



COBENGE 2005

XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande - Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFCG-UFPE

DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE PARA OBTENÇÃO DA CURVA DE ESCOAMENTO A FRIO ATRAVÉS DO ENSAIO DE TRAÇÃO

Isaac Newton Lima da Silva - isaac@puers.br

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
Faculdade de Engenharia

Departamento de Engenharia Mecânica e Mecatrônica

Av. Ipiranga, 6681 - Prédio: 30 - Bloco: E - sala 167

CEP: 90619-900 - Porto Alegre - RS - Brasil.

Nilson Valega Fernandes - valega@puers.br

João Carlos Pinheiro Beck - beck@puers.br

***Resumo:** Neste trabalho, demonstra-se o Software Sigma-Epson para automação da obtenção dos dados de tensão-deformação, desenvolvido com o objetivo de auxiliar os alunos dos Cursos de Engenharia Mecânica e Mecatrônica da PUCRS, quando os mesmos desenvolvem atividades práticas de laboratório. Este software foi criado visando uma melhor compreensão e entendimento pelos alunos, facilitando aos mesmos a interpretação dos resultados obtidos experimentalmente.*

Palavras Chave: Software, Tração, Curva de escoamento.

Introdução:

A facilidade de execução e simplicidade aliando a reprodutibilidade, torna o ensaio de tração um dos mais utilizados na Mecânica Técnica. Este ensaio consiste em aplicar uma força a um sólido e provocar seu alongamento, estirando-o até a ruptura. Desta forma, diversas propriedades mecânicas podem ser identificadas, como tensão de escoamento, limite da região elástica, tensão máxima (resistência mecânica) e tensão de ruptura, com o intuito de dimensionamento em qualquer projeto a ser desenvolvido.

Quando se executa um ensaio de tração, deve-se utilizar corpos de prova padronizados cujas dimensões são definidas por normas técnicas.

Este trabalho teve como objetivo primário a implementação de um software didático para obtenção automática da curva tensão x deformação específica, a partir da curva força x deformação produzida pela máquina de ensaio, permitindo aos usuários um contato com outras possibilidades mais modernas de realizar instrumentação, via digitalização de dados e processamento automático dessas informações, pelo computador.

Desenvolvimento:

Conceitualmente necessitamos definir alguns parâmetros do ensaio como:

Tensão que é definida como a resistência interna de um corpo a uma força externa aplicada sobre ele, por unidade de área, ou seja:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \text{ onde :}$$

F é a força aplicada e A_0 é a área inicial da secção transversal. Esquemáticamente:

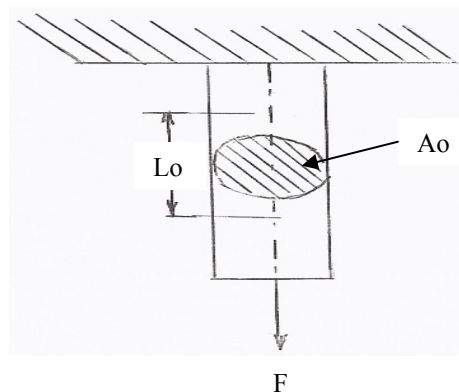


Figura 1. Diagrama de aplicação da força, em amostra de comprimento L_0 e secção transversal de área A_0 .

Verifica-se que no decorrer do ensaio, à medida que a força é aplicada, a área do corpo de prova (A_0) sofre estreitamente em sua secção, até o instante da ruptura. Isso leva à conclusão de que no cálculo da tensão, como no da deformação específica sofrida pelo corpo de prova, os resultados tornam-se imprecisos quando se considera o valor de A_0 como constante no decorrer de todo o ensaio. Na verdade, estes valores não são constantes, pois se modificam em cada instante. Por isso, torna-se necessário o cálculo da tensão σ através do cálculo da variação de área instantânea, procedimento este muito utilizado na pesquisa.

Outro parâmetro é a **Deformação Relativa ou Específica ϵ** . Entende-se ϵ como a variação de uma dimensão qualquer do corpo de prova, por unidade da mesma dimensão, quando este corpo é submetido a um esforço qualquer, ou seja:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \text{ onde:}$$

ΔL é a variação da dimensão e

L_0 é o comprimento inicial do corpo de prova.

Objetivo:

O objetivo deste trabalho é demonstrar o resultado da aplicação de um software desenvolvido, especificamente para auxiliar os alunos dos cursos de Engenharia Mecânica Mecatrônica da Pucrs, na obtenção da curva de escoamento a frio através do ensaio de tração .

Nas disciplinas de Introdução às Engenharias Mecânica e Mecatrônica oferecidas no início dos cursos (1º nível), são desenvolvidas algumas atividades práticas em laboratório com o objetivo de despertar e estimular o aluno ingressante. Dentre estas atividades práticas destacam-se atividades no Laboratório de Motores, cujo experimento consiste na utilização de um software específico para o aluno identificar, através da interpretação de curvas de torque, os motores conforme o tipo de combustível utilizado. Os alunos através da inserção de dados no programa conseguem interpretar os efeitos da variação de diversos parâmetros como taxa de combustão e torque nos motores.

Outra atividade prática de laboratório utilizada é o ensaio de tração para obtenção da curva de escoamento a frio, motivo deste trabalho.

Procedimento Experimental:

A prática de laboratório Ensaio de Tração consiste na utilização de uma máquina convencional de ensaio, modelo ZDM, cuja capacidade máxima é de 100 ton, equipamento este de mecanismo servo – hidráulico, provido de um sistema de registro gráfico onde obtém-se os registros de Força Aplicada (F) e Deformação (ΔL) sofrida durante o ensaio.

O procedimento consiste no seguinte:

- Verificação das dimensões do corpo de prova;
- Fixação do corpo de prova na máquina de ensaio;
- Definição da escala de Força a ser utilizada;
- Realização do ensaio registrando-se a curva F x ΔL ;
- Construção da curva convencional σ x ϵ .

Percebeu-se que na obtenção da curva Força (F) x Deformação (ΔL), obtida pelo registro gráfico da máquina, os alunos apresentavam dificuldades de entendimento dos dados obtidos pelo registro gráfico da máquina, dificuldades estas que iam desde a simples interpretação dos valores da escala utilizada durante o ensaio, até a posterior conversão destes valores para a construção da nova curva solicitada, a curva de escoamento a frio $\sigma \times \epsilon$.

O esquema abaixo mostra o procedimento de ensaio:

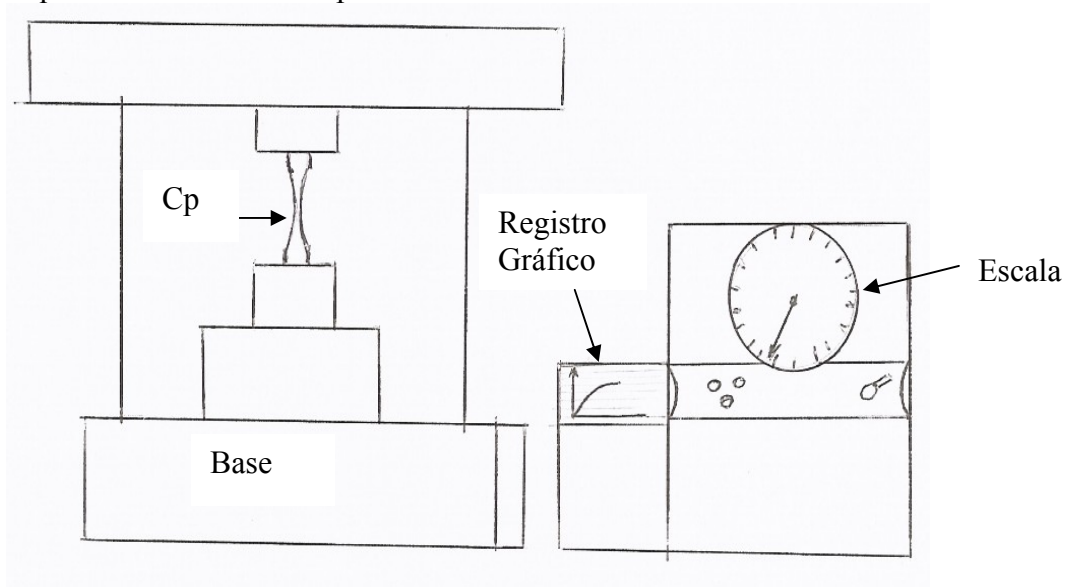


Figura 2. Diagrama de máquina de tração utilizada. Um registro gráfico é gerado durante o ensaio.

A Figura abaixo mostra um registro de ensaio obtido com os resultados $F \times \Delta L$;

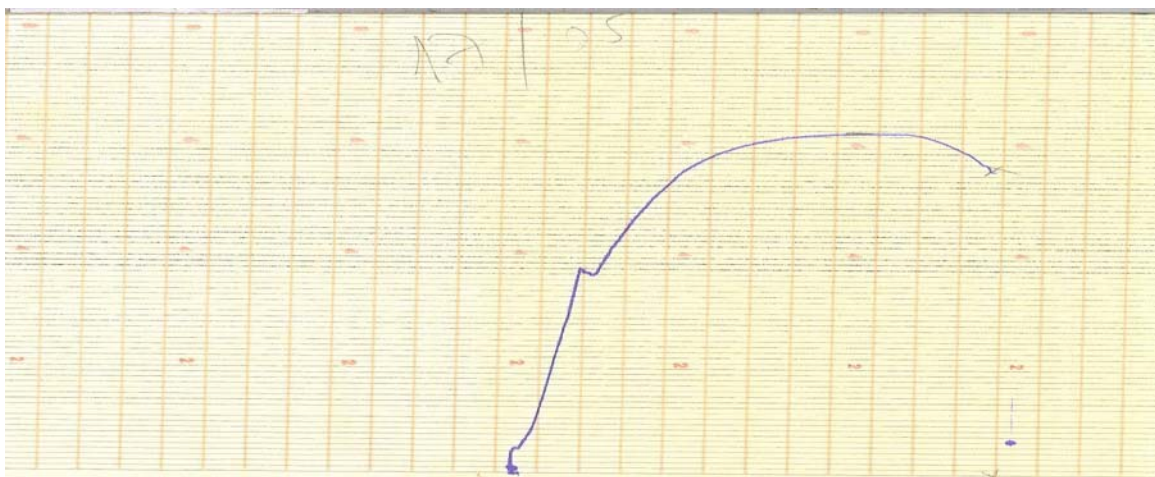


Figura 3. Registro gráfico é gerado durante o ensaio.

Da Solução através do Software:

Afim de facilitar a montagem da curva $\sigma \times \epsilon$ pelos alunos, desenvolveu-se um software, cuja interface é mostrada na figura a seguir.

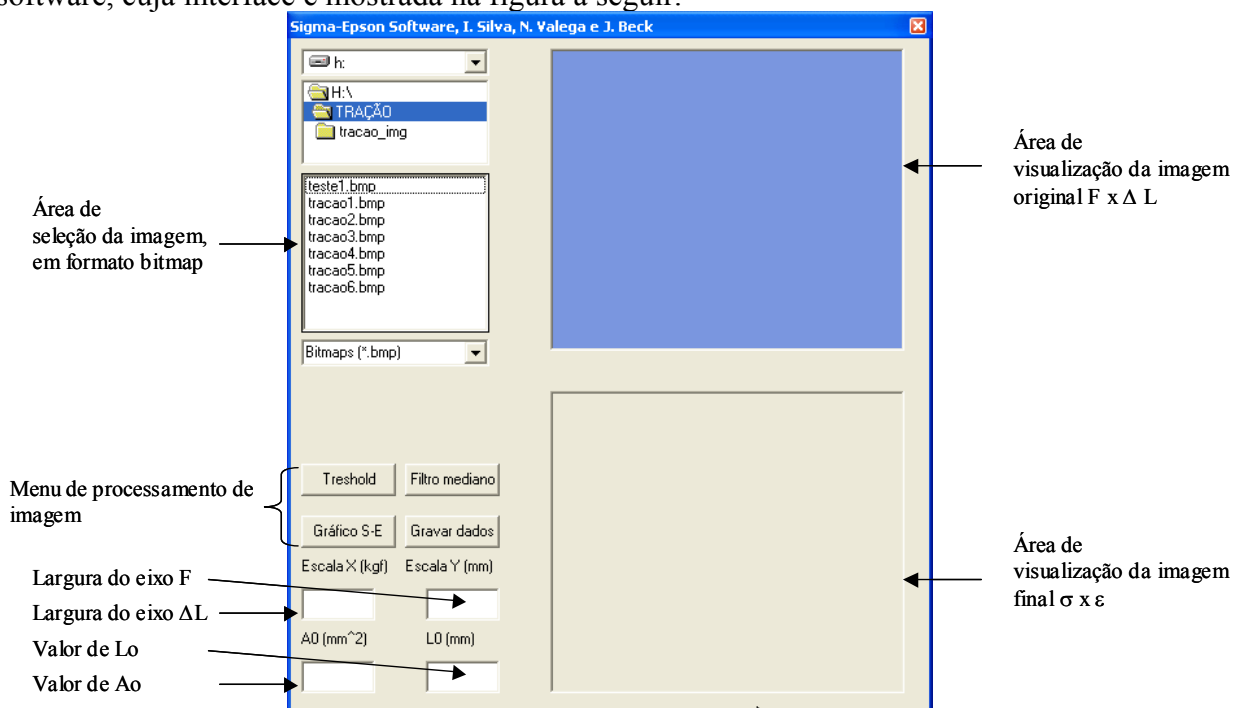


Figura 4. Tela de interface com o usuário do software Sigma-Epson.

Para a utilização do software, há a necessidade de se ter a imagem do registro obtido no ensaio previamente digitalizada, por scanner comercial, e guardada em formato bitmap 24bits. Notou-se, neste procedimento, que uma resolução de 200 dpi ou maior era suficiente e optou-se por usar o menor destes valores para os testes no software, por justamente gerar um menor volume de informações a ser processado.

Com a imagem obtida, o software que foi desenvolvido em linguagem Visual Basic, por ser uma linguagem de fácil programação e que oferece possibilidades de componentes para manipulação de imagem, além do acesso às funções API (Application Programming Interface) do MS Windows, ver [5], pode ser utilizado para abri-la, processá-la, gerar a curva $\sigma \times \epsilon$, e salvar os dados calculados em formato que pode ser aberto por outros pacotes comerciais, como o MS Excel, para posterior interpretação.

Algumas das rotinas do software serão salientadas aqui, devido a sua importância para a correta execução curva $\sigma \times \epsilon$.

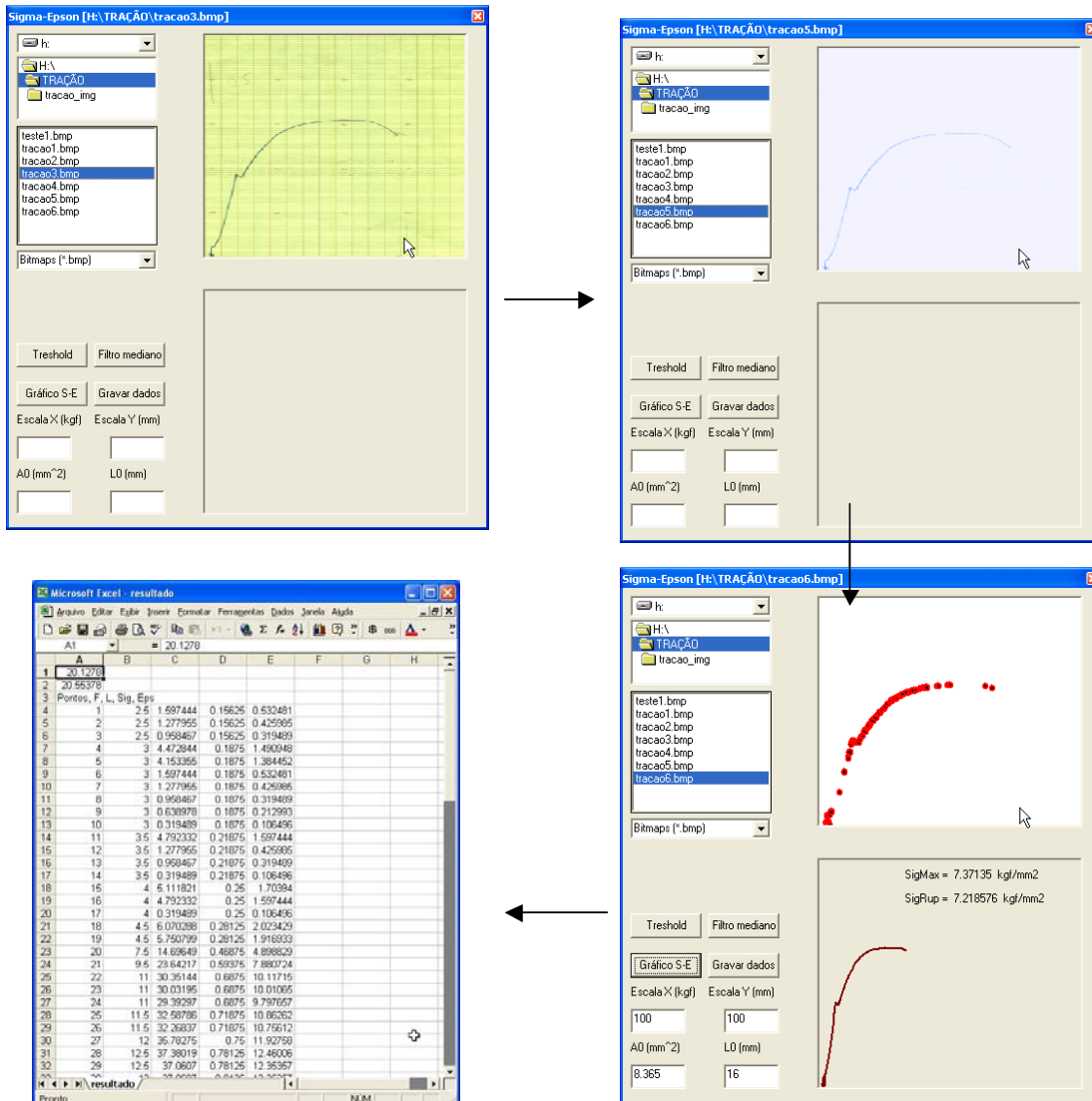


Figura 5. Sequência de passos para a obtenção da curva $\sigma \times \varepsilon$ e dados em formato texto.

Após a leitura da imagem inicial, vista na Figura 5, canto superior esquerdo, o usuário deve aplicar um filtro mediano para eliminação ou redução do efeito de imperfeições no processo de obtenção da imagem digitalizada. Com o botão Treshold é, na verdade uma binarização da imagem, tornando-a uma imagem preta e branca, onde os pontos pretos são aqueles com tendência ao azul (cor da tinta da caneta do dispositivo registrador da máquina de ensaios), e os brancos são todos os demais, Figura 5, canto direito superior. Para uma maior compreensão das rotinas mencionadas, *ver [6]*.

O botão Gráfico S-E, processa a imagem, gerando um gráfico na escala Tensão x Deformação Relativa, Figura 5, canto inferior direito. Para o correto cálculo de $\sigma \times \varepsilon$, é necessário informar os dados de escala em X, que é o fundo de escala do eixo força (em kgf), escala em Y, que é o valor da largura da imagem (em mm), a área inicial A_0 (em

mm²) e o comprimento inicial do corpo de provas L_0 (em mm). No software, o código que faz isto é:

```
For n = 1 To picBox.ScaleWidth - 1
For m = 1 To picBox.ScaleHeight - 1
  If Pixels(n, m) < 11000000 Then
    DoEvents
      contn = contn + 1
      contnm = contn
      pontos(contnm, 1) = n / picBox.ScaleWidth * escX
      pontos(contnm, 2) = (picBox.ScaleHeight - m) /
picBox.ScaleHeight * escY
      pontos(contnm, 3) = (n / (L0 * picImage.ScaleWidth)) *
escX
      pontos(contnm, 4) = ((picBox.ScaleHeight - m) / (A0 *
picBox.ScaleHeight)) * escY
      picImage.Circle (n, (picBox.ScaleHeight - m)), 2, vbRed
    DoEvents
  End If
Next m
Next n
```

Os valores de σ máximo e σ de ruptura são calculados pelo software através das seguintes expressões, respectivamente:

sigmax = maximo

e

sigrup = pontos(contnm, 4)

Onde “máximo” se refere ao valor máximo da coluna 4 da matriz pontos, que corresponde ao máximo da curva tensão, tendo como abscissa a deformação específica. Na segunda expressão, “pontos(contnm,4)” corresponde ao último valor processado de tensão, ou seja, o ponto mais à direita do gráfico.

Todo o processo leva alguns segundos. Os dados de F , ΔL , σ , e ϵ são guardados em um array, que comando de Gerar dados, são salvos em um arquivo em formato texto simples, que pode ser importado diretamente por outros softwares comerciais, como o Excel, Figura 5, canto inferior esquerdo. O código que faz isto é:

```
Open "./resultado.txt" For Output As #2
  Write #2, sigrup
  Write #2, sigmax
  Write #2, "Pontos, F, L, Sig, Eps"
  For n = 1 To contnm
    Write #2, n, pontos(n, 1), pontos(n, 2), pontos(n, 3), pontos(n, 4)
  Next n
Close #2
```

Conclusão:

No que se refere ao aspecto pedagógico, ao se adotar um procedimento automático, o aluno pode, além de visualizar todo o procedimento manual, ter um contato com outras possibilidades mais modernas de realizar instrumentação, via digitalização de dados e processamento automático dessas informações, pelo computador.

Além disso, notou-se, também, que os alunos tiveram um contato, antes não existente, com captura de dados de imagem, processamento de imagem, e programação para engenharia, que, além de muito enriquecer os currículos, contribuiu para a formação de um profissional de engenharia mais preparado para o mercado atual.

O software mostrou-se de fácil utilização, rápido no processamento, e preciso na obtenção dos resultados. Maiores testes estão sendo feitos para a validação da ferramenta, para uma utilização mais ampla.

Os trabalhos futuros incluirão a construção da interface do software com a máquina, para a obtenção dos dados de força e deformação relativa diretamente. Outra possibilidade importante é a implementação da área e comprimento do corpo de prova em tempo de teste, através da incorporação de uma câmera digital ao sistema e realização da medição ótica dos parâmetros.

O projeto do software envolveu professores e alunos das séries iniciais dos cursos. Espera-se, através dos resultados obtidos, uma economia de tempo substancial na atividade de interpretação dos dados, otimizando o tempo da atividade prática e, desta forma, melhorando a metodologia adotada nas disciplinas de Introdução às Engenharias Mecânica e de Controle e Automação.

Referência Bibliográfica:

- /1/ Fernandes, N.V., Curso de Transformação Mecânica de Metais , Demet, Ufrgs,1985;**
- /2/ Souza, S.A., Ensaio Mecânico de Materiais Metálicos, Editora Edgar Bücher Ltda, 1982;**
- /3/ Cetlin, P. R.Helmann, H., Fundamentos da Conformação de Materiais Metálicos, Ufmg, 1985;**
- /4/ Marin, J., Mechanical Behavior of Engineering Materials, Prentice- Hall, INC, EUA, 1982;**
- /5/ Cornell, G., The Visual Basic 4 for Windows 95 Handbook. McGraw-Hill, 1996, 1014p;**
- /6/ Russ, J. C., The Image Processing Handbook. 3ª. Edição, CRC Press, 1999, 771p.**

Abstract

In this work, it was demonstrated the Sigma-Epson Software for the automation of tensile-strain data calculation. The software was built with the objective of helping the students of the Courses of Mechanical and Mechatronics Engineering at PUCRS, when in laboratory

practical activities. Furthermore the software was created to improve the comprehension and understanding by students, easing the interpretation of results obtained experimentally.

Key words: Software, Tensile-Strain curve, Analyses.