

Avaliação não destrutiva da deterioração de postes roliços de madeira através da utilização do resistógrafo

Julio Cesar Molina, Carlito Calil Junior e Roberto Ramos de Freitas, *Universidade de São Paulo (USP), Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia de Estruturas, São Carlos, SP. e-mail: juliocm@sc.usr.br, calil@sc.ust.br e robertorfreitas@terra.com.br*

Fabiane Salles Ferro, *Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia Industrial Madeireira, Itapeva. e-mail: fabferro@grad.itapeva.unesp.br*

Resumo: A principal finalidade deste trabalho de pesquisa foi a utilização do resistógrafo para a análise da deterioração de postes de madeiras de energia elétrica de 14 cidades do Estado de São Paulo. Esse equipamento avalia as condições internas dos postes, através de uma broca de aço de 3 mm de diâmetro e 50 cm de comprimento que é direcionada para dentro da madeira e ao atravessá-la encontra intensidades diferentes de resistência. O perfil de resistência da madeira pode ser visualizado pelo próprio equipamento durante a perfuração. Neste contexto o equipamento mostra as variações de resistência do poste ao longo do comprimento do seu diâmetro. As cidades foram escolhidas de acordo com os seus índices climáticos e os testes foram feitos principalmente na região de afloramento dos postes, pois esta região apresenta condições de umidade e oxigênio favoráveis a proliferação de organismos xilófagos e, conseqüentemente, corresponde a região mais deteriorada do poste. Esse método de análise mostrou-se muito eficiente, rápido e simples, dando uma boa previsão da deterioração dos postes nas diversas regiões do Estado.

Palavras-chave: ensaios não destrutivos, madeira, durabilidade, resistógrafo.

Abstract: The aim of this work is the use of the resistograph to analysis of the deterioration of poles of wood of electric power of 14 cities of the Sao Paulo State. That equipment evaluates the internal conditions of the poles, through a drill of steel of 3 mm of diameter and 50 cm of length that is directed into in the wood and when perforating her finds different intensities from strength. The strength profile of the wood can be visualized by the own equipment during the perforation. In this context, the equipment shows the variations of strength of the poles along the length of diameter. The cities were chosen in agreement with their climatic indexes and the tests were performed mainly in the area of blooming of the posts, because this area presents favorable humidity and oxygen conditions to the proliferation of xylophages organisms and, consequently, that corresponds the deteriorated area of the post. That analysis method was shown very efficient, fast and simple, giving a good forecast of the deterioration of the poles in the several areas of the State.

Keywords: non-destructive tests, wood, durability, resistograph

1. Introdução

Os Ensaio Não Destrutivos (END) são definidos como testes para o controle da qualidade, realizados para a detecção da falta de homogeneidade ou para verificação da presença de defeitos em diversos tipos de produtos e/ou materiais, através de princípios físicos definidos, sem prejudicar a posterior utilização dos produtos inspecionados.

Portanto, constituem uma das principais ferramentas do controle da qualidade e são utilizados na inspeção de produtos e materiais com vasta aplicação nos setores de construção civil, petroquímico, nuclear, aeroespacial, siderúrgico, naval, auto-peças e transporte rodo-ferroviário.

Atualmente quando se utiliza madeira de reflorestamento há a necessidade de que esta seja tratada com produtos preservantes. Além disso, o uso de postes de madeira preservada nos países desenvolvidos é grande. Essa utilização é evidente não somente em países com forte vocação florestal como, por exemplo, Estados Unidos, Alemanha, Finlândia e Austrália, mas também em países como Inglaterra, rica em outras fontes de matéria-prima como cimento e ferro. Os Estados Unidos tem um consumo anual de mais de 6 milhões de postes de madeira preservada que são utilizados em linhas telefônicas, de distribuição e transmissão de eletricidade com tensões de até 345 kV e, importa anualmente 1 milhão de postes de madeira para complementar sua demanda (GERALDO, 2001).

No Brasil, apesar da grande abundância florestal, a utilização de postes de madeira é mais comum nos Estados do sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), principalmente nas áreas rurais. Postes de madeira muitas vezes são substituídos por postes de concreto, especialmente nas grandes cidades. Acredita-se que, em parte, isso se deva ao fator estético (tortuosidade, rachaduras, irregularidades, cor) e a crença da baixa durabilidade que pode apresentar poste de madeira.

Dentre as diversas alternativas para a produção de postes para rede elétrica e telefonia (madeira, concreto, aço, ferro, alumínio) a madeira é, certamente, o material adequado. Isso porque apresenta vantagens excepcionais, tais como: é renovável; apresenta baixo consumo e energia na sua produção, visto que utiliza somente energia solar durante o crescimento da árvore; tem balanço de carbono muito favorável, pois fixa mais do que gera em gás carbônico; resiste muito bem a impactos, choques mecânicos e arraste dos postes; apresenta fácil manuseio; apresenta menor peso em relação aos demais materiais utilizados para a mesma finalidade; permite retratamento com produtos preservantes em regiões afetadas; permite recuperação das partes ainda boas dos postes retirados de serviço que podem ser utilizadas como moirões de cerca, construção de galpões, entre outras. Além disso, os postes de madeira são baratos e de fácil obtenção (POSTES, 2010).

De acordo com ARRUDA (2006) o melhor gênero para suprir a demanda de postes de madeira é a Eucalyptus, pois apresenta algumas vantagens, tais como, rápido crescimento; características silviculturais desejáveis (incremento, forma e desrama); grande diversidade de espécies, possibilitando a adaptação às diversas condições de clima e solo e facilidades de propagação tanto por sementes como por via vegetativa.

A região do poste de madeira mais susceptível ao ataque de organismos xilófagos é a região de afloramento, ou seja, a região do poste que está em contato com o solo. Esta região está em contato direto com a umidade do solo e oxigênio, uma ótima combinação para a proliferação de organismos xilófagos.

Vale mencionar que os postes utilizados em redes de eletrificação devem receber tratamento preservante com a finalidade de prolongar sua vida útil. Porém, ao longo do

tempo essa proteção pode perder a sua eficiência, e torna-se então necessária a verificação periódica das condições das regiões mais críticas do poste como, por exemplo, as regiões de afloramento em contato com o solo.

A avaliação dos postes de madeira, neste caso, pode ser feita a partir de um método de análise não destrutiva com um equipamento chamado resistógrafo que, de uma maneira geral, avalia as condições internas das árvores e estruturas de madeira.

O princípio de utilização deste equipamento é bem simples. Uma broca de aço de 3 mm de diâmetro e aproximadamente 50 cm de comprimento é introduzida na madeira a uma predeterminada velocidade, dependendo da espécie de madeira analisada. Ao atravessar transversalmente a madeira, a broca de aço encontra intensidades diferentes de resistência ao longo da seção transversal da peça analisada.

Vale lembrar que o resistógrafo possui duas funções de perfuração, sendo a primeira utilizada para perfurações em madeiras moles e, a segunda, utilizada para perfurações em madeiras duras.

Além disso, o software interno do equipamento permite analisar o comprimento da seção transversal do poste deteriorado a partir do registro em papel e também, posteriormente, através de computador com maiores detalhes. O software também registra informações como a velocidade de avanço da broca no elemento inspecionado e o tipo de madeira.

De forma indireta o equipamento mede a condição estrutural da madeira analisada e a variação na resistência resulta em aumentos e decréscimos na intensidade de torque aplicado à haste da broca. Essa variação no torque correspondente ao consumo de potência da furadeira que é como um valor de resistência à perfuração (RINN *et al.* 1996).

A vantagem da utilização deste equipamento é que ele possibilita uma análise dos defeitos do poste em contato com o solo sem a retirada de corpos-de-prova, o que é uma grande vantagem quando comparada com os métodos convencionais.

Portanto, de uma maneira geral, este trabalho de pesquisa teve como principal objetivo avaliar, a partir da utilização do resistógrafo, as condições de deterioração da região de afloramento de postes rolíços de madeira, utilizados para eletrificação, em várias cidades do Estado de São Paulo.

2. Ensaios não destrutivos

O método a ser utilizado depende das propriedades físicas do material. Um conhecimento geral dos métodos de END disponíveis é necessário para a seleção do método adequado.

Algumas situações típicas em que os ensaios não destrutivos são aplicados são as seguintes:

- redução de custos
- dar informações para reparo

Para obter resultados válidos, os seguintes tópicos devem ser observados, neste caso:

- pessoal treinado e qualificado;
- um procedimento para conduzir o ensaio;
- um sistema para anotar os resultados;

- Interpretar os resultados.

3. Materiais e Métodos

3.1. Equipamento utilizado

Na avaliação dos postes de madeira utilizou-se o equipamento chamado “*Resistograph*”, modelo F500-S, da marca IML (*Instrument Mechanic Lab*). Foram feitas perfurações controladas na região de afloramento de postes roliços de madeira utilizados para a transmissão de energia elétrica, sendo estes tratados com três tipos de preservantes: CCA (Arseniato de cobre cromatado), CCB (Borato de cobre cromatado), e Creosoto.

3.2. Cidades avaliadas

Foram avaliados postes roliços de madeira em várias cidades do estado de São Paulo, sendo que estas cidades foram escolhidas com base nos seus índices climáticos. Neste caso, procurou-se detectar as regiões do estado de São Paulo com os maiores índices climáticos tendo-se admitindo-se que estas seriam as regiões mais agressivas a madeira.

As cidades do Estado de São Paulo escolhidas foram as seguintes: Araçatuba, Barretos, Bauru, Campinas, Campos do Jordão, Capão Bonito, Itapeva, Itararé, Lins, Matão, Ubatuba, São José do Rio Preto, Valparaíso e Penápolis. No total foram perfurados 149 postes nas 14 cidades do Estado de São Paulo analisadas.

3.3. Perfuração dos postes de madeira

Antes das perfurações nos postes foi realizada uma análise visual para identificar possíveis defeitos que pudessem influenciar nos resultados, como fendas, podridão externa, furos e a presença de vegetação ao redor dos mesmos.

Para cada poste foram coletadas, a partir de uma plaqueta metálica localizada na parte superior dos mesmos, as seguintes informações: o tipo de preservativo utilizado, a data de preservação e sua altura.

Foi também obtido o diâmetro da base do poste com o auxílio de uma trena além da sua localização, obtida com o auxílio de um GPS.

Como os postes analisados eram de eucalipto, o equipamento utilizado (*Resistograph*) foi utilizado na função 2 (madeiras duras).

A perfuração foi feita próxima da região de afloramento dos postes, a 45 graus com a horizontal, pois esta região apresenta condições propícias para desenvolvimento de organismos deterioradores.

Para a furação em 45 graus foi retirada uma porção de solo da região de afloramento de cada poste analisado.

Os resultados obtidos para as resistências de furação de cada um dos postes analisados foram registrados, em um primeiro momento, pelo papel do equipamento que riscava a sua superfície com uma agulha deixando impresso o perfil de resistência a perfuração.

O referido papel foi substituído a cada nova perfuração. Além do registro em papel os dados armazenados pelo equipamento foram posteriormente descarregados no computador e analisados.

Após 72 perfurações o equipamento necessita que os dados sejam descarregados para posteriores perfurações.

Os resultados obtidos para as resistências de furação de cada um dos postes analisados foram gravados de duas formas:

- (i) por meio de uma agulha que registra a intensidade da amplitude de perfuração em um papel no próprio equipamento para análise preliminar em campo;
- (ii) por uma unidade eletrônica, que registra as informações digitalmente, podendo ser descarregada em um computador para análise minuciosa em laboratório.

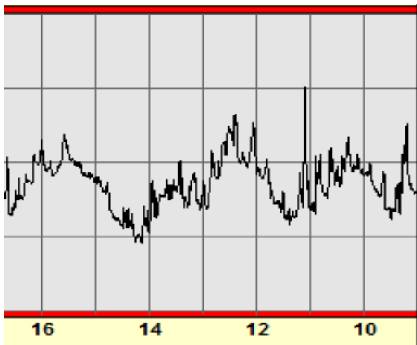
4. Resultados e Discussão

Os perfis de resistência obtidos a partir da perfuração dos postes são discutidos e comentados na tabela 1.

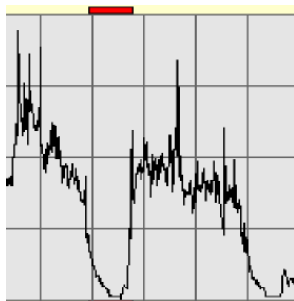
Nas figuras apresentadas nesta tabela os eixos das abscissas dos perfis representam as profundidades de perfuração dos postes (cm), e os eixos das ordenadas representam as amplitudes de resistência da madeira (%).

Esses gráficos foram obtidos no software que acompanha o equipamento *Resistograph*.

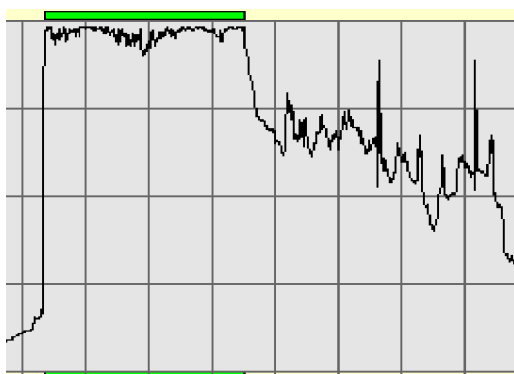
Tabela 1 – Perfis de deterioração dos postes de madeira.

Trecho analisado no <i>da madeira</i>	Descrição sobre o trecho analisado
 <p>(a)</p>	<p>(a) A variação de resistência ao longo do comprimento de perfuração da madeira, neste caso é natural. Observa-se a perfuração ocorrida com aumentos e diminuições de temperatura sem a ocorrência da presença de defeitos como nós e fendas.</p>
	<p>(b) Neste caso, que o trecho analisado possui uma degradação interna de longa extensão que corresponde a aproximadamente 15,7 cm de</p>

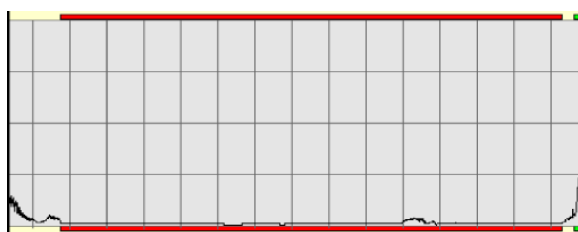
(b)



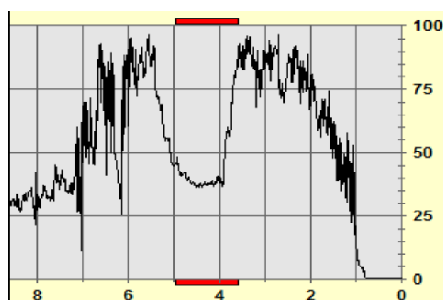
(c)



(d)



(e)



(f)

profundidade.

Esse trecho apresenta baixa variação na resistência.

(c)

O trecho em destaque apresenta uma queda de resistência devido à presença de uma fenda que, como pode ser observado, não afetou consideravelmente a resistência do poste nas demais regiões analisadas.

(d)

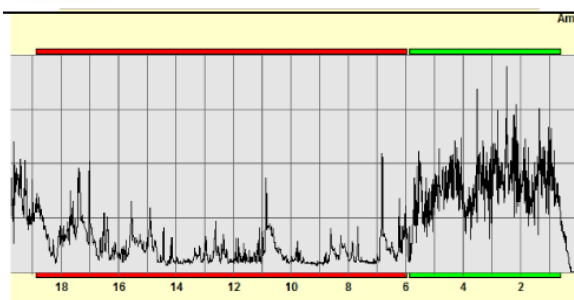
O intervalo destacado apresenta uma alta resistência à perfuração com relação às demais regiões analisadas para este poste. A resistência da madeira inicialmente é baixa e começa a aumentar, mantendo-se aproximadamente constante, e volta a diminuir a medida que a madeira vai sendo perfurada.

(e)

O trecho em destaque apresenta praticamente degradação total da madeira, sem apresentar variação na resistência. Muito provavelmente este trecho apresenta madeira com apodrecimento.

(f)

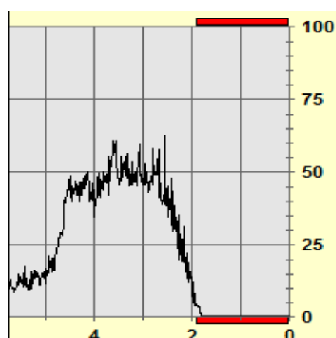
Entre as profundidades 3,6 e 5,0 cm, observou-se, na região em destaque, uma queda abrupta de resistência, que associada à variabilidade natural da madeira, pois o trecho apresentou resistência à perfuração da broca.



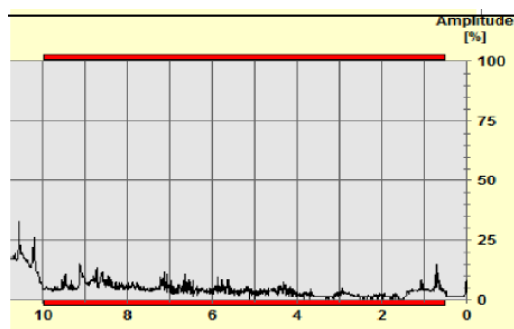
(g)



(h)



(i)



(j)

(g)

A profundidade entre 0,5 e 5,8 cm apresentou uma boa resistência com grande variabilidade. Já o trecho de profundidade entre 6,0 e 19,0 cm, apresentou uma queda na resistência, com variação gradual.

(h)

A faixa em destaque que está delimitada pelas profundidades de 29,0 e 29,9 cm mostra o percurso livre da broca, quando ela sai do poste e não encontra nenhuma resistência de perfuração.

(i)

O trecho compreendido entre 0 e 1,9 cm de profundidade não representa uma degradação total da madeira, mas sim um possível erro de operação do equipamento que não estava com a ponteira rente ao poste antes do início da perfuração.

(j)

Entre as profundidades de 0,5 e 10,0 cm observa-se um apodrecimento externo de longa extensão, que apresenta variabilidade de resistência.

Na maioria dos postes roliços de madeira analisados o tratamento utilizado foi o CCA.

Observou-se que os postes tratados com CCA foram os que apresentaram menor grau de deterioração com relação aos demais produtos de tratamento preservante utilizados.

Vale mencionar que para os postes analisados o tempo de tratamento considerado foi de aproximadamente entre 15 e 20 anos.

Vale mencionar também que muito pouco tem sido estudado sobre a patologia e durabilidade das estruturas de madeira o que pode ser constatado diante da inexpressiva quantidade de trabalhos publicados no EBRAMEM (Encontro Brasileiro de Madeiras e Estruturas de Madeiras) desde sua criação em 1983.

Dos 1552 artigos publicados nas 11 edições do EBRAMEM, apenas 2,4% dos artigos referem-se ao tema patologia e durabilidade das estruturas de madeira.

Observou-se nos gráficos analisados que o equipamento utilizado para a avaliação da resistência dos postes de madeira não fornece um valor numérico da resistência da madeira no trecho considerado. O equipamento mostra a partir dos gráficos fornecidos onde madeira é mais ou menos resistente na sua parte interna.

5. Conclusões

O equipamento *Resistograph* mostrou-se um instrumento eficiente e de fácil manuseio e pode ser utilizado para a análise interna da resistência de elementos de madeira roliça.

A utilização do equipamento se limita na interpretação visual das informações fornecidas pelos graficamente pelo equipamento.

O equipamento não quantifica numericamente o valor resistência do poste ao longo da sua seção transversal, e sim identifica regiões mais ou menos resistentes identificando possíveis defeitos como ocos, podridões, fendas, furos de insetos e outros eventos comuns em peças de madeira.

Há a necessidade de relacionar os gráficos fornecidos pelo equipamento com um valor numérico de resistência da madeira.

6. Agradecimentos

Ao IAC pelo fornecimento dos dados climáticos.

7. Referências bibliográficas

(1) Arruda, R. (2006); Prática de melhorias no método de identificação e controle de postes de madeira por meio de rádio frequência e do estudo de suas propriedades mecânicas. Porto Alegre. Disponível em: <http://tede.pucrs.br/tde_arquivos/12/TDE-2006-10-18T160125Z-72/Publico/383162.pdf>. Acesso em: 10 out. 2009.

(2) Freitas, R. R. (2009). *Modelo teórico-experimental de deterioração de postes de madeira aplicado ao Estado de São Paulo*. São Carlos-SP. 301 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo.

(3) Geraldo, F. C. (2001). A madeira de eucalipto para postes. São Paulo: ABPM. Disponível em : <<http://www.abpm.com.br/oqepm.htm>> Acesso em: 20 maio de 2003.

(4) Lima, J. T. et al (2009). *Uso do resistógrafo para estimar a densidade básica e a resistência à perfuração da madeira de Eucalyptus*. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr75/cap08.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2009.

(5) Postes de Madeira de Eucaliptos, Agosto de 2009. Disponível em: <http://painelflorestal.com.br/exibeNews.php?id=5269&cod_editorial=&url=news.php&pag=0&busca=>. Acesso em: 25 mar. 2010.

(6) Rinn, F.; Schweingruber, F.H.; Schar, E. (1996). *Resistograph and X-ray density charts of wood comparative evaluation of drill resistance profiles and X-ray density charts of different wood species*. Holzforschung, Berlin, v.50, n.4, p.303-311.

