



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE ESTRUTURA

Estágio Supervisionado

Relatório

*Otimização do Laboratório de Solos I do Campus II da
UFPB*

Orientador : *Ádney José Duarte de Souza*

Co-orientador : *José Homero Feitosa Cavalcante*

Supervisor : *Marco Aurélio*

Aluno : *Everaldo Fernandes Monteiro , Mat.: 29621070*

Campina Grande - Maio de 2002



Biblioteca Setorial do CDSA. Maio de 2021.

Sumé - PB

ÍNDICE

ÍNDICE	1
RESUMO	2
INTRODUÇÃO	3
METODOLOGIA	4
ANALISES DOS RESULTADOS	6
JUSTIFICATIVA TÉCNICA	8
MOTIVAÇÃO	12
FUTURAS PESQUISAS	13
CONCLUSÃO	15
AGRADECIMENTOS	16
ANEXO	17

RESUMO

Neste estágio, o aluno *Everaldo Fernandes Monteiro*, orientado pelo o Eng. *Ádney José Duarte de Souza* (ATECEL/UFPB), co-orientado pelo prof. Dr *José Homero Cavalcante Feitosa* (DTM/UFPB) e supervisionado pelo prof. *Marcos Aurélio* (DEC/UFPB), propôs otimizar uma máquina de ensaios do Laboratório de Solos I da área de Geotecnia do curso de Engenharia Civil, utilizada para realização de ensaios de tração e compressão.

No sistema atualmente adotado, realiza-se uma leitura dos resultados observando o equipamento e registrando os dados obtidos através de procedimentos analógicos e manuais. Pequenas distorções de leitura podem ocorrer devido ao efeito de paralaxe proveniente da espessura do vidro, da distância do marcador de tensão e do ângulo de visão do operador. Além disso, informações relevantes sobre o comportamento do corpo de prova são omitidas, uma vez que o as medidas não registram o processo como um todo, apenas os pontos inicial e final.



Figura 1 Distorções devido ao efeito de paralaxe

O que o aluno *Everaldo Fernandes Monteiro* propõe, é eliminar estas distorções fazendo a leitura e o registro dados eletronicamente, introduzindo sensores capazes de detectar estes sinais diretamente em um computador, evitando interferência e a dependência direta do operador na leitura destes dados.

INTRODUÇÃO

A modernização dos equipamentos de análises técnicas nos laboratórios, torna-se indubitavelmente uma condição “Sine qua non” obtenha-se maior precisão e conseqüentemente maior credibilidade e rapidez na realização dos ensaios. Pensando nisso, o aluno do curso de Engenharia Civil, *Everaldo Fernandes Monteiro*, com vasta experiência em pesquisas no Departamento de Engenharia Elétrica (junto ao prof. Dr. *Benedito Antônio Luciano*) e no Departamento de Sistemas da Computação (desenvolvendo robôes com o prof. Dr. *José Homero Feitosa Cavalcanti*), optou por fazer o seu estágio supervisionado no Laboratório de Solos I otimizando uma prensa de origem alemã doada à Escola Politécnica da Paraíba (atual Universidade Federal da Paraíba) desde 1962.

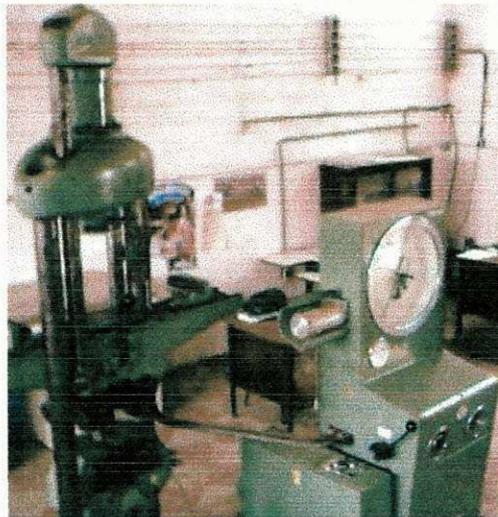


Figura 2 - Prensa hidráulica doada pela Alemanha em 1962

Nesta prensa, são realizados diariamente ensaios de tração e compressão em corpos de prova destinados a pesquisas e prestações de serviço do Departamento de Engenharia Civil para os outros cursos e extensão da Universidade Federal da Paraíba - Campus II.

METODOLOGIA

A coleta de dados é feita diretamente pelo computador, utilizando-se sensores de deslocamento de um mouse (sensor óptico). Um sensor é alocado dentro da caixa de leitura do ponteiro, onde é deslocada uma haste destinada a registrar a força exercida pela prensa para romper o corpo de prova. Outro sensor é devidamente acoplado em uma das roldanas de estabilização horizontal, localizada na base de deslocamento vertical da prensa.

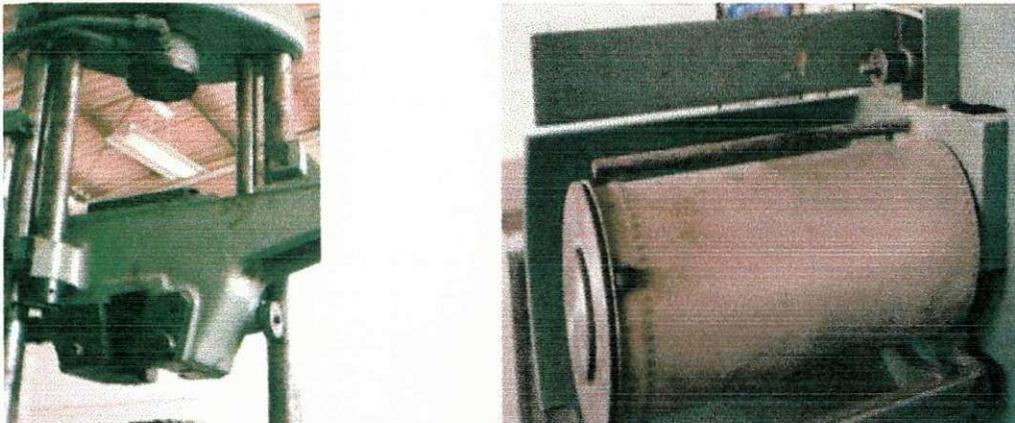


Figura 3 pontos de acoplamento dos sensores

Com isso foi possível registrar simultaneamente o deslocamento e a força em tempo real e conseqüentemente gerar uma planilha, utilizando o programa Excel®, gerando gráficos de tensão x deformação. Para realização deste trabalho foi desenvolvido um *software* em C++ para absorver e codificar o sinal dos sensores e, conseqüentemente, tratar os dados em um programa utilizando o Matlab para fazer o ajustes de curvas e em seguida imprimir os resultados obtidos em uma planilha Excel.

Vale salientar que esta implementação só é possível porque a velocidade de descida da prensa é controlada e mantida constante, e o operador deverá ter cuidado de manter a alavanca de acionamento de descida operando simultaneamente com o visor de velocidade, localizado na parte frontal do lado esquerdo e no ponto médio do painel de comando da prensa.

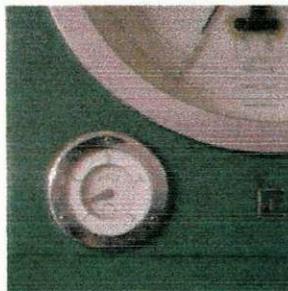


Figura 5 indicador de velocidade.

A variação de velocidade implicará em um maior ou menor módulo de elasticidade para um mesmo material, portanto, a única preocupação que o operador deverá ter, será a de fixar o olhar no visor de velocidade e trabalhar em cima dele, para não variar os parâmetros de ensaio.



Figura 6 o técnico controlando a máquina baseando-se no indicador de velocidade.

É de fundamental importância manter o controle de velocidade da máquina, haja visto, que a variação por unidade de tempo implicará em um módulo de deformação diferente para um mesmo material, portanto, deve-se manter a velocidade constante.

O acoplamento da prensa para o computador consisti através da introdução sensores de movimento instalados um na prensa e outro no painel de comando os quais se unem a um circuito (ver fig. 7.a e 7.b), acoplado a prensa o qual, por meio de um cabo multiaxial conecta-se com a torre do computador através da porparalela.



Figura 7.b Acoplamento dos sensores.

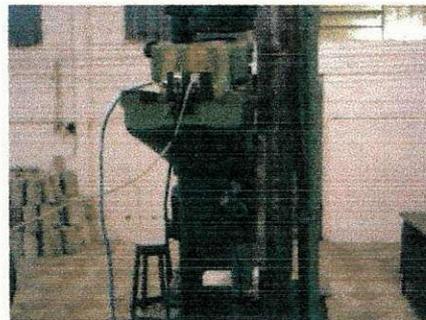


Figura 7.b Acoplamento dos sensores.

ANALISES DOS RESULTADOS

Para aferir os resultados e compará-los com os resultados esperados, foram confeccionados 30 corpos de prova (reduzidos) e rompidos com 3, 7 e 28 dias. Os corpos de prova utilizados nos testes tinham como finalidade específica a calibragem do sistema automatizado, portanto não houve interferência das atividades do estágio nas atividades cotidianas do Laboratório de Solos I. Como era de se esperar, o gráfico tensão x deformação gerado pelas sensores instalados na presa e ostentados no monitor, refletiram exatamente o que a análise teórica do projeto havia previsto, ou seja, para análise da curva de tensão x deformação, os corpos de prova confeccionados em concreto simples ao absorverem pressão praticamente não se deformaram. Isso pode ser facilmente explicado, pelo fato de que o concreto praticamente não possui limite de escoamento antes da ruptura.

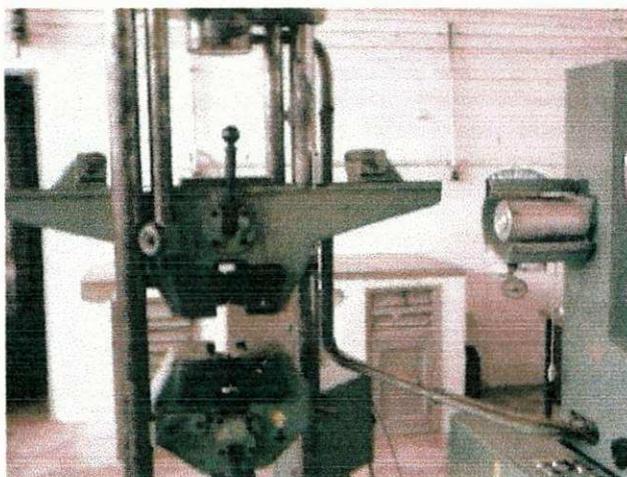


Figura 8 - Garras de tração para ensaios de elasticidade

Então foram confeccionados vários corpos de provas em diversos materiais como; ferro, bronze, cobre e alumínio. A introdução destes novos materiais abriram caminho para a expansão dos serviços do laboratório para realização de trabalhos não só da área de Eng. Civil, mas também para servir aos laboratórios dos outros cursos, como; Eng. De Materiais, Eng. Mecânica, Eng. Agrícola, Eng. Química. Evitando com isso reduzir os custos de investimento da Universidade para realizar estes ensaios em outros estados....

O direcionamento deste projeto para o ensaio de tração ao invés de compressão, veio render uma substancial e significativa melhoria nos resultados esperados, pois o gráfico esperado era exatamente o gráfico gerado pelos sensores e plotados pelo computador.

Para se ter uma idéia da disposição espacial do conjunto prensa computador, dentro do laboratório se solos, as fotografias mostrará de dois ângulos, a primeira será no sentido da porta de entrada olhando pra prensa e a segunda no sentido prensa computador.

Esta disposição permitiu um sincronismo de análise simultâneo entre o sistema analógico e o digital, pois a cada instante era aferido e calibrado o sistema, objetivando uma total confiabilidade dos resultados amostrais.



Figura 9.a – Disposição no Laboratório



Figura 9.b – Disposição no Laboratório

Com isso, torna-se mais fácil aferição, o acompanhamento e registrar as possíveis distorções durante a realização dos ensaios, haja visto que a implementação digital, só se fez possível com a aferição analógica, pois teria que Ter coerência entre os dados.

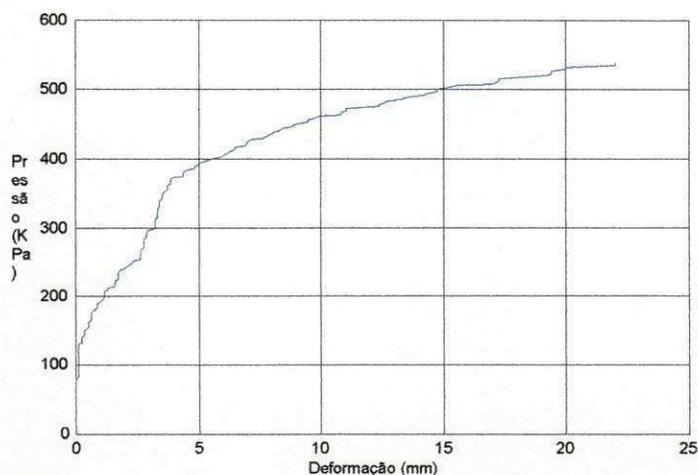
A condução dos ensaios para análises de tração axial nos corpos de prova, permitiu uma expressiva visualização do gráfico de tensão-deformação.



Figura 10 – Detalhe do rompimento de uma barra.

Neste caso, a foto acima registra exatamente o ponto de ruptura em uma haste homogênea de alumínio, onde observa-se nitidamente a estricção da seção transversal ao mesmo tempo que estava sendo traçado o gráfico de tensão-deformação, exibido em tempo real e que poderia ter sido transmitido simultaneamente via interne.

Neste gráfico, é ilustrada uma das melhores contribuições deste projeto que é a obtenção em tempo real o comportamento intermediário entre a tensão inicial e a tensão final do pois o atual sistema de aquisição de dados até então trabalhado, só expressava a tensão inicial e a final.



As visíveis oscilações durante a plotagem do gráfico tensão-deformação são atribuídas sem sombra de dúvidas a dois fatores;

1º - Os sensores utilizados foram confeccionados artesanalmente e precisam ser confeccionados em tornos mecânicos industriais para evitar oscilações excessivas ao ponto de comprometer a análise do objeto de estudo.

2º - As hastes utilizadas para o ensaio de tração eram lisas e as garras de fixação estavam gastas e houveram falhas (perda de passos), durante a aquisição dos dados.

Mas, é sempre bom lembrar que isto é um projeto de implementação de sistema e estas dificuldades não invalidaram o objetivo deste projeto, pois mesmo assim, observou-se que simultaneamente estava sendo mostrado no sistema analógico, portanto, basicamente a falha não foi da implementação e sim gerada pelo desgaste das garras e registrado pelos sensores de posição.

Então, partido da premissa de que os gráficos gerados pelo sistema estão com continuidade, pode se afirmar que é possível fazer a implementação.

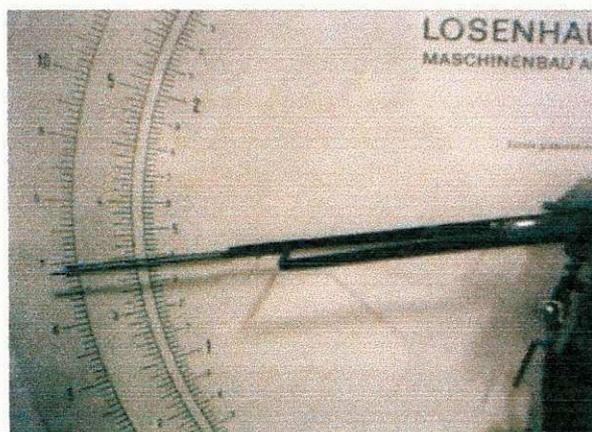


Figura 11 – Detalhe do sensor analógico da prensa.

Durante a realização do ensaio ficou comprovado que o limite de ruptura, depois que o projeto foi implementado tanto no sistema analógico como no digital a tensão era a mesma, observada visivelmente pelo ponteiro indicador da tensão última da máquina e registrada simultaneamente pela última tensão do grade de plotagem.

Este sincronismo entre o sistema analógico e o digital, vem a justificar a confiança e a credibilidade com que a implementação do sistema está operando.

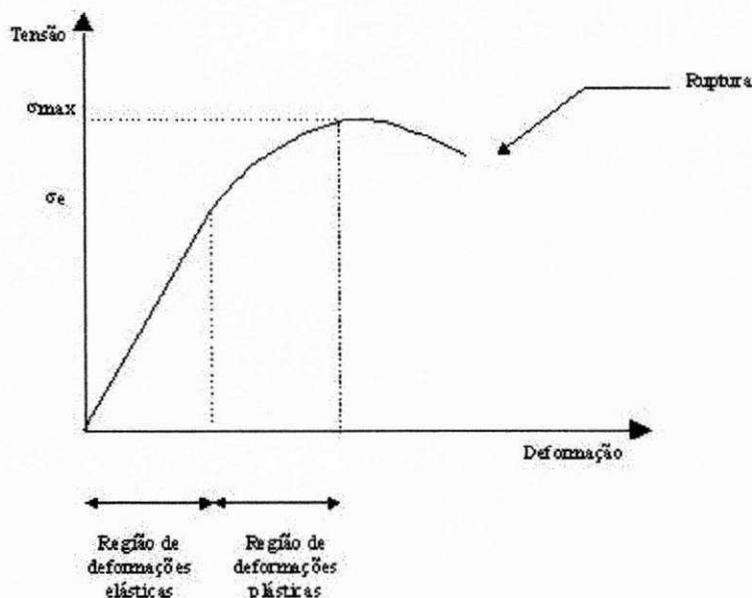
É sempre bom lembrar que esta implementação objetiva antes de tudo fornecer dados intermediários entre a tensão inicial e a tensão final e com isso vir adicionar informações ao atual sistema de coleta de dados da prensa e nunca, em hipótese nenhuma vir a substituir o atual sistema de coleta de dados.

JUSTIFICATIVA TÉCNICA

O princípio básico adotado para coletar os dados e entrar diretamente no computador através dos sensores de deslocamento, é o grande diferencial deste projeto, pois nos demais sistemas, torna-se indispensável a introdução de um conversor AD (análogo digital), enquanto que no sistema aqui desenvolvido, a coleta de dados entra diretamente no computador com os dados já digitalizados, conduzindo a um sistema distante de possíveis falhas e economicamente viável, justificando portanto, a sua implementação. Além do mais, as normas (NBR 6118) que formaliza os ensaios relativo a concreto, (NBR. 5739) - resistência a compressão axial, (NBR. 7212) – resistência a tração e compressão diametral, (NBR. 12142) – resistência a tração na flexão, que regem o procedimento destes ensaios, continuaram sendo as mesmas, e isso, evitará uma possível resistência natural dos artífices e dos técnicos, para implementação da otimização da máquina na qual são realizados estes ensaios.

O acoplamento de sensores nesta máquina de ensaios, permitirá traçar o gráfico de tensão x deformação. Vale salientar aqui logo no começo

GRÁFICO DE TENSÃO – DEFORMAÇÃO



E com isso caracterizar diversas propriedades de grande importância para a engenharia, as quais podem ser elencadas a seguir;

Módulo de elasticidade – É a constante E , expressada pela relação entre σ (*Tensão Normal*), e a ϵ (*deformação*), ou seja, o Módulo de Elasticidade é a força por unidade de área.

Limite de proporcionalidade – Corresponde ao ponto segmento linear do gráfico e representa o valor máximo da tensão a qual o material obedece a lei de Hooke.

Limite de Elasticidade - Representa a tensão máxima que pode ser aplicada à barra em sem que apareçam deformações *residuais*, ou *permanentes*.

Região elástica – Trecho da curva tensão-deformação compreendido entre a origem e o limite de proporcionalidade.

Região plástica – É o trecho compreendido entre o limite de proporcionalidade e o ponto correspondente à ruptura do material.

Limite de escoamento – É o ponto em que o material passa a sofrer deformações sem que se altere, praticamente, o valor da tensão.

Limite de resistência ou Resistência a tração – É a tensão correspondente ao ponto de maior tensão atingida durante o ensaio.

Limite de ruptura – É a tensão que corresponde a força máxima que o corpo de prova suporta antes de romper.

Módulo de resiliência – É a energia armazenada por unidade de volume e corresponde a área abaixo da curva de proporcionalidade.

Módulo de tenacidade - É a energia armazenada por unidade de volume e corresponde a área abaixo da curva do limite de ruptura.

Redução percentual de área - É a expressão em termos de porcentagem do acréscimo total do corpo de prova da área transversal inicial até a área transversal final após a ruptura.

Alongamento percentual – É a expressão em termos de porcentagem do acréscimo total do corpo de prova do comprimento inicial até o comprimento após a ruptura.

Tensão admissível – É a divisão do limite de escoamento ou limite de resistência por um número, maior do que 1, tomando como base a norma ou a experiência de um calculista.

Limite de escoamento – Tensão correspondente a deformação permanente, pré-fixada depois do carregamento do corpo de prova.

Módulo tangente – É a tangente trigonométrica do ângulo que a tangente à curva tensão-deformação, na origem, forma com o eixo da deformação.

Coefficiente de dilatação linear – As variações de temperatura, sofridas por uma estrutura, podem dar lugar a tensões, às de esforços externos.

Coefficiente de poisson – Corresponde a relação entre a deformação transversal e a longitudinal do corpo de prova.

Portanto, diante das significativas vantagens citadas acima, justifica a otimização deste equipamento, pois a utilização deste máquina para romper corpos de prova apenas a compressão, torna este valioso equipamento sub utilizado, e conseqüentemente quem sairá perdendo será a comunidade universitária.

MOTIVAÇÃO

Com o advento do computador e a sofisticação das calculadoras, as máquinas de ensaios e outros aparelhos como o Casagrande manual, aparelhos de ensaios triaxial, tornaram-se um tanto quanto obsoletos, por fornecerem apenas dados iniciais e finais da amostra.

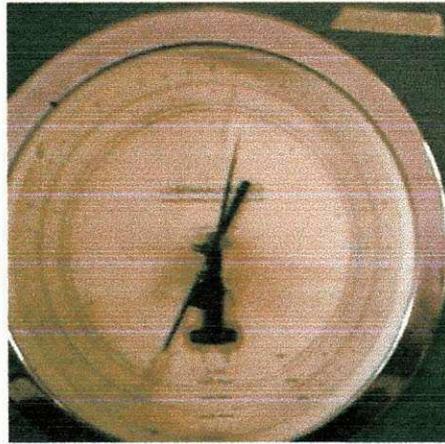


Figura 12 - Registo analógico da prensa.

Já o sistema proposto, detecta as reações em tempo real; o limite de ruptura e fornece ainda dados intermediários a respeito do comportamento desta amostra.

Uma das maiores vantagens desta implementação, é a facilidade de adaptação, pois, como pode-se perceber, ele é extremamente compacto e só precisa de um ponto de apoio para ser acoplado a qualquer outro equipamento.

FUTURAS PESQUISAS

Com a utilização dos dados diretamente no computador, os resultados poderão ser analisados, trabalhados e comparados com maior precisão em pesquisas de mestrado e doutorado.

A prestação de serviço e extensão do laboratório, terão uma melhor apresentação, e com a implementação de uma rede conectada a internet poderá transmitir estes dados com maior rapidez para qualquer lugar, ou seja, a empresa ou o órgão solicitante do serviço poderá acompanhar o ensaio em tempo real, na hora que estiver sendo realizado o ensaio.



Figura 13 - Ensaio realizado na prensa e acompanhado em outro lugar

O novo sistema de aquisição plotagem de dados, permitirá a ampliação da prestação de serviços do laboratório de solos I para outros departamentos, haja visto, que atualmente os outros departamentos deslocam-se para outros centros para obter dados com informações intermediárias a respeito do gráfico de tensão-deformação.

Na figura seguinte, pode-se observar que a análise dos dados foram processadas no próprio laboratório, através de um micro computador instalado próximo a prensa, portanto, diante dos atuais sistemas de transmissões de dados, pode-se transmitir os valores obtidos dos ensaios via internet para outros centros de pesquisas e acompanhar em tempo real as análises de ensaios.

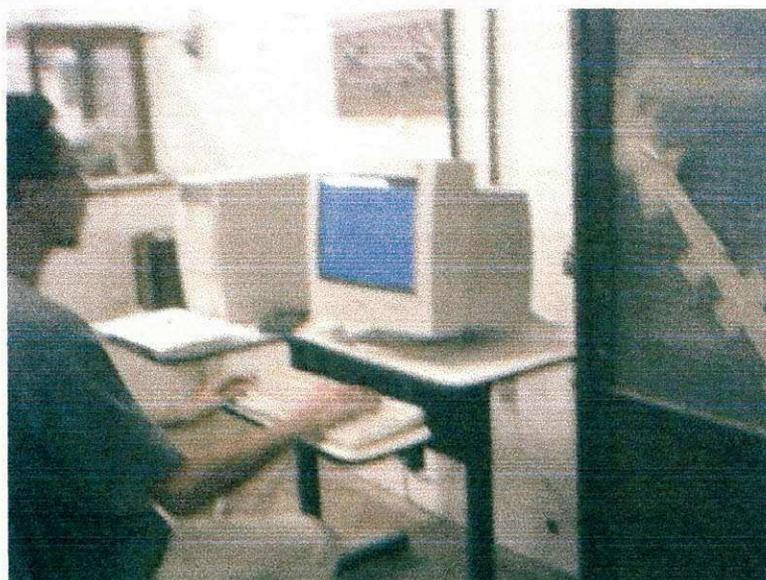


Figura 14 - Ensaio realizado na prensa e simultaneamente transmitido para outro lugar.

Com os dados coletados nas amostras ensaiadas e registrados na memória do computador, poderá ser enviado via internet para outra instituição de ensino que por sua vez poderá testar outros softwares na mesma amostra, a qual foi ensaiada no laboratório de origem.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que torna-se conveniente investir em amostras de materiais com um limite de escoamento mais visível, pois a maior contribuição deste projeto é o incremento sistemático e computacional para aquisição e registro dos dados de tensão-deformação, e as análises passaram a ser direcionadas para realização dos ensaios de tração em metais ao invés de realizar ensaios de compressão em concreto.

A otimização da prensa do laboratório solos I, tornará mais fácil a absorção e sedimentação dos conceitos das disciplinas de resistência dos materiais, mecânica dos materiais e estruturas de aço e madeira.

É de fundamental bom senso afirmar, que esta implementação foi idealizada e implementada com o objetivo de aferir e acompanhar e registrar as possíveis distorções durante a realização dos ensaios e não substituir o atual sistema de análise, ou seja, o atual sistema de leitura o analógico, em hipótese alguma deverá ser descartado.

Vale salientar que esta implementação foi uma adaptação de sensores de um mouse para mostrar que seria possível otimizar alguns equipamentos do Laboratório de Solos I, e com isso partir para um sistema mais preciso, utilizando células de cargas e produzindo softwares mais complexos.

AGRADECIMENTOS

Aos Professores; *Luiz Carlos Sampaio da Silveira* e *Raimundo Ledimar Bezerra*, que não mediram esforços para tornar possível a implementação deste projeto. Aos técnicos do laboratório; *Francisco de Assis Santana (Bitoca)* e *Edvaldo Pinheiro de Carvalho (Braço de Radiola)*, que muito me auxiliaram, demonstraram compreensão e boa vontade para resolverem os problemas que surgiram durante os testes. E, em especial, ao amigo, companheiro e colaborador, *Alexsandro José Virgínio dos Santos*, que incondicionalmente se dispôs a me auxiliar e ajudar, pois sem o qual não seria possível concretização deste projeto.

ANEXO

PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DO SISTEMA (COLETA DE DADOS) IMPLEMENTADO NO Turbo C++

```
#include <graph.h>
#include <dos.h>
#include <conio.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>

unsigned int gl,gh,gn,gn1;
int aux1,aux2,aux3,aux4,aux5,aux6;
int contador,contador2,a,a2,a3,b,b2,b3;
int tensao, deformacao,tensaomax;
unsigned int ensaios;
unsigned int gt[3200][9];
int config[10];
float fator=1/7.5;
float fator2=1.25;
int i,j,n;
int grade1,grade2;
char buffer[10];
char inicial;
void lerpos(void);
void tela(void);
void file(void);
void setup(void);
void detecta(void);
void ensaio(void);

void lerpos(void) {
    gl = inp(0x379);
    gh = (gl & 0X0030)>>4;
    if(gl==1 && gh==0){contador--;}
    if(gl==3 && gh==1){contador--;}
    if(gl==2 && gh==3){contador--;}
    if(gl==0 && gh==2){contador--;}

    if(gl==1 && gh==3){contador++;}
    if(gl==3 && gh==2){contador++;}
    if(gl==2 && gh==0){contador++;}
    if(gl==0 && gh==1){contador++;}
    a=contador/4;
    if(a>a2){a3=1;}
    else {a3=0;}

    a2=a;
    gh = gl;
    gn = (inp(0x379) & 0X00C0)>>6;

    if(gn==1 && gn1==0){contador2++;}
    if(gn==3 && gn1==1){contador2++;}
    if(gn==2 && gn1==3){contador2++;}
    if(gn==0 && gn1==2){contador2++;}

    if(gn==1 && gn1==3){contador2--;}
    if(gn==3 && gn1==2){contador2--;}
}
```

```

    if(gn==2 && gn1==0){contador2--;}
    if(gn==0 && gn1==1){contador2--;}

        gn1 = gn;
    }

/*Imprime a tela do gráfico
void tela(void)
{
    _setvideomode(_VRES16COLOR);
    _clearscreen(_GCLEARSCREEN);
    _setcolor(9);
    _settextposition(1,3);
    outtext("LABORATÓRIO DE SOLOS - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL");
    _settextposition(2,3);
    outtext("PROGRAMA EXPERIMENTAL PARA COLETA AUTOMATIZADA DE DADOS");
/*determina início da grade coord (grade2,grade1)*/
grade1=40;
grade2=20;
/*plota grade*/

        for(i=0;i<17;i++)
        {
            _settextcolor(8);
            _settextposition(29,2);
            outtext("0");
            _settextposition(29,76);
            outtext("12MPa");
            _settextposition(3,3);
            outtext("40mm");
            _settextposition(29,39);
            outtext("6MPa");
            _settextposition(15,3);
            outtext("20mm");

            _moveto(grade2,i*25+grade1);
            _lineto(grade2+600,i*25+grade1);
        }
        for(j=0;j<25;j++)
        {
            _moveto(j*25+grade2,grade1);
            _lineto(j*25+grade2,grade1+400);
        }
    }
void setup(void){
FILE *arq;
arq=fopen("setup.dll","r");
for(b=0;b<10;b++)fscanf(arq,"%d\n",&config[b]);
fclose(arq);
}
void detecta(void){

ensaio*/

while(aux3<3) /*Este loop detecta o início do
{
lerpos();
if(-contador<aux3)aux3=0;

```

```

        if(-contador>aux3)aux3++;
        if(kbhit())break;
    }
}

void ensaio(void)
{
    while(aux2<3)
    {
        _setcolor(10);
        lerpos();
        tensao=-

        deformacao=400+grade1-

        _lineto(tensao,deformacao);
        gt[tensao-

        if(tensao<aux1)aux2++;
        if(tensao>aux1)aux2=0;
        aux1=tensao;
        if(kbhit())aux2=10;
    }

    if(n==0)tensaomax=tensao-grade2;

    /*VER!!!!!!!!!!!!!!*/

    if(tensaomax<tensao-grade2)tensaomax=tensao-grade2;

    aux2=0;
}

```

```

/*****
*****/

```

PROGRAMA PRINCIPAL

```

*****
*****/

```

```

main()
{
    FILE *fp;
    _setvideomode(_VRES16COLOR);
    /*setup()*/
    tela();
    fp=fopen("veve.txt","w");
    ensaios=1;
    outp(0x378,255);
    for(n=0;n<ensaios;n++) /*Ensaiois propriamente ditos*/
    {

```

```

        contador=0;
        contador2=0;
        aux3=0;
/* detecta() */
        _moveto(grade2,grade1+400);
        contador=0;
        contador2=0;
        aux2=0;
        ensaio();
        tela();
        contador=0;
        contador2=0;
    }

```

```

/*Gera o arquivo de arquivo e saída do programa*/

```

```

for(j=0;j<ensaios;j++)fprintf(fp,"Ensaio %d\t",j+1);
fprintf(fp,"\n");
for(i=0;i<tensaomax*20;i++) {

```

```

for(j=0;j<ensaios;j++)

```

```

    {

```

```

        aux5=i/20;

```

```

        if(((gt[aux5][j]==0))&(i>5))fprintf(fp,"\t");

```

```

        else

```

```

            fprintf(fp,"%d\t",gt[aux5][j]);

```

```

    }

```

```

fprintf(fp,"\n");

```

```

    }

```

```

fclose(fp);

```

```

_clearscreen(_GCLEARSCREEN);

```

```

_outtext("Coleta realizada com sucesso!");

```

```

getch();

```

```

_setvideomode(_DEFAULTMODE);

```

```

}

```