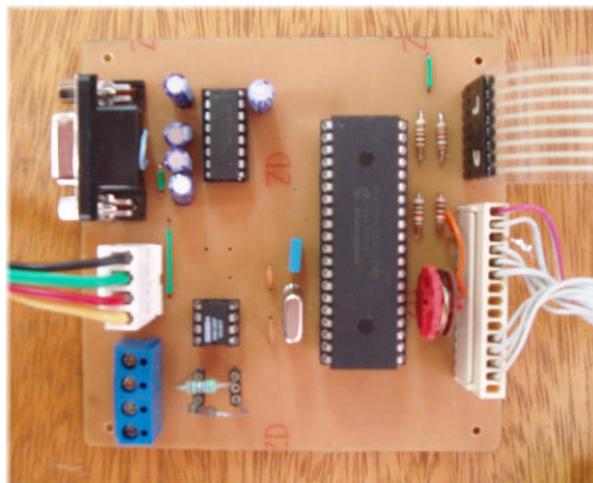


Figura 06. Circuito implementado.



Figura 07. Circuito em teste.

A segunda parte, que envolve a aquisição dos valores de deslocamento horizontal e vertical, é uma oportunidade de continuação do projeto. Onde, preferencialmente deve-se estudar algum tipo de alternativa aos onerosos sensores de deslocamento LVDT.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação do circuito com suas opções de saída facilitou os ensaios de cisalhamento direto, processo que como se pode observar caracteriza-se como uma etapa de grande importância no desenvolvimento de um projeto na área de engenharia civil. A tensão mecânica a qual o corpo de prova esta submetida além de ser exibida de forma instantânea no display do dispositivo, pode ser enviada a um micro-computador possibilitando a visualização de seu comportamento no decorrer do tempo por meio de gráficos. Tais recursos aliados a outros benefícios, como baixo custo e opção de calibração caracterizam o circuito como uma opção mais que satisfatória para a automação do referido equipamento.

Agradecimentos

Ao fundo de pesquisa PIBIC-UNIJUÍ pelo apoio financeiro ao projeto.

REFERÊNCIAS

- [1] CAPUTO, P., H. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Rio de Janeiro: LTC. v.1. 1989.
- [2] AMBE, W., L., WHITMAN, R., V. **Mecânica de suelos**. Cidade do México: Limusa. 1974. 582p.
- [3] PINTO, C., S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas**. São Paulo: Oficina de textos. 2000. 247p.
- [4] PEREIRA, FÁBIO. **Microcontroladores PIC - Programação em C**. São Paulo: Érica. 2003.
- [5] BOYLESTAD, R., NASHELSKI, L. **Dispositivos e Circuitos Eletrônicos**. 6ª edição, São Paulo: Editora LTC, 1996.
- [6] www.alfainstrumentos.com.br, acessado em 10 de agosto de 2007.
- [7] www.microchip.com, acessado em 10 de agosto de 2007.