

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**RESISTÊNCIA DO BAMBU *Dendrocalamus giganteus* Munro TRATADO AO  
ATAQUE DE FUNGOS APODRECEDORES**

Estudante: Anna Cláudia da Silva, matrícula 08/24828

Linha de pesquisa: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Florian da Costa

Coorientador: Dr. Fernando Nunes Gouveia

Trabalho apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheira Florestal.

Brasília – DF, março de 2013

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**RESISTÊNCIA DO BAMBU *Dendrocalamus giganteus* Munro TRATADO  
AO ATAQUE DE FUNGOS APODRECEDORES**

Estudante: Anna Cláudia da Silva, matrícula 08/24828

Menção: SS

Aprovado por:



Dr. Fernando Nunes Gouveia  
Laboratório de Produtos Florestais – LPF/SFB  
(Coorientador)



Prof. Dr. Jaime Gonçalves de Almeida  
Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e  
Fibras Naturais - CPAB  
(Membro Externo da Banca)



Prof. Dr. Alexandre Florian da Costa  
Departamento de Engenharia Florestal - UnB  
(Orientador)

Brasília – DF, março de 2013

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

SILVA, ANNA CLÁUDIA DA

Resistência do Bambu *Dendrocalamus giganteus* Munro Tratado ao Ataque de Fungos Apodrecedores [Distrito Federal], 2013.

EFL/FT/UnB – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

SILVA, A. C. da. (2013). **Resistência do Bambu *Dendrocalamus giganteus* Munro Tratado ao Ataque de Fungos Apodrecedores**. Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 37 p.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

AUTORA: ANNA CLÁUDIA DA SILVA

TÍTULO: Resistência do Bambu *Dendrocalamus giganteus* Munro Tratado ao Ataque de Fungos Apodrecedores.

ANO: 2013

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa monografia pode ser reproduzida sem autorização por escrito da autora.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao orientador, Professor Dr. Alexandre Florian da Costa, pelo auxílio na construção do projeto, pelo incentivo para que eu conhecesse uma nova cultura e estudasse fora do país, e pelas contribuições ao longo da minha trilha na Universidade de Brasília.

Ao coorientador, Dr. Fernando Nunes Gouveia, pelos conselhos, supervisão e auxílio durante o desenvolvimento do projeto.

Ao Professor Dr. Jaime Gonçalves de Almeida pelo apoio e incentivo ao projeto.

Aos meus colegas de curso, Sarah, Paulo e Renato, pelos momentos de descontração, solidariedade, companhia e apoio durante execução do projeto.

Aos funcionários do Setor de Química da Madeira e Adesivos do Laboratório de Produtos Florestais – LPF/SFB, M.Sc. Esmeralda Yoshico Arakaki Okino e Sr. Lopes, pelo auxílio durante a execução do projeto.

Aos funcionários do Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibras Naturais – CPAB, Sr. João e Jonatas, pela confecção do material utilizado no projeto e pelas muitas dúvidas sanadas.

Ao Sr. Eduardo, laboratorista do IQ, pelo auxílio no preparo das formulações preservantes para o tratamento do bambu.

A minha mãe e irmã, Erondina e Anna Paula, meus maiores exemplos, pelo amor incondicional e pelas palavras de carinho e suporte.

Ao meu pai, Arlécio, por me ensinar que o perdão é mais forte dos que muitos outros sentimentos.

Ao meu melhor amigo e grande amor pelas palavras de conforto, superação e carinho durante toda a fase do projeto.

Aos meus familiares e amigos pelo apoio e orgulho demonstrado, me fortalecendo a cada dia.

Aos meus colegas de curso, 1º e 2º semestres de 2007, por terem me proporcionado momentos de alegria e descontração durante a graduação. Que nossa amizade se estenda por muitos anos. Sucesso a todos.

## RESUMO

### RESISTÊNCIA DO BAMBU *Dendrocalamus giganteus* Munro TRATADO AO ATAQUE DE FUNGOS APODRECEDORES

O presente estudo teve por objetivo avaliar a resistência biológica da espécie *Dendrocalamus giganteus* Munro (bambu-gigante), submetida a tratamentos químicos com tetraborato de sódio decahidratado (2, 3 e 4,7%), tribromofenato de sódio (2 e 4%) e água à 100°C (2 e 4 horas), frente ao ataque dos fungos apodrecedores *Trametes versicolor*, podridão branca e, *Gloeophyllum trabeum*, podridão parda. A determinação da resistência das amostras foi realizada por meio da perda de massa, de acordo com a norma ASTM D-2017. As amostras tratadas com tetraborato de sódio decahidratado (Bórax) apresentaram a maior resistência frente ao ataque dos fungos apodrecedores *T. versicolor* (6,65%, 5,11% e 5,71%) e *G. trabeum* (6,05%, 4,35% e 5,02%) sendo classificadas como altamente resistentes. Não houve diferença estatística entre os tratamentos com tetraborato de sódio decahidratado a 2%, 3% e 4,7%. As amostras tratadas com tribromofenato de sódio foram classificadas como resistentes frente ao ataque do *T. versicolor* (13,21% e 13,41%) e *G. trabeum* (17,33% e 16,15%), porém, não diferiram estatisticamente das amostras não tratadas. As amostras tratadas com água à 100°C foram as que apresentaram a menor resistência, porém foram classificadas como moderadamente resistentes para o ataque do fungo *G. trabeum* (26,57% e 27,27%) e resistentes, frente ao ataque do *T. versicolor* (24,31% e 21,64%). No entanto, as amostras tratadas com água à 100°C, para ambos os períodos, e atacadas pelo fungo *T. versicolor* não diferiram estatisticamente das testemunhas.

Palavras-chave: *Dendrocalamus giganteus*; Tetraborato de sódio decahidratado; Tribromofenato de sódio; Água Quente; Ensaio Acelerado em Laboratório; Fungos Apodrecedores.

## ABSTRACT

### THE RESISTANCE OF THE TREATED BAMBOO *Dendrocalamus giganteus* Munro TO THE ATTACK OF THE DECAY FUNGI

The present study aimed to evaluate the biological resistance of the specie *Dendrocalamus giganteus* Munro (giant bamboo), subjected to chemical treatment with sodium tetraborate decahydrate (2, 3 and 4.7%), sodium tribromophenate (2 and 4%) and water 100°C (2 and 4 hours), to the attack of decay fungi *Trametes versicolor*, white rot and, *Gloeophyllum trabeum*, brown rot. The determination of the resistance of samples was done by weight loss, according to ASTM D-2017 standard. The samples treated with sodium tetraborate decahydrate (Borax) showed the highest resistance to the attack of decay fungi *T. versicolor* (6.65%, 5.11% and 5.71%) and *G. trabeum* (6.05%, 4.35% and 5.02%) being classified as highly resistant. There was no statistical difference between treatments with sodium tetraborate decahydrate to 2%, 3% and 4.7%. Samples treated with sodium tribromophenate were classified as resistant to the attack of decay fungi *T. versicolor* (13.21% and 13.41%) and *G. trabeum* (17.33% and 16.15%), but they were not statistically different from the untreated ones. The samples treated with water at 100°C showed the minor resistance, but they were classified as moderately resistant to the attack of the fungus *G. trabeum* (26.57% and 27.27%) and resistant to the attack of the fungus *T. versicolor* (24.31% and 21.64%). However, the samples treated with water at 100°C, for both periods, and attack by the fungus *T. versicolor* did not differ statistically from the witnesses.

Keywords: *Dendrocalamus giganteus*; Sodium tetraborate decahydrate; Sodium tribromophenate; Hot Water; Accelerated Testing Laboratory; Decay fungi.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. Objetivo principal .....	13
2.2. Objetivo específico .....	13
3. HIPÓTESE .....	13
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	14
4.1. A Espécie <i>Dendrocalamus giganteus</i> Munro .....	14
4.2. Características do Bambu .....	14
4.2.1 Características biológicas e morfológicas .....	14
4.2.2 Características anatômicas.....	16
4.2.3 Características químicas .....	17
4.2.4 Propriedades físico-mecânicas .....	18
4.3. Fungos apodrecedores.....	19
4.4. Ataque de fungos ao bambu.....	20
4.5. Tratamentos Preservativos de Bambu.....	20
4.6. Durabilidade Natural do Bambu .....	22
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
5.1. Preparo dos Corpos de Prova.....	22
5.2. Tratamentos Preservativos dos Corpos de Prova.....	23
5.3. Ataque Acelerado de Fungos em Laboratório .....	24
5.3.1. Ensaio acelerado em laboratório .....	25
5.3.2. Determinação da Perda de Massa.....	27
5.4. Análise Estatística.....	27
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
6.1 Efeito dos Tratamentos Sobre as Amostras de Bambu.....	28

6.2	Ataque dos Fungos e Resistência das Amostras de Bambu Tratadas .....	28
7.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	33
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	35



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Dendrocalamus giganteus</i> . Fonte: Moizés, 2007. ....	14
<b>Figura 2.</b> Partes do bambu. Fonte: Silva, 2005.....	15
<b>Figura 3.</b> Grãos de amido nas células parenquimáticas de uma espécie de bambu. Fonte: Liese, 1998. ....	18
<b>Figura 4.</b> Tratamentos preservativos da espécie <i>Dendrocalamus giganteus</i> com Bórax e TBF. ....	23
<b>Figura 5.</b> Tratamento da espécie <i>Dendrocalamus giganteus</i> com água à 100°C, por 2 e 4 horas. ....	24
<b>Figura 6.</b> Esquema geral dos tratamentos realizados em amostras de <i>Dendrocalamus giganteus</i> submetidas ao ataque dos fungos <i>Trametes versicolor</i> (TV) e <i>Gloeophyllum trabeum</i> (GT).....	25
<b>Figura 7.</b> Disposição do corpo de prova sobre a placa suporte no interior do frasco de vidro. ....	26
<b>Figura 8.</b> Limpeza para a remoção do micélio do fungo aderido ao corpo de prova. ....	26
<b>Figura 9.</b> Tendência do comportamento das amostras de <i>Dendrocalamus giganteus</i> tratadas com bórax (2%, 3% e 4,7%), TBF (2% e 4%), água à 100°C (2 e 4 horas) e testemunha, submetidas ao ataque do fungo <i>Trametes versicolor</i> .....	30
<b>Figura 10.</b> Tendência do comportamento das amostras de <i>Dendrocalamus giganteus</i> tratadas com bórax (2%, 3% e 4,7%), TBF (2% e 4%), água à 100°C (2 e 4 horas) e testemunha, submetidas ao ataque do fungo <i>Gloeophyllum trabeum</i> .....	30
<b>Figura 11.</b> Corpos de prova tratados (Bórax, TBF e água à 100°C) e não tratados (T) da espécie <i>Dendrocalamus giganteus</i> após deterioração pelo fungo <i>Trametes versicolor</i> por um período de 12 semanas.....	33
<b>Figura 12.</b> Corpos de prova tratados (Bórax, TBF e água à 100°C) e não tratados (T) da espécie <i>Dendrocalamus giganteus</i> após deterioração pelo fungo <i>Gloeophyllum trabeum</i> por um período de 12 semanas.....	33

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Classes de resistência à deterioração com relação à perda do material.....	27
<b>Tabela 2.</b> Percentagem média de perda de massa e classe de resistência do bambu <i>Dendrocalamus giganteus</i> após o ataque do fungo <i>Trametes versicolor</i> .....	28
<b>Tabela 3.</b> Percentagem média de perda de massa e classe de resistência do bambu <i>Dendrocalamus giganteus</i> após o ataque do fungo <i>Gloeophyllum trabeum</i> .....	29

## **LISTA DE SIGLAS**

ASTM	American Society for Testing and Materials
BaLC	Bambu laminado colado
CPAB	Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibras Naturais
LPF	Laboratório de Produtos Florestais
SFB	Serviço Florestal Brasileiro
TBF	Tribromofenato de sódio
UnB	Universidade de Brasília

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente o bambu vem ganhando reconhecimento como uma espécie florestal de grande valor, principalmente em virtude de suas amplas possibilidades como matéria prima fibrosa industrial, artesanal e como material estrutural em construções rurais (BERALDO & AZZINI, 2004). Desta forma, o bambu é uma boa alternativa por ser versátil, possuir boas características físico-mecânicas, rápida renovação, baixo custo e fácil obtenção.

De acordo com Neto *et al.* (2009), o bambu é um material amplamente explorado na Ásia e, em muitos países, é encarado como um fator de desenvolvimento econômico. A Colômbia, Equador e Costa Rica, por exemplo, desenvolvem projetos nacionais de bambu, com reflorestamentos e construção de habitações populares de bambu, a fim de complementar a madeira.

De acordo com Azzini *et al.* (1977) o bambu apresenta elevado potencial silvicultural, por ser uma planta perene, de rápido crescimento, a qual produz colmos anualmente sem necessitar de replantio. Dentre suas aplicações pode-se destacar: indústria de alimento, produção de ferramentas, artesanato, cosméticos, ornamentação e paisagismo, construção de redes de irrigação, uso em reflorestamentos, construção civil, movelaria, produção de papel e carvão, confecção de compósitos lignocelulósicos, entre outros.

A limitação do uso do bambu em nível industrial deve-se a baixa durabilidade natural dos colmos. De acordo com Liese (1998), essa espécie possui, nas células de parênquima, elevado teor de amido, material de reserva atrativo ao ataque de organismos xilófagos como fungos e insetos.

Em relação aos fungos xilófagos, existem três tipos conhecidos: os apodrecedores, manchadores e emboloradores. A ação de fungos apodrecedores altera as propriedades físicas e químicas das paredes celulares, afetando a resistência mecânica do material atacado.

Dentre as alternativas para aumentar a vida útil do bambu os tratamentos químicos são os mais utilizados, os quais visam tornar indisponíveis as substâncias de reserva presentes em sua estrutura celular, através da impregnação com produtos químicos tóxicos, reduzindo a susceptibilidade ao ataque de organismos xilófagos.

Segundo Espelho & Beraldo (2008), a maior parte das espécies de bambu apresenta baixa resistência ao ataque de organismos xilófagos, desta forma, é necessário buscar técnicas aplicáveis em nível industrial que permitam o aumento da durabilidade dos colmos, tornando-os competitivos em relação aos materiais convencionais.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo principal

O presente estudo teve por objetivo avaliar a resistência biológica da espécie *Dendrocalamus giganteus* Munro, submetida a tratamentos preservativos com Tetraborato de sódio decahidratado (2, 3 e 4,7%), Tribromofenato de sódio (2 e 4%) e água à 100°C (2 e 4 horas), frente ao ataque dos fungos apodrecedores *Trametes versicolor* (Linnaeus ex Fries) Pilát, de podridão branca e, *Gloeophyllum trabeum* (Persoon ex Fries) Murrill, de podridão parda.

### 2.2. Objetivo específico

A resistência biológica da espécie *Dendrocalamus giganteus* Munro ao ataque dos fungos apodrecedores *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum* é influenciada pelas concentrações das soluções químicas utilizadas e o tempo de imersão dos tratamentos.

## 3. HIPÓTESE

O bambu tratado quimicamente e tradicionalmente apresenta maior resistência ao ataque de fungos apodrecedores em relação aos não tratados.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1. A Espécie *Dendrocalamus giganteus* Munro

A espécie *Dendrocalamus giganteus* Munro, conhecida como bambu gigante ou bambu balde, destaca-se entre as espécies introduzidas no Brasil (Figura 1). Apresenta altura dos colmos entre 24 e 40 m, diâmetro de 10 a 20 cm e espessura da parede entre 1 e 3 cm. Ocorre em regiões tropicais úmidas e regiões subtropicais, preferindo solos ricos e suportando temperatura mínima de -2°C. Sua distribuição natural ocorre no Sri Lanka, Bangladesh, China, Nepal e Tailândia (PEREIRA & BERALDO, 2008).

É uma planta perene e com grande potencial agrícola devido a sua característica de produzir colmos assexuadamente ano após ano, sem necessidade de replantio e com grande produtividade por área (PEREIRA, 1997). Segundo Teixeira (2006) essa espécie possui cor verde acinzentada e seus colmos atingem dimensões máximas com aproximadamente seis meses de idade.



**Figura 1.** *Dendrocalamus giganteus*. Fonte: Moizés, 2007.

Apresenta ampla utilização, podendo ser empregado em diversas áreas, tais como, construção civil, produção de laminado colado, utensílios domésticos, fornecimento de alimento, artesanato, produção de papel e móveis.

### 4.2. Características do Bambu

#### 4.2.1 Características biológicas e morfológicas

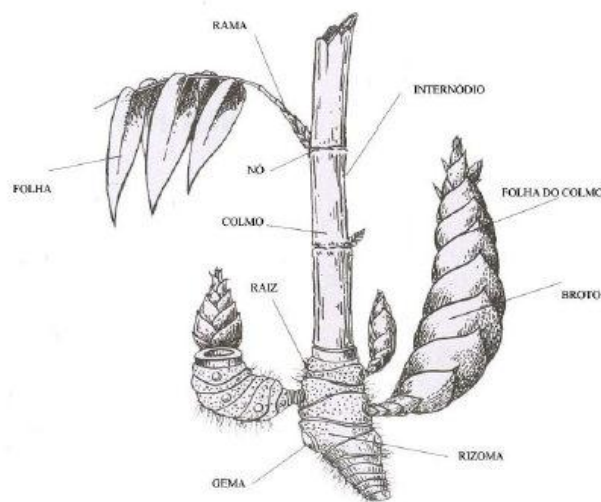
Os bambus pertencem à família *Graminae* (gramíneas) e subfamília *Bambusoideae*, com aproximadamente 50 gêneros e 1.300 espécies (HIDALGO LOPEZ, 2003). Possuem

hábito arbóreo, com parte aérea constituída de colmo, folhas e ramificações, e parte subterrânea constituída por rizoma e raízes.

De acordo com Liese (1985), uma touceira contém certa quantidade de colmos de diversas idades, denominados brotos (1 ano), jovens (1 a 3 anos) e maduros (maiores de que 3 anos), sendo em média formados 10 novos colmos anualmente.

Os colmos do bambu (Figura 2), em sua maioria, apresentam forma ligeiramente cilíndrica, internós ocios separados transversalmente por diafragmas, os quais aparecem externamente como nós, de onde saem ramos e folhas dispostos alternadamente (PEREIRA & BERALDO, 2008).

De acordo com a espécie, os colmos se diferem em altura, diâmetro, espessura da parede e forma de crescimento.



**Figura 2.** Partes do bambu. Fonte: Silva, 2005.

Pereira & Beraldo (2008) comentam que o colmo do bambu nasce com o diâmetro que terá por toda a vida. O diâmetro diminui da base em direção ao topo e completa seu crescimento poucos meses após o surgimento do broto, alcançando altura máxima entre 30 e 180 dias. Os colmos brotam anualmente, geralmente na estação chuvosa. O processo de amadurecimento na maioria das espécies ocorre de 3 a 4 anos.

Os colmos caracterizam-se pela ausência de raios, o que lhes confere vantagem durante o corte longitudinal e desvantagem durante a realização de ligações com parafusos e pregos. Além disso, são protegidos por brácteas (bainhas), folhas em formato triangular que

recobrem os nós, importantes na identificação das espécies de bambu (PEREIRA & BERALDO, 2008).

Ainda de acordo com Pereira & Beraldo (2008), os colmos novos têm poucas folhas, apresentam cor esverdeada e possuem os nós cobertos por brácteas (folhas caulinares). Já os colmos mais velhos possuem folhas, ramos e ramificações; apresentam coloração amarelada e podem ainda apresentar brácteas, porém essas estarão mais secas e escuras. Quanto à localização na touceira, os colmos jovens localizam-se geralmente na parte mais externa, ao contrário dos mais velhos, que se localizam no centro. Em colmos com idade superior a três anos é possível notar manchas provocadas por musgos, líquens ou fungos.

O comprimento dos internós aumenta da base ao meio do colmo, porém diminui desse ponto em direção ao topo, apresentando em média comprimento de 20 a 35 cm na maioria das espécies (LIESE, 1985).

O rizoma é o órgão responsável pelo armazenamento de nutrientes e propagação do bambu, assexuadamente, por ramificação. Conforme Silva (2005) existe três grupos de bambus quanto ao tipo de rizoma (ramificação): o grupo alastrante, caracterizado pelo desenvolvimento separado dos colmos (gênero *Arundinaria*, por exemplo); entouceirante, no qual os colmos se desenvolvem agrupados (gêneros *Bambusa* e *Dendrocalamus*, por exemplo); e o semi-entouceirante, o qual dispõe ambas as características anteriores.

Os bambus apresentam bom desenvolvimento em regiões com temperatura entre 8°C e 35°C e precipitação igual ou superior a 1.200 mm anuais, com solos férteis, soltos e bem drenados e ligeiramente ácidos (pH entre 5 e 6,5). Dentre as práticas para a garantia do seu melhor desempenho encontram-se a calagem, adubação e irrigação (PEREIRA & BERALDO, 2008).

#### **4.2.2 Características anatômicas**

Externamente o colmo é composto por duas camadas de células epidérmicas cobertas por cutina e cera, enquanto internamente, apresenta uma camada espessa e altamente lignificada constituída de feixes de fibras (PEREIRA & BERALDO, 2008).

Sua composição é de, aproximadamente, 50% de parênquima, 40% de fibras e 10% de vasos condutores de seiva. As fibras apresentam maior concentração na parte externa da parede dos colmos e na direção vertical, a quantidade aumenta da base ao topo, contribuindo para a resistência mecânica (LIESE, 2004).



O parênquima é o tecido básico do bambu, composto por células alongadas dispostas axialmente, com a função de estocar nutrientes e água. As células mais longas possuem paredes mais espessas e se lignificam à medida que os colmos se desenvolvem, enquanto as células mais curtas apresentam paredes delgadas e não se lignificam, podendo armazenar elevado teor de amido. À medida que o colmo envelhece, a umidade no parênquima diminui (PEREIRA & BERVALDO, 2008).

As fibras constituem o tecido esclerenquimático e agrupam-se em feixes em torno dos vasos condutores. Ocorrem nos internós e em menor frequência nos nós e diafragma. Segundo Pereira & Beraldo (2008), as fibras são consideradas longas, estreitas e relativamente rígidas, devido às suas espessas paredes celulares. As dimensões das fibras variam em função da espécie, com comprimento médio entre 1,65 mm e 3,43mm.

Kusack (1999) *apud* Pereira & Beraldo (2008) comentou que, anatomicamente, os bambus entouceirantes são mais resistentes que os alastrantes devido ao arranjo dos feixes de fibras. No primeiro grupo há a presença de feixes de fibras isolados além daqueles que protegem os vasos condutores.

Os vasos condutores do bambu apresentam maior diâmetro nas camadas internas do colmo, ocorrendo de forma agrupada e formando diferentes arranjos, dependendo da espécie (PEREIRA & BERVALDO, 2008).

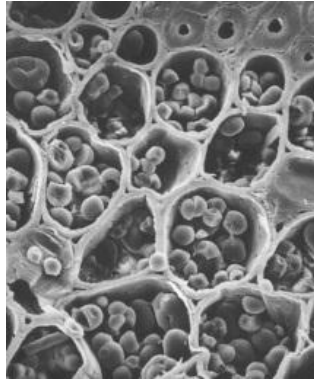
#### **4.2.3 Características químicas**

Os principais constituintes do bambu, de acordo com Liese (1998), são celulose, hemicelulose e lignina e, em menores quantidades, resinas, taninos, ceras e sais inorgânicos.

Todavia, a composição química do bambu varia de acordo com a espécie, as condições de crescimento, região do colmo (base, meio e topo) e idade, e após um ano tende a permanecer constante (PEREIRA & BERVALDO, 2008).

A presença do amido no tecido de parênquima (Figura 3) é uma das principais características relacionada à composição química e ao grau de ataque do colmo do bambu. De acordo com Liese (2004), o teor de amido varia de acordo com a idade, altura dos colmos e época do ano. Colmos de bambus imaturos (jovens) apresentam baixo teor de amido estocado nas células parenquimatosas, característica que reduz o ataque de organismos xilófagos. O mesmo ocorre aos colmos florescidos. Já os colmos maduros apresentam espessamento das paredes celulares e deposição acentuada de amido. Segundo Pereira & Beraldo (2008), a

estação do ano influencia na quantidade de amido solúvel em água, cujo teor é mais elevado na estação seca.



**Figura 3.** Grãos de amido nas células parenquimáticas de uma espécie de bambu. Fonte: Liese, 1998.

#### **4.2.4 Propriedades físico-mecânicas**

Segundo Liese (1998), o bambu apresenta excelentes propriedades mecânicas, as quais são influenciadas pelo teor de fibras, idade, densidade do colmo e teor de umidade. A quantidade de fibras é o elemento que confere resistência ao bambu. Quando maduros, por volta dos três anos de idade, os bambus alcançam sua máxima resistência.

Hidalgo Lopez (2003) comentou que as características físicas, mecânicas e anatômicas variam de acordo com a espécie de bambu e dependem das condições ambientais que os colmos se desenvolveram, idade e partes do colmo que foram estudadas. Na maioria dos casos, a parte superior do colmo é mais resistente à compressão e flexão do que as partes mediana e inferior. Já a parte central, na qual ocorrem os internós mais longos, apresenta maior resistência à tração.

A variação nas propriedades de resistência do colmo é maior na direção horizontal do que na vertical. Os nós, comparados aos internós, apresentam redução das propriedades de resistência devido ao desvio dos feixes de fibras e da descontinuidade da seção (LIESE, 1998).

A caracterização mecânica dos colmos é dificultada pela inexistência de normas nacionais de ensaios de bambu e pelo reduzido número de normas internacionais, levando com que os pesquisadores utilizem metodologias distintas e dificultando a comparação entre resultados. De acordo com Pereira & Beraldo (2008), os procedimentos para estudos de

caracterização mecânica do bambu são adaptações de normas específicas para madeiras, com o objetivo de alcançar os objetivos propostos.

Uma forma de padronizar os ensaios tem sido o uso de colmos maduros, uma vez que os jovens apresentam maior variabilidade nos resultados dos ensaios. Além disso, deve-se observar o teor de umidade e a massa específica do bambu.

Nos colmos maduros, por volta dos 3 a 4 anos, o teor de umidade decresce da base ao topo, diferentemente dos imaturos, que apresentam teor de umidade relativamente constante ao longo da altura. Os internós apresentam maior teor de umidade do que os nós, e ao longo da parede do colmo a umidade decresce em direção à casca (HIDALGO LOPEZ, 2003).

Dentre os fatores que influenciam no teor de umidade, um dos principais é a quantidade de células parenquimatosas, as quais armazenam água e são frequentes na região basal do colmo do bambu (LIESE, 1985).

A massa específica dos bambus varia de  $500 \text{ kg/m}^3$  a  $800 \text{ kg/m}^3$ , dependendo do tamanho, distribuição e quantidade de feixes de fibras ao redor dos vasos. Os maiores valores de massa específica aparente são encontrados na parte externa da parede do colmo, pelo fato de existirem feixes vasculares menores, mais densos e menor quantidade de células parenquimatosas, e na região nodal, devido às interligações entre vasos e fibras, ou seja, maior empacotamento de elementos anatômicos. (LIESE, 1998).

A região nodal apresenta massa específica aparente elevada, comparada à região dos internós, mas suas resistências à flexão, compressão e cisalhamento são inferiores (HIDALDO LOPEZ, 2003).

### **4.3. Fungos apodrecedores**

De acordo com TEIXEIRA *et al.* (1997), os principais causadores de danos em materiais lignocelulósicos são os fungos pertencentes à classe dos Basidiomicetos, da qual se destacam os causadores de podridão branca, deterioradores tanto de polissacarídeos como lignina, e de podridão parda, deterioradores dos polissacarídeos da parede celular.

O material lignocelulósico atacado pelos fungos de podridão parda apresenta-se, inicialmente, ligeiramente escurecido, assumindo uma coloração pardo-escuro à medida que o apodrecimento progride. Microscopicamente, não se observam alterações na parede celular,

pois a lignina residual mantém a forma da célula. Entretanto, em estágios avançados é possível observar o colapso de algumas células (LEPAGE *et al.*, 1986).

Ainda de acordo com Lepage *et al.* (1986), o material lignocelulósico deteriorado por fungos de podridão branca apresenta-se mais claro e mais macio, quando comparado ao sadio. Em alguns casos as áreas apodrecidas podem estar delimitadas por linhas escuras ou ainda, intercaladas com áreas sadias. Microscopicamente, observa-se um gradativo afinamento da parede secundária das células atacadas.

#### **4.4. Ataque de fungos ao bambu**

A capacidade de microrganismos colonizarem e deteriorarem diferentes materiais lignocelulósicos é influenciada por um conjunto de fatores tais como: umidade, temperatura, pH e oxigênio (ALVES & MENDES, 2002).

De acordo com Beraldo & Azzini (2004), o uso do bambu na produção de painéis traz vantagens do ponto de vista físico-mecânico como, o aumento das propriedades de resistência e da estabilidade dimensional. Entretanto, um dos principais inconvenientes é a rápida deterioração devido às reservas de amido no tecido parenquimatoso.

A quantidade deste açúcar nas células do bambu, bem como a sua exposição às intempéries e contato com a umidade do solo, faz com que esse material torne-se susceptível ao ataque de fungos apodrecedores e insetos, como o *Dinoderus minutus*. Desta forma, a durabilidade dos colmos do bambu está diretamente relacionada ao tratamento preservativo a ser aplicado.

#### **4.5. Tratamentos Preservativos de Bambu**

A durabilidade do bambu relaciona-se à forma de tratamento aplicado aos colmos e ao uso final. Os métodos para tratamento preservativo do bambu dividem-se, principalmente, em tradicionais e químicos. Os tradicionais caracterizam-se pela não utilização de proteção química dos colmos e subdividem-se em: cura no local da colheita, cura por imersão, por fogo ou por fumaça. Já os métodos químicos, por imersão ou substituição da seiva, utilizam produtos químicos preservativos que podem ser classificados em oleosos, oleossolúveis e hidrossolúveis (PEREIRA & BERVALDO, 2008).

De acordo com Neto *et al.* (2009), um método muito utilizado para o tratamento dos colmos do bambu é a imersão em água quente por um período de 15 a 60 minutos. Há ainda os métodos de imersão em água estagnada e corrente. Pereira & Beraldo (2008) ressaltam que um longo tempo de permanência em água estagnada pode provocar o aparecimento de manchas nos colmos, aumentar o risco de desenvolvimento de larvas de insetos e gerar odor desagradável.

Neto *et al.* (2009) ressaltam ainda, que o ácido bórico é o elemento mais utilizado em tratamento químico de bambu, sendo usado no preparo de soluções específicas ou encontrado em produto industrializado, como o Bórax.

Os produtos químicos preservativos devem ser utilizados em concentrações adequadas e apresentar toxidez restrita aos organismos xilófagos, não afetando o homem e outros animais. Durante o tratamento os produtos preservativos devem penetrar o material a ser tratado, não sofrendo evaporação e nem lixiviação. Além disso, não podem ser eliminados inadequadamente e devem possuir uma boa relação custo/benefício. A escolha do método preservativo dependerá do produto e quantidade a ser utilizada e, uso final do material a ser tratado.

Liese (2004) comenta que o sucesso do tratamento preservativo é influenciado pela tratabilidade do colmo do bambu, teor de umidade, tipo de preservativo utilizado e processo de tratamento aplicado.

A particular anatomia do bambu torna o colmo resistente à penetração de soluções preservativas, quando comparado à madeira. A penetração dos preservativos é influenciada pelas características anatômicas do bambu. A camada externa, recoberta com cutina e cera, age como uma barreira impermeável no colmo vivo, impedindo a perda de água e inibindo a absorção de líquidos. Dessa forma, a eficiência de tratamentos simples, como a imersão, é limitada (LIESE, 2004).

Ainda de acordo como Liese (2004), as principais vias para qualquer penetração são os vasos localizados nas extremidades dos colmos, os quais possuem pequenos diâmetros e distribuem-se de forma irregular. No internó estes elementos estão orientados basicamente na direção axial e intercalados pelo tecido parenquimatoso, tornando-se interconectados na região do nó. O internó não apresenta vias radiais para o transporte de soluções no sentido transversal, diferentemente das células dos raios nas madeiras. A movimentação horizontal da

solução preservativa, do vaso ao tecido de parênquima e fibras, é efetuada por difusão, processo tido como lento.

#### **4.6. Durabilidade Natural do Bambu**

Os bambus não produzem substâncias tóxicas com a idade, como ocorre em várias espécies de madeiras, o que contribui para a redução de sua durabilidade natural frente ao ataque de organismos xilófagos (LIESE, 2004). Essa durabilidade pode ser estimada em razão do tipo de exposição: 1 a 3 anos, quando em contato com o solo e atmosfera; de 4 a 6 anos, quando em local abrigado; 10 a 15 anos, em local abrigado e clima não úmido (TAMOLANG *et al.*, 1980 *apud* ROSA *et al.*, 2009).

Kumar *et al.*(1994) comentam que a durabilidade do bambu pode ser observada ao longo da espessura do colmo, uma vez que as camadas internas se deterioram mais facilmente que as externas devido a estrutura anatômica.

### **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

O ensaio acelerado de biodeterioração foi realizado no Setor de Biodegradação e Preservação da Madeira, no Laboratório de Produtos Florestais do Serviço Florestal Brasileiro.

#### **5.1. Preparo dos Corpos de Prova**

Os colmos de *Dendrocalamus giganteus* Munro foram fornecidos pelo Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibras Naturais - CPAB, pertencente à Universidade de Brasília. A seleção da espécie baseou-se na disponibilidade de material a ser utilizado na construção civil, movelaria e laminado colado.

Os corpos de prova foram confeccionados a partir de réguas com dimensões de 120 cm de comprimento e 2,5 cm de largura, retiradas das regiões da base e do meio do colmo, desconsiderando a parte dos nós e camadas externas. Esse material está sendo preparado pelo CPAB para confecção de bambu laminado colado (BaLC) para fabricação de vigas, móveis, artesanato e outros usos. A partir dessas réguas foram preparados os corpos de prova nas dimensões nominais de 2,0 cm (comprimento) x 2,0 cm (largura) x 1,0 cm (espessura).

No total foram confeccionados 160 corpos de prova dessa espécie de bambu, dos quais 140 foram submetidos aos tratamentos químicos e 20 para amostras controle (testemunha).

Os corpos de prova foram manualmente lixados, com uma lixa de grana 250, e posteriormente climatizados em estufa de laboratório com circulação forçada de ar à 50°C. A massa foi regularmente medida até estabilização das amostras, utilizando uma balança de precisão (0,001g), modelo AY 220 Shimadzu. Os dados de massas, antes e após o ataque dos fungos apodrecedores, foram obtidos do mesmo modo.

Após essa etapa foram realizados os tratamentos químicos e ensaio acelerado de laboratório de ataque dos fungos.

As espécies de fungos apodrecedores utilizadas são provenientes da coleção de fungos xilófagos da área de Biodegradação e Preservação do LPF, tendo sido utilizado um fungo de podridão branca (*Trametes versicolor*) e outro de podridão parda (*Gloeophyllum trabeum*).

## 5.2. Tratamentos Preservativos dos Corpos de Prova

Os corpos de prova, com exceção das testemunhas, foram submetidos a tratamentos químicos e tradicional, a saber:

a) Tetraborato de sódio decahidratado (Bórax), solução hidrossolúvel a base de boro, nas concentrações de 2%, 3% e 4,7%, sendo essa última utilizada pelo CPAB nos tratamentos preservativos das réguas extraídas dos colmos de bambu (Figura 4).

b) Fungicida à base de tribromofenato de sódio (TBF) nas concentrações de 2 e 4% (Figura 4).

c) Água à 100°C pelo período de 2 e 4 horas (Figura 5).



**Figura 4.** Tratamentos preservativos da espécie *Dendrocalamus giganteus* com Bórax e TBF.



**Figura 5.** Tratamento da espécie *Dendrocalamus giganteus* com água à 100°C, por 2 e 4 horas.

Os dois primeiros tratamentos caracterizam-se pelo uso de produtos hidrossolúveis, os quais reagem com a lignina e formam compostos insolúveis, tóxicos aos organismos xilófagos.

O tratamento com água quente visou a redução do amido presente nos colmos do bambu, por meio da fermentação anaeróbica, procurando minimizar ou evitar o ataque dos fungos apodrecedores. É classificado como um tratamento tradicional e foi incluído na pesquisa para avaliar a sua eficiência em relação aos tratamentos químicos preservantes.

Todos os tratamentos foram realizados após climatização dos corpos de prova, a fim de garantir que todos estivessem na mesma condição de umidade. Depois de tratados, os corpos de prova tiveram suas massas novamente estabilizadas nas condições anteriormente descritas.

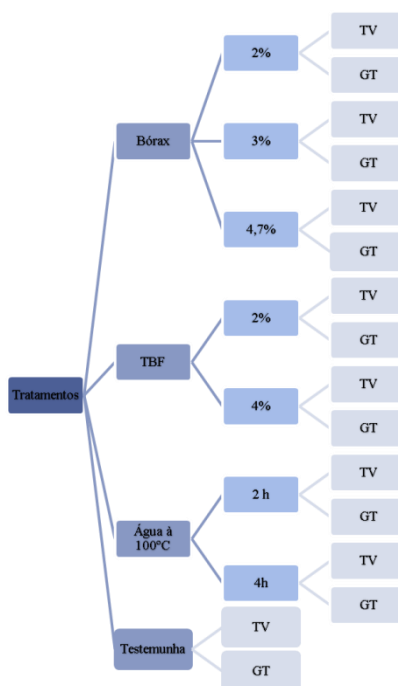
### **5.3. Ataque Acelerado de Fungos em Laboratório**

As amostras de bambus tratadas foram avaliadas com relação à resistência frente ao ataque dos fungos apodrecedores, de acordo com os critérios estabelecidos pela norma ASTM D 2017 (ASTM, 2005).

Dos 160 corpos de prova de bambu, 70 foram expostos ao fungo de podridão branca *Trametes versicolor* (30 foram tratados com tetraborato de sódio decahidratado, 20 com tribromofenato de sódio e 20 com água à 100°C), 70 ao fungo de podridão parda *Gloeophyllum trabeum* (30 tratados com tetraborato de sódio decahidratado, 20 com tribromofenato de sódio e 20 com água à 100°C) e 20 serviram como testemunha e não



receberam tratamento algum, dos quais 10 foram submetidos ao fungo de podridão branca e os outros 10, ao fungo de podridão parda (Figura 6).



**Figura 6.** Esquema geral dos tratamentos realizados em amostras de *Dendrocalamus giganteus* submetidas ao ataque dos fungos *Trametes versicolor* (TV) e *Gloeophyllum trabeum* (GT).

### 5.3.1. Ensaio acelerado em laboratório

Para o ensaio acelerado de ataque de fungos em laboratório, foram utilizados frascos de vidros com tampa rosqueável e capacidade de aproximadamente 250ml. Em cada vidro foram adicionados 40 ml de água e 70 g de solo previamente preparado com pH corrigido. Posteriormente, esses vidros foram esterilizados em autoclave à 120°C por 40 minutos e levados à incubadora em condições de temperatura à 25°C e umidade relativa de 70%. Após esse processo, placas suportes de *Cecropia* spp. (para fungos de podridão branca) e *Pinus* spp. (para fungos de podridão parda) de dimensões de 35 x 29 x 3 mm foram dispostas sobre o solo. Os frascos retornaram à autoclave nas condições previamente informadas.

Os fungos apodrecedores foram repicados em meio de cultura líquido, na proporção de 30g de extrato de malte para cada litro de água deionizada, e esta solução permaneceu em mesa agitadora por 24 horas para dissociação das hifas do fungo. Após três semanas na incubadora, sob as condições descritas anteriormente, as hifas do fungo foram

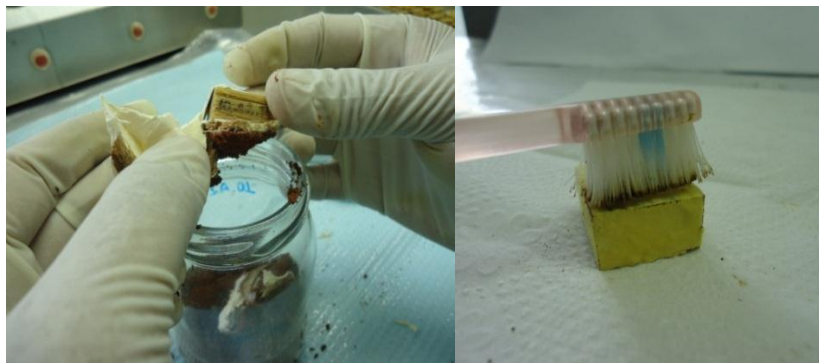
homogeneizadas em água deionizada em um liquidificador e 1,5 ml dessa solução foi inoculada sobre a placa suporte de cada frasco de vidro.

Os frascos de vidro com o inóculo de fungo foram incubados por 2 a 3 semanas até o micélio recobrir totalmente a superfície do meio. Após esse período, os corpos de prova foram dispostos sobre a placa suporte, dando início ao ensaio de biodeterioração (Figura 7).



**Figura 7.** Disposição do corpo de prova sobre a placa suporte no interior do frasco de vidro.

Os corpos de prova permaneceram em contato com os fungos por 12 semanas dentro da incubadora. Transcorrido o tempo, as amostras foram retiradas dos frascos de vidro, submetidas à limpeza para remoção do excesso de micélio aderido (Figura 8) e levadas novamente à estufa, com circulação forçada de ar à 50°C, para determinação da perda de massa.



**Figura 8.** Limpeza para a remoção do micélio do fungo aderido ao corpo de prova.

### 5.3.2. Determinação da Perda de Massa

Os valores de perda de massa dos corpos de prova ocasionados pelo ataque dos fungos apodrecedores foram determinados a partir da Equação 1.

$$P_m = \left( \frac{m_i - m_f}{m_i} \right) \times 100 \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

$P_m$  = perda de massa, em %;

$m_i$  = massa da amostra antes do ataque do fungo, em g;

$m_f$  = massa da amostra após o ataque do fungo, em g.

Foram calculadas as médias de perda de massa para a espécie de bambu em relação aos tratamentos preservativos, para posterior classificação em classes de resistência à deterioração pelo ataque de fungos, conforme Tabela 1.

**Tabela 1.** Classes de resistência à deterioração com relação à perda do material.

<b>Perda de massa média (%)</b>	<b>Média residual (%)</b>	<b>Classe de resistência</b>
0 a 10	90 a 100	Altamente resistente
11 a 24	76 a 89	Resistente
25 a 44	56 a 75	Moderadamente resistente
Maior que 45	Menor que 55	Pouco ou não resistente

Fonte: ASTM D 2017(2005).

### 5.4. Análise Estatística

Os resultados obtidos de perda de massa dos corpos de prova de bambu, expressos em percentagem, foram analisados utilizando-se o pacote estatístico SPSS 13.0 (Statistical Package for Social Sciences). Para a comparação múltipla das médias utilizou-se o Teste de Tukey (Tukey honest significant difference test) ao nível de 5% de probabilidade.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 6.1 Efeito dos Tratamentos Sobre as Amostras de Bambu

Após a realização do tratamento químico com tetraborato de sódio decahidratado foi observada uma concentração de sais na superfície dos corpos de prova tratados nas concentrações de 3 e 4,7%, além de uma alteração na cor da solução de tratamento, possivelmente ocasionada pela eliminação de açúcares e amido. Segundo Borges & Silva (2012), o Bórax apresenta baixa solubilidade e seu uso é condicionado ao aquecimento da água.

No tratamento com água à 100°C foi observada também uma alteração na cor da água possivelmente devido a eliminação de amido e açúcares, bem como o inchamento dos corpos de prova devido à saturação dos vasos condutores pela água e afastamento entre os elementos anatômicos. Ferreira (2007) comentou que o bambu é um material higroscópico e quando em contato com meio aquoso, sofre variações dimensionais devido ao afastamento de suas células.

O tratamento com o TBF não apresentou alteração estrutural ou de cor nos corpos de prova.

## 6.2 Ataque dos Fungos e Resistência das Amostras de Bambu Tratadas

Os resultados de percentagem média de perda de massa e respectiva classe de resistência da espécie *Dendrocalamus giganteus*, após o ataque dos fungos *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*, são apresentados nas Tabelas 2 e 3.

**Tabela 2.** Percentagem média de perda de massa e classe de resistência do bambu *Dendrocalamus giganteus* após o ataque do fungo *Trametes versicolor*.

Tratamento	Concentração (%)*	Perda de massa (%)	Classe de resistência
Tetraborato de sódio (Bórax)	2	6,65a	Altamente resistente
	3	5,11a	Altamente resistente
	4,7	5,71a	Altamente resistente
Tribromofenato de sódio	2	13,21b	Resistente
	4	13,41b	Resistente
Água à 100°C	2	24,31c	Resistente
	4	21,64c	Resistente
Testemunha	-	18,34bc	Resistente

\* O tratamento com água à 100°C foi avaliado por período (hora). Médias das amostras avaliadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente.

A análise do comportamento dos fungos revelou um desenvolvimento mais rápido do fungo *Trametes versicolor* quando comparado ao *Gloeophyllum trabeum*. De acordo com Eaton & Hale (1993) *apud* Alves *et al.* (2006), o crescimento do fungo *Gloeophyllum trabeum* apresenta períodos de repouso, demonstrando um desenvolvimento mais lento.

**Tabela 3.** Percentagem média de perda de massa e classe de resistência do bambu *Dendrocalamus giganteus* após o ataque do fungo *Gloeophyllum trabeum*.

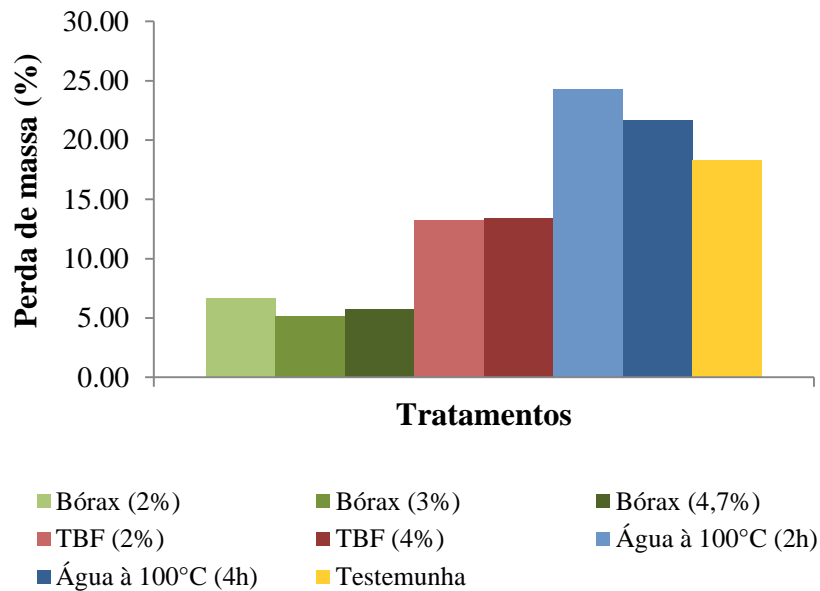
Tratamento	Concentração (%) <sup>*</sup>	Perda de massa (%)	Classe de Resistência
Tetraborato de sódio (Bórax)	2	6,05a	Altamente resistente
	3	4,35a	Altamente resistente
	4,7	5,02a	Altamente resistente
Tribromofenato de sódio	2	17,33b	Resistente
	4	16,15b	Resistente
Água à 100°C	2	26,57c	Moderadamente Resistente
	4	27,27c	Moderadamente Resistente
Testemunha	-	17,97b	Resistente

<sup>\*</sup> O tratamento com água à 100°C foi avaliado por período (hora). Médias das amostras avaliadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente.

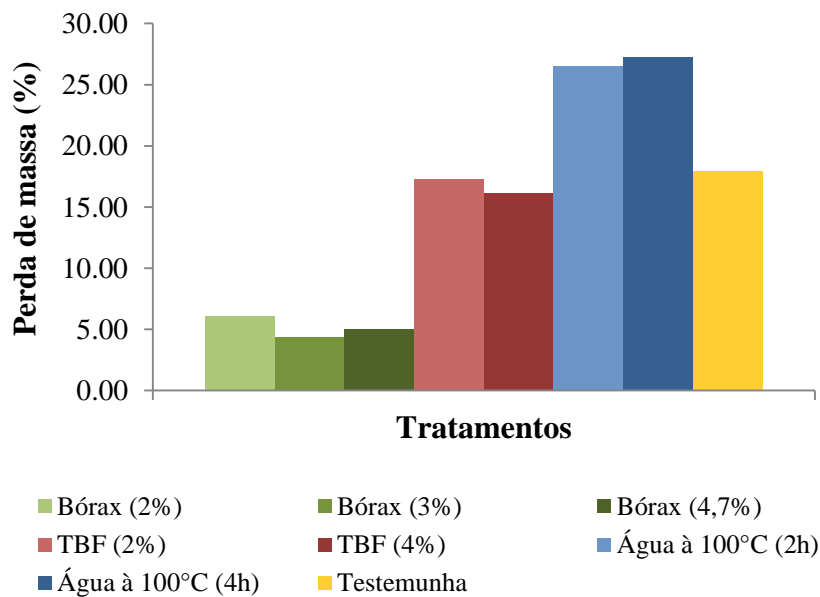
O fungo *Gloeophyllum trabeum* apresentou maior intensidade de ataque nos corpos de prova tratados com TBF e água à 100°C, visto que os valores de perda de massa da espécie foram maiores do que os observados para o fungo de podridão branca. Já o fungo *Trametes versicolor* deteriorou em maior intensidade os corpos de prova tratados com Bórax e os testemunhas, em comparação ao fungo de podridão parda.

As Figuras 9 e 10 apresentam a tendência do comportamento de perda de massa das amostras de *Dendrocalamus giganteus* tratadas e não tratadas (testemunha), submetidas ao ataque dos fungos de podridão branca e parda, respectivamente.

Esperava-se que as amostras apresentassem maior resistência (menor perda de massa), frente ao ataque dos fungos apodrecedores, à medida que as concentrações e o período de imersão dos tratamentos aumentassem. De forma geral as amostras não apresentaram este comportamento, com exceção daquelas tratadas com água à 100°C para o fungo *Trametes versicolor* e, tratadas com tribromofenato de sódio (2 e 4 %) para o fungo *Gloeophyllum trabeum*.



**Figura 9.** Tendência do comportamento das amostras de *Dendrocalamus giganteus* tratadas com bórax (2%, 3% e 4,7%), TBF (2% e 4%), água à 100°C (2 e 4 horas) e testemunha, submetidas ao ataque do fungo *Trametes versicolor*.



**Figura 10.** Tendência do comportamento das amostras de *Dendrocalamus giganteus* tratadas com bórax (2%, 3% e 4,7%), TBF (2% e 4%), água à 100°C (2 e 4 horas) e testemunha, submetidas ao ataque do fungo *Gloeophyllum trabeum*.

A espécie *Dendrocalamus giganteus* mostrou-se mais resistente à deterioração por ambos os fungos apodrecedores quando tratada com Bórax, visto que apresentou as menores perdas de massa dentre os tratamentos realizados, sendo classificada como altamente resistente.

Os melhores resultados de resistência frente ao ataque dos fungos apodrecedores foram observados nos corpos de prova tratados a 3%. A maior perda de massa foi observada nas amostras tratadas a concentração de 2% quando comparado às demais concentrações utilizadas, para os ambos os fungos xilófagos. Todos os valores médios das amostras tratadas com Bórax não diferiram estatisticamente entre si, portanto, pode-se sugerir o emprego de qualquer uma das concentrações de Bórax no tratamento preservativo da espécie *Dendrocalamus giganteus*.

Os valores médios de perda de massa da espécie *Dendrocalamus giganteus* tratada com bórax (2, 3 e 4,7%) foram inferiores aos valores apresentados pelas amostras não tratadas, para ambos os fungos apodrecedores, fato que corrobora a recomendação do uso deste preservante na proteção desse bambu.

Espelho & Beraldo (2008), trabalhando com uma solução de ácido bórico e bórax para tratar taliscas de *Dendrocalamus giganteus*, comentaram que esta solução apresentou maior facilidade em penetrar os elementos anatômicos do bambu quando comparado ao CCA e CCB.

O tratamento com bórax apresenta como desvantagem o uso do bambu restrito às áreas cobertas, sem exposição às intempéries. De acordo com Galvão *et al.* (2004) e Liese (2004), os compostos a base de boro são solúveis em água e facilmente lixiviáveis, sendo indicados para o tratamento de bambus a serem utilizados acima do solo e sem contato com água.

Os corpos de prova tratados com TBF (2 e 4%) atacados pelo fungo de podridão parda apresentaram maior perda de massa (17,33% e 16,15%) do que aqueles tratados na mesmas concentrações e atacados pelo fungo de podridão branca (13,21% e 13,41%). Para ambos os fungos apodrecedores, as amostras foram classificadas como resistentes.

As médias de perda de massa dos corpos de prova tratados com TBF (2 e 4%) e das testemunhas, frente ao ataque de ambos os fungos apodrecedores, não diferiram estatisticamente, conforme Tabelas 2 e 3.

Quando comparadas às amostras tratadas com Bórax, aquelas submetidas ao tratamento com TBF (2 e 4%) apresentaram valores superiores de perda de massa. No

entanto, este produto forneceu uma proteção superior a 80%. Desta forma, é recomendada a utilização do TBF para o tratamento de *Dendrocalamus giganteus* frente ao ataque dos fungos apodrecedores estudados.

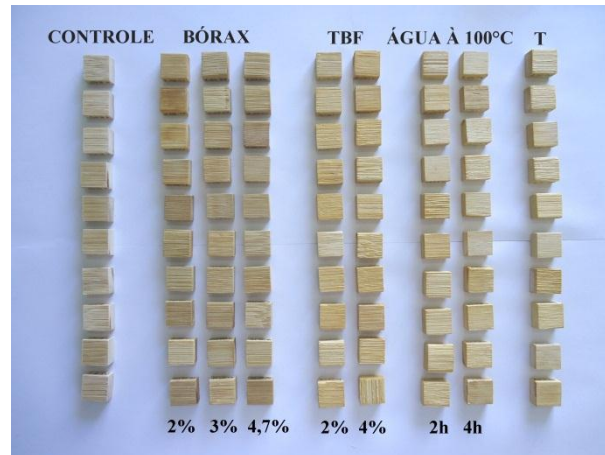
O tratamento com água à 100°C foi menos eficiente nas amostras imersas por 2 horas, para o fungo *Trametes versicolor*, e de 4 horas, para o *Gloeophyllum trabeum*. As amostras apresentaram classes de resistência diferentes tendo sido classificadas em resistentes quando atacadas pelo fungo *Trametes versicolor* e moderadamente resistentes, frente ao ataque do *Gloeophyllum trabeum*.

A comparação entre as médias de perda de massa dos corpos de prova tratados com água à 100°C e testemunhas permitiu as seguintes conclusões: para o grupo atacado pelo fungo *Trametes versicolor*, os valores não diferiram estatisticamente, fato também ocorrido no tratamento químico com TBF; já para o grupo atacado pelo fungo *Gloeophyllum trabeum*, as médias de perda de massa dos corpos de prova tratados com água diferiram estatisticamente das médias das testemunhas. Portanto, o tratamento com água foi menos eficiente quando comparado às amostras não tratadas, para ambos os fungos. Logo, este tratamento não é recomendado para a proteção da espécie *Dendrocalamus giganteus*, uma vez que não a protegeu eficientemente contra o ataque dos fungos apodrecedores.

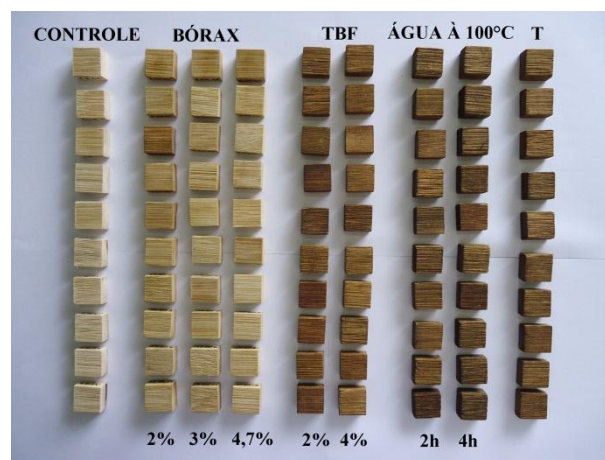
Sulthoni (1981) *apud* Beraldo *et al.* (2003), comenta que a imersão do bambu em água estagnada é mais eficiente do que o tratamento em água corrente, uma vez que a deterioração enzimática do amido é mais intensa do que sua extração, realizada pela água corrente. No presente trabalho, o aquecimento da água para se atingir 100°C ocasionou a movimentação do líquido, fato que pode ter prejudicado a extração do amido e ter favorecido a deterioração pelos organismos xilófagos no ensaio de apodrecimento.

A análise visual permitiu constatar alterações nos corpos de prova após o ensaio de biodeterioração. Finalizado o período de ataque do fungo *Trametes versicolor*, não ocorreram alterações na cor e sim na estrutura dos corpos de prova, os quais adquiriram uma textura macia (Figura 11). Já para o fungo *Gloeophyllum trabeum*, as amostras tratadas com TBF, água à 100°C e não tratadas (Testemunha) apresentaram superfície escurecida (cor marrom), diferentemente de sua cor natural (bege), conforme apresentado na Figura 12. As amostras tratadas com Bórax apresentam pouca variação na cor em comparação àquelas não tratadas e não deterioradas (Controle).





**Figura 11.** Corpos de prova tratados (Bórax, TBF e água à 100°C) e não tratados (T) da espécie *Dendrocalamus giganteus* após deterioração pelo fungo *Trametes versicolor* por um período de 12 semanas.



**Figura 12.** Corpos de prova tratados (Bórax, TBF e água à 100°C) e não tratados (T) da espécie *Dendrocalamus giganteus* após deterioração pelo fungo *Gloeophyllum trabeum* por um período de 12 semanas.

## 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A solução de tetraborato de sódio decahidratado (Bórax) à 3% de concentração apresentou a melhor proteção das amostras de *Dendrocalamus giganteus* sendo classificada como altamente resistente contra o ataque dos fungos *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*.

As amostras de *Dendrocalamus giganteus* tratadas com tribromofenato de sódio (2 e 4%) foram classificadas como resistentes contra o ataque dos fungos *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*.

O tratamento com água à 100°C (2 e 4 horas) foi o menos eficiente na proteção das amostras de *Dendrocalamus giganteus* contra o ataque dos fungos *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*, apresentando resultados inferiores às amostras testemunhas.

Sugere-se, ao se empregar o tratamento químico com tetraborato de sódio decahidratado (Bórax), o uso de água aquecida para favorecer a solubilização do sal.

Para o tratamento com água, recomenda-se o uso de água parada e em temperatura ambiente, fatores que poderão favorecer a redução de amido nas células parenquimáticas.

Recomenda-se a realização de análise química para identificar e mensurar os componentes principais e extrativos, antes e após ataque dos fungos apodrecedores.

Recomenda-se, ainda, a realização de novos estudos sobre tratamentos preservativos de bambus a fim de avaliar a resistência frente ao ataque de organismos xilófagos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. V. da S. et al. Resistência natural de seis espécies de madeiras da região amazônica a fungos apodrecedores, em ensaios de laboratório. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 17-26, 2006

ALVES, M. V. da S.; MENDES, A. de S. *Biodegradação e preservação da madeira*. Brasília: LPF, 2002. 41 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *ASTM D – 2017: Standard method for accelerated laboratory test of natural decay resistance for woods*. Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, v.0410, p.5, 2005.

AZZINI, A.; CIARAMELO, D.; NAGAI, V. Número de feixes vasculares em três espécies de bambu. *Bragantia*, Campinas, v. 36, n. 1, p. 7-10, 1977.

BERALDO, A.L.; AZZINI, A. *Bambu: características e aplicações*. Guaíba: Agropecuária, 2004. 180p.

BERALDO, A. L. et al. Desempenho de um dispositivo para efetuar o tratamento químico de colmos de bambu: avaliação por ultra-som. *In: Anais do III ENECS – Encontro Nacional sobre edificações e comunidades sustentáveis*. São Carlos, SP, 2003.

BORGES, A. L.; SILVA, D. J. *Fertilizantes para a fertirrigação*. 2012. Disponível em: [http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/915534/1/IRRIGACAOeFERTIRRIGACA\\_Ocap7.pdf](http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/915534/1/IRRIGACAOeFERTIRRIGACA_Ocap7.pdf) Acesso em: 23 jan. 2013.

COSTA, M. A. *Avaliação de metodologias alternativas para a caracterização dos fungos apodrecedores de madeiras*. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2009. 82 p.

ESPELHO, J. C. C.; BERALDO, A. L. Avaliação físico-mecânica de colmos de bambu tratados. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 12, n.6, p. 645-652, 2008.

FERREIRA, G. C. dos S. *Vigas de concreto armadas com taliscas de bambu Dendrocalamus giganteus*. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

GALVÃO, A. P. M.; MAGALHÃES, W. L. E.; MATTOS, P. P. de. *Processos práticos para preservar a madeira*. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 49p.

HIDALDO LOPEZ, O. *Bamboo: the gift of the God's*. Bogotá: D'vinni Ltda, 2003. 553 p.

KUMAR, S. et al. *Bamboo preservation techniques: a review*. China: INBAR, 1994. 59 p.

LEPAGE, E. S. et al. *Manual de Preservação de Madeiras*. São Paulo: IPT, 1986. v.1. 342 p.

LIESE, W. *Bamboos – Biology silvics, properties, utilization*. Germany: GTZ, 1985.132p.

\_\_\_\_\_. *The anatomy of bamboo culms*. China: INBAR, 1998. 208p.

\_\_\_\_\_. A preservação do colmo do bambu em relação à sua estrutura. Tradução de Antonio L. Beraldo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL GRADUA, 2004, Pereira. **Anais...** Pereira, 2004.

MOIZÉS, F. A. *Painéis de bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de design em Bauru, São Paulo*. Dissertação de Mestrado em Desenho Industrial, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2007. 112 p.

NETO, J. S. P. et al. Aplicação do bambu nas construções rurais. *Revista Educação Agrícola Superior*, v. 24, n. 2, p. 67-77, 2009.

PEREIRA, M. A. R. *Características hidráulicas de tubos de bambu gigante (Dendrocalamus giganteus)*. Tese de Doutorado, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita, Botucatu, 1997. 162 p.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. *Bambu de corpo e alma*. Bauru: Canal6, 2008. 240 p.

ROSA, C. A. M. et al. *Eficiência do tratamento preservativo de três espécies de bambu com CCB*. In: II Congresso Nordestino de Engenharia Florestal. Campina Grande, PB, 2009.

SILVA, R.M.C. *O bambu no Brasil e no mundo*. 2005. 45p.

TEIXEIRA, D. E.; COSTA, A. F. da.; SANTANA, M. A. E. Aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar: resistência natural ao ataque de fungos apodrecedores. *Revista Scientia Forestalis*, n. 52, p. 29-34, dez. 1997.

TEIXEIRA, A.A. *Painéis de bambu para habitações econômicas: avaliação do desempenho de painéis revestidos com argamassa*. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, DF, 2006.177 p.