

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARINA MIEKO NISHIDATE KUMODE

**ANÁLISE DAS CAUSAS DA DETERIORAÇÃO PRECOCE DOS
POSTES DE MADEIRA TRATADA NA ILHA DO MEL**

CURITIBA

2008

MARINA MIEKO NISHIDATE KUMODE

ANÁLISE DAS CAUSAS DA DETERIORAÇÃO PRECOCE DOS POSTES DE MADEIRA TRATADA NA ILHA DO MEL

Dissertação apresentada ao Curso de Pós - Graduação em Engenharia Florestal, área de Concentração Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como parte do cumprimento das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal..

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Moreschi
Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a. Graciela I.B. Muñiz

CURITIBA
2008



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

PARECER

Defesa nº. 769

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após argüir o(a) mestrando(a) *Marina Mieko Nishidate Kumode* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**ANÁLISE DAS CAUSAS DA DETERIORIZAÇÃO PRECOCE DOS POSTES DE MADEIRA TRATADA NA ILHA DO MEL**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Mestre* em Engenharia Florestal, área de concentração em **TECNOLOGIA E UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS FLORESTAIS**.

Dr. Ricardo José Ferracin
Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento
Primeiro examinador

Dr. Carlos Eduardo Camargo de Albuquerque
Universidade Federal do Paraná
Segundo examinador

Dr. João Carlos Moreschi
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 24 de outubro de 2008.

Graciela Ines Bolzon de Muniz
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Antonio Carlos Batista
Vice-coordenador do curso

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que pela sua bondade infinita deu coragem para superar os momentos difíceis desta jornada.

Ao meu orientador Prof^o. Dr. João Carlos Moreschi pelo apoio, dedicação, paciência, amizade e por transmitir seus valiosos ensinamentos durante todo o desenvolvimento do trabalho.

A Prof^a. Dr^a Graciela I. Bolzon de Muñiz pelo carinho, amizade, confiança e incentivo.

A UFPR pela oportunidade de cursar o mestrado.

Ao LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento e à COPEL - Companhia Paranaense de Energia pelo suporte financeiro recebido e pela estrutura e apoio onde parte do trabalho foi desenvolvido.

Ao Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal do Paraná, em especial a Dionéia, Mayara Carneiro e Tiago da Silva.

Aos professores da Pós Graduação da Engenharia Florestal com quem tive oportunidade de conviver, aprender e crescer.

A ICOTEMA - Indústria e Comércio de Tratamento de Madeiras Ltda que gentil e prontamente cedeu os materiais necessários.

As estatísticas Patrícia Dupont Felchner e Taísa Dupont pela ajuda nos cálculos e interpretações dos resultados estatísticos.

Aos amigos do LACTEC, pelo carinho, amizade, companheirismo e toda ajuda que prestaram para a realização deste trabalho, em especial ao Prof. Dr. Ricardo José Ferracin, Msc. Sebastião Ribeiro Júnior, Dr. Paulo Inone e Dr. José Manuel Marconcin, atualmente na EMBRAPA.

A Dr^a Valcineide Tanobe pela amizade e paciência na revisão deste trabalho. As amigas doutorandas Silvana Rosso e Érika Ferreira pela amizade e cumplicidade.

A minha querida e amada família que sempre me apoiou nesta jornada.

BIBLIOGRAFIA

Marina Mieko Nishidate Kumode, nascida em Iguape, Estado de São Paulo, aos 24 de abril de 1959, filha de Takeyasu Nishidate e Yukiko Nishidate. Em 1983 graduou-se em Construção Civil – modalidade Edifícios pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo do Centro Tecnológico de São Paulo. Em 1984 concluiu o curso de Pós Graduação “lato sensu”, nível de Especialização e Aperfeiçoamento, na área de Economia Empresarial, na Faculdade São Judas Tadeu em São Paulo. Trabalhou em empresa de construção civil e também de consultoria na área de transportes. Em 2001 ingressou no curso de Engenharia Industrial Madeireira pela Universidade Federal do Paraná e conclui em 2005. No ano de 2006 ingressou no Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná como aluna de mestrado e bolsista pelo LACTEC -. Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento.

.

RESUMO

Este trabalho visa analisar as causas da deterioração prematura de postes ora utilizados para distribuição de energia elétrica na Ilha do Mel – Paraná - Brasil, como forma de gerar conhecimento da combinação deste material / nicho ecológico e de estender sua durabilidade. Os postes são de madeira e tratados com o preservante CCA (Arseniato de Cobre Cromatado). Os principais agentes deterioradores detectados foram fungos, cupins, formigas e pica-paus. Os resultados das análises anatômicas especificam os postes como de *Eucalyptus grandis*. Excluindo o fato de a deterioração prematura decorrer da existência de postes instalados não tratados ou tratados com outro tipo de produto preservativo, os resultados de retenção do CCA das amostras dos postes analisados apresentaram-se, em relação à retenção mínima normatizada, com valores inferiores em metade das amostras. As análises estatísticas mostraram que o ataque de fungo foi influenciado pelos baixos níveis de retenção e os ataques de cupins foram influenciados pela presença de fendilhamento nos postes e relacionados ao tipo de cobertura vegetal onde os postes estavam instalados. As análises dos dados levantados revelaram que os ataques aos postes feitos por pica-paus são influenciados pela diferença existente entre os tipos de cobertura vegetal bem como com o nível de retenção do CCA. Considerando-se o ataque por formigas carpinteiras, a análise revelou que ele independeu do nível de retenção do produto preservante na madeira.

Palavras - chave: Postes. Produtos preservantes. Deterioração da madeira

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the causes of poles deterioration used for the distribution of electric energy in “Ilha do Mel – Paraná State” – Brazil, as a way to obtain an understanding of the combination of this material / ecological niche and to extend its durability. The poles that are part of this study are made of wood and treated with the CCA (Chromate Copper Arsenate) preservative. The detected agents that provoke deterioration were identified as fungi, termites, ants and woodpeckers. The results of the anatomical analysis specify the poles as made of “*Eucalyptus grandis*”. Excluding the fact that premature deterioration emerges from untreated poles or treated with any other preservative, the results of chemical retention of CCA showed that half of the samples had lower CCA content than the standardized values. Statistical analyses showed that the attack of fungi was influenced by low levels of retention, and the attacks of termites were influenced by the presence of openings in the poles and the type of vegetation cover where the poles are installed. The analysis of the obtained results have revealed that woodpecker attacks against the poles are influenced by the difference between the types of vegetation cover and also related with the level of retention of CCA. Regarding the attack by ants, the analysis revealed that it does not depend on the amount of preservative retained in the wood.

Key words: Wooden light poles. Preservative products. Wood deterioration.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	MAPA DA ILHA DO MEL.....	54
FIGURA 2 -	VEGETAÇÃO AO REDOR DOS POSTES.....	56
FIGURA 3 -	TESTE PARA VERIFICAÇÃO DA PROFUNDIDADE DO FENDILHAMENTO.....	57
FIGURA 4 -	LIMPEZA DO POSTE.....	58
FIGURA 5 -	INSPEÇÃO POR PERCUSSÃO.....	58
FIGURA 6 -	VEDAÇÃO COM TAMPAS DE PLÁSTICO.....	59
FIGURA 7 -	BROCA PARA RETIRADA DE CORPOS DE PROVA DA MADEIRA SECA.....	62
FIGURA 8 -	ETAPAS PARA RETIRADA DO CORPO DE PROVA.....	62
FIGURA 9 -	AMOSTRAS PARA ANÁLISE QUÍMICA.....	63
FIGURA 10 -	ETAPAS PARA VEDAR OS BURACOS APÓS A RETIRADA DE AMOSTRAS.....	63
FIGURA 11 -	POSTES PARA ANÁLISES ANATÔMICAS: a) N° 86, b) N °. 101 c) N°.119 e N°. 120.....	64
FIGURA 12 -	POSTES ATACADOS COM PODRIDÃO MOLE.....	65
FIGURA 13 -	POSTES ATACADOS POR CUPINS DE SOLO.....	66
FIGURA 14 -	POSTES ATACADOS POR PICA-PAUS.....	66
FIGURA 15 -	MICROGRAFIAS TOMADAS DURANTE A IDENTIFICAÇÃO DA ESPÉCIE DE MADEIRA POR SUAS CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS.....	72
FIGURA 16 -	RESULTADO DAS ANÁLISES QUÍMICAS (kg./m ³) E INDICAÇÕES SOBRE O TIPO DE COBERTURA VEGETAL E DE INTERVALOS NA REDE DE ENERGIA ELÉTRICA COM INDICAÇÕES DA PREDOMINÂNCIA DE INCIDÊNCIAS DE AGENTES XILÓFAGOS.....	78
FIGURA 17 -	GRÁFICO DO TESTE T PARA 1 VARIÁVEL.....	80

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - SISTEMAS DE CLASSE DE RISCO.....	23
QUADRO 2 - DISTRIBUIÇÃO DAS FAMÍLIAS DE CUPINS NO BRASIL.....	38
QUADRO 3 - POSTES ESTUDADOS NA AMOSTRAGEM DE CAMPO.....	62
QUADRO 4 - RESUMO DAS HIPÓTESES TESTADAS E AS RESPECTIVAS HIPÓTESES DE NULIDADE A 95% DE CONFIABILIDADE.....	69

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	TIPOS DE FORMULAÇÃO DE CCA.....	51
TABELA 2 -	COMPONENTES DO CCB.....	52
TABELA 3 -	JUSTIFICATIVA DOS POSTES NÃO ESTUDADOS.....	61
TABELA 4 -	RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DOS POSTES.....	74
TABELA 5 -	RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICAS DOS POSTES ANALISADOS E SUAS RELAÇÕES ENTRE OS INGREDIENTES ATIVOS DO CCA.....	76
TABELA 6 -	RESULTADO DO TESTE T PARA 1 VARIÁVEL.....	81
TABELA 7 -	ANÁLISE DO ATAQUE DE CUPIM POR COBERTURA VEGETAL.....	82
TABELA 8 -	ANÁLISE DO ATAQUE DE CUPIM POR FENDILHAMENTO.....	82
TABELA 9 -	ANÁLISE DO ATAQUE POR CUPINS POR RETENÇÃO TOTAL, ACIMA E ABAIXO DO VALOR NORMALIZADO.....	83
TABELA 10 -	ANÁLISE DO ATAQUE DE CUPIM POR RETENÇÃO DE ARSÊNIO, ACIMA E ABAIXO DO VALOR NORMALIZADO.....	84
TABELA 11 -	ANÁLISE DO ATAQUE POR FUNGOS POR RETENÇÃO TOTAL, ACIMA E ABAIXO DO VALOR NORMALIZADO.....	85
TABELA 12 -	ANÁLISE DO ATAQUE DE FUNGO POR RETENÇÃO DE COBRE, ACIMA E ABAIXO DO VALOR NORMALIZADO.....	85
TABELA 13 -	ANÁLISE DO ATAQUE DE FUNGO PARA COBERTURA VEGETAL.....	86
TABELA 14 -	ANÁLISE DO ATAQUE DE FUNGO POR FENDILHAMENTO.....	86
TABELA 15 -	ANÁLISE DO ATAQUE DE FORMIGA POR RETENÇÃO DE ARSÊNIO ACIMA E ABAIXO DO VALOR NORMALIZADO.....	87

TABELA 16 -	ANÁLISE DO ATAQUE DE FORMIGA POR RETENÇÃO TOTAL ACIMA E ABAIXO DO VALOR NORMALIZADO.....	87
TABELA 17 -	ATAQUE DE FORMIGA POR FENDILHAMENTO.....	87
TABELA 18 -	ANÁLISE DO ATAQUE DE FORMIGA POR COBERTURA VEGETAL.....	88
TABELA 19 -	ANÁLISE DO ATAQUE DE PICA-PAU POR COBERTURA VEGETAL.....	89
TABELA 20 -	ANÁLISE DO ATAQUE POR PICA-PAU POR RETENÇÃO TOTAL, ACIMA E ABAIXO DO VALOR NORMALIZADO.....	89
TABELA 21 -	ANÁLISE DO ATAQUE DE PICA-PAU VERSUS FENDILHAMENTO.....	90

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACA	- Arsenato de Cobre Amoniacal
As	- Arsênio
AWPA	- " <i>American Wood Preserveres Association</i> "
CCA	- Arseniato de Cobre Cromatado
CCB	- Borato de Cobre Cromatado
COPEL	- Companhia Paranaense de Energia
Cr	- Cromo
Cu	- Cobre
DAP	- Diâmetro a Altura do Peito
EMBRAPA..	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ELEKTRO...	- Elektro Eletricidade e Serviços S/A
GPS	- Sistema de Posicionamento Global (Global Positioning System)
IBAMA	- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IAP	- Instituto Ambiental do Paraná
ICOTEMA	- Indústria e Comércio de Tratamento de Madeiras Ltda
IPT	- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
LANAQM	- Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira
LACTEC	- Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento
NBR	- Norma Brasileira Registrada
O	- Oxigênio
pH	- Potencial de Hidrogênio
PSF	- Ponto de Saturação das Fibras
RGE	- Companhia Riograndense de Energia
SEMA	- Secretaria Estadual do Meio Ambiente
TBTO	- Óxido de Bis (Tributil – Estanho)
UFPR	- Universidade Federal do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Principal.....	16
1.2.2 Específicos	16
1.3 JUSTIFICATIVA	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 CARACTERÍSTICAS DE IMPORTÂNCIA DA ILHA DO MEL	18
2.1.1 Características Climáticas	18
2.1.2 Cobertura Vegetal.....	19
2.1.3 Aves.....	20
2.1.4 Principais Classes de Solo que Ocorrem na Ilha do Mel	21
2.2 MADEIRA	22
2.2.1 Classificações de Riscos	22
2.2.2 Durabilidade Natural da Madeira	24
2.2.3 Madeira de Eucaliptos	24
2.2.4 Defeitos Típicos da Madeira	26
2.3 AGENTES BIODETERIORADORES DA MADEIRA	31
2.3.1 Fungos.....	32
2.3.2. Bactérias.....	36
2.3.3 Insetos	37
2.3.4 Pica-Paus	41
2.4 PROCESSOS DE PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS	45
2.5 PRESERVANTES DE MADEIRA	47
2.5.1 Classificação dos Preservantes.....	48
2.6 RETENÇÃO DE PRESERVANTES PARA PROTEÇÃO DA MADEIRA	53
3 MATERIAIS E MÉTODOS	54
3.1 LOCALIZAÇÃO	54
3.1.2 Cadastro dos Postes	55
3.1.3 Capinagem	55
3.1.4 Inspeção Interna e Externa dos Postes	56
3.1.5 Amostragem de campo.....	59
3.1.6 Coletas de Corpos - de - Prova para Análises Químicas.....	61
3.1.7 Coletas de Corpos - de - Prova para Análises Anatômicas	64
3.1.8 Análises dos Agentes Deterioradores.....	65
3.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	67
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
4.1 POSTES DE MADEIRA	70
4.2 ANÁLISES ANATÔMICAS	70
4.3 ANÁLISES QUÍMICAS	73
4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	80
4.4.1. Teste t de Student	80
4.4.2 Teste de Fisher.....	81
5 CONCLUSÃO	92
RECOMENDAÇÕES	94

REFERÊNCIAS	96
ANEXOS	105
ANEXO 1 – QUADRO DE LOCALIZAÇÃO DOS POSTES	105
ANEXO 2- RESULTADO DE ANÁLISE QUÍMICA QUANTITATIVO.....	107

1 INTRODUÇÃO

A experiência mundial indica que não somente os países de grande vocação e de disponibilidade florestal utilizam intensivamente os postes de madeira, mas também os países pobres em florestas naturais, como a Inglaterra, que mesmo ricos em cimento, carvão e minérios preferem importar postes de madeira preservada. Esta preferência é justificada pela sensível economia na construção de suas redes rurais de energia e telefonia.

Geraldo (2001) aponta que nos Estados Unidos há um consumo de mais de 6 milhões de postes de madeira preservada por ano, sendo que mais de 1 milhão de postes são importados. No Brasil, várias concessionárias de energia elétrica utilizam quantidades significativas de postes de madeira, principalmente nas áreas rurais. A companhia ELEKTRO Eletricidade e Serviços S/A no Estado de São Paulo e a Companhia Rio Grande Energia (RGE) possuem aproximadamente 600.000 e 500.000 postes de madeiras instalados, respectivamente (SALES *et al.* 2002).

A preservação da madeira permite melhor aproveitamento dos recursos florestais, sustentabilidade, disponibilidade, menor frequência de substituição devido o aumento da vida útil, confiabilidade na distribuição de energia, menor custo e principalmente compatível com as exigências dos órgãos ambientais. Os postes de madeira apresentam limitações, principalmente quanto à durabilidade e manutenção.

Deste modo, a especificação da resistência à deterioração da madeira é fundamental, porém 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 no campo.

Estes processos, atualmente estão ocorrendo nos postes em serviço na Ilha do Mel, no Estado do Paraná. De acordo com informações da Companhia Paranaense de Energia – (COPEL) estes postes estão sendo trocados em intervalos menores do que os recomendados, causando prejuízo financeiro para a concessionária e para a população abastecida por esta energia.

Esse trabalho de pesquisa propõe uma ferramenta para aplicação na gestão de controle de matéria-prima (postes de madeira) utilizada em rede de distribuição de energia elétrica.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Principal

Analisar e diagnosticar as causas da redução da vida útil dos postes utilizados para distribuição de energia elétrica como uma forma de facilitar o conhecimento deste material e de estender sua durabilidade

1.2.2 Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- ✓ Rastrear os postes instalados para relacioná-los às suas situações geográficas, tipo de solo e vegetação a fim de verificar se há relação entre a deterioração observada e as respectivas situações;
- ✓ Caracterizar anatomicamente a madeira;
- ✓ Determinar o teor de retenção dos preservantes na madeira;
- ✓ Avaliar a qualidade do tratamento do produto recebido e instalado pela empresa fornecedora de energia elétrica;
- ✓ Relacionar o estado físico dos postes com dados levantados sobre a qualidade de tratamento preservativo e dos postes instalados.

1.3 JUSTIFICATIVA

A Ilha do Mel pertence ao Município de Paranaguá, centro do litoral paranaense e sua jurisdição está a cargo do Instituto Ambiental do Paraná (IAP), vinculado à Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Paraná que acompanha a aplicação de normas previstas no zoneamento.

Atualmente o acesso a Ilha é feito por meio de barco a partir do terminal de embarque localizado no Balneário Pontal do Sul ou do porto da Cidade de Paranaguá. A Ilha do Mel é um dos centros turísticos mais importantes do Estado, entretanto a infra-estrutura é precária acarretando uma série de impactos ambientais, tais como, o acúmulo de lixo, depredação da natureza e contaminação da água (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANA, 1996).

A Ilha possui 93,4% de sua área total protegida por lei e conta com duas unidades de conservação a Estação Ecológica e o Parque Estadual. Em 1982 foi

criada através do decreto 5.454, a Estação Ecológica com 2.240 hectares (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANA, 1996).

O Parque Estadual foi criado no ano de 2002, através do decreto nº. 5.506 com área definida de 345 ha e, segundo esse decreto, o parque tem como objetivo a preservação e conservação dos ambientes naturais de praias, dos costões rochosos, das áreas de influência marinha, das marismas de importantes remanescentes da Floresta Ombrófila Densa Submontana e de Terras Baixas. Além dessas Unidades de Conservação existem áreas consideradas de preservação permanente pela legislação, tais como: dunas, restingas, lagunas e brejos litorâneos (BRITZ; ATHAYDE, 2005). O parque, além da preservação permite a visitação pública, a educação ambiental, o lazer ordenado e a pesquisa científica. Enquanto que a Estação Ecológica, mais restritiva, prioriza a preservação e a pesquisa científica. A visitação pública para educação ambiental só é permitida mediante autorização expressa do Instituto Ambiental do Paraná - IAP.

Em 1988 foi instalada uma usina de geração de energia elétrica a diesel sob a responsabilidade da Companhia Paranaense de Energia – (Copel), para fornecimento de energia elétrica. Esta usina localizada na parte norte da ilha fornecia energia elétrica em horários reduzidos e, a partir de 1998, por meio de cabos submarinos a energia elétrica foi enviada do continente, vinte e quatro horas por dia, seguindo também para a Ilha das Peças e para a Ilha de Superagüi.

Embora se trate de um bem natural importante da sociedade paranaense, a energia elétrica disponível, os postes de madeira instalados na Ilha do Mel estão sofrendo deterioração de forma acelerada, justificando-se trabalhos para identificar suas razões e, com isto, definir ações preventivas para este tipo de ocorrência.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS DE IMPORTÂNCIA DA ILHA DO MEL

De acordo com o Instituto Ambiental do Paraná (1996) há quatro povoados principais na Ilha: Encantadas (a maior da Ilha), Nova Brasília, Farol e Forte. A Ilha é quase toda circundada por praias, tais como: praia do Forte, praia do Farol, praia Grande e praia do Belo.

A ilha tem o formato de um grande oito mal traçado dividindo-se em duas partes, mais longo ao norte que ao sul, ligadas por um istmo bastante reduzido, que na sua parte mais estreita tem hoje cerca de 4 m de largura, a partir da linha de maré alta normal onde se torna difícil a passagem (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 1996).

Constatou-se que o fenômeno erosivo ocorre preferencialmente durante as conjunções de maré de lua (nova e cheia) e marés meteorológicas originadas pela passagem de frentes frias, conhecidas popularmente como ressacas. A água já cobriu o istmo por diversas vezes, durante algumas ressacas (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 1996).

A Ilha do Mel, em sua geomorfologia, é constituída por uma parte sudeste com vários morros interligados por planícies arenosas e dunas, e uma parte noroeste formada por apenas planície com cordões litorâneos e um único morro (ÂNGULO, 1992).

Os morros da região concentram-se na maior parte no sul da ilha como o Morro Bento Alves (Morro do Miguel) com 148 m, o Morro do Meio (ou Morro do Belo) com 101 m, o Morro de Encantadas com 70,0 m, o Morro do Joaquim com 62 m e o Morro do Farol das Conchas com 50,31 m. Na área norte está localizado Morro da Fortaleza ou (Baleia) com 82 m (BRITEZ; MARQUES, 2005).

2.1.1 Características Climáticas

O clima no Brasil é caracterizado por duas áreas climáticas: a zona temperada na região sul e a zona tropical em outras regiões. O clima do litoral do Paraná está na faixa de transição entre essas duas zonas (BRITEZ; MARQUES, 2005, p.14).

Maack (1981) considerou o clima do litoral como de transição entre a região tropical e subtropical, e afirma que a região é influenciada pela corrente marítima quente do Brasil e constantes avanços e recuos de massas polares e tropicais, resultando em modificações severas no clima nas diferentes estações do ano.

A partir de dados fornecidos pelo 7º Distrito Meteorológico do Instituto Nacional de Meteorologia, localizado no município de Paranaguá, para o período de 41 anos (1948-1988) a temperatura média anual foi de 21,09 °C e a precipitação média anual deste período foi de 1.959,02 mm.

A umidade relativa do ar é alta, com média acima de 80% durante o ano todo (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 1996; MARQUES; BRITZ, 2005).

2.1.2 Cobertura Vegetal

Na Ilha do Mel são reconhecidas as seguintes unidades vegetacionais, de acordo com o sistema de classificação da vegetação proposto por Veloso *et al.* (1991) e citado pelo Instituto Ambiental do Paraná (1996), e que faz parte da área de interesse desta pesquisa.

2.1.2.1 Sistema Edáfico de Primeira Ocupação (formações pioneiras)

a) Formações pioneiras de influência marinha (restinga)

São comunidades de vegetais que recebem a influência direta do oceano e está bem representada na área da Estação Ecológica. De acordo com Figueiredo (1954 p.35), “a restinga trata-se de uma associação tipicamente de transição e é, em si, a última fase do desenvolvimento da vegetação.”.

Os ecossistemas de restinga apresentam características que evidenciam grande capacidade adaptativa às condições extremas do ambiente, tais como mobilidade do substrato, alta salinidade, abrasão provocada pelo transporte eólico dos sedimentos, deficiência de matéria orgânica e argilas, solos arenosos, altas temperaturas e incidência solar, entre outros (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 1996. p.39).

A predominância nas praias e dunas recentes é de espécies que formam uma cobertura descontínua, raramente ultrapassando 50 cm de altura. Nos locais mais afastados da atual linha de praia, com vegetação mais desenvolvida e já estabilizada, destacam-se espécies arbustivas baixas, com maior cobertura e alturas que variam de 50 cm a 2 m. Nestas comunidades são incluídas as praias, dunas, vegetação arbustiva pós-praia, floresta brejosas, floresta secas, paludosas (floresta

que ocupa solo permanentemente encharcado) e vegetação ripícola (que vive na rocha) dos costões (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 1996).

b) Formações Pioneiras com Influência Fluvial (brejos e caxetais).

Estas formações são comunidades de vegetais que vivem em locais onde ocorrem “cheias” de rios, em épocas chuvosas ou que vivem em depressões alagáveis com periodicidade e duração variáveis (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 1996).

2.1.2.2 Floresta Ombrófila Densa Atlântica

a) Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas

Segundo Instituto Ambiental do Paraná (1996) é uma floresta atlântica da planície quaternária que corresponde aos locais de formação mais antiga e ocorre de forma mais expressiva na planície da parte norte da ilha.

b) Floresta Ombrófila Densa Submontana

É uma floresta presente apenas na parte sul da Ilha como no Morro do Miguel, do Meio e Bento Alves. Esta apresenta alta diversidade biológica incluindo espécies raras e ameaçadas de extinção.

Nesses morros em alguns trechos são encontrados áreas com vegetação secundária em diferentes estágios de desenvolvimento, onde em certas ocasiões torna-se difícil a distinção entre florestas primárias e secundárias mais desenvolvidas (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 1996).

2.1.3 Aves

Nos estudos efetuados por Moraes (2005) foram levantadas 119 espécies de aves na Ilha do Mel. As aves que compuseram as comunidades em questão ocuparam 28 quildas, sendo mais freqüentes as consumidoras de frutos, sementes e insetos que representam 23,5% das espécies existentes. Um total de 58 espécies compõe a comunidade avifaunística associada à Floresta Ombrófila Densa.

Na parte sul, na área de floresta pluvial, há presença marcante do Pica-pauzinho-verde-carijó (*Veniliormis spilogaster*), ordem Piciformes, família Picidae, e o Pica-pau de Banda Branca (*Dryocopus lineatus*) na área de restinga natural, floresta pluvial e manguezais (MORAES, 2005).

O Pica-pau-Rei (*Campephilus robustus*) ameaçado de extinção, de acordo com a listagem da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção, Bernardes (1990), citado pelo Instituto Ambiental do Paraná (1996) está presente na região da Floresta Ombrófila Densa, sendo considerado o maior pica-pau do Brasil.

2.1.4 Principais Classes de Solo que Ocorrem na Ilha do Mel

De acordo com Vieira (1975), os agentes formadores do solo são produtos da ação conjugada do clima e da biosfera sobre a rocha matriz, conforme o relevo em um determinado tempo. Com base nesses fatores, a distribuição de diferentes tipos de solo no território paranaense pode ser definida em zona do litoral, serra do mar e planaltos interiores (BRITZ, 2005).

Na zona do litoral paranaense Maack (1968) encontrou duas principais unidades fisiográficas: as serras e as planícies litorâneas com características distintas e solos bastante diferenciados.

2.1.4.1 Área de Morro

“De modo geral os morros apresentam relevo variando desde suave ondulado (nos topos) aos montanhosos e escarpado (íngreme) (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 1996, p.31).”

Nas porções mais dissecadas de quase todos os morros da Ilha, observam-se afloramentos rochosos onde o material orgânico é pouco espesso devido a dificuldade de fixação nas regiões de alta declividade (BRITZ, 2005; INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 1996). Em outras porções, onde houve condições para desenvolvimento de solo, podem apresentar variações quanto à fertilidade, estrutura e textura, em geral argilosa ao longo do perfil, apresentando também variações no grau de permeabilidade interna e de hidromorfismo (BRITZ, 2005).

2.1.4.2 Áreas de Planície

Britez (2005) afirma que cerca de 80% da área da planície, caracterizam-se como solos constituídos com alto teor de areia grossa, uniforme, com pouco húmus e insignificante porcentagem de argila. A textura arenosa confere ao solo boa aeração e drenagem, promovendo uma baixa capacidade de retenção de nutrientes e de água.

De acordo Britez (2005) áreas onde o relevo é mais elevado a vegetação é mais baixa e o lençol freático é mais profundo.

2.2 MADEIRA

2.2.1 Classificações de Riscos

A madeira apresenta inúmeras vantagens e opções de utilização, ocupando um lugar de destaque na economia brasileira. Porém, por ser um material de origem orgânica, está exposta a uma série de ataques, sejam por microorganismos, fungos, insetos, xilófagos marinhos ou por causas não biológicas como desgaste mecânico, físico e químico, ou ainda por degradação fotoquímica, que atuando em conjunto acelera o processo de deterioração. O tipo de degradação presente na peça de madeira poderá ser definido em função da classe de exposição ou risco em que a peça está exposta.

A classificação em função de risco permite considerar as possíveis combinações de condições de exposição da madeira, considerando fatores tais como: temperatura, fontes de umidade, contato ou distanciamento com o solo, presença de coberturas, incidência solar, presença de vegetação e tipos de solo.

Campos (2002) desenvolveu um sistema de classificação de classes de risco para madeiras brasileiras, elaborado a partir de estudos efetuados por Déon, (1989) conforme Quadro 1.

Classes de Risco	Descrição das Classes de Risco
<p>Classe de risco 1</p> <p>Estrutura de madeira isolada do solo, sob abrigo e protegida de qualquer risco de reumidificação.</p>	<p>Madeiras nessas condições de exposições são as mais favoráveis para aplicação na construção civil. Contudo, deve-se verificar a possibilidade de ataque das peças por agentes deterioradores de madeira seca e adotar medidas preventivas equivalentes às situações detectadas. Esta categoria de exposição ocorre em escadas, portas, rodapés, mobiliários, etc.</p>
<p>Classe de risco 2</p> <p>Estrutura de madeira isolada do solo, sob abrigo em contato permanente com fonte de umidade.</p>	<p>É nesta categoria de uso que ocorrem os incidentes de conservação mais freqüente, devido a um otimismo exagerado implicando em ausência de precaução. Mesmo que a madeira esteja sob abrigo e isolado da umidade do solo, deve-se verificar se esta apresenta contato permanente com fonte de umidade. Tem-se que estudar a possibilidade de reumidificação da madeira por águas de condensação ou simplesmente por minúsculos vazamentos de água. Esta categoria engloba casos em que a madeira apresenta contato com alvenaria úmida ou em armários sob a pia em banheiros, entre outros.</p>
<p>Classe de risco 3</p> <p>Estruturas de madeira sem contato direto com o solo, mas exposto a intempéries.</p>	<p>Nesta classe a única fonte de umidificação é constituída pelas chuvas e águas de condensação. Para a madeira isolada do solo, mas exposta às intempéries a ação da água é intermitente, se, por qualquer razão, a água estagne nas fendas ou ligações abertas dos elementos de madeira, pode desenvolver ataque por agentes deterioradores tanto nas partes úmidas como nas partes sãs. Nessas condições de exposição, as peças de madeira encontram-se comumente empregadas em estruturas externas, treliças expostas, treliças de pontes, entre outros.</p>
<p>Classe de risco 4</p> <p>Estrutura de madeira em contato direto com o solo e/ou intempéries.</p>	<p>Verificando-se as condições de exposição das madeiras em uso que pertencem a esta classe, observa-se que o contato direto com o solo expõe este material às variações de umidade e aos resíduos orgânicos presentes na superfície de apoio. Por sua vez o intemperismo permite que a estrutura sofra mudanças constantes de temperatura, esteja em contato direto com os raios ultravioletas, e se exponha às variações de umidade. Em alguns casos, necessita-se empregar a madeira nestas condições, sendo as principais: os dormentes de ferrovias, postes de telecomunicações e de transmissão de energia elétrica, mourões.</p>
<p>Classe de risco 5</p> <p>Estrutura de madeira imersa em água doce.</p>	<p>Madeira nesta condição de exposição é submetida às condições de anaerobiose. Na condição de umidade saturada, as paredes celulares atingem o máximo de inchamento criando aberturas dentro da matriz polimérica. Quando a madeira encontra-se imersa em parte, a zona emersa se apresenta exposta à degradação aos agentes aeróbicos. A condição se assemelha à classe de exposição em que a peça encontra-se em contato permanente com fonte de umidade. Os casos críticos desta categoria estão nas estruturas presentes em obras fluviais, tais como elementos constituintes de passarelas ou pontes, estacas que em parte estão abaixo do nível do lençol freático, entre outros</p>
<p>Classe de risco 6</p> <p>Estrutura de madeira imersa em água salgada ou salobra</p>	<p>Nesta categoria de exposição às madeiras são susceptíveis aos ataques de agentes deterioradores marinhos. A evolução da gravidade do ataque está relacionada à salinidade, à temperatura da água e infestação eventual. Pode-se dizer que a aplicação da madeira em águas salobras encontra-se subordinada à utilização e ao estudo de técnicas aprimoradas de preservação. A incidência dessa categoria pode ser observada em regiões litorâneas principalmente em portos, pontes e passarelas.</p>

QUADRO 1 - SISTEMA DE CLASSE DE RISCO

FONTE: CAMPOS (2002)

2.2.2 Durabilidade Natural da Madeira

A distribuição de energia elétrica depende de estruturas de suporte, tais como postes, contra-postes e cruzetas, os quais podem utilizar madeira como material básico para a sua produção. Recomenda-se que tais estruturas possuam durabilidade suficiente, de modo que a qualidade e características originais sejam mantidas em serviço por longo tempo (SALES *et al.*, 2002). Sales *et al.* (2004) definem a durabilidade como a capacidade de se manter em serviço, por longo tempo, mantendo as características e qualidades originais envolvendo um número de propriedades distintas da madeira, como a resistência ao ataque biológico, químico e físico. A resistência biológica inclui a resistência a fungos (apodrecimento), aos insetos (cupins) e perfuradores marinhos sendo considerados os mais agressivos da madeira. A resistência química diz respeito a ácidos e álcalis, entre outros. A resistência física diz respeito à abrasão. Há também a resistência a efeitos das radiações solares.

De acordo com Deón (1989), não se pode dizer o grau de durabilidade da madeira sem conhecer suas condições de uso e os riscos de deterioração presentes. O tipo de ataque que a peça poderá sofrer no decorrer de sua vida útil é influenciado pela durabilidade natural da madeira, pelas condições de temperatura, aeração e umidade. Outro fator que pode interferir na decomposição da madeira de acordo com Oliveira *et al.* (1986) são o teor e a natureza de extrativos existentes na madeira.

Barillari (2002) ao avaliar vida útil da madeira de *Pinus*, quando exposta em contato direto com o solo, observou durabilidade inferior a um ano. Porém, com tratamento adequado, e nas mesmas condições de serviço pode permanecer por 20 anos ou mais sem indícios de ataques por fungos ou insetos.

2.2.3 Madeira de Eucaliptos

No Brasil, as madeiras roliças de *Eucalyptus* spp. tratadas são utilizadas basicamente para postes de eletrificação, postes de telefonia rural, mourões, construção de galpões e porteiras. Têm seu habitat natural principalmente na Austrália, mas foi transplantado para todo o mundo com sucesso. O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae e conta com cerca de 600 espécies e grande número de variedades e híbridos.

O Brasil coloca o *Eucalyptus* spp. entre as espécies preferidas para o reflorestamento do país porque este apresenta características excepcionais e também, pela perfeita aclimação de suas várias espécies às mais diversas condições climáticas e de solos. São árvores de grande porte e de rápido crescimento, mesmo as espécies produtoras de madeiras mais densas como até a algum tempo conhecida como *Eucalyptus citriodora*.

Moura (1999) afirma que o gênero *Eucalyptus* que contava com mais de 500 espécies, têm nova classificação para o gênero, de acordo com proposta dos botânicos australianos, Ken Hill e Lawrie Johnson. Este novo gênero denominado *Corymbia* foi reduzido em exatas 113 espécies, e o Centro Australiano de Sementes Arbóreas já trata esta espécie como *Corymbia citriodora*, isto significa que espécie conhecida entre nós como *Eucalyptus citriodora* agora têm um novo nome denominado *Corymbia citriodora*. Esta espécie apresenta reconhecida resistência natural a agentes deterioradores.

De acordo com Vieira (2004) há divergências entre autores quanto a esta nova classificação, no entanto, é atualmente a mais utilizada. Para redes de distribuição de energia elétrica a norma da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 8456 especifica madeiras roliças de eucalipto as espécies: *Corymbia citriodora* (ex *Eucalyptus citriodora*), *Eucalyptus. alba*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus rostrata*, *Eucalyptus paniculata*, *Eucalyptus botryoides*, *Eucalyptus. saligna* e *Eucalyptus grandis*.

Para madeiras provenientes do gênero eucaliptos a resistência natural se constituiu numa importante propriedade, uma vez que na grande maioria apresentam dificuldade de penetração de substância preservante no cerne da madeira.

Oliveira, Tomazello e Silva (2005) determinaram à resistência natural da madeira de sete espécies de eucalipto, todos com 16 anos de idade, ao fungo causador da podridão parda *Gloeophyllum trabeum*. O resultado apresentado mostrou que a madeira das espécies *Eucalyptus tereticornis*, *E. pillularis* e *E. grandis* foram as mais resistentes ao ataque do fungo *G. trabeum*, enquanto as madeiras das espécies *Corymbia citriodora* e *E. cloeziana* foram as menos resistente.

A durabilidade natural da madeira é conferida pelos seus componentes secundários, denominados extrativos, que na maioria da vez se apresentam em pequenas proporções variando de espécies para espécies. Oliveira *et al.* (2005)

avaliaram a influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de quatro espécies nativas (candeia, cedro, cerejeira e jacarandá – caviúva) e duas espécies exóticas (*Corymbia citriodora* e *E. gumifera*) pelo fungo de podridão parda, *Gloeophyllum trabeum*. Os resultados revelaram que todas as espécies apresentavam elevada resistência natural em função da baixa perda de massa, entretanto quando os extrativos foram extraídos, estes apresentaram elevados valores de perda de massa.

Moreschi¹ ressalta que a resistência natural das madeiras que contém substâncias tóxicas a organismos xilófagos é variável em função dos organismos e interações que possam ocorrer nas condições ambientais em que elas são utilizadas, mas principalmente, entre os tipos de substâncias que são impregnadas naturalmente.

2.2.4 Defeitos Típicos da Madeira

A madeira quando atinge teores de umidades abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF) é afetada pela contração e começa a contrair de maneira irregular de acordo com os três sentidos anatômicos, que são: radial, tangencial e longitudinal. Para Ponce e Watai (1985) os principais tipos de defeitos causados pelas contrações são: fendilhamento, fendas superficiais e fendas internas.

O fendilhamento diz respeito a aberturas estreitas e longas que aparecem, tanto no topo como nas faces da madeira, e se desenvolvem após o empilhamento quando as condições de secagem são muito rápidas na superfície e as camadas superficiais atingem umidades inferiores ao PSF (PONCE; WATAI, 1985). Esse fato ocasiona o início do processo de contração das camadas externas enquanto as camadas internas que ainda estão saturadas desenvolvem uma tensão de tração transversal na superfície que ultrapassa a resistência da madeira, provocando a separação das fibras. As fendas podem ser causadas pelas diferenças de contrações radiais e tangenciais, resultando em tensões de magnitude suficiente para causar a ruptura da madeira ao longo dos planos mais fracos (PONCE; WATAI, 1985).

¹ Moreschi, J.C. (Universidade Federal do Paraná – UFPR) Informação Pessoal, 2008.

As fendas internas também denominadas de “favo de mel” podem resultar de fendas superficiais que se fecharam na superfície ou também podem ser resultado de rupturas por tração no interior da peça (PONCE; WATAI, 1985).

Segundo Jara *et al.* (1997) citado por Rocha (2000) há várias técnicas que visam prevenir rachaduras nas toras de *Eucalyptus* spp, entre elas pode-se citar o anelamento da árvore antes da derrubada e seccionamento do tronco, armazenamento sob aspersão e imersão total das toras, furação central da tora, cortes longitudinais, armazenamento na sombra e uso de conectores nas extremidades das toras, cinta de aço, entre outros.

2.2.5 Fatores que Influenciam a Penetração e a Absorção de Preservantes

O principal fator que determina se uma peça de madeira não durável pode ser usada onde haja risco elevado de ataques por fungos, insetos ou xilófagos marinhos é saber se ela pode ser tratada com preservativos. Infelizmente é impossível preservar bem todas as madeiras, pois alguns preservantes são impedidos de penetrar mesmo sob alta pressão, enquanto outros permitem profunda penetração (WILKINSON, 1979). O autor cita ainda que além da diferença na permeabilidade entre madeiras pode também haver variações dentro de uma mesma espécie.

Para Hunt e Garratt (1962) há vários fatores que podem influenciar a impregnação na madeira por preservativos e podem ser classificados em três grupos. O primeiro grupo se refere à anatomia da madeira, segundo grupo ao estado da madeira e o terceiro ao procedimento de aplicação.

Paes (1991) destaca ainda os seguintes fatores relacionados ao tratamento de madeira: a concentração da solução, o procedimento de aplicação, tempo de tratamento empregado e também características inerentes à própria madeira. De acordo com o autor a maioria desses fatores é de fácil controle e podem ser alterados para obter resultados desejados; outros fatores, especialmente os que relacionam à anatomia da madeira, são invariáveis e podem dificultar a obtenção de um tratamento uniforme e eficaz.

2.2.5.1 Influência dos elementos vasculares

Para tratamentos com soluções preservantes na madeira é necessário ter conhecimento da constituição anatômica da madeira, com a finalidade de saber os

caminhos e direções através dos quais os preservativos penetra na madeira (CHIMELO, 1986).

Os vasos são considerados como um dos fatores anatômicos mais importantes para a penetração inicial do preservante na madeira de folhosas (HUNT e GARRATT, 1962). Estes servem de passagem naturais para a condução de preservantes em direção as fibras da madeira, porém sua eficácia depende destes estarem livres de materiais estranhos e que não estejam obstruídos por tilos (BURGER; RICHTER, 1991; HUNT; GARRATT, 1962).

2.2.5.2 Influência do Tecido Radial

Nas madeiras de folhosas a penetração do preservativo ocorre principalmente e inicialmente no sentido longitudinal (WILKINSON, 1979). A eficácia dos raios como elementos condutores em folhosas são bastante variáveis, mas é significativo em algumas espécies (NICHOLAS; SIAU, 1973).

Hunt e Garrat (1962) afirmam que não há provas que os raios facilitam a penetração de preservantes nas folhosas devido à natureza da pontuação simples, o tamanho das células serem relativamente pequenas e também pelo fato de que as pontuações geralmente podem estar obstruídas por alguma substância tais como nutrientes e diversos extrativos.

2.2.5.3 Influência do Cerne /Alburno

Por ser constituído de células vivas e funcionais, o alburno é a região permeável que representa maior importância do ponto de vista da tratabilidade da madeira, pois essa região é muito procurada por agentes deterioradores da madeira devido à riqueza de materiais nutritivos armazenados (CHIMELO, 1986).

De acordo com Costa *et al.* (2006) a formação dos tilos é um processo irreversível que, esporadicamente pode acontecer nas fibras. Eles ocorrem nos elementos de vasos com diâmetro superior que 3 μm e, em elementos de vasos com diâmetros e pontuações inferiores a tais dimensões, formam-se depósitos de gomas.

A diminuição da resistência da região externa do cerne em direção à medula está relacionada à gradual conversão dos extrativos tóxicos em compostos de menor toxidez, à medida que árvore envelhece (OLIVEIRA *et al.*, 1986). Isto explica a presença de ocos na região interna de algumas árvores.

Cookson (2000) citado por Oliveira, Tomasello e Silva (2005) confirma a dificuldade de penetração de substâncias no cerne da madeira de eucalyptus e cita a importância da escolha da espécie de eucalipto que possua durabilidade natural aos organismos xilófagos.

De acordo com Campos, Vianez e Mendonça (2003) que estudaram a variabilidade da retenção do preservante CCA tipo A na madeira de *Brasimum rubescens* Taub. Moraceae - (Pau-Rainha) não existe diferença significativa de retenção nas diferentes alturas de toras estudadas. Entretanto, observaram que existem diferenças significativas de retenção entre o cerne e o alburno.

Em análise microscópica, estes autores observaram que grandes quantidades de extrativos nos raios do cerne, em diversos raios do alburno e no parênquima axial dificultam a distribuição do preservante na madeira. Para eles o raio mostrou-se insuficiente quanto à condução do preservante de madeira.

2.2.5.4 Influência da Permeabilidade da Madeira

Nicholas e Siau (1973), Wilkinson (1979) definem a permeabilidade como a facilidade com que o líquido flui através de um meio poroso sob a influência de um gradiente de pressão. Esses autores afirmam que a permeabilidade é uma característica básica da madeira, que permite o fluxo dos líquidos durante o processo de impregnação sendo mais facilmente tratada no sentido longitudinal do que em qualquer um dos sentidos transversais.

O modo como flui o preservante através da madeira depende principalmente dos caminhos que foram estabelecidos para a condução da água, minerais e substâncias nutritivas, enquanto a árvore estava em desenvolvimento. Devido a isto, a permeabilidade ao longo da grã (direção dos vasos e fibras) deve ser maior do que perpendicularmente a ela (WILKINSON, 1979).

Para aplicações práticas, a relação entre as direções paralela e perpendicular à grã, para penetração do preservante, é de aproximadamente 100:1. Siau citado por Paes (1991) afirma que a explicação para esta diferença nas relações da permeabilidade está na presença de partículas em suspensão e ocorrência de reações químicas com a madeira, dentre outros fatores.

De acordo com Hunt e Garratt (1962) existem controvérsias quanto a proporção de penetração de preservantes longitudinal e transversal. Kleeck (1948) citado por Hunt e Garratt (1962) fixa esta proporção em 100:1 no cerne e afirma

ainda que possa ser ainda maior no alburno. Já, MacLean (1929) citado também por Hunt e Garratt (1962), fez um cálculo mais preciso para o cerne de 5 espécies, baseando-se em muitas medidas de penetração depois da impregnação a pressão por diversos procedimentos, estabeleceu para as condições gerais uma proporção média de 15:1 para os preservantes oleosos, e de 20:1 para os preservantes hidrossolúveis.

Nicholas e Siau (1973) afirmam que diversos estudos têm mostrado que há uma boa correlação entre a permeabilidade e tratabilidade da madeira, sendo a permeabilidade um fator importante para determinar se uma espécie de madeira pode ser adequadamente tratada com uma solução preservativa.

2.2.5.5 Teor de Umidade na Madeira

A umidade da madeira desempenha um papel muito importante, não só no que se refere à duração da vida útil das madeiras, mas também no que se refere à aplicabilidade dos diferentes produtos e métodos de tratamentos.

Por exemplo, na madeira empilhada incorretamente, as peças que estão próximas da base do solo apresentam sempre um teor de umidade superior ao resto da pilha. Esta diferença no teor de umidade em relação ao restante da pilha, em uma mesma classe de madeira, reflete em uma variação na impregnação. Kruedener (1963) afirma que numerosos fracassos de impregnação, com tratamentos cuidadosamente executados, se atribuem a este fenômeno.

De acordo com as Normas alemãs DIN 4074 citadas por Kruedener (1963) especifica-se que madeira com teor de umidade inferior a 20% é considerada como seca; a madeira com teor de umidade entre 20% e 30% como úmida ou semi - seca e a madeira com teor de umidade superior a 30% como madeira verde (molhada).

No entendimento de Lepage e Neto (1986) a tratabilidade da madeira é afetada quando o teor de umidade for superior ao ponto de saturação das fibras (PSF) visto que o aumento do teor de umidade diminui a fração de vazios na madeira, impedindo que se atinja a retenção do preservante desejado.

2.2.5.6 Composição Química da Madeira

O conhecimento da natureza química da madeira é de suma importância, pois se relaciona com as propriedades, que conseqüentemente influirão na sua adequabilidade para as diferentes formas de utilização, e somente através do

conhecimento da composição, das características físico-químicas de seus constituintes pode-se entender o seu comportamento como material e posterior otimização do seu uso (OLIVEIRA, 1997).

Os tecidos das madeiras são constituídos de vários componentes químicos que estão distribuídos desuniformemente, como resultado da estrutura anatômica (TRUGILHO; LIMA; MENDES, 1996). De acordo com Kollmann (1959) a composição elementar da madeira é idêntica nas diferentes espécies lenhosas, assim como também, dentro da mesma árvore, nas diversas partes como tronco e galhos. Por esta razão pode-se admitir que todas as madeiras contêm aproximadamente 50% de carbono, 6,1% de hidrogênio sendo o resto quase todo oxigênio e uma pequena parte composta de nitrogênio e elementos minerais (cinzas).

Os principais componentes moleculares e de fundamental interesse para a biodeterioração de madeiras são: celulose, hemiceluloses e lignina.

Os extrativos, segundo Barrichelo e Brito (1985) são componentes acidentais que não fazem parte da estrutura química da parede celular. De acordo com Pettersen (1984) citado por Trugilho, Lima e Mendes (1996) a presença de alguns desses componentes influenciam a resistência ao ataque de fungos e insetos, a coloração, o odor, a permeabilidade, a densidade e a dureza da madeira.

Moreschi² afirma também, que em função dos extrativos existentes no interior dos lumens da madeira seca, estes podem afetar excessivamente a sua permeabilidade e a penetração da solução preservante.

2.3 AGENTES BIODETERIORADORES DA MADEIRA

A madeira sofre degradação biológica porque os organismos reconhecem os polímeros naturais da parede celular como fonte de nutrição, e alguns deles possuem sistemas enzimáticos específicos capazes de metabolizá-los em unidades digeríveis (OLIVEIRA *et al.*, 1986).

²Moreschi, J.C. (Universidade Federal do Paraná – UFPR) **Informação Pessoal**, 2008.

2.3.1 Fungos

De acordo com Moreschil (2005) os fungos são agentes que atacam a madeira em maiores proporções porque ocorrem em quase todos os nichos ecológicos onde se utiliza madeira.

A madeira sob ataque de fungos apresenta alterações na composição química, redução da resistência mecânica, diminuição de massa, modificação da cor natural, aumento da permeabilidade, redução da capacidade acústica, aumento da inflamabilidade, diminuição do poder calorífico e maior propensão ao ataque de insetos, comprometendo, dessa forma, a sua qualidade e inviabilizando a sua utilização para fins tecnológicos (SANTOS, 1992).

De acordo com Kããrik (1975) citado por Oliveira *et al.* (1986), uma mesma espécie de microorganismo pode atuar de formas distintas em diferentes circunstâncias como, por exemplo, várias espécies de fungos emboloradores e manchadores que podem, em determinadas situações provocar podridão mole.

Para que o fungo possa instalar-se na madeira há necessidades de algumas condições, e uma vez instalado possa desenvolver-se e utilizar os seus constituintes. Essas condições são: fonte de alimento, teor de umidade da madeira, pH, temperatura favorável e oxigênio do ar, ainda que seja em pequena quantidade (OLIVEIRA *et al.*, 1986; MORESCHI, 2005).

Fonte de alimento

Os alimentos necessários para a nutrição dos fungos xilófagos são os mesmos materiais que constitui a parede celular e as substâncias armazenadas nos lumens das células, tais como amidos e açúcares (HUNT; GARRAT, 1962).

Teor de umidade

Os fungos apresentam uma considerável diferença nas suas necessidades de umidade, e são consideradas ideais as seguintes faixas de teor de umidade na madeira para os diferentes fungos conforme descrito abaixo (MORESCHI, 2005).

Fungos de podridão seca= 20% – 40 % de teor de umidade

Fungos de podridão úmida = 40% – 50 % de teor de umidade

Fungos de podridão mole = 30% – 80 % de teor de umidade

Hunt e Garrat (1962), Eaton e Hale (1993) afirmam que teores de umidades na madeira abaixo de 20% inibem por completo o ataque por fungos. Quanto ao

excesso de umidade, os fungos de podridão mole são os que resistem bem a essas condições.

pH

Moreschil (2005) considera valores ótimos para o desenvolvimento de fungos xilófagos quando se encontram no intervalo de pH entre 4,5 a 5,5, valores estes que coincidem com os valores do pH da madeira da maioria das espécies florestais.

Temperatura

Os fungos xilófagos são capazes de crescer dentro de amplos limites de temperatura, mas desenvolvem com maior rapidez em períodos mais quentes e úmidos do ano (HUNT; GARRAT, 1962). Segundo, Moreschi, (2005) a temperatura ótima varia segundo a espécie, mas a maioria dos casos está situada no intervalo de 24 °C a 32°C.

Oxigênio

A presença de oxigênio é indispensável para o desenvolvimento de fungo. Alguns conseguem se desenvolver com aproximadamente 1% de oxigênio, mas quanto maior a quantidade de oxigênio na atmosfera maior será o desenvolvimento do fungo (MORESCHI, 2005).

Há uma relação natural entre a quantidade de água e ar na madeira e sua propensão à podridão, pois a madeira saturada de água carece de ar suficiente para o desenvolvimento de fungos e conseqüentemente não deteriora (HUNT; GARRAT, 1962).

2.3.1.1 Fungos Apodrecedores

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 (HUNT; GARRAT, 1962).

Os organismos capazes de promover a degradação enzimática das paredes celulares são: fungos apodrecedores ou fungos de podridão. Esses fungos são os responsáveis pela perda de resistência e da densidade da madeira e são classificados em três diferentes categorias de acordo com os danos, a saber:

a) Podridão Mole

A podridão mole é provocada pelos fungos Ascomicetos e Schizomicetos. Os ingleses Findlay e Savory foram os primeiros pesquisadores a demonstrar que os fungos inferiores, a qual pertence o grupo dos “Ascomicetos” também participam da deterioração da madeira. Mais tarde, o pesquisador W. Liesel demonstrou que os Ascomicetos atacam a madeira quando em contato com a terra e/ou com a água, principalmente em contato alternado com o ar (KRUEDENER, 1963). Esses fungos colonizam as células da madeira através do lumem, passam de uma célula para outra através das pontuações, e tem preferência inicialmente pelas substâncias de reservas encontradas no alburno, mas a partir da ausência de tais substâncias, estes passam a se alimentar dos constituintes das paredes celulares, causando assim a sua deterioração (OLIVEIRA, 1997).

Macroscopicamente a madeira atacada por estes fungos, quando seca, apresenta uma camada superficial escurecida e várias fissuras no sentido da grã. Quando úmida, apresenta a superfície amolecida podendo ser facilmente removida, e, portanto expondo novas regiões da madeira à ação dos fungos (OLIVEIRA *et al.*, 1986; MORESCHI, 2005). A profundidade de ataque dificilmente ultrapassa o limite de 2,0 cm (MORESCHI, 2005).

A madeira quando intensamente deteriorada por estes organismos apresenta marcante redução em todas as suas propriedades mecânicas, devido à destruição dos elementos estruturais (OLIVEIRA *et al.*, 1986). De acordo com os mesmos autores, em postes têm sido observadas consideráveis reduções na resistência à flexão, devido ao ataque por fungos de podridão mole na região de afloramento. Lembrando que em um mesmo poste de madeira pode apresentar regiões com características que determinam níveis de risco de colonização e deterioração diferentes (OLIVEIRA *et al.*, 1986; CAMPOS, 2002).

Eaton (1993) citado por Barillari (2002) afirma que em madeiras tratadas com CCA o principal grupo de agentes deterioradores são os fungos de podridão mole.

b) Podridão Parda

A podridão parda é provocada principalmente pelos fungos Basidiomicetos.

De acordo com Oliveira (1997) esse grupo de fungos alimenta-se principalmente dos carboidratos da madeira, e em estágios avançados de ataque estas madeiras apresentam uma coloração parda escura, que quando seca tende a

colapsar com facilidade. Cavalcante (1982) citado por Oliveira (1997) afirma que isso ocorre quando a lignina residual, que mantém a estrutura da célula, não for capaz de sustentar a célula, ocorrendo o colapso da parede celular. Esse colapso desenvolve inúmeras fissuras paralelas e perpendiculares à grã (MORESCHI, 2005). Além da alteração da cor, a densidade diminui provocando um enfraquecimento da madeira, sendo que a resistência ao impacto é a propriedade afetada mais rapidamente (OLIVEIRA *et al.*, 1986).

Akande (1990) citado por Oliveira, Tomasello e Silva (2005) estudando falhas da madeira causadas por apodrecimento concluiu que os fungos de podridão parda despolimerizam mais rapidamente a celulose que os fungos de podridão mole.

c) Podridão Branca

O principal agente causador da podridão branca também pertence ao Basidiomicetos, porém estes organismos se caracterizam por consumir preferencialmente a lignina, e também os outros componentes da madeira como a celulose e hemicelulose (OLIVEIRA, 1997). A madeira atacada perde seu aspecto lustroso e sua cor natural, tornando-se esbranquiçada. Isso ocorre devido à destruição dos pigmentos e, quase sempre linhas escuras delimitam a região atacada da não atacada (MORESCHI, 2005).

A madeira perde progressivamente sua massa bem como a resistência física e mecânica, em função do contínuo consumo de celulose, hemiceluloses e lignina (MORESCHI, 2005).

2.3.1.2 Fungos Emboloradores

Segundo Oliveira *et al.* (1986), os agentes causadores do emboloramento da madeira são produzidos por fungos pertencentes aos grupos dos Ascomicetos, Deuteromicetos e mais raramente por Ficomicetos. Esses fungos alimentam-se de substâncias de reservas presentes nos lumens celulares e atacam madeira recém cortada, devido o alto teor de umidade. No entanto, podem atacar madeiras previamente seca, quando são expostas continuamente em ambientes com alta umidade relativa do ar, acima de 90% (MORESCH, 2005).

A madeira atacada apresenta em sua superfície uma formação pulverulenta, de coloração variada. Tal camada pulverulenta é destacada pela formação de uma massa de esporos coloridos na superfície da madeira, mas suas hifas podem

penetrar profundamente no alburno (OLIVEIRA *et al.*, 1986). Por outro lado, Moreschi (2005) ressalta que o ataque acontece predominantemente nas células do tecido radial e em terrenos vizinhos a este, devido à abundância de materiais nutritivos.

Conseqüentemente a ação destes microorganismos aumenta significativamente a permeabilidade da madeira embolorada, sendo bem maior do que da madeira sadia (OLIVEIRA *et al.*, 1986). Ainda, de acordo com o mesmo autor, o aumento da permeabilidade pode provocar uma absorção desuniforme e variável de preservantes, especialmente em tratamentos que não envolvem pressão.

A madeira intensamente embolorada apresenta redução da resistência ao impacto, porém as demais propriedades mecânicas são pouco afetadas.

2.3.1.3 Fungos Manchadores

A madeira atacada por estes fungos pode apresentar manchas profundas, pois penetram profundamente no alburno da madeira e alimentam-se de substâncias de reservas existentes no lúmen das células. Nas folhosas, além de colonizar as células do parênquima radial, os vasos também são colonizados em estágios iniciais de ataque (OLIVEIRA *et al.*, 1986).

O dano físico causado ao substrato é pequeno, causando, no entanto, problemas de natureza estética, reduzindo drasticamente o valor comercial da madeira (OLIVEIRA, 1997).

Oliveira *et al.* (1986) afirmam que diversas espécies de fungos manchadores são capazes de provocar podridão mole. A madeira atacada por fungos manchadores perde a sua permeabilidade natural em decorrência da obstrução das passagens naturais pelas hifas que migram da superfície para o interior do material lenhoso (MORESCHI, 2005).

2.3.2. Bactérias

O fator mais importante para a infestação de bactérias na madeira é o elevado teor de umidade. Esta condição pode ser possível quando a madeira é recém abatida, está submersa em água ou reumedecida ou ainda se instalada em ambientes úmidos (MORESCHI, 2005). Macroscopicamente o ataque aparece como mancha pequena na superfície da madeira, e em estágios avançados de ataque pode ocorrer amolecimento nestas áreas (LEPAGE *et al.*, 1986).

De acordo com Moreschi (2005) normalmente a bactéria interage com outros tipos de organismos xilófagos, e como resultado do ataque de bactérias a madeira apresenta-se perfurada e com sua higroscopicidade aumentada. Para Lepage *et al.*(1986) muitas bactérias têm mostrado uma alta tolerância a CCA, creosoto, pentacloreofenol e TBO, existindo evidências de que as bactérias podem inativar preservantes.

2.3.3 Insetos

A classe Insecta é dividida em mais de trinta ordens, das quais somente cinco são destacados na deterioração de madeira (EATON; HALE, 1993).

Para a finalidade deste estudo foram abordadas somente as ordens Isoptera e Hymenoptera e as informações levantadas são apresentadas a seguir:

2.3.3.1 Ordem Isoptera

Um dos mais importantes grupos de organismos destruidores de material celulósico é o dos térmitas ou cupins.

De acordo com Mendes e Alves (1986) os térmitas são os mais severos agentes destruidores de madeira em nosso meio, sendo a celulose o alimento fundamental e universalmente consumido pelos cupins.

Esses insetos apresentam características interessantes no processo digestivo, pois os principais componentes da madeira, as celuloses digeridas nos seus intestinos por uma grande quantidade de minúsculos seres unicelulares, denominados protozoários.

Todas as espécies de cupins vivem em colônias tendo as atividades distribuídas por castas, e, que numa colônia típica existam quatro castas: rainha, reprodutores, soldados e operários (CAVALCANTE, 1982).

Segundo Eaton e Hale (1993) esses insetos são encontrados em ampla faixa do ambiente terrestre, e distribuídos pelas regiões mais quentes do mundo. Conforme Moreschi (2005), cupins de solo ocorrem em todo o mundo, mas sua área de ocorrência natural situa-se entre 50° de latitude ao norte e 50° de latitude ao sul, sendo este tipo de cupim o de maior relevância para o caso da deterioração de postes de madeira. Fora desta área de ocorrência natural os cupins existem, graças ao seu maior vetor, o homem.

Reúnem-se todos na Ordem Isoptera e contém mais de 2.000 espécies, distribuídas em sete famílias, e quatro dessas famílias têm representantes viventes no Brasil: Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Termitidae e Serritermitidae, sendo que esta última ocorre somente no Brasil e possui apenas uma espécie, *Serritermes serrifer* (Bates) (OLIVEIRA *et al.*, 1986). O Quadro 2 representa esta distribuição.

Família	Gêneros	Espécies
Kalotermitidae	15	112
Rhinotermitidae	8	34
Serritermitidae	1	1
Termitidae	58	363

QUADRO 2 - DISTRIBUIÇÃO DAS FAMÍLIAS DE CUPINS NO BRASIL
 FONTE: LABORATÓRIO DE PROTEÇÃO FLORESTAL - (2008)
 (ALTERADO PELA AUTORA)

As famílias Kalotermitidae, Rhinotermitidae e Serritermitidae são denominadas de cupins inferiores ou primitivos e as espécies da família Termitidae são chamadas de cupins superiores e consideradas mais evoluídas (LABORATÓRIO DE PROTEÇÃO FLORESTAL, 2008).

Moreschi (2005) relata que na área de biodeterioração da madeira, uma das maneiras mais simples para classificar os cupins é pelos seus habitats. Assim, nesta pesquisa se relata aos térmitas que desenvolvem na região da Ilha do Mel, como Cupins subterrâneos ou Cupins de solo e Cupins de madeira seca.

Cupins subterrâneos ou de solo

As colônias da família Rhinotermitidae, muito mais populosa, responsável pelo maior volume de danos no mundo e são mais freqüentes em regiões temperadas e tropicais. Esses indivíduos não apresentam revestimento quitinoso, por isso necessitam de elevada umidade relativa do ar, pois quando em contato com o ar seco perdem muita umidade.

As condições de umidade e temperatura necessárias para atividades dos térmitas são tais, que favorecem o desenvolvimento dos fungos xilófagos, e as galerias feitas por outros insetos proporcionam caminho para proliferação do micélio do fungo, permitindo também o desenvolvimento de corpo de frutificação e de

esporos, cuja deterioração da madeira pode constituir uma obra conjunta por fungos de podridão e cupins (HUNT; GARRAT, 1962).

Os cupins subterrâneos mantêm suas colônias no solo, a partir de onde constroem galerias que os protegem e permitem atingir a madeira da qual se alimentam. Eles são favorecidos por condições de elevada umidade, abaixo da superfície do solo ou em peças de madeira em contato com o solo. Esses indivíduos são mais freqüentes em solos úmidos e arenosos, em regiões quentes e com fonte alimentar abundante (MORESCHI, 2005). Segundo Richardson (1993) os cupins desta família infestam preferencialmente a madeira já degradada por fungos ou bactérias e com umidade constante.

Para passar de um local a outro, a procura de alimentos, os operários fazem túneis no solo. Quando se depara com ambientes abertos, a espécie *Coptotermes havilandi* usa fezes e partículas de solo cimentadas com saliva, na construção de galerias de comunicação, formando longos túneis que os protegem do ataque de inimigos naturais e da perda de umidade (POTENZA; JUSTI; ZORZENON, 2008).

Devido a sua forma de vida atacam principalmente madeira com maior teor de umidade, como as de fundações de prédios, postes, dormentes, moirões de cercas, e têm o hábito de manter sempre intacta uma fina camada externa da peça que está sendo atacada. Ao ser forçada por um objeto pontiagudo, esta fina camada se rompe com facilidade.

Outra maneira de detectar o ataque é por percussão, com a ação de suaves batidas na superfície da madeira suspeita de estar atacada, pois ao se ouvir um som característico de madeira oca, tem-se um indicativo de ataque.

Hunt e Garrat (1962) afirmam que há certas características nas galerias dos cupins subterrâneos para distinguir de outros cupins não subterrâneos, que consistem em pontos ovais descoloridos na parede das galerias formados por deposições de gotas de excrementos líquidos e também por massas compactas compostas de partículas de madeira, lodo e outros resíduos com os quais cupins tapam algumas de suas cavidades ou passagens não utilizadas. Ao escavar a madeira, os cupins subterrâneos atacam a madeira pelo caminho mais fácil, em primeiro lugar tendem geralmente a seguir o sentido das fibras e o lenho mais mole da madeira e posteriormente quando o lenho mais mole se torna escasso, eles deterioram também o mais duro (LABORATÓRIO DE PROTEÇÃO FLORESTAL, 2008; HUNT; GARRAT, 1962).

Esses insetos causam os mais importantes danos na região de afloramento dos postes, estacas, torres, madeiramento de ponte.

BUENO (2001) relata que ataque por cupins subterrâneos tem sido a maior causa de substituição de postes de madeira na Elektro, principalmente na região noroeste do Estado de São Paulo, considerada a mais crítica, e que nesta região foram registradas muitas ocorrências inerentes à queda ou quebra de postes de madeira aos quais proporcionam danos ao patrimônio da empresa e de terceiras como indenizações, situações emergenciais de manutenção, cessação de lucros, etc.

Cupins madeira seca

Hunt e Garrat (1962) afirmam que os cupins invadem a madeira com propósito de obter o alimento necessário para seu crescimento e multiplicação, como também para obter moradia.

Os cupins de madeira seca, representados pela família Kalotermitidae, vivem exclusivamente dentro da madeira da qual se alimentam, não necessitando contato com solo, pois vive em condições de pouca umidade, atacando a madeira com teor de umidade entre 10% e 12% (ROCHA, 2001).

O ataque inicia-se diretamente pelo ar durante a revoada e cada par sexuado penetra na madeira através de rachaduras ou de outras aberturas naturais iniciando a escavação para o interior, fechando a entrada com partículas da própria madeira, formando colônias pouco populosas (LABORATÓRIO DE PROTEÇÃO FLORESTAL, 2008). Contudo de acordo com Déon (1989), mesmo formando colônias com poucos indivíduos são ativos destruidores da madeira.

Para Hunt e Garrat (1962) esses indivíduos causam danos consideráveis nas partes situadas acima da linha de afloramento de postes não tratados e daqueles que só receberam tratamento na base, mas algumas vezes podem concentrar o ataque também nas partes altas e atacar também as cruzetas.

2.3.3.2 Ordem Hymenoptera

As formigas, juntamente com as vespas e as abelhas constituem a Ordem Hymenoptera (hymen= membrana; ptera= asa).

Os agentes desta ordem, consideradas de importância econômica como agentes deterioradores de madeira, pertencem a família Formicidae, sendo conhecidas vulgarmente como formigas carpinteiras (ROCHA, 2001).

Formiga-carpinteira

Assim como os cupins, as formigas também vivem em colônias e tem castas bem estabelecidas e, de acordo com Hunt e Garrat (1962), o seu ataque às vezes se confunde com o dos cupins subterrâneos devido a ambos construírem galerias parecidas, porém com a diferença que os cupins costumam tampar suas galerias com excrementos enquanto as formigas conservam os corredores livres. Todas as formigas são sociais e ocorrem, praticamente, em todos os ambientes terrestres, exceto nos pólos.

As formigas-carpinteiras formam um grupo de insetos responsáveis por estragos consideráveis na madeira em uso, pois de acordo com Hunt e Garrat (1962), as formigas carpinteiras grandes ou pequenas, negras ou pardas, atacam troncos velhos de árvores em pé, cuja madeira tenha sido exposta por algum ferimento e podem também estender suas atividades em madeira em serviço, especialmente quando a podridão tenha começado. Os autores afirmam ainda que as formigas costumam penetrar diretamente do solo, em madeiras em contato direto com o solo para fazer seus ninhos.

Moreschi (2005) ressalta que essas formigas carpinteiras atacam grandes variedades de espécies de madeira e têm a capacidade de destruir tanto madeira de lenho inicial como tardio, embora elas normalmente prefiram lenhos mais moles e úmidos. As formigas atacam as madeiras somente em busca de abrigo. Portanto, de acordo com o mesmo autor, mesmo madeiras tratadas com alguns tipos de produtos preservantes podem ser atacadas. Elas se alimentam de néctar de flores, seivas de plantas, fungos, líquidos adoçados que são excretados por certos insetos e, atacam madeiras próximas a sua fonte de alimento.

2.3.4 Pica-Paus

Os pica - paus alimentam-se principalmente de larvas de insetos que estão dentro dos troncos de árvores, alargando a cavidade onde encontram as larvas com seu poderoso bico, introduzindo sua língua longa, pegajosa e de ponta afiada para capturar as presas. Também fazem parte de sua dieta frutas moles, sementes,

formigas e cupins, e são bastante sensíveis aos inseticidas (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE MEIO AMBIENTE, 2007).

Essas aves procuram, sobretudo árvores mortas, senis ou que resistiram a queimadas ou ainda cujo cerne foi enfraquecido por fungos. Eles preferem cavar na face que se inclina para o solo, o que facilita a proteção da defesa da entrada. (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE MEIO AMBIENTE, 2007).

Hunt e Garrat (1962) afirmam que há situações nas quais os postes de madeira são atacados por pica-paus e estes fazem buracos tão grandes nas partes altas dos postes, que reduzem drasticamente a resistência da madeira, principalmente quando há vários buracos no mesmo poste. Esse fato não surpreenderia se fossem postes atacados por insetos ou afetados por podridão nas partes altas, mas também atacam postes recém impregnado com retenção suficiente de creosoto. Os referidos autores concluem que mesmo impregnado com creosoto, não é impedimento para ataque ao poste de madeira por pica - paus e que não há explicação satisfatória para esse fato, tampouco um preservante eficiente para combatê-los.

De acordo com Harness e Walters (2005) o dano causado por pica-paus é tipicamente um resultado da busca por alimento ou necessidade de abrigo, mas há também outras razões para pica-paus bicarem a madeira, tais como comunicação e estocagem de alimentos, apesar do dano resultante dessas atividades serem comumente pouco significativo. Segundo os mesmos autores, 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, tornando-se um excelente ponto para anunciar e defender territórios e detectar predadores potenciais.

Harness e Walters (2005) ressaltam que os motivos que levam um pica-pau a cavar fora de um ambiente apropriado dependem de fatores, tais como a dureza da madeira e a urgência da necessidade de um abrigo. Pica-paus preferem escavar madeiras que apresentem um exterior sólido combinado com um interior macio (freqüentemente criado por podridão ou doença), apenas batendo na parte externa da árvore, eles têm a capacidade de detectar se há presença de madeira apodrecida.

Se um pica-pau começa a escavar uma cavidade e descobre que uma madeira é muito dura, ele se desloca para outra área e tenta novamente a escavar.

Estes indivíduos podem também retornar para uma escavação previamente inacabada, quando o interior da árvore tiver amolecido, mas não está claro se pica-paus criam estes buracos iniciais para introduzir o apodrecimento.

A Sourthen Engeneering Company (1996) afirma que pica - paus podem causar diversos danos a postes de madeira resultando em perdas anuais significativas para as empresas de distribuição de energia elétrica. Para Harness e Walters (2005) quando um pica-pau inicia sua busca por comida em um poste, esse é um sinal de que o poste precisa de reparos ou de substituição porque muitos pica-paus se alimentam de formigas carpinteiras, as quais comumente infestam postes de transmissão.

A fim de solucionar os problemas ocorridos por essas aves, diversas técnicas comumente referenciadas em literatura podem ser utilizadas para o controle de ataque dos pica-paus em postes de energia elétrica, tais como: barreiras, eliminação letal, táticas de espanto, ninhos artificiais, repelentes e controle ecológico.

Barreiras

De acordo com Marion e Thompson (2002) os pica-paus podem ser excluídos de algumas áreas por meio de redes de nylon, plásticos ou ainda por telas metálicas utilizadas como revestimento. A instalação permanente de telas metálicas ou outros isoladores pode ser uma solução bastante viável quando os pica-paus fazem repetidos ataques para fazer buracos ou ninhos.

A alternativa citado por Harness e Walters (2005) seria a aplicação de uma camada de material liso, como fibra de vidro ou borracha sintética sólida, tornando difícil para o pica-pau conseguir apoio no poste, lembrando que para selecionar uma barreira é importante conhecer quais espécies de pica-paus estão causando os danos nos postes.

Eliminação letal

No Brasil a lei 5.197 de 3 de janeiro de 1967 dispõe sobre a proteção a fauna e crimes contra a mesma, devendo ser consultada antes de qualquer providência. A destruição de animais considerados nocivos à agricultura ou à saúde pública é permitida mediante licença.

Táticas de espanto

Nos Estados Unidos, têm se construído diversos dispositivos na tentativa de desencorajar os pica-paus, embora os mesmos possam ter algum efeito inicial, logo os pica-paus percebem que eles não representam ameaça e retornam a sua atividade destrutiva (WOLKOMIR; WOLKOMIR, 1989).

Ninhos artificiais

O estudo do comportamento de pica-paus na América do Norte indica que a construção do ninho é uma parte importante do ritual de acasalamento, conseqüentemente, raras espécies de pica-pau aceitam utilizar ninhos artificiais. (HARNESS; WALTERS, 2005).

Repelentes

Segundo Cunningham (2005) nenhum repelente parece ser capaz de manter pica-paus fora do caminho. E mesmo que algum repelente tenha demonstrado propriedades para afastar pica-paus, nenhum demonstrou ser, ao mesmo tempo, significativamente eficaz e ambientalmente amigoso (HARNESS; WALTERS, 2005).

Tratamentos químicos

Uma grande variedade de produtos químicos tem sido estudada a fim de avaliar sua capacidade para prevenir ou limitar o ataque de pica-paus. 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 (HARNESS; WALTERS, 2005).

Entretanto, têm-se sugerido que Chemonithe (ACA – Arsenato de Cobre Amoniacal) demonstra alguma repelência para pica-paus (BRUCATO, 1994). Em referência a uma linha de transmissão pertencente à Pennsylvania Power & Light Company. Cunningham (2005) cita que de 181 postes instalados há mais de 20 anos em uma área conhecida por ser infestada por pica-paus, somente 3 apresentaram danos mínimos.

Controle ecológico

Muitos pica-paus se alimentam de formigas carpinteiras, as quais comumente infestam postes de transmissão. Conseqüentemente, postes deveriam ser inspecionados e controlados no que concerne a danos causados por insetos.

Quando um pica-pau inicia sua busca por comida em um poste esse é um sinal de que o poste precisa de reparos ou substituição (HARNESS; WALTERS, 2005).

É interessante advertir, no entanto, que não existe nenhuma receita para eliminar esse problema e que o sucesso do controle de pica-paus depende, sobretudo da rápida identificação do ataque e ação imediata (MARION; THOMPSON, 2002).

Técnicas restaurativas: substituição versus restauração

Muitos postes são substituídos quando poderiam ser potencialmente restaurados a custos significativamente mais baixos (ABBEY; STEWART; MORRELL, 1997).

Freqüentemente são substituídos postes que têm suficiente capacidade estrutural, quando uma pequena manutenção preventiva para inibir a entrada de umidade e apodrecimento poderia ser tudo o que é necessário.

Um fator crítico freqüentemente menosprezado é a localização do dano. Um grande dano grande em uma região do poste que pouco solicitada a esforços pode não ser tão significativo quanto um dano menor em regiões de máximos esforços como a base (HARNESS; WALTERS, 2005).

2.4 PROCESSOS DE PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS

Após os estudos dos agentes biológicos responsáveis pela deterioração da madeira, foi estudado o processo de preservação utilizado em postes de madeira e os produtos químicos empregados na sua preservação.

A facilidade do tratamento não depende apenas de diferentes métodos disponíveis, mas também varia entre as espécies, como a madeira do cerne que resiste geralmente a tratamento preservante mais do que o alburno.

Para obter a eficácia em longo prazo, a penetração, a retenção e a distribuição adequadas do produto preservante na madeira são necessárias, para cada espécie de madeira em particular, preservante químico e método de tratamento utilizado.

Os preservantes de madeira que são aplicados a níveis de retenção recomendados e penetração satisfatória podem aumentar expressivamente a vida útil nas estruturas de madeiras.

Sob a óptica científica, a preservação de madeiras pode ser dividida em preservação natural, indireta, biológica e química, sendo definida como o conjunto de produtos, métodos e pesquisas destinados a alterar, medir ou estudar a durabilidade da madeira (CAVALCANTE, 1983).

Os tratamentos de impregnação com produtos químicos a pressões superiores à atmosférica são os mais eficientes, em razão da distribuição e penetração mais uniforme do preservante na peça tratada e maior controle do preservante absorvido, o que garante uma proteção efetiva com economia de preservante (LEPAGE *et al.*, 1986; ROCHA, 2001).

De acordo com Rocha (2001) o tratamento sob pressão resulta em penetração total do preservante nos tecidos permeáveis, o que permite que madeiras tratadas por este método possam ser utilizadas em qualquer situação, mesmo nas que apresentem alto índice de ataque por organismos xilófagos, como no caso da madeira em contato direto com o solo.

Entre os vários métodos de tratamento de madeiras, o processo Bethell (1938) e o processo Burnett (1938), são classificados como processos de célula cheia, e o processo Lowry (1906), e o processo Rüeping (1902), classificados como processos célula-vazia. Estes métodos são utilizados pelas usinas de preservação nos dias atuais (NBR – 8456, 1984).

A principal característica do processo de célula cheia é o uso de vácuo na fase inicial do processo de tratamento. Dessa forma, o ar presente no interior da madeira é retirado, fazendo com que o preservativo, ao ser liberado, seja sugado para o interior da madeira (RICHARDSON 1993).

A NBR-8456 (1984) especifica que os postes de madeira quando impregnados com preservantes oleosos e oleossolúveis sejam utilizados o processo Bethell, e quando utilizados preservantes hidrossolúveis o processo Burnett,

Lepage *et al.* (1986), Hunt e Garrat (1962) afirmam que o processo Burnett compreende as mesmas etapas do processo Bethell, com a única diferença que o preservante empregado é o hidrossolúvel.

De acordo com Lepage *et al.* (1986) o processo Boulton é um processo de preservação da madeira verde, de célula cheia, na qual consiste em introduzir o

preservativo na autoclave à temperatura superior ao da ebulição da água. A temperatura faz com que a água da madeira passe para o estado de vapor e saia da madeira sendo e seu lugar ocupado pela solução preservativa oleosa mantida entre 80°C a 100° C, após a esta etapa os processos seguintes são idênticos ao processo Bethell.

2.5 PRESERVANTES DE MADEIRA

Na literatura encontra-se que, toda substância química capaz de provocar o envenenamento dos nutrientes celulares da madeira tornando-a, conseqüentemente, resistente ao ataque de fungos e insetos é denominado preservativo ou preservante de madeira. O grau de proteção obtido depende do preservante utilizado, da penetração, retenção e a distribuição apropriada do produto químico na madeira (MENDES; ALVES, 1988).

Para selecionar um bom preservante, o uso final de madeira deve ser considerado como fator relevante na escolha de um produto a ser utilizado (MORESCHI, 2005).

De acordo com Wilkinson (1979), as características essenciais que devem estar reunidas em um bom produto preservante são as seguintes:

Eficiência: é o requisito básico de todo o preservante. Deve apresentar toxidez à gama mais ampla possível de organismos xilófagos. Deve, ainda, para ser eficiente, permitir penetração profunda e uniforme na madeira.

Segurança: deve apresentar toxidez baixa em relação a seres humanos e animais domésticos, além de não aumentar as características de combustibilidade e de flamabilidade inerente à madeira e também, a solução preservativa, não deve ser corrosiva a metais e plásticos, uma vez que, em caso afirmativo, podem ocorrer vazamentos dando origem à poluição.

Permanência ou resistência à lixiviação: depende das propriedades físicas e químicas do preservante e a maneira pela qual se fixa na madeira; para ser resistente à lixiviação deve ser insolúvel em água, tais como os preservantes

hidrófobos ou formar complexos insolúveis por meio de reação química com os componentes da parede celular da madeira.

Custos: é o fator que viabiliza o uso de um produto que apresente todas as potencialidades anteriormente mencionadas. A madeira preservada deve apresentar competitividade com outros materiais, em termos de custo anual (LEPAGE, 1986). Além do baixo custo, o produto precisa também ser facilmente encontrado no mercado.

Conforme Kruedener (1963), além das características descritas anteriormente, os preservantes devem possuir amplas e ilimitadas possibilidades de aplicação, tanto de madeira seca como madeira verde, e ainda a madeira impregnada deve ser limpa e inodora.

2.5.1 Classificação dos Preservantes

De acordo com Hunt e Garrat (1962) os produtos preservantes podem ser classificados de acordo com suas características físicas e químicas, em dois grupos: a) preservantes oleosos e oleossolúveis; b) preservantes hidrossolúveis.

Os preservantes hidrossolúveis são os que utilizam a água como solvente e normalmente são constituídos de sais metálicos, que incluem várias substâncias químicas na sua formulação, como arsênio, cromo, cobre, boro, zinco e flúor. Geralmente, eles contêm mais de uma substância química na sua formulação, para várias finalidades. Entre os produtos hidrossolúveis relacionados ao presente trabalho está o CCA e o CCB e são descritos a seguir:

2.5.1.1 Arseniato de Cobre Cromatado (CCA)

O arseniato de cobre cromatado (CCA), é constituído por compostos contendo os elementos arsênio, cobre e cromo, com uma tradição de uso que remonta há mais de setenta anos. O CCA é o preservante de maior utilização na atualidade (FREITAS, 2002).

Strategis (2004) citado por Brand, Anzaldo e Moreschi (2006) relata que o preservante é altamente eficaz, protegendo a madeira da podridão por fungos, cupins, agentes marinhos, da luz ultravioleta e também tem a possibilidade de adicionar repelente a água, para melhorar sua resistência à absorção de umidade

pela madeira. Após o tratamento não exala odores e nem vapor tóxico irritante ao homem, e também não aumenta a sua combustibilidade (LEPAGE, 1986).

Lepage (1986) acrescenta outras vantagens tais como: alta eficiência na proteção da madeira em contato com o solo; de ordem econômica, disponível no comércio em várias formulações e possuindo excelente fixação dos seus componentes na madeira.

Para Brown e Eaton (2000) a fixação do preservante na madeira é um processo químico e, faz com que os elementos preservantes solúveis em água tornem-se insolúveis na madeira.

O cromo provoca a precipitação de grande quantidade de cobre e de arsênio, quando o preservante é introduzido na madeira tornando os produtos praticamente insolúveis em água. A reação de fixação desencadeada pelo cromo deixa o arsênio como agente inseticida, e o cobre como agente fungicida. Porém determinados fungos são tolerantes, particularmente de podridão parda e mole, na presença de cobre, sendo necessárias elevadas quantidades para efeito de fungicida (FREITAS, 2002).

O arsênio apresenta elevada toxicidade a muitos fungos, insetos, homens e animais (HUNT; GARRAT, 1961). Assim como acontece com o cobre, alguns fungos também apresentam tolerância, sendo necessárias maiores concentrações do elemento para impedir o seu desenvolvimento (FREITAS, 2002).

Vários estudos têm sido realizados para explicar o mecanismo das reações químicas que levam a fixação dos componentes do CCA na madeira. Para Dallgren e Hartford (1972), Dallgren (1975), citados por Moreschi (1985) em seus trabalhos concluíram que o processo de fixação do preservante envolve três etapas, a saber. A primeira etapa inclui as reações iniciais e momentâneas, a segunda envolve as fixações primárias e a terceira as reações de conversão.

De acordo com Lepage (1986), nas reações iniciais e instantâneas que ocorrem durante a primeira etapa, na fixação do preservante CCA com a madeira resulta em um rápido decréscimo no pH, sendo essa queda atribuída a fixação do cobre por troca iônica com liberação de prótons. Moreschi (1985) afirma que além de uma parte substancial de cobre, uma parte do cromo no estado trivalente também é fixada na madeira por trocas iônicas, e que também ocorre a absorção temporária do ácido crômico.

Na segunda etapa, no período de fixação primária, os componentes do preservante, cobre, cromo e arsênio são completamente precipitados. O ácido ataca primeiramente os constituintes da madeira de forma rápida e depois mais lentamente. Nessa etapa, parte do cromo é fixada temporariamente na madeira como um complexo de cromato de cromo e parcialmente como cromo na forma trivalente (MORESCHI, 1985).

Os complexos formados pelos componentes do CCA com a madeira conferem ao preservante uma grande eficácia. O cromo forma complexo hexavalente e trivalente com as madeiras. Na forma hexavalente formam complexos com a lignina.

Quando o cromo é reduzido para a forma trivalente este reage com o arsênio formando CrAsO_4 . Na madeira tratada, aproximadamente 85% do arsênio reage com o cromo, e a restante forma complexos insolúveis com a lignina e a celulose (LEPAGE, 1986).

Após esta etapa, o ácido e o arseniato de cobre no estado trivalente e os cromatos, são convertidos em compostos estáveis na madeira (MORESCHI, 1985).

De acordo com Smith e William (1973) citado por Lepage (1986) a maior fixação desses produtos é obtido para as seguintes relações de sais: $\text{Cr/As} > 1,9$ e $\text{Cr/Cu} = 1,7$

Walace (1968) citado por Nicholas e Siau (1973) afirma que testes de lixiviação mostraram que o arsênio e, possivelmente o cobre pode ser perdido por lixiviação quando a proporção de cobre mais arsênio para cromo for superior a 1,5 $(\text{Cu} + \text{As}) / \text{Cr} > 1,5$. Segundo Moreschil (2005) para assegurar a máxima fixação dos elementos tóxicos do CCA na madeira, a melhor proporção é de aproximadamente: 41% a 50% de CrO_3 ; 17% de CuO e 33% a 42 % de As_2O_5 .

Para Brown e Eaton (2000) citado por Freitas (2002), os fatores que influenciam a quantidade de elementos lixiviados da madeira tratada depende do grau de absorção, da distribuição do preservante, da concentração na madeira, da permeabilidade da madeira, dos parâmetros tecnológicos, temperatura e o conteúdo de umidade na madeira durante a fixação. Segundo (Wilkinson, 1979) o sistema de especificação de composição química da “American Wood Preserveres Association” (AWPA), o CCA é uma combinação de Cu (cobre), Cr (cromo) e As (arsênio) apresentadas em três formulações definidas como tipos A, B, e C, em que variam as proporções dos componentes, conforme Tabela 1.

TABELA 1 – TIPOS DE FORMULAÇÃO DE CCA

Componentes	Tipo A (%)	Tipo B (%)	Tipo C (%)
Cromo (CrO ₃)	65,5	35,3	47,5
Cobre (CuO)	18,1	19,6	18,5
Arsênio (As ₂ O ₅)	16,4	45,1	34

FONTE: WILKSON (1979)

De acordo com Eaton e Hale (1993) madeiras tratadas adequadamente com CCA, em contato com o solo, devem ter uma expectativa de vida útil de aproximadamente 30 anos. De acordo com o Department of Agriculture (1991) citado por Barillari (2002), estacas tratadas com CCA-B em retenções acima de 12,5 kg/m³ apresentaram-se sadios após 50 anos de exposição em campo, enquanto 90% das estacas com retenção de 4,0 kg/m³ encontravam-se deteriorados.

Freitas (2002) estudou a perda de CCA-A e de seus componentes em estacas de *Pinus*, após 21 anos de exposição em campo de apodrecimento, e os resultados mostraram que ocorreram perdas do preservante e que essa perda está relacionada de forma direta com a retenção inicial do produto. Dentre os componentes do CCA tipos A, as perdas ocorreram de forma diferenciada, causando um desbalanceamento dos produtos que ainda permanecem na madeira tratada. O componente que apresentou a perda mais acentuada foi o cobre (CuO), de menor intensidade o cromo (CrO₃) e o arsênio apresentou comportamento intermediário.

Barillari (2002) analisando a durabilidade da madeira do gênero *Pinus* tratada com preservante, após 21 anos de exposição em campo, concluiu que a retenção influenciou na durabilidade das estacas, sendo que o maior desempenho está associado com as retenções mais elevadas, e confirmou a ocorrência de podridão mole em madeira tratada com CCA.

Apesar do desempenho apresentado pelo CCA, duas das principais desvantagens devem ser também citadas: a primeira é que quando a espécie a ser tratada apresenta certa impermeabilidade e baixa durabilidade natural, os tratamentos com CCA têm sua eficiência reduzida devido à rápida fixação e não são capazes de penetrar profundamente na madeira por difusão; a segunda centra-se na observação de certa deterioração em madeiras folhosas, que mesmo com altas retenções de produto, aparentemente devido a uma irregular microdistribuição dos elementos tóxicos, a qual não protege totalmente a parede celular apesar de estar

presente em grandes quantidades no lume (RICHARDSON, 1978) citado por (FREITAS, 2002).

Barillari e Freitas (2002) ressaltam que mesmo sendo o CCA o preservante hidrossolúvel mais utilizado para tratamento de madeira, com inúmeros registros comprovando sua eficiência e a sua segurança, as restrições quanto ao uso da madeira tratada com este preservante têm aumentado. Essas restrições têm sido impostas principalmente na Comunidade Européia, tendo como base a perda dos componentes do CCA ao longo do tempo, por lixiviação ou volatilização, o que poderiam trazer riscos de contaminação do ser humano e do meio ambiente.

2.5.1.2 Wolmanit CB (CCB)

O CCB (borato de cobre cromatado) ou sais de Wolman, é um composto que tem como ingredientes ativos o cobre, o cromo e o boro.

O preservante hidrossolúvel CCB é o segundo mais utilizado no Brasil e recomendado onde se queira dar proteção fungicida, pois o boro não apresenta bom desempenho como inseticida (OLIVEIRA, 1997).

Moreschi (2005) resalta que o preservante CCB é um produto alternativo ao CCA, tendo como diferença a utilização do elemento boro em substituição do arsênio. De acordo com o mesmo autor, o preservante CCB apresenta uma sensível perda na resistência da lixiviação e na eficiência da proteção da madeira a insetos, especialmente para madeira a ser instalada por longos prazos e em contato com o solo.

Os ingredientes do preservante CCB apresentam-se na Tabela 2, e entram na seguinte composição, de acordo com a NBR 8456.

TABELA 2 - COMPONENTES DO CCB

Componentes	%
Cromo hexavalente, como CrO ₃	63,5
Boro, como B	10,5
Cobre, como CuO	26,0

FONTE: NBR 8456 (1984) ADAPTADO

2.6 RETENÇÃO DE PRESERVANTES PARA PROTEÇÃO DA MADEIRA

A eficiência do tratamento preservante 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; NETO, 1986).

A quantidade de preservante a ser impregnada na madeira é definida como retenção, expressa em kg de ingredientes ativos do preservante por metro cúbico de madeira tratada (kg/m^3). Tanto para o CCA como para o CCB, o nível adequado de retenção dependerá dos fatores de risco de degradação biológica da madeira (LEPAGE, 1986).

Para tratamento de postes de madeira o valor mínimo recomendado pela NBR 8456 é $9,6 \text{ kg ia} / \text{m}^3$ (quilos de ingrediente ativo por metro cúbico de madeira tratada) para os preservativos hidrossolúveis CCA. (ABNT, 1984).

Os valores referenciados pela NBR 8456 são para postes novos que receberam tratamento (ABNT, 1984). Lembrando que para postes em serviço, não é coberto por esta especificação e nem por outra qualquer.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO

O local utilizado para realização deste estudo foi a Ilha do Mel, localizada no litoral sudeste do Brasil, região central do litoral do Paraná, na entrada da Baía de Paranaguá. Segundo Paranhos *et al.*(1994), a ilha separa-se ao norte, das Ilhas das Peças e de Superagüi pelos canais Norte e Sudeste; ao sul, separa-se de Pontal do Paraná pelo canal da Galheta, conforme Figura 1.

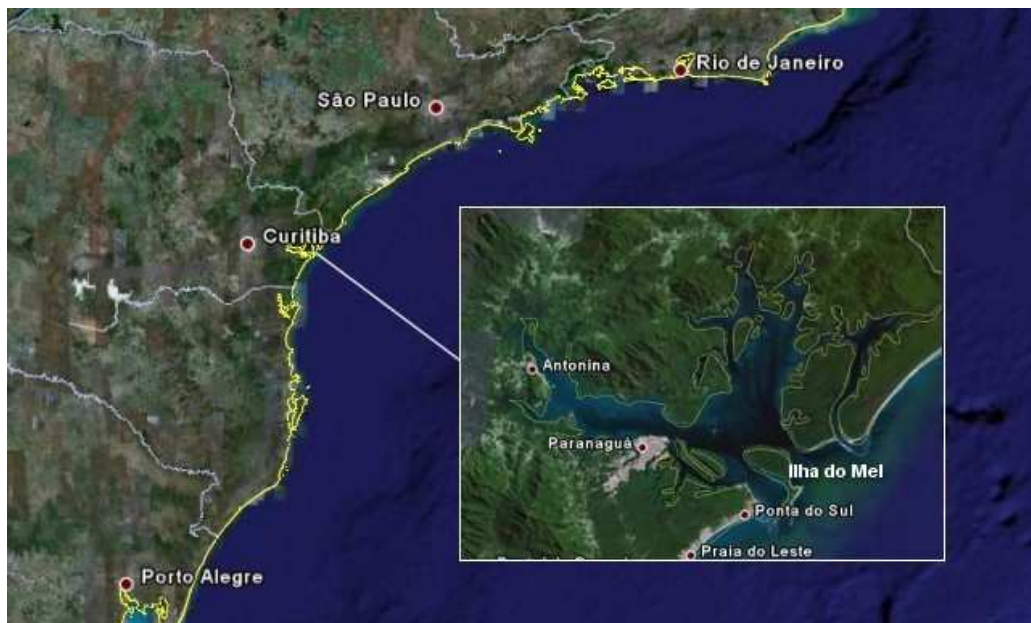


FIGURA 1 - MAPA DA ILHA DO MEL
FONTE: GOOGLE EARTH (2008)

Figueiredo (1954) apresenta os pontos extremos da Ilha do Mel nas seguintes coordenadas geográficas: “ao norte, Ponta do Hospital que fica na latitude $25^{\circ} 29' S$ e na Longitude $48^{\circ} 21' 18'' W$. Gw; ao sul o ponto extremo é a Ponta do Morro das Encantadas, cuja latitude é $25^{\circ} 34' 32'' S$. e a longitude é $48^{\circ} 18' 21'' W$. Gw ; a leste o ponto extremo é a Ponta do Morro do Farol de Conchas, cuja latitude é $25^{\circ} 32' 17'' S$ e a longitude $48^{\circ} 17' 15'' W$. Gw; para o oeste é a Ponta da Ilha, também chamada Ponta da Coroazinha, cuja latitude é $25^{\circ} 30' S$ e a longitude $48^{\circ} 23' 16'' W$ do Meridiano de Greenwich,” possuindo uma área de 2.760 ha, e um perímetro de aproximadamente 35 km.

3.1.1 Mapa de Localização dos Postes na Área do Experimento

Para localização dos postes instalados utilizou-se um mapa contendo informações de cobertura vegetal, geomorfologia, hidrografia e zonas de inundação de toda a Ilha do Mel, pertencente ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP) e elaborado pelo Exército Brasileiro. Também foi utilizado um projeto preliminar da linha de distribuição de energia elétrica de toda a Ilha, elaborada pela COPEL - Companhia Paranaense de Energia, onde consta a numeração dos postes e a distância entre eles. Além das informações citadas anteriormente, em todos os postes em que foram retirados corpos-de-prova, utilizou-se o GPS marca Garmin para a localização dos postes em suas respectivas longitude e latitude.

Os postes localizados com GPS encontram-se relacionados com suas respectivas posições no Anexo 1.

Esse levantamento foi indispensável porque em muitos postes não havia placa de identificação devido à deterioração dos elementos de fixação ou porque muitas delas se perderam por ação de vândalos, com a retirada das placas de identificação.

3.1.2 Cadastro dos Postes

Primeiramente verificou-se a existência de placas de identificação nos postes para proceder o cadastramento e resgatar seus históricos, ou seja, os dados de entrada como: código do poste, o fabricante, data do tratamento, data da instalação do poste e o tipo de preservativo utilizado.

O cadastro dos postes foi necessário porque a Ilha do Mel apresenta diferentes sítios, como diferenças na cobertura vegetal, solo, geomorfologia e hidrografia a que esses postes estão submetidos, e pelo fato que possivelmente, nem todos os agentes deterioradores estivessem distribuídos de modo uniforme em toda a ilha.

3.1.3 Capinagem

Ao redor de todos os postes foi efetuada a capinagem com uma enxada, devido ao grande volume de vegetação conforme mostrado na Figura 2. Esta capinagem foi indispensável para inspecionar a região de afloramento dos postes.



FIGURA 2 - VEGETAÇÃO AO REDOR DOS POSTES

FONTE: A autora (2007)

3.1.4 Inspeção Interna e Externa dos Postes

Com os postes devidamente cadastrados e com o maior número de informações obtidas sobre os mesmos iniciou-se a inspeção externa e interna. Para esta inspeção foi necessário dispor de equipamentos apropriados, tais como: escova de aço, enxada, trena, binóculo, bússola, estilete, faca, facão e martelo para verificar todo o corpo e o topo do poste quanto a ataque de fungos, cupins, existência de fendas, orifícios de saída de insetos e perfurações de pica-paus.

A inspeção visual externa ocorreu em todo o corpo do poste e, em se constatando defeitos (fendas e orifícios), procedeu-se à verificação da profundidade destes, por meio do Teste de Fendas.

Para o Teste de Fenda utilizou-se uma faca com lâmina de 15 cm de comprimento, conforme Figura 3, a qual era introduzida na fenda dos postes até o comprimento máximo da lâmina ou da fenda. Desta forma, com a penetração da lâmina da faca introduzida, avaliou-se a profundidade da fenda e a possibilidade de que a madeira não tratada se encontrava exposta aos agentes xilófagos.



FIGURA 3 - TESTE PARA VERIFICAÇÃO DA PROFUNDIDADE DO FENDILHAMENTO.
 FONTE: A autora (2007)

O estado geral da superfície externa dos postes acima da linha de afloramento foi registrado, principalmente no que se refere ao fendilhamento. Com um binóculo efetuou-se toda inspeção visual na região superior dos postes, próximo às cruzetas para verificar principalmente perfurações efetuadas por pica-paus. Após a realização da inspeção visual efetuou-se a inspeção na região do afloramento utilizando um estilete de ponta firme.

Para inspeção e reconhecimento macroscópico de ataques por fungos de podridão mole e/ou parda em determinadas áreas, o estilete foi introduzido perpendicularmente às fibras, e quando forçada para cima a madeira apodrecida rompia em pequenos comprimentos de forma diferenciada da madeira sã. Com este instrumento também foi possível verificar se o orifício causado progredia durante a sondagem. No caso de avançar efetuou-se a inspeção abaixo da linha de afloramento, de acordo com recomendações de Lepage (1986) descritas a seguir.

Para acessar abaixo da linha de afloramento escavou-se uma vala de cerca de 30 cm a 40 cm de profundidade ao redor do poste e, em seguida, efetuou-se uma limpeza cuidadosa na área de interesse utilizando uma escova de aço, conforme Figura 4.



FIGURA 4 - LIMPEZA DO POSTE
FONTE: A autora (2007)

Após a limpeza, com o auxílio de um estilete perfurou-se firmemente a região escavada do poste a fim de estimar a profundidade de apodrecimento, nos postes que apresentavam este tipo de problema.

Caso o problema fosse ocasionado por cupins, em evidência na área escavada, procedeu-se um minucioso exame para estimar o estado interno do poste. Primeiramente, com um martelo, estimou-se por percussão o estado do poste aplicando suaves batidas na superfície da madeira suspeita de estar atacada, pois ao se ouvir um som característico de madeira oca, tem-se um indicativo de ataque. As marteladas foram aplicadas desde o nível dos olhos (aproximadamente 1,6 m) até abaixo da região de afloramento, conforme mostrado na Figura 5.



FIGURA 5 - INSPEÇÃO POR PERCUSSÃO
FONTE: A autora (2007)

Para comprovar esse diagnóstico foi utilizado um sistema destrutivo de punção, com uso de broca apropriada para madeira, de 12 mm de diâmetro. O furo foi executado a 100 mm acima do nível do solo, que permitiu avaliar a deterioração interna, através da resistência necessária ao furo e da serragem extraída. A profundidade desta perfuração foi controlada com uma escala, e não ultrapassou metade do diâmetro do poste estimado (para a maioria dos postes em torno de 10 cm a 22 cm de raio). Após a perfuração fecharam-se os furos com tampas de plástico com rosca, conforme Figura 6.



FIGURA 6 - VEDAÇÃO COM TAMPAS DE PLÁSTICO
FONTE: A autora (2007)

Com os postes devidamente registrados e fisicamente analisados, iniciou-se o estudo para a definição da amostragem de campo.

3.1.5 Amostragem de campo

Para a definição da amostragem de campo foi utilizado um sistema de classificação de risco desenvolvido por Campos e Sales (2000), a partir de estudos efetuados por Deón (1989). Neste conceito de classes de risco os postes de eletrificação foram incluídos na classe de risco 4.

Após visita de campo e estudos bibliográficos, foi necessário subdividir a Classe de Risco 4 em duas subclasse, para melhor determinar a amostragem. Nessa subdivisão foram consideradas várias situações, como a agressividade do meio, a influência do solo, tipos de cobertura vegetal, geomorfologia e presença de aves destruidoras de poste, conforme apresentado a seguir.

Classe 4.1 – Poste instalado em áreas com formações pioneiras de influência marinha (restinga).

Classe 4.2 – Poste instalado em áreas com Floresta Ombrófila Densa Submontana e Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas.

Também foi utilizada a planilha de previsão de serviço do ano de 2007, fornecida pela equipe de manutenção da COPEL, do Município de Paranaguá, onde constavam as previsões de trocas de postes para o ano de 2007.

Os postes selecionados para a pesquisa encontram-se entre os postes de nº 62 até o nº. 120, inclusive, sendo que a numeração inicia-se na região de Fortaleza indo até a Vila das Encantadas.

Na ausência de placa de identificação dos postes entre os de nº. 62 até nº. 120, foram realizadas análises químicas qualitativas por processo colorimétrico. Esta análise foi efetuada conforme NBR- 6232 “Penetração e Retenção de Preservativo em postes de Madeira - MB-790”.

Análise Colorimétrica

Para a análise colorimétrica foram necessárias duas soluções. Para preparar a primeira solução foram dissolvidos 10 g de álcool polivinílico em 1 litro de água quente, resfriada e filtrada. Em seguida foi adicionado 50 ml de ácido clorídrico concentrado e a solução resultante armazenada em um frasco de vidro.

Para o preparo da segunda solução foi utilizada uma massa de 20 g de KI (iodeto de potássio) e dissolvida em 100 ml de água destilada. Em seguida usou-se uma massa de 12,7 g de iodo metálico e dissolvido na solução de iodeto de potássio. Posteriormente a solução resultante foi transferida para um balão volumétrico de 1000 ml e completada com água destilada.

A presença de boro foi detectada após a pulverização da primeira solução de álcool polivinílico na superfície do poste supostamente tratado, e após esta solução estar seca, foi pulverizada a segunda solução sobre o mesmo local. A reação química resultante com boro presente na madeira apresentou na superfície coloração azulada, permitindo a classificação dos postes quanto ao tipo de tratamento recebido na usina (CCB, CCA ou nenhum / outro, não contendo boro).

Na amostragem de campo realizada, dos 52 postes disponíveis, somente 24 dos postes foram incluídos na amostragem da pesquisa, pois para os estudos efetuados, fora previamente definidos que a retirada de corpos-de-prova só seria efetuada em postes que receberam tratamento com CCA e que se tratassem de postes originalmente instalados na ilha.

A razão da escolha de postes tratados com CCA está no fato que todos os postes instalados na época da instalação da usina de geração de energia elétrica a diesel foram tratados com CCA, conforme informações fornecidas pela gerência da Copel.

Não foram incluídos no estudo 28 dos postes devido a vários fatores, pelas justificativas apresentadas na Tabela 3.

TABELA 3 – JUSTIFICATIVA E QUANTIDADE DE POSTES NÃO INCLUÍDOS NO ESTUDO

TIPO DE POSTE	QUANTIDADE
Poste que não recebeu tratamento	1
Postes tratados com CCB	5
Postes tratados com CCA, mas substituídos e não mais disponíveis	6
Postes instalados após a implantação da linha original	9
Perdas de amostras devido à deterioração avançada	3
Dificuldade de acesso.	3
Postes roubado (Poste roubado após ter sido removido para substituição)	1
TOTAL	28

FONTE: A autora (2007)

3.1.6 Coletas de Corpos - de - Prova para Análises Químicas

Para avaliação química quantitativa da retenção de produtos preservantes nos postes, as amostras foram retiradas com um extrator especial, com diâmetro interno de 18 mm, acoplado em uma furadeira portátil a bateria. Este extrator foi desenvolvido e fornecido pela empresa Montana Química S.A. para a empresa ICOTEMA – Indústria Comércio de Tratamento de Madeiras Ltda. que, por sua vez, emprestou para o LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, para retirada dos corpos-de-prova, conforme Figura 7.



FIGURA 7 – BROCA PARA RETIRADA DE CORPO –
DE – PROVA DA MADEIRA SECA
FONTE: A autora (2007)

As amostras foram retiradas dos seguintes postes conforme apresentados no Quadro 3.

N° Postes	62 ₁	64 ₂	70 ₃	73 ₄	74 ₅	76 ₆	77 ₇	79 ₈	80 ₉	82 ₁₀	84 ₁₁	87 ₁₂
	98 ₁₃	99 ₁₄	100 ₁₅	102 ₁₆	103 ₁₇	105 ₁₈	108 ₁₉	109 ₂₀	111 ₂₁	112 ₂₂	119 ₂₃	120 ₂₄

QUADRO 3 - POSTES ESTUDADOS NA AMOSTRAGEM DE CAMPO

NUMERAÇÃO SUBSCRITA: REFERÊNCIA NUMÉRICA ADOTADA PELA AUTORA

FONTE: A autora (2007)

Todas as amostras foram retiradas no nível do diâmetro à altura do peito (DAP), ou seja, a 1,30 m da linha do solo, conforme Figura 8, e de cada poste foram retiradas duas amostras sendo uma na posição sul e outro na posição norte. Para tanto as posições norte e sul foram determinadas com a utilização de uma bússola portátil.



FIGURA 8 - ETAPAS PARA RETIRADA DOS CORPOS - DE - PROVA
FONTE: A autora (2007)

Cada amostra retirada foi embalada individualmente em papel alumínio, devidamente identificada e guardada em sacos plásticos para análise química, Figura 9.

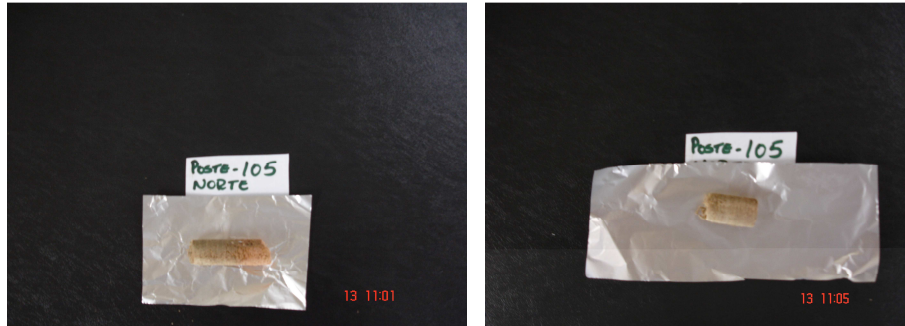


FIGURA 9 - AMOSTRAS PARA ANÁLISE QUÍMICA
FONTE: A autora (2007)

Nos orifícios de onde foram retiradas as amostras para análise, inseriu-se baguetes secas de madeira tratadas com CCB. Porém, antes dos baguetes serem inseridos, estes foram lubrificados com um produto composto de emulsão de polímeros estirenados, água, agentes tensoativos, minerais inertes, agentes bactericidas e fungicidas, Figura 10.



FIGURA 10 - ETAPAS PARA VEDAR OS BURACOS APÓS A RETIRADA DE AMOSTRAS
FONTE: A autora (2007)

Em seguida, as amostras foram encaminhadas para o laboratório químico para que se procedessem as respectivas análises.

Para quantificar a concentração dos componentes do CCA (Cobre, Cromo, Arsênio) nas amostras foi utilizada a técnica de espectroscopia de absorção atômicas realizadas no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do IPT - São Paulo.

3.1.7 Coletas de Corpos - de - Prova para Análises Anatômicas

Com o propósito de identificar e/ou confirmar a espécie florestal utilizada na manufatura dos postes, um estudo de identificação foi elaborado observando-se as características anatômicas da madeira, no Laboratório de Anatomia da Madeira e Qualidade da Madeira (LANAQM) da Universidade Federal do Paraná.

Para este estudo foram retiradas amostras de quatro postes, n° 86, 101, 119 e 120 (número de identificação da Copel) disponíveis para retirada de corpos – de - prova de acordo com dimensões necessárias para as análises, conforme Figura 11.



a) b) c) d)
 FIGURA 11 - POSTES PARA ANÁLISES ANATÔMICAS: a) N° 86, b) 101, c) 119 e d) 120
 FONTE: A autora (2007)

A coleta acima se limitou à obtenção de seções transversais dos postes, tendo em vista a inviabilidade de obtenção por meio de trado de incremento, em decorrência da alta friabilidade da madeira tratada. A descrição da estrutura microscópica do lenho foi realizada a partir da análise dos cortes histológicos na madeira, conforme a descrição a seguir:

Os cortes histológicos do lenho foram executados conforme recomendações efetuadas por Muñiz e Coradin (1991), que consistem no preparo dos 3 planos de estudo, nos blocos de madeira. O amolecimento dos blocos foi obtido com fervura em água destilada por 1 hora.

Para a confecção dos cortes de orientação transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial, foi utilizado um micrótomo de deslizamento modelo Spencer AO n° 860, com espessuras variando de 18 a 25 micrômetros. As colorações destas seções anatômicas foram executadas seguindo o método de dupla coloração, com safranina e astrablue sendo posteriormente desidratadas em série alcoólica ascendente, colocadas em acetato de butila e montadas em lâminas permanentes com entellan.

Para a descrição das características anatômicas da madeira foi utilizado um Microscópio Óptico Carl Zeiss, por meio do qual se observaram os aspectos anatômicos da madeira.

3.1.8 Análises dos Agentes Deterioradores

Os postes presentes na área de estudo desta pesquisa, e que apresentaram algum tipo de deterioração, foram classificados de acordo com o tipo de deterioração apresentada.

Poste sob avaliação visual referente à existência de fungos de podridão parda ou mole, bem como o grau de deterioração da madeira, é ilustrado na Figura 12.



FIGURA 12 - POSTES ATACADOS COM PODRIDÃO MOLE OU PARDA
FONTE: A autora (2007)

A madeira atacada por fungos de podridão mole, quando úmida, apresentava a superfície amolecida e facilmente removida com estilete; quando seca a madeira apresentava uma camada superficial escurecida e várias fissuras no sentido da grã. A madeira atacada por fungos de podridão parda apresentava uma coloração parda e ao contrário da podridão mole seu ataque apresentava-se em porções mais profundas da madeira.

Os ataques e o grau de deterioração de insetos, tais como cupins e formigas, foram também avaliados visualmente.

A distinção das características de ataque por cupins subterrâneos ou de solo das de outros insetos, foi feita observando-se a existência de uma fina camada externa na peça que estava sendo atacada que, quando forçada por um objeto pontiagudo, se rompia com facilidade, conforme apresentada na Figura 13.



FIGURA 13 - POSTES ATACADOS POR CUPINS DE SOLO
FONTE: A autora (2007)

Outro método utilizado para avaliar o ataque por cupins de solo foi por percussão, com a ação de suaves batidas, com um martelo, na superfície da madeira suspeita de estar atacada, pois se utilizando este procedimento é possível ouvir o som característico de madeira oca, típico de madeira atacada por cupins.

O diagnóstico de ataques de pica-paus nos postes de madeira foi efetuado visualmente, conforme Figura 14.



FIGURA 14 - POSTES ATACADOS POR PICA-PAUS
FONTE: A autora (2006)

3.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Com a finalidade de avaliar se a retenção média amostral diferiu daquela ditada como mínima pela NBR 8456, (de 9,6 kg de ingredientes ativos por metro cúbico de madeira tratada) aplicou-se o teste t de Student, sendo um teste paramétrico, muito rigoroso e adequado para pequenas amostras.

Consideraram-se as hipóteses infracitadas (H1) e suas respectivas hipóteses de nulidade, estas últimas (H0) referindo-se a inexistência de diferença significativa no mesmo nível de probabilidade testado, de 95% de probabilidade dos resultados serem verdadeiros. Por outro lado H1 significaria que a retenção média amostral diferia da retenção padrão normatizada (diferente de 9,6 kg/m³) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984).

Para as comparações entre os grupos foi aplicada a prova de Fisher, um teste não paramétrico que independe das distribuições normais, extremamente úteis para analisar dados discretos, quando o tamanho das duas amostras independentes é pequeno. Para efetuar estas comparações foram elaboradas tabelas de contingência 2 x 2 a 5% de confiabilidade.

As hipóteses testadas e respectivas hipóteses de nulidade (H₀) foram as seguintes:

a) Análise do ataque de fungos, cupins, formigas e pica paus por retenção total, abaixo e acima da especificada pela norma como retenção mínima;

H_{0a}: Não existe diferença significativa entre os níveis de retenção para o ataque de fungos

H_{1a}: Existe diferença significativa entre os níveis de retenção para o ataque de fungos.

H_{0b}: Não existe diferença significativa entre os níveis de retenção para o ataque de cupins

H_{1b}: Existe diferença significativa entre os níveis de retenção para o ataque de cupins.

H_{0c}: Não existe diferença significativa entre os níveis de retenção para o ataque de formigas

H1_c: Existe diferença significativa entre os níveis de retenção para o ataque de formigas.

H_{0d}: Não existe diferença significativa entre os níveis de retenção para o ataque de pica-paus

H1_d: Existe diferença significativa entre os níveis de retenção para o ataque de pica-paus

b) Análise do ataque de fungos, cupins e formigas por retenção específica acima e abaixo da norma;

H_{0a}: Não existe diferença significativa entre os níveis de retenção de cobre para o ataque de fungos.

H1_a: Existe diferença significativa entre os níveis de retenção de cobre para o ataque de fungos

H_{0b}: Não existe diferença significativa entre os níveis de retenção de arsênio para o ataque de cupins.

H1_b: Existe diferença significativa entre os níveis de retenção de arsênio para o ataque de cupins.

H_{0c}: Não existe diferença significativa entre os níveis de retenção de arsênio para o ataque de formigas.

H1_c: Existe diferença significativa entre os níveis de retenção de arsênio para o ataque de formigas.

c) Análise do ataque de fungos, cupins, formigas, e pica-pau por cobertura vegetal e fendilhamento na madeira.

H_{0a}: Não existe diferença significativa entre as áreas com diferentes tipos de cobertura vegetal e fendilhamento para postes atacados por fungos

H1_a: Existe diferença significativa entre as áreas com diferentes tipos de cobertura vegetal e fendilhamento para postes atacados por fungos.

H_{0b}: Não existe diferença significativa entre as áreas com diferentes tipos de cobertura vegetal e fendilhamento para postes atacados por cupins

H1_b: Existe diferença significativa entre as áreas com diferentes tipos de cobertura vegetal e fendilhamento para postes atacados por cupins.

H_{0c} : Não existe diferença significativa entre as áreas com diferentes tipos de cobertura vegetal e fendilhamento para o ataque de formigas.

H_{1c} : Existe diferença significativa entre as áreas com diferentes tipos de cobertura vegetal e fendilhamento para o ataque de formigas.

H_{0d} : Não existe diferença significativa entre as áreas com diferentes tipos de cobertura vegetal e fendilhamento, para postes atacados por pica-paus.

H_{1d} : Existe diferença significativa entre as áreas com diferentes tipos de cobertura vegetal e fendilhamento, para postes atacados por pica-paus.

Para essas análises utilizou-se o programa Excell.

Os resultados obtidos pelos testes de hipóteses, a 95% de probabilidade de serem verdadeiros são apresentados de forma resumida no Quadro 4.

VARIÁVEL TESTADA	FUNGO	FORMIGA	PICA-PAU	CUPIM
Retenção Específica (Cu e/ou As)	sim	sim	não	sim
Retenção Total (CCA)	sim	sim	sim	sim
Cobertura Vegetal	sim	sim	sim	sim
Fendilhamento	sim	sim	sim	sim

QUADRO 4 - RESUMO DAS HIPÓTESES TESTADAS A 95% DE CONFIABILIDADE
 FONTE: A autora (2008)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 POSTES DE MADEIRA

Na ilha do Mel estão instalados 292 postes para distribuição de energia elétrica, sendo 22 deles de fibra de vidro. O material avaliado nesta pesquisa constou, portanto, de 270 postes de madeira, distribuídos em diferentes sítios, com as variações de nichos ecológicos em que os postes foram instalados, incluindo época de instalação, tempo de uso, produto utilizado, método de preservação e situação em que se encontram.

Dos 28 postes de madeira que não entraram na amostragem de campo deste trabalho, 1 poste foi identificado como poste de madeira não tratada e 5 tratados com o produto preservativo CCB, sendo o primeiro a principal razão para que os postes de madeira instalados na Ilha do Mel apresentassem baixa vida útil; o segundo não são tão bem fixados à madeira quanto ao produto preservativo CCA e, portanto, ambos os tipos de postes foram excluídos do rol de postes a serem analisados, evitando o mascaramento dos resultados para os postes alvo, ou seja, postes tratados com o produto CCA, supostamente o único tipo instalado na Ilha do Mel.

Em função das dificuldades encontradas no levantamento de informações não foi possível obter qualquer histórico, ou informações 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 trabalho. Esta indisponibilidade de documentos pela concessionária, trouxe grande prejuízo às conclusões e recomendações do presente trabalho e, conseqüentemente, ao prolongamento da vida útil dos postes de madeira na Ilha do Mel.

4.2 ANÁLISES ANATÔMICAS

Os resultados das análises anatômicas das amostras de madeira dos postes indicaram que todos pertencem ao gênero *Eucalyptus* da espécie *grandis*, da família

Myrtaceae. A madeira dessa espécie, ilustrada pelas microfotografias tomadas na madeira dos postes 86, 101, 119 e 120, a Figura 15, apresenta a seguinte descrição anatômica:

Madeira de cerne róseo-claro, alburno distinto, bege levemente rosado, grã direita à inclinada, textura fina a média, pouco brilho, macia ao corte, com cheiro e gosto imperceptíveis.

Vasos exclusivamente solitários; disposição diagonal; numerosos a muito numerosos; médios a pequenos; placa de perfuração simples; pontuações intervasculares pequenas a médias, alternas, ovaladas a circulares, guarnecidas; tilos presentes; pontuações radiovasculares simples, arredondadas a alongadas, pequenas.

Fibrotraqueóides muito curtas a curtas em sua maioria; paredes estreitas a médias. Parênquima axial paratraqueal vasicêntrico escasso, com 2 a 4 células de largura, formando confluências curtas e oblíquas; seriado de 2 a 9 células por série.

Raios não-estratificados; extremamente baixos, unisseriados e eventualmente localmente bisseriados; homocelulares de células procumbentes; finos; substância tanífera presente.

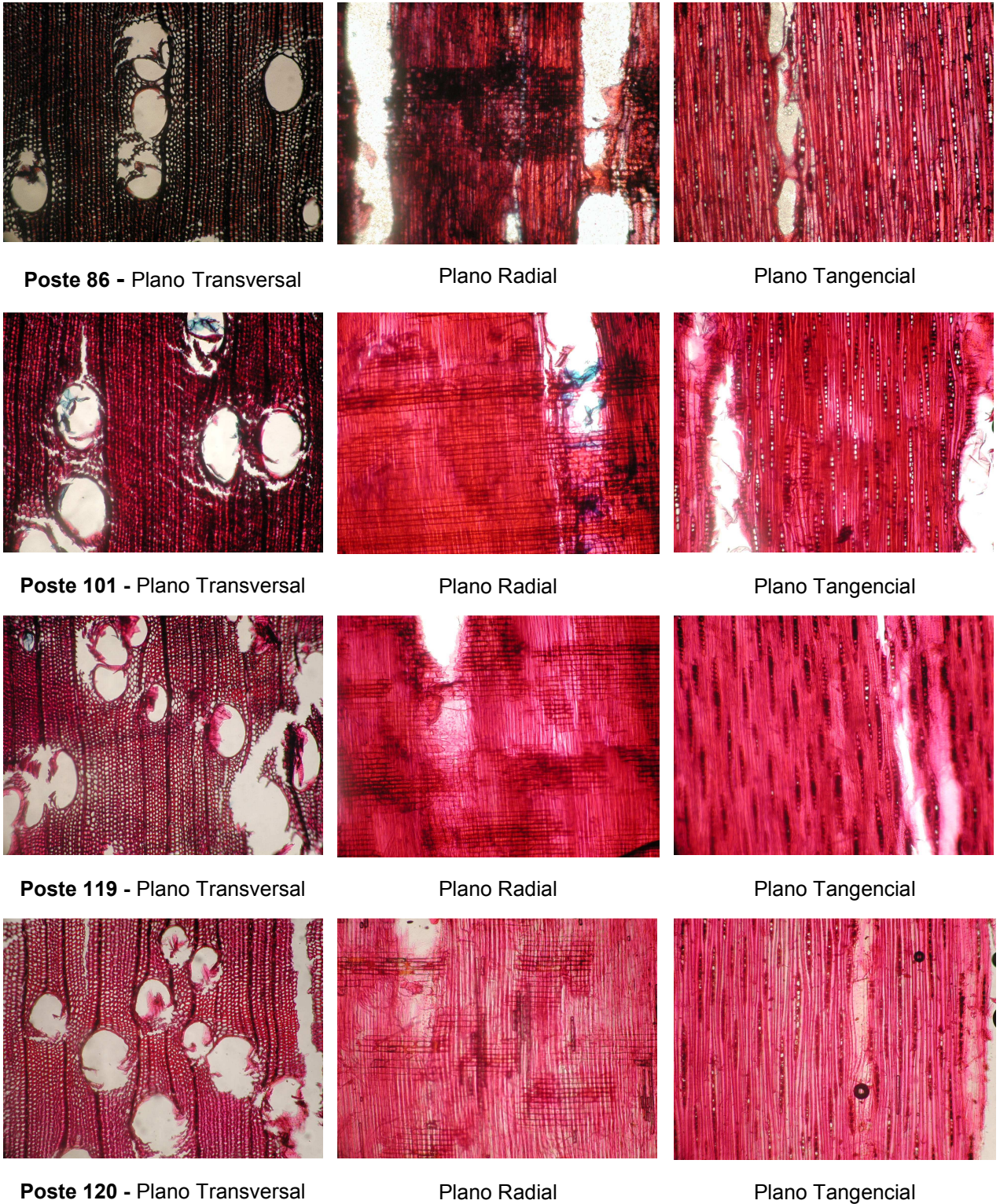


FIGURA 15 – MICROGRAFIAS TOMADAS DURANTE A IDENTIFICAÇÃO DA ESPÉCIE DE MADEIRA POR SUAS CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS

FONTE: A autora (2007)

O resultado encontrado atende a norma NBR 8456 (1984), que especifica para redes de distribuição de energia elétrica, madeiras roliças de eucalipto das espécies: *Corymbia citriodora* (anteriormente denominado *Eucalyptus citriodora*),

Eucalyptus. alba, Eucalyptus tereticornis, Eucalyptus rostrata, Eucalyptus paniculata, Eucalyptus Eucalyptus botryoides, Eucalyptus saligna e Eucalyptus grandis.

4.3 ANÁLISES QUÍMICAS

O laudo relativo à análise química da madeira sobre as retenções do preservante CCA nas amostras dos postes em serviço na Ilha do Mel, encontra-se no Anexo 2 deste trabalho.

Verificando-se as retenções de cobre, 75% dos postes, da parcela de 50% que apresentaram retenções menores que os normatizados, variam entre 0,4 kg/m³ e 1,73 kg/m³, e 100% das amostras apresentaram quantidades menores de cromo, entre 0,8 kg/m³ e 5,5 kg/m³.

Salienta-se que o valor mínimo de preservante hidrossolúvel CCA recomendado, para postes novos, pela NBR 8456 (1984) é de 9,6 kg i.a/m³ (ingrediente ativo por metro cúbico de madeira tratada); 1,74 kg/m³ para o elemento cobre; 1,57 kg/m³ e para o elemento arsênio e 6,29 kg/m³ para o elemento cromo.

As amostras dos postes com valores de retenção total menor do que o normatizado, que representam metade dos postes analisados, apresentou quantidades menores de arsênio e de cromo, conforme apresentado na Tabela 3.

Para fins de análise comparativa entre as diferentes retenções do preservativo CCA e de seus constituintes, incluiu-se também na Tabela 4 a presença de agentes biológicos xilófagos e/ou de fendilhamento na madeira, por poste analisado.

TABELA 4 - RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DOS POSTES

POSTE		VEGETAÇÃO		PRESENÇA DE AGENTES XILÓGAGOS / DEFEITO					RETENÇÃO DE INGREDIENTE ATIVO (kg/ m ³)			
Nº. DE REFERÊNCIA DA AUTORA	Nº. IDENTIFICAÇÃO DA COPEL	RESTINGA	FLORESTA	PICA-PAUS	FUNGOS	CUPINS	FORMIGAS	FENDILHAMENTO	TOTAL	COBRE	CROMO	ARSENICO
1	62	X			X	X	X	X	6,9	1,5	4,4	1,0
2	64	X				X	X	X	14,4	2,6	9,1	2,7
3	70	X							14,8	2,5	9,7	2,6
4	73	X				X		X	9,7	2,0	6,3	1,4
5	74	X							8,1	1,8	5,0	1,3
6	76	X			X	X		X	2,2	0,5	1,0	0,7
7	77	X						X	8,8	2,0	5,5	1,3
8	79	X			X	X	X	X	1,7	0,4	0,9	0,4
9	80	X			X	X			1,7	0,4	0,8	0,5
10	82	X			X				4,4	1,0	2,3	1,1
11	84	X			X				2,4	0,7	1,1	0,6
12	87	X			X	X		X	7,0	1,6	4,4	1,0
13	98		X		X	X	X	X	12,0	2,6	7,6	1,8
14	99		X	X		X	X	X	10,2	1,6	7,0	1,6
15	100		X	X		X			12,1	2,6	7,6	1,9
16	102		X		X	X		X	7,9	1,8	5,0	1,1
17	103		X	X	X	X	X	X	7,5	1,7	4,8	1,0
18	105		X	X		X		X	10,3	2,2	6,6	1,5
19	108		X	X		X		X	12,2	2,2	7,8	2,2
20	109		X	X		X		X	8,7	2,0	5,4	1,3
21	111		X	X		X		X	11,0	2,4	6,8	1,8
22	112		X	X		X		X	13,6	2,6	8,4	2,6
23	119		X	X		X	X	X	14,4	2,0	6,7	1,7
24	120		X	X		X	X	X	14,8	3,0	9,3	2,5

FONTE: A autora (2007)

Pela análise de retenção do preservativo CCA na madeira, ou de seus constituintes isolados, não poderiam ser levantadas as razões que levaram os postes apresentarem retenções abaixo do normatizado, mas destes na solução

preservativa utilizada no tratamento da madeira, tendo em vista que para que ocorra uma melhor fixação da solução preservativa do CCA na madeira, segundo Smith e William (1973), citado por Lepage (1986) a maior fixação do cobre e arsênio é obtida nas seguintes relações de sais: Cr/As maior / igual a 1,9 e Cr/Cu maior / igual 1,7. Infelizmente, para análise da madeira já instalada, estas relações não podem mais serem detectadas, tendo em vista que a lixiviação dos elementos em excesso nestas relações já ocorreram.

Walace (1968), citado por Nicholas (1973), relata que testes de lixiviação mostraram que o arsênio, e possivelmente o cobre podem ser perdidos por lixiviação quando, a proporção de cobre mais arsênio para cromo for superior a 1,5 ($(Cu + As) / Cr > 1,5$).

Em contrapartida, se nessas proporções entre os elementos constituintes do CCA, o cromo irá garantir máxima fixação do cobre e do elemento arsênio, ele deverá estar com algum excesso, o qual será facilmente lixiviado da madeira em uso.

Os resultados das análises químicas mostram que todos os postes atendem a proporção de $(Cu + As) / Cr$ menores que 1,5, conforme Tabela 4. No entanto, na existência de excesso de cromo na solução, esta já haveria sido lixiviado até o momento da coleta das amostras para a sua determinação.

Em pesquisas efetuadas por Freitas (2002), o autor concluiu que as perdas de CCA-A e de seus componentes, em estacas de Pinus, após 21 anos de exposição em campo de apodrecimento, está relacionada de forma direta com a retenção inicial do produto. Afirma ainda que dentre os componentes do CCA tipo A, as perdas ocorreram de forma diferenciada, causando um desbalanceamento dos produtos que remanescem na madeira tratada. Contudo, como já citado anteriormente, a fixação dos princípios ativos do CCA é relacionada com o balanço químico da solução utilizada. Por consequência, os elementos químicos não fixados são, posteriormente, lixiviados da madeira.

Deve-se observar que não foi possível resgatar os valores de retenção inicial para poder compará-los, 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, e a deterioração prematura em decorrência da falta de proteção dada pelo tratamento efetuado.

Da mesma forma à adotada para auxiliar na análise comparativa entre as diferentes retenções do preservativo CCA e de seus constituintes, a Tabela 5 inclui a presença de agentes biológicos xilófagos e/ou de fendilhamento na madeira, observados nos postes avaliados e suas relações Cu+As/Cr, Cr/As e Cr/Cu.

TABELA 5 – RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICAS S DOS POSTES ANALISADOS E SUAS RELAÇÕES ENTRE OS INGREDIENTES ATIVOS DO CCA

Ident.da Copel	Nº. Ref. da autora	Presença de agentes xilófagos/defeitos					Relações		
		Pica-paus	Fungos	Cupins	Formiga	Fend.	Cu+As/Cr	Cr/As	Cr/Cu
62	1		X	X	X	X	0,6	4,4	2,9
64	2			X	X	X	0,1	3,7	3,5
70	3						0,5	3,7	3,9
73	4			X		X	0,5	4,5	3,2
74	5						0,6	3,9	2,8
76	6		X	X		X	1,2	1,4	2,0
77	7					X	0,6	4,2	2,8
79	8		X	X	X	X	0,9	2,3	2,3
80	9		X	X			1,1	1,6	2,0
82	10		X				0,9	2,1	2,3
84	11		X				1,2	1,8	1,6
87	12		X	X		X	0,6	4,4	2,8
98	13		X	X	X	X	0,6	4,2	2,9
99	14	X		X	X	X	0,5	4,4	4,4
100	15	X		X			0,6	4,0	2,9
102	16		X	X		X	0,6	4,6	2,8
103	17	X	X	X	X	X	0,6	4,8	2,8
105	18	X		X		X	0,6	4,4	3,0
108	19	X		X		X	0,6	3,6	3,6
109	20	X		X		X	0,6	4,2	2,7
111	21	X		X		X	0,6	3,8	2,8
112	22	X		X		X	0,6	3,2	3,2
119	23	X		X	X	X	0,6	3,9	3,4
120	24	X		X	X	X	0,6	3,7	3,1
		n =10	n=10	n= 19	n=8	n=18			

FONTE: A autora (2007)

Dos postes analisados quimicamente, a variação da retenção em valores absolutos, representada na Figura 16, pode estar associada a vários fatores, entre eles e 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 claramente visualizada graficamente, observando-se pontos específicos com altas e baixas retenções, apresentados de forma ordenada segundo a distribuição dos postes, sob os números de referência 1 a 24 na rede de energia elétrica estudada.

De forma combinada, o gráfico apresentado na Figura 16 apresenta uma imagem da Ilha do Mel com a distribuição dos postes de madeira tratados, em posição geográfica aproximada à da real, representados pelas colunas, sendo que estas colunas representam os valores de retenção total e retenções para os elementos químicos Cr, Cu e As, por poste tratado. Ainda, complementando a Figura 16, 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.

Ressalta-se que os agentes não estão apresentados em sua total frequência como nas Tabelas 4 e 5, não significando que, com exceção para o caso dos picapaus, eles não tenham ocorrido fora dos intervalos indicados, mas que sua ocorrência aconteceu em menor frequência de ataque.

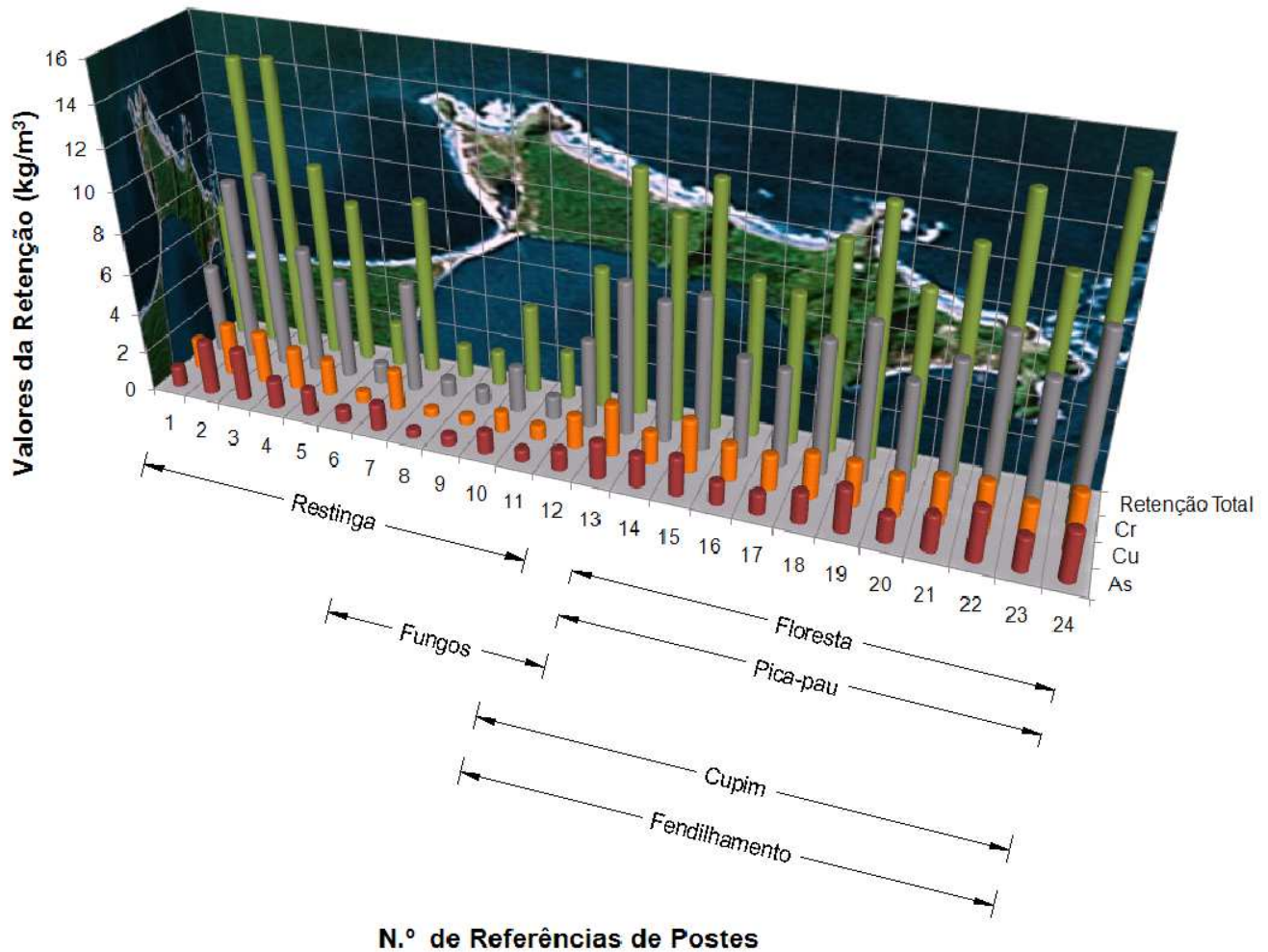


FIGURA 16 - RESULTADO DAS ANÁLISES QUÍMICAS (kg./m³) E INDICAÇÕES SOBRE O TIPO DE COBERTURA VEGETAL E DE INTERVALOS NA REDE DE ENERGIA ELÉTRICA COM INDICAÇÕES DA PREDOMINÂNCIA DE INCIDÊNCIAS DOS AGENTES XILÓFAGOS

FONTE: A autora (2008)

Um fato interessante foi observado com os resultados das análises de retenções químicas, representados graficamente na Figura 16, onde, com exceção do poste com n.º. de referência 7, os postes com número de referência 6 a 9 apresentam retenções gradativamente menores, com súbita queda das retenções nos postes número 8 e 9 e subseqüentemente aumentando gradativamente os valores da retenção até o poste 13 para então entrar na faixa de variação aparentemente normal.

A variação é perfeitamente normal e aceitável dentro das expectativas do presente trabalho, considerando-se as variações de micro situações, 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 de referência 8 e 9 estão localizados próximos do istmo. O istmo na sua parte mais estreita tem hoje cerca de 4 m de largura a partir da linha da maré alta. Foi constatado que o fenômeno erosivo ocorre preferencialmente durante as conjunções de maré de lua (nova e cheia) e marés meteorológicas originadas pela passagem de frentes frias, conhecidas popularmente como ressacas. A água já cobriu o istmo por diversas vezes, durante algumas ressacas (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 1996).

Analisando-se graficamente a Figura 16, enquanto o poste de número de referência 7 tem maiores valores de retenções total e parcial, considerando-se cada elemento químico avaliado e justificado pela situação diferenciada / protegida quanto a exposição de fatores que promovam a lixiviação, em relação aos demais, o poste de número 8 é o último poste instalado antes dos cabos submarinos que atravessam o istmo enquanto o poste número 9 é o primeiro após a saída dos cabos submarinos. Portanto, ambos na situação mais crítica quanto à exposição aos fatores que poderiam causar a depleção de princípios ativos do preservativo CCA, impregnado da madeira tratada.

As condições de baixa retenção, alto teor de umidade, solo arenoso e nível de lençol freático permanentemente alto favorece ao ataque de fungos, como observado ocorrer nos postes de número 6 ao 12.

Como já exposto anteriormente, 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 tenham apresentado alta tolerância ao CCA, creosoto, pentaclorofenol e ao TBTO.

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

4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Com o intuito de representar sucintamente os resultados quantitativos da análise química obtidos experimentalmente foram aplicados testes estatísticos e os resultados são apresentados e discutidos a seguir.

4.4.1. Teste t de Student

O teste de t Student foi aplicado para avaliar se a retenção média normalizada difere da retenção média obtida das amostras. Para essa análise foram testadas as hipóteses de interesse deste estudo, conforme descrito a seguir.

O valor tabelado da distribuição “t”, considerando um nível de significância bicaudal para $\alpha = 0,05$ é de $\pm 2,069$. Isso significa que valores da estatística de t calculados que estejam entre $-2,069$ e $+2,069$ estão na região de aceitação (aceita H_0) e valores calculados menores que $-2,069$ e ou maiores de $2,069$ estarão na região de rejeição (rejeita H_0).

O valor do t calculado é igual a $-0,8907$ e como esse valor está no intervalo de $-2,069$ e $+2,069$, ele encontra-se na região de aceitação da hipótese formulada, portanto a retenção média amostral encontrada não é estatisticamente diferente da retenção mínima normalizada, mesmo que em valores absolutos sejam diferentes, de acordo com a Figura 17.

Em termos de p valor, o resultado do teste ($-0,8897$) resulta em p valor de $0,1914$. Logo, $P \text{ valor} > \alpha$ para α igual a $0,05$ conforme Tabela 6.

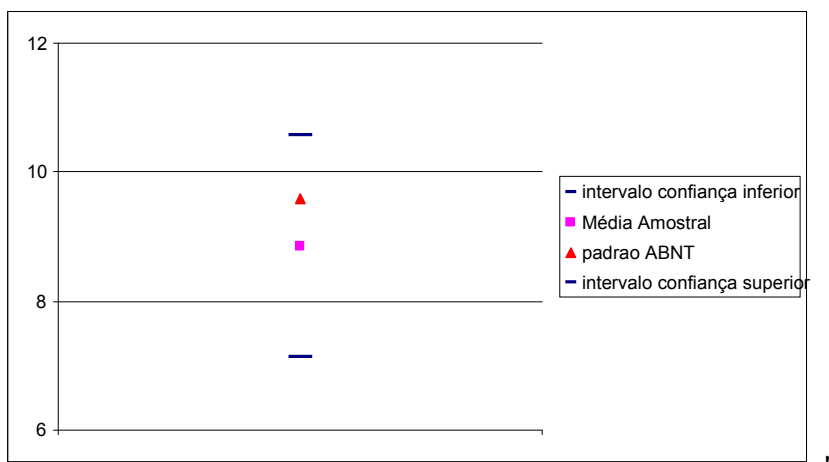


FIGURA 17 - GRAFICO DO TESTE T PARA 1 VARIÁVEL
 FONTE: A autora (2008)

TABELA 6 - RESULTADO DO TESTE T PARA 1 VARIÁVEL

Padrão ABNT	9,6 kg/m ³
Média amostral	8,86 kg/m ³
Desvio Padrão (δ)	4,084
Intervalo de Confiança Superior	10,58
Intervalo de Confiança Inferior	7,13

FONTE: A autora (2008)

4.4.2 Teste de Fisher

Procedeu-se o Teste de Fisher para analisar as seguintes variáveis, relacionadas aos agentes deterioradores xilófagos.

4.4.2.1 Análise do ataque por cupim

Observou-se que em 100% os postes instalados na área de floresta foram atacados por cupins subterrâneos. Destes, somente 33% apresentavam retenção de arsênio inferior ao valor considerado mínimo pela norma (1,57 Kg/m³). Na área da restinga 58,33% dos postes sofreram ataques por cupins, sendo que 75% deles apresentavam retenções inferiores ao mínimo normatizado.

O ataque de fungos ocorreu em 41,66% dos postes instalados, contrariando as expectativas iniciais, baseadas na informação da literatura, tendo em vista os resultados obtidos por Richardson (1993), o qual mostrou que os cupins subterrâneos infestam preferencialmente a madeira já degradada por fungos. Por outro lado, estes resultados são compatíveis com os de Bueno (2001) os quais relatam que o ataque por cupins subterrâneos, e somente eles, tem sido a maior causa de substituição de postes de madeira na Elektro Eletricidade e Serviços no Estado de São Paulo.

Para o estudo efetuado neste trabalho, aplicou-se o teste estatístico a fim de se verificar qual das hipóteses seria rejeitada na análise do ataque de cupins: se a do tipo de cobertura vegetal ou a presença de fendilhamento na madeira, conforme Tabelas 7e 8 respectivamente.

TABELA 7: ANÁLISE DO ATAQUE DE CUPIM POR COBERTURA VEGETAL

	c/ cupim	s/cupim	Total	P valor	α	Resultado
Restinga	7	5	12			
Floresta	12	-	12			
Total	19	5	24	0,0186	0,05	Pvalor<α

FONTE: A autora (2008)

Tendo o P valor igual a 0,0186 e α igual a 0,05, verifica-se, portanto que existe diferença significativa entre os tipos de área para o ataque de cupins.

TABELA 8: ANÁLISE DO ATAQUE DE CUPIM POR FENDILHAMENTO

	c/ cupim	s/cupim	Total	P valor	α	Resultado
c/ fend.	17	1	18			
s/ fend.	2	4	6			
Total	19	5	24	0,0064	0,05	Pvalor<α

FONTE: A autora (2008)

Tendo o P valor igual a 0,0064 e α igual a 0,05, verifica-se portanto que existe diferença significativa entre postes com e sem de fendilhamento no que refere-se ao para o ataque de cupins.

As respostas dos testes rejeitam a hipótese H_0 para ambos os casos, cobertura vegetal e fendilhamento.

Considerando ambos os testes efetuados, existiu diferença significativa ao ataque de cupins, tanto entre os tipos de cobertura vegetal como entre os postes com e sem fendilhamento.

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 Moreschi (2005), que relata que os cupins são favorecidos por condições de elevada umidade e são mais freqüentes 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 está presente em 75% dos postes, expondo a madeira não tratada de seu interior (cerne), de modo que o efeito do preservativo 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 ela não tivesse um tratamento adequado em termos de profundidade de tratamento, retenção e distribuição homogênea do produto preservativo.

O fato da madeira de cerne não receber tratamento adequado é bem conhecido e, conforme as afirmativas de Campos; Vianez e Mendonça (2003), existem diferenças significativas de retenção entre o cerne e alburno, o que é confirmado por Cookson (2000) citado por Oliveira, Tomasello e Silva (2005) que há dificuldade de penetração de substâncias no cerne da madeira de eucalyptus

Para os postes analisados quimicamente, com retenção total acima do valor referenciado, 91,67% apresentaram ataques por cupins. Deste total 66,67% apresentaram retenção total abaixo do valor referenciado, e sofreram ataques por cupins, ou seja, para 100% dos postes com retenção total abaixo do referenciado pela NBR 8456 da ABNT, todos apresentam retenção de arsênio menor do normalizado e 66,67% deles sofreram ataques de cupins.

O resultado observado que merece destaque nesse estudo é o esclarecimento de que a existência de fendas nos postes é um fator altamente relacionado ao ataque de cupins, pois apenas 16,66% dos postes com retenção total citados anteriormente apresentam retenção de arsênio menor que o referenciado. Entretanto, o ataque está em 91,67% deles.

Analisando os resultados estatísticos, conforme mostrado nas Tabelas 8 e 9, 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.

TABELA 9: ANÁLISE DO ATAQUE POR CUPINS POR RETENÇÃO TOTAL, ACIMA E ABAIXO DO VALOR NORMALIZADO

	c/ cupim	s/ cupim	Total	P valor	α	Resultado
Abaixo	8	4	12			
Acima	11	1	12			
Total	19	5	24	0,1398	0,05	Pvalor > α

FONTE: A autora (2008)

TABELA 10: ANÁLISE DO ATAQUE DE CUPIM POR RETENÇÃO DE ARSÊNIO, ACIMA E.ABAIXO DO VALOR NORMATIZADO

Arsênio	c/ cupim	s/ cupim	Total	P valor	α	Resultado
Abaixo	9	4	13			
Acima	10	1	11			
Total	19	5	24	0,185	0,05	Pvalor > α

FONTE: A autora (2008)

Os resultados, conforme tabelas, 9 e 10 mostram que o ataque de fato inicia-se pelo fendilhamento com profundidade que expõe o cerne e que o preservante não influencia no ataque, quando analisado pelo teste Fisher a 95 % de confiabilidade. De acordo com Eaton e Hale (1993) madeiras tratadas adequadamente com CCA, em contato com o solo, devem ter uma expectativa de vida útil de aproximadamente 30 anos. Porém, com a existência do fendilhamento, a vida útil diminui drasticamente.

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, se considerarmos que o fendilhamento expõe o material interno de alburno, talvez este com baixa retenção, e o de cerne não preservado, os cupins tem 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 retenções pobres de arsênio. Contudo este problema é passível de ser contornado, se técnicas adequadas forem utilizadas com o objetivo de evitar ou minimizar o fendilhamento e de obter o material tratado adequadamente.

4.4.2.2 Análise de ataques por 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.

Para verificar a existência de diferenças significativas entre as variáveis para o ataque de fungos, foram aplicados os testes estatísticos conforme mostrado nas Tabelas 11 e 12 respectivamente.

TABELA 11 -: ANÁLISE DO ATAQUE POR FUNGOS POR RETENÇÃO TOTAL, ACIMA EABAIXO DO VALOR NORMALIZADO

Retenção	c/ fungo	s/fungo	Total	P valor	α	Resultado
Abaixo	9	3	12			
Acima	1	11	12			
Total	10	14	24	0,0013	0,05	Pvalor < α

FONTE: A autora (2008)

TABELA 12 - ANÁLISE DO ATAQUE DE FUNGO POR RETENÇÃO DE COBRE, ACIMA E ABAIXO DO VALOR NORMALIZADO

Cobre	c/ fungo	s/ fungo	Total	P valor	α	Resultado
Abaixo	8	1	9			
Acima	2	13	15			
Total	10	14	24	0,0005	0,05	Pvalor < α

FONTE: A autora (2008)

Dessa forma, os resultados dos cálculos permitiram concluir que houve efeito significativo entre níveis de retenção total (acima e abaixo) e retenção específica (acima e abaixo) de cobre para o ataque de fungos com 95% de confiabilidade.

A observação anterior já era um resultado provável, pois de acordo com o Hunt e Garrat (1961) 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.

Sobre os resultados acima, também 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.

Analisando estatisticamente, o teste de Fisher mostrou que não há diferenças significativas entre os ataques de fungos para cobertura vegetal e para fendilhamento, conforme resultados que podem ser observadas nas Tabelas 13 e 14 respectivamente.

TABELA 13 - ANÁLISE DO ATAQUE DE FUNGO PARA COBERTURA VEGETAL

	c/ fungo	s/ fungo	Total	P valor	α	Resultado
Restinga	7	5	12			
Floresta	3	9	12			
Total	10	14	24	0,0888	0,05	Pvalor > α

FONTE: A autora (2008)

TABELA 14 - ANÁLISE DO ATAQUE DE FUNGO POR FENDILHAMENTO

	c/ fungo	s/ fungo	Total	P valor	α	Resultado
c/ fend.	7	11	18			
s/ fend.	3	3	6			
Total	10	14	24	0,3245	0,05	Pvalor > α

FONTE: A autora (2008)

Os resultados mostram que o ataque de fungos ocorrido na madeira analisada não está relacionado ao tipo de vegetação local e nem ao fato da madeira estar fendilhada ou não. Em outras palavras, quando analisado a um nível de $\alpha = 0,05$, os resultados mostram que o ataque por fungos ocorre em todas as situações em que os postes foram instalados na Ilha do Mel, sem qualquer distinção, ficando o ataque relacionado tão somente relacionado à baixa retenção do produto preservativo ou do elemento cobre.

4.4.2.3 Análise de ataques por formigas

As formigas estão presentes em 41,67% dos postes com retenção acima da normatizada e em 25% dos postes com retenção inferior ao valor mínimo ditado pela NBR 8456.

Analisando estatisticamente, o teste de Fisher mostrou que os níveis de retenção de arsênio e retenção total não influenciaram significativamente sobre o ataque de formiga, testados a $\alpha = 0,05$. Dessa forma, pode se afirmar que houve ataque desse agente independente do nível de retenção do preservativo CCA ou do elemento arsênio, conforme apresentado nas Tabelas 15 e 16.

TABELA 15 - ANÁLISE DO ATAQUE DE FORMIGA POR RETENÇÃO DE ARSÊNIO ACIMA E ABAIXO DO VALOR NORMALIZADO

Arsênio	c/ formiga	s/ formiga	Total	P valor	α	Resultado
c/ fend.	3	10	13			
s/ fend.	5	6	11			
Total	8	16	24	0,1797	0,05	Pvalor > α

FONTE: A autora (2008)

TABELA 16- ANÁLISE DO ATAQUE DE FORMIGA POR RETENÇÃO TOTAL ACIMA E ABAIXO DO VALOR NORMALIZADO

	c/ formigas	s/ formigas	Total	P valor	α	Resultado
Abaixo	3	9	12			
Acima	5	7	12			
Total	8	16	24	0,2369	0,05	Pvalor > α

FONTE: A autora (2008)

Esse comportamento já era esperado, tendo em vista às citações de Moreschil (2004) que descreve que as formigas atacam as madeiras somente em busca de abrigo e têm a capacidade de destruir tanto madeira de lenho inicial como tardio, embora elas normalmente prefiram lenhos mais moles e úmidos. Por tal razão, e pelo fato do CCA estar bem fixado à madeira e não ter ação por contato sobre as formigas, estas escavam a madeira sem ser afetadas.

Para verificar se a presença de fendilhamento no poste de madeira foi significativa para ocorrer ataque de formigas carpinteiras, foi aplicado o teste estatístico, que revelou a não existência de efeito significativo sobre o ataque de formigas, a $\alpha = 0,05$, conforme mostrado na Tabela 17.

TABELA 17 -: ANÁLISE DO ATAQUE DE FORMIGA POR FENDILHAMENTO

	c/ formiga	s/ formiga	Total	P valor	α	Resultado
c/ fend.	8	10	18			
s/ fend.	-	6	6			
Total	8	16	24	0,0595	0,05	Pvalor > α

FONTE: A autora (2008)

O resultado obtido corresponde às afirmações de Moreschi (2005), que formigas preferem madeiras mais mole em relação às mais duras. Desta forma, as fendas desenvolvidas a partir da superfície do poste, expondo a madeira não tratada de seu interior, mas de cerne e mais dura, não pareceu contribuir de forma significativa para aumentar a incidência do ataque por formigas.

Para verificar se o tipo de cobertura vegetal foi significativo para o ataque de formigas aplicou-se o teste estatístico, a $\alpha = 0,05$, apresentado na Tabela 18.

TABELA 18 - ANÁLISE DO ATAQUE DE FORMIGA POR COBERTURA VEGETAL

	c/ formiga	s/ formiga	Total	P valor	α	Resultado
Restinga	3	9	12			
Floresta	5	7	12			
Total	8	16	24	0,2369	0,05	Pvalor > α

FONTES: A autora (2008)

O resultado estatístico mostra que não há diferenças consideradas significativas para $\alpha = 0,05$ ao ataque de formigas por tipo de cobertura geral. Este resultado era esperado porque, de acordo com a literatura, as formigas ocorrem, praticamente, em todos os ambientes terrestres, exceto nos pólos. Como as formigas atacam a madeira para utilizá-la como abrigo, deve-se observar na Tabela 18, em valores absolutos, que houve menor presença de formigas na restinga do que na floresta. A região com cobertura vegetal de restinga onde os postes estão instalados está próximo do mar, ao lado da trilha e cercada de residências o que diminui a oferta de alimentos como, néctar das flores, seiva de plantas, fungos e líquidos adoçados que são excretados por certos insetos e isso poderia ser um das razões da menor presença de formigas na região.

4.4.2.4 Análise de ataques por Pica-Paus

Na pesquisa foi verificado que nenhum dos postes instalados na restinga sofreu ataque por pica-paus, mas isso ocorreu em 83,33% dos postes instalados na área do Parque Estadual com ataque severo, onde a cobertura vegetal é composta de Floresta Ombrófila Densa Atlântica das Terras Baixas (planície) e de Floresta Ombrófila Densa Sub Montanas (morros). O teste estatístico, para $\alpha = 0,05$, comprova a existência de diferenças significativa entre os tipos de floresta, embora não haveria por que efetuar-lo para tecer tal afirmativa, a qualquer nível de significância. Para tanto, basta observar os resultados sobre esta observação à Tabela 4, para ataque de pica-paus, bem como a Tabela 19, na qual o valor de $p=0$.

TABELA 19-: ANÁLISE DO ATAQUE DE PICA-PAU POR COBERTURA VEGETAL

	c/ pica-pau	s/ pica-pau	Total	P valor	α	Resultado
Restinga	-	12	12			
Floresta	10	2	12			
Total	10	14	24	0,0000	0,05	Pvalor < α

FONTE: A autora (2008)

Esse fato é concordante com Moraes (2005) que, pesquisando aves da Ilha do Mel constatou que na Floresta Ombrófila Densa Atlântica das Terras Baixas (planície) e de Floresta Ombrófila Densa Sub Montanas, há presença marcante do Pica Pau Rei. Já na região da restinga existem pica-paus, porém não atacam os postes porque estes se encontram instalados na trilha existente muito próximo do mar, onde há predominância de espécies que formam uma cobertura descontínua, raramente ultrapassando 50 cm de altura.

Analisando estatisticamente o ataque de pica-paus em postes de madeira preservada com CCA, e com níveis acima e abaixo do recomendado como mínimo pela norma técnica adotada como referência comparativa neste estudo a $\alpha = 0,05$, o teste mostrou que existem diferenças significativas entre os níveis de retenção. Portanto, que por alguma razão ainda desconhecida, postes tratados com CCA a retenções mais altas ficam protegidos do ataque de pica-paus, conforme apresentado na Tabela 20

TABELA 20 - ANÁLISE DO ATAQUE POR PICA – PAUS VERSUS RETENÇÃO TOTAL, ACIMA E ABAIXO DO VALOR NORMALIZADO

	c/ pica-pau	s/ pica-pau	Total	P valor	α	Resultado
Abaixo	2	10	12			
Acima	8	4	12			
Total	10	14	24	0,0167	0,05	Pvalor < α

FONTE: A autora (2008)

O resultado desta análise contraria os estudos de Harness e Walters (2005) e Hunt e Garrat (1962), porque para Harness e Walters (2005) uma grande variedade de produtos químicos tem sido estudada a fim de avaliar sua capacidade de prevenir ou limitar o ataque de pica-paus. O resultado obtido pelos autores os levou a concluir 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.

Nos estudos de Hunt e Garrat (1962), com postes de madeira impregnada com creosoto, concluíram que o creosoto não é impedimento para ataque ao poste por pica - paus e que não há explicação satisfatória para esse fato, tampouco um preservativo eficiente para combatê-los. Entretanto, têm-se sugerido que o produto comercial de marca Chemonithe (ammoniacal copper zinc arseniate - ACZA) demonstra alguma repelência para pica-paus (BRUCATO, 1994).

Também, em referência a uma linha de transmissão pertencente à Pennsylvania Power e Light Company, Cunningham (2000) cita que de 181 postes instalados há mais de 20 anos, em uma área conhecida por ser infestada por pica-paus e tratados com Chemonithe, somente 3 apresentaram danos mínimos.

Analisando-se os dados estatísticos do ataque de pica-paus em postes com fendilhamento, $\alpha = 0,05$, o teste mostrou que não existe diferença significativa, ou seja, que houve ataque de pica-paus independente dos postes apresentarem ou não fendilhamento, conforme apresentado na Tabela 21.

TABELA 21 - ANÁLISE DO ATAQUE DE PICA-PAU VERSUS FENDILHAMENTO

	c/ pica-pau	s/ pica-pau	Total	P valor	α	Resultado
c/ fend.	9	9	18			
s/fend.	1	5	6			
Total	10	14	24	0,1487	0,05	Pvalor > α

FONTE: A autora (2008)

Este fato contraria a literatura, tendo em vista que fatores como a presença de fendilhamento que expõem a madeira não tratada do interior dos postes aos agentes deterioradores propicia a degradação por cupins e fungos. E como fazem parte da dieta do pica-pau às larvas de insetos que estão dentro dos troncos de árvores, frutas moles, sementes, formigas e cupins, logo o fendilhamento poderia ser um facilitador para entradas desses agentes, e conseqüentemente aumento da incidência de ataques por pica-pau em busca de alimentos.

Os resultados estatísticos obtidos por meio do teste de Fisher, acima apresentados, vêm de encontro com as citações efetuadas por Harness e Walters (2005), que 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, tornando-se 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, mas que há outras razões para pica-paus atacarem a madeira: como comunicação e estocagem de alimentos, apesar do dano resultante dessas atividades serem comumente pouco significativo.

Ao contrário do efeito detectado para o preservativo CCA, que o torna promissor na proteção de postes de madeira tratada para o local de estudo, Hunt e Garrat (1961) explicam que quando os postes de madeira são atacados por pica-paus, eles fazem buracos tão grandes nas partes altas dos postes, que reduzem drasticamente a resistência da madeira, principalmente quando há vários buracos no mesmo poste.

5 CONCLUSÃO

Com base na discussão e na análise dos resultados dos postes de madeira conclui - se que:

- ✓ Os agentes mais agressivos que causaram a deterioração prematura dos postes de madeira da Ilha do Mel foram os cupins, pica-paus, fungos e as formigas.
- ✓ Os fatores que influenciam sobremaneira no ataque à madeira, pelos agentes biológicos supracitados, se relacionam a:
 - a) falta de tratamento preservativo e tratamento preservativo com CCB, ambos afetando o tempo de vida útil média dos postes, este último mais lixiviável que o preservativo CCA.
 - b) baixa retenção total ou de elementos específicos do CCA;
 - c) tipo de cobertura vegetal;
 - d) presença de fendilhamento na superfície dos postes e;
 - e) alta umidade do solo, promovendo a lixiviação e/ou a atividade de agentes que promovam a depleção dos constituintes do preservativo CCA da madeira.
- ✓ Referente à retenção do produto preservativo CCA na madeira, ou de seus componentes, os resultados permitiram verificar que existe uma variação muito elevada nas retenções, mas as causas não são conclusivas devido à inexistência de histórico dos postes analisados, ou seja, de laudos sobre a qualidade dos postes de madeira tratados, usualmente entregue pela empresa que os tratou à empresa que os adquiriu, entre outras informações de importância.
- ✓ Independentemente da retenção inicial dos postes tratados, observou-se evidente lixiviação do produto CCA e de seus constituintes nos postes instalados na região do istmo da Ilha do Mel que, pela configuração da redução ou aumento de retenção de poste para poste, é pouco provável que se trate de mera coincidência.

Especificamente sobre o ataque dos agentes deterioradores observados nos postes de madeira tratado com CCA, verificou-se existir os seguintes relacionamentos de variáveis, pelo teste de Fisher, a $\alpha = 0,05$:

- a) O ataque de cupins aos postes de madeira se relaciona diretamente proporcional à existência de postes com fendilhamento superficial, ou seja, quanto maior é a ocorrência de postes com fendilhamento, maior é a incidência de ataque por cupins;
 - b) O ataque de cupins aos postes de madeira está relacionado ao tipo de cobertura vegetal, ocorrendo em todos os postes da área de floresta e em menor frequência na área de restinga;
 - c) O ataque de fungos se relaciona inversamente à retenção total de CCA e do elemento cobre na madeira;
 - d) O ataque de pica-paus aos postes tratados se relaciona inversamente proporcional à retenção do CCA na madeira;
 - e) O ataque de pica-paus se dá exclusivamente na área com cobertura florestal, inexistindo ataque na área de restinga;
 - f) Nenhuma das variáveis analisadas foram relacionadas com o ataque de formigas carpinteiras aos postes tratados com CCA;
-
- ✓ De modo geral, os postes de madeira tratados com CCA estão, de fato, sofrendo deterioração prematura, pois é esperado que o tratamento preservativo com este produto estenda suas vidas úteis há aproximadamente 25 anos;
 - ✓ Excetuando-se o caso dos pica-paus, os demais agentes biológicos observados são comuns em grande extensão da superfície do globo terrestre, mas são impedidos de atacarem postes de madeira adequadamente tratados e mantidos em situação que não favoreça a sua instalação e proliferação;
 - ✓ Pica-paus são sérios agentes que deterioram postes e madeira tratada em países do hemisfério norte, a exemplo dos Estados Unidos da América, mas podem ser impedidos de danificarem este tipo de material em serviço, pelo uso de alguns materiais aplicados na área do poste suscetível ao seu ataque.

RECOMENDAÇÕES

No sentido de dar solução aos problemas observados no desenvolvimento deste trabalho realizado na Ilha do Mel, recomendam-se os seguintes procedimentos ou ações:

- ✓ Tratamentos químicos único com o preservante CCA-B, tendo em vista que a porcentagem de cobre é aproximadamente a mesma para os três tipos. Assim, em função do fato que cupins ocorrem nas duas áreas em número expressivo de postes, recomenda-se o tipo B devido a maior quantidade 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 observações efetuadas sobre as baixas retenções avaliadas, recomenda-se um reforço adicional com preservante oleoso carbolineum 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 ação de agentes marinhos que causem a destoxificação da madeira na parte do poste que ficará exposto a lixiviação e ou agentes poderá ser uma medida eficaz.
- ✓ Para minimizar o fendilhamento ocorrido na madeira tratada em uso, e com isto evitar ou reduzir o ataque de cupins, recomenda-se que previamente ao tratamento preservativo a madeira sofra um corte com serra, no sentido longitudinal, em todo o comprimento do poste. Esse corte trata-se de uma pequena canelada ou entalhe em toda a extensão do poste, da sua superfície até o próximo do centro do poste. Após o entalhe tratar os postes com o preservativo CCA tipo B, em retenções adequadas para proporcionar esta proteção.
- ✓ Alternativamente à recomendação anterior, recomenda-se o uso do método de tratamento Boulton, ou a bultonização da madeira, para promover o desenvolvimento de fendas na madeira em dimensões superiores às que se desenvolveriam na madeira em uso, previamente ao tratamento preservativo;

- ✓ 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 ideal 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 2,0m a 3,0m abaixo da cruzeta. Outra proteção seria a aplicação de uma camada lisa na superfície do poste, como fibra de vidro com resina de poliéster, ou borracha sintética sólida em volta do poste, na altura do poste sujeita ao ataque, criando dificuldades para o pica-pau conseguir se agarrar.
- ✓ Maior controle no recebimento dos postes: 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 capinagem, 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 orifícios, injetando-se o produto através deles.
- ✓ Combate a formigas carpinteiras e tratamento da base dos postes com produto que tenha ação por contato às formigas (tratamento adicional localizado no poste já tratado)

REFERÊNCIAS

ABBEY,M.;STEWART,A;.MORRELL,J. Existing strategies for control/remediation of woodpecker damage, **Unpublished Report**, EDM, Inc., Fort Collins, CO, 1997. Citado em IEEE Industry Applications Magazine – p. 72, 04/2005,. Disponível em: <<http://www.dartmouth.edu/~ewalters/harnesswalters2005.pdf>>. Acesso em: 15/07/2005.

AKANDE,J.A. Failure in wood related to decay weigh losses. **Forest Productus Journal**. V. 40, nº 7/8, 1990. p. 47 -53.

ANGULO, J.R. **Geologia da Planície Costeira do Estado do Paraná**. 334 f Tese (Geociências) – Setor de Ciências Exatas e da Terra, Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6232**: Penetração e retenção de preservativo em Postes de madeira – MB 790. Rio de Janeiro, 1973.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8456**: Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição de energia elétrica: especificação. Rio de Janeiro, 1984.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J.O. **Química da madeira**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo. 1985. 125p

BARILLARI. C.T.; FREITAS, V.P. Preservação. **Revista da madeira**, nº.68, 12 / 2002. Disponível em: <http://www.remade.com.br/pt/revista_materia.php?edicao=68&id=264 > Acesso em: 11 / 2007

BARILLARI, C.T. **Durabilidade da Madeira do Gênero *Pinus* Tratada com preservantes: Avaliação em Campo de Apodrecimento**. Dissertação. (Mestrado em Recursos Florestais) – Setor de Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BERNARDES, A.T. **Fauna brasileira Ameaçada de Extinção**. 62p, Fundação Biodiversitas para Conservação da Diversidade Biológica. Belo Horizonte, 1990.

BRAND, M.A.; ANZALDO, J.; MORESCHI, J.C. Novos produtos para o tratamento Preservante da madeira, "Perspectivas da pesquisa e utilização". **Revista Floresta**, Curitiba, Vol. 36. 2006.

BRITEZ, R.M.; MARQUES, M.C.M., Caracterização geral. In: _____, **História Natural e Conservação da Ilha do Mel**. Curitiba: Editora UFPR, 2005. p.13 – 31.

BRITEZ, R.M. Solos. In: MARQUES, M.C.M.; BRITEZ, R.M. **História Natural e Conservação da Ilha do Mel**. Curitiba: Editora UFPR, 2005. p.35 - 46.

BRITEZ, R.M.; ATHAYDE, S.F. As Unidades de Conservação. In: MARQUES, M.C.M.; BRITEZ, R.M. **História Natural e Conservação da Ilha do Mel**. Curitiba: Editora UFPR, 2005. p. 229 - 248.

BROWN, C.J.; EATON, R.A. **Leaching of copper, chromium and arsenic from CCA-treated Scots pine exposed in sea water**. Stockholm. The International research Group on Wood Preservation, (IRG/WP, 00-50149). 2000

BRUCATO, M. Proof: Chemonite Wood Preservative Repels Woodpeckers, **American Wood-Preservers Association**, California, 1994. Disponível em: http://www.thunderboltwoodtreating.com/images/059_Woodpecker%20Proof.pdf. Acesso em: 15 / 7 / 2005.

BUENO, O.C. Controle biorracional de cupins em postes de madeira. In: Citenel - Congresso de Inovação Tecnológica em Engenharia Elétrica, 1. **Anais**. Brasília. 2001. Cd-rom.

BURGER, M.B.; RICHTER, H.G. **Anatomia da Madeira**. 5º ed. São Paulo: Editora Nobel, 1991.

CAMPOS, J. A. O; SALES, A.. Classes de risco de biodeterioração para madeiras estruturais no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 14. **Anais**. São Pedro. 2000. Cd Rom.

CAMPOS, J. A. O. **Método para avaliação da durabilidade e da reabilitação da madeira de estruturas em serviço**. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais) - Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 2002.

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**, Viçosa v. 27, nº 6, 2003. p. 845-853.

CAVALCANTE, M.S. **Deterioração Biológica e Preservação de Madeiras**. São Paulo, Publicação IPT. 1982. v.18, p. 1-40. Pesquisa e Desenvolvimento. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - Divisão Madeiras.

CAVALCANTE, M.S. **Implantação e Desenvolvimento da Preservação de Madeiras no Brasil**. São Paulo, Publicação IPT. 1983. v.14, p. 1-57. Pesquisa e Desenvolvimento. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

CHIMELO, J.P., Anatomia da Madeira. In: LEPAGE, E.S. **Manual de Preservação de Madeiras**. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A, 1986. v. 1, p. 41-66.

COOKSON, L.J. The preservation of eucalypts. In: **Conference of the Future of Eucalypts for Wood productus**. Launceston. 2000. p. 248 – 85.

COSTA, C.G.; CALLADO, C.H.; CORADIN, V.T.R.; GUERREIRO, S.M.C.; Xilema. In: GLORIA; B.A, GUERREIRO, S.M.C. **Anatomia Vegetal**. 2º ed.: Viçosa: Editora Universidade Federal de Viçosa, 2006. 438 p.

CUNNINGHAN, J. **Woodpecker Control**. Disponível em <<http://www.jhbaxter.com>> Acesso em 20/7/2005.

DAHLGREN, S.E kinetics and Mechanism of Fixation of Cu-Cr-As Wood Preservation. **V. Effect of Wood Species and Preservative Composition on the Leaching During Storage**. *Holzforschung*, 29(4): 130-3, 1975.

DAHLGREN, S.E.;HARTFORD,W.H. kinetics and Mechanism of Fixation of Cu-Cr-As Wood Preservation. **I. ph behaviour and general aspects on fixation**. *Holzforschung* 26(2): 62-9, 1972.

DÉON, G. **Manuel de Préservation des bois em climat tropical**. Technique Forestier: Department du CIRAD. France - Centre -.1989.109p.

EATON, R.A.; HALE, M.D.C. **Wood: Decay, pests and protection**. London: Champman e Hall, 546p. 1993.

FREITAS, V. P. **Variações na Retenção de CCA em estacas de *Pinus* após 21 anos de Exposição em Campo de Apodrecimento**. 107 f. Dissertação (Mestre em Recursos Florestais). Tecnologia de Produtos Florestais. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” USP - Piracicaba, 2002.

FIGUEIREDO, J. C. **Contribuição à geografia da ilha do Mel (Litoral do Estado do Paraná)**. 61 p. Tese (Concurso de Cátedra em Geografia do Brasil). Faculdade de Filosofia da Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 1954.

GERALDO, F.C. A Madeira de Eucalyptus para postes. **Revista da Madeira** nº 59. ano 1 , setembro de 2001.Disponível em:

<http://www.remade.com.br/pt/revista_materia.php?edicao=59&id=23> Acesso em: 02 / 2007.

HARNESS, R.E. e WALTERS, E.L., Knock on wood – Woodpeckers and Utility pole damage. **Paper nº 04 B3**. Dept. of Biological Science Florida State University. IEEE Industry Applications Magazine- março/abril 2005 Disponível em: <<http://www.dartmouth.edu/~ewalters/harnesswalters 2005.pdf>>. Acesso em: 15 / 07 / 2005.

HUNT, G.M. e GARRAT, G.A. **Preservación de la Madera**. Barcelona: Salvat Editores, S.A., 1962. 486p.

IAP- Instituto Ambiental do Paraná . **Plano de Manejo Estação Ecológica da Ilha do Mel- Pr**. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. 206p Curitiba, 1996.

JARA, E.R.P.; MIRANDA, M.J. de A.C, HUPHREYS, R.D. Influência do tratamento térmico na redução das tensões internas de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis* In: **IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalptus**. Salvador, Brasil p.24 -29 de 8/1997.

KÄÄRIK, A. Decomposition of Wood. In DICKINSON, C.H. & PUGH, G.J. F., ed. **Biology of plant litter decomposition**. v.1. London. Academic Press., 1975. p. 129 -174.

KOLLMANN, F. **Tecnologia de La Madera y sus Aplicaciones**. P. 137. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de la Madera. Tomo primero, Madrid, 1959.

KRUEDENER H.J.V . **60 Jahre Holzschutz Wolman** . 143 p. Alemanha, 1963

LABORATÓRIO DE PROTEÇÃO FLORESTAL DO CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL **UFPR**. Disponível em: < <http://www.floresta.ufpr.br/%7Elpf/index.html>> acesso em: 05 /2008.

LEPAGE, E.S., Preservativos e Sistemas Preservativos. In: LEPAGE, E.S. **Manual de Preservação de Madeiras**; v.1 São Paulo. IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 1986. p.279-330.

LEPAGE, E.S.; GERALDO, F.C.; ZANOTTO, P.A.; MILANO, S., Métodos de Tratamento. In: _____. **Manual de Preservação de Madeiras**; v.2 São Paulo. IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 1986. p.343-408.

LEPAGE, E.S.; NETO, O.B. Usinas de Tratamento. In: _____. **Manual de Preservação de Madeiras** v.2. São Paulo. IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A. 1986. p. 421 – 426.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. IBPT. 350p. Banco BADEP, Universidade Federal do Paraná UFPR. Curitiba, 1968.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 2º. Ed. José Olympio, Rio de Janeiro. 1981.

MACLEAN, J. D. **Absorption of wood preservatives should be based on the dimensions of the timber**, <<Proc. Am. Wood-Preserves Assoc., 25th Ann. Meeting, 129 -141. 1929.

MARION, W.R.; THOMPSON, R.L., **Woodpecker Damage Control for the Florida Homeowner**. WEC3-Series of the Wildlife Ecology and Conservation Department, Florida Cooperative Extension Service, 2002. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Disponível em:

< http://edis.ifas.ufl.edu/UW050#FOOTNOTE_1 >. Acesso em 15 / 07 / 2005.

MENDES, A. S., ALVES, M.V.S. **A Degradação da Madeira e sua Preservação**, Ministério da Agricultura. IBDF/DPQ – LPF, Brasília.p.57 1988.

MORAES, V.S. Aves. In: MARQUES, M.C.M.; BRITZ, R.M. **Histórico Natural e Conservação da ILHA DO MEL**. Curitiba, Editora UFPR. 2005. p. 209 -226.

MORESCHI. J. C. **Biodegração da Madeira**. 38p. Manual Didático do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal - Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba. Disponível em <<http://www.madeira.ufpr.br/moreschi/ppm.pdf>>. Acesso 7/ 2005.

MORESCHI. J. C. **Produtos Preservantes de Madeira**. 30 p. Manual Didático do Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal - Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba. Disponível em <<http://www.madeira.ufpr.br/moreschi/ppm.pdf>>. Acesso em 8/ 2005.

MORESCHI, J.C. Ensaio Biológico: **Uma nova alternativa para a determinação dos Ingredientes ativos do preservativo CCA e estudos de interações**. Tese (Concurso para professor titular). Universidade federal do Paraná. Curitiba, 1985.

MOURA, V. P.G.; 1999. **IPEF**- Instituto de Pesquisas Florestais. Disponível em <<http://www.ipef.br/servicos/listas/floresta-l/Sep1999/msg00035.html>> acesso em 11/ 2007.

MUÑIZ, G.I.B.; CORADIN, V.R. **Normas de procedimentos em estudos de anatomia da madeira: II Gimnospermae**. Comissão de estudos CE: 11.01.07:002 ABNT. Brasília: Laboratório de Produtos Florestais. Série Técnica 15. 1991.

NICHOLAS, D. D.; SIAU, J.F. Factors Influencing the Treatability of wood. In: NICHOLAS, D.D. **Wood Deterioration and Its Prevention by Preservative Treatments; Preservatives and Preservative Systems**. New York: Syracuse University Press, v.2. 1973.

OLIVEIRA, J.T.S. **Caracterização da Madeira de Eucalipto para a Construção Civil**. 429p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, A.M.F.; LELIS, A.T.; LEPAGE, E.S. LOPEZ, G.A.C.; OLIVEIRA, L.C.S.; CAÑEDO, M.D.; MILANO, S. Agentes Destruidores da Madeira In: LEPAGE, E.S. – **Manual de Preservação de Madeiras**, v.1. São Paulo: IPT. – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A, 1986. p. 99-278.

OLIVEIRA, J.T.S.; TOMASELLO, M.; SILVA, J.C. Resistência Natural da Madeira de sete Espécies de Eucaliptus. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, nov./dec.2005.

OLIVEIRA, J.T.S.; SOUZA, L.C.; DELLA LUCIA, R.M.; SOUZA, W.P. **Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira**. *Revista Árvore*, v. 29, nº 5, Viçosa. 2005

PAES, J.B. **Viabilidade do Tratamento Preservativo de Moirões de Bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), por Meio De Métodos simples, E Comparações De Sua Tratabilidade Com A Do *Eucalyptus viminalis* Lab.** 140 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1991.

PARANHOS FILHO, A.C., SOARES, CR & ÂNGULO. Nota sobre a erosão na Ilha do Mel – PR. **Boletim Paranaense de Geociências** nº. 42. Rio de Janeiro. 1994. p.121 –152.

PETTERSEN, R.C. The chemical composition of wood. In: ROWELL, R. (ed). **The chemistry of solid wood, American Chemical Society**. . Washington, 1984. p. 54-126.

PONCE, R.H.; WATAI, L.T. **Manual de Secagem da Madeira**. Ministério da Indústria e do Comércio – Secretaria de Tecnologia Industrial. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 75p. Brasília, 1985.

POTENZA, M., JUSTI, J.J., ZORZENON, F.J. **Instituto Biológico de São Paulo**. Disponível em: http://www.pragas.com.br/pragas/cupim/cupins_sb_bio_comp.php
Acesso em: 4/2008.

RICHARDSON, B.A. **Wood Preservation**. Second Edition. E & FN Spon, London, 226p. 1993.

RICHARDSON, B.A. **Wood Preservation**. Lancaster: The Construction Press, 238p. 1978

ROCHA, M. P. **Biodegradação e Preservação da Madeira**. Curitiba. Série didática da Fupef. Universidade Federal do Paraná. 2001

ROCHA, M.P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como Fontes de Matéria Prima para Serrarias**. 177p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2000.

SALES, A.; PORTELA, F.K.; GRIGOL, E.J.; RECH, P.; OLIVEIRA, F.G.R.; CAMPOS, J.A.O. Durabilidade de Postes de Madeira Utilizada em Redes De Distribuição De Energia Elétrica. In: **VIII ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS**—Uberlândia, Minas Gerais, 2002.

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.

SANTOS, Z. M. **Avaliação da durabilidade natural da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill: Maiden em ensaios de laboratório**. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1992.

SINIMA- **Jornal Ambiental Brasil** - Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./especie/fauna/index.html&conteudo=./especie/fauna/aves/robustus.html>> Acesso em: 13 /11/ 2007.

SMITH, D.N.R.; WILLIAMS, A.I. **The effect of composition on the effectiveness and fixation of copper-chrome-arsenic and copper-chrome preservatives**. Partell – selective absorptions and fixation, Repr. Wood Science and Technology, 1973.

SOURTHEN E. C., **Animal-caused outages**. Rural Electric. Research (RER) Project 94-5, National Rural Electric Cooperative. Association, Arlington, Virginia, 1996. 171p. Disponível em: < <http://www.usda.gov>>. Acesso em: 15/07/2005.

STRATEGIS. **Preservative Technology**. Disponível em:
<<http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/infiif.nsf/en/fb01463e.html>> Acesso em:
02/11/2004.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.; LIMA, J.C. Classificação da Vegetação Brasileira adaptada a um Sistema Universal. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)** - Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais do Rio de Janeiro. 123p. 1991.

VIEIRA, I.G. **Estudo de Características Silviculturais e de Produção de Óleo Essencial de Progenies de Corymbia citriodora (Hook) K.D.Hill & L.A.S. Johnson**. 77p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba. 2004.

VIEIRA, L.S. **Manual da Ciência do Solo**. Editora Agronômica Ceres Ltda, São Paulo, 464p. 1975.

TRUGILHO, P. F; LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Influência da Idade nas Características Física, Química e Anatômica da Madeira de Eucalyptus Saligna. **Revista Cerne**. Lavras, v. 2 nº. 1. 1996. Disponível em: <<http://www.dcf.ufla.br>> acesso em 7/ 2006.

WALLACE E. **The copper–chrome-arsenate preservatives and their use in modern wood preservation**” Proc. American Wood-Preservers Assoc. New York, EUA. 1968.

WILKINSON, J. G. **Industrial Timber Preservation**. London: Associated Business Press. 532 p. 1979.

WOLKOMIR, R.; WOLKOMIR, J. The knock on woodpeckers (Efforts of electric companies to halt destruction of utility poles), **National Wilddlife**, vol. 27, pg. 22–23, Feb/Mar 1989. Citado em IEEE Industry Applications Magazine – março/abril,2005. Disponível em <<http://www.dartmouth.edu/~ewalters/harnesswalters2005.pdf>>. Acesso em 15 /7/ 2005.

ANEXOS

ANEXO 1 – QUADRO DE LOCALIZAÇÃO DOS POSTES

Identificação do poste	Latitude	Longitude
120	25° 33' 21, 3379''	48° 18' 25, 8198''
119	25° 33' 18, 7982''	48° 18' 27, 2733''
112	25 ° 33' 4, 8502''	48° 18' 24, 8993''
111	25 ° 33' 4, 8202''	48° 18' 23, 9813''
109	25 ° 33' 4, 7021 ''	48° 18' 22, 1415''
108	25 ° 32' 57, 5842''	48° 18' 18, 4368''
107	25 ° 32' 55, 4637''	48° 18' 16, 1923''
106	25 ° 32' 52, 6870''	48° 18' 15, 3592''
105	25 ° 32' 49, 6730''	48° 18' 13, 9942''
103	25 ° 32' 44, 7747''	48° 18' 16, 1450''
102	25 ° 32' 44, 7097''	48° 18' 16, 1465''
101	25 ° 32' 39, 1575''	48° 18' 16, 3066''
100	25 ° 32' 38, 9348''	48° 18' 16, 4622''
99	25 ° 32' 37, 9348''	48° 18' 16, 5622''
98	25° 32' 32, 9625''	48° 18' 15, 0844''
87	25° 32' 32, 4495''	48° 18' 15, 4540''
84	25° 32' 32, 0923''	48° 18' 15, 4620''
83	25° 32' 32, 6178''	48° 18' 15, 7725''
82	25° 32' 32, 8206''	48° 18' 16, 1977''
81	25° 32' 28, 5468 ''	48° 18' 15, 2197''
80	25° 32' 27, 2929 ''	48° 18' 15, 9275''
79	25° 32' 14, 4018 ''	48° 18' 26, 8508''
		continua

		conclusão
Identificação do poste	Latitude	Longitude
78	25° 32'10, 7774''	48° 18'31, 1570''
77	25° 32'9, 4814	48° 18'29, 57470''
76	25° 32'8, 9359''	48° 18'29, 9449''
75	25° 32'8, 1651''	48° 18'30, 4276''
74	25° 32'6, 8449''	48° 18'31, 0658''
73	25° 32'5, 0687''	48° 18'31, 6426''
72	25° 32'3, 8692''	48° 18'31, 7768''
71	25° 32'1, 9008''	48° 18'32, 5011''
70	25° 32'0, 4129''	48° 18'32, 8566''
69	25° 31'58, 9595''	48° 18'33, 3187''
68	25° 31'54, 6118''	48° 18'35, 3851''
67	25° 31'51, 4239 ''	48° 18'36, 9243''
66	25° 31'49, 4357''	48° 18'36, 5748''
65	25° 31'47, 8088''	48° 18'36, 4231''
64	25° 31'46, 2924''	48° 18'37, 0030''
63	25° 31'43, 5174''	48° 18'38, 0317''
62	25° 31'40, 6132''	48° 18'39, 0990''

FONTE: A autora (2007)

ANEXO 2- RESULTADO DE ANÁLISE QUÍMICA QUANTITATIVO

IPT

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

1/2

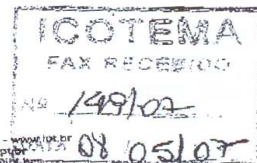
COMUNICAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISES

Cliente: ICOTEMA - IND. E COM. DE TRAT. MADEIRAS LTDA.

Referência: Convênio IPT - ABPM - Ficha 10283

RESULTADOS

AMOSTRA	RETENÇÃO DO INGREDIENTE ATIVO (kg/m ³)			
	CuO	CrO ₂	As ₂ O ₃	TOTAL
62	1,5	4,4	1,0	6,9
64	2,6	9,1	2,7	14,4
70	2,5	9,7	2,6	14,8
73	2,0	6,3	1,4	9,7
74	1,8	5,0	1,3	8,1
76	0,5	1,0	0,7	2,2
77	2,0	5,5	1,3	8,8
79	0,4	0,9	0,4	1,7
80	0,4	0,8	0,5	1,7
82	1,0	2,3	1,1	4,4
84	0,7	1,1	0,6	2,4
87	1,6	4,4	1,0	7,0
89	(**)	(**)	(**)	(**)
98	2,6	7,6	1,6	12,0
99	1,6	7,0	1,6	10,2
100	2,6	7,8	1,9	12,1
102	1,8	5,0	1,1	7,9
103	1,7	4,8	1,0	7,5
105	2,2	6,6	1,5	10,3
108	2,2	7,8	2,2	12,2



IPT

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

2/2

Continuação Ficha 10283

AMOSTRA	RETENÇÃO DO INGREDIENTE ATIVO (kg/m ³)			
	CuO	CrO ₃	As ₂ O ₅	TOTAL
109	2,0	5,4	1,3	8,7
111	2,4	6,8	1,8	11,0
112	2,6	8,4	2,6	13,6
119	2,0	6,7	1,7	10,4
120	3,0	9,3	2,5	14,8

AMOSTRA	INGREDIENTES ATIVOS (% em massa)			
	CuO	CrO ₃	As ₂ O ₅	TOTAL
6 89	0,61	2,11	1,14	3,86
107	0,25	0,65	0,30	1,20

AMOSTRA	RETENÇÃO DO INGREDIENTE ATIVO (kg/m ³)			
	CuO	CrO ₃	B	TOTAL
71	1,6	3,8	0,3	5,7

Obs.: Os resultados das amostras 89 e 107 foram expressos em porcentagem em massa, pois não foi possível determinar as densidades.

(**) Na amostra 89 não foram encontrados traços dos elementos cobre, cromo, arsênio ou boro.

São Paulo, 27 de abril de 2007.

CENTRO DE TECNOLOGIA DE RECURSOS FLORESTAIS
Laboratório de Preservação de Madeiras e
Biodeterioração de Materiais

Técnico Químico Luiz Antonio Pinto Reis

CRQ 04431096 RE 2482.8

