



XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco - Brasil

Nova Tecnologia de Inspeção de Postes de Madeira – Estudos de Caso em Nova Veneza, Sumaré e São José do Rio Preto

Suzie Herrera	Raquel Gonçalves	Luiz Gonzaga Fernandez Silva
CPFL Paulista	UNICAMP	CPFL Piratininga
herrera@cpfl.com.br	raquel@agr.unicamp.br	fernandez@cpfl.com.br

PALAVRAS-CHAVE

Propagação de ondas
Resistência residual
Ultra-som
Postes de madeira

RESUMO

A queda de um poste de madeira urbano no distrito de Nova Veneza, ocorrida em fevereiro de 2007, gerou reclamações da população e teve grande repercussão devido a uma reportagem realizada pela EPTV Campinas (Jornal Regional do dia 06/02/2007). Este fato evidenciou a necessidade de avaliação dos postes vizinhos ao que sofreu a queda, bem como outros do Município de Sumaré, uma vez que havia a possibilidade de existirem outros postes em estado semelhante. Assim, a Equipe do Projeto P&D 133, que estuda a possibilidade de proposição de novo método de inspeção baseado em ultra-som, elaborou a inspeção dos postes nas regiões citadas, bem como de postes de dois condomínios pertencentes à região de São José do Rio Preto utilizando a nova tecnologia. Este trabalho tem como objetivo apresentar a metodologia utilizada e os resultados obtidos durante este trabalho de inspeção.

1. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar resultados obtidos a partir da inspeção de postes do distrito de Nova Veneza, do Município de Sumaré e de dois condomínios pertencentes à São José do Rio Preto, utilizando a nova tecnologia em desenvolvimento no Projeto P&D 133. Os postes inspecionados pertenciam a grupo de postes com suspeita de necessidade de troca imediata.

2. MÉTODOS

Para a avaliação dos postes a equipe utilizou a tecnologia em estudo, a qual se baseia na propagação de ondas de ultra-som. O equipamento consiste em um gerador de pulso e dois transdutores (um emissor e um receptor). O emissor transforma o pulso elétrico em pulso mecânico, fazendo com que a onda percorra o material excitando sua estrutura que, de acordo com sua condição interna, reage à essa

excitação. Ao final do percurso o transdutor receptor transforma o pulso mecânico novamente em pulso elétrico, que por sua vez é captado pelo equipamento indicando o tempo de percurso da onda de ultra-som no material. De posse desse tempo e da distância percorrida (que no caso corresponde ao diâmetro do poste – medido no momento do ensaio) determina-se a velocidade de propagação da onda no material (VRR). Além dessa medição realizou-se, também, a medição da umidade do poste no momento do ensaio, uma vez que umidade exerce influência na velocidade de propagação da onda. A umidade foi medida por meio de equipamento elétrico específico para essa finalidade.

Para as medições os postes foram marcados a cada 20 centímetros, desde o ponto de engastamento (marco zero) até uma altura de 1,40 m do marco zero. Em cada ponto de medição os dois transdutores são posicionados de maneira tal que a onda atravesse todo o diâmetro da seção transversal do poste no sentido radial (Figuras 1 e 2).



Figura 1 – Medição de um dos postes nas proximidades do engastamento.



Figura 2 – Medições no poste que caiu

De posse dos resultados de velocidade, determinou-se, para cada um dos postes, a velocidade mínima, uma vez que esse valor corresponde à seção onde o poste apresenta sua pior condição de resistência. Com esse valor de velocidade mínima é possível inferir a resistência residual do poste por meio de uma tabela elaborada durante dois anos de pesquisa da mesma equipe no P&D 121.

Os postes com resistências residuais consideradas insuficientes ou muito próximas do limite mínimo estabelecido eram retirados e levados ao laboratório de Estruturas da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP para serem ensaiados à flexão estática (engastado-livre), de acordo com a NBR 6231 (Figura 3). Tendo em vista não haver no Brasil um valor estabelecido para o MOR limite, que permita a tomada de decisão sobre a retirada do poste, no P&D 121 esse valor foi assumido como sendo igual ao da Norma Suíça, cujo valor é de 15 MPa.



Figura 3 – Ensaio de flexão (engastado-livre), de acordo com a NBR 623. Laboratório de Estruturas da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP.

3. RESULTADOS

Com os valores de velocidade de propagação do ultra-som (VRR) obtidos em campo durante as inspeções realizadas foi possível prever a faixa de Módulo de Ruptura (MOR) residual esperado para os postes, utilizando-se as correlações entre VRR (corrigidos para 12%) e MOR obtida no P&D 121. Esses valores estão indicados na Tabela 1. Para alguns postes não foi possível obter nenhum sinal de ultra-som, o que indicava que a atenuação era muito elevada e, conseqüentemente o estado do poste era de grande deterioração. Para esses casos não é adequado prever a resistência residual e os mesmos devem ser retirados imediatamente da rede. Considerando-se o valor mínimo de resistência residual estabelecido, os postes 4, 5, 9, 10 e 11 deveriam ser retirados da rede. O poste 2 estava com sua resistência residual muito próxima do limite mínimo, além de apresentar pontos com problemas de leitura, indicando que também seria mais seguro realizar sua retirada. Os demais postes poderiam ainda permanecer na rede, pois estavam com MOR residual acima do limite estabelecido.

Tabela 1 – Resultados de MOR esperado para os postes ensaiados em campo

Poste	Valor esperado para MOR residual (N/mm²)
1	21
2	16
3	28
4	9
5	Sem sinal
6	25
7	15
8	44
9	Sem sinal
10	Sem sinal
11	14
12	27
13	38

Os postes com resistência residual abaixo do limite estabelecido foram retirados da rede e levados ao Laboratório para confirmação dos resultados. Além destes, o poste 12 também foi retirado e levado ao laboratório. Os ensaios em laboratório confirmaram os resultados previstos pelo ultra-som. Os valores de MOR previsto foram, na maioria dos casos, um pouco inferiores aos efetivamente obtidos nos ensaios de flexão, o que já era esperado tendo em vista que as faixas de MOR em função da velocidade foram obtidas de forma estatística e sempre considerando, por segurança, os valores inferiores do intervalo de confiança. Os resultados também permitiram verificar que, em alguns casos, os valores de ultra-som obtidos em laboratório foram diferentes dos obtidos em campo uma vez que, em campo, a medição foi realizada apenas em uma direção enquanto que no laboratório foram obtidas sempre tomando-se duas posições na radial. Verificou-se que, para o caso da tomada em duas direções, é possível realizar uma avaliação mais completa da condição do poste, já que o problema de degradação pode estar de um dos lados apenas, o que torna perigosa a medição em apenas um lado.

O gráfico da Figura 4 ilustra o ensaio de flexão (engastado-livre) realizado em laboratório utilizando como exemplo o poste 12. Trata-se do gráfico tensão x deformação obtido de forma automatizada utilizando os equipamentos montados em laboratório durante a realização do Projeto. Por meio destes resultados é possível determinar-se o Módulo de Elasticidade (MOE) e o módulo de ruptura (MOR) do poste ensaiado. As linhas azul e rosa indicam dois pontos de medição de deslocamento. No caso deste poste a ruptura ocorreu em torno de 3 toneladas, o que representa, para as dimensões do poste, 30 MPa de MOR. Este poste, assim como a grande parte dos postes ensaiados, rompeu no engastamento, conforme mostra a Figura 5.

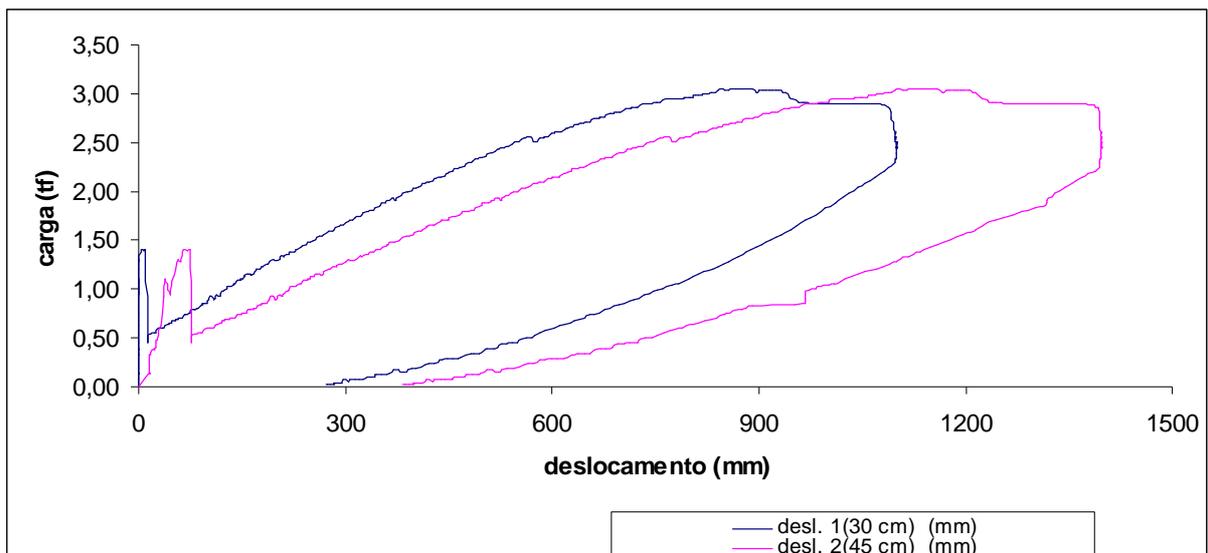


Figura 4 – Gráfico carga x deformação obtido durante o ensaio do poste 12.



Figura 5 – Detalhe do poste 12 após a ruptura

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que o ultra-som apresentou sensibilidade para detectar os pontos de degradação dos postes bem como para permitir inferir sua resistência residual. Além disso, o trabalho permitiu importantes conclusões para a continuidade da pesquisa:

1. É imprescindível realizar as medições em campo sempre em duas direções, minimizando-se a possibilidade de não se notar a deterioração do poste em um dos lados;
2. É necessário se determinar, para o Brasil, o valor crítico de MOR que defina a retirada ou permanência de um poste na rede. Esse valor foi determinado durante o ano de 2007 no P&D 133 e será brevemente divulgado em forma de relatório.

5. REFERÊNCIAS

BENOIT, Y. Vieillessement et fiabilité des parcs de poteaux bois des réseaux de lignes aériennes: l'intérêt du contrôle non destructif. Thèse n.2004, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, 2004.

BUCUR, V. 1995. Acoustics of wood. CRC Press, Boca Raton.

GONÇALVES, R; MAGALHÃES, PSG; FERREIRA, GC; HERRERA, S Inspeção de Postes de Madeira utilizando ultra-som. In: Congreso de Ensayos No Destructivos y Estructurales, 5. 2005, Neuquen. Actas del V CORENDE. Neuquen: Artegraf, 2005. v. 1. p. 151-155.

GONÇALVES R; BARTHOLOMEU, A; MAGALHÃES, PSG; FERREIRA, GCS; GUIMARÃES, I; HERRERA, S. Using ultrasonic to predict the modulus of rupture and modulus of elasticity of wooden poles In: International Symposium on Nondestructive Testing of Wood, 14. Hanover, Germany, 2005.

UNION DES CENTRALES SUISSES D'ELECTRICITE (UCS). Statistiques des poteaux bois, 1994.

ROSS, R.J.; PELLERIN, R.F. Nondestructive Testing for Assessing Wood Members in Structures – A Review. Forest Products Laboratory. Madison, USA, 40p., 1994

SANDOZ, J. L. 1989. Grading of construction timber by ultrasound. Wood Science and Technology 23:95-108.