

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**DISSERTAÇÃO**

**Eficiência de preservativos e durabilidade natural de  
*Eucalyptus pellita*, *Eucalyptus urophylla* e *Corymbia  
citriodora* a organismos xilófagos**

**Rodrigo Bastos Rodrigues**

**2011**



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS

**EFICIÊNCIA DE PRESERVATIVOS E DURABILIDADE NATURAL DE *Eucalyptus pellita*, *Eucalyptus urophylla* e *Corymbia citriodora* A ORGANISMOS XILÓFAGOS**

RODRIGO BASTOS RODRIGUES

*Sob a orientação do Professor*  
**Edvá Oliveira Brito**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

Seropédica, RJ  
Abril de 2011

674.38

R696e

T

Rodrigues, Rodrigo Bastos, 1984-

Eficiência de preservativos e durabilidade natural de eucalyptus pellita, eucalyptus urophylla e corymbia citriodora a organismos xilófagos / Rodrigo Bastos Rodrigues - 2011.

68 f.: il.

Orientador: Edvá Oliveira Brito.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais.

Bibliografia: f. 37-43.

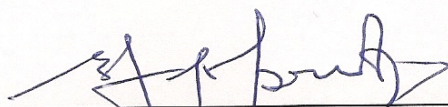
1. Madeira - Preservativos - Teses. 2. Madeira - Conservação - Teses. 3. Madeira - Deterioração - Teses. 4. Eucalipto - Resistência a doenças e pragas - Teses. I. Brito, Edvá Oliveira, 1957-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**RODRIGO BASTOS RODRIGUES**

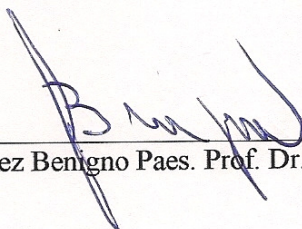
Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 20/04/2011.



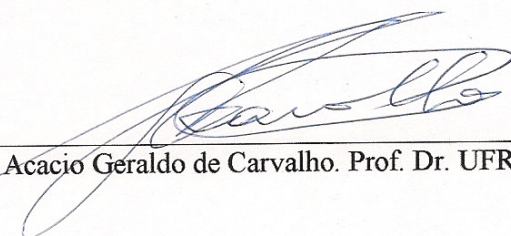
---

Edvã Oliveira Brito. Prof. Dr. UFRRJ  
(Orientador)



---

Juarez Benigno Paes. Prof. Dr. UFES



---

Acacio Geraldo de Carvalho. Prof. Dr. UFRRJ

Ao meu pai Luiz Cláudio Fernandes Rodrigues, por ter me ensinado os valores da vida, e neles poder trilhar o meu caminho. A minha mãe Iracema Teixeira Bastos Rodrigues, por ter me ensinado o valor do amor, garra e perseverança.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus por ter iluminado meu caminho me dando forças para vencer mais um estágio de minha vida.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), pelo aprendizado científico ao longo da graduação e do mestrado.

Ao Instituto de Florestas pela informação e incentivo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de uma bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Edvá Oliveira Brito pela orientação e profissionalismo.

Ao Prof. Dr. Marcelo Elias Fraga pelo apoio e sugestões na realização das etapas do trabalho.

Ao funcionário Frauzo Coelho Mendes pelo apoio no desenvolvimento do trabalho.

À minha mãe Iracema e ao meu pai Luiz Cláudio pela dedicação e incentivo nos momentos de dificuldades.

À minha tia Dalva e ao meu tio Joel pela dedicação e incentivo nos momentos de dificuldades.

À minha tia Rose e ao meu tio Carlos José pela dedicação e incentivo nos momentos de dificuldades.

À minha namorada Arieli Altoé pelo amor, carinho, incentivo e dedicação.

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para o sucesso de meu trabalho.

## RESUMO

RODRIGUES, Rodrigo Bastos. **Eficiência de Preservativos e Durabilidade Natural de *Eucalyptus pellita*, *Eucalyptus urophylla* e *Corymbia citriodora* a Organismos Xilófagos.** 2011. 68 f Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais), Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de preservativos de madeira e a durabilidade natural da madeira de *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus pellita* e *Corymbia citriodora*, por intermédio de ensaio de campo e acelerado de laboratório. O ensaio de campo foi realizado com estacas não tratadas e foi realizado em sistema de campo de apodrecimento. Por meio do ensaio de laboratório foi avaliada a durabilidade natural da madeira tratada e não tratada, das três espécies ao fungo basidiomiceto *Postia placenta* (Fr.) M.J. Larsen & Lombard. Os corpos-de-prova foram tratados Arseniato de Cobre Cromatado (CCA) e Borato de Cobre Cromatado (CCB) para verificar a eficiência do produto preservativo, avaliar o comportamento do cerne (tratado) e verificar o nível de retenção e a micro distribuição do preservativo. A madeira de *Eucalyptus pellita*, *Eucalyptus urophylla* e *Corymbia citriodora* apresentaram mudança na coloração e fissuras dos corpos-de-prova, evidenciando a susceptibilidade das espécies ao fungo *Postia placenta*. As madeiras testadas foram classificadas como resistentes ou muito resistentes. A média de perda de massa da madeira de *Eucalyptus urophylla* foi superior à do *Eucalyptus pellita* e *Corymbia citriodora*, indicando sua maior susceptibilidade ao ataque do fungo *Postia placenta*. A madeira de alburno foi a região menos resistente em relação às demais para todas as espécies. A porção de cerne interno da madeira de *Eucalyptus pellita* e *Corymbia citriodora* foi a mais resistente, já para *Eucalyptus urophylla* a porção mais resistente foi a de cerne externo. Foi observado a relação entre a densidade e a perda de massa. A madeira de *Eucalyptus urophylla* o menos denso apresentou a maior perda de massa. Enquanto a madeira de *Eucalyptus pellita* e *Corymbia citriodora* com densidades próximas, não apresentaram diferença significativa na perda de massa. Os preservativos CCA e CCB foram eficientes na proteção da madeira de *Eucalyptus pellita*, *Eucalyptus urophylla* e *Corymbia citriodora* conferindo a eles maior resistência ao fungo *Postia placenta*. Foi observado penetração de CCB para o alburno, cerne externo e cerne interno da madeira de *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus pellita* e *Eucalyptus urophylla*. A aplicação de Cromoazurol evidenciou a presença do preservativo CCB nos elementos de raio e fibras próximas aos mesmos. A madeira de *Eucalyptus pellita* e *Corymbia citriodora* apresentou melhor desempenho e maior durabilidade natural em contato com o solo que a madeira de *Eucalyptus urophylla*. A madeira de alburno de *Eucalyptus pellita* apresentou maior durabilidade natural que o alburno de *Eucalyptus urophylla* e *Corymbia citriodora*. Os diferentes locais de implantação do experimento colaboraram para a ocorrência de diferentes níveis de deterioração das madeiras estudadas.

**Palavras Chave:** Ensaio de campo e laboratório, cerne, perda de massa

## ABSTRACT

RODRIGUES, Rodrigo Bastos. **Efficiency of Preservative and Natural durability of *Eucalyptus pellita*, *Eucalyptus urophylla* and *Corymbia citriodora* to wood decay organisms.** 2011. 68 f Dissertation (Master's degree in Environmental and Forest Sciences), Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.

This study aimed to evaluate the efficiency of wood preservatives and natural durability of *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus pellita* and *Corymbia citriodora*, through field testing and accelerated lab. The field experiment was conducted with untreated cuttings and was carried out in the field of rotting. Through the laboratory test was evaluated natural durability of wood treated and untreated, the three species to the fungus basidiomycete *Postia placenta* (Fr.) MJ Larsen & Lombard. The bodies of the test piece were treated Copper Chromate Arsenate (CCA) and borate Copper Chromate (CCB) to examine the efficacy of condom product, evaluate the behavior of the core (treated) and check the retention level and the micro distribution of condoms. The *Eucalyptus pellita*, *Eucalyptus urophylla* and *Corymbia citriodora* showed a change in coloration and fissures of the specimens used in evidence, indicating the species susceptibility to the fungus *Postia placenta*. The woods tested were classified as resistant or very resistant. The average weight loss of *Eucalyptus urophylla* was superior to *Eucalyptus pellita* and *Corymbia citriodora*, indicating its greater susceptibility to attack the fungus *Postia placenta*. The sapwood area was less resistant than the others for all species. The inner core portion of *Eucalyptus pellita* and *Corymbia citriodora* was the most resistant, while for the *Eucalyptus urophylla* was the toughest portion of outer core. We observed the relationship between density and mass loss. The *Eucalyptus urophylla* less dense with the highest mass loss. While the wood of *Eucalyptus pellita* and *Corymbia citriodora* with densities close, no significant differences in weight loss. Condoms CCA and CCB were effective in protecting *Eucalyptus pellita*, *Corymbia citriodora* and *Eucalyptus urophylla* giving them greater resistance to the fungus *Postia placenta*. Penetration was observed for CCB from the sapwood, heartwood internal and external wood *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus urophylla* and *Eucalyptus pellita*. Applying cromozol showed the presence of CCB preservative on the elements and fiber radius close to the same. The *Eucalyptus pellita* and *Corymbia citriodora* showed better performance and higher natural durability in contact with the ground than the wood of *Eucalyptus urophylla*. The sapwood of *Eucalyptus pellita* showed higher durability of the sapwood of *Corymbia citriodora* and *Eucalyptus urophylla*. The various sites of the experiment contributed to the occurrence of different levels of deterioration in the studied species

**Keywords:** Field and laboratory testing, heartwood, weight loss



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.	Classes de resistência da madeira a fungos xilófagos ASTM D – 2017 (1994).....	17
Tabela 2.	Classificação do nível de degradação das madeiras em contato com o solo (LEPAGE, 1970).....	22
Tabela 3.	Classificação da resistência das madeiras em função da densidade e perda de massa.....	24
Tabela 4.	Correlação entre densidade e perda de massa das espécies estudadas.....	26
Tabela 5.	Perda de massa (%), retenção (Kg/m <sup>3</sup> ), umidade inicial (%), densidade (g/cm <sup>3</sup> ) e classe de resistência das espécies estudadas.....	27
Tabela 6.	Perda de massa da madeira de <i>E. pellita</i> , <i>E. urophylla</i> e <i>C. citriodora</i> em condições de laboratório.....	28
Tabela 7.	Perda de massa da madeira de <i>E. pellita</i> , <i>E. urophylla</i> e <i>C. citriodora</i> nos ensaios de campo e laboratório.....	30
Tabela 8.	Níveis de retenção do preservativo CCB.....	32
Tabela 9.	Índice de comportamento e percentagem de amostras com madeira mole, para o campo de apodrecimento 1. Seropédica, RJ, 2011.....	32
Tabela 10.	Índice de comportamento e percentagem de amostras com madeira mole, para o campo de apodrecimento 2. Seropédica, RJ, 2011.....	34
Tabela 11.	Efeito da posição no tronco na perda de massa das espécies estudadas nos campos de apodrecimento 1 e 2.....	35
Tabela 12.	Efeito da condição ambiental na durabilidade natural de alburno, cerne interno e cerne externo. Seropédica, RJ, 2011.....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Confecção das amostras para os ensaios.....	16
Figura 2.	(a) Placa de petri contendo o fungo <i>Postia placenta</i> ; (b)ensaio de durabilidade natural; (c) câmara climatizada.....	17
Figura 3.	Método de impregnação das madeiras, adaptado a ASTM D – 1413 (1994).....	17
Figura 4.	Visualização Gráfica do Tratamento das Madeiras.....	18
Figura 5.	Ensaio de durabilidade da madeira tratada conforme a ASTM D - 1413 (1994).....	19
Figura 6.	Posição dos corpos-de-prova para análise microscópica.....	20
Figura 7.	Padrões de distribuição de produto preservativo.....	20
Figura 8.	Localização das áreas experimentais campo 1 e campo 2.....	21
Figura 9.	(a) <i>Eucalyptus urophylla</i> ; (b) <i>Corymbia citriodora</i> ; (c) <i>Eucalyptus pellita</i> .....	23
Figura 10.	Perda de massa das madeiras em função dos valores de densidade....	25
Figura 11.	(a) Madeira sem tratamento; (b) madeira tratada com CCA; (c) madeira tratada com CCB.....	26
Figura 12.	Visualização microscópica da penetração de CCB em <i>Corymbia citriodora</i> (aumento 10X). (a) alburno; (b) cerne externo; (c) cerne interno.....	28
Figura 13.	Visualização microscópica da penetração de CCB em <i>Eucalyptus pellita</i> (aumento 10X). (a) alburno; (b) cerne externo; (c) cerne interno.....	29
Figura 14.	Visualização microscópica da penetração de CCB em <i>Eucalyptus uriphylla</i> (aumento 10X). (a) alburno; (b) cerne externo; (c) cerne interno.....	29
Figura 15.	Campo de apodrecimento 1(a) estacas deterioradas; (b) ataque de térmitas do gênero <i>Nasutitermes</i> .....	31
Figura 16.	Campo de apodrecimento 2 (a) estacas deterioradas; (b) estaca deteriorada por térmitas.....	31
Figura 17.	Perda de massa (%), observada nos campos de apodrecimento 1 e 2. CI: Cerne interno; CE: Cerne externo; AB: Alburno.....	33

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Resistência Natural da Madeira.....	3
2.2 Térmitas Xilófagos.....	5
2.3 Fungos Xilófagos.....	6
2.4 Ensaios para Avaliação da Deterioração de Madeira.....	6
2.5 Tratamento de Madeira.....	8
2.6 Madeira Preservada no Brasil.....	9
2.7 Arseniato de Cobre Cromatado (CCA).....	10
2.8 Borato de Cobre Cromatado (CCB).....	12
2.9 Descrição das Espécies.....	12
2.10 Elementos Anatômicos.....	14
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
3.1 Espécies Estudadas e Obtenção das Amostras.....	15
3.2 Ensaio de Apodrecimento Acelerado de Laboratório.....	16
3.2.1 Drabilidade Natural da Madeira a Fungo Xilófago.....	16
3.2.2 Durabilidade da Madeira Tratada.....	17
3.3 Análise Anatômica da Madeira Tratada.....	19
3.4 Ensaio de Campo com Estacas não Tratadas.....	21
3.5 Análise Estatística.....	22
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>23</b>
4.1 Ensaio de Laboratório com Madeira não Tratada.....	23
4.2 Ensaio de Laboratório com Madeira Tratada.....	26
4.3 Análise Microscópica da Madeira.....	28
4.4 Ensaio em Campo de Apodrecimento.....	30
4.5 Comparação entre Ensaio de Campo e de Laboratório com Madeira não Tratada.....	35
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>36</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>37</b>
<b>7 ANEXO.....</b>	<b>44</b>
7.1 Estatística Ensaio de Laboratório com Madeira não Tratada.....	44
7.2 Estatística Ensaio de Laboratório com Madeira Tratada.....	48
7.3 Estatística Ensaio em Campo de Apodrecimento.....	50
7.4 Estatística Ensaio de Campo e Laboratório com Madeira não Tratada.....	54

# 1 INTRODUÇÃO

A madeira é um material orgânico, natural, poroso, higroscópico e heterogêneo, que vem sendo utilizado ao longo dos séculos para os mais diversos fins. Quando comparada com outros materiais, como o plástico, aço, alumínio e concreto, ocupa uma posição de destaque porque sua natureza renovável lhe garante a continuidade de produção, por meio de florestas naturais ou plantadas. (VALLE, 2009).

Porém, em virtude da sua estrutura e constituição química, é passível de sofrer o ataque de vários organismos, sendo os fungos e os térmitas (cupins) os responsáveis pelos maiores danos (HUNT & GARRATT, 1967; CAVALCANTE, 1982; CARBALLEIRA LOPEZ & MILANO, 1986).

Segundo Paes (2002), a resistência natural da madeira à deterioração é a capacidade inerente à espécie de resistir à ação de agentes deterioradores, principalmente os agentes biológicos. Essa característica varia entre as espécies, havendo registros de grandes diferenças entre a resistência de árvores de uma mesma espécie e, inclusive, dentro do mesmo indivíduo, as discrepâncias podem ser provenientes do potencial genético de cada indivíduo (SCHEFFER, 1973; PANSIN & DE ZEEUW, 1980).

Em algumas espécies florestais é grande a diferença de resistência natural entre o cerne interno e o externo; em quase todas elas a madeira proveniente da porção interna do cerne, formada quando a planta é jovem, é menos resistente que a oriunda do cerne externo, região fronteira com o albúrnio; entretanto, nem todas as espécies apresentam este padrão de variação e, em algumas mais duráveis, a região próxima à medula é tão resistente quanto a região externa do cerne, enquanto a madeira de albúrnio é susceptível à deterioração biológica (FINDLAY, 1985). A proporção de cerne e albúrnio depende da espécie e varia na árvore, em função da idade, local, solo, clima, entre outros fatores.

O conhecimento da resistência natural da madeira é de suma importância para a recomendação de seu emprego mais adequado, evitando-se gastos desnecessários com a reposição de peças e reduzindo os impactos sobre as florestas remanescentes uma vez que, com o emprego da madeira mais apropriada às condições de risco de deterioração, reduz o corte de árvores (PAES et al., 2004).

Outro fator de grande influência na utilização de uma peça de madeira está relacionado à sua susceptibilidade a microrganismos xilófagos, principalmente fungos e insetos (MORAIS & COSTA, 2007). Assim, madeiras que apresentam maior resistência natural, ou seja, resistência sem proteção química a esses agentes biológicos, são preferenciais para utilização em contato ou não com o solo.

A madeira em função da sua estrutura anatômica e da presença de grandes quantidades de substâncias preservativas, como a lignina, além de outros compostos do metabolismo secundário, torna-se um material de difícil decomposição. Alguns fatores bióticos ou abióticos, como as condições climáticas, a composição da comunidade decompositora, sua afinidade com o substrato e as características físicas e químicas do material a ser decomposto influenciam na capacidade da madeira em resistir à degradação.

Os agentes degradadores bióticos são os mais relevantes, por serem mais efetivos no processo de degradação. Nesse grupo encontram-se insetos, fungos, bactérias, algas e xilófagos marinhos. Já para os fatores abióticos, pode-se citar a ação das chuvas, dos ventos e da radiação solar. A madeira está sujeita ao ataque de insetos, desde a árvore viva até aquelas em condições de serviço, por causa de seus constituintes

serem de origem orgânica, os quais os insetos utilizam como alimento ou substrato para reprodução ou moradia, sendo as principais ordens que a atacam a Isoptera (cupins), a Coleoptera (coleobrocas) e com menor importância a Hymenoptera (vespas e formigas).

Para impedir ou atenuar a deterioração da madeira, citam-se, basicamente, três medidas a serem tomadas: utilizar madeiras de elevada resistência natural aos agentes biológicos, físicos e químicos; introduzir alterações químicas permanentes na estrutura dos componentes da madeira; ou incorporar substâncias à madeira que lhe conferam maior resistência, como preservativos, ignífugos e acabamentos superficiais. (SILVA, 2006)

Segundo Fernandes (2001), com a preservação da madeira é possível aumentar significativamente a vida útil das peças de madeira, contribuindo assim, para a conservação ambiental, uma vez que reduz a necessidade de exploração das matas nativas.

É importante salientar que existe uma maior tendência de resistência no cerne que no alburno das essências florestais. Porém, ainda são poucas as informações para utilização do alburno. De acordo com Lima (1997), o alburno de eucaliptos, assim como para as demais espécies de madeiras, não é durável em contato com o solo. Quando, no entanto, ele é devidamente tratado com algum preservativo, mostra resistência comparável à do cerne.

Panshin & De Zeeuw (1980), afirmam haver também variação dentro do próprio cerne, e a resistência máxima ao apodrecimento, geralmente encontrada na parte externa do cerne, decresce em direção à medula.

A longevidade de um produto pode e deve ser considerada como uma proposta de redução do impacto direto sobre a floresta nativa, e os esforços recentes no campo da preservação biológica demonstram claramente a viabilidade de processos que protegem a madeira contra os agentes bióticos e abióticos, que são os responsáveis diretos pelo fenômeno natural da degradação. De acordo com Santini (1982), a susceptibilidade da madeira, sob certas condições de uso, ao ataque de organismos biológicos de destruição, é o inconveniente mais importante que limita a utilização deste material.

De acordo com Barberini et al. (1995), dado o enorme prejuízo econômico derivado do ataque da madeira por fungos, e a preferência de muitas espécies de térmitas por atacar madeiras afetadas pelos mesmos, torna-se evidente a necessidade de se efetuar a impregnação com produtos que sejam inseticidas e fungicidas ao mesmo tempo.

A escolha de preservativos para tratamento da madeira é um fator importante para a eficiência e eficácia do processo, e de acordo com Pio (1993), no que se refere aos critérios para escolha dos preservativos, vários são os fatores relevantes, tais como: toxicidade, estabilidade química, facilidade de obtenção, corrosividade, aplicação, inflamabilidade, segurança e outros. Segundo o mesmo autor, além dos critérios citados, um bom procedimento na escolha do preservativo de madeira é sempre levar em consideração dois fatores fundamentais que estão fortemente ligados, que são o homem e qual a utilização da madeira desejada.

A prática tem demonstrado a maior eficiência e praticidade dos preservativos hidrossolúveis sobre os oleossolúveis, em que o Arseniato de Cobre Cromatado (CCA) se destaca como um dos mais empregados para o tratamento de postes, moirões, dormentes e outros. O Borato de Cobre Cromatado (CCB) é um produto alternativo ao CCA tendo como diferença a utilização do elemento boro em substituição do arsênio

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a durabilidade natural; a eficiência dos produtos Arseniato de Cobre Cromatado (CCA) e Borato de Cobre

Cromatado (CCB) por meio do processo célula cheia e verificar a distribuição de CCB nas madeiras de cerne e alburno.

Os objetivos específicos foram:

Avaliar a durabilidade natural da madeira e a eficiência dos produtos preservantes por meio de ensaio de apodrecimento acelerado de laboratório;

Avaliar o comportamento do alburno e do cerne (tratado e não tratado) em relação a sua posição no tronco;

Avaliar a estrutura anatômica da madeira após tratamento preservativo para verificar o nível de retenção e a micro distribuição do preservativo na madeira tratada;

Avaliar a durabilidade natural da madeira por meio de ensaio de campo com estacas em dois ambientes.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Resistência Natural da Madeira**

Um dos fatores que limitam a utilização da madeira para diversas finalidades é a sua baixa durabilidade natural. O conhecimento da resistência natural de madeiras ao ataque de organismos xilófagos, principalmente térmitas, torna-se um requisito importante para a utilização correta da madeira, principalmente nas indústrias de movelaria e na construção civil.

A madeira está sujeita à degradação por organismos que dela se alimentam. No lenho estão presentes muitas substâncias nutritivas, como açúcares, carboidratos, gomas, resinas e amidos que constituem a base alimentar de uma infinidade de organismos, entre os quais, fungos, bactérias, insetos, moluscos e crustáceos. (COSTA, 2001).

Segundo Oliveira (1997), determinada madeira terá preferência em relação às demais quanto maior for a sua durabilidade natural, pois se evitariam os inconvenientes advindos da utilização de produtos químicos, alguns bastante tóxicos, empregados no tratamento de madeiras de baixa durabilidade, a fim de lhe conferir um desempenho satisfatório em serviço. Além das restrições ambientais aos produtos que hoje dominam a indústria da preservação, são relevantes alguns aspectos técnicos, relacionados à própria madeira a ser preservada. Tais aspectos estão relacionados à resistência de impregnação da madeira de certas espécies, como é o caso do cerne de eucalipto.

A densidade ou massa específica de um material é definida como sua massa por unidade de volume (PANSIN & DE ZEEUW, 1970). Retrata a quantidade de matéria lenhosa por unidade de volume ou a quantidade de espaços vazios existentes na madeira. É talvez a característica tecnológica mais importante da madeira, pois dela dependem estreitamente outras propriedades, tais como a resistência mecânica, o grau de instabilidade dimensional pela perda ou absorção de água. Possui uma faixa de variação natural, por causa da variação nas dimensões e proporções de seus diversos tecidos lenhosos.

Em geral, as madeiras de densidade alta são mais resistentes à ação de agentes biodegradadores por apresentarem uma estrutura mais fechada e, freqüentemente, um elevado teor de substâncias especiais (sílica, alcalóides e taninos), que impregnam as paredes de suas células e são tóxicas (nocivas) a esses agentes (BURGUER & RICHTER, 1991).

Uma amostra de madeira perfeitamente seca é composta de material sólido das paredes celulares e de cavidades que contém ar e pequenas quantidades de goma e outras substâncias. Assim, as variações na densidade da madeira e na sua resistência natural são ocasionadas por diferenças na sua estrutura anatômica (relação entre paredes celulares e espaços vazios) e pela presença de constituintes intracelulares. A estrutura é caracterizada por quantidades proporcionais de diferentes tipos de células, tais como fibras, traqueídeos, vasos, dutos de resina, raios da madeira, e por suas dimensões, especialmente a espessura das paredes celulares. Tendências hereditárias e influências fisiológicas e mecânicas, especialmente de fatores ambientais, como solo, vegetação, precipitação, vento e temperatura, afetam a estrutura da madeira e também sua densidade (KOLMANN & CÔTE JUNIOR, 1968). Tais fatores também são citados por Desch (1973) para explicar a causa da variação existente não só entre a madeira de diferentes espécies, mas também entre diferentes partes de uma mesma árvore.

A umidade exerce influência em grande parte das propriedades de resistência da madeira, afetando o seu grau de trabalhabilidade, reduzindo seu poder calorífico, afetando o rendimento e qualidade da celulose e propiciando maior susceptibilidade ao ataque de fungos e insetos.

Os extrativos de plantas são conhecidos por aumentar a durabilidade. Madeiras resistentes são ricas em extrativos que estão envolvidos na resistência natural (BRAND et al., 2006). Essas substâncias podem ser tóxicas a xilófagos (HARUN & LOBOSKY, 1985; HWANG et al., 2006) e proteger as madeiras do ataque de fungos.

Segundo Oliveira et al. (1986), a madeira é degradada biologicamente, porque alguns organismos utilizam os polímeros naturais da sua parede celular como fonte de alimento e possuem sistemas enzimáticos específicos, capazes de metabolizá-los em unidades digeríveis. O alburno é a parte da madeira que apresenta material nutritivo armazenado, o que o torna mais suscetível ao ataque de agentes biológicos. O cerne normalmente apresenta maior durabilidade natural, pela ausência de material nutritivo e, principalmente pela presença de extrativos. Segundo os autores, os cupins ou térmitas, são os principais insetos xilófagos, considerados hemimetábolos, eussociais e, predominantemente, tropicais. Segundo Déon (1989), os térmitas de madeira seca são ativos destruidores de madeira, mesmo formando colônias com relativamente poucos indivíduos.

Trevisan et al. (2008) ao avaliar a degradação natural de toras recém-abatidas em dois ambientes, registrou a ocorrência de térmitas e coleópteros que variou entre toras e ambientes. As espécies utilizadas foram, *Eucalyptus urophylla*, *Melia azedarach*, *Lophantera lactescens*, *Pinus elliottii*, *Inga marginata*. O experimento foi realizado em dois campos de apodrecimento, um dentro de uma floresta secundária e outro num pasto de gramíneas. Adotou-se um sistema de classificação no qual, conforme o nível de deterioração da tora, notas foram atribuídas, fornecendo base para o cálculo do índice de deterioração. Os coleópteros e os térmitas foram coletados e enviados para identificação. Registrou 56,6% de toras com a presença de térmitas no campo de dentro da mata, sendo as espécies ocorrentes: o *Nasutitermes minor*, o *Nasutitermes jaraguae* e o *Heterotermes longiceps*. No campo a céu aberto, foram registradas 20% das toras com a presença de térmitas, de uma única espécie, *H. longiceps*. Tanto no campo de apodrecimento de dentro da mata como no que foi montado a céu aberto, as toras menos degradadas foram *M. azedarach* e *L. lactescens* e as toras de *Eucalyptus urophylla* foram as mais deterioradas nos dois ambientes. O ambiente dentro da mata propiciou uma maior ocorrência de espécies de térmitas, bem como de coleópteros, sendo mais propício para a deterioração de madeiras, em relação ao ambiente a céu aberto.

Paes et al. (2007) avaliou a resistência natural de sete madeiras a cupins xilófagos da espécie *Nasutitermes corniger* em ensaio de preferência alimentar. As madeiras estudadas, foram leucena (*Leucaena leucocephala*), louro pardo (*Cordia trichotoma*), jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), marmeleiro preto (*Croton sonderianus*), sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), nim indiano (*Azadirachta indica*) e teca (*Tectona grandis*). De cada espécie foram retiradas corpos-de-prova de 5,00 × 2,00 × 0,64 cm (longitudinal × radial × tangencial) em quatro posições, na direção medula-casca. As amostras foram submetidas, durante 45 dias, à ação dos cupins em condições de laboratório, avaliando-se a perda de massa e o desgaste causado nas madeiras ensaiadas. A resistência natural das madeiras variou entre as espécies, sendo leucena, marmeleiro e nim, as menos resistentes, e louro-pardo, jurema-preta e sabiá, as mais resistentes. Nas espécies louro-pardo, jurema-preta, sabiá e nim, as posições na direção medula-casca não influenciaram a resistência natural da madeira. Para a maioria das espécies testadas a resistência da madeira não sofreu influência da densidade e a análise conjunta de todas as madeiras indicou baixa relação entre a densidade e a resistência da madeira. Os cupins atacaram mais severamente o marmeleiro, ao qual causaram ataque intensivo e ruptura dos corpos de prova, em todas as posições analisadas.

Melo & Paes (2006) avaliaram a resistência natural de quatro madeiras do semi-árido brasileiro a fungos xilófagos, em condições de laboratório. As madeiras estudadas foram o louro pardo (*Cordia trichotoma*), a jurema preta (*Mimosa tenuiflora*), o marmeleiro preto (*Croton sonderianus*) e o sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*). De cada espécie foram retirados corpos-de-prova de 2,54 x 2,00 x 1,00 cm, com maior dimensão na direção das fibras, em quatro posições na direção medula-casca. As amostras foram submetidas por 14 semanas à ação dos fungos *Postia placenta* e *Polyporus fumosus*. A resistência natural, das espécies ao ataque dos fungos foi afetada pela posição no sentido medula-casca, tendo relação direta com a densidade das madeiras. As madeiras de jurema preta e sabiá foram as mais resistentes aos fungos testados.

## 2.2. Térmitas Xilófagos

A madeira apresenta uma gama de utilização nos meios rural e urbano. Porém, em virtude da sua estrutura e constituição química, sofre o ataque de vários organismos deterioradores, principalmente de fungos e térmitas (cupins) (HUNT & GARRATT, 1967; CAVALCANTE, 1982; CARBALLEIRA LOPEZ & MILANO, 1986).

Os cupins estão distribuídos praticamente em todo o globo terrestre, com maior concentração nas zonas subtropicais e, principalmente nas tropicais (MENDES & ALVES, 1986).

Os cupins são, dentre os insetos, os mais severos agentes destruidores da madeira (PAES & VITAL, 2000); contudo, os de solos, ou subterrâneos, são responsáveis pelos maiores volumes de perdas de madeira no mundo (HUNT & GARRATT, 1967; RICHARDSON, 1993). Têm uma grande importância econômica como pragas de madeira e de outros materiais celulósicos, além de exercer papel essencial nos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes. São insetos da ordem Isoptera, que contém cerca de 2750 espécies descritas no mundo, (CONSTANTINO, 1999). Das 553 espécies presentes nas Américas, cerca de 290 encontram-se no Brasil. No entanto, apenas 19 espécies provocam considerados prejuízos ao homem decorrentes da deterioração de madeira (MILL, 1991).



Possuem uma alta capacidade de destruir e danificar o madeiramento de construções, postes de linhas de transmissão de eletricidade, mourões de cerca e dormentes, comprometendo a segurança destas. No âmbito doméstico atacam portas, batentes, assoalhos e muitas outras peças de madeira em uso (BERTI FILHO, 1993).

### **2.3. Fungos Xilófagos**

Uma das principais propriedades das madeiras é a sua maior ou menor susceptibilidade em ser atacada por organismos xilófagos. Dentre estes, destacam-se os fungos apodrecedores. Madeiras que apresentam elevada durabilidade natural a esses organismos podem ser destacadas por um alto grau de nobreza, conferindo-lhes um amplo espectro de utilização e, conseqüentemente tornando-as mais valorizadas no mercado. Sabe-se que o grau de resistência aos agentes biológicos é muito variável entre as madeiras, sendo um grande número destas caracterizadas por apresentarem elevada resistência ao ataque de insetos e de fungos apodrecedores.

Com relação ao apodrecimento causado pela atuação de enzimas produzidas pelos fungos, Seabright (1995) afirmou que estas são produzidas a partir de vários biocatalizadores, em que cada uma dessas substâncias desenvolve funções específicas, como a aceleração ou controle das reações bioquímicas.

Pode-se afirmar que a quebra enzimática consiste basicamente na transformação dos componentes insolúveis da madeira, em produtos solúveis, e em seguida em compostos químicos simples, capazes de serem metabolizados. Segundo Oliveira et al. (1986), esse processo pode ser relativamente rápido, demonstrando assim, a eficiência dos fungos xilófagos em degradar substratos ligocelulósicos.

Entre os fungos responsáveis pelo apodrecimento da madeira, destaca-se a classe dos basidiomicetos, na qual encontram os fungos responsáveis pela podridão-parda e podridão-branca, que possuem características enzimáticas próprias, quanto à decomposição dos constituintes primários da madeira. Os primeiros decompõem os polissacarídeos da parede celular, e a madeira atacada apresenta uma coloração residual pardacenta. Os últimos atacam, indistintamente, tanto os polissacarídeos quanto a lignina. Nesse caso a madeira atacada adquire um aspecto mais claro. Segundo Santos (1992), a madeira sob ataque de fungos apresenta alterações na composição química, redução da resistência mecânica, diminuição de massa, modificação da cor, 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 utilização para fins tecnológicos.

### **2.4. Ensaios para Avaliação da Deterioração de Madeira**

O conjunto de estágios progressivos de avaliação de um determinado produto preservativo, ou simplesmente da durabilidade natural de novas espécies de madeira, abrange ensaios em laboratório, ensaios de campo e em simuladores acelerados e do acompanhamento do desempenho em serviço, todos feitos de maneira sistemática.

Segundo Lepage (1986) os ensaios de laboratório envolvem a exposição de madeira a condições bem definidas, porém artificiais e que não reproduzem as situações variáveis e complexas encontradas em condições naturais. Portanto, eles devem ser

utilizados como base sobre a qual um julgamento subjetivo e embasado na experiência possa ser efetuado, e não interpretados de modo acrítico.

Estes ensaios permitem basicamente: comparar entre si a resistência natural de madeiras a determinados agentes deterioradores sob condições artificiais, grupando-as em classes de resistência; separar produtos que apresentam toxidez a organismos xilófagos daqueles sem qualquer potencial para utilização na preservação de madeiras; ou estabelecer um valor de retenção ou concentração de preservativo que sirva de ponto de partida para as avaliações posteriores.

Dentre as avaliações da durabilidade da madeira tratada ou não, o ensaio de campo é uma etapa indispensável, pois submete a madeira a riscos de degradação não possíveis de serem obtidos em laboratório, conforme salientado por Carballeira Lopez & Milano (1986). Estes autores definem esse ensaio como sendo “a exposição dos corpos-de-prova às condições ambientais naturais, onde todos os agentes, tanto bióticos quanto abióticos, envolvidos na deterioração possam atuar sem a interferência humana, de modo que o processo siga o seu curso naturalmente”. Santini (1988) define a área utilizada para um ensaio de campo como “campo de apodrecimento”, ou seja, uma área experimental, de condições climáticas conhecidas, onde os corpos-de-prova são colocados em contato com o solo e analisados periodicamente.

De acordo com Behr (1973), o aumento da umidade da madeira quando em contato com o solo oferece melhores condições para o desenvolvimento de microorganismos degradadores. Ensaios de campo com estacas são amplamente utilizados nos Estados Unidos, onde as dimensões das amostras variam de  $\frac{3}{4}$  de polegada a dormentes de via férrea e postes telefônicos inteiros.

A principal desvantagem dos ensaios de campo corresponde ao longo período necessário para obtenção das informações próximas às condições de uso da madeira. Jesus et al. (1998) avaliaram a degradação, susceptibilidade a organismos xilófagos e durabilidade natural de 46 espécies de madeira amazônica, expostas por mais de oito e dez anos em área de floresta equatorial úmida no Estado do Amazonas. Fungos, e térmitas foram os principais organismos degradadores identificados e metade das madeiras submetidas ao ensaio tiveram vida útil superior a dez anos.

As dimensões e formas de avaliação dos corpos-de-prova variam muito de região para região, pois os ensaios de campo ocorrem em diversos países, quase sempre não seguindo uma padronização desses aspectos quando comparados entre si. Porém, um dos pontos em comum é a exigência de que o material deva estar isento de defeitos, bem como não apresentar qualquer sintoma de ataque por fungos e insetos (CARBALLEIRA LOPEZ & MILANO, 1986). Segundo Grosser (1979), são considerados defeitos todas as anomalias da forma do tronco da árvore, da sua seção transversal, como também da estrutura e da cor do lenho que possam reduzir, restringir, ou mesmo anular a utilização da madeira. Os defeitos mais evitados são as tortuosidades, que além de produzirem grãos irregulares, dificultam a retirada de subamostras dos corpos-de-prova para análise; e as bifurcações ou aforquilhamentos, regiões mais susceptíveis a apodrecimentos do que o normal. Dentre os defeitos na estrutura anatômica da madeira, a formação de nós é o mais importante. Eles provocam descontinuidade dos tecidos lenhosos e sofrem transformações, tais como o acúmulo de resinas ou outros materiais que lhes conferem dureza acentuada em comparação com as demais regiões normais da madeira, o que pode reduzir o grau de facilidade de se processá-la (BURGUER & RICHTER, 1991).

## 2.5. Tratamento de madeira

A preservação da madeira visa o uso adequado e, racional da floresta, uma vez que reduzirá sua demanda, levando-se em consideração que uma espécie devidamente preservada terá sua vida útil prolongada. A aplicação de um tratamento preservante só é economicamente viável se a vida útil da madeira tratada for significativamente aumentada em relação àquela usada sem tratamento.

O início das atividades industriais de preservação de madeiras no Brasil teve como base o tratamento de dormentes pela indústria ferroviária e o uso de postes para redes de distribuição de energia elétrica, de forma similar ao verificado em países como Inglaterra, Austrália e Estados Unidos, dentre outros (MORESCHI, 2009).

No Brasil, a madeira tratada é tradicionalmente utilizada na forma de dormentes, postes de eletrificação, mourões e cruzetas. No entanto o seu potencial de utilização é maior, por exemplo, na construção de casas pré-fabricadas, indústria moveleira, construções rurais e, no setor de construção civil.

A existência de inúmeras espécies de madeira sujeitas ao ataque de agentes biológicos faz com que o uso de tratamentos preservativos seja inevitável. Todavia, a ação destes agentes sobre a madeira ainda representa uma perda considerável para o setor madeireiro, por causa do uso de produtos ineficazes e, ou, pela falta de orientação técnica na escolha de um produto adequado para a finalidade desejada, bem como pela forma adotada para a sua aplicação. Um problema, existente na área de preservação de madeiras, é a corrida para o desenvolvimento de novos produtos (MORESCHI, 2009).

Em consequência da limitação imposta para o uso e comercialização de vários princípios ativos para o tratamento da madeira, e pela dificuldade de importá-los, muitas vezes, a melhor alternativa das indústrias é a de substituí-los. Contudo, um bom número dos ingredientes usados, em substituição aos anteriores, são mais tóxicos ao homem e menos eficazes. Como resultado, a necessidade de dar proteção à madeira exige o uso de maiores quantidades destes ingredientes, mesmo que os riscos à saúde humana e ao meio ambiente sejam mais elevados (MORESCHI, 2009).

O desenvolvimento de produtos alternativos para o tratamento de madeiras é de vital importância para o setor madeireiro mas, ao contrário do que a prática tem mostrado, os benefícios pretendidos normalmente não são obtidos em sua plenitude. Para que isto ocorra, será necessário que, além da proteção dada à madeira, a nocividade ao homem seja minimizada ou, se possível, eliminada.

A maior parte dos produtos existentes no mercado, usualmente tem suas formulações alteradas num breve espaço de tempo, em decorrência da grande concorrência entre as empresas que os manipulam. Infelizmente é comum que estas alterações sejam feitas apenas no sentido de reduzir os custos de manipulação para uma mesma eficiência do produto (ou aumentar a eficiência dentro do mesmo custo), sem que se tente, simultaneamente, diminuir os riscos à saúde e à vida do homem (MORESCHI, 2009).

Segundo Brito (2006) preservativo de madeira é a denominação dada a certas substâncias químicas, as quais quando aplicadas à madeira lhe conferem proteção contra a ação de agentes orgânicos destruidores e devem: ser tóxico a um grande número de organismos xilófagos; ter baixa toxidez aos organismos não xilófagos; possuir ação duradoura; possuir alta fixação na madeira; não alterar as características da madeira; não provocar alterações nos materiais que estejam em contato com a madeira; de preferência, ser incolor, inodoro e insípido; não ser inflamável e ser econômico e de fácil obtenção no mercado.

Dependendo do tipo de solvente utilizado na diluição da solução preservativa, tem-se dois tipos de preservativos. Os que utilizam óleo como solvente chamados de preservativos oleossolúveis, e aqueles que utilizam água denominados de preservativos hidrossolúveis. (BRITO, 2006)

Com relação aos produtos hoje existentes no mercado, o arseniato de cobre cromatado (CCA), patenteado em 1934, é um preservativo eficaz. Protege a madeira da ação de fungos, térmitas, agentes marinhos e da luz ultravioleta. Repelentes de água podem ser adicionados ao CCA para melhorar sua resistência à absorção de umidade pela madeira. No entanto, alguns críticos consideram que o CCA pode causar efeitos adversos ao ambiente e danos à saúde dos homens, embora o Conselho Americano da Ciência e da Saúde e a Agência de Proteção Ambiental, ambos dos Estados Unidos, tenham concluído que a madeira tratada com CCA não apresenta nenhum perigo à saúde. Entretanto, as preocupações recentes com relação à lixiviação do arsênio e as dúvidas sobre a eliminação dos resíduos da madeira tratada com CCA afetarão cada vez mais as atitudes dos consumidores em relação ao uso da madeira tratada com este produto (FOREST AND WILDLIFE, 2004).

Ainda assim, não se pode deixar de levar em consideração que o CCA é usado para tratar aproximadamente 80% de todos os produtos de madeira nos Estados Unidos e é essencialmente o único preservante usado na construção civil. Consequentemente, existe grande necessidade de desenvolvimento de produtos para tratar a madeira ambientalmente mais seguros e que tenham preços competitivos com o CCA (FOREST AND WILDLIFE, 2004).

Atualmente, dos métodos de preservação utilizados no mundo inteiro os mais eficientes são aqueles aplicados sob condições de vácuo e pressão, e dentre estes o mais importante é o de célula-cheia, que tem por fim preencher ao máximo as células da madeira com o preservativo (CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL, 1970; COCKCROFT, 1971; DÉON, 1978).

## **2.6. Madeira Preservada no Brasil**

Na América Latina, os países que mais utilizam a madeira tratada são o Brasil e Chile, destaca-se o Brasil como o maior consumidor de madeira tratada, com quase 700 mil metros cúbicos, dos quais a grande maioria é tratada com sais CCA (SILVA, 2006).

Segundo estimativas, existiam mais de duzentas usinas de preservação funcionando no Brasil, em 2005. A produção anual de madeira tratada no Brasil foi de cerca de 685 mil metros cúbicos, desses 62 % foram para a produção de moirões, 30 % para postes, 5 % para dormentes e, apenas, 3 % para a construção civil. Tais valores são pequenos quando comparados aos Estados Unidos que estimam sua produção anual em 15 milhões de metros cúbicos, concentrando mais de 70% da produção na construção civil. No Brasil, o setor de construção civil ainda não se despertou para esta importante matéria-prima, afetado pela falta de cultura na utilização deste material e pela ausência de normas técnicas (SILVA, 2006).

Num levantamento realizado recentemente sobre o setor de preservação de madeiras no Brasil, verificaram-se algumas tendências: as regiões Sul e, principalmente, a Sudeste são as que mais produzem madeira tratada (90,4%). O eucalipto foi a espécie mais utilizada no tratamento de madeiras (93,5%), seguido do pinus (6,5 %). O volume de madeira tratada mostrou que os moirões representavam 62 % , seguidos dos postes com 30 %; dormentes, com 5% e peças serradas com 3%; nas usinas de preservação, o

arseniato de cobre cromatado (CCA) representou 80 % do volume utilizado; o CCB (preservativo a base de cobre, cromo e boro), o lindane e o tribromofenato de sódio, representaram apenas 15,0%; o óleo creosoto, 5,0 %. O método de tratamento mais utilizado foi o sob pressão em autoclave (84 %); o restante da madeira foi tratada por imersão (pré-tratamento de madeiras recém-serradas) e por adição na cola (fabricação de painéis de madeira) (SILVA, 2006):

Os produtos preservativos CCB e óleo creosoto também são classificados como extremamente tóxicos (classe I). Não existem muitas informações sobre o CCB em relação aos aspectos ambientais e à disposição de resíduos na madeira tratada. No caso do óleo creosoto, de modo geral, não é recomendado o seu uso em residências, peças para recreação e usos urbanos, mas é permitido para usos industriais, como dormentes e postes.

De modo geral, a indústria de preservação é considerada consciente sobre os aspectos de segurança e higiene dos trabalhadores e usuários, além dos riscos ambientais de seus processos produtivos, considerados mínimos por se tratarem de processos fechados. Observam-se, no entanto, um rigor excessivo e uma severidade da legislação observada na maioria dos países, além de pressões ambientais impostas à indústria de madeira preservada. Tais fatores acarretam uma elevação dos custos, ameaçando a competitividade do setor com produtos alternativos, como ferro, cimento, plástico, embora estes sejam muito mais restritivos dos pontos de vista estratégico e ambiental (SILVA, 2006):

A tendência mundial em preservantes de madeira é a incessante busca de produtos que sejam eficientes na proteção da madeira, mas cuja emissão de elementos tóxicos para o meio ambiente seja minimizada. Atualmente, as pesquisas têm procurado sucedâneos e alternativos para o arsênio e o cromo.

## **2.7. Arseniato de Cobre Cromatado (CCA)**

O arseniato de cobre cromatado (CCA), é o preservativo hidrossolúvel mais utilizado em todo o mundo, com uma tradição de uso que remonta há mais de setenta anos. Quando aplicado à madeira, em tratamento sob pressão, o cromo provoca a precipitação de grande quantidade de cobre e arsênio e reage com a madeira, tornando os produtos praticamente insolúveis. A reação de fixação desencadeada pelo cromo deixa o arsênio, como agente inseticida, e o cobre, como agente fungicida, aderido às estruturas celulares. (SILVA, 2001).

O CCA é utilizado no tratamento de madeiras que permanecem em contato com o solo e é eficiente na proteção de madeiras contra insetos (cupins e brocas), fungos apodrecedores e xilófagos marinhos. As madeiras a serem preservadas deverão ser previamente descascadas e secas, já dimensionadas e preparadas para seu uso final. Após o tratamento preservativo, as peças devem ser armazenadas por duas a três semanas, para a fixação dos ingredientes ativos.

O produto mantém inalterada a condutividade elétrica da madeira, fator de grande importância para postes e redes de energia elétrica, bem como dormentes para ferrovia; não altera a combustibilidade da madeira, como não aumenta a corrosividade de metais utilizados em contato; não deixa resíduos em sua superfície, não exala vapores e odores, bem como os acabamentos de superfície apresentam uma durabilidade comprovadamente maior que os aplicados sem tratamento (SILVA, 2001).

Dentre todos os processos e produtos utilizados até o momento, considera-se como mais efetivo o tratamento da madeira com a impregnação com ciclos de vácuo e pressão, utilizando o sal preservante CCA. A madeira preservada com pressão com CCA é uma opção ecologicamente responsável para elementos de construção; quando processada corretamente e utilizada de acordo com as recomendações técnicas, as peças tratadas são limpas, inodoras e seguras para serem utilizadas numa ampla variedade de aplicações.

Por apresentar arsênio e cromo na sua composição, o uso dos sais CCA tem gerado questionamentos e dúvidas, por acarretarem certos perigos para o meio ambiente. Esta preocupação é procedente e está relacionada à conhecida toxicidade que possuem. O cromo é metal pesado e o arsênio é perigoso em todos os sentidos. O CCA é classificado como extremamente tóxico (classe I). O foco da discussão está na possível dispersão do arsênio para o ambiente pela madeira, antes da completa fixação dos ingredientes ativos, pela inevitável emissão em serviço e, mais recentemente, pela disposição dos resíduos. A imprensa americana tem levantado contínuos questionamentos sobre o uso dos sais de CCA na madeira tratada, principalmente por causa da presença do arsênio. Manifestações públicas e regulamentações têm restringido o uso de CCA em vários países como Japão, Indonésia, Suécia, Dinamarca e Alemanha. (SILVA, 2001).

Preston et al. (1986) testou a eficiência dos produtos CCA com compostos de alquilamônia e borato na proteção da madeira tratada fora do contato com o solo. Amostras de *Pinus* sp. medindo 125 x 50 x 25mm foram expostas ao ataque de *Reticulitermes flavipes* e *Coptotermes formosanus*. Os resultados indicaram uma marcante diferença de tolerância aos preservantes entre as duas espécies de térmitas. O método empregado ofereceu uma avaliação rápida da função preservante de madeira para os produtos testados. Como esperado, o CCA apresentou excelente performance preservante em ambos os locais escolhidos para o teste (Flórida e Havaí), seguido pela dimetilamônia (ou cloreto de dialquil, agente floculante na fabricação da sílica hidratada para uso como diluente sólido). O tratamento à base de borato foi mais susceptível ao ataque de *C. formosanus* do que ao de *R. flavipes*. Um dos compostos da alquilamônia mostrou efeito oposto ao do borato quanto à susceptibilidade das espécies de cupins. Desse modo, as amostras tratadas com cloreto de lauriltrimetilamônia foram mais atacadas por *R. flavipes* do que *C. formosanus*.

Campos (2003) avaliou a variabilidade da tratabilidade da espécie madeireira *Brosimum rubescens*, abordando três diferentes alturas do tronco (base, meio e ápice) e duas partes (cerne e alburno). O processo utilizado foi o de impregnação sob pressão, pelo método de célula-cheia, e o preservante foi o CCA, tipo A, a 2% de concentração. A análise da variabilidade ocorreu em função da retenção. Ao comparar os dados de retenção ( $\text{kg/m}^3$ ) das diferentes alturas e partes do tronco, constatou-se que o grau de tratabilidade do alburno é moderadamente difícil, enquanto o cerne é refratário. Os resultados de retenção das toras estudadas nas diferentes alturas da árvore não apresentaram diferença significativa, entretanto existe diferença significativa de retenção entre as partes (cerne e alburno). O cerne é considerado refratário e o alburno apresentou nível de absorção e retenção significativamente maior que o do cerne. A obstrução dos vasos do cerne por tiloses contribuiu sensivelmente para o caráter refratário do cerne, bem como para a permeabilidade limitada do alburno. As deposições de extrativos presentes no raio contribuíram para a má condução do preservante nestas células e, conseqüentemente, para a má dispersão do preservante na madeira. A análise de micro distribuição do preservante por meio de estudo anatômico funciona como ferramenta auxiliar na interpretação desses resultados.

## 2.8. Borato de Cobre Cromatado (CCB)

O preservativo CCB é um produto alternativo ao CCA, tendo como diferença a utilização do elemento boro em substituição do arsênio. Afora a diferença na composição do produto, com o uso do CCB há uma sensível perda na resistência da lixiviação e na eficiência da proteção da madeira à insetos, especialmente para madeira a ser instalada por longos prazos (MORESCHI, 2009).

Paes (2007) ao avaliar o tratamento preservativo de peças roliças de leucena (*Leucaena leucocephala*) utilizando o preservativo Osmose CCB concluiu que a penetração, distribuição e retenção do produto CCB em peças de leucena foram satisfatórias para que a madeira possa ser utilizada para confecção de cercas e em outras obras em contato direto com o solo.

Ramos (2006) ao avaliar a eficiência do CCB na resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora*) em ensaio de apodrecimento acelerado, verificou que a penetração dos elementos cobre e boro, de modo geral, decresceu da base para o topo das peças tratadas. O tratamento preservativo utilizado garantiu às peças tratadas alta resistência ou resistência ao fungo *Postia placenta*, o que comprova a eficácia do método de tratamento e do produto preservativo utilizado na melhoria da resistência da madeira de algaroba. De modo geral, a parte superior das peças que tiveram as menores penetrações e retenções do produto preservativo foi mais atacada pelo fungo testado. Já as peças em que foram observadas penetração e retenção satisfatórias apresentaram boa resistência ao apodrecimento. As peças submetidas à concentração de 2% de ingredientes ativos de CCB durante 15 dias apresentaram as melhores penetrações e retenções do produto na madeira, sendo essa situação indicada para o tratamento de peças de algaroba para a confecção de cercas.

## 2.9. Descrição das Espécies Utilizadas

O *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake é uma espécie de boa produtividade e potencialidade para diversas regiões do Brasil. Possui como grande qualidade a tolerância ao ataque do cancro (*Cryphonectria cubensis*), muito comumente encontrado em condições ambientais sob clima tropical.

O registro mais remoto, no Brasil, parece datar de 1868, mas a sua introdução e cultura em larga escala deve-se ao Sr. Edmundo Navarro de Andrade que fez importar, para a companhia paulista de estradas de ferro, 130 espécies em cujos hortos as estudaram exaustivamente (SANTOS, 1987).

Paes & Vital (2000), estudando a resistência natural da madeira de cinco espécies de Eucalipto a cupins subterrâneos em testes de laboratório, concluíram que *E. urophylla* foi a espécie que apresentou menor resistência, entre as avaliadas, nas posições internas do tronco.

O *Corymbia citriodora* (Hook) K. D. Hill & L. A. S. Johnson possui excelente madeira para serraria, no entanto, requer o uso de técnicas apropriadas de desdobro para minimizar os efeitos das tensões de crescimento.

A espécie *Corymbia citriodora* é adequada ao uso em peças estruturais pelas suas características de resistência mecânica, durabilidade natural e menor tendência a rachaduras. O cerne e alburno são visivelmente distintos. É resistente ao apodrecimento.

No Brasil, o reflorestamento com eucalipto minimiza os riscos de diminuição dos estoques de madeira nativa. As madeiras de eucalipto provenientes de árvores de idade mais avançada poderão substituir as madeiras nativas tradicionais na construção civil, em função da madeira estar mais madura e mais estável (CARMO, 2008).

É suscetível à ação de xilófagos marinhos. Resistente ao apodrecimento. As informações sobre resistência ao ataque de cupins são contraditórias. O cerne é difícil de ser tratado, entretanto, o alburno é permeável (IPT, 2003).

O *Eucalyptus pellita* F. Muellk na Austrália ocorre em duas regiões distintas:

- • Região A - entre as latitudes de 12 a 18° S.
- • Região B - entre 27 a 36°S.

Em relação às altitudes podem variar desde o nível do mar até 800 m. A precipitação pluviométrica média anual varia de 900 a 2.400 mm. As chuvas distribuem-se uniformemente durante o ano ou são concentradas no verão, não havendo um período seco severo. Temperatura média das máximas do mês mais quente entre 24 a 33°C, e das mínimas do mês mais frio 12 a 16°C. As geadas são raras na Região B e inexistentes na Região A.

Acredita-se que a espécie foi introduzida em São Paulo, com sementes oriundas da região B, por essa razão os resultados obtidos na experimentação e nas plantações piloto, não foram tão animadores. Em testes avaliados até o momento permitem considerar a espécie como altamente potencial para as regiões onde não ocorram geadas severas.

A madeira é muito utilizada para construções e estruturas. Nas condições brasileiras há necessidade de estudos mais detalhados para se determinar a viabilidade de outras utilizações, bem como de sua durabilidade natural. De acordo com Golfari (1978), a espécie apresenta madeira vermelho-escura e densidade média, sendo ótima para serraria.

O *Pinus elliottii* Engel vem sendo plantado há mais de um século no Brasil, tendo sido, inicialmente, introduzido para fins ornamentais. Somente a partir de 1950 é que foi plantado em escala comercial para produção de madeira (SHIMIZO & MEDRADO, 2005).

As espécies de *Pinus* que se destacaram, inicialmente, na silvicultura brasileira, foram *P. elliottii* e *P. taeda*, introduzidas dos Estados Unidos, visto que as atividades com florestas plantadas eram restritas às Regiões Sul e Sudeste. A partir dos anos 60, iniciaram-se as experimentações com espécies tropicais como *P. caribaea*, *P. oocarpa*, *P. tecunumanii* e *P. patula* possibilitando a expansão da cultura de *Pinus* em todo o Brasil, usando-se a espécie adequada para cada região ecológica (SHIMIZO & MEDRADO, 2005).

Segundo Trugilho et al. (1990), a madeira de pinus é leve e apodrece rapidamente quando enterrada ou submersa. A densidade básica média da madeira de *P. elliottii* é de 0,326 g/cm<sup>3</sup>. É largamente empregada para fins comerciais no sul do Brasil e suas principais finalidades são madeira (móveis, celulose, laminação e compensados) e resina (terebentina).

Observações feitas pelo IPT complementadas por ensaios de laboratório, permitem considerar esta madeira como susceptível ao ataque de fungos (emboloradores, manchadores e apodrecedores), cupins, brocas-de-madeira e perfuradores marinhos. O *Pinus elliottii* é fácil de tratar (IPT, 2003).

Para a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1986), o *Pinus elliottii*, estende-se do Sudeste dos Estados Unidos, em latitudes compreendidas entre 28° e 33°



Norte em altitudes entre 0 a 2500 metros. A precipitação varia de 650 a 2500 mm e o regime de distribuição das chuvas é periódico, com 2 a 4 meses secos. A temperatura média anual situa-se entre 15 e 24°C.

## **2.10. Elementos Anatômicos da Madeira**

A madeira é produto de um sistema biológico complexo (a árvore) e como tal é um material altamente variável. Sua estrutura anatômica, bem como suas propriedades físicas, químicas e mecânicas variam de espécie para espécie, e mesmo de uma parte para outra na mesma árvore (MARCATI, 1992).

Tem sido demonstrado por muitos pesquisadores (MARCATI, 1992) que as diferenças nas propriedades estão diretamente relacionadas com a estrutura anatômica da madeira. Assim, a utilização de partes da madeira para uma aplicação específica é dependente de suas propriedades, que são por sua vez influenciadas pela estrutura anatômica. Portanto, para um adequado entendimento das propriedades fundamentais da madeira, há necessidade de se avançar no conhecimento da anatomia e da composição química da parede celular (OLIVEIRA, 1988).

A anatomia da madeira convencional distingue três tipos de planos de corte, ou seja, os longitudinais e o transversal. Nos planos longitudinais, o tangencial oferece a estratificação dos raios, além de outros aspectos referentes aos tecidos vascular, parenquimático e fibroso. No radial, observam-se os tipos de células radiais e os tecidos vascular, parenquimático e fibroso. No corte transversal pode-se estudar, com resultados importantes, os tecidos radial e vascular, os diversos tipos de parênquima e, também, as informações sobre as fibras (MARCATI, 1992).

Algumas características da madeira, como resistência mecânica, trabalhabilidade, durabilidade natural, permeabilidade, densidade, comportamento em face da colagem, aplicações de revestimentos superficiais e fabricação de polpa e papel, por exemplo, são algumas das principais propriedades e aplicações influenciadas pela disposição e pela proporção dos elementos estruturais da madeira, quer por sua disposição, quer por suas proporções relativas (MAFRA, 1994).

Por durabilidade natural ou resistência natural, entende-se o grau de susceptibilidade da madeira ao ataque de agentes destruidores, como fungos, insetos e brocas marinhas, e à ação de intempéries (BURGER & RICHTER, 1991). Trata-se de uma propriedade extremamente variável entre as espécies madeireiras em que algumas são notáveis pela sua alta resistência; outras são consideradas mais ou menos intermediárias em durabilidade, enquanto outras são conhecidas por serem altamente susceptíveis à degradação biológica (LIMA, 1996).

Parte da resistência natural da madeira ao ataque de agentes biológicos é atribuída às principais características dos constituintes da parede celular. Todavia, a principal razão para a durabilidade natural de certas espécies de madeira é a presença de substâncias tóxicas no cerne, muitas vezes de natureza fenólica, que apresentam propriedades fungicidas e inseticidas (LIMA, 1996). A grande abundância de tecido parenquimático (raios e parênquima axial) proporciona baixa durabilidade natural à madeira, uma vez que se trata de tecido mole e de fácil penetração, e sobretudo por atrair os agentes destruidores em virtude dos conteúdos nutritivos armazenados em suas células (amidos, açúcares e proteínas) A localização do parênquima no lenho também pode favorecer o desenvolvimento de certos insetos xilófagos.

No caso de parênquima axial paratraqueal, as larvas, assim que eclodem dos ovos depositados nas cavidades dos vasos, encontram logo ao seu alcance os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento (BURGER & RICHTER, 1991).

Segundo Lepage (1986), os elementos macroscópicos da madeira de uma forma geral, o alburno aceita melhor o tratamento preservativo do que o cerne, por causa das deposições de extrativos no cerne, obstruindo os vasos.

Esta é uma característica importante, pois a preservação da madeira é diretamente ligada à permeabilidade. Geralmente, as madeiras mais duras são mais difíceis de secagem e de serem impregnadas, por possuírem menores espaços vazios para a circulação de fluidos. Os vasos nas angiospermas, os traqueóides axiais e transversais nas gimnospermas, e os raios em ambas, exercem uma função importante, pois fazem a eliminação e penetração dos líquidos na madeira.

Em relação ao cerne e o alburno afirmar-se que em o alburno impregna com maior facilidade do que o cerne, partindo do princípio que o alburno é formado por células fisiologicamente ativas, pelo menos em parte, pelas atividades físicas e químicas que ocorrem quando de sua transformação em cerne (Santini, 1988).

A formação de tiloses nas espécies das folhosas que são expansões visculares das células parenquimáticas radiais e axiais que penetram nas cavidades dos vasos através das pontuações existentes em suas paredes contacto. Conforme Santini (1988) nas madeiras em que se desenvolvem as tiloses podem reduzir substancialmente a permeabilidade dos vasos, quando associado a gomas e outros materiais podem provocar o fechamento definitivo dos vasos, impedindo a passagem de líquidos.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Espécies Estudadas e Obtenção das Amostras

Para o estudo da resistência natural das madeiras e verificação da eficiência dos preservativos CCA e CCB, foi amostrada uma árvore de *Eucalyptus pellita* F. Muell, uma árvore de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake e uma árvore de *Corymbia citriodora* K. D. Hill & L. A. S. Johnson, provenientes de plantios existentes na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica – RJ, com idade de 21 anos, medindo 29 metros de comprimento e diâmetro médio de 30cm.

Empregou-se também uma árvore de *Pinus elliottii* Engel, com 21 anos de idade, medindo 28m de comprimento e diâmetro médio de 26cm, proveniente da UFRRJ tendo sua madeira fornecido amostras para serem utilizadas como testemunha.

De cada árvore foram retiradas 3 toras com 2,5m de comprimento, e retiradas tábuas de 2,5cm de espessura. De cada tábua foram obtidas estacas (Figura 1) com dimensões de 2,5 X 5,0 X 50cm (radial x tangencial x longitudinal). Neste ensaio, as estacas foram confeccionadas de três posições no tronco (alburno, cerne interno e cerne externo), para estudos de durabilidade natural. O material foi utilizado livre de defeitos e de ataque de fungos ou insetos.

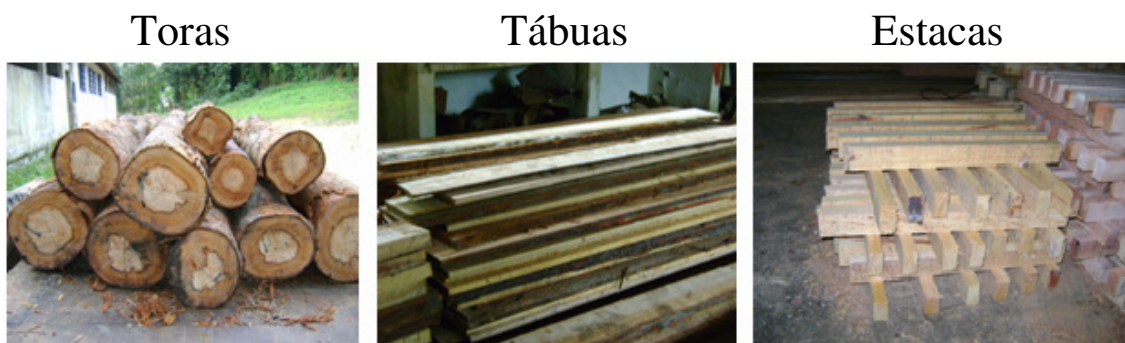


Figura 1 – Confeção das Amostras para os Ensaios.

As estacas não utilizadas para o ensaio de campo foram utilizadas no preparo das amostras para o ensaio de apodrecimento acelerado de laboratório e análise microscópica da madeira tratada.

### 3.2 Ensaio de Apodrecimento Acelerado de Laboratório

#### Preparo das Amostras

Os corpos-de-prova tratados e não tratados foram confeccionados com as dimensões, 0,9 x 2,5 x 2,5cm (radial x tangencial x longitudinal). Assim, as dimensões dos corpos-de-prova, estão de acordo com a ASTM D - 2017 (1994), que padroniza o teste de resistência de madeiras ao ataque de fungos, em condições de laboratório.

#### 3.2.1 Durabilidade Natural da Madeira a Fungo Xilófago

Para avaliar a durabilidade natural das madeiras estudadas, foram utilizados quatro corpos-de-prova de cada posição no tronco (cerne interno, cerne externo e albarno) totalizando 12 amostras por espécie.

Os corpos-de-prova foram condicionados até uma umidade de  $\pm 7\%$  e massa variando em  $\pm 0,1g$ . Foi calculado a densidade por deslocamento em mercúrio, conforme recomendações da ASTM D -1413 (1994) e MADY (2010), os corpos-de-prova foram identificados e secos em estufa a  $103 \pm 2^\circ C$  por 24 horas ( $T_1$ ).

O ensaio foi montado em frascos de 300 ml, os quais foram preenchidos com 200 g de areia. Em cada frasco, foi adicionado um alimentador de *Pinus* sp., utilizado como isca devido a sua susceptibilidade ao desenvolvimento do fungo. Subseqüentemente os frascos foram esterilizados a  $120 \pm 1^\circ C$  durante 1 hora em autoclave e, depois de esfriarem, sua umidade foi corrigida pela adição de 38 ml de água destilada e o fungo basidiomiceto *Postia placenta* (Fr.) M.J Larsen & Lombard (Figura 2), fornecido pelo Serviço Florestal do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), foi adicionado, permanecendo por trinta dias até completo desenvolvimento do mesmo.

Decorrido o período de trinta dias, os corpos-de-prova de *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus pellita* e *Corymbia citriodora* foram esterilizados em estufa a  $103 \pm 2^\circ C$ , foram adicionados nos vidros e o ensaio mantido em câmara climatizada a  $25 \pm 2^\circ C$  e  $65 \pm 5\%$ , localizada no Núcleo de Pesquisa Micológica e Micotoxicológica,

PSA/EMBRAPA/UFRRJ permanecendo por 14 semanas (Figura 3). Os corpos-de-prova foram levados para o Laboratório de Produtos Florestais, IF/UFRRJ, onde foi realizado a limpeza das madeiras utilizando um pincel para retirada do excesso de fungo na superfície e levados para estufa a  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  por 24 horas. Após esse período tomou-se a massa de cada corpo-de-prova ( $T_2$ ) para a determinação da perda de massa.



Figura 2 – (a) Placa de petri contendo o fungo *Postia placenta*; (b) ensaio de durabilidade natural; (c) câmara climatizada.

O grau de durabilidade natural de cada corpo-de-prova de madeira foi avaliado em função da sua perda de massa PM (%).

A perda de massa foi calculada pela diferença de peso inicial ( $T_1$ ) e peso final ( $T_2$ ), sendo o resultado dividido pelo peso inicial ( $T_1$ ) e multiplicado por 100 para transformar os dados em percentagem.

De posse dos dados referentes à perda de massa, a resistência das diferentes espécies estudadas foi avaliada pela comparação com os valores da Tabela 1, avaliando-se a respectiva deterioração de cada corpo-de-prova.

Tabela 1. Classes de resistência da madeira a fungos xilófagos ASTM D – 2017 (1994)

Classe de resistência da Madeira	Perda de Massa (%)	Massa Residual (%)
Muito resistente	0 – 10	90 – 100
Resistente	11 – 24	76 – 89
Resistência Moderada	25 – 44	56 – 75
Não-resistente	>45	<55

### 3.2.2 Durabilidade da Madeira Tratada

Para o tratamento preservativo das madeiras seguiu-se a sugestão da ASTM D - 1413 (1994), como demonstra a Figura 3, e para a montagem do ensaio de durabilidade as sugestões da ASTM D - 2017 (1994).



Figura 3 - Método de impregnação dos corpos-de-prova adaptado da ASTM D - 1413 (1994).

Foram utilizados Arseniato de Cobre Cromatado (CCA) a 2% e Borato de Cobre Cromatado (CCB) a 2,4%. Como o objetivo do ensaio foi avaliar a durabilidade da madeira tratada e a eficiência dos preservativos, adotou-se concentrações consideradas altas dos produtos. O preparo das soluções preservativas foi realizado com base nos valores de ingredientes ativos e os produtos foram escolhidos por serem os mais utilizados para a preservação de madeiras.

Foi calculado a densidade das madeiras como descrito no item 3.2.1 e identificados. Os corpos-de-prova foram secos em estufa  $103^{\circ}\text{C} \pm 2$  por 24 horas ( $T_1$ ).

Os corpos-de-prova foram colocados dentro de um frasco de vidro e este posicionado dentro de um dessecador. O dessecador foi tampado e realizado vácuo (400 mmHg) por 20 minutos (Figura 4). O vácuo foi retirado, a solução preservante foi adicionada dentro do frasco contendo as madeiras por um funil acoplado ao dessecador, e foi adicionada até que os corpos-de-prova fossem submersos permanecendo por trinta minutos, daí o processo foi cessado. A tampa do dessecador foi removida e o frasco retirado.

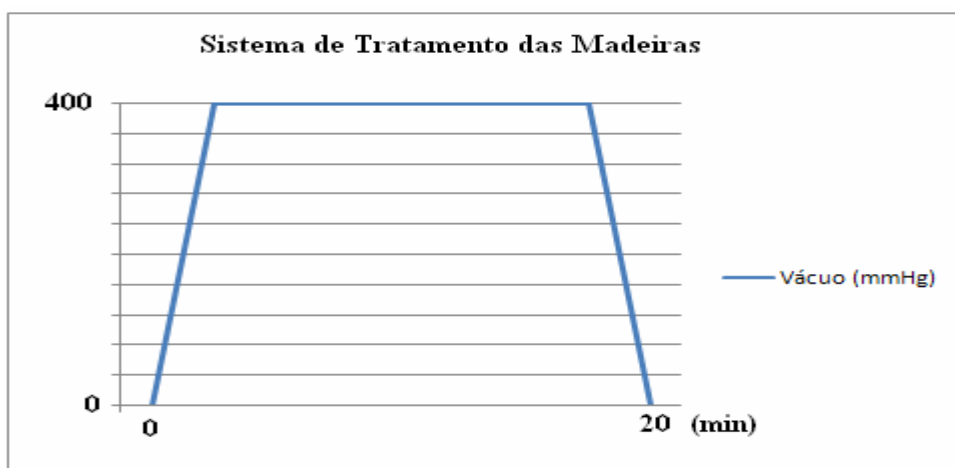


Figura 4 – Visualização Gráfica do Tratamento das Madeiras

O frasco foi vedado com um filme plástico, para evitar a evaporação da solução preservante, e permaneceu por um período de 2 horas em repouso. Os corpos-de-prova foram removidos e o excesso de preservante retirado utilizando toalhas de papel, sendo realizado novamente a pesagem dos blocos ( $T_2$ ).

A quantidade em gramas de solução preservante absorvida é obtida pela diferença:  $T_2 - T_1$ . O cálculo de retenção é realizado segundo a fórmula:  $(GC/V) \times 10$ , onde:

$$G = T_2 - T_1$$

C= gramas de preservante em 100g de solução

V= volume do bloco em  $\text{cm}^3$

Após a determinação de  $T_2$ , os corpos-de-prova foram condicionados por 3 semanas em sala climatizada  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  e  $65 \pm 5\%$  de umidade relativa. Climatizados os blocos foram novamente pesados ( $T_3$ ).

Foi calculado a umidade inicial dos corpos-de-prova pela diferença de  $T_3$  e  $T_1$ . O resultado foi dividido por  $T_1$  e multiplicado por 100 para transformar em porcentagem. A umidade foi obtida para verificar se este fator interferiu ou não na retenção dos produtos preservativos utilizados.

Foram utilizados 24 corpos-de-prova por espécie, sendo 12 tratados com CCA e 12 tratados com CCB (4 de alburno, 4 de cerne interno e 4 de cerne externo). Foi distribuído uma amostra por vidro (Figura 5).



Figura 5 –Ensaio de durabilidade da madeira tratada conforme a ASTM D 1413 (1994).

O ensaio foi mantido em câmara climatizada  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  no Núcleo de Pesquisa Micológica e Micotoxicológica, PSA/EMBRAPA/UFRRJ onde permaneceu por 14 semanas. Para testar a resistência das madeiras e a eficiência dos produtos preservativos foi empregado o fungo basidiomiceto *Postia placenta* (Fr.) M.J Larsen & Lombard (fungo tolerante a compostos contendo cobre).

Após o tempo de exposição, as madeiras foram retiradas e condicionadas em sala climatizada  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  e  $65 \pm 5\%$  ( $T_4$ ).

A perda de massa % foi calculada segundo a fórmula:  $(T_3 - T_4 / T_3) \times 100$  e foi realizada a análise visual dos blocos, a fim de avaliar se houve ou não desgaste.

Decorrido o período de exposição dos corpos-de-prova, a perda de massa foi avaliada comparando os valores com os apresentados pela Tabela 1 .

### 3.3 Análise Microscópica da Madeira Tratada

A retirada dos corpos-de-prova das estacas tratadas foi efetuada como demonstrado na Figura 6.

As análises foram realizadas efetuando-se a avaliação microscópica das espécies após o tratamento preservativo com o produto Borato de Cobre Cromatado (CCB).

Foram utilizados corpos-de-prova medindo 0,9 x 2,5 x 2,5cm (radial x tangencial x longitudinal) para a confecção de lâminas que foi realizada no Laboratório de Anatomia da Madeira do Departamento de Produtos Florestais da UFRRJ. Foi utilizado o micrótomo da marca MICROM HM 450, como ferramenta para obtenção dos cortes histológicos que foram feitos no plano tangencial. Para obtenção das imagens (fotografias) foi utilizado o software Analysis Getit e o microscópio OLYMPUS acoplado a uma câmera digital SC20.

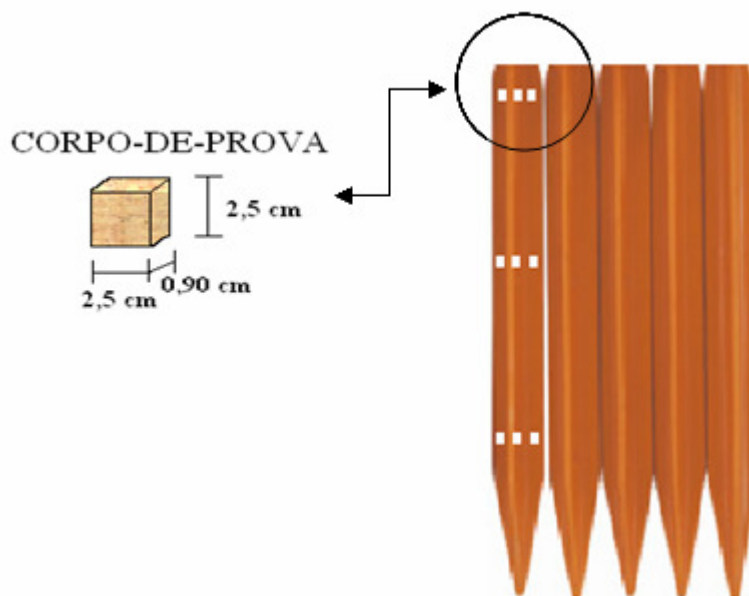


Figura 6 - Posição dos corpos-de-prova para análise microscópica.

As lâminas obtidas foram utilizadas no teste de distribuição do produto preservante por meio do processo colorimétrico pela aplicação de uma substância indicativa (cromoazurol), o que demonstrou visualmente (tons de azul) onde houve a penetração do produto na madeira (IPT-DIMAD, 1980).

A distribuição do preservante na lâmina foi classificada de acordo com os padrões de penetração (IBDF/LPF 1988; INPA/CPFF, 1991), representados na Figura 7.

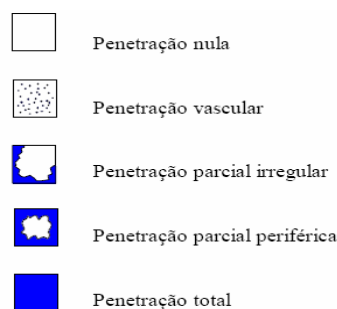


Figura 7 – Padrões de distribuição de produto preservativo.

### 3.4 Ensaio de Campo com Estacas não Tratadas

O ensaio de campo foi instalado como recomendado por Lepage (1970), para avaliar a durabilidade natural da madeira em contato com o solo e a susceptibilidade a ataque de organismos xilófagos.

Foram utilizadas 15 estacas por espécie, sendo por tratamento 5 estacas de alburno, 5 de cerne interno e 5 de cerne externo. O espaçamento utilizado na montagem do campo de apodrecimento foi de um metro entre fileiras e de trinta centímetros entre estacas.

Foram montados dois campos de apodrecimento, um em ambiente a céu aberto (campo 1) e outro em ambiente sombreado na borda de floresta (campo 2), ambos situados no Instituto de Florestas da UFRRJ, localizado no município de Seropédica, RJ (Figura 8).



Figura 8 – Localização das áreas experimentais campo 1 e campo 2, Inst. de Florestas/UFRRJ, Seropédica, RJ, 2011.

Seropédica embora seja considerada politicamente como integrante da região metropolitana do Rio de Janeiro, geograficamente está situado em uma área da planície costeira fluminense denominada Baixada de Sepetiba (MARQUES, 1976). Situa-se a 22°46' de latitude e 43°41' de longitude, possui uma altitude média de 33 m acima do nível do mar. O clima da região é classificado como Aw, com chuvas concentradas no período de novembro a março, com precipitação anual média de 1213 mm e temperatura média anual de 24,5°C (CARVALHO et al., 2006).

As áreas escolhidas para o experimento possuem as seguintes coordenadas: Campo 1 – 22°45'23,74" de latitude sul e 43°41'51,84" de longitude oeste; Campo 2 – 22°45'24,22" de latitude sul e 43°41'53,56" de longitude oeste.

Neste ensaio, as estacas foram avaliadas após 12 meses de instalação do experimento. O nível de degradação foi classificado segundo um sistema de notas relacionado ao estado fitossanitário da madeira, conforme recomendações de Lepage (1970) e apresentados na tabela 2.



Tabela 2 - Classificação do nível de degradação das madeiras em contato com o solo (LEPAGE, 1970).

Estado de sanidade	Nota	Índice de comportamento
Sadio, nenhum ataque	0	100
Ataque leve ou superficial de térmitas	1	90
Ataque evidente, mas moderado de térmitas	2	70
Apodrecimento intenso ou ataque interno de térmitas	3	40
Quebra; perda quase total de resistência	4	0

Para avaliação da resistência das estacas, foi realizado um leve movimento circular na estaca quando ainda no solo, para verificar se a resistência foi reduzida a tal ponto de provocar a sua quebra. Foi observado a consistência da madeira, por meio de uma leve pressão com uma chave de fenda, tanto na parte aérea quanto na parte que permaneceu cravada no solo, conforme metodologia proposta por Trevisan et al. (2003).

A perda de massa das estacas foi determinada para se obter uma correlação entre os valores obtidos no ensaio de campo e no ensaio de apodrecimento acelerado de laboratório.

A identificação dos térmitas encontrados na área de estudo foi por meio de análise visual e os fungos observados foram classificados pelo Pesquisador do Núcleo de Pesquisa Micológica e Micotoxicológica, do Projeto de Sanidade Animal (PSA) da EMBRAPA de Seropédica, RJ, Marcelo Elias Fraga.

### 3.5 Análise Estatística

Para análise dos dados foi utilizado o programa estatístico SAEG (Sistema para Análises Estatísticas). Para os resultados de perda de massa, obtidos com o ensaio de campo com estacas, foi realizado teste de Liliefors para verificação da normalidade dos dados, seguido de análise de variância e teste de Tukey ao nível de 5 % de significância. No ensaio de laboratório com corpos-de-prova não tratados foi realizado o teste de Liliefors para verificação da normalidade dos dados, como os dados não apresentaram distribuição normal foi realizado teste de correlação entre a densidade e a perda de massa para avaliar se a resistência natural esteve associada à densidade da madeira. Para os dados de densidade ( $\text{g/cm}^3$ ) e da perda de massa dos corpos-de-prova tratados foi realizado teste de Liliefors para verificação da normalidade dos dados e os resultados foram analisados por análise de variância e teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Ensaio de Laboratório com Madeira não Tratada

As madeiras após 14 semanas em contato com o fungo *Postia placenta*, apresentaram mudança na sua cor original, sofrendo escurecimento (Figura 9) e ligeira perda de resistência apresentando fissuras. Segundo Tarcísio (2008), os fungos de podridão parda nutrem-se dos hidratos de carbono presentes na parede celular, causando o escurecimento da madeira, provocando fissuras por toda a peça e afetando a resistência da madeira.

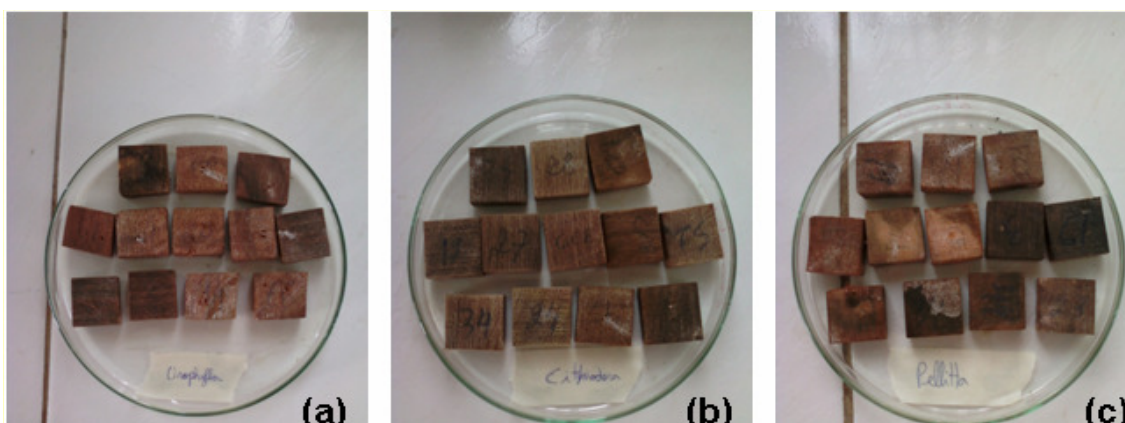


Figura 9 – (a) *Eucalyptus urophylla*; (b) *Corymbia citriodora*; (c) *Eucalyptus pellita*.

Segundo Santos (1992), a madeira sob ataque de fungos apresenta alterações na composição química, redução da resistência mecânica, diminuição de massa, modificação da cor, 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 utilização para fins tecnológicos.

Os fungos causadores de podridão parda, por sua vez, são responsáveis pela degradação da celulose e hemicelulose e deixam a madeira com aspecto amorfa e desintegrada ao final do processo de deterioração, restando moléculas de lignina modificada de coloração parda (SILVA & COELHO, 2006).

Gonzaga (2006) cita que os fungos da podridão parda atacam a celulose, deixando intacta a lignina, a madeira adquire aspecto de queimada, com rachaduras longitudinais, e suas características mecânicas entram em colapso.

A mudança na coloração dos corpos-de-prova mostrou que houve ação do fungo na madeira de todas as espécies, o que demonstra que *E. pellita*, *E. urophylla* e *C. citriodora* são passíveis de sofrerem deterioração pelo fungo *Postia placenta*.

Os valores da densidade ( $\text{g/cm}^3$ ) e da perda de massa (%) sofrida pela deterioração provocada pelo fungo xilófago testado, para cada posição (cerne interno, cerne externo e alburno) da madeira de *E. urophylla*, *E. pellita* e *C. citriodora*, encontram-se na Tabela 3. As madeiras testadas foram classificadas como resistentes ou muito resistentes, sendo a perda de massa do *E. urophylla* superior à do *E. pellita* e *C. citriodora*, indicando sua maior susceptibilidade ao ataque do fungo, mas, apesar desta

diferença, as três espécies sofreram desgaste em função da deterioração do fungo *Postia placenta*.

A madeira de alburno e a porção de cerne externo de *E. pellita* e *C. citriodora* sofreu perda maior de massa (1,50 e 0,55%; 1,30 e 0,54%) respectivamente em relação ao cerne interno. Para o *E. urophylla*, o alburno e o cerne interno foram mais susceptíveis ao ataque do fungo xilófago em relação ao cerne externo (11,30 e 11,26%) respectivamente.

Tabela 3 –Classificação da resistência das madeiras em função da densidade e perda de massa.

Espécies Estudadas	Posição no tronco	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Perda de Massa (%)	Classe de Resistência
1- <i>C. citriodora</i>	1-Cerne Interno	0,85	0,44	MR
	2-Cerne Externo	0,89	0,54	MR
	3-Alburno	0,85	0,55	MR
2 - <i>E. pellita</i>	1-Cerne Interno	0,59	1,25	MR
	2-Cerne Externo	0,82	1,30	MR
	3-Alburno	0,82	1,50	MR
3 - <i>E. urophylla</i>	1-Cerne Interno	0,64	11,26	R
	2-Cerne Externo	0,78	10,71	R
	3-Alburno	0,71	11,30	R

MR – Muito Resistente; R – Resistente.

Panshin & De Zeeuw (1980), Hillis (1984) e Findlay (1985) afirmam ser a posição mais externa do cerne a mais resistente aos organismos xilófagos. Os resultados não confirmaram a afirmação desses autores, uma vez que a porção mais resistente foi a da madeira de cerne interno para *E. pellita* e *C. citriodora*. A discrepância entre os resultados encontrados pelos autores citados talvez possa estar relacionado à presença de alburno nas amostras. Uma outra possibilidade é a existência de maior concentração de extrativos tóxicos ao fungo testado na posição mais interna das árvores. Já para o *E. urophylla* a porção mais resistente foi a do cerne externo comprovando o que os autores citados encontraram em seus resultados. O alburno foi a região menos resistente em relação às demais para todas as espécies, o que evidencia a sua susceptibilidade a ação do fungo testado.

Carlos (1996) avaliou a resistência de 15 espécies de madeiras de eucalipto e seis de pinus ao ataque de fungos, sem mencionar os fungos utilizados, e classificou as madeiras de *C. citriodora*, *E. paniculata* e *E. tereticornis* como duráveis e muito duráveis, e as de *E. grandis* e *E. urophylla*, como susceptíveis a ação dos fungos testados.

Reis (1973) apud Oliveira et al. (2005) avaliou a resistência da madeira de 20 árvores de *C. citriodora*, provenientes da Região Sudeste do Brasil, em relação ao apodrecimento pelos fungos *Polyporus versicolor* e *Poria monticola*, causadores da podridão branca e podridão parda, respectivamente. Segundo o autor, a madeira foi classificada como sendo de alta resistência a resistente, concluindo, ainda, que a resistência foi maior para o fungo causador da podridão parda e que, em ambos os fungos, a resistência decresceu substancialmente do cerne mais externo para aquele mais interno. Sendo a madeira de *C. citriodora* resistente ao apodrecimento (IPT, 2003).

Com base na literatura o comportamento da espécie *C. citriodora* como sendo resistente a muito resistente ao apodrecimento e a espécie *E. urophylla* como susceptível a degradação por fungos foi comprovada nesse experimento, sendo classificadas segundo ASTM D - 2017 (1994) como muito resistente e resistente respectivamente.

A madeira de *E. pellita* foi classificada como muito resistente uma vez que sua perda de massa foi inferior a 10%, atingindo 1,25%, 1,30% e 1,50% (cerne interno, cerne externo e alburno respectivamente). Existem poucas informações a respeito da durabilidade natural dessa espécie.

Conforme os dados apresentados na Tabela 7 observa-se que o valor médio de densidade do *E. urophylla* foi inferior à do *C. citriodora* e *E. pellita*, com exceção para os valores obtidos para o cerne interno de *E. pellita*, que foi ligeiramente menor que o da madeira de *E. urophylla*.

Segundo Burguer & Richter (1991), em geral, as madeiras de densidade alta são mais resistentes à ação de agentes biodegradadores por apresentarem uma estrutura mais compacta e, frequentemente, um elevado teor de substâncias especiais (sílica, alcalóides, taninos), que impregnam as paredes das células e são tóxicas a organismos xilófagos.

Foi observado neste experimento uma maior perda de massa nas madeiras menos densas (Figura 10), conforme citado por alguns autores, apesar da porção de cerne interno de *E. pellita* ter sido inferior à de *E. urophylla* que apresentou densidade ligeiramente superior, porém maior perda de massa.

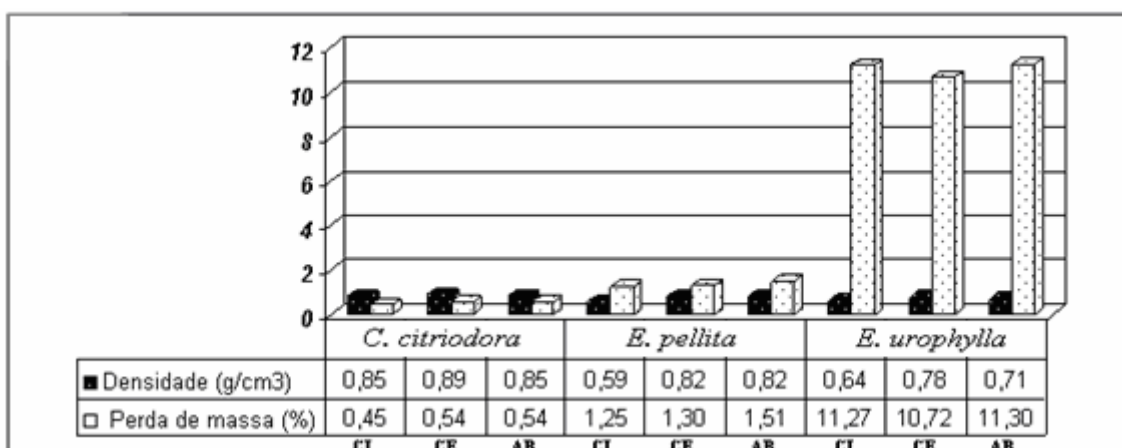


Figura 10 - Perda de massa das madeiras em função dos valores de densidade. CI: Cerne Interno; CE: Cerne Externo; AB: Alburno.

Alguns autores, dentre eles Findlay (1985), Lelis et al. (2001), Paes et al. (2004), afirmam que a resistência da madeira não está associada à sua densidade e, sim, à quantidade e classes de extrativos presentes nas mesmas. Os extrativos de plantas são conhecidos por aumentar a sua durabilidade. Madeiras mais resistentes são ricas em extrativos (BRAND et al., 2006). Essas substâncias podem ser tóxicas a xilófagos (HARUN & LOBOSKY, 1985; HWANG et al., 2006) e proteger as madeiras do ataque dos mesmos.

A análise do teste de correlação entre a densidade e a perda de massa causada pelo fungo, indicou que a resistência natural esteve associada à densidade da madeira (exceção feita ao valor obtido pelo corpo-de-prova de cerne externo de *E. pellita*, tabela 11).

A análise de variância dos dados de densidade ( $\text{g/cm}^3$ ) em relação ao fungo *Postia placenta* apresentou resultados significativos pelo teste de Tukey (Tabela 4), para o fator espécie, em que a madeira de *E. urophylla* apresentou menor densidade e foi o mais deteriorado quando comparado com *C. citriodora* e *E. pellita*.

Tabela 4 – Correlação entre densidade e perda de massa das espécies estudadas

Espécies Estudadas	Posição no tronco	Média Dens. ( $\text{g/cm}^3$ )	Perda de Massa (%)
1- <i>C. citriodora</i>	1-Cerne Interno	0,8886 A	0,54
	2-Cerne Externo	0,8491 AB	0,54
	3-Alburno	0,8486 AB	0,45
2 - <i>E. pellita</i>	1-Cerne Interno	0,8237 AB	1,51
	2-Cerne Externo	0,8222 AB	1,30
	3-Alburno	0,7842 BC	10,72
3 - <i>E. urophylla</i>	1-Cerne Interno	0,7086 CD	11,30
	2-Cerne Externo	0,6486 DE	11,27
	3-Alburno	0,5917 E	1,25

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey 5%

De modo geral, pode-se afirmar que houve uma relação diretamente proporcional entre a densidade e a resistência das madeiras ao fungo *Postia placenta*, onde as espécies de maiores densidades foram as mais resistentes.

#### 4.2 Ensaio de Laboratório com Madeira Tratada

Os corpos-de-prova tratados com CCA e CCB, após 14 semanas de exposição ao fungo da basidiomiceto *Postia placenta* não sofreram mudança na sua cor e não apresentaram rupturas ou fissuras (Figura 11), o que permite afirmar que não houve penetração do fungo na madeira tratada de *C. citriodora*, *E. pellita* e *E. urophylla*. Foi observado em algumas madeiras o desenvolvimento do fungo ao redor das mesmas, porém pela análise visual notou-se que o fungo estava aderido aos alimentadores de pinus confeccionados.



Figura 11 – (a) Madeira sem tratamento; (b) madeira tratada com CCA; (c) madeira tratada com CCB.

Os dados de perda de massa encontram-se na Tabela 5, tendo sido observado que para o cerne interno, cerne externo e albarno, o tratamento foi eficiente nas madeiras de *C. citriodora*, *E. pellita* e *E. urophylla* que apresentaram pequena perda de massa, sendo classificadas como muito resistentes quando tratadas com preservante CCA ou CCB. De modo geral, os preservativos empregados conferiram às peças de *C. citriodora*, *E. pellita* e *E. urophylla* uma alta resistência ao fungo *P. placenta*.

A madeira de *E. urophylla* foi classificada como resistente sem estar previamente tratada, após o tratamento químico ocorreu redução na perda de massa (Tabela 9), o que conferiu a madeira maior durabilidade, sendo classificada como muito resistente.

Antes do tratamento a madeira deve estar com teor de umidade em torno do ponto de saturação das fibras, ou seja, aproximadamente 30% de umidade para que os preservante sejam bem absorvidos, melhorando a penetração do material ativo (GHELLER, 2010).

O teor de umidade que a madeira deve apresentar para que a penetração e a retenção sejam satisfatórias varia segundo Santini (1988), com o método de tratamento e tipo de preservativo utilizado.

Lepage (1986) cita que o teor de umidade da madeira afeta sua tratabilidade. Acima do ponto de saturação das fibras, um aumento do teor de umidade diminui a fração de vazios da madeira, podendo impedir que se atinja a retenção desejada de preservativo. Abaixo do ponto de saturação das fibras, o aumento de umidade geralmente diminui a permeabilidade da madeira a gases. A explicação pode ser dada pela redução do tamanho dos poros causada pelo inchamento da membrana das pontuações. Essa redução atinge o máximo próximo ao ponto de saturação das fibras.

A umidade inicial dos corpos-de-prova variou de 14,75% a 17,36% (Tabela 5), tendo para estes níveis, pouca interferência na retenção do produto preservativo, tanto para CCA quanto para CCB.

Tabela 5 – Perda de massa (%), retenção (Kg/m<sup>3</sup>), umidade inicial (%), densidade (g/cm<sup>3</sup>) e classe de resistência das espécies estudadas.

Espécies	Posição no Tronco	PM (%)		U%	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Retenção (Kg/m <sup>3</sup> )		CR
		CCA	CCB			CCA	CCB	
<i>Corymbia citriodora</i>	Cerne Interno	0,48	0,47	14,75	0,88	5,18	5,24	MR
	Cerne externo	0,34	0,47	15,17	0,87	5,55	5,12	MR
	Albarno	0,40	0,59	16,29	0,81	5,98	5,57	MR
<i>Eucalyptus pellita</i>	Cerne Interno	0,40	0,39	17,36	0,78	3,80	4,20	MR
	Cerne externo	0,38	0,68	16,88	0,64	4,26	4,46	MR
	Albarno	0,39	0,61	17,27	0,70	6,18	7,31	MR
<i>Eucalyptus urophylla</i>	Cerne Interno	0,47	0,35	15,62	0,82	7,52	6,75	MR
	Cerne externo	0,32	0,55	17,33	0,58	5,72	4,68	MR
	Albarno	0,53	0,61	16,85	0,83	6,22	6,35	MR

PM: Perda de Massa; U: Umidade Inicial; CR: Classe de Resistência

A perda de massa da madeira (Tabela 6) de *E. pellita*, *E. urophylla* e *C. citriodora* não apresentou diferença significativa quando tratados com produto preservante CCA e CCB e expostos ao fungo *Postia placenta* em condições de laboratório, demonstrando que os produtos utilizados foram eficazes no aumento da durabilidade da madeira.

Ao avaliar a eficiência de CCA na proteção da madeira fora do contato com o solo, Preston et al. (1986) observou que o mesmo apresentou excelente performance preservante.

Ramos et al. (2006) ao avaliar a eficiência do CCB na resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora*) em ensaio de apodrecimento acelerado verificou que as peças tratadas atingiram alta resistência ou resistência ao fungo *Postia placenta*, o que comprova a eficiência do produto preservativo utilizado na melhoria da resistência da madeira.

Conforme os autores citados este experimento comprovou a eficácia dos produtos CCA e CCB, no que se refere ao aumento de resistência das madeiras ao fungo *Postia placenta* nos níveis de retenção empregados.

Tabela 6 – Perda de massa da madeira de *E. pellita*, *E. urophylla* e *C. citriodora* em condições de laboratório.

Espécies	Posição no Tronco	PM (%)	
		CCA	CCB
<i>Corymbia citriodora</i>	Cerne Interno	0,48 A	0,47 A
	Cerne externo	0,34 A	0,47 A
	Alburno	0,4 A	0,59 A
<i>Eucalyptus pellita</i>	Cerne Interno	0,4 A	0,39 A
	Cerne externo	0,38 A	0,68 A
	Alburno	0,39 A	0,61 A
<i>Eucalyptus urophylla</i>	Cerne Interno	0,47 A	0,35 A
	Cerne externo	0,32 A	0,55 A
	Alburno	0,53 A	0,61 A

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância

### 4.3 Análise Microscópica da Madeira Tratada

Após análise microscópica da madeira de *Corymbia citriodora* observou-se o escurecimento dos elementos de raio e fibras próximas aos mesmos, atribuindo uma coloração azul escuro onde houve a reação do indicador cromoazurol com o preservante CCB. O alburno e o cerne interno apresentaram penetração parcial irregular, enquanto que o cerne externo apresentou penetração vascular (Figura 12) para o preservativo CCB.

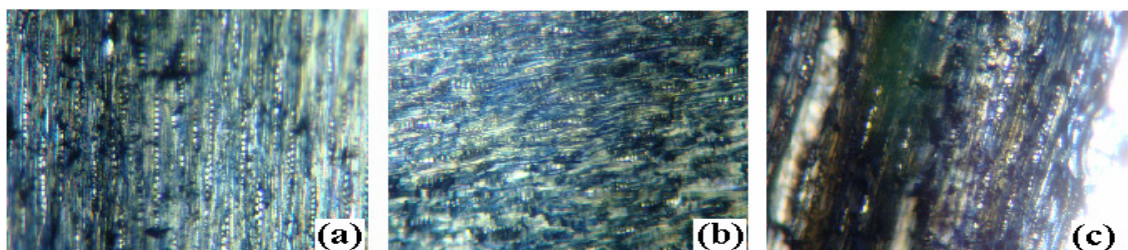


Figura 12 – Visualização microscópica da penetração de CCB em *Corymbia citriodora* (aumento 10X). (a) alburno; (b) cerne externo; (c) cerne interno.

Para a madeira de *Eucalyptus pellita* também observou-se o escurecimento celular, principalmente do conteúdo dos elementos de raio, fibras próximas aos mesmos e pontuações, após o tratamento preservativo com CCB. Nota-se que a coloração após a reação colorimétrica com cromoazurol atingiu um tom avermelhado ao lilás, sendo observado tons mais claros onde não houve reação entre as substâncias e tons de azul onde houve reação do indicador com o produto CCB. O alburno apresentou penetração parcial periférica, o cerne externo apresentou penetração parcial irregular e o cerne interno apresentou penetração vascular (Figura13) para o preservativo CCB.

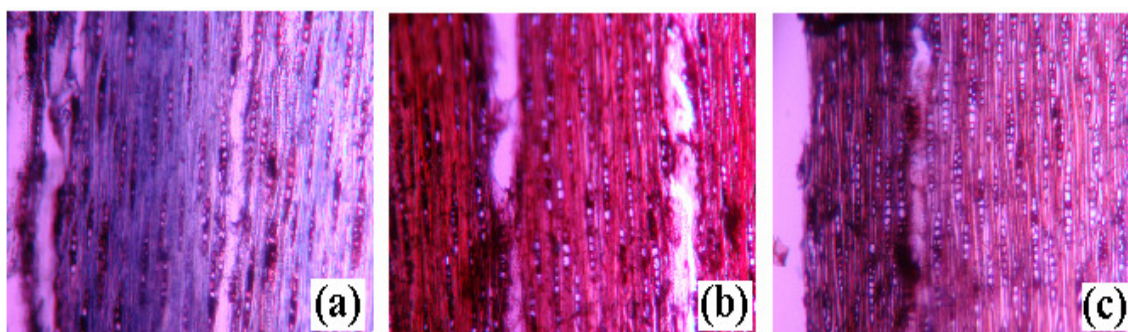


Figura 13 – Visualização microscópica da penetração de CCB em *Eucalyptus pellita*(aumento 10X). (a) alburno; (b) cerne externo; (c) cerne interno.

Para a madeira de *Eucalyptus urophylla* se observou o escurecimento celular, principalmente do conteúdo dos elementos de raio e fibras próximas aos mesmos, atribuindo uma coloração azul escuro onde houve a reação do indicador comoazurol com o preservante CCB, no caso do cerne externo os tons variaram em rosa claro e rosa escuro e onde houve reação do indicador com o produto CCB nota-se tons em azul. O alburno apresentou penetração parcial periférica, o cerne externo apresentou penetração vascular e o cerne interno apresentou penetração parcial irregular (Figura 14) para o preservativo CCB.

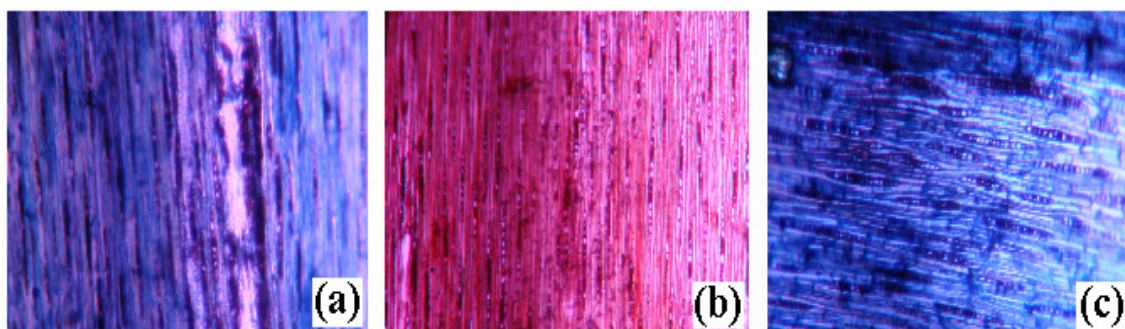


Figura 14 – Visualização microscópica da penetração de CCB em *Eucalyptus uriphylla* (aumento 10X). (a) alburno; (b) cerne externo; (c) cerne interno.

Foi observado neste experimento conteúdo no raio de algumas amostras antes do tratamento preservativo, e após o tratamento e aplicação do indicador cromoazurol houve o escurecimento deste conteúdo, provavelmente o produto utilizado CCB pode ter reagido com o conteúdo, e se fixado dentro e entre os raios. Uma análise química não foi realizada neste experimento para se identificar quais substâncias estariam nestas células, podendo o material ser composto de gomo-resina.



Segundo Santini (1988), certas madeiras podem ser tratadas com relativa facilidade, outras em grau mais ou menos intermediário e há aquelas que são difíceis de serem impregnadas com preservativos. Em alguns casos é difícil detectar as causas exatas destas notáveis diferenças de permeabilidade.

Segundo Lepage (1986), as madeiras são divididas em quatro grupos, de acordo com a maior ou menor facilidade com que o cerne é penetrado: grupo 1: cerne facilmente penetrado; grupo 2: cerne moderadamente penetrado; grupo 3: cerne de penetração difícil e grupo 4: cerne de penetração muito difícil.

Segundo Lepage (1986), para os elementos macroscópicos da madeira de forma geral, o alburno aceita melhor o tratamento preservativo que o cerne, por causa das deposições de extrativos no cerne, obstruindo os vasos.

Os níveis de retenção tanto para CCA como para CCB atingiram níveis ideais (Tabela 15), em comparação com o valor que é recomendado quando se trata madeira que é de 5,5 Kg/m<sup>3</sup> (BRITO, 2006).

Conforme observado na análise microscópica (penetração de preservante) da madeira e nos dados de retenção do preservativo CCB (Tabela 7) em *C. citriodora*, *E. pellita* e *E. urophylla*, observou-se que o cerne interno e o cerne externo permitem certo nível de tratamento.

Tabela 7 – Níveis médios de retenção de preservativo CCB

Espécies	Posição no Tronco	Retenção CCB (Kg/m <sup>3</sup> )
<i>Corymbia citriodora</i>	Cerne Interno	5,24
	Cerne Externo	5,12
	Alburno	5,57
<i>Eucalyptus pellita</i>	Cerne Interno	4,2
	Cerne Externo	4,46
	Alburno	7,31
<i>Eucalyptus urophylla</i>	Cerne Interno	6,75
	Cerne Externo	4,68
	Alburno	6,35

#### 4.4 Ensaio de Apodrecimento em Campo

Foi observada a presença de térmitas do gênero *Nasutitermes* sp. no campo de apodrecimento 1 e deterioração por fungos das classes dos ascomicetos e basidiomicetos na região em contato com o solo. As estacas apresentaram perda de material proveniente do intenso processo de degradação por térmitas e algumas apresentaram quebra na área de contato com o solo, em função da deterioração por fungos xilófagos (Figura 15).



Figura 15 - Campo de Apodrecimento 1 (a) estacas deterioradas; (b) ataque de térmitas do gênero *Nasutitermes*.

No campo de apodrecimento 2 foram observados danos menos intensos nas estacas que no campo de apodrecimento 1. A ocorrência de térmitas do gênero *Coptotermes* sp. foi observada, o que demonstrou atividade de térmitas na área. As quebras foram mais intensas no campo de apodrecimento 2, evidenciando maior atividade de fungos, fato que pode ter sido facilitado pelo ambiente da floresta, que proporcionou uma maior umidade e condições propícias ao desenvolvimento de fungos (Figura 16).



Figura 16 - Campo de Apodrecimento 2 (a) estacas deterioradas; (b) estaca deteriorada por térmitas.

No campo de apodrecimento 1 os maiores índices de comportamento (conforme Tabela 2) foram verificados nas porções de cerne interno e externo de *Corymbia citriodora*; em todas as posições (cerne interno, externo e alburno) de *Eucalyptus pellita* e para a porção de cerne interno de *Eucalyptus urophylla* (Tabela 8). As madeiras de *C. citriodora* e *E. pellita* apresentaram comportamento superior à de *E. urophylla*, apesar do alburno de *C. citriodora* ter sofrido alto grau de deterioração.

Paes & Vital (2000), relatam que a madeira de *E. urophylla* é altamente susceptível ao ataque de térmitas, o que foi observado nos campos de apodrecimento 1 e 2.

Foi observado ataque de fungos das estacas na parte que esteve em contato com o solo em ambos os campos de apodrecimento, provavelmente por causa da atividade da microbiota do solo, principalmente o desenvolvimento de fungos, o que pode ter reduzido a resistência estrutural das madeiras. Tanto para o campo de apodrecimento 1 quanto para o campo de apodrecimento 2, não houve ataque de fungos da parte aérea, a estaca acima do solo permaneceu sadia após o período de exposição.

Tabela 8 - Índice de comportamento e percentagem de amostras com madeira mole, para o campo de apodrecimento 1. Seropédica, RJ, 2011.

Espécies	Posição no Tronco	IC	Amolecimentoda Madeira (%)	
			Solo	Parte Aérea
<i>Corymbia citriodora</i>	Cerne Interno	90	60	0
	Cerne externo	100	60	0
	Alburno	54	60	0
<i>Eucalyptus pellita</i>	Cerne Interno	98	100	0
	Cerne externo	96	60	0
	Alburno	92	80	0
<i>Eucalyptus urophylla</i>	Cerne Interno	94	100	0
	Cerne externo	76	80	0
	Alburno	18	100	0
<i>Pinus elliottii</i>	Alburno	92	80	0

IC: Índice de Comportamento.

No campo de apodrecimento 2 os maiores índices de comportamento foram verificados nas porções de cerne interno e externo de *Corymbia citriodora*; na porção de cerne externo de *Eucalyptus pellita* e para a porção de cerne interno e externo de *Eucalyptus urophylla* (Tabela 9). Neste campo as três espécies apresentaram resistência elevada do cerne, tendo o alburno de *C. citriodora* e *E. urophylla* sofreram alto grau de degradação.

Neste experimento a madeira de *C. citriodora* e *E. pellita* apresentaram os melhores resultados de durabilidade natural quando em contato com o solo, para o período avaliado.

Tabela 9 - Índice de comportamento e percentagem de amostras com madeira mole, para o campo de apodrecimento 2. Seropédica, RJ, 2011.

Espécies	Posição no Tronco	IC	Amolecimento da Madeira (%)	
			Solo	Parte Aérea
<i>Corymbia citriodora</i>	Cerne Interno	98	20	0
	Cerne externo	100	40	0
	Alburno	20	80	0
<i>Eucalyptus pellita</i>	Cerne Interno	60	60	0
	Cerne externo	100	0	0
	Alburno	76	40	0
<i>Eucalyptus urophylla</i>	Cerne Interno	88	100	0
	Cerne externo	80	100	0
	Alburno	38	100	0
<i>Pinus elliottii</i>	Alburno	80	100	0

IC: Índice de Comportamento.

A madeira de *Pinus elliottii* apresentou comportamento fora do padrão de desempenho da espécie quando em contato com o solo ou sob condições propícias ao processo de deterioração, fato observado pelo elevado índice médio de comportamento em ambos os campos de apodrecimento, tendo os danos nos corpos-de-prova menos evidentes em comparação com os confeccionados com as demais madeiras avaliadas, o que não corrobora com resultados de outros estudos que caracterizaram este tipo de

madeira como de baixa resistência em contato com térmitas (PÊGAS, 2007). Ainda, segundo Foelkel (2011), a madeira dos *Pinus* é considerada de baixa resistência aos ataques de cupins, pela sua baixa densidade e composição química. Embora neste experimento a madeira de *P. elliottii* tenha apresentado elevada durabilidade natural.

Para explicar o fato da madeira de *P. elliottii* ter sido classificada como de resistência elevada, em relação à degradação por fungos e térmitas, o que não é habitual, pode-se, inferir que a espécie “elliottii”, que apresenta altos teores de extrativos, em comparação com outras espécies de pinus (RODRIGUES & BRITO, 2010), tenha sua resistência sido influenciada pelos extrativos presentes. Soma-se a isto a idade da árvore utilizada e a porção de cerne maior que em uma árvore mais jovem. Nesse sentido, o cerne habitualmente mais denso que o alburno poderia ter influenciado a ação de fungos e térmitas.

Os valores da perda de massa (%) sofrida pela degradação da madeira em contato com o solo, para cada posição (cerne interno, cerne externo e alburno) da madeira de *E. urophylla*, *E. pellita*, *C. citriodora* e *P. elliotti* encontra-se na Figura 17.

A madeira de alburno de *E. urophylla* e *C. citriodora* sofreu maior perda de massa média (35,3 e 27,4%; 22,7 e 30,2%), respectivamente nos campos 1 e 2. O *E. pellita*, o cerne externo, interno e o alburno (3,47, 1,84 e 6,19%), respectivamente, no campo de apodrecimento 1, apresentou perda de massa inferior a 10%. No campo de apodrecimento 2, o cerne interno sofreu perda de massa superior as porções de cerne externo e alburno (18,9, 0,95 e 9,39%), respectivamente. Já o *P. elliottii* apresentou baixa perda de massa no campo de apodrecimento 1 (4,98%) e relativa perda de massa no campo de apodrecimento 2 (10,6 %), podendo a alta durabilidade estar associada a idade da árvore utilizada, a relação cerne e alburno e o teor de extrativo presente.

Observou-se que as madeiras de *E. urophylla*, *E. pellita* e *C. citriodora* apresentaram bons comportamentos quando em contato com o solo. A madeira de alburno de *E. pellita* foi mais resistente que a de *E. urophylla* e *C. citriodora*, tendo esta espécie alcançado a melhor durabilidade natural quando em contato com o solo para as três posições na direção medula-casca, com exceção do valor obtido para cerne interno (18,9%) no campo de apodrecimento 2.

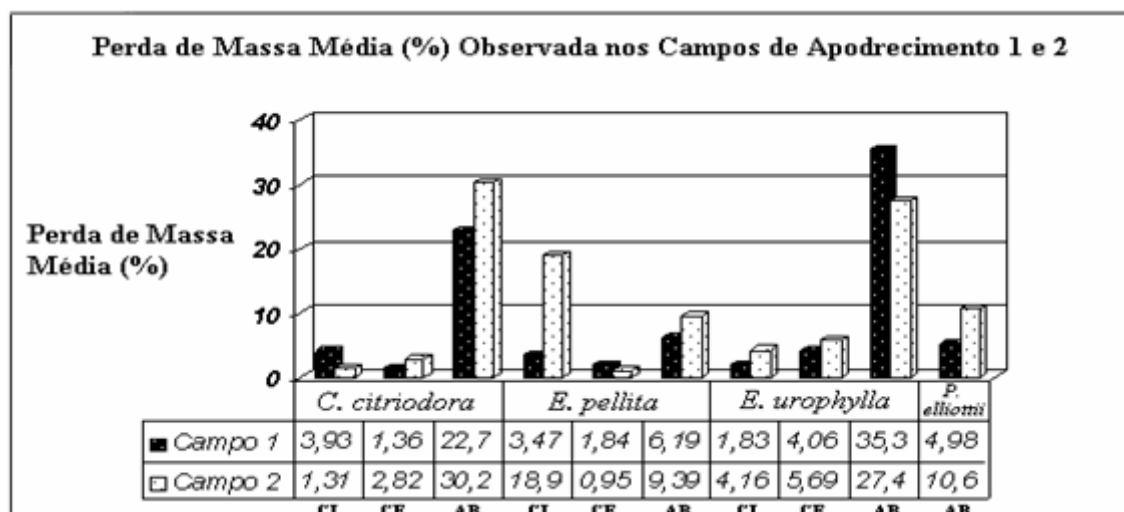


Figura 17 - Perda de massa média (%), observada nos campos de apodrecimento 1 e 2. CI: Cerne Interno; CE: Cerne Externo; AB: Alburno.

A perda de massa dos corpos-de-prova (Tabela 10) confeccionados com madeira de *Eucalyptus urophylla* e *Corymbia citriodora* não apresentou diferença significativa para o efeito de espécie e posição no tronco, quando comparadas nos dois ambientes de instalação do campo de apodrecimento, demonstrando não haver influência do ambiente no comportamento dessas espécies em contato com o solo.

Já para a madeira de *Eucalyptus pellita* houve diferença significativa nos valores de perda de massa do cerne interno, avaliados em ambiente de campo aberto e sombreado em borda de floresta demonstrando, que para esta posição da madeira, o ambiente influenciou na sua durabilidade natural. Para as outras posições não houve diferença significativa entre a perda de massa obtida nos dois campos de apodrecimento.

Tabela 10 – Efeito da posição no tronco na perda de massa das espécies estudadas nos campos de apodrecimento 1 e 2.

Espécies	Posição no Tronco	Perda de Massa (%)	
		Campo 1	Campo 2
<i>Corymbia citriodora</i>	Cerne Interno	3,93 A	1,31 A
	Cerne externo	1,36 A	2,82 A
	Alburno	22,75 A	30,22 A
<i>Eucalyptus pellita</i>	Cerne Interno	3,47 AB	18,88 B
	Cerne externo	1,84 AB	0,95 AB
	Alburno	6,19 AB	9,39 AB
<i>Eucalyptus urophylla</i>	Cerne Interno	1,83 A	4,16 A
	Cerne externo	4,06 A	5,69 A
	Alburno	35,33 A	27,41 A

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Avaliando-se o efeito da posição no tronco na condição ambiental (Tabela 11), utilizando os valores de perda de massa da tabela 10 como variável, observou-se diferença significativa entre as posições de cerne interno e cerne externo para as condições de campo utilizadas no experimento, demonstrando que as condições do ambiente são fatores que influenciam na durabilidade natural de madeiras.

Os corpos-de-prova confeccionados de alburno não apresentaram diferença significativa para os dois campos de apodrecimento utilizados, porém apresentaram valores de perda de massa superiores ao de cerne, demonstrando que esta posição é mais susceptível à deterioração em diversas condições ambientais.

Trevisan (2008) ao avaliar a degradação natural de toras de cinco espécies florestais em dois ambientes, concluiu que o ambiente influenciou na ocorrência de organismos xilófagos, bem como na degradação das estacas utilizadas. O ambiente de floresta propiciou uma maior ocorrência de espécies de térmitas, bem como de coleópteros, demonstrando que o ambiente florestal foi mais propício para a deterioração de madeiras, em relação ao ambiente a céu aberto.

É conhecido que o ambiente influencia na ocorrência dos organismos xilófagos, bem como na atuação dos fatores abióticos e no processo de decomposição da madeira. Assim, Cavalcante (1985) afirma que o comportamento da mesma madeira pode ser diferente em dois ambientes distintos, pois cada um apresentará características de, umidade, insolação, aeração e temperatura distintos.

Neste experimento a relação entre o ambiente e a deterioração natural das madeiras não foi tão expressiva como relatado por Trevisan (2008), porém foi

observado que o ambiente é um fator importante para a redução de resistência das madeiras e como agente que propicia a ocorrência de organismos xilófagos.

Tabela 11 –Efeito da condição ambiental na durabilidade natural da posição no tronco. Seropédica, RJ, 2011.

Posição no Tronco	Campo Aberto	Ambiente Sombreado
Cerne Interno	3,07 A	8,12 B
Cerne externo	2,42 A	3,15 B
Alburno	21,42 A	22,34 A

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

#### 4.5 Comparação entre o Ensaio de Campo e Ensaio de Laboratório com madeira não tratada

Ao se avaliar a relação da perda de massa entre os ensaios realizados neste trabalho, dentre eles o ensaio de campo, utilizando as médias do campo em ambiente de campo aberto e ambiente sombreado em borda de floresta e do ensaio de laboratório com corpos-de-prova sem tratamento preservativo, observou-se diferença significativa entre o ensaio de campo e o de laboratório.

Segundo Lepage (1986), os ensaios de laboratório envolvem a exposição de madeira a condições bem definidas, porém artificiais e que não reproduzem as situações variáveis e complexas encontradas em condições naturais. Portanto eles devem ser utilizados como base sobre a qual um julgamento subjetivo, embasado na experiência, possa ser efetuado, e não interpretados de modo acrítico.

Dentre as avaliações da durabilidade da madeira tratada ou não, o ensaio de campo é uma etapa indispensável, pois submete a madeira a riscos de degradação não possíveis de serem obtidos em laboratório, conforme citado por Carballeira Lopez & Milano (1986).

O ensaio de campo apresentou as maiores médias de perda de massa em relação ao ensaio de laboratório (Tabela 12), o que permite inferir que por meio do campo de apodrecimento pode-se obter resultados mais consistentes a respeito da durabilidade natural de *E. pellita*, *E. urophylla* e *C. citriodora*.

Tabela 12 – Perda de massa da madeira de *E. pellita*, *E. urophylla* e *C. citriodora* nos ensaios de campo e laboratório.

Condição Ambiental	Médias (%)
Campo 2	11,2 A
Campo 1	8,78 A
Laboratório	4,3 B

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

## 5 CONCLUSÕES

A madeira de *Eucalyptus pellita*, *Eucalyptus urophylla* e *Corymbia citriodora* apresentaram mudança na coloração e fissuras na madeira, evidenciando a susceptibilidade das espécies ao fungo *Postia placenta*;

As madeiras testadas foram classificadas como resistentes ou muito resistentes. A perda de massa do *Eucalyptus urophylla* foi superior à do *Eucalyptus pellita* e *Corymbia citriodora*, indicando sua maior susceptibilidade ao ataque do fungo *Postia placenta*;

A madeira de alburno foi a região menos resistente em relação às demais para todas as espécies. A porção de cerne interno de *Eucalyptus pellita* e *Corymbia citriodora* foi a mais resistente. Já para *Eucalyptus urophylla* a porção mais resistente foi a de cerne externo;

A madeira de *Eucalyptus urophylla* apresentou menor densidade e foi a mais deteriorada quando comparada com o *Eucalyptus pellita* e *Corymbia citriodora*;

Os preservativos CCA e CCB foram eficientes na proteção das madeiras, conferindo-lhes maior resistência ao fungo *Postia placenta*;

Foi observado penetração de CCB para o alburno, cerne externo e interno da madeira de *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus pellita* e *Eucalyptus urophylla*;

A aplicação de Cromoazurol evidenciou a presença do preservativo CCB nos elementos de raio e fibras próximas aos mesmos;

A madeira de *Eucalyptus pellita* e *Corymbia citriodora* apresentou melhor desempenho e maior durabilidade natural em contato com o solo que a madeira de *Eucalyptus urophylla*;

A madeira de alburno de *Eucalyptus pellita* apresentou maior durabilidade natural que a madeira de *Eucalyptus urophylla* e *Corymbia citriodora*, quando em contato com o solo;

Os diferentes locais de implantação do experimento colaboraram para a ocorrência de diferentes níveis de deterioração das madeiras estudadas.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM D-2017, **Standard test method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood**. Annual book of ASTM Standards, Philadelphia, v.0410, p.324-28, 1994.

BARBERINI, G. B. **Protección de la madera contra los termites - aspectos ambientales**. Em Aspectos atuais da biologia e controle de cupins / editado por Evoneo Berti Filho e Luiz Roberto Fontes, 1995, 184p.

BEHR, E. A. Decay test methods. In: NICHOLAS, D. D. (Ed.) **Wood deterioration and its prevention by preservative treatments**. Syracuse Wood Science Series. New York: Syracuse University Press, Vol. 1, cap. 6, p.217-246, 1973.

BERTI FILHO, E., **Manual de pragas em florestas; Cupins ou térmitas**. São Paulo , IPEF/SIF, v. 3, 1993, 56p.

BRAND, M. A.; ANZALDO, J.; MORESCHI, J. C. Novos produtos para o tratamento preservante da madeira. “Perspectivas da pesquisa e utilização”. **Rev. Floresta**, v.36: p.129-138, 2006.

BRITO, E. O. **Biodegradação e Preservação da Madeira**. IF/DPF/UFRRJ. Apost., 2006, 19p.

BURGUER, L. M., RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: Nobel, 1991, 154p.

CAMPOS, C. S., VIANEZ, B. F., MENDONÇA, M. S. Estudo da Variabilidade da Retenção do Preservante CCA Tipo A na Madeira de *Brosimum rubescens* Taub. Moraceae - (Pau-Rainha) Uma Espécie Madeireira da Região Amazônica. **Rev. Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.6, p.845-853, 2003.

CARBALLEIRA LOPEZ, G. A. C., MILANO, S. **Avaliação de durabilidade natural da madeira e de produtos usados na sua proteção**. In: LEPAGE, E. S. (Coord.). Manual de preservação da madeira. São Paulo: IPT, v. 2, p. 473-521, 1986.

CARLOS, V. J. Resistência a insetos xilófagos. **Preservação**, v.21, n.11, p. 25, 1996.

CARMO, A. G. O. 2008. **Avaliação do potencial preservativo dos extratos do cerne no alburno da madeira de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson**. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), UFRRJ, 2008, 25p.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B.; FOLEGATTI, M. V.; COSTA, J. R.; CRUZ, F. A. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica-RJ, utilizando lisímetro de pesagem. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.14, n.2, p.187-195, 2006.

CAVALCANTE, M. S. **Deterioração biológica e preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1982. 40p.



CAVALCANTE, M. S. Métodos para aumentar a durabilidade da madeira. **Boletim da Associação Brasileira de Preservadores de Madeira**, São Paulo, n. 36, p. 159-170, 1985.

CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL - DIVISION DE PRÉSERVATION. **Note sur l'injection des bois en autoclave**. France, 1970, 7p.

COCKCROFT, R. Timbers preservatives and methods of treatment. **Timberlab Papers Princes Risborough Laboratory**, v. 46, p. 1-6, 1971.

CONSTANTINO, R. Chave Ilustrativa para identificação dos gêneros de cupins (insecta:isoptera) que ocorrem no Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, Universidade de São Paulo. v.40, p.387-448, 1999.

COSTA, A. **Anatomia da Madeira**. Coletâneas de Anatomia da Madeira. 2001, 42p.

DÉON, G. **Manuel de préservation des bois en climat tropicaux**. Nogent-Sur-Marne France: CTFT. 1978, 111 p.

DÉON, G. **Manual de Preservação da Madeira em Clima Tropical**. Série Técnica 3, Yokohama: ITTO, 1989, 116p.

DESCH, H. E. **Timber – its structure and properties**. 5<sup>a</sup> ed. New York: St. Martin's Press, 1973, 424p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, Curitiba, PR. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado do Paraná**. Brasília, Departamento de Difusão de Tecnologia, 1986, 89p.

FERNANDES J. L. G, Adequação de Produtos à Preservação de Madeiras. **In: Revista da Madeira**, Ano 9 - Número 54, p. 102 – 104, 2001.

FINDLAY, W. P. K. **The nature and durability of wood**. **In: Findlay, W. P. K. (Ed.). Preservation of timber in the tropics**. Dordrecht: Martinus Nijhoff/ Dr. W. Junk Publishes, 1985, p. 1-13.

FOELKEL, E. **A Madeira dos *Pinus* e sua Susceptibilidade ao Ataque por Cupins-de-Madeira-Seca e por Cupins Subterrâneos**. Disponível em: [http://www.celso-foelkel.com.br/pinus\\_05.html#quatorze](http://www.celso-foelkel.com.br/pinus_05.html#quatorze). Acesso em 23/01/2011.

FOREST AND WILDLIFE. **Making Wood More Durable Research Center**. Department of Products Research. Mississippi State University. Disponível em: <http://www.cfr.msstate.edu/fwrc/forestp/urable.htm>. Acesso em 20/04/2004.

GHELLER, E. **Fatores que influenciam a qualidade do tratamento preservativo na madeira**. Trabalho Desenvolvido no Curso de Engenharia Madeireira, UFPR, 19p. 2010. Disponível no site: <http://www.ebah.com.br/fatores-que-influenciam-a-qualidade-do-tratamento-preservativo-na-madeira-doc-a57332.html>. Acesso em 15/07/2010.

GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. **Zoneamento Ecológico Esquemático para Reflorestamento no Brasil**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal do Cerrado, 1978, 66p.

GONZAGA, A. L. **Madeira: Uso e Conservação**. Caderno técnico nº6, Brasília, DF: IPHAN/MONUMENTA, 2006, 246p.

GROSSER, D. **Defeitos da madeira**. Curitiba: FUPEF, (Técnica, 2), 1979, 64p.

HILLIS, W. E. Wood quality and utilization. In: HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. (Eds.). **Eucalypts for wood production**. Sydney: CSIRO/Academic Press, 1984, p.159-289.

HARUN, J.; LABOSKY JUNIOR, P. Antitermitic and antifungal properties of selected bark extractives. **Wood and Fiber Science**, v.17, p.327-335, 1985.

HUNT, G.M.; GARRATT, G.A. **Wood preservation**. 3. ed. New York, Mc Graw-Hill, 1967, 433p.

HWANG, W-J.; KARTAL, S. N.; YOSHIMURA, T.; INAMURA, Y. Synergistic effect of heartwood extractives and quaternary ammonium compounds on termite resistance of treated wood. **Pest Management Science**, v.63: p.90-95, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL / LABORATÓRIO DE PRODUTOS FLORESTAIS – IBDF/LPF. **Madeiras da Amazônia, Características e utilização. Estação Experimental de Curuá-Una**, v. 2, p. 30-32, 1988.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA / CENTRO DE PESQUISA DE PRODUTOS FLORESTAIS – INPA/CPPF. **Catálogo de madeiras da Amazônia: características tecnológicas; área da hidrelétrica de Balbina**. Manaus: 1991, 163p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS/DIMAD, Reações colorimétricas para determinação de preservativo em madeiras-DIMAD. **In: Métodos de ensaio e análises em preservação de madeiras**. São Paulo, Public. 1155. 1980 (a).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS/DIMAD. **In: Método D-2: ensaio acelerado de laboratório de resistência natural ou de madeira preservada ao ataque de térmitas do gênero Cryptotermes**. São Paulo, Public. 1157, 1980. 1p, (b).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS/DIMAD. **In: Método D-5: ensaio acelerado de laboratório para determinação de eficiência de preservativos contra fungos de podridão mole**. São Paulo, Public. 1157, 1980, 2p, (c).

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Madeira: Uso sustentável na construção civil**. Câmara Brasileira do Livro, São Paulo - SP, 2003, 60p.

JESUS, M. A., MORAIS, J. W., ABREU, R. L. S. et al. Durabilidade natural de 46 espécies de madeira amazônica em contato com o solo em ambiente florestal. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v.54, p.81-92, 1998.

KOLMANN, F. F. P., CÔTE JUNIOR, W. A. **Principles of Wood science and technology**. New York: Springer-Verlag, v. 1, 1968, 592p.

LELIS, A.T; BRAZOLIN, S.; FERNANDES, J.L.G.; CARBALLEIRA LOPEZ, G.A. MONTEIRO, M.B.B. ZENID, G.J. **Biodeterioração de madeiras em edificações**. São Paulo: IPT, 2001, 54p.

LEPAGE, E. S. **Método Sugerido pela IUFRO para ensaios de campo com estacas de madeira**. Preservação de madeiras, São Paulo, v. 1, p. 205-216, 1970.

LEPAGE, E.S.; **Preservativos e sistemas preservativos**. Manual de preservação de madeiras, São Paulo: IPT, vol. I, 279 342, 1986.

LIMA, T. G. 1996. **Variações nos sentidos radial e longitudinal de algumas propriedades das madeiras de *Eucalyptus microcorys* F. Muell. E *Eucalyptus pilularis* Sm.**, Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal de Viçosa, 1996, 106p.

LIMA, T. G.; SILVA, M. D. D.; LELLES, J. G.; DELLA LUCIA, R. M., Ensaio de Apodrecimento Acelerado das Madeiras de *Eucalyptus microcorys* e de *Eucalyptus pilularis*, pg 42. **In: Floresta e Ambiente**, Instituto de Florestas, UFRRJ - Seropédica - Rio de Janeiro, n. 4, 154 p., 1997.

MADY, F. T. M. **Densidade e Peso Específico**. Apostila Curso de Física da Madeira. Universidade Federal do Amazonas, Faculdade de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências Florestais, 12p. Disponível em: [www.conhecendoamadeira.com.br](http://www.conhecendoamadeira.com.br). Acesso em 06/04/2010.

MAFRA, E. S. 1994. **Estudo de algumas propriedades de dez espécies de madeiras de folhosas tropicais**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal de Viçosa, 1994. 133p.

MARCARTI, C. R. **Estudo da anatomia e das propriedades tecnológicas da madeira de angico vermelho (*Piptadenia peregrina* Benth.)**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), 1992, 94p.

MARQUES, J.S. 1976. **Comparações quantitativas entre as Baixadas de Jacarepaguá e Sepetiba**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Rio de Janeiro, UFRJ, 1976, 183p.

MELO, R. R., PAES, J. B. **Resistência Natural de Quatro Madeiras do Semi-Árido Brasileiro a Fungos Xilófagos em Condições de Laboratório**. *Caatinga* (Mossoró, Brasil), v.19, n.2, p.169-175, abril/junho 2006.

MENDES, A. S.; ALVES, M. V. S. **Curso sobre a degradação da madeira e sua preservação**. Brasília: IBDF, 1986. 51 p.

MILL, A.E. 1991. **Termites as structural pests in Amazônia, Brazil**. *Sociobiology*, n.19, p. 339-348, 1991.

MORAIS, F. M.; COSTA, A. F. da; Alteração da cor aparente de madeiras submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. **Rev. Bras. Ciênc. Agrár.** Recife, v.2, n.1, p.44-50, 2007.

MORESCHI, J. C. **Produtos preservantes de madeira.** Manual Didático do curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná. 31p. Disponível em <[http://www.madeira.ufpr.br/moreschi/ppm\\_pdf](http://www.madeira.ufpr.br/moreschi/ppm_pdf)>. Acesso em 20/07/2009.

OLIVEIRA, A. M.F. et al. **Agentes destruidores da madeira.** In: Manual de Preservação de Madeiras. São Paulo: 1986, p. 99-275.

OLIVEIRA, J. T. S. 1997. Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil. Tese Doutorado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, J. T. S. 1988. **Estudos das propriedades físicas e tecnológicas da madeira de pindaíba (*Xylopia sericea* St. Hill.).** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), 1988, 106p.

OLIVEIRA, J. T. de, TOMASELLO, M., SILVA, J. C. Resistência natural da madeira de sete espécies de eucalipto ao apodrecimento. **Rev. Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.6, p.993-998, 2005.

PAES, J.B.; VITAL, B.R. Resistência natural da madeira de cinco espécies de eucalipto a cupins subterrâneos em testes de laboratório. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 1-6, 2000.

PAES, J. B. Resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. **Rev. Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.6, p.761-767, 2002 .

PAES, J. B.; MORAIS, V. M.; LIMA, C. R. Resistência natural de nove espécies de madeiras do semi-árido brasileiro a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Rev. Árvore**, Viçosa, n.2, p. 275-282, v.28, 2004.

PAES, J. B.; MORAIS, V. M.; LIMA, C. R. Resistência natural de nove espécies de madeiras do semi-árido brasileiro a fungos causadores da podridão-mole. **Rev. Árvore**, Viçosa (MG), v.29, n.3, p. 365-371, 2005.

PAES, J. B.; MELO, R. R.; LIMA, C. R.; OLIVEIRA, E. Resistência natural de sete madeiras ao cupim subterrâneo (*Nasutitermes corniger* Motsch.) em ensaio de preferência alimentar. **Rev. Bras. Ciênc. Agrár.** Recife, v.2, n.1, p.57-62, 2007.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. **Text book of wood technology.** 4. ed. New York: Mc Graw Hill, 1970, 705p.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. **Text book of wood technology.** 4. ed. New York: Mc Graw Hill, 1980, 722p.

PÊGAS, M. R. A. 2007. **Resistência natural de nove espécies de madeiras ao ataque de *Coptotermes gestroi* (Wasmann, 1896) (Isoptera: Rhinotermitidae)**, Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), UFRRJ, Seropédica, RJ, 2007, 24 p.

PIO, N. S., **Critérios para escolha de preservativos de madeira relacionados ao uso da madeira tratada**, Curitiba, 1993, 19 p.

PRESTON, A. F.; MCKAIG, P. A. & WALCHESKI, P. J.: **Térmites Resistance of Treated Wood in a Ground Field Test**. The international Research Group on Wood Preservation, Working Group IB. Biological Problems (Fauna). Doc.nº IRG/WP/2241, p.1-7, 1986.

RAMOS, I. E. C. Eficiência Do CCB Na Resistência da Madeira de Algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) D.C.) em Ensaio de Apodrecimento Acelerado. **Rev. Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.811-820, 2006.

REIS, M. S. Variation in decay resistance of four Wood species from Southeastern Brazil. **Holzforchung**, v.27, n.3, p.103-111, 1973.

RICHARDSON, B.A. **Wood preservation**. 2. ed. London: E & FN SPON, 1993. 226p.

RODRIGUES, R. B. BRITO, E. O. Resistência Natural de *Eucalyptus urophylla* e *Corymbia citriodora* à *Coptotermes gestroi* (Isoptera; rhinotermitidae) em laboratório. **Floresta e Ambiente**, v.17(1): 1-7, 2010.

SANTINI, E. J, **Biodeterioração e preservação da madeira**. S. 1, UFSM, CEDEF, FAT. 1982, 125p.

SANTINI, E. J.; **Biodegração e preservação da madeira**. UFSM, Santa Maria-RS: 1988, 125p.

SANTOS, E., **Nossas Madeiras**, editora Itatiaia, Belo Horizonte. 1987, 133p.

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

SILVA, R. R. da; COELHO, G. D. **Fungos - Principais grupos e aplicações biotecnológicas**. Apost. do Curso de Capacitação de monitores e educadores, Instituto de Botânica – IBT, São Paulo, 2006, 20p.

SCHEFFER, T. C. Microbiological deterioration and its causal organisms. **In: Nicholas, D. D. (ed.). Wood deterioration and its prevention treatments: degradation and protection of wood**. Syracuse: Syracuse University, v. 2. p. 31-106, 1973.

SEABRIGHT, D. Eating away at the woodwork. **Asian Timber**, v.14, n.3, p.46-47, 1995.

SHIMIZO, J.Y.; MEDRADO, M.J.S. Liquidambar para produção de madeira no sul e Sudeste do Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, nº50, p. 127 -138 jan./jun. 2005. Nota técnica.

SILVA, J. C. **Madeira Preservada, Os Impactos Ambientais**. Departamento de Engenharia Florestal, UFV – Minas Gerais, 2001.

SILVA, J. C. Madeira Preservada – Os Impactos Ambientais. **Rev. da Madeira**, ed. 100, 2006.

TARCÍSIO, F. **Xilófagos**. Disponível em: <<http://www.conhecendoamadeira.com>>, Acesso em 01/09/2010. Texto publicado em 20/09/2008.

TREVISAN, H.; DE NADAI, J.; LUNZ, A. M.; CARVALHO, A. G. Ocorrência de térmitas subterrâneos (isoptera: rhinotermitidae e termitidae) e durabilidade natural da madeira de cinco espécies florestais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 13, n. 2., p. 153-158, 2003.

TREVISAN, H.; MARQUES, F. M. T.; CARVALHO, A. G. de. Degradação Natural de Toras de Cinco Espécies Florestais em dois Ambientes. **Rev. Floresta**, Curitiba, PR, v. 38, n. 1, jan./mar 2008.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, D. A.; FRAZÃO, F. J. L.; MATOS, J. L. M. Comparação de métodos de determinação da densidade básica em madeira. **ACTA Amazônica**, Manaus - Amazonas, V. 20, p. 307-319, mar./dez. 1990.

VALLE, M. L. A. **Propriedades da madeira de eucalipto de primeira e segunda rotação, visando a sua utilização como madeira preservada**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal de Viçosa, 2009, 96p.

## 7 ANEXO

### 7.1 Estatística Ensaio de Laboratório com Madeira não Tratada

D E S C R I Ç Ã O   D O   A R Q U I V O

Tipo de Leitura        -        Microsoft Excel

Variáveis	Mínimos	Máximos	Perdidos	Válidos
TRAT	1.000000	9.000000	0	36
REP	1.000000	4.000000	0	36
PM	0.3875969E-02	0.1273210	0	36
LPM	-2.411620	-0.8951001	0	36
DENS	0.5447220	0.9304264	0	36

Observações Gravadas...        36  
Variáveis Totais.....        5  
Valores Perdidos.....        0

Procedimento = Teste de Lilliefors

Objetivo        = Teste para verificação de normalidade

Parâmetro (01) = PM  
Parâmetro (02) = LPM  
Parâmetro (03) = DENS

#### T e s t e   d e   L i l l i e f o r s

---

Variáveis Valor (P=0.01)	Valor Calculado	Valor (P=0.05)
PM 0.172	0.3615	0.148
LPM 0.172	0.2337	0.148
DENS 0.172	0.1237	0.148

---

Procedimento = Análise para modelos lineares

Objetivo = Análise de variância

Dependentes = DENS

Independentes= TRAT

E s t a t í s t i c a s S i m p l e s

Observações Perdidas = 0

Observações Válidas = 36

D i s t r i b u i ç ã o d o s D a d o s

Efeito	Código	Observações	
TRAT	1	4	-----
TRAT	2	4	-----
TRAT	3	4	-----
TRAT	4	4	-----
TRAT	5	4	-----
TRAT	6	4	-----
TRAT	7	4	-----
TRAT	8	4	-----
TRAT	9	4	-----

Nome	Média	Desvio	
DENS	0.77338	0.10219	□

Determinante = 0.3515625E-01

A n á l i s e d e V a r i â n c i a

DENS

Fontes de Variação Signif.	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
TRAT	8	0.3349213	0.4186516E-01	37.004
Resíduo	27	0.3054736E-01	0.1131384E-02	

Coeficiente de Variação = 4.349

T U K E Y

Variável = DENS ( 0.1131384E-02)



TRAT Comparações	Descrição 5%	Dados	Médias	
1		4	0.8886	A
3		4	0.8491	AB
2		4	0.8486	AB
6		4	0.8237	AB
5		4	0.8222	AB
7		4	0.7842	BC
9		4	0.7086	CD
8		4	0.6436	DE
4		4	0.5917	E

$Q(0.05, 27) = 4.760$        $DMS = 0.0801$

Procedimento = Análise Não-paramétrica

Objetivo = Análise de variância não-paramétrica

Dependentes = PM

Independentes = TRAT

T e s t e d e K r u s k a l - W a l l i s

Variável = PM

TRAT Dados	Descrição	Média dos Dados	Média das Ordens
1	-----	0.00544	5.8750
4			
2	-----	0.00445	4.5000
4			
3	-----	0.00703	9.1250
4			
4	-----	0.01251	17.5000
4			
5	-----	0.01304	19.0000
4			
6	-----	0.01506	19.0000
4			
7	-----	0.10718	29.0000
4			
8	-----	0.11266	31.7500
4			
9	-----	0.11300	30.7500
4			

Valor do Teste = 31.735 (P=0.05) = 15.510 (P=0.01) = 20.090

---

C o m p a r a ç õ e s M ú l t i p l a s

Classe	Classe	Diferença Observada	Diferença Mínima Significativa (P=0.05)	Diferença Mínima Significativa (P=0.01)
1	2	1.37500	23.10469	26.75002
1	3	3.25000	23.10469	26.75002
1	4	11.62500	23.10469	26.75002
1	5	13.12500	23.10469	26.75002
1	6	13.12500	23.10469	26.75002
1	7	23.12500	23.10469	26.75002
1	8	25.87500	23.10469	26.75002
1	9	24.87500	23.10469	26.75002
2	3	4.62500	23.10469	26.75002
2	4	13.00000	23.10469	26.75002
2	5	14.50000	23.10469	26.75002
2	6	14.50000	23.10469	26.75002
2	7	24.50000	23.10469	26.75002
2	8	27.25000	23.10469	26.75002
2	9	26.25000	23.10469	26.75002
3	4	8.37500	23.10469	26.75002
3	5	9.87500	23.10469	26.75002
3	6	9.87500	23.10469	26.75002
3	7	19.87500	23.10469	26.75002
3	8	22.62500	23.10469	26.75002
3	9	21.62500	23.10469	26.75002
4	5	1.50000	23.10469	26.75002
4	6	1.50000	23.10469	26.75002
4	7	11.50000	23.10469	26.75002
4	8	14.25000	23.10469	26.75002
4	9	13.25000	23.10469	26.75002
5	6	0.00000	23.10469	26.75002
5	7	10.00000	23.10469	26.75002
5	8	12.75000	23.10469	26.75002
5	9	11.75000	23.10469	26.75002
6	7	10.00000	23.10469	26.75002
6	8	12.75000	23.10469	26.75002
6	9	11.75000	23.10469	26.75002
7	8	2.75000	23.10469	26.75002
7	9	1.75000	23.10469	26.75002
8	9	1.00000	23.10469	26.75002

---

Procedimento = Correlações

Objetivo = Correlações não-paramétricas de Spearman

Variáveis (1) = PM

Variáveis (2) = DENS

C o r r e l a ç õ e s   d e   S p e a r m a n

Variável Significância	Variável	Observações	Correlação	Z
PM 0.0001	DENS	36	-0.6379	-3.7737

**7.2 Estatística Ensaio de Laboratório com Madeira Tratada**

D E S C R I Ç Ã O   D O   A R Q U I V O

Tipo de Leitura            -            Microsoft Excel

Variáveis	Mínimos	Máximos	Perdidos	Válidos
TR	1.000000	18.00000	0	72
REP	1.000000	4.000000	0	72
ESP	1.000000	3.000000	0	72
POS	1.000000	3.000000	0	72
COND	1.000000	2.000000	0	72
PM	0.000000	0.9036145	0	72

Observações Gravadas...            72  
 Variáveis Totais.....            6  
 Valores Perdidos.....            0

Procedimento = Teste de Lilliefors

Objetivo        = Teste para verificação de normalidade

Parâmetro (01) = PM

T e s t e   d e   L i l l i e f o r s

Variáveis Valor (P=0.01)	Valor Calculado	Valor (P=0.05)
PM 0.122	0.0722	0.104

Procedimento = Análise para modelos lineares

Objetivo        = Análise de variância

Dependentes = PM

Independentes= ESP POS COND

Interação = ESP \* POS

Interação = ESP \* COND

Interação = POS \* COND

E s t a t í s t i c a s S i m p l e s

Observações Perdidas = 0

Observações Válidas = 72

D i s t r i b u i ç ã o d o s D a d o s

Efeito	Código	Observações	
ESP	1	24	-----
ESP	2	24	-----
ESP	3	24	-----
POS	1	24	-----
POS	2	24	-----
POS	3	24	-----
COND	1	36	-----
COND	2	36	-----

Interações		Identificação	Dados
ESP	X POS	1 1	8
ESP	X POS	1 2	8
ESP	X POS	1 3	8
ESP	X POS	2 1	8
ESP	X POS	2 2	8
ESP	X POS	2 3	8
ESP	X POS	3 1	8
ESP	X POS	3 2	8
ESP	X POS	3 3	8
ESP	X COND	1 1	12
ESP	X COND	1 2	12
ESP	X COND	2 1	12
ESP	X COND	2 2	12
ESP	X COND	3 1	12
ESP	X COND	3 2	12
POS	X COND	1 1	12
POS	X COND	1 2	12
POS	X COND	2 1	12
POS	X COND	2 2	12

POS	X COND	3	1	12
POS	X COND	3	2	12

Nome	Média	Desvio	
PM	0.50886	0.19688	□

Determinante = 0.1001129E+00

### A n á l i s e d e V a r i â n c i a

PM

Fontes de Variação Signif.	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
ESP 0.29635	2	0.9551404E-01	0.4775702E-01	1.242
POS 0.27232	2	0.1023035	0.5115176E-01	1.330
COND 0.20621	1	0.6283285E-01	0.6283285E-01	1.634
ESP POS *****	4	0.2221957E-01	0.5554892E-02	0.144
ESP COND 0.09927	2	0.1848890	0.9244448E-01	2.404
POS COND *****	2	0.5413845E-01	0.2706922E-01	0.704
Resíduo	58	2.230047	0.3844909E-01	

Coeficiente de Variação = 38.534

## 7.3 Estatística Ensaio em Campo de Apodrecimento

D E S C R I Ç Ã O D O A R Q U I V O

Tipo de Leitura - Microsoft Excel

Variáveis	Mínimos	Máximos	Perdidos	Válidos
TR	1.000000	18.00000	0	90
REP	1.000000	5.000000	0	90
ESPECIE	1.000000	3.000000	0	90
POS	1.000000	3.000000	0	90
COND	1.000000	2.000000	0	90
PM	0.3958045	47.23884	0	90

Observações Gravadas...	90
Variáveis Totais.....	6
Valores Perdidos.....	0

Procedimento = Teste de Lilliefors

Objetivo = Teste para verificação de normalidade

Parâmetro (01) = PM

T e s t e d e L i l l i e f o r s

---

Variáveis Valor (P=0.01)	Valor Calculado	Valor (P=0.05)
PM 0.109	0.2930	0.093

---

Procedimento = Análise para modelos lineares

Objetivo = Análise de variância

Dependentes = PM

Independentes= ESPECIE POS COND

Interação = ESPECIE \* POS

Interação = ESPECIE \* COND

Interação = POS \* COND

E s t a t í s t i c a s S i m p l e s

Observações Perdidas = 0

Observações Válidas = 90

D i s t r i b u i ç ã o d o s D a d o s

Efeito	Código	Observações	
ESPECIE	1	30	-----
ESPECIE	2	30	-----
ESPECIE	3	30	-----
POS	1	30	-----
POS	2	30	-----
POS	3	30	-----

COND	1	45	-----
COND	2	45	-----

Interações		Identificação		Dados
ESPECIE	X POS	1	1	10
ESPECIE	X POS	1	2	10
ESPECIE	X POS	1	3	10
ESPECIE	X POS	2	1	10
ESPECIE	X POS	2	2	10
ESPECIE	X POS	2	3	10
ESPECIE	X POS	3	1	10
ESPECIE	X POS	3	2	10
ESPECIE	X POS	3	3	10
ESPECIE	X COND	1	1	15
ESPECIE	X COND	1	2	15
ESPECIE	X COND	2	1	15
ESPECIE	X COND	2	2	15
ESPECIE	X COND	3	1	15
ESPECIE	X COND	3	2	15
POS	X COND	1	1	15
POS	X COND	1	2	15
POS	X COND	2	1	15
POS	X COND	2	2	15
POS	X COND	3	1	15
POS	X COND	3	2	15

Nome	Média	Desvio	
PM	9.99582	14.20217	□

Determinante = 0.1001129E+00

### A n á l i s e d e V a r i â n c i a

PM

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
ESPECIE	2	246.4815	123.2408	0.848
*****				
POS	2	512.7056	256.3528	1.764
0.17832				
COND	1	131.0068	131.0068	0.901
*****				
ESPECIE POS	4	2357.327	589.3317	4.055
0.00494				
ESPECIE COND	2	458.6296	229.3148	1.578
0.21310				
POS COND	2	3199.984	1599.992	11.009
0.00006				

Resíduo 76 11045.32 145.3332

Coeficiente de Variação = 120.605

T U K E Y

Variável = PM ( 145.3332 )

Interação ESPECIE xPOS Comparações 5%

POS	1	1	2	2	3	3
1	3.92 A	2.51 A	13.19 A	9.54 A	9.27 A	8.74 A
2	11.45 AB	2.56 B	19.43 AB	9.74 AB	12.42 AB	8.94 AB
3	17.99 A	5.42 A	14.84 A			

T U K E Y

Variável = PM ( 145.3332 )

Interação POS xESPECIE Comparações 5%

ESPECIE	1	1	2	2	3
1	3.92 B	2.51 B	11.45 AB	2.56 B	17.99 AB
2	13.19 A	9.54 A	19.43 A	9.74 A	5.42 A
3	9.27 A	8.74 A	12.42 A	8.94 A	14.84 A

T U K E Y

Variável = PM ( 145.3332 )

Interação POS xCOND Comparações 5%

COND	1	2	3
1	10.70 A	12.51 A	3.16 A
2	3.15 B	8.12 B	22.34 A



T U K E Y

Variável = PM ( 145.3332 )

Interação COND xPOS Comparações 5%

POS	1	2
1	10.70 A	3.15 A
2	12.51 A	8.12 A
3	3.16 B	22.34 A

#### 7.4 Estatística Ensaio de Campo e Laboratório com Madeira não Tratada

D E S C R I Ç Ã O D O A R Q U I V O

Tipo de Leitura - Microsoft Excel

Variáveis	Mínimos	Máximos	Perdidos	Válidos
TR	1.000000	27.000000	0	126
REP	1.000000	5.000000	0	126
ESPECIE	1.000000	3.000000	0	126
POS	1.000000	3.000000	0	126
COND	1.000000	3.000000	0	126
PM	0.2109705E-02	47.23884	0	126

Observações Gravadas... 126

Variáveis Totais..... 6

Valores Perdidos..... 0

Procedimento = Teste de Lilliefors

Objetivo = Teste para verificação de normalidade

Parâmetro (01) = PM

T e s t e   d e   L i l l i e f o r s

---

Variáveis Valor (P=0.01)	Valor Calculado	Valor (P=0.05)
PM 0.092	0.3089	0.079

---

Procedimento = Análise para modelos lineares

Objetivo = Análise de variância

Dependentes = PM

Independentes= ESPECIE POS COND

Interação = ESPECIE \* POS

Interação = ESPECIE \* COND

Interação = POS \* COND

E s t a t í s t i c a s      S i m p l e s

Observações Perdidas = 0

Observações Válidas = 126

D i s t r i b u i ç ã o   d o s   D a d o s

Efeito	Código	Observações	
ESPECIE	1	42	-----
ESPECIE	2	42	-----
ESPECIE	3	42	-----
POS	1	42	-----
POS	2	42	-----
POS	3	42	-----
COND	1	45	-----
COND	2	45	-----
COND	3	36	-----

Interações	Identificação	Dados
ESPECIE X POS	1 1	14
ESPECIE X POS	1 2	14
ESPECIE X POS	1 3	14
ESPECIE X POS	2 1	14
ESPECIE X POS	2 2	14

ESPECIE	X POS	2	3	14
ESPECIE	X POS	3	1	14
ESPECIE	X POS	3	2	14
ESPECIE	X POS	3	3	14
ESPECIE	X COND	1	1	15
ESPECIE	X COND	1	2	15
ESPECIE	X COND	1	3	12
ESPECIE	X COND	2	1	15
ESPECIE	X COND	2	2	15
ESPECIE	X COND	2	3	12
ESPECIE	X COND	3	1	15
ESPECIE	X COND	3	2	15
ESPECIE	X COND	3	3	12
POS	X COND	1	1	15
POS	X COND	1	2	15
POS	X COND	1	3	12
POS	X COND	2	1	15
POS	X COND	2	2	15
POS	X COND	2	3	12
POS	X COND	3	1	15
POS	X COND	3	2	15
POS	X COND	3	3	12

Nome	Média	Desvio	
PM	7.15247	12.80569	□

Determinante = 0.1773209E-01

### A n á l i s e   d e   V a r i â n c i a

PM

Fontes de Variação Signif.	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
ESPECIE	2	153.6208	76.81038	0.701
*****				
POS	2	315.3658	157.6829	1.440
0.24155				
COND	2	2677.670	1338.835	12.224
0.00003				
ESPECIE POS	4	1683.874	420.9686	3.844
0.00586				
ESPECIE COND	4	527.3385	131.8346	1.204
0.31355				
POS COND	4	3346.607	836.6517	7.639
0.00001				
Resíduo	107	11718.77	109.5213	

Coeficiente de Variação = 146.317

T U K E Y

Variável = PM ( 109.5212 )

COND	Descrição	Dados	Médias	
Comparações 5%				
2		45	11.2023	A
1		45	8.7893	A
3		36	0.0441	B

Q(0.05, 107)= 3.365

T U K E Y

Variável = PM ( 109.5212 )

Interação ESPECIE xPOS Comparações 5%

POS	1	1	2	2	3	3
1	3.92 AB	1.57 B	13.19 AB	6.42 AB	9.27 AB	5.91 AB
2	11.45 AB	1.45 B	13.32 AB	9.74 AB	12.42 AB	5.89 AB
3	12.35 AB	0.01 B	3.20 AB	0.02 B	9.99 AB	0.11 B

T U K E Y

Variável = PM ( 109.5212 )

Interação POS xESPECIE Comparações 5%

ESPECIE	1	1	2	2	3	3
1	3.92 AB	1.57 AB	11.45 AB	1.45 AB	12.35 AB	0.01 B
2	13.19 AB	6.42 AB	13.32 AB	9.74 AB	3.20 AB	0.02 B
3	9.27 AB	5.91 AB	12.42 AB	5.89 AB	9.99 AB	0.11 B

T U K E Y

Variável = PM ( 109.5212 )

Interação POS xCOND Comparações 5%

COND	1	2	3
1	10.70 AB	12.51 AB	3.16 B
2	3.15 B	8.12 B	22.34 A
3	0.05 A	0.04 A	0.04 A

T U K E Y

Variável = PM ( 109.5212 )

Interação COND xPOS Comparações 5%

POS	1	2	3
1	10.70 AB	3.15 AB	0.05 B
2	12.51 AB	8.12 AB	0.04 B
3	3.16 B	22.34 A	0.04 B