

ANÁLISE DAS CAUSAS DA DETERIORAÇÃO DOS POSTES DE MADEIRA DA ILHA DO MEL, PARANÁ, BRASIL

ANALYSIS OF WOOD POLES DETERIORATION CAUSES FROM 'ILHA DO MEL', PARANÁ STATE, BRAZIL

Marina Mieko Nishidate Kumode¹ João Carlos Moreschi² Graciela Inés Bolzon de Muñiz³
Silvana Nisgoski⁴ Ricardo José Ferracin⁵ Valcineide Oliveira de Andrade Tanobe⁶

RESUMO

Objetivou-se a quantificação química dos preservantes, identificação anatômica da espécie florestal e dos principais agentes deterioradores dos postes de madeira de uma rede de distribuição de energia elétrica da Ilha do Mel, no litoral do Estado do Paraná. Além disso, foram propostas formas de prolongar a vida útil do poste em uso. Os postes foram caracterizados anatomicamente e a identificação e quantificação química foram realizadas por meio de análise colorimétrica e absorção atômica. Avaliou-se a retenção média amostral pelo teste t de Student e na comparação entre os grupos foi aplicado o teste de Fisher. A identificação dos agentes deterioradores foi realizada de acordo com a inspeção visual, com o auxílio de pequenas ferramentas. As análises anatômicas identificaram os postes como sendo da espécie *Eucalyptus grandis*. Os testes químicos qualitativos revelaram a presença de preservante arseniato de cobre cromatado (CCA) e borato de cobre cromatado (CCB) tendo os índices de retenção para CCA apresentado valores inferiores ao mínimo recomendado. Os resultados da inspeção visual indicaram ataques por pica-paus, fungos e cupins. Para o modelo de gerenciamento foram propostas ações integradas desde o recebimento da matéria-prima, monitoramento e manutenção dos postes.

Palavras-chave: postes de madeira; CCA; agentes deterioradores.

ABSTRACT

The objectives were the chemical quantification of preservatives, the anatomical identification of forest species and the principal decay agent identification of wood poles from an electric distribution system in 'Ilha do Mel', in the coast of Paraná state. It was also proposed a methodology to extend the poles useful life. The poles were anatomically characterized and the identification and the chemical quantification were done by colorimetric analysis and atomic absorption. The mean retention was evaluated by t test and comparison of groups was done by Fisher test. The decay agent identification was done by visual inspection, with little tools. The anatomical analysis identified the poles how *Eucalyptus grandis* species. The qualitative chemical tests showed copper chromo arseniate (CCA) and copper chromo borate (CCB) presence, with the

1. Engenheira Industrial Madeireira, Msc., Doutoranda Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Av. Prefeito Lothário Meissner, 900, Campus III, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba (PR). mnishidate@gmail.com
 2. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Av. Prefeito Lothário Meissner, 900, Campus III, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba (PR). moreschi@membracel.com.br
 3. Engenheira Florestal, Dra., Professora Titular do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Av. Prefeito Lothário Meissner, 900, Campus III, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba (PR). graciela.ufpr@gmail.com
 4. Engenheira Florestal, Dra., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Av. Prefeito Lothário Meissner, 900, Campus III, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba (PR). nisgoski@ufpr.br
 5. Químico, Dr., Professor Adjunto Universidade Tuiuti do Paraná, Rua Sydnei A Rangel Santos, 238, Santo Inácio, CEP 82010-330, Curitiba (PR). rferracin@yahoo.com
 6. Química, Dra., Pesquisadora do Laboratório de Análises de Combustíveis Automotivos, Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, Jardim das Américas, CEP 81530-990, Curitiba (PR). valcitanobe@yahoo.com.br
- Recebido para publicação em 21/07/2010 e aceito em 28/09/2011

retention index for CCA with lesser values than the minimum recommended by rule. The visual inspection results indicated woodpecker, fungi and termite attacks. To management model proposed integrated actions like raw material receiving, monitoring and pole maintenance.

Keywords: wood poles; CCA; decay agents.

INTRODUÇÃO

As redes de distribuição de energia elétrica utilizam distintos materiais e conforme os artefatos podem ser poliméricos, elastômeros, cerâmicos, metálicos e madeiras. De modo geral, estas companhias seguem legislação e normas de controles rígidos de especificação destes produtos. No entanto, no uso das estruturas de suporte de madeira, tais como postes, contrapostos e cruzetas há necessidade de um programa específico no controle de recebimento e gestão destes materiais, já que tais estruturas devem apresentar durabilidade suficiente, de modo que a qualidade e características originais sejam mantidas em serviço por longo tempo.

A madeira, dependendo da sua aplicação, precisa passar por tratamentos químicos, que possibilitem o prolongamento de sua vida útil. Neste caso, produtos preservantes são aplicados, visto que, o procedimento permite melhor aproveitamento dos recursos florestais, sustentabilidade, disponibilidade, menor frequência de substituição, confiabilidade na distribuição de energia, menor custo e principalmente compatibilidade com as exigências dos órgãos ambientais.

Os postes de madeira apresentam limitações principalmente quanto à durabilidade. Assim, as condições agressivas inerentes a cada região, na qual os postes estão instalados, podem iniciar processos de deterioração e envelhecimento acelerado, os quais prejudicam sua vida útil em campo.

A eficiência do tratamento preservativo é medida por dois parâmetros autocorrelacionados denominados de retenção e penetração. A penetração é medida em milímetros e indica a profundidade atingida pelo preservante na peça tratada e a retenção um parâmetro de natureza quantitativa que expressa a quantidade do preservante existente num determinado volume de madeira (LEPAGE e BRITO NETO, 1986). Para tratamento de postes de madeira, o valor mínimo recomendado pela Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 8456, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1984) é 9,6 kg ia/m³ (quilos de ingrediente ativo por metro cúbico de madeira tratada) para o preservativo hidrossolúvel arseniato de cobre

cromatado (CCA). Os valores referenciados pela NBR 8456 (ABNT, 1984) são para postes novos que receberam tratamento, entretanto, a legislação não prevê índices mínimos para postes em serviço.

Diante do exposto anteriormente, este trabalho propôs a identificação anatômica da espécie florestal; quantificação química dos preservantes e identificação dos principais agentes deterioradores dos postes de madeira de uma rede de distribuição de energia elétrica da Ilha do Mel no litoral do Estado do Paraná. Além disso, foi proposta uma metodologia de gerenciamento para controle da qualidade dos postes.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Ilha do Mel, pertencente ao Município de Paranaguá, Estado do Paraná. Para localização dos postes utilizou-se um mapa contendo informações de cobertura vegetal, geomorfologia, hidrografia e zonas de inundação de toda a Ilha do Mel. Também foi utilizado um projeto preliminar da linha de distribuição de energia elétrica, em que consta a numeração dos postes e a distância entre eles. Além das informações citadas, utilizou-se o *Global Position System* (GPS) para a localização exata dos postes amostrados, uma vez que em muitos não havia placa de identificação por causa da deterioração dos elementos de fixação ou porque muitas delas se perderam.

Na definição preliminar da amostragem de campo utilizou-se um sistema de classificação para classes de risco de acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997). Neste conceito de classes, os postes de eletrificação foram incluídos na classe de risco 5. Entretanto, após visita de campo e estudos bibliográficos, foi necessário subdividir a classe de risco 5 em duas subclasses, para melhor determinar a amostragem. Nessa subdivisão foram consideradas situações, tais como, a agressividade do meio, a influência do solo, tipos de cobertura vegetal, geomorfologia e presença de aves destruidoras de poste, conforme os seguintes critérios: (a) Classe 5.1 – Poste instalado em áreas com formações pioneiras de influência marinha (restinga); (b) Classe 5.2 – Poste instalado em áreas com Floresta

Ombrófila Densa Submontana e Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas.

Foram pré-selecionados 52 postes e foi realizada uma triagem, por meio de análises químicas colorimétricas, utilizando duas soluções aquosas: solução I (álcool polivinílico em água); solução II (solução de iodo 0,1N), conforme NBR 6232 (ABNT, 1973), permitindo a classificação dos postes quanto ao tipo de tratamento recebido na usina (CCB, CCA ou nenhum / outro).

O trabalho foi desenvolvido apenas com os postes tratados com CCA, totalizando 24, pois eram os originalmente instalados na linha de transmissão, dos quais foram retiradas amostras, com um extrator especial, com diâmetro interno de 18 mm, acoplado em uma furadeira portátil, a 1,30m da linha do solo para avaliar o teor de retenção dos preservantes utilizados.

Para quantificar a concentração dos componentes do CCA nas amostras foi utilizada a técnica de espectroscopia de absorção atômica, no Laboratório Químico da Divisão de Produtos Florestais do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), de acordo com procedimentos próprios do Instituto.

Com o propósito de identificar e/ou confirmar a espécie florestal utilizada para os postes, observou-se as características anatômicas da madeira, com o auxílio de um Microscópio Óptico com Câmera Acoplada, conforme recomendações de Muñiz e Coradin (1991), comparando-se com amostras de referência do laminário do Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal do Paraná.

Os postes presentes na área de estudo desta pesquisa foram classificados de acordo com o tipo de deterioração apresentado. Os ataques de insetos e aves, tais como cupins e pica-paus foram avaliados visualmente. No caso dos ataques de cupins avaliou-se também por percussão por meio de suaves batidas na superfície da madeira suspeita de estar deteriorada, e quando deteriorada apresentava o som característico de madeira oca.

Aplicou-se o teste t de Student com a finalidade de avaliar a retenção média amostral do preservante. Para as comparações entre os grupos, foi aplicada a prova de Fisher. As hipóteses testadas e respectivas hipóteses de nulidade (H_0) com 95 % de confiabilidade foram: a) Análise do ataque de fungos, cupins e pica-paus por retenção total, abaixo e acima da especificada pela norma como retenção mínima; b) Análise do ataque de fungos (Cu), cupins (As) por retenção específica acima e abaixo da

norma; e c) Análise do ataque de fungos, cupins e pica-paus por cobertura vegetal e fendilhamento na madeira.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi possível obter qualquer histórico, ou dados já existentes sobre as características da madeira tratada, em especial sobre o tipo de produto preservante e retenção especificados e/ou retenção avaliada após a aquisição dos postes de madeira, espécie florestal, bem como outras variáveis de importância para a execução do presente estudo, uma vez que a documentação não foi disponibilizada pela concessionária.

Os postes presentes na área de estudo desta pesquisa foram classificados de acordo com o tipo de deterioração existente. Quando úmida a madeira atacada em estágios avançados por fungos de podridão-mole, apresentava a superfície bastante amolecida e facilmente removível, e quando seca uma camada superficial escurecida e várias fissuras no sentido da grã. A profundidade do apodrecimento se restringia à superfície da madeira.

A madeira atacada por fungos causadores da podridão-parda apresentava aspecto de estar levemente queimada, adquirindo coloração parda e ao contrário do que ocorreu com a podridão-mole seu ataque ocorria em porções mais profundas da madeira. Em ataques severos e quando seca, apresentava inúmeras trincas paralelas e perpendiculares à grã e, de acordo com a literatura (CLAUSEN, 2010), isso ocorre porque esse grupo de fungos alimenta-se principalmente dos carboidratos da madeira e, a lignina residual que mantém a estrutura não é capaz de sustentar a célula, ocorrendo o colapso da parede celular. Além dessas alterações citadas, a densidade diminui causando o enfraquecimento da madeira e a propriedade mais afetada é a resistência ao impacto (CLAUSEN, 2010).

Pelas características observadas de porosidade difusa, poros solitários e geminados, múltiplos ocasionais com arranjo diagonal característico; tilos presentes; raios uni e bisseriados, heterogêneos e não estratificados; parênquima axial escasso, vasicêntrico e unilateral, eventualmente confluyente; fibras não septadas; camadas de crescimento pouco distintas pelo espessamento da parede das fibras e comparando-se com a coleção de referência, verificou-se que as madeiras de todos os postes analisados pertencem ao gênero *Eucalyptus*, espécie *grandis*, da família Myrtaceae (Figura 1).

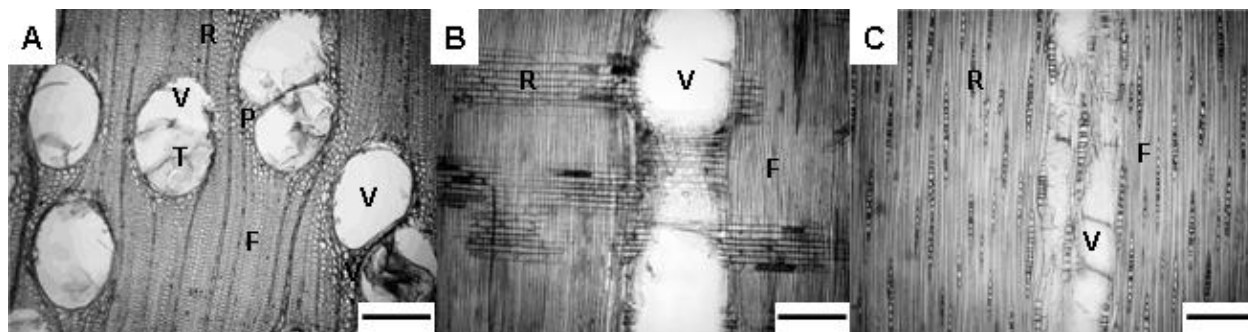


FIGURA 1: Aspecto geral da madeira de *Eucalyptus grandis*. Plano transversal (A), Plano radial (B), Plano tangencial (C). Vaso (V), tilos (T), parênquima axial (P), raio (R), fibras (F). Barra = 200 μ m.

FIGURE 1: General aspects from *Eucalyptus grandis* wood. Transverse section (A), radial section (B), tangential section (C). Vessel (V), tyloses (T), axial parenchyma (P), ray (R), fiber (F). Bar = 200 μ m.

A norma NBR 8456 (ABNT, 1984) especifica para redes de distribuição de energia elétrica, madeiras roliças de *Eucalyptus grandis*, valor mínimo de preservante hidrossolúvel CCA para postes novos, de 9,6 kg ia/m³ de madeira tratada; 1,74 kg/m³ para óxido de cobre (CuO); 1,57 kg/m³ para o óxido de arsênio (As₂O₃) e 6,29 kg/m³ para o óxido de cromo (CrO₃). A espécie utilizada atende à norma, mas os valores de retenção estão abaixo do recomendado.

Os valores de retenção da análise química realizada para quantificar as concentrações de preservantes e o tipo de agente degradador observado em cada vegetação da Ilha do Mel onde os postes foram coletados constam da Tabela 1.

Pela análise de retenção do preservativo CCA na madeira, ou de seus constituintes isolados, não foi possível levantar as razões que levaram os postes a apresentarem retenções abaixo do normatizado. Sem os valores de retenção inicial para comparação, ou seja, em base à retenção em postes recém-tratados, ou sobre as proporções dos constituintes da solução preservativa utilizada no tratamento da madeira, impossibilitando qualquer CONCLUSÃO sobre o balanço químico supracitado e os possíveis efeitos relacionados à perda de princípios ativos pela madeira.

Freitas (2002) em seus estudos concluiu que as perdas de CCA-A e de seus componentes, em estacas de *Pinus* sp., após 21 anos de exposição em campo de apodrecimento, está relacionada de forma direta com a retenção inicial do produto.

Dos postes analisados quimicamente, a variação da retenção em valores absolutos pode estar associada a vários fatores, entre eles, o mais provável, a lixiviação dos princípios ativos Cu e

As, por uma possível deficiência do elemento Cr na solução preservativa e/ou interações com a água do solo e os sais existentes por tipo de terreno em que os postes foram instalados, por agentes biológicos tolerantes ao preservativo CCA, adaptados a estes tipos de terreno, ou ainda pela combinação de alguns ou todos estes fatores.

Esta possibilidade pode ser visualizada graficamente (Figura 2), observando-se pontos específicos com altas e baixas retenções, para os elementos químicos Cr, Cu e As, e total, por poste tratado, apresentados de forma ordenada segundo a distribuição dos postes, sob os números de referência 1 a 24 na rede de energia elétrica estudada. Também são indicados os intervalos de ocorrência dos dois tipos de vegetação onde os postes se encontram instalados, bem como os intervalos de ocorrência predominante de ataques, por tipo de agente xilófago observado.

Os resultados das análises de retenções químicas indicam que, com exceção do poste com número de referência 7, os postes 6 a 9 apresentaram retenções gradativamente menores, com súbita queda nos postes 8 e 9, e aumentando os valores da retenção até o poste 13 para então entrar na faixa de variação aparentemente normal, resultado das variações de microsituações, de poste para poste, como tipo de solo, existência de maior ou menor salinidade no solo, altura do lençol freático, densidade da vegetação rasteira contornando os postes, distribuição geográfica de agentes xilófagos, entre outras variáveis.

Os postes 8 e 9 são os que apresentaram menores retenções e estão localizados próximos a uma região de ocorrência de fenômeno erosivo, preferencialmente durante as conjugações de maré

TABELA 1: Agentes xilófagos, defeitos e retenção de CCA em postes na Ilha do Mel.

TABLE 1: Xylophagous, defects and CCA retention on poles in 'Ilha do Mel'.

| Poste/ Vegetação | Presença de agentes xilófagos/defeitos | | | | Retenção de ingrediente ativo (kg/m ³) | | | |
|---------------------|--|-------|-------|---------------|--|-------|-------|---------|
| | Pica-pau | Fungo | Cupim | Fendilhamento | Total | Cobre | Cromo | Arsênio |
| 1 | | X | X | X | 6,9 | 1,5 | 4,4 | 1,0 |
| 2 | | | X | X | 14,4 | 2,6 | 9,1 | 2,7 |
| 3 | | | | | 14,8 | 2,5 | 9,7 | 2,6 |
| 4 | | | X | X | 9,7 | 2,0 | 6,3 | 1,4 |
| 5 | | | | | 8,1 | 1,8 | 5,0 | 1,3 |
| 6 | | X | X | X | 2,2 | 0,5 | 1,0 | 0,7 |
| 7 | | | | X | 8,8 | 2,0 | 5,5 | 1,3 |
| 8 | | X | X | X | 1,7 | 0,4 | 0,9 | 0,4 |
| 9 | | X | X | | 1,7 | 0,4 | 0,8 | 0,5 |
| 10 | | X | | | 4,4 | 1,0 | 2,3 | 1,1 |
| 11 | | X | | | 2,4 | 0,7 | 1,1 | 0,6 |
| 12 | | X | X | X | 7,0 | 1,6 | 4,4 | 1,0 |
| 13 | | X | X | X | 12,0 | 2,6 | 7,6 | 1,8 |
| 14 | X | | X | X | 10,2 | 1,6 | 7,0 | 1,6 |
| 15 | X | | X | | 12,1 | 2,6 | 7,6 | 1,9 |
| 16 | | X | X | X | 7,9 | 1,8 | 5,0 | 1,1 |
| 17 | X | X | X | X | 7,5 | 1,7 | 4,8 | 1,0 |
| 18 | X | | X | X | 10,3 | 2,2 | 6,6 | 1,5 |
| 19 | X | | X | X | 12,2 | 2,2 | 7,8 | 2,2 |
| 20 | X | | X | X | 8,7 | 2,0 | 5,4 | 1,3 |
| 21 | X | | X | X | 11,0 | 2,4 | 6,8 | 1,8 |
| 22 | X | | X | X | 13,6 | 2,6 | 8,4 | 2,6 |
| 23 | X | | X | X | 14,4 | 2,0 | 6,7 | 1,7 |
| 24 | X | | X | X | 14,8 | 3,0 | 9,3 | 2,5 |

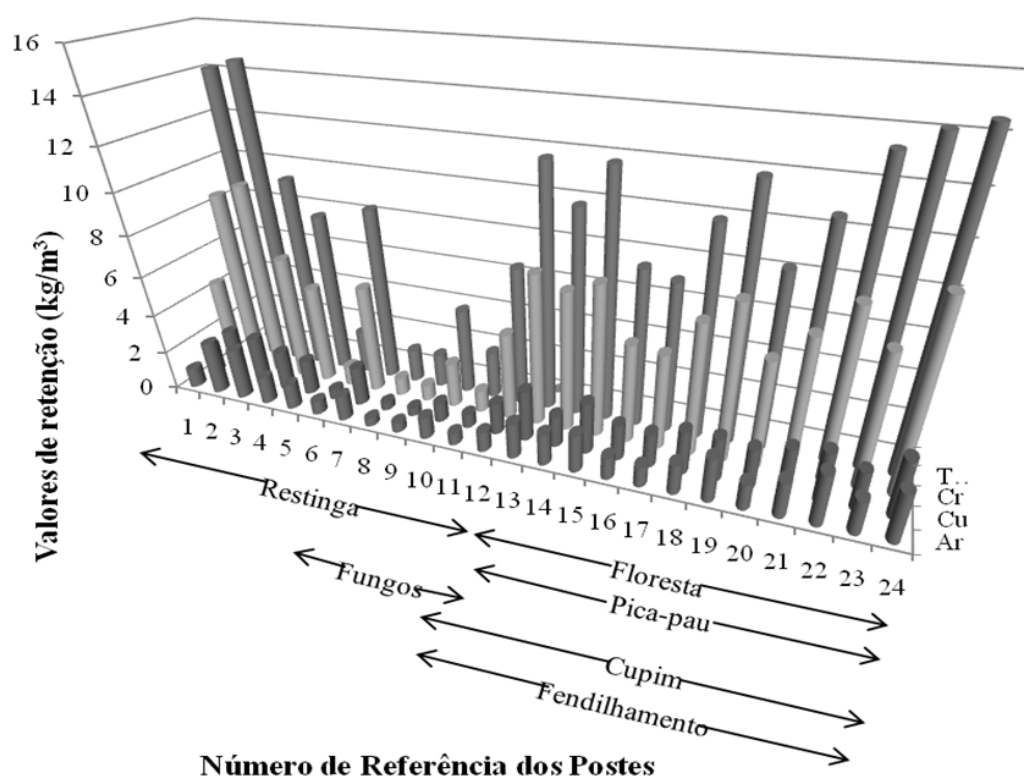


FIGURA 2: Retenção do ingrediente ativo (kg/m³) e incidência dos agentes xilófagos por cobertura vegetal.
 FIGURE 2: Chemical retention (kg/m³) and xylophagous incidence by vegetal cover.

de lua (nova e cheia) e marés meteorológicas originadas pela passagem de frentes frias, conhecidas popularmente como ressacas. A água já cobriu o local por diversas vezes, durante algumas ressacas (Instituto Ambiental do Paraná - IAP, 1996).

As condições de baixa retenção, alto teor de umidade, solo arenoso e nível de lençol freático permanentemente alto favorece o ataque de fungos, como observado nos postes de número 6 a 12. Outro fator provável, verificado para essa baixa retenção do CCA nos postes tratados, é a possibilidade do fungo estar interagindo com outros agentes, como por exemplo, com as bactérias ou sais do meio marinho, ou outros mecanismos de depleção, exaurindo os preservantes da madeira, fato este confirmado por Lepage (1986) que cita ainda que muitas bactérias e fungos apresentam alta tolerância ao CCA, creosoto, pentaclorofenol e ao óxido de tributílo estanho (TBTO).

Outra hipótese na tentativa de explicar o baixo desempenho do CCA em madeiras de folhosas baseia-se no fato de que existe uma forte correlação entre a suscetibilidade natural da madeira à podridão-mole e a quantidade de cobre necessária para evitar o ataque. Lepage (1986) esclarece que espécies de madeira altamente susceptíveis têm baixo teor de lignina e, conseqüentemente, maior teor de celulose e hemicelulose, e que a hipótese nutricional propõe que a maior quantidade de nutrientes permite que os fungos tolerem maior quantidade de preservantes.

Nas inspeções visuais efetuadas nos postes 8 a 11 não foi constatado fendilhamento no corpo do poste, provavelmente pelo excessivo teor de umidade da madeira que mantém os postes inchados e, conseqüentemente, com as fendas outrora existentes fechadas.

Os resultados das análises químicas obtidos experimentalmente foram analisados pelo teste t de Student e este revelou que a retenção média amostral encontrada não é estatisticamente diferente da retenção mínima normatizada, mesmo que em

valores absolutos sejam diferentes.

Análise dos ataques por cupins, fungos e pica-paus.

As hipóteses testadas e respectivas hipóteses de nulidade (H_0) com 95 % de confiabilidade pelo teste de Fisher foram: a) Análise do ataque de fungos, cupins e pica-paus por retenção total, abaixo e acima da especificada pela norma como retenção mínima; b) Análise do ataque de fungos (Cu), cupins (As) por retenção específica acima e abaixo da norma; e c) Análise do ataque de fungos, cupins e pica-paus por cobertura vegetal e fendilhamento na madeira. Os resultados encontram-se na Tabela 2.

Análise do ataque por cupim

Os testes estatísticos rejeitaram a hipótese H_0 cobertura vegetal e fendilhamento. Observou-se que 100 % dos postes instalados na área de floresta foram atacados por cupins subterrâneos.

No que se refere à cobertura vegetal, provavelmente a diferença do tipo de solo foi o que causou a variação do ataque de cupins nos postes localizados na floresta. Essa observação está em conformidade com as afirmações de Moreschi (2005), que relata que os cupins são favorecidos por condições de elevada umidade e são mais frequentes em solos úmidos e arenosos, em regiões quentes e com fonte alimentar abundante, sendo esta a situação mais representada pela área de floresta.

O fendilhamento esteve presente em 75 % dos postes, expondo a madeira não tratada de seu interior (cerne), de modo que o efeito do preservante no alburno não previne o ataque e pouco contribui para garantir uma extensão da vida útil dos postes em padrões aceitáveis. Neste caso, além do ataque ocorrer por meio dos pontos de entrada existentes, os seja, das fendas existentes na superfície da madeira, com subsequente ataque à madeira de cerne, a madeira de alburno também seria deteriorada prematuramente se não tivesse um

TABELA 2: Teste de Fisher para os ataques de agentes xilófagos.

TABLE 2: Fisher test for xylophagous attack.

| Variáveis analisadas | Cupim | Fungos | Pica-pau |
|----------------------|---------------|---------------|--------------|
| Retenção Total | Aceita | Rejeita | Rejeita |
| CCA | H_0 | H_0 | H_0 |
| Retenção específica | Aceita H_0 | Rejeita H_0 | |
| As ou Cu | p/ As | p/ Cu | |
| Cobertura vegetal | Rejeita H_0 | Aceita H_0 | Aceita H_0 |
| Fendilhamento | Rejeita H_0 | Aceita H_0 | Aceita H_0 |

tratamento adequado em termos de profundidade de tratamento, retenção e distribuição homogênea do produto preservante.

O fato da madeira de cerne não receber tratamento adequado é bem conhecido e, conforme as afirmativas de Campos et al. (2003) existem diferenças significativas de retenção entre o cerne e alborno, o que é confirmado por Cookson (2000), citado por Oliveira et al. (2005), que mostrou dificuldade de penetração de substâncias no cerne da madeira de eucalipto.

Analisando os resultados estatísticos, os testes revelaram que não existe diferença significativa entre os níveis de retenção total, do valor de referência e tampouco para o nível de retenção específica de arsênio.

Embora os testes estatísticos não tenham indicado diferenças significativas, dentro do nível de significância testado, é evidente a diferença, em valores absolutos, da frequência entre o material atacado e não atacado, com retenções abaixo e acima da especificada. Todavia, considerando que o fendilhamento expõe o material interno de alborno, talvez este com baixa retenção, e o de cerne não preservado, os cupins têm livre acesso a esse material e a deterioração iniciará prontamente. Assim sendo, pode-se inferir que o fendilhamento superficial dos postes foi o principal responsável pelo ataque de cupins, auxiliado por baixas retenções de arsênio.

Análises de ataques por fungos

Houve efeito significativo entre níveis de retenção total (acima e abaixo) e retenção específica (acima e abaixo) de cobre para o ataque de fungos. Para os postes com retenção total acima do referenciado, 8,33 % dos postes apresentam retenção de cobre abaixo do normatizado e igual porcentagem apresentou ataques por fungos. Para postes com retenção total abaixo do referenciado, 66,67 % apresentam baixa retenção de cobre, elemento responsável pela proteção ao ataque de fungos apodrecedores, tendo 75 % deles sofrido ataques por fungos. Os resultados concordam com Hunt e Garrat (1962) que observaram que o ataque por fungos de podridão é mais comum em madeiras em contato direto com o solo, ou em lugares onde a umidade não possa evaporar com facilidade, portanto, condensando-a. Kruedener (1963) afirma que os fungos de podridão-mole atacam a madeira quando em contato com a terra e/ou com a água, principalmente em contato alternado com o ar, situação esta similar a dos postes atacados da Ilha

do Mel.

O ataque de fungos na madeira foi verificado em todas as situações em que os postes foram instalados na Ilha, sem qualquer distinção, ficando o ataque relacionado tão somente à baixa retenção do produto preservativo, ou do elemento cobre.

Análise de ataques por pica-pau

A análise estatística das perfurações provocadas pelos pica-paus em procura de alimentos ou abrigo, em postes de madeira preservada com CCA, e com níveis acima e abaixo do recomendado como mínimo adotado como referência comparativa neste estudo, mostrou que existem diferenças significativas entre os níveis de retenção, portanto, postes tratados com CCA a retenções mais altas ficam protegidos do ataque de pica-paus, provavelmente devido à falta de insetos para seu alimento.

Harness e Walters (2005) e Hunt e Garrat (1962), ao estudarem uma grande variedade de produtos químicos a fim de avaliar sua capacidade de prevenir ou limitar o ataque de pica-paus, concluíram que a eficácia desses produtos químicos tem sido limitada, pois aparentemente, a maioria das espécies de pica-pau possui um senso relativamente pobre de paladar e olfato. Cunningham (2005) estudou uma linha de transmissão em uma área conhecida por ser infestada por pica-paus, e observou que de 181 postes instalados há mais de 20 anos e tratados com “Chemonithe” (zinco arseniato de cobre amoniacal) somente três apresentaram danos mínimos.

Analisando-se o ataque de pica-paus em postes com fendilhamento, o teste revelou que não existe diferença significativa. Este fato também contraria a literatura, tendo em vista que fatores como a presença de fendas que expõem a madeira não tratada do interior dos postes aos agentes deterioradores propicia a degradação por cupins e fungos. Como as larvas de insetos, formigas e cupins, que estão dentro dos troncos de árvores, fazem parte da dieta do pica-pau, o fendilhamento poderia ser um facilitador para entrada desses agentes e, conseqüentemente, aumentaria a incidência de ataques por pica-pau em busca de alimentos. Porém, os resultados acima apresentados vêm de encontro com as citações efetuadas por Harness e Walters (2005), onde a maioria dos pesquisadores conclui que a principal razão para a atração dos pica-paus por um poste é que ele oferece um amplo ponto de vista da área ao redor sendo um excelente ponto para

anunciar e defender territórios e detectar predadores potenciais, embora tenha concluído que o dano causado por pica-paus é tipicamente um resultado de busca por alimento ou necessidade de abrigo.

Proposta de gerenciamento

No sentido de buscar solução aos problemas observados no desenvolvimento deste trabalho, recomendam-se tratamentos químicos com o preservante CCA-B, fabricado no Brasil sob encomenda, tendo em vista que a porcentagem de cobre é aproximadamente a mesma para os três tipos. Assim, em função dos cupins ocorrerem na maioria dos postes avaliados, nas duas áreas analisadas, recomenda-se o tipo B por possuir maior proporção de arsênio (As_2O_5), 45,1 %.

Para postes a serem instalados nas proximidades do istmo, onde as condições locais favorecem a deterioração por fungos apodrecedores, e tendo em vista as baixas retenções observadas, recomenda-se um reforço adicional com preservante oleoso “carbolineum”, importado da China, na área propensa ao ataque de agentes ou lixiviação, ou o tratamento superficial dos postes tratados com aplicação de resina sintética, para criar uma barreira que impeça a lixiviação e/ou a ação de agentes marinhos que causem a destoxificação da madeira na parte do poste que ficará exposto.

Para minimizar o fendilhamento ocorrido na madeira tratada em uso, recomenda-se que previamente ao tratamento preservante, a madeira sofra um corte com serra, no sentido longitudinal, em todo o comprimento do poste. Trata-se de um entalhe em toda a extensão do poste, da sua superfície até próximo do centro. Após o entalhe, tratar os postes com o preservativo CCA tipo B, para proporcionar esta proteção.

Utilizar unicamente espécies de madeiras com cerne de alta durabilidade natural e alburno permeável, com baixa propensão ao fendilhamento, a exemplo da *Corymbia citriodora*, há muito tempo reconhecida como uma madeira recomendável para esta finalidade.

Para a prevenção de ataques de pica-paus, recomenda-se a colocação de proteção física, por meio de telas metálicas utilizadas como revestimento em regiões habitualmente atacadas, no intervalo de 2,0 a 3,0 metros abaixo da cruzeta. Outra proteção seria a aplicação de uma camada lisa na superfície do poste, com resina de poliéster, ou borracha sintética sólida em volta, na altura sujeita ao ataque, criando dificuldades para o pica-pau conseguir se fixar.

Maior controle no recebimento dos postes com laudo anatômico, laudo de retenção química e penetração (Inspeção do lote recebido – amostragem da madeira tratada e análise química).

Programa de manutenção nos postes em serviço como capina, limpeza do poste, e para tratamento externo, recomenda-se reforço de tratamento na base dos postes com aplicação de bandagem, para tratamento interno, a aplicação do produto no poste poderá ser feito por orifícios, injetando-se o produto através deles.

CONCLUSÕES

Em relação aos 24 postes analisados da Ilha do Mel, conclui-se que a madeira utilizada pertence à espécie *Eucalyptus grandis* e os agentes mais agressivos que causaram a deterioração foram os cupins, pica-paus e fungos.

Os fatores que influenciam sobremaneira no ataque à madeira se relacionam à baixa retenção total ou de elementos específicos do CCA; tipo de cobertura vegetal; presença de fendilhamento na superfície dos postes e alta umidade do solo, promovendo a lixiviação e/ou a atividade de agentes que promovam a depleção dos constituintes do preservante CCA da madeira.

Houve uma variação muito elevada nas retenções do CCA pela evidente lixiviação do produto e de seus constituintes nos postes instalados na região do istmo da Ilha do Mel.

O ataque de cupins tem relação direta com o fendilhamento superficial e com a cobertura vegetal, ocorrendo em todos os postes da área de floresta e em menor frequência na área de restinga.

O ataque de fungos e pica-paus tem relação inversa com a retenção de CCA na madeira. O ataque de pica-paus se dá exclusivamente na área com cobertura florestal, inexistindo ataque na área de restinga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA - ABNT. **NBR 8456**: Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição de energia elétrica: especificação. Rio de Janeiro, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 6232**: Penetração e retenção de preservativo em postes de Madeira MB 790. Rio de Janeiro, 1973.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS

- TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeiras. Rio de Janeiro, 1997.
- CAMPOS, C. S.; VIANEZ, B. F.; MENDONÇA, M. S. Estudo da variabilidade de retenção do preservante CCA tipo A na madeira de *Brosimum rubescens* Taub. Moraceae – (Pau Rainha) uma espécie madeireira da Região Amazônica. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 845-853, 2003.
- CLAUSEN, C. A. Biodeterioration of wood. In: **Wood Handbook**: wood as an engineering material. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 2010. Cap. 14.
- CUNNINGHAM, J. **Woodpecker control**. Disponível em <<http://www.jhbaxter.com>> Acesso em 20 jul. 2005.
- FREITAS, V. P. **Variações na retenção de CCA em estacas de Pinus após 21 anos de exposição em campo de apodrecimento**. 2002. 107 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.
- HARNESS, R. E.; WALTERS, E. L. **Knock on wood** – Woodpeckers and utility pole damage. Dept. of Biological Science Florida State University. IEEE Industry Applications Magazine- março/abril 2005. (Paper nº 04 B3.)
- HUNT, G. M.; GARRAT, G. A. **Preservación de la madera**. Barcelona: Salvat Editores, 1962. 486 p.
- INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ - IAP. **Plano de manejo da estação ecológica da Ilha do Mel - PR**. Curitiba: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 1996. 206 p.
- KRUEDENER H. J. V. **60 Jahre Holzschutz Wolman**. 143 p. Alemanha, 1963.
- LEPAGE, E. S., Agentes destruidores da madeira. In: _____. **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. p.99-256. v.1
- LEPAGE, E. S., Preservativos e sistemas preservativos. In: _____. **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. p.279-342. v. 1.
- LEPAGE, E. S.; BRITO NETO, O. Usinas de Tratamento. In: _____. **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. p.421 – 454. v. 2.
- MORESCHI, J. C. **Biodegradação da madeira**. 38 p. Manual Didático do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal - Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba. 2005. Disponível em <http://www.madeira.ufpr.br/moreschi/ppm_pdf>. Acesso em 20 jul. 2005.
- MUÑIZ, G. I. B.; CORADIN, V. R. **Normas de procedimentos em estudos de anatomia da madeira: II Gimnospermae**. Brasília: Laboratório de Produtos Florestais. 1991. (Série Técnica, 15)
- OLIVEIRA, J. T. S.; TOMASELLO, M.; SILVA, J. C. Resistência natural da madeira de sete espécies de eucalipto ao apodrecimento. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 993-998, nov./dec. 2005.