



## **DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE ENSAIOS PARA MONITORAMENTO DE ESFORÇOS NOS MEMBROS ANTERIORES E POSTERIORES DE PEQUENOS ANIMAIS.**

**Gilva A. Rossi de Jesus**

Universidade Federal de Minas Gerais - Departamento de Engenharia Mecânica  
Av. Antônio Carlos 6627. E-Mail : gilva@demec.ufmg.br

**Antônio F. Ávila**

Universidade Federal de Minas Gerais - Departamento de Engenharia Mecânica  
Av. Antônio Carlos 6627. E-mail: aavila@dedalus

**Donato Vitelli**

Universidade Federal de Minas Gerais - Departamento de Engenharia Mecânica  
Av. Antônio Carlos 6627

***Resumo.** Os dados experimentais referentes ao comportamento mecânico dos ossos durante uma fratura são de grande importância para que profissionais da área da veterinária aprimorem as técnicas cirúrgicas de redução de fraturas. Para a obtenção dos dados experimentais necessários foi construído um dispositivo de ensaios que permite o estudo do comportamento de ossos e articulações dos membros anteriores e posteriores de pequenos animais quando submetidos a esforços mecânicos. Este dispositivo de ensaio é capaz de aplicar esforços de compressão, torção, flexão e o esforço conjugado de compressão e torção, possibilitando a simulação de fraturas que podem ocorrer naturalmente nos animais. Além de aplicar os esforços é capaz de medir a força que está atuando no momento da fratura e também a deformação dos ossos. O sistema de medição deste dispositivo de ensaios é constituído basicamente por uma célula de carga que irá medir a força aplicada e um sistema de aquisição de dados que irá coletar e armazenar tais dados. Durante um experimento, o osso é submetido a um esforço até que ocorra a fratura, enquanto isso, o sistema de medição estará medindo simultaneamente a força aplicada e a deformação ao longo do osso.*

***Palavras-chaves:** dispositivo mecânico, ensaio em ossos, medidas de tensão e deformação.*

### **1. INTRODUÇÃO**

Um dos maiores problemas nos animais, para os profissionais veterinários são as fraturas em geral. Principalmente em pequenos animais domésticos, a alta taxa de fraturas em membros anteriores e posteriores, levantou a necessidade de se pesquisar as técnicas de cirurgias ortopédicas. Maiores informações com relação ao comportamento do osso desses pequenos animais sob esforços de compressão, torção e flexão podem ajudar o cirurgião em suas decisões cirúrgicas. Segundo Schwarz (1991), a maior parte das fraturas de pequenos animais são causadas por compressão, tração, cisalhamento, flexão, torção ou a combinação de dois deles. Ainda segundo Schwarz (1991) outros fatores afetam as propriedades mecânicas dos ossos como por exemplo, (1) a densidade aparente do osso (massa por volume g/ml), (2) a porosidade (%), (3) a velocidade de carregamento (1/s), (4) a orientação do carregamento, (5) o tipo de carregamento (se de compressão ou cisalhamento) e (6) a idade do osso. Cowin (1991) diz não serem totalmente compreendidos os

fatores externos que influenciam a mecânica da fratura. Existe uma idéia geral de como alguns carregamentos causam as fraturas, mas não se sabe qual a intensidade desta força, e nem mesmo quais as variações dos momentos pois estes dependem da espécie do animal, do tamanho, do peso e do seu histórico de vida (exposição ao sol, tipo de alimentação e atividade física). Existem muitas dúvidas e incertezas nas propriedades mecânicas dos ossos e principalmente nas articulações onde há maior concentração de tensões. Por todos estes motivos houve o interesse de se projetar e construir um dispositivo que permitisse observar o comportamento de ossos e articulações de pequenos animais, quando submetidos a esforços mecânicos. Este dispositivo é capaz de realizar ensaios de compressão, torção, flexão e compressão combinado com torção, com limitação para animais de até aproximadamente 25kg. O sistema de acionamento e medição deste dispositivo foi desenvolvido, e um sistema de aquisição de dados possibilita a formação de um banco de dados contendo os resultados experimentais e análise estatística. Lembrando que estes ensaios não podem ser feitos em membros de animais vivos e que as amostras tem que ser de boa qualidade para que os resultados sejam os mais reais possíveis.

## **2. DESENVOLVIMENTO, PROJETO E DESCRIÇÃO DO DISPOSITIVO**

O primeiro passo do projeto foi determinar qual seria o esforço que o dispositivo de ensaios mecânicos (DEM) deveria submeter aos ossos e articulações. Pela geometria dos ossos dos membros anteriores e posteriores do canino, sabe-se que o ensaio que exige maior esforço é o de compressão, logo, este esforço foi aquele que limitou a capacidade do dispositivo. De posse de um fêmur de um cão de aproximadamente 25kg submeteu-se a um ensaio de compressão preliminar em uma prensa hidráulica de acionamento manual, determinou-se que o limite do dispositivo seria de 9,78kN, pois a carga de ruptura não aproximou-se deste valor. O motor foi escolhido levando-se em consideração, torque, rotação, dimensão, além da necessidade de possuir baixa rotação e torque suficiente para produzir o esforço axial desejado. Levando em consideração o diâmetro, passo da rosca e capacidade escolheu-se o parafuso que transforma o torque fornecido pelo motor em força axial. O parafuso deve ter o menor passo possível, que somado com a rotação do motor fornece a velocidade dos ensaios. Os rolamentos do dispositivo foram escolhidos em função da orientação do carregamento e da carga estática equivalente, já que a rotação em que os rolamentos trabalham é muito baixa não havendo necessidade de se verificar a carga dinâmica equivalente. A redução foi determinada em função do torque que deve ser fornecido ao parafuso para se obter a força axial desejada.

O dispositivo se resume em partes distintas tais como, (1) motor elétrico de corrente contínua com torque máximo de 7Nm e rotação nominal de 45 rpm; (2) parafuso de movimentação de rosca trapezoidal de 20mm de diâmetro externo, 16,7mm de diâmetro interno, passo de 2mm; (3) a redução escolhida foi a de correntes, por ser silenciosa e de baixo custo (ANSI 35, ISO e ABNT 06C), passo 9,53mm, carga de ruptura 11,247kN e a relação de redução escolhida foi de 1:3. Desta forma, o conjunto Motor CC e redução fornece um torque máximo de 21Nm. A figura (1) apresenta a sequência destes componentes. O motor CC é acionado através do sistema de aquisição de dados, que permite que o operador defina o perfil de velocidade que se quer impor ao motor.

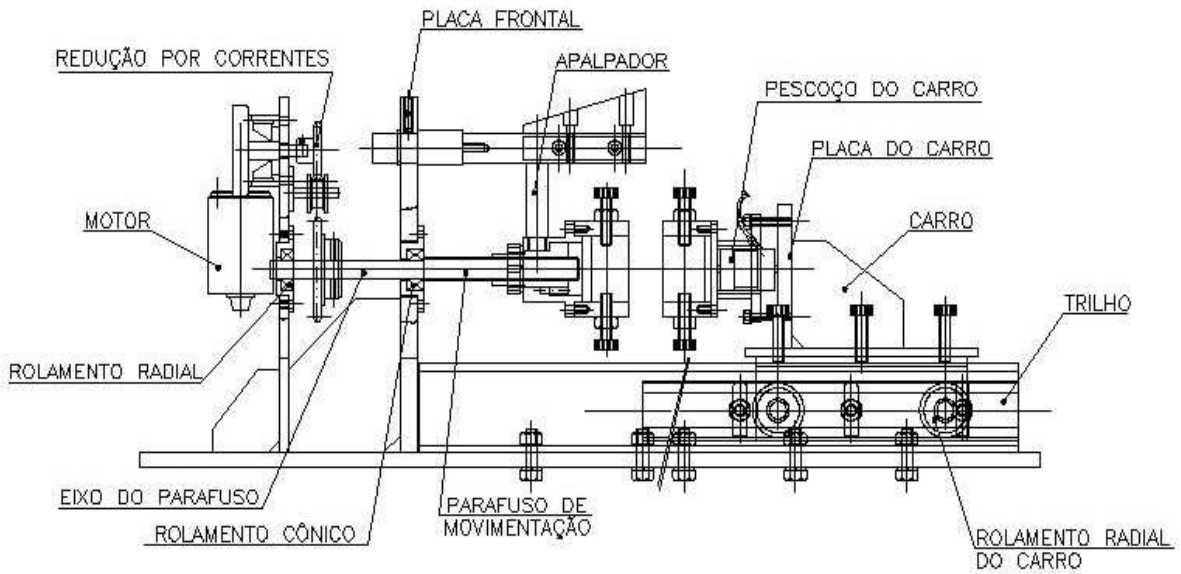


Figura 1. Principais Elementos do DEM

A figura 2 mostra o dispositivo de Ensaio Mecânico em seu atual estágio de desenvolvimento.

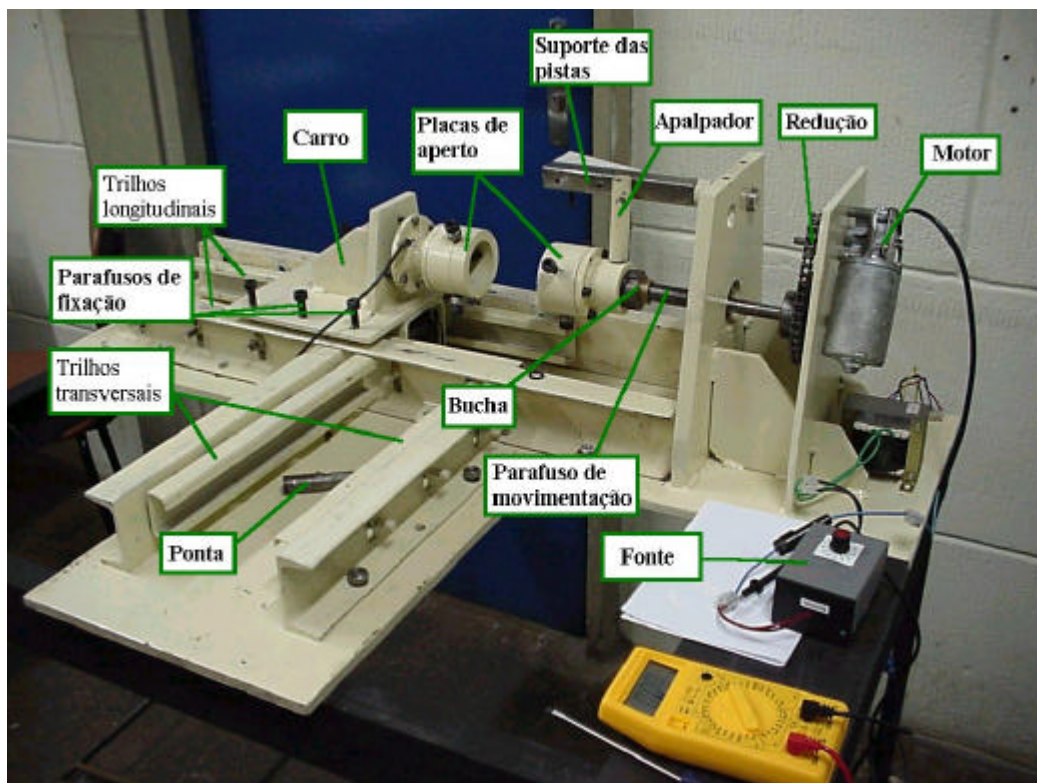


Figura 2. Dispositivo de esforços mecânicos

### 3. SISTEMA DE MEDIÇÃO

O sistema de medição é constituído de um transdutor, condicionador de sinais, e conversor A/D e D/A inserido no barramento no computador (fig. (3)). O transdutor utilizado é uma célula de carga, que consiste em um dispositivo que transforma força em variação de resistência elétrica, utilizando para isso extensômetros elétricos de resistência. A célula de carga funciona com quatro extensômetros ativos colados a um cilindro de aço que quando submetidos a cargas de compressão devem permanecer dentro do regime elástico. O sinal correspondente à variação de resistência fornecida pela célula de carga, após ser condicionado e amplificado, é enviado ao conversor A/D, que transforma o sinal analógico recebido em sinal digital de tal forma que possa ser lido pelo computador. No computador, um programa desenvolvido utilizando o software LABVIEW, mostra na tela os valores de tensão elétrica lidos no canal e através de uma curva de calibração da célula de carga obtém-se a carga correspondente.

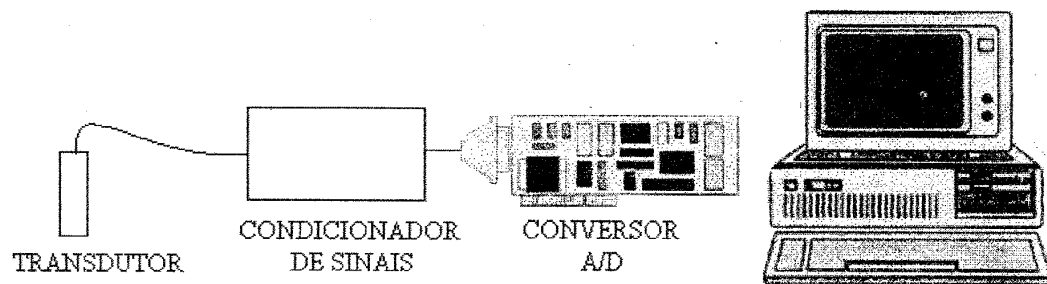
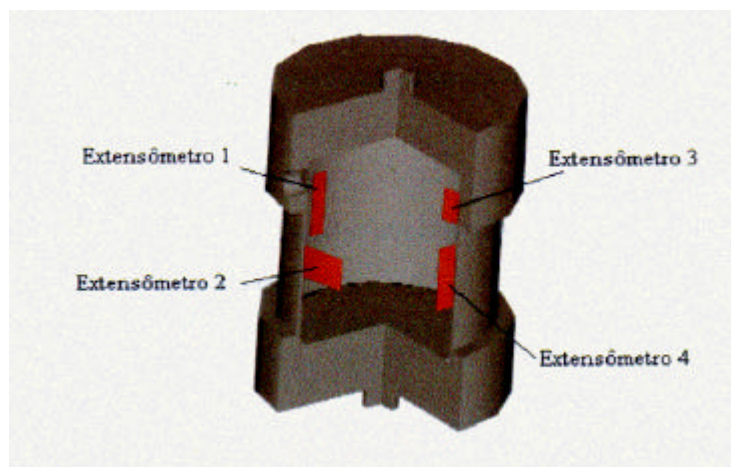


Figura 3. Sistema de Medição

A célula de carga foi montada com quatro extensômetros em ligação ponte completa fig.(4). O cilindro é fabricado em aço 4340, com diâmetro de 35mm e comprimento de 59mm. A tensão de alimentação é de 5V e a faixa de medição da célula de carga é de 0 a 9,78KN. Os extensômetros utilizados são do tipo KFG-10-120-C1-11, fabricante Kyowa, com compensação de temperatura para aço, dimensão do extensômetro 10mm, resistência  $120 \pm 0,2\Omega$  e fator do extensômetro  $2,11 \pm 1\%$ .



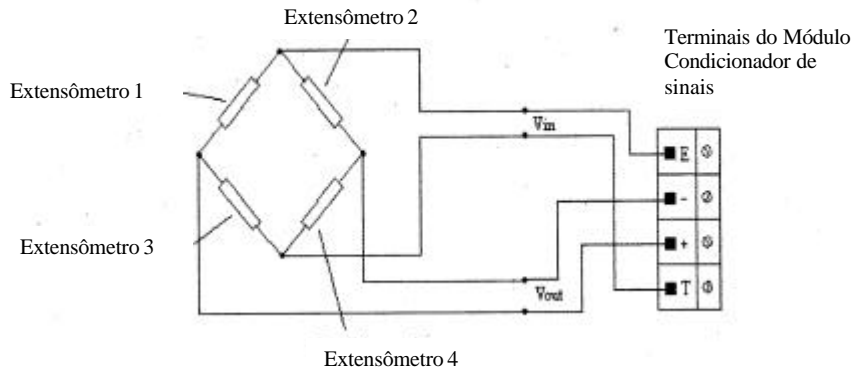


Figura 4. Célula de Carga (extensômetros ligados em ponte completa)

O condicionador de sinais analógicos utilizado possui 16 canais independentes e permite a conexão de sinais provenientes de sensores ligados em ponte completa,  $\frac{1}{2}$  ponte,  $\frac{1}{4}$  ponte, células de carga, transdutores de pressão e acelerômetros. Sua configuração é feita por meio de *jumpers* que variam os parâmetros de ganho, fonte de tensão e tipo de sinal lido.

O conversor A/D, conectado no barramento do computador, tem uma resolução de 12 bits (4096 níveis de discretização), taxa de conversão 200.000 amostras por segundo e 16 canais de entrada.

A calibração da célula de carga foi feita com o objetivo de levantar a curva que relaciona a tensão de saída ( $V_{out}$ ) lida pelo sistema de aquisição de dados com a carga aplicada na célula de carga. Para cada carga aplicada tem-se o correspondente de tensão elétrica. Foram aplicadas cargas de 0(zero) a 9,78KN com um passo de 0,489KN. Este procedimento foi repetido por 6 vezes e o valor médio foi considerado. O gráfico mostrado na figura 5 apresenta a curva de calibração obtida. O valor de tensão elétrica lido ( abcissa do gráfico) foi multiplicado por um ganho de 600.

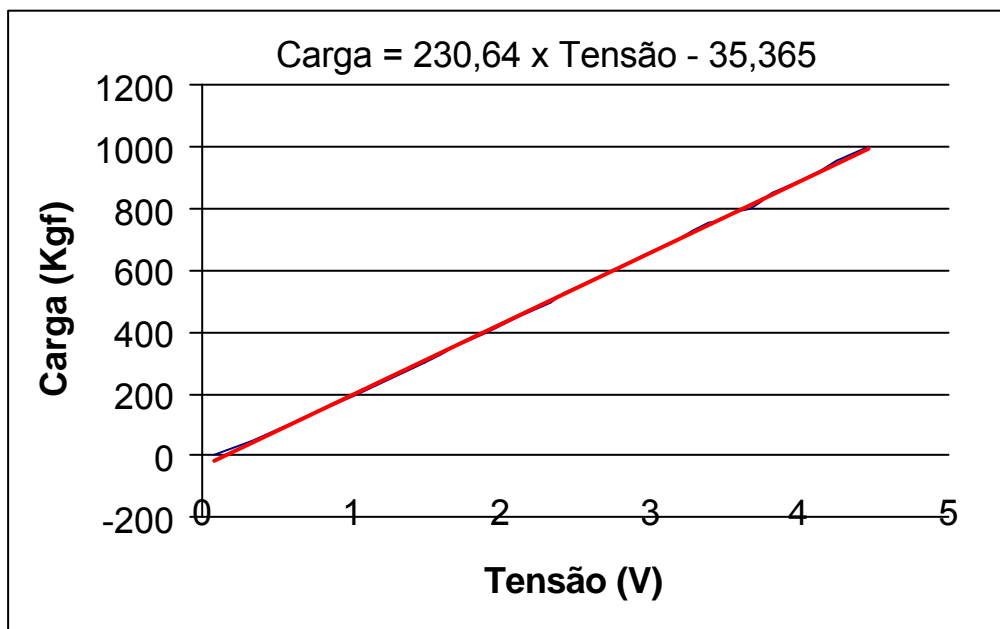


Figura 5. Curva de Calibração

#### 4. PROGRAMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

O diagrama mostrado na fig.(6) apresenta os principais passos executados pelo programa de aquisição de dados, desenvolvido através do pacote computacional Labview. Inicialmente, o operador escolhe o canal de leitura no qual está ligado a célula de carga; em seguida, o perfil de velocidade do motor, que define o valor do torque e a sua taxa de variação; e finalmente, a forma de apresentação dos resultados (por exemplo : a força transmitida ao osso versus tempo).

A figura 7 apresenta o programa desenvolvido e a fig.(8) mostra a tela de apresentação quando o programa é executado.

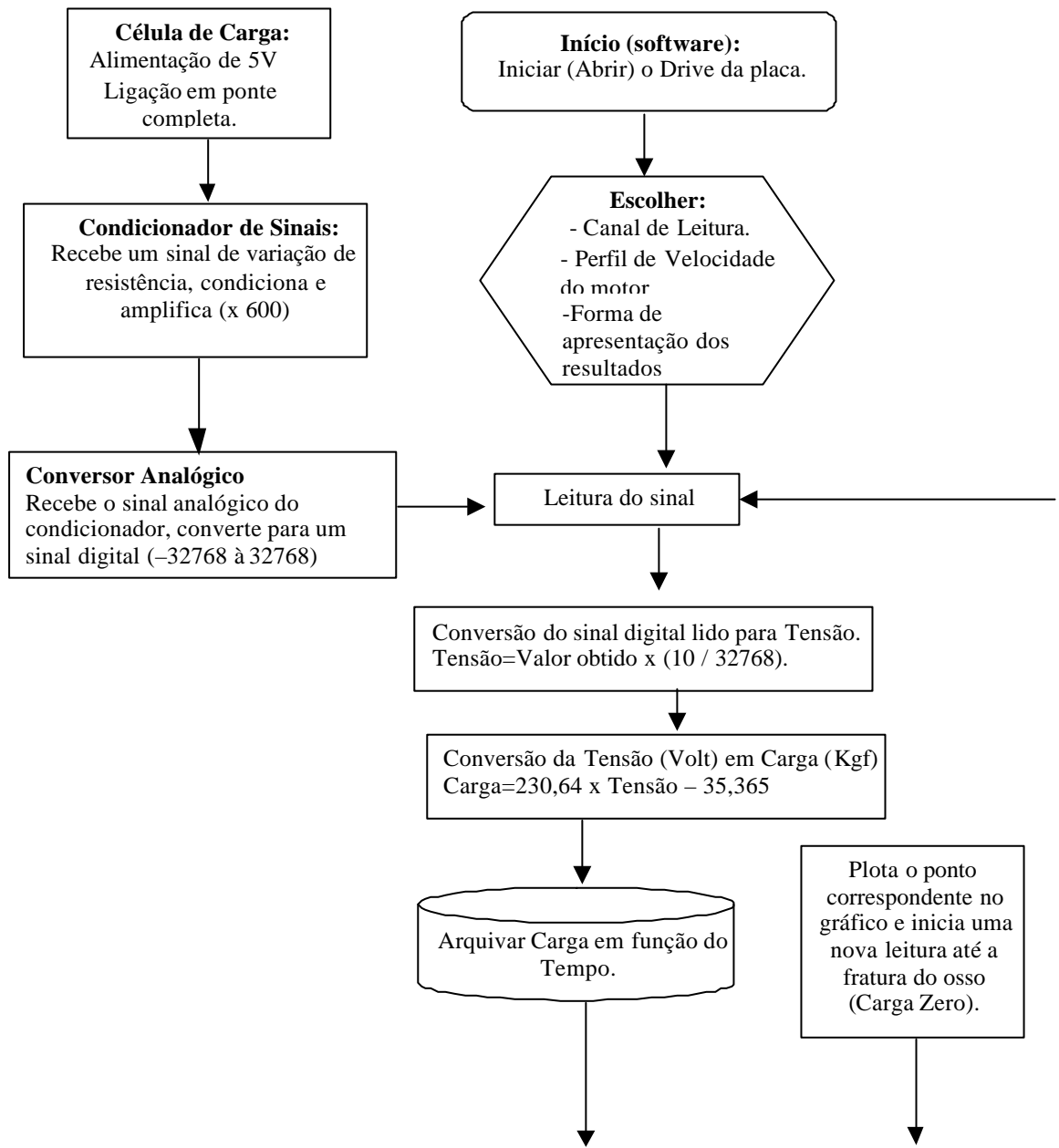


Figura 6. Fluxograma do Programa de Aquisição de Dados



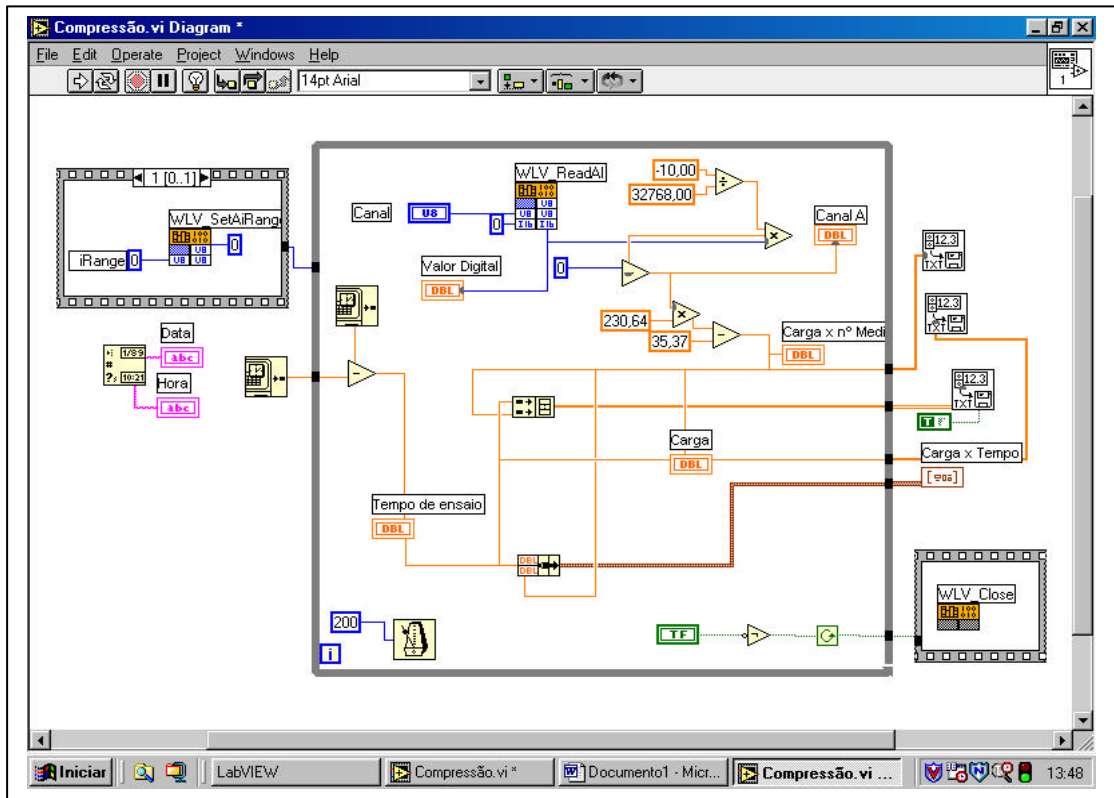


Figura 7. Programa de Aquisição de Dados

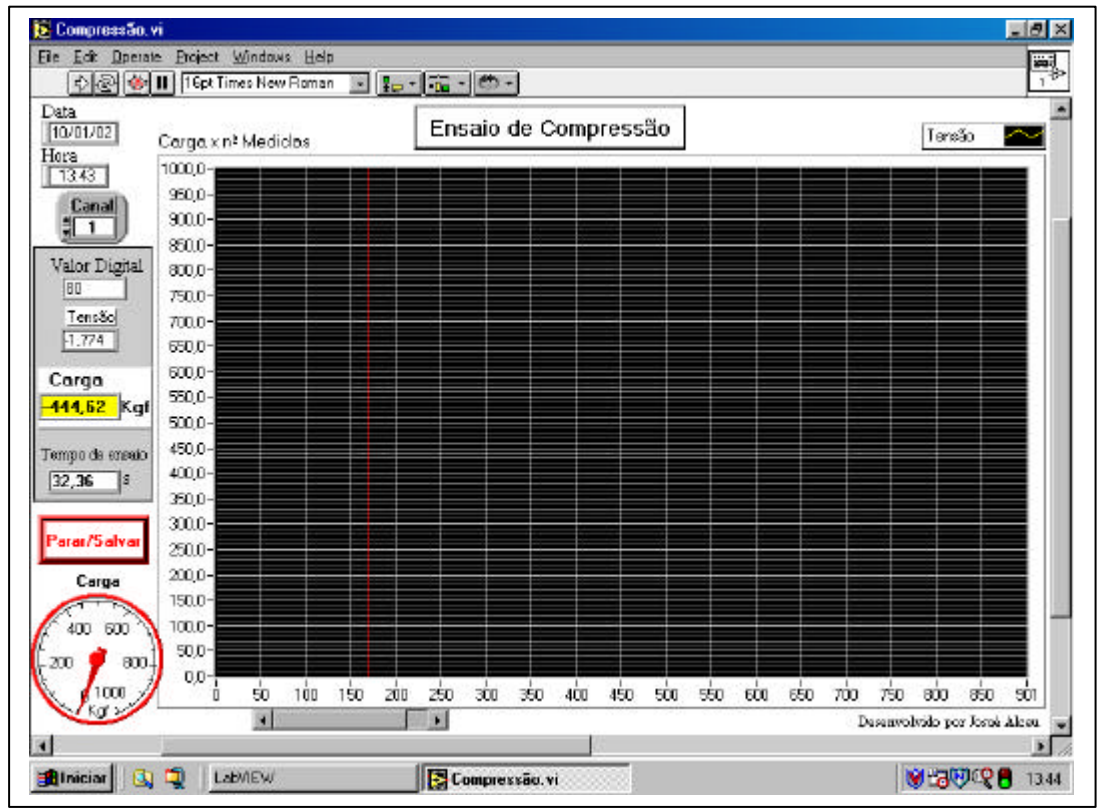


Figura 8. Tela de Apresentação

## 5. RESULTADOS EXPERIMENTAIS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos foram favoráveis e apresentamos como exemplo de ensaio (fig.(9)) uma tíbia canina de um animal de aproximadamente 25Kg e observa-se pelo gráfico que a carga de ruptura foi de 7,746KN. O dispositivo mecânico de ensaios ainda está em fase de aperfeiçoamento, quando serão realizadas melhorias na garras e nas pinças que prendem os ossos. Além disso, futuramente, será desenvolvido um dispositivo que possibilitará medir a deformação ao longo dos OSSOS.

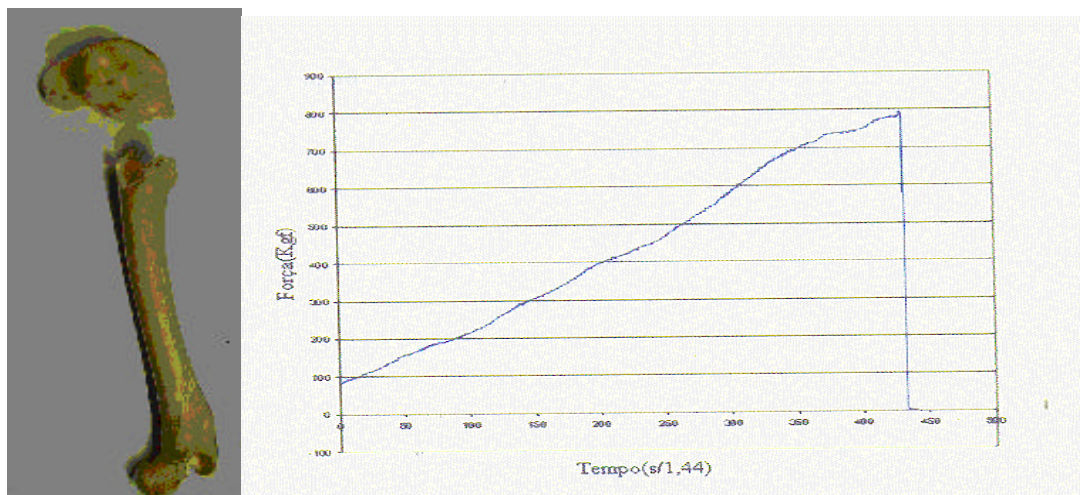


Figura 9. Osso fraturado e gráfico demonstrativo da fratura

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cowin, S.C. (1989) *Bone Mechanics*, CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Kopperdahl, D. L. and Keaveny, T. M. (1998) Yield Strain Behavior of Trabecular Bone, *Journal of Biomechanics*, 31, 601-608.
- Ozkul, T. (1996) *Data Acquisition and Process Control using Personal Computers*. M. Dekker.
- Schwarz, P. D. (1991) *Biomechanics of fractures and fracture fixation*. Fort Collins: Seminars in Veterinary Medicine and Surgery (Small Animal), 6, 1, p. 3-15.

## DEVELOPMENT OF A MECHANICAL DEVICE FOR MONITORING STRAIN ON BONES AND JOINTS OF SMALL ANIMALS

*Abstract: Mechanical behavior experimental data from bones and toggles during the fracture are important to veterinarians to help them to improve their surgical techniques. To be able to obtain such data a new testing device was designed and built. Using such device the researcher cannot only simulate fractures due to tension, shear, bending and combined stresses, but also measure the displacements and reaction forces during the fracture. The measurement system created has the following components: a load cell, a strain gauge signal conditioning board, a plug-in general-purpose data acquisition board that are suited for measuring voltage signals (A/D converter), a personal computer and a specially developed software. In this paper, the device is presented and a experimental test is shown.*

*Key Words : Mechanical Devices, Bones Tests, Stress-strain measurements*