

INSPEÇÃO NA MADEIRA PARA REDE DE DISTRIBUIÇÃO RURAL COM ULTRASSOM

GIOVANA PEREIRA DOS SANTOS LIMA^{1*}; MARCO ANTONIO FERREIRA FINOCCHIO²; JEFERSON GONÇALVES FERREIRA³; WAGNER FONTE GODOY⁴.

¹ Acadêmica de Engenharia Elétrica, UTFPR, Cornélio Procópio-PR, giovanalima@alunos.utfpr.edu.br

² MSc. em Engenharia Elétrica, UTFPR, Cornélio Procópio-PR, mafinocchio@utfpr.edu.br

³ Esp. em Segurança do Trabalho, UTFPR, Cornélio Procópio-PR, goncalves_jeferson@outlook.com

⁴ Dr. em Engenharia Elétrica, UTFPR, Cornélio Procópio-PR, wagnergodoy@utfpr.edu.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto a de 2018 – Maceió, Brasil.

RESUMO: Este artigo aborda o uma metodologia para avaliação de postes de madeira fazendo uso de ultrassom. Essa avaliação passa pela inspeção e classificação baseada nas faixas de velocidade de propagação de ultrassom correlacionada as faixas de resistência e rigidez dos postes, obtidas por experimentos, laboratoriais e campo, da madeira em várias etapas de degradação. Durante este trabalho foi utilizado um medidor de ultrassom, que auxiliará na tomada decisão para a permanência ou retirada de postes como uma ferramenta de inspeção em campo. Assim, como a classificação da resistência inicial de novos postes.

PALAVRAS-CHAVE: Inspeção, Postes de Madeira, Ultrassom.

WOOD INSPECTION FOR ULTRASOUND RURAL DISTRIBUTION NETWORKS

ABSTRACT: This paper discusses a methodology for evaluating wood poles using ultrasound. This evaluation is based on the inspection and classification based on the ultrasonic propagation velocity bands correlated with the resistance and stiffness ranges of the poles, obtained by experiments, laboratory and field, of the wood in several stages of degradation. During this work an ultrasound meter was used, which will assist in decision making for the permanence or removal of poles as a field inspection tool. Thus, as the initial resistance rating of new posts.

KEYWORDS: Inspection, Wood posts, Ultrasound.

INTRODUÇÃO

A madeira tem sido usada há muitas décadas para apoiar linhas telefônicas e elétricas em toda a América do Norte e No mundo todo. Infelizmente, a madeira está sujeita a deterioração, que pode ocorrer por causa do meio abiótico e biótico.

Os agentes bióticos são o fator de decaimento mais importante, e postes de madeira podem ser atacados por bactérias, insetos e podridão branca, podridão parda e fungos de podridão mole.

Os programas de vistoria e manutenção de postes de madeira é muito importante por causa do enorme valor deste material e o alto custo de substituição (Daugherty, 1998).

Os primeiros registros de utilização de postes de madeira foram no estado de São Paulo no ano de 1916, onde postes de Eucalyptus longifolia sem tratamento foram utilizados em redes de telefonia. Porém, não apresentaram durabilidade, evidenciando a necessidade de tratamento preservativo para aumentar a vida útil dos postes (Geraldo, 2001).

A primeira usina de tratamento de madeira apareceu em 1945, utilizava pressão para tratar a madeira para ampliar a vida útil dos postes. Já na década de 1970, o setor de tratamento de madeira teve um grande crescimento, devido ao avanço tecnológico e a expansão do cultivo de espécies exóticas, como as pertencentes ao gênero Eucalyptus (Lepage, 1986).

No Brasil, a produção de postes de madeira é significativa na construção das redes de distribuição de energia elétrica. A maioria das concessionárias utilizam grandes quantidades de postes deste material, principalmente na área rural (Sales, 2002).

Nos Estados Unidos existe um consumo de 6 milhões de postes por ano, com mais de 1 milhão de postes são importados (Geraldo, 2001). A Companhia Rio Grande Energia (RGE) conta com 500.000 postes de madeiras. Já a companhia ELEKTRO Eletricidade e Serviços S/A no Estado de São Paulo têm aproximadamente 600.000 postes de madeiras instalados, respectivamente (Sales, 2002).

A madeira é um material orgânico, uma matéria-prima inesgotável. Por ser um material natural, apresenta grandes variações em suas propriedades mecânicas (Candian, 2009).

Continuamente, os postes de madeira estão sendo substituídos por de concreto, mesmo apresentando muitas vantagens em relação aos de concreto. Estas substituições causam custos desnecessários, que poderiam ser postergados pelo uso de uma tecnologia correta de inspeção. Uma avaliação imperfeita pode comprometer a segurança, mantendo em serviço postes com resistência abaixo do limite mínimo tolerável.

Considerando os aspectos citados o objetivo será desenvolver uma ferramenta de classificação, manutenção e monitoramento para postes de redes de distribuição. Isto incluiu a utilização de metodologia para classificar postes e cruzetas novos. Com auxílio do ultrassom para verificar as condições dos postes das concessionárias de energia elétrica.

MATERIAL E METODOS

Neste trabalho utilizaram-se os conceitos de propagação de ondas e sua relação com as propriedades mecânicas do material. Nesta etapa foram investigados os parâmetros relativos à penetração das ondas na madeira como sua frequência, atenuação e velocidade. Estas grandezas serão adotadas em etapas posteriores do trabalho.

Com os parâmetros de propagação das ondas desenvolveram-se programas de análise, tratamentos de sinais, estatísticas, gráficos e armazenamento de curvas. Assim, configura-se o sistema para desempenhar as funções desejadas pelo ultrassom, como seu condicionamento e tratamento do sinal e a interface com o ambiente externo.

O equipamento da Figura 1 contém filtro para eliminação do ruído. Para poder fazer avaliações na da faixa de frequência de interesse. Sendo, portanto útil em medições de materiais atenuantes como a madeira.

Figura 1. Utilização do ultrassom na medição.



O equipamento foi testado, em ambiente laboratorial. Onde foi ensaiado um grande número de postes de madeira com diferentes estados de deterioração, e uma grande quantidade de amostras de postes de concreto com diferentes resistências, diâmetros e quantidade de armadura, simulando os postes circulares mais utilizados.

Depois de aplicar o ultrassom (ensaios não destrutivos), no padrão os postes foram submetidos ao ensaio de flexão, utilizando-se o esquema estático para simular o engastamento da base. Assim, como a solicitação de esforços horizontais no topo, considerando as especificações da ASTM D1036 (D1036-99 *Standard Test Methods of Static Tests of Wood Poles*) e da NBR 6231/1980 Postes de Madeira: Resistência à Flexão.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Conforme a NBR 6231/1980 a carga deve ser aplicada a 30cm do topo do poste. A medição dos deslocamentos (flecha) é feita em dois pontos distanciados de 1m, permitindo a determinação do ângulo formado entre a posição inicial do poste e a posição deformada. Com o ângulo calcula-se o deslocamento do ponto de aplicação da carga (y). Os ensaios de flexão são feitos até a ruptura dos postes.

O engastamento é um apoio estrutural que impede todos os movimentos de rotação e translação do poste mostrado na Figura 2 e fornecido pela Equação (1):

$$e = \frac{h}{10} + 0,60 \text{ [m]} \quad (1)$$

e : engastamento [m]

h : comprimento total do poste [m]

Assim, o engastamento é a profundidade mínima que o poste deve ser cravado no solo, por motivos de segurança, que irá impedir seu tombamento, Tabela 1.

Tabela 1. Engastamento (e) do poste pelo comprimento h .

Comprimento do poste h [m]	9,00	10,00	11,00	12,00
Profundidade do e [m]	1,50	1,60	1,70	1,80

Figura 2. Ensaio de flexão em laboratório para postes de madeira.



Os postes utilizados são de várias espécies de Eucalipto, tais como Citriodora, Saligna, Maculata, Cloeziana. Todas as espécies de Eucalipto possuem alta resistência mecânica e grande durabilidade. Para os postes utilizados, as peças foram cortadas na medida solicitada pela Concessionária, podendo atingir até 12 metros.

Os dados para referência constam na Tabela 2 abaixo:

Tabela 2. Dados para o poste de 12 m.

Diâmetro [cm]	18 - 20	20 - 25	25 - 30	30 - 35
massa/metro [kg/m]	25 - 30	30 - 45	45 - 60	60 - 75

Os módulos de ruptura (m_{OR}) e de elasticidade (m_{OE}) são obtidos pelas Equações (2) e (3).

$$m_{OR} \cong \frac{315,827.P.(L-H)}{C^3} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (2)$$

$$m_{OE} \cong \frac{661,1467.(L-H).\Delta P}{C^3.c.\Delta F} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (3)$$

P : carga na ruptura

L : distância da seção de engastamento (marco zero) até o ponto de aplicação da carga

C : circunferência do poste no engastamento (no marco zero)

ΔP : variação da carga aplicada no trecho elástico

ΔF : variação da flecha no trecho elástico

c : circunferência do poste no ponto de aplicação da carga

H : deslocamento do ponto de aplicação da carga fornecido pela Equação (4).

$$H = 1 - [\cos(\arcsen(F - F_0))] \quad (4)$$

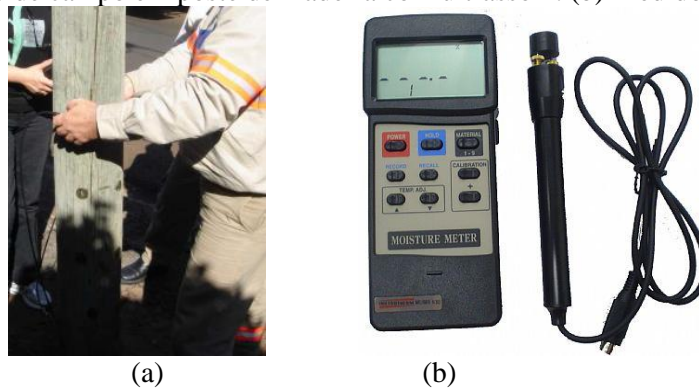
F : flecha no ponto de aplicação da carga
 F_0 : flecha a 1 m do ponto de aplicação da carga

Juntamente, com o estudo estatístico e a análise de regressão nos resultados dos ensaios (valores obtidos de M_{OE} e M_{OR}) permitiram a obtenção das faixas de velocidade de propagação de ondas de ultrassom associadas às faixas de resistência inicial mínimas de postes de madeira e de concreto. Para a adoção da resistência inicial mínima foram utilizados princípios estatísticos e normativos (Gonçalves, 2000) e (Bartholomeu, 2007a), além de projetos desenvolvidos em outros países (Bartholomeu, 2007b) e (Bartholomeu, 2006).

As faixas de classificação e de inspeção foram então incorporadas ao *software* no equipamento, permitindo que o processo de inspeção e classificação seja feito de forma direta Figura 3 (a), por meio de um visor que indica a condição do poste, sem a necessidade de interpretações do operador ou interpretações posteriores de especialistas.

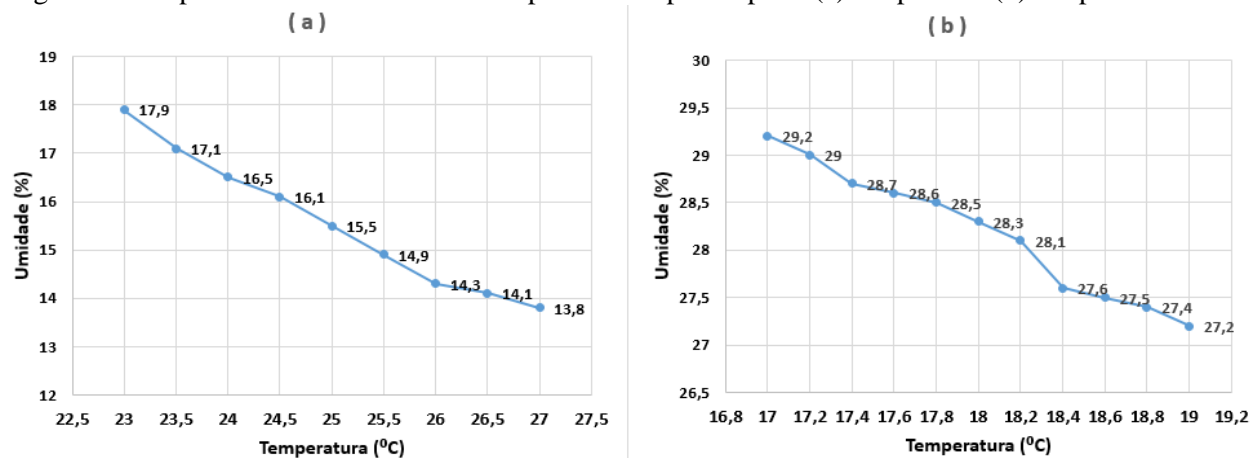
Depois dos testes em laboratório e de campo com o medidor de umidade Figura 3 (b). O equipamento tem a vantagem de ser transportado facilitando as medições de forma mais rápida para um número maior de postes. O instrumento utilizado em campo apresenta uma autonomia da bateria de seis horas dependendo das condições de utilização. Esta variante possibilita a verificação e a classificação de postes de madeira ou concreto.

Figura 3. (a) Ensaio de campo em poste de madeira com ultrassom. (b) Medidor de umidade.



Os dados coletados em análises são mostrados na Figura 4, a qual apresenta o comportamento da umidade em relação à temperatura para diferentes épocas do ano, sendo assim classificadas em tempo seco e tempo úmido. Dados levantados em maio se 2017.

Figura 4. Comportamento da umidade e temperatura de postes para: (a) tempo seco (b) tempo úmido.



Observando a Figura 4 (a) verifica-se que a 23°C tem-se 17,9% de umidade, com a elevação da temperatura para 27°C atingindo 13,8% de umidade tornando possível observar uma diferença de 4,1% para uma variação de 4°C na temperatura em clima seco. Analisando a Figura 5(b) verifica-se

que para 17°C tem-se 29,2% de umidade, com a elevação da temperatura para 19°C tem-se 27,2% de umidade tornando possível observar uma diferença de 2% para uma variação de 2°C na temperatura em clima úmido.

4. CONCLUSÃO

A utilização de postes de grandes dimensões em comparação ao diâmetro das toras não é apropriado para estimar a variação de propriedades em relação à posição radial de retirada. Porque não admite isolar de forma total as regiões analisadas.

Apesar do problema metodológico verifica-se que o coeficiente de rigidez permite estimar as diferenças de propriedades nas distintas posições de retirada tanto radial e longitudinal.

A preservação da madeira melhor aproveitamento dos recursos ambientais, principalmente com a diminuição na substituição devido ao aumento da vida útil de postes e cruzetas. O que contribui para confiabilidade das redes de distribuição de energia. Isto gera menor custo atendendo exigências ambientais. Os postes de madeira têm limitações, quanto à durabilidade e manutenção.

Deste modo, a especificação da resistência à deterioração da madeira é fundamental. Mas, as condições agressivas inerentes a cada região, na qual os postes estão instalados, podem iniciar processos de deterioração e envelhecimento acelerado, os quais prejudicam a vida útil destes postes.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15521: Ensaios Não Destrutivos Ultrassom; Classificação Mecânica de Madeira Serrada de Dicotiledôneas. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR7190 – Projeto de Estruturas de Madeira. 107p. Rio de Janeiro, 1997.
- Bartholomeu, A.; Gonçalves, R.. Prediction of the Module of Elasticity (MOE) in Beams of Eucalyptus using the Longitudinal velocity of ultrasonic waves. E-Journal of Nondestructive Testing and Ultrasonics. v. 12, p. 48-53. 2007a.
- Bartholomeu, A.; Gonçalves, R.. Predição do módulo de elasticidade à flexão (E_M) em vigas de eucalipto saturadas e secas ao ar utilizando a velocidade longitudinal de ultrassom. In: Conferência Panamericana De End, Buenos Aires, 2007. Anais da IV Conferência Pan-americana de END, v.1. 2007b.
- Bartholomeu, A.; Gonçalves, R.. Método para classificação de vigas de madeira de dicotiledônea utilizando o Ultrassom. In: Seminário Sobre Aplicação de Ensaios Não Destrutivos em Madeira e Materiais a Base de Madeira, Itatiba, 2006. v. 1 p. 1-6. 2006.
- Candian, Marcela, Sales, Almir. Aplicação das técnicas não destrutivas de ultrassom, vibração transversal e ondas de tensão para avaliação de madeira. Revista on-line da ANATEC – ISSN 1678-8621. Ambiente Construído, v. 9, p 83-98. São Paulo, 2009.
- Daugherty, G. L.. In-place wood pole inspection program. In Proceedings of the International Conference on Utility Line Structures, Fort Collins, Colo, USA, March 1998.
- Geraldo, F.C. A Madeira de Eucalyptus para postes. Revista da Madeira n° 59. ano 1, setembro de 2001. Porto Alegre, 2001.
- Gonçalves, R.; Bartholomeu, A.. Avaliação do desempenho de ensaios não destrutivos em vigas de madeira de Eucalyptus citriodora e Pinus elliottii. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 4, n. 2, p. 269-274. Campina Grande, 2000.
- Lepage, E. S. et al. Manual de Preservação de Madeiras: Vol. I e II. IPT. São Paulo, 1986.
- Sales, A.; Portella, K.F.; Baron, O. Desenvolvimento de sistema especialista de diagnóstico para artefatos de madeira. Porto Alegre, 2004. 45p. Relatório Técnico RGE/LACTEC.