



Extensometria para medição do crescimento de árvores

Extensometer trees for growth measurement

Felipe Tozetto COSTA [1](#); Mário Elias Marinho VIEIRA [2](#); Rosane FALATE [3](#); Sergio Luiz STEVAN JR [4](#)

Recibido: 21/09/16 • Aprobado: 12/10/2016

Conteúdo

- [1. Introdução](#)
 - [2. Material e métodos](#)
 - [3. Resultados e discussão](#)
 - [4. Conclusões](#)
- [Referências](#)

RESUMO:

O presente trabalho teve por objetivo o desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados para medição do crescimento de árvores utilizando extensometria. O sistema foi desenvolvido utilizando uma Ponte de Wheatstone, com quatro extensômetros, ligada a um microcontrolador que realizou a aquisição periodicamente. Para simular a variação de perímetro de uma árvore foi utilizada uma lata de aço, a qual foi enchida com água sendo aquecida de forma a associar a variação de temperatura com a variação de dilatação linear do metal. Os resultados apontaram uma correlação entre temperatura e dilatação, resultando em um coeficiente de determinação de 0,99621, validando a proposta.

Palavras-chave: Dendometria; Sistema eletrônico de aquisição de dados; Strain Gages.

ABSTRACT:

This work aimed to development of a data acquisition system for the automatically measurement of trees' growth using extensometer. The proposed system was developed using Wheatstone Bridge with four strain gages connected to a microcontroller which performed the acquisition of the board output at predetermined periods. To simulate the perimeter of a tree changes a commercial tin was used which was filled up with water and then heated in order to associate the variation of temperature with the range of linear expansion of the metal. The first results showed a correlation between temperature and dilation, resulting in a coefficient of determination of 0.99621, validating the proposed.

Keywords: Dendometry; Electronic system for data acquisition; Strain Gages.

1. Introdução

O conhecimento das características qualitativas, quantitativas e de crescimento de um povoamento florestal é de fundamental importância para avaliar sua produção e obter informações que permitam a melhor utilização de nossas florestas (CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G., 2009).

O estudo da determinação do volume de uma árvore, assim como de suas demais partes chama-se Dendometria. Utiliza-se de métodos e técnicas que permitem a medição das árvores para melhor entendimento de dimensões das florestas, das árvores e de suas partes.

Nacionalmente, as tecnologias empregadas para conhecimento das características do crescimento de uma espécie são, na maioria dos casos, realizadas com ferramentas manuais ou que necessitem de

constante acompanhamento (CARNEIRO, 2015). Utilizam-se medições periódicas por todo seu ciclo de vida, implicando em um longo período de observações no local físico da árvore.

O uso de extensômetros resistivos (*Strain Gage*) permite avaliar a aplicação de forças externas de distensão ou retração (PORTNOI, M, 2007), as quais resultam na alteração da resistência base do sensor.

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um protótipo para a aquisição eletrônica de dados, que realize a medição do perímetro de árvores periodicamente, permitindo a avaliação do crescimento do tronco ao longo do tempo.

2. Material e métodos

2.1. Sensores

No desenvolvimento do dispositivo utilizou-se extensômetros, que são utilizados para medir deformações em diferentes estruturas. Essa medida é realizada anexando um extensômetro nestas estruturas, convertendo a deformação causada em uma quantidade elétrica (tensão) e amplificando-a para leitura em um local remoto (WEBBER, A. L. 2008).

A aplicação de forças (tensão, torção, pressão) em uma estrutura pode ser avaliada através de sua deformação, sem que a mesma seja danificada. Isto leva a uma análise quantitativa da distribuição de deformação em condições de operação. Fornecem um método de converter deformações em quantidade elétrica. Seguem algumas das características e utilizações sobre os extensômetros elétricos (JUNIOR, J.; MARTINS, C. A. 2012):

- Alta precisão de medição;
- Pequeno e leve;
- Excelentes respostas aos fenômenos dinâmicos;
- Medições possíveis dentro de uma ampla faixa de temperatura;
- Usados como elementos transdutores para medidas de várias quantidades físicas (força, pressão, torque, aceleração, deslocamento);
- Possibilidade de medição em locais remotos.

Na Figura 1, pode-se verificar um modelo de extensômetro, é constituído por uma base isolante com uma resistência elétrica fina, esta é colada sobre o objeto ou a parte dele que executará a deformação.

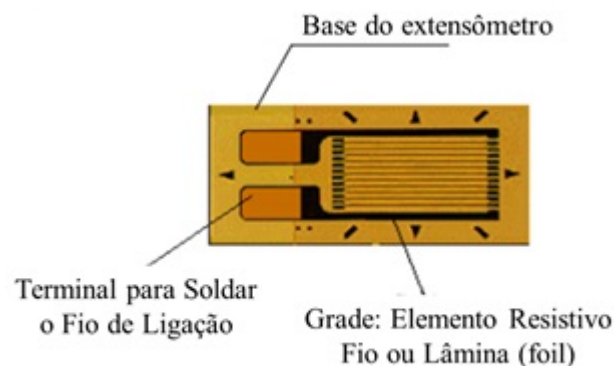


Figura 1. Modelo de extensômetro uniaxial linear (PORTNOI, M., 2007).

Este modelo de extensômetro, quando instalado irá se deformar nas mesmas proporções que o material de teste. Tendo uma força aplicada sobre um corpo teremos que a resistência elétrica R sendo definida pela Equação 1 (MALERBA, P.C.C. *et al.*, 2011):

$$R = \rho \cdot \left(\frac{L}{A} \right) \quad (1)$$

ρ : Resistividade do Material;

L : Comprimento do fio;

A : Área da seção transversal do fio.

A razão da deformação sofrida pelo comprimento original é definida como *strain* e por seu valor ser muito pequeno é normalmente expresso em *micro-strain*, ou seja, *strain*.10⁻⁶, pode ser analisada na Equação 2 (OMEGA.COM, 1999):

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2)$$

ε : *micro-strain*.

A Equação 3 apresenta outro parâmetro a ser levado em consideração na aplicação deste sensor, o *Gage Factor* (GF ou K), este indica a sensibilidade do *strain gage* (NATIONAL INSTRUMENTS, 1998). O GF é fornecido pelo fabricante, seu valor para *strain gage* metálicos é tipicamente em torno de 2,1 (EXCEL SENSOR, 2016).

$$GF = \frac{\left(\frac{\Delta L}{L} \right)}{\left(\frac{\Delta R}{R} \right)} \quad (3)$$

Analisa-se a utilização dos *Strain Gage* para medição de potência em VIEIRA, M. E. M. *et al.*, (2015), neste trabalho foi apresentado um medidor de potência fisiológica para ciclistas. Assemelham-se a este trabalho pela utilização do mesmo modelo de extensômetro, passos para fixação dos extensômetros e utilização de componentes similares na confecção do circuito (amplificador de instrumentação).

No estudo de MALERBA, P.C.C. *et al.* (2011) realizou-se a aplicação dos *Strain Gage* para elaboração de uma célula de carga com um sistema de aquisição eletrônico computadorizada, se assemelha a este trabalho pela utilização de uma Ponte de Wheatstone Completa na construção de seu sistema de aquisição.

Cita-se VIDAURRE, G.B. *et al.* (2015), que analisou a tensão de crescimento no lenho, medindo árvores vivas com auxílio do extensômetro de modelo *Growth Strain Gage*. Em estudos provenientes de pesquisas internacionais, cita-se um projeto Belga de BELDER, A.D. (2014-2015), este analisa as diferenças de testes realizados em campo e em laboratório de alguns sensores utilizados na dendrometria, entre eles, os *Strain Gages*.

Nos estudos de Batista *et al.*, (2012), Ministério do Meio Ambiente (2012) e Wink *et al.*, (2012) demonstram a importância e técnicas para a medição do crescimento de árvores e florestas. Porém, as técnicas demonstradas utilizam-se de ferramentas manuais, como cintas metálicas e sutas (instrumento próprio para medição manual), levando grande tempo para a coleta de informações. Tendo isso, salienta-se que a medição do comprimento de árvores de forma automática proposta neste trabalho traz benefício, como a diminuição do tempo para a coleta e possibilidade de maior número de coletas por árvore.

Neste trabalho, utilizaram-se quatro unidades do *Strain Gage* de modelo PA-13-250BA-120-LEN. Este modelo de extensômetro possui alta compensação de temperatura quando o material de sua fixação é o alumínio, sendo unidirecional, possui resistência base de 120 Ohms (Ω), sua estrutura é encapsulada e são soldados nos terminais com fios de cobre com comprimento de 50 mm (milímetros). Este modelo conta também com a vantagem pela sua espessura fina e de fácil fixação. Cada extensômetro possui comprimento total de 9,47 milímetros e largura total de 3,18 milímetros.

A escolha pela utilização de quatro sensores é justificada pela sua sensibilidade, e como resultado da amplificação do sinal de saída pode-se analisar de melhor maneira as possíveis deformações de sinal. Como o projeto requer quatro sensores, utilizou-se um amplificador de instrumentação para atenuação dos ruídos e condicionamento dos sinais.

2.2. Condicionamento de Sinais

Segundo Grante (2004), devido à sua sensibilidade, uma Ponte de Wheatstone é utilizada para medições de pequenas variações de resistência elétrica, particularmente no caso dos extensômetros. A ponte possibilita medir uma saída de tensão proporcional à variação das resistências, a qual neste caso é proporcional à força aplicada.

A Ponte de Wheatstone é formada por quatro elementos resistivos, sendo alimentada por uma fonte de tensão. Se as resistências forem iguais, a tensão de saída (também chamada de tensão de equilíbrio) é zero. Já se uma das resistências for diferente das outras (ou variar) a tensão de saída representará o valor de desequilíbrio da ponte. Em algumas configurações e conforme a instalação, podem ser utilizadas para monitoramento de duas (meia ponte) ou de quatro resistências (ponte completa), desde que adequadamente consideradas.

Na configuração de ponte completa, as resistências devem ser instaladas de modo a que variem de forma complementar, e assim, a sensibilidade é aumentada. A figura 2 ilustra uma Ponte de Wheatstone completa, baseada em 4 *Strain Gages* dispostas de forma que duas sofressem distensão (R1 e R3), aumentando suas resistências, e as outras duas de retração (R2e R4), diminuindo suas resistências.

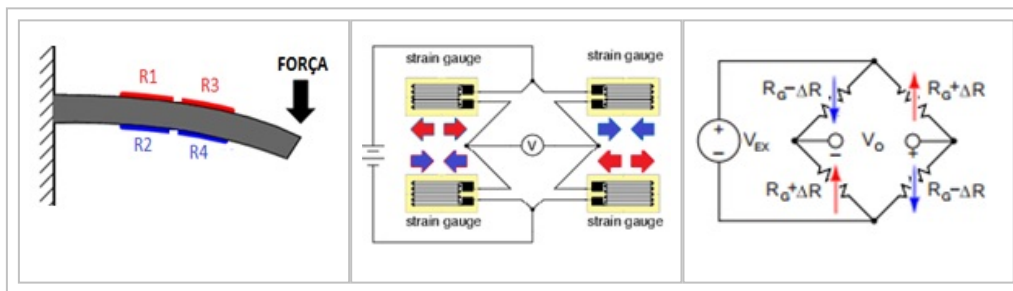


Figura 2. Exemplo de Ponte de Wheatstone Completa. a) aplicação em uma haste com uma força aplicada; b) ilustração dos *Strain Gage* sofrendo distensão e retração; e c) o circuito com a ponte, mostrando a ordem de variação das resistências. Adaptado de (NATIONAL INSTRUMENTS, 1998).

A Figura 3 apresenta o circuito elétrico projetado com intuito de melhor adequação ao sistema de informação e também desempenho dos *Strain Gage*. A placa possui as seguintes funções nesse sistema: amplificar o sinal de saída da Ponte de Wheatstone; reduzir a influência de ruídos providos da alimentação do sistema; aumentar a impedância para redução de correntes parasitas; ter um baixo consumo de energia em operação; e aumentar rejeição de modo comum.

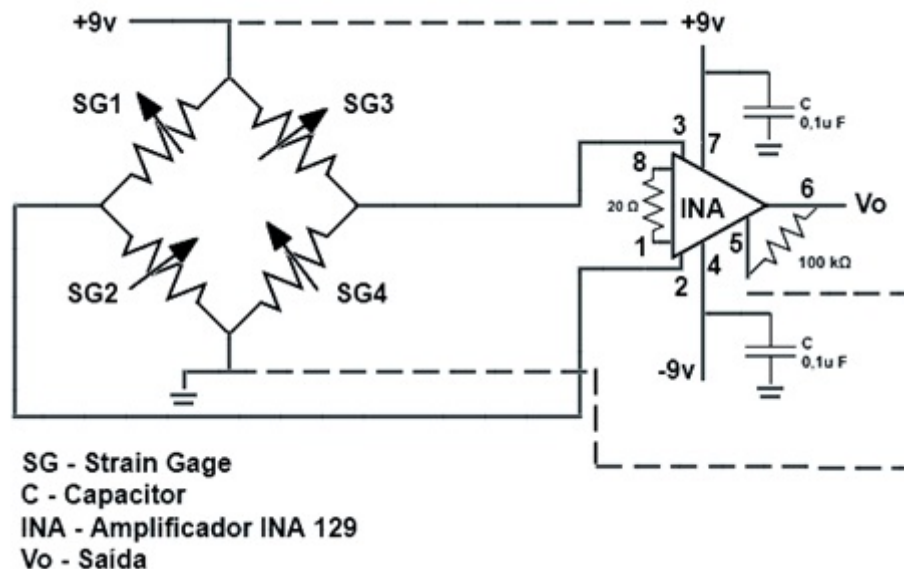


Figura 3. Circuito de aquisição e condicionamento de sinais projetado para este sistema.

Para o condicionamento do sinal de saída utilizou-se um amplificador de instrumentação de modelo INA129, da *Texas Instruments*, que possui como principais características (DILLENBURG, R.F., 2016): alta impedância de entrada, visto que estamos interessados em amplificar uma diferença de potenciais; alta rejeição de modos comuns; baixo ruído; não-linearidade (sinal depende também da intensidade da entrada); e forte anti-interferência.

Segue a Equação 4, na qual o ganho G é fornecido pelo fabricante *Texas Instruments* (2015) para o INA129:

$$G = 1 + \frac{49,9k}{RG} \quad (4)$$

Para alimentação foram utilizadas 2 baterias de 9 Volts para realizar a fonte simétrica do INA129. Foram utilizados dois capacitores $0,1 \mu F$ atuando como filtro de ruídos; 1 Resistor de carga de $100 k\Omega$ para limitar a corrente no sensor e 1 Resistor de ganho de 20Ω .

Ao final deste processo, pequenos sinais de alteração de comprimento (micrometros) são convertidos em uma pequena alteração física do sensor (microStrains) que por sua vez causa uma pequena variação de sua resistência (microOhms) e resulta, no final da Ponte de Wheatstone em uma pequena tensão (microVolts), a qual, depois de amplificada, é enquadrada para os sinais adequados do microcontrolador (Volts).

2.3. Fixação dos Sensores

Para a adequação do sistema em árvores de tamanhos variados, o local da fixação dos sensores necessita de um material que possibilite sua ancoragem que fosse rígido, mas que pudesse realizar pequenas manobras para a adequação em variados diâmetros.

Utilizando essas premissas, utilizou-se uma cinta de zinco de 2,5 cm de largura para a fixação dos quatro sensores, dois na parte da frente da cinta e dois na parte de trás na mesma posição. Para que os sensores da parte de trás não encostassem diretamente na árvore e para potencializar a dilatação ou contração na parte central da cinta para facilitar a leitura, fez-se uma elevação de 2,8 cm no centro da cinta no local da instalação dos sensores.

Com esse tipo de material pode-se fixar a cinta de acordo com o diâmetro da árvore, travando o final da cinta com abraçadeira de nylon. Para simulação do comportamento do crescimento da árvore, utilizou-se uma lata de aço a qual é o local de instalação do sistema de aquisição de dados (descrição na metodologia experimental). A Figura 4 apresenta a cinta para testes instalada na lata, simulando o diâmetro da árvore.

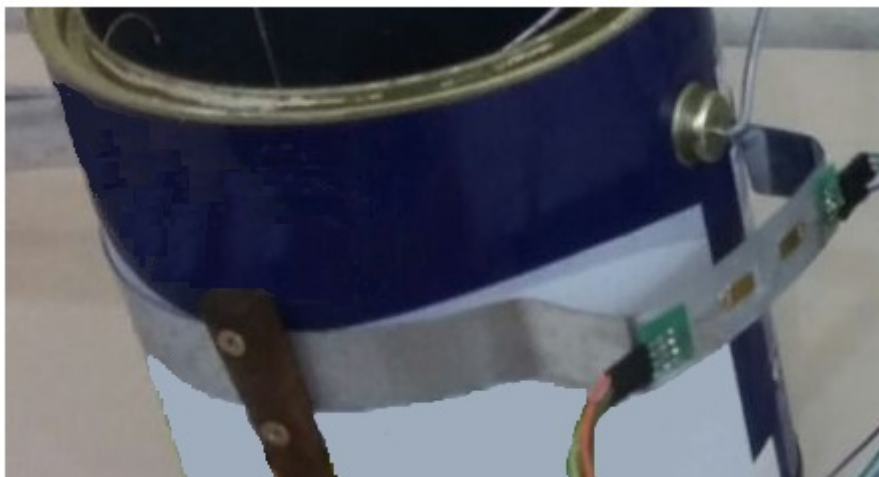


Figura 4. Cinta de zinco já instrumentada instalada na lata.

Seguem as etapas realizadas na fixação dos sensores, e a Figura 5 apresenta os sensores instalados na cinta de zinco:

- Limpeza da superfície;
- Lixar a superfície: Lixar os locais de instalação com lixa nº 204, para retirar qualquer material que possa atrapalhar a colagem;
- Marcação dos locais de instalação dos quatro sensores com precisão;
- Condicionamento realizado com condicionar próprio para *Strain Gage*;
- Aplicado neutralizante com algodão;
- A colagem dos quatro sensores foi realizada com cola instantânea de alta fixação.



Figura 5. Sensores instalados na parte frontal da cinta

A haste proposta onde são fixadas as *Strain Gage* reage ao aumento do perímetro (dilatação da árvore), transferindo extensão e contração aos sensores, conforme ilustrado na Figura 6.

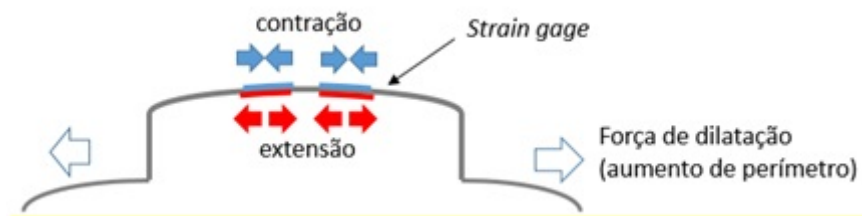


Figura 6 – Haste de fixação das Strain Gage, ilustrando o aumento do perímetro da árvore e as forças de contração e extensão sobre os sensores.

2.4. Sistema de Coleta

Para a coleta e armazenamento dos dados utilizou-se o microcontrolador ATmega328P na plataforma Arduino© UNO R3. Este modelo foi selecionado pelas diversas facilidades que sua arquitetura possibilita, como (RENNA, R.B.D. et al., 2013):

- Facilidade no desenvolvimento do código em linguagem de programação, baseada em C;
- Possibilidade de alimentação via bateria, e do equipamento ficar em estado "dormente", neste caso liga automaticamente somente nos horários de coleta, aumentando o tempo de coleta do sistema sem a necessidade de intervenção, características que serão necessárias em futuros trabalhos;
- Facilidade de inserção de placas de apoio e módulos externos.

Neste trabalho, foram incluídos dois sensores de temperatura modelo LM35 LP da fabricante *Texas Instruments*, sensor que pode ser alimentado pela própria plataforma (UNO R3) e possui faixa de temperatura condizente com o projeto que vai de -55 a 150 °C (TEXAS INSTRUMENTS, 1999). Segue na Figura 7 ilustração representando visão interior do sensor: +Vs (entrada tensão); Vout (saída dados); GND (terra).

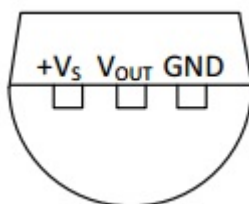


Figura 7. Visão Interior do sensor LM35 LP (TEXAS INSTRUMENTS, 1999).

Os códigos de linguagem executados no microcontrolador, utilizado na fase de testes e coletas em laboratório, foram desenvolvidos no software *open-source* Arduino CC.

2.5. Metodologia experimental

Devido à falta de um sistema mecânico para coletas de dados acoplado na árvore e rápidos resultados para verificação da viabilidade da proposta, este trabalho apresenta um sistema que possui o objetivo de coletar resultados em laboratório e verificar a sua viabilidade.

Para simular a árvore neste trabalho, utilizou-se uma lata de aço com capacidade para 3,6 litros e com 53 cm de comprimento de circunferência. Dentro do recipiente foram despejados 500 ml de água, assim auxiliando no controle de temperatura do recipiente, facilitando tanto o resfriamento, quanto o aquecimento.

Com o intuito de simular o crescimento da árvore, utilizou-se um aquecedor elétrico ligado em contato direto com a água, assim aumentando a temperatura de forma crescente. Com isso, possibilita-se a distensão do recipiente e da cinta com os *Strain Gages*, gerando diferença no valor de saída da ponte. Para simular a retração ou respiro da árvore, realizou-se o resfriamento da lata com cubos de gelo dentro da água, com isso diminui a circunferência da lata possibilitando a retração da cinta com os *Strain Gage*, gerando diferença do valor de saída da ponte.

Na medição de temperatura foram utilizados dois sensores de modelo LM 35, fixados diretamente na lata em altura central do recipiente, com distância de 5 cm entre eles, conectados diretamente no microcontrolador programado para realizar coleta de forma periódica (3 segundos). Nos resultados, utilizou-se a média entre os valores de temperatura e descarte de valores fora de intervalo.

A variável a desejada é a variação do diâmetro da lata de aço, na qual corresponde com as variações de temperatura (variável auxiliar). Como este trabalho apresenta um sistema eletrônico, necessita-se de uma variável elétrica para ser medida, neste caso tensão elétrica (Volts). Resumindo, o projeto foi baseado nessas três variáveis principais, que se correlacionam nas equações 5,6 e 7.

Para a realização dos testes, realizou-se a conexão da placa de aquisição de dados com o microcontrolador e suas devidas alimentações. Foram efetuados dois testes seguindo os mesmos procedimentos, para posterior avaliação de seus resultados em condições similares. Seguem abaixo as descrições dos procedimentos realizados:

- Iniciou-se com coletas de controle do valor de saída da ponte e da temperatura dos sensores, para testar o funcionamento do sistema e obter o valor inicial de temperatura. No primeiro teste o valor médio inicial de temperatura foi de 25,42 °C e no segundo teste o valor médio inicial foi de 24,44 °C (i);
- Após a primeira etapa, acrescentou-se 500 ml de água com temperatura ambiente no interior do recipiente e se deu início a coleta do valor de saída da placa de condicionamento e a da temperatura dos sensores pelo sistema (ii). Iniciou-se a terceira etapa, resfriando o sistema gradativamente, colocando cubos de gelo até a temperatura de 5,38 °C, valor de coleta mais baixo em ambos os testes (iii);
- Na quarta etapa, ocorreu o aquecimento do sistema gradativamente com o aquecedor elétrico, até a temperatura média de 48,88 °C no primeiro teste e 48,75 °C no segundo teste (iv). Encerraram-se os testes nestas temperaturas, já que todo o sistema estava demasiadamente quente.

Para uma melhor visualização dessa metodologia de coleta de dados, foi desenvolvido o procedimento apresentado na Figura 8, indicando as quatro etapas citadas.

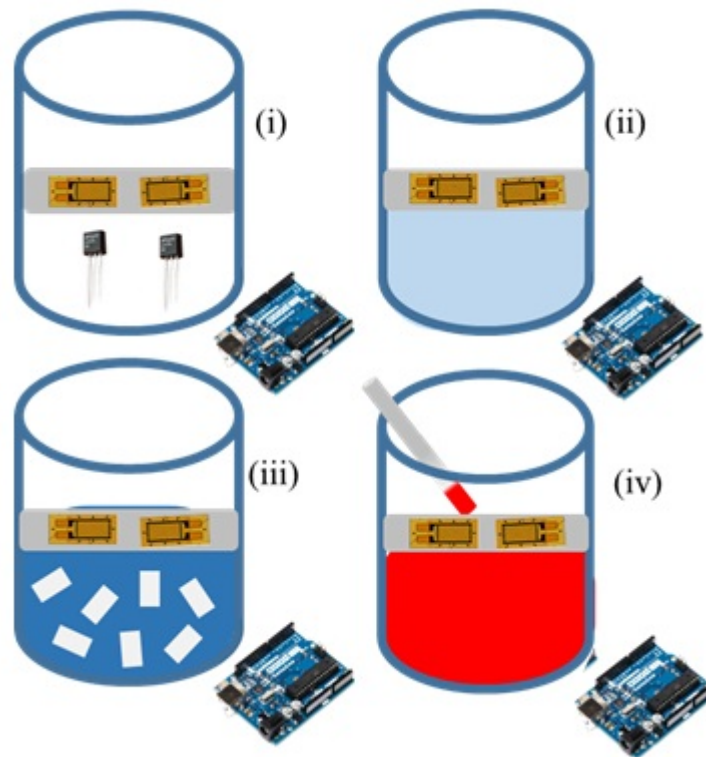


Figura 8. Apresentação das etapas do procedimento experimental.

O intervalo de temperatura para coletas de dados para este sistema foi definido por meio das limitações impostas pela bancada montada em condições de laboratório. Para a temperatura mínima, o valor mínimo estabilizado após a inserção dos cubos de gelo. Para o valor máximo, foi considerado não ultrapassar a temperatura de 50°C, na qual foi limitada pelo aquecedor elétrico. Segue na Figura 9, imagem que demonstra a estrutura completa em um dos testes.

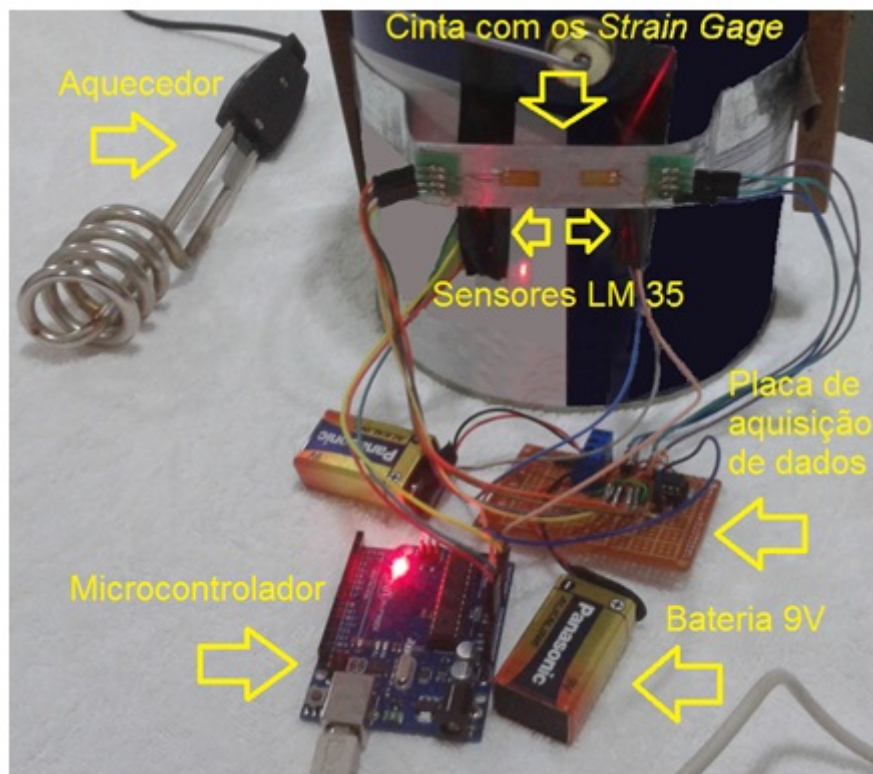


Figura 9. Sistema completo e montado para coletas de dados em laboratório.

Para medir o crescimento/diminuição da circunferência do recipiente, foi utilizada como base a equação de dilatação linear, segue abaixo na Equação 5 (GASPAR, 2007):

$$\Delta L(T) = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad (5)$$

ΔL : variação do comprimento do corpo que sofreu a dilatação linear;

L_0 : comprimento inicial da superfície do corpo;

α : coeficiente de dilatação linear do material que constitui o corpo;

ΔT : variação de temperatura sofrida pelo corpo.

Utiliza-se também como base a Equação 6, que refere-se a mediação da Ponte de Wheatstone Completa, fornecida pela fabricante *NATIONAL INSTRUMENTS*, 1998. Essa equação utiliza-se de resultados das equações relacionadas anteriormente 2 e 3.

$$\frac{V_o}{V_{ex}} = -GF \cdot \varepsilon \quad (6)$$

Fez-se as devidas substituição nas equações 5 na 6, para a correlação necessária neste trabalho entre a variação da tensão e a variação da circunferência, tem-se a Equação 7 que foi utilizada neste trabalho.

$$\frac{\Delta L}{\Delta V} = \frac{-1}{2 \cdot V_{ex}} \quad (7)$$

Utilizou-se a Equação 7 principalmente pela alteração da circunferência da lata necessitar de um equipamento de alta precisão para sua identificação, o que não era o caso nestes testes. Por este motivo foi relacionado além da variação de temperatura com a variação da tensão para encontrar a dilatação do corpo de testes.

O último ponto da apresentação desta metodologia é a verificação de viabilidade deste sistema. Para isso, foi utilizado o conceito de coeficiente de determinação (*Adj.R-Square*), o qual consiste em uma regressão linear simples (R^2). Como requisito de projeto, o sistema será considerado viável somente de o seu valor R^2 for superior a 95% (0,95).

3. Resultados e discussão

Em ambos os testes os valores da saída da placa de condicionamento e da temperatura dos dois sensores foram coletados automaticamente pelo sistema e gravados em um arquivo de texto, seguindo a metodologia descrita. Os dados coletados foram tratados e analisados, retirando os valores com possíveis falhas de leituras.

Na demonstração dos resultados, segue a média entre os dois testes. Nos gráficos e tabelas, os valores de tensão foram adequados para serem avaliados como variação de tensão, os quais refletem a diferença entre os valores de tensão entre duas capturas (atual menos a anterior). Já os valores da média de temperatura estão em valor real coletado.

A medição do aumento do perímetro da circunferência (em função de sua dilatação) utilizou-se a equação da dilatação (5), com o coeficiente de dilatação linear do aço (α) de $1,2 \cdot 10^{-5}$, comprimento de dilatação inicial (L_0) de 53 cm e a variação da temperatura (ΔT) utilizando os dados da coleta. Obtendo-se uma dilatação máxima com a temperatura de 48,75 °C de 0,02762 cm.

A Figura 10 apresenta a demonstração da média entre os testes com a Temperatura (Celsius) e Tensão (Volts). Em vermelho consta a linearidade que deveria ocorrer no aumento entre a Temperatura e Tensão, em preto os pontos de coletas realizados. O valor do coeficiente de determinação (*Adj.R-Square*) é de 0,99621. Estes valores indicam que em 99,62% das variações de tensão podem ser explicadas por variações da temperatura. Este resultado está próximo do valor de linearidade e foi satisfatório, tendo em vista que é um primeiro protótipo do projeto e podem ocorrer melhorias em sua concepção para trabalhos futuros. Este valor final corresponde satisfatoriamente ao requisito mínimo descrito na metodologia (95%).

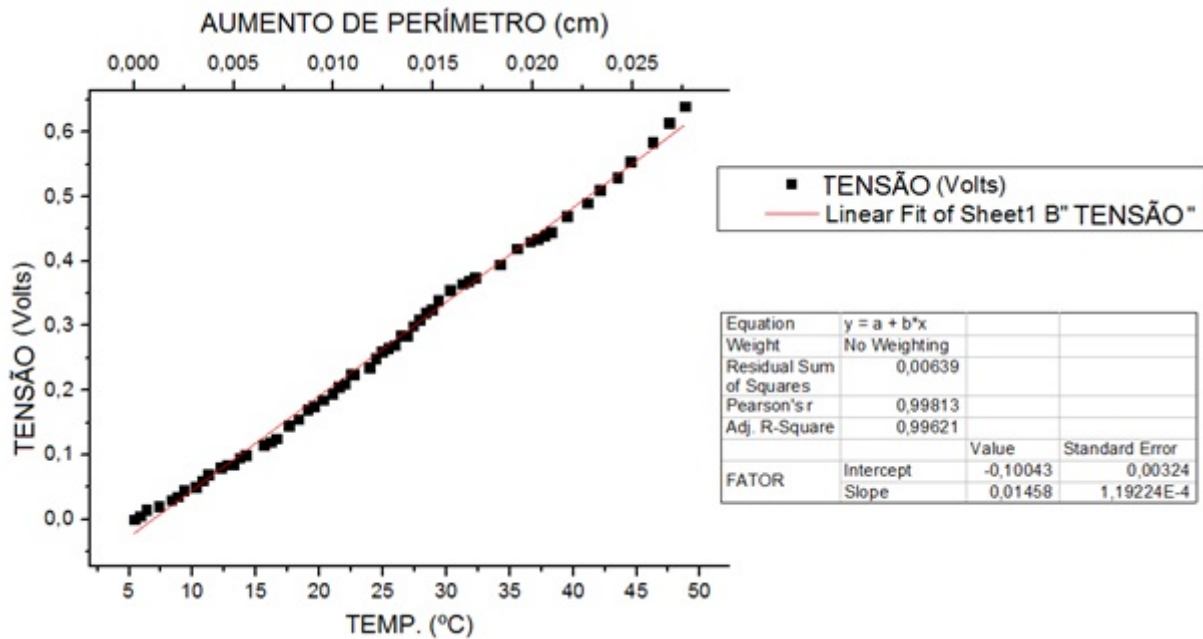


Figura 10. Gráfico da média entre os valores de Temperatura x Tensão x Aumento de Perímetro.

Seguem nas Tabelas 1, 2 3 os respectivos valores de amplitude da Temperatura (°C), Tensão (V) e Aumento de Perímetro (cm) da média dos dois testes realizados.

Tabela 1. Amplitude dos testes da Temperatura °C.

Temperatura Mínima	Temperatura Máxima	Amplitude
5,38	48,75	43,37

Tabela 2. Amplitude dos testes da Tensão V.

Tensão Mínima	Tensão Máxima	Amplitude
0,00	0,64	0,64

Tabela 3. Amplitude dos testes do Aumento de Perímetro cm.

Aumento de Perímetro Mínimo	Aumento de Perímetro Máximo	Amplitude
0,00000	0,02762	0,02762

Por meio das tabelas acima e da Figura 9, pode-se avaliar que houve uma relação entre o aumento do perímetro em função da dilatação do corpo de testes, de modo proporcional ao acréscimo da temperatura. Viabilizando assim, o sistema e a metodologia aqui propostos.

4. Conclusões

Tendo em vista a dificuldade do atual modelo de medição do cumprimento da circunferência de árvores e a importância dessa informação para a análise das florestas, o estudo da modernização dessa atividade se tornou muito proveitoso. Principalmente pelo fato de em 99,62% das variações de tensão podem ser explicadas por variações da temperatura, este valor ficou próximo da linearidade, demonstrando o funcionamento correto do sistema.

Como um primeiro teste em laboratório, o sistema mostrou-se capaz de identificar o crescimento/diminuição do recipiente através da Ponte de Wheatstone Completa com quatro *Strain Gage*. Estes demandaram muito cuidado em sua instalação e calibração, mas depois de instalados funcionaram de maneira satisfatória. Deve ser levado em consideração para os resultados que nos

testes em laboratório o sistema foi forçado a mudanças bruscas de tensão repentinamente, e esse cenário não ocorrerá com as árvores. No qual as mesmas podem demorar meses para crescer alguns milímetros e nas análises irá dispor de uma grande quantidade de coletas para efetuar a média, assim melhoram-se os resultados.

Para trabalhos futuros, é necessária a criação de uma estrutura de proteção do sistema contra intempéries e estudos sobre a melhor forma de alimentação do sistema e sua autonomia, além da criação de rotinas para armazenamento das informações coletadas. Pode-se analisar a diminuição da faixa de leitura de Volts do equipamento, já que foi levantada a amplitude de tensão que deve ser coletada; além de na programação aumentar o número de casas de todos os dados, para melhorar a análise dos resultados.

Referências

- Batista, J. L. F., Vismara, E. S., Miranda, L. G., Sanzovo P. G., Rosário V. A. C., Moreira, R. M. *Inventário Florestal Contínuo da Floresta Comercial da Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga*. Publicação METRVM, 2012.
- Belder, A. D. *Comparison of different dendrometers and LVDT-sensors in laboratory and field condition*. Master in Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen Academiejaar 2014 – 2015.
- Campos, J. C. C., Leite, H. G. *Mensuração Florestal: perguntas e respostas*. Viçosa: Editora UFV, 2009. 542 p.
- Carneiro, D. C. *Uso de Sensoriamento Remoto como Ferramenta para Estimar Características Dendrométricas de um Povoamento de Pinus taeda L*. Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.
- Excel Sensor. Extensômetros Coláveis de Resistência Elétrica: Fator de Sensibilidade (Gage Factor). 2016. Disponível em: <<http://www.excelsensor.com.br/codigo.htm#sensibilidade>>. Acesso em: 18 set. 2016.
- Gaspar, A. (2007). *Física Série Brasil*. 1ª edição. Editora Ática.
- GRANTE (Grupo de Análise e Projeto Mecânico). *Apostila de Extensometria*. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – 2004.
- Junior, L. J., Martins, C. A. (2012). *Extensometria Básica*. Ponta Grossa - PR: Laercio Javarez Junior.
- Malerba, P. C. C., Guarnieri, F. L., Barros, J. *Aplicação da extensometria através de Strain Gage: Elaboração de uma celular de carga com sistema de aquisição de dados computadorizado*. Apresentado no XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba.
- Ministério Do Meio Ambiente. *Guia para medição de produtos e subprodutos florestais madeireiros*. Ministério do Meio Ambiente do Brasil, 2012.
- National Instruments. *Strain Gauge Measurement: A Tutorial*. Application Note 078, Aug, 1998.
- Omega Engineering, INC. The Strain Gage. 1999. Disponível em: <<http://www.omega.com/literature/transactions/volume3/strain.html>>. Acesso em: 01 jun 2016.
- Portnoi, M. *Extensometria, história, usos e aparelhos*. 2007. Disponível em: <<https://www.eecis.udel.edu/~portnoi/academic/academic-files/extensometria.html>>. Acesso em: 16 jun. 2016.
- Renna, R. B. D., Brasil, R. D. R., Cunha, T. E. B., Beppu, M. M., Fonseca, E. G. P. *Introdução ao kit de desenvolvimento Arduino*. Tutoriais PET-Tele Universidade Federal Fluminense – UFF, 2013.
- Texas Instruments. *LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors: datasheet*. 1999. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2016.
- Viduarre, G. B., Nutto L., França, F. J. N., Braz, R. L., Watzlawick, L. F., Moulin J. C. *Tensão de Crescimento no Lenho de Eucalyptus benthamii e sua Relação com Características Dendrométricas em Diferentes Espaçamentos*. Revista Floresta e Ambiente, ISSN 2179-8087. 2015; 22(3): 408-415.
- Vieira, M. E. M., Gonçalves, V. C., Paes, M. R. Redkva, P. E., Stevan Jr, S. L. *Medidor de potência fisiológica para ciclistas*. Apresentado no Seminário de Eletrônica e Automação (SEA), 2015 – UTFPR – Ponta Grossa - PR.

Weber, A. L. *Extensometria (Instrumentação)*. UCS – Universidade de Caxias do Sul, Departamento de Engenharia Mecânica, 2008.

Wink, C., Monteiro, J. S., Reinert, D. J., Liberalesso, E. *Parâmetros da copa e a sua relação com o diâmetro e altura das árvores de eucalipto em diferentes idades*. Sci. For., Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 057-067, mar. 2012.

1. (Aluno de Mestrado na Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG) E-mail: felipetcosta@hotmail.com
 2. (Aluno de Mestrado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná- UTFPR) E-mail: mariovieira@alunos.utfpr.edu.br
 3. (Professora na Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG) E-mail: rfalate@gmail.com
 4. (Professor na Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG) E-mail: sstevanjr@gmail.com
-

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 38 (Nº 13) Año 2017

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a webmaster]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados