

DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE AQUISIÇÃO DE DADOS APLICADOS À MEDIÇÃO DA UMIDADE DE EQUILÍBRIO DA MADEIRA (UEM)

RICARDO ARTHEMAN

*Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação - EESC/USP
Avenida Trabalhador São-carlense, 400
13566-590 - São Carlos - SP.
E-mails: ricardoartheaman@gmail.com*

Abstract— The Equilibrium Moisture Content of wood (EMC) shows through the Simpson's equation, the moisture content mainly depends on the relative humidity and temperature of the environment, to obtain these variables, the moisture content is adjusted to a value called Equilibrium Moisture, a software was implemented which simplified the implementation thereof, making faster the response measures to control and traceability, the software developed in LabVIEW based on the SIMPSON's Equation (1971), the environment used in this experiment was a wooden storage shed Pinus.

Keywords— SIMPSON's Equation, Equilibrium, Wood, Moisture

Resumo— Este A Umidade de Equilíbrio da Madeira (UEM) mostra através da Equação de Simpson, que o teor de umidade depende principalmente da umidade relativa e da temperatura do meio, ao se obter essas variáveis, o teor de umidade se ajusta a um valor denominado umidade de equilíbrio, foi implementado um software que simplificou a aplicação dos mesmos, tornando mais rápida a resposta as medidas de controle e rastreabilidade, o software desenvolveu-se em LabVIEW tendo como base a Equação de SIMPSON (1971), o ambiente utilizado neste experimento foi um galpão de armazenamento de madeira Pinus.

Palavras-chave— Equação de SIMPSON, Equilíbrio, Madeira, Umidade

1 Introdução

O objetivo deste estudo analisou através do desenvolvimento de software de aquisição de dados ao efeito da vaporização sobre a umidade de equilíbrio e sua implicação nas propriedades mecânicas da madeira.

Basicamente pela abundância e características, a madeira foi um dos primeiros materiais a ser utilizado pelo homem moderno, mantendo, apesar do aparecimento dos materiais sintéticos, uma grandeza de usos diretos e servindo de matéria-prima para inúmeros outros produtos.

A água é contida na madeira viva em três formas: (1) nas paredes celulares; (2) no conteúdo protoplasmático das células; e (3) como água livre nas cavidades e espaços intercelulares.

Madeira extremamente seca com ar retém de 8 a 16% da água nas paredes celulares e apenas resíduos nas outras formas. Entretanto, mesmo as madeiras secas em fornos mantêm um restrito teor de umidade, mas para quaisquer motivos que não sejam químicos, podem ser consideradas plenamente secas.

A secagem gera um acréscimo considerável na rigidez da madeira, singularmente em espécimes de pequeno porte. Um exemplo veemente é o caso de um bloco de 5 cm de seção em aberto, absolutamente seco, que suporta uma carga ininterrupta quatro vezes maiores do que um bloco verde da mesma madeira e do mesmo tamanho agüentaria.

Dada a relevância do teor em água na caracterização das propriedades da madeira, a sua secagem estabelece um aspecto importante da indústria madei-

reira. A secagem fundamenta em retirar do interior da madeira o excedente de água, de maneira propiciar a utilização do material nas suas diversas funcionalidades.

Basicamente há dois tipos de secagem, aqui diferenciados quanto à origem e efeitos:

- Natural: possibilita secar a madeira sobrepondo as peças umas sobre as outras de maneira a propiciar um arejamento uniforme. Este processo é lento, demanda vastos espaços e requer grandes quantidades de madeira. A secagem natural propicia secar a madeira até uma umidade mínima de 12%. Abaixo dos 20% de umidade a madeira suporta a putrefação. Abaixo dos 30% podem começar aparecer os defeitos de secagem: empenamentos, rachaduras, encruamentos, colapsos, torções, encanoamentos, abaulamentos.
- Artificial: a secagem artificial, executada através de estufas próprias, possibilita aumentar a velocidade da secagem da madeira e simultaneamente protege dos fungos e insetos.

Mesmo depois de atravessar pelo processo de secagem, a madeira continua com as suas características de material higroscópico e segue trocando umidade com o ar que a circunda. Sustentando-se estável as condições de temperatura e umidade relativa, o teor de umidade da madeira chegará ao equilíbrio dinâmico com a umidade do ar. Diante disso define-se a Umidade de Equilíbrio da Madeira (UEM).

São sabidas que as condições ambientais mudam constantemente, gerando mudanças no teor de umidade da madeira. Essa condição ocasiona uma conse-

quência indesejável, que é a variação nas dimensões da madeira, com relação direta à quantidade de água adquirida ou dissipada para o ambiente.

A temperatura e a umidade relativa do ar são os fatores básicos que propiciam a umidade de equilíbrio da madeira.

Entre a umidade da madeira, umidade relativa do ar e temperatura se constitui um equilíbrio higroscópico de grande relevância para a secagem, tendo em vista que por meio desta relação pode-se controlar e regular o processo de secagem.

Segundo SKAAR (1972) os fatores que influenciam na umidade de equilíbrio da madeira são: umidade relativa, temperatura, espécie da madeira e extrativos, o histórico de exposição, tensões mecânicas e radiação. A umidade relativa e a temperatura são, contudo, os fatores que predominam.

O método desenvolvido por SIMPSON (1971), baseado na teoria da adsorção de Hailwood e Horrobin, possibilita o cálculo da umidade de equilíbrio da madeira em função da temperatura e umidade relativa.

2 Texto do Trabalho

O teor de umidade da madeira depende basicamente da umidade relativa e da temperatura do ambiente. Consolidando essas variáveis, o teor de água da madeira ajusta-se a um valor denominado umidade de equilíbrio. Possibilitando assim a estimativa da umidade da madeira empregada em diferentes situações ambientais.

A madeira abaixo da umidade de saturação ao ar, por volta de 30%, varia suas dimensões na proporção que ganha ou perde uma quantidade de água para o meio. Essa variação dimensional é com maior proporção na direção tangencial da madeira, chegando até 15% maior que o valor original.

Secar artificialmente em estufas concede o ajuste do teor de umidade da madeira a um valor que possa minimizar as variações dimensionais resultadas pelas variações climáticas que acontecem no local de sua utilização.

Com a vaporização da madeira o teor de umidade de equilíbrio diminui significativamente.

O teor de umidade da madeira quando em serviço sofre variações em função da umidade relativa e da temperatura ambiental em que se encontra a peça (Skaar, 1988). Tornando fixa essas variáveis, o teor de água da madeira se estabelece a um valor de equilíbrio. Com isso faz-se possível determinar a umidade da madeira utilizada em condições ambientais diferentes.

A umidade de equilíbrio deve ser determinada para o ambiente onde a madeira será utilizada, o que pode ser adquirido com a exposição de amostras de madeira às circunstâncias ambientais de temperatura e umidade relativa, possibilitando utilizar ensai-

os de campo, secagem artificial, climatização através de câmara ou estimativas por meio de equações.

No que se diz respeito ao processo de secagem, comumente se encontra tabelas obtidas em função da temperatura dos termômetros de bulbo seco e de bulbo úmido, dada a sua relação com a umidade relativa.

A umidade relativa pode ser concebida pela relação percentual entre a pressão parcial e a pressão de saturação de vapor de água em condições de igualdade de temperatura (1):

$$h = \frac{P}{P_s} \quad (1)$$

h = pressão relativa;

P = pressão parcial;

P_s = pressão de saturação de vapor;

e a umidade relativa $UR = h \times 100$.

A dependência da UEM na umidade relativa do ar e temperaturas entre 30°F e 150°F (-1,1°C e 65,6°C) é demonstrada na Tabela 1 (Forest Products Laboratory, 1987). Entretanto os dados da Tabela 1 estão restringidos a apenas uma pequena parte de todas as possíveis combinações de temperatura e umidade relativa. Assim as UEMs intermédias podem ser calculadas com a seguinte equação (2) (Simpson 1971, Laboratório de Produtos Florestais 1987):

$$UEM = \left(\frac{K1K2h}{1 + K1K2h} + \frac{K2h}{1 - K2h} \right) \cdot \frac{1800}{W} \quad (2)$$

$K1 = 4,737 + 0,04773(T) - 0,00050123(T)^2$

$K2 = 0,70594 + 0,001698(T) - 0,000005553(T)^2$

$W = 223,374 + 0,69309(T) + 0,01850(T)^2$

T = temperatura em graus Celsius

h = umidade relativa/100

Entre os principais motivos que arremetem a se aplicar a prática de secagem da madeira, pode ser destacada a atenuação na movimentação dimensional. Como citado anteriormente à madeira tende a contrair-se à medida que vai secando e expandir-se a passo que absorve umidade. No caso da secagem apropriada até um delimitado teor de umidade final minimizará a movimentação dimensional da peça impedindo rachaduras ou empenos.

Os métodos de medição de umidade equilíbrio da madeira (UEM) dependiam da medição da umidade relativa combinado com a temperatura ambiente. Um desses métodos executados era através da utilização de uma tabela de (UEM) que fornecia os dados através do cruzamento dessas variáveis manualmente.

		UEM (%)																	
Temperatura	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
(°F (°C))	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR	UR
30 (-1,1)	1,4	2,6	3,7	4,6	5,5	6,3	7,1	7,9	8,7	9,5	10,4	11,3	12,4	13,5	14,9	16,5	18,5	21	24,3
50 (10,0)	1,4	2,6	3,6	4,6	5,5	6,3	7,1	7,9	8,7	9,5	10,3	11,2	12,3	13,4	14,8	16,4	18,4	20,9	24,3
70 (21,1)	1,3	2,5	3,5	4,5	5,4	6,2	6,9	7,7	8,5	9,2	10,1	11	12	13,1	14,4	16	17,9	20,5	23,9
90 (32,2)	1,2	2,3	3,4	4,3	5,1	5,9	6,7	7,4	8,1	8,9	9,7	10,5	11,5	12,6	13,9	15,4	17,3	19,8	23,3
110 (43,3)	1,1	2,2	3,2	4	4,9	5,6	6,3	7	7,7	8,4	9,2	10	11	12	13,2	14,7	16,6	19,1	22,4
130 (54,4)	1	2	2,9	3,7	4,5	5,2	5,9	6,6	7,2	7,9	8,7	9,4	10,3	11,3	12,5	14	15,8	18,2	21,5
150 (65,6)	0,9	1,8	2,6	3,4	4,1	4,8	5,5	6,1	6,7	7,4	8,1	8,8	9,7	10,6	11,8	13,1	14,9	17,2	20,4

Tabela 1. Tabela de dependência UEM da umidade relativa (UR) e temperatura.

Esse usava uma tabela baseada na Fórmula de SIMPSON, contudo com valores expostos com aproximação causando imprecisões na medição.

Essa falta de precisão e dificuldade na coleta dos dados motivou-se o desenvolvimento do Software supervisor com sensores micro processados e um sistema de aquisição de dados com geração de históricos instantâneos, tornando assim o sistema de medição de (UEM) mais preciso e confiável, influenciando diretamente no controle de qualidade do armazenamento da matéria-prima à madeira.

A implementação dos sistemas supervisórios teve início no final do século 20, introduzido em um contexto ainda de capacidade computacional limitada e de baixo acesso, o que se opôs a utilização em grande escala dessa tecnologia.

Com o advento da informática ao decorrer dos anos, o aumento da capacidade computacional e o custo sensivelmente reduzido devido à produção em série dos equipamentos para atender o gradual crescimento do consumo mundial, nos anos 90 surgiram vários fabricantes de sistemas supervisórios preteando o crescente mercado industrial.

Sendo assim a utilização de sistemas supervisórios possibilitou um universo de oportunidades.

Ao transformar a operação de suas plantas mais eficiente e confiável, por meio de visualização dos dados de processo em tempo real, as indústrias começaram a obter seus relatórios e ferramentas gerenciais baseados em dados fornecidos pelo sistema de supervisão. Essa necessidade, juntamente à evolução tecnológica dos computadores e à implacável concorrência entre os fabricantes, propiciou a tecnologia SCADA melhorias contínuas e alterações em sua estrutura.

No projeto desenvolvido, o sistema foi instalado no interior do depósito de armazenamento de madeira, onde sensores foram distribuídos na seguinte configuração:

- Um conjunto de sensores dentro da câmara;
- Três conjuntos de sensores distribuídos dentro do depósito.

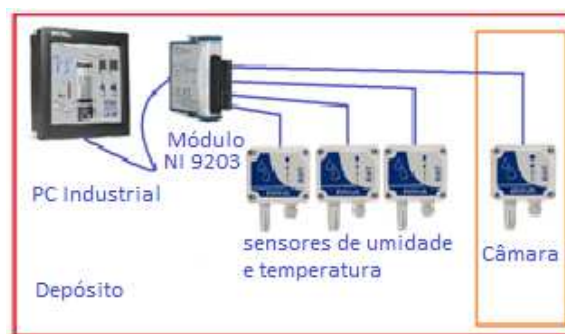


Figura 1. Distribuição do hardware instalado.

Em nosso projeto utilizamos o módulo NI 9203 da National Instruments, esse equipamento é um módulo de aquisição de dados com oito canais de entrada de corrente analógica para aplicações de monitoração e controle de alto desempenho. É possível programar nesse módulo as faixas de entrada sendo de ± 20 mA ou 0 a 20 mA, com uma resolução de 16 bits e taxa de amostragem máxima de 200 kS/s. No caso de proteção contra transientes de sinal, o módulo possui uma barreira dupla de isolamento (250 Vrms) entre o canal e o terra do sistema, propiciando segurança e proteção contra ruído.

As conexões são efetuadas através de terminais de parafusos para a inserção dos fios de sinais.

O controle da operação do dispositivo DAQ é executado por um computador com software programável, efetuando o processamento, visualização e armazenamento de dados de medição. Podemos utilizar diferentes tipos de computadores dependendo de suas aplicações. Um computador do tipo desktop geralmente utilizado em um laboratório, por sua capacidade de processamento, um computador do tipo laptop geralmente utilizado em campo, pela sua portabilidade, ou um computador do tipo industrial pode ser utilizado no chão de fábrica, pela sua robustez.

Em nosso projeto utilizamos um computador industrial da National Instruments modelo NI PPC-2115, esse computador é um painel com a função touch screen e é composto de uma tela com espessura de 2,5 polegadas e um processador de 1 GHz Celeron M com um display de 15 polegadas em LCD colorido, ideal para nossa aplicação.

O Computador industrial PPC-2115 é munido de várias possibilidades de conectividade, como Gigabit Ethernet, Fast Ethernet, USB Hi-Speed, RS232, RS485, porta paralela, e saída VGA. Além da porta PS2 para mouse ou teclado possui um slot Compact Flash para armazenamento de registro de dados removível.

Os PCs industriais foram desenvolvidos para utilização na implantação de aplicativos interface homem-máquina para ambientes industriais agressivos com uma variação de temperaturas de -20 °C até 60 °C, isso colabora a elaborar interfaces complexas e ricas em mídia com a confiabilidade, flexibilidade e suporte a plataforma Microsoft Windows®. O computador combinado com o

hardware da National Instruments DAQ, trabalham através do único ambiente de desenvolvimento o LabVIEW.

O software do driver possibilita que o software da aplicação interaja com o dispositivo DAQ. Isso simplifica a comunicação com o dispositivo DAQ, dispensando comandos de hardware de baixo nível e a programação no nível do registro. Normalmente, o software de driver para a aquisição de dados exibe uma interface de programação de aplicações (API) que é utilizada em um ambiente de programação para a construção de software de aplicação.

Para configuração das interfaces utilizamos o software Measurement & Automation Explorer (MAX) essa ferramenta possibilita o acesso ao National Instruments DAQ, configurando assim o hardware e software da mesma plataforma:

- Criando e editando canais, tarefas, interfaces, escalas, e instrumentos virtuais;
- Executando o diagnóstico do sistema e painéis de prova de ensaio;
- Exibindo dispositivos e instrumentos ligados ao sistema.

O software de aplicação tem a função de facilitar o diálogo entre o computador e o usuário na aquisição, análise e apresentação dos dados da medição. Tendo em vista que o software é uma aplicação pré-construída, com funções predefinidas e um ambiente de programação designado ao desenvolvimento de aplicações com funções customizadas. Aplicações customizadas geralmente são usadas para automatizar varias funções de um dispositivo DAQ, como no nosso caso executar algoritmos de processamento de sinais e exibir interfaces de usuário.

O software de projeto gráfico de sistemas NI LabVIEW é a base da plataforma da National Instruments. Com o LabVIEW, temos um conjunto abrangente de ferramentas que nos possibilita desenvolver qualquer tipo de aplicação de medição ou controle com muito mais agilidade.

Combinado a capacidade do software LabVIEW com hardware modular reconfigurável se permite a entrega de sistemas de medição e controle de grande complexidade.

Os programas elaborados em LabVIEW são chamados de instrumentos virtuais (VIs—Virtual Instruments). Os VIs são compostos por três elementos principais: o painel frontal, o diagrama de bloco e o painel de ícones e conectores.

O painel frontal tem a função de interface com o usuário e é construído com controles e indicadores, que são os terminais interativos de entrada e saída do VI.

Os controles são teclas, botões de pulso, dials e outros dispositivos de entrada. Indicadores são gráficos, sinalizadores e outros displays. Os controles reproduzem os dispositivos de entrada de instrumentos e concedem dados para o diagrama de bloco do VI. Os indicadores reproduzem os dispositivos de

saída de instrumentos e apresentam os dados que o diagrama de bloco contrai ou cria.

Logo em seguida a montagem do painel frontal, empregando reprodução gráfica de funções, se constrói o código para o controle dos objetos do painel frontal. O código esta contido no diagrama de bloco.

Todos os objetos do painel frontal se apresentam em forma de terminais, no diagrama de bloco, com representação direta em ambas as telas, a exclusão depende do seu objeto correspondente no painel frontal. Os objetos do diagrama de bloco efetuam suas transferências de dados através estruturas de ligação por terminais entre os outros objetos.

A ilustração a seguir exibe uma janela de painel frontal e sua janela de diagrama de bloco correspondente do projeto.

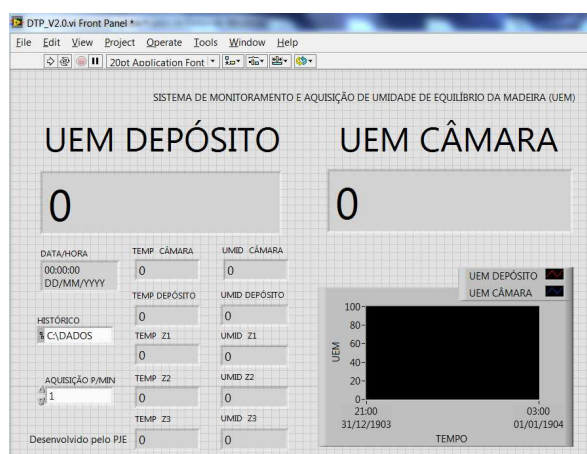


Figura 2. Painel frontal ou Interface

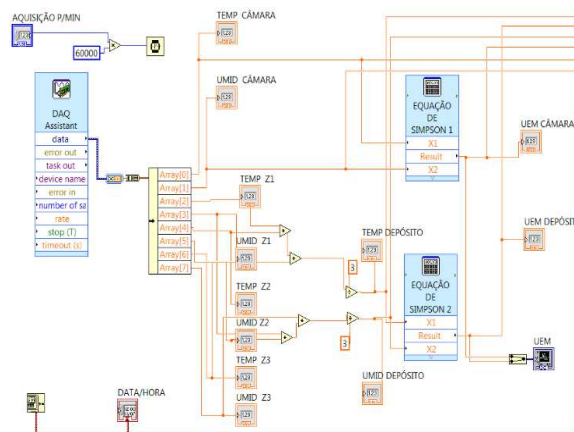


Figura 3. Diagrama de Blocos ou Código do Programa

O projeto de monitoramento e aquisição de umidade de equilíbrio da madeira o pode ser dividido em três fases, sendo elas: Aquisição, Manipulação e Registro.

- Aquisição de dados: A função DAQ Assistant é um instrumento virtual ou VI que acessa a configuração efetuada no NI-DAQmx salvo no MAX. Através dessa VI que transportamos as grandezas medidas e

transformadas para nosso software de monitoramento.

- Manipulação de dados: Essa parte do programa é responsável pela concatenação dos sinais, manipulação para exibição e de disposição para a coleta. A equação de Simpson foi adaptada a VI, usando a interface de calculadora para criar fórmulas matemáticas, se pode usar esse VI Expresso para executar a maioria das funções matemáticas que uma calculadora científica básica pode computar.
- Registro: E finalmente essa é a parte final do código, onde são lidos e gravados os dados gerando o histórico dos mesmos.

Uma das grandes vantagens do LabView e foi um dos principais motivos de sua escolha é a possibilidade da criação de executáveis. Isso é de grande importância porque o usuário de um determinado programa desenvolvido não necessariamente precisa ter o software no qual este foi criado. De maneira similar às outras linguagens, o LabVIEW também pode criar executáveis de VIs.

Depois de realizar todos os testes necessários para a validação do sistema aplicativo, como a certificação que as medições de temperatura e umidade relativa estavam de acordo com os valores reais, constatado isso com medidores calibrados, foi criado o seu executável. Isso para que qualquer usuário possa instalar o sistema desenvolvido em qualquer computador que possua uma placa de aquisição de sinais sem a necessidade de estar instalado o software LabVIEW.



Figura 4. Visão do painel frontal no Application.exe

Os arquivos ("executáveis") EXE, como o Application.exe (nome dado ao software supervisor), são arquivos que possuem instruções passo a passo que um computador segue para realizar uma função. Quando abrimos um arquivo EXE, o computador executa automaticamente estas instruções definidas pelo desenvolvedor do software para executar o programa no seu PC.

Assim como essa aplicação toda aplicação de software no computador tem como base um arquivo executável, seu navegador, seu processador de texto, seu programa de planilha etc. Usualmente com que ele seja um arquivo de compatibilidade com o sistema operacional Windows®. Sem os arquivos execu-

táveis como o Application.exe, não seria possível o sistema de aquisição no PC.

3 Operação e coleta de dados

Após a criação do executável e instalador do software, o sistema de monitoramento foi instalado no PC industrial localizado no galpão, sua instalação e operação de simples como qualquer software de compatibilidade com Windows.

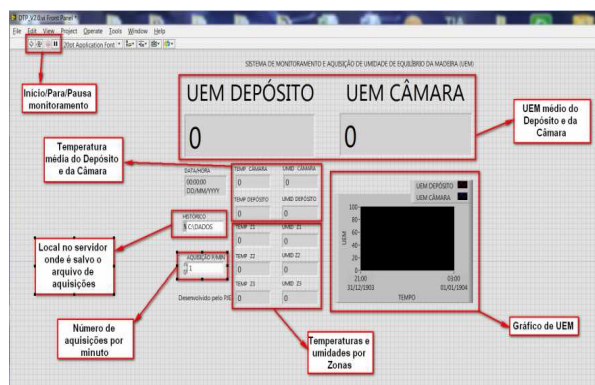


Figura 5. Funções Painel Frontal

O sistema supervisor salva automaticamente em uma pasta com o destino pré determinado pelo usuário no próprio PC Industrial, as aquisições são armazenadas em um arquivo.TDMS, compatível com Microsoft Excel gerando um histórico. Sendo esse arquivo é uma ferramenta de rastreabilidade e análise comportamental do armazenamento da madeira.

DATA	UEM CÂMARA	TEMP. CÂMARA °C	UMID. CÂMARA%	UEM DEPÓSITO	TEMP. DEPÓSITO °C	UMID. DEPÓSITO%
09/09/2014 17:36	5,71	32,05	29,07	4,93	34,82	24,20
09/09/2014 17:46	5,56	32,23	28,05	5,05	34,43	24,96
09/09/2014 17:56	5,69	32,14	28,97	5,17	34,17	25,75
09/09/2014 18:06	5,69	31,42	28,81	5,36	33,46	26,90
09/09/2014 18:16	5,88	30,95	30,06	5,42	33,24	27,29
09/09/2014 18:26	5,77	31,08	29,35	5,56	32,86	28,20
09/09/2014 18:36	5,78	31,31	29,40	5,51	32,57	27,78
09/09/2014 18:46	5,74	32,27	29,36	5,62	32,12	28,49
09/09/2014 18:56	5,86	32,08	30,16	5,59	32,34	28,33

Figura 6. Disposição dos dados no arquivo

4 Conclusão

Após finalização do protótipo foi utilizado um gerador portátil para calibração de instrumentos de medição de umidade e temperatura. O gerador funciona como um "laboratório de calibração móvel" e é destinado a empresas que regularmente precisam calibrar um grande número de sondas. O calibrador permite a simples flexibilidade, com a vantagem de que as unidades podem ser calibradas integradas nos processos operativos de novo rapidamente.

As tecnologias computacionais utilizadas para o desenvolvimento de sistema supervisórios tem evoluído muito nos últimos anos, de forma a permitir que, cada vez mais aumentem sua confiabilidade,

flexibilidade e conectividade, além de incluir novas ferramentas do sistema às necessidades de cada instalação.

Com esse sistema instalado se torna possível à utilização de controles automáticos de umidade e temperatura no galpão de armazenamento.

Diante dessas configurações, pode-se dizer que os objetivos propostos foram alcançados. A aquisição de dados a partir de sensores foi bem sucedida, assim como o controle de dispositivos conectados a rede através da Fórmula de SIMPSON para o Software.

Agradecimentos

Ao professor, orientador Dr. Rogério Andrade Flauzino em ter acreditado no meu potencial e pelo estímulo.

Referências Bibliográficas

- Afonso, João L., (2005). LabView Monitora a Qualidade da Energia Eléctrica – Sistema de Monitoramento da Qualidade da Energia Eléctrica Baseada em PC. Departamento de Electrónica Industrial – Universidade do Minho – Campus de Azurém; pp. 5- 10.
- Galvão, A.P.M., 1975, L., Estimativas da umidade de equilíbrio da madeira em diferentes cidades do Brasil, IPEF, Piracicaba; pp. 53-65.
- Hoadley, R.B., 1967. Weather, water and wood. Massachusetts, Cooperative Extension Service, pp.8.
- Martins, V. A., 1988. Secagem de madeira serrada. boletim técnico. Brasília, IBDF/DPq — LPF, Ministério da Agricultura, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, Departamento de Pesquisa, Laboratório de Produtos Florestais; pp. 52.
- Yamamoto, A. K., 1973. Secagem da madeira. Preservação de madeiras: boletim técnico, São Paulo, pp. 85-145.
- Tomaselli, I; 1981. Aspectos físicos de secagem de madeira de *Pinus elliottii* Engelm. acima de 100°C. Curitiba,. Tese (Professor Titular), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- SKAAR, C., 1972. Water in wood, Syracuse, Syracuse University Press, pp 318.