



RESISTÊNCIA DE *Dendrocalamus asper* (Schult. & Schult.) Backer ex. K. Heynek TRATADO AO ATAQUE DE FUNGOS APODRECEDORES DE MADEIRA

Alexandre Florian da COSTA^{1*}, Anna Cláudia da SILVA¹, Fernando Nunes GOUVEIA²

¹Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

²Laboratório de Produtos Florestais, Serviço Florestal Brasileiro, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

E-mail: lucate@unb.br

Recebido em dezembro/2014; Aceito em abril/2015.

RESUMO: Foi avaliada a eficiência da espécie *Dendrocalamus asper* tratada por imersão simples com tetraborato de sódio decahidratado (Bórax) a 2, 3 e 4,7%, tribromofenato de sódio (TBF) a 2 e 4% e água à 100°C (2 e 4 horas) submetida ao ataque dos fungos *Trametes versicolor* (podridão branca) e *Gloeophyllum trabeum* (podridão parda). O ataque dos fungos foi determinado de acordo com a norma ASTM D-2017 (2005). O tratamento com Bórax foi o mais eficiente, sendo classificado como altamente resistente ao ataque de ambos os fungos e concentrações testadas, não sendo observada diferença significativa entre as concentrações avaliadas. O tratamento com TBF foi classificado como resistente a ambos os fungos, e também não foi observada diferença significativa entre as concentrações avaliadas. O tratamento com água à 100°C foi o menos eficiente em ambos os períodos avaliados, com as amostras submetidas ao fungo de podridão branca classificadas como resistentes e as submetidas ao de podridão parda como pouco resistentes. As amostras não tratadas apresentaram uma perda de massa semelhante às tratadas com TBF, sendo classificadas como resistente a ambos os fungos apodrecedores.

Palavras-chave: Bambu; Tetraborato de sódio decahidratado; Tribromofenato de sódio; Água quente.

RESISTANCE OF Dendrocalamus asper (Schult. & Schut.) Backer ex. K. Heynek TREATED AGAINST WOOD DECAYING FUNGI

ABSTRACT: The efficiency of *Dendrocalamus asper* impregnated by simple immersion with sodium tetraborate decahydrate (Bórax) (2, 3 and 4.7%), sodium tribromophenate (TBF) (2 and 4%) and water 100°C (2 and 4 hours), against *Trametes versicolor* (white rot) and *Gloeophyllum trabeum* (brown rot) fungi was evaluated. The wood decaying fungi was determined according to ASTM D-2017 standard. Treatment with Bórax was the most efficient being classified as highly resistant against both decaying fungi and concentrations evaluated, not being observed significant difference between concentrations evaluated. Treatment with TBF was classified as resistant against both fungi, and also no significant difference was observed between concentrations. Treatment with water at 100°C was the less efficient in both periods evaluated, with samples submitted against white rot fungus classified as resistant, and against brown rot as moderately resistant. The untreated samples showed a weight loss similar to those treated with TBF and are classified as resistant to both decay fungi.

Keywords: Bamboo, Sodium tetraborate decahydrate, Sodium tribromophenate, Hot water.

1. INTRODUÇÃO

O bambu tem ganhado 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 (TEIXEIRA, 2006; BERALDO; AZZINI, 2004). Esse recurso natural renovável tem sido uma boa alternativa por ser versátil, possuir boas características físico-mecânicas, rápida renovação, baixo custo e fácil obtenção. O bambu é um material amplamente explorado em vários países do continente asiático, onde é encarado como um fator de desenvolvimento econômico.

No continente americano a Colômbia, Equador e Costa Rica têm desenvolvido vários projetos utilizando bambu em reflorestamentos e construção de habitações populares com o objetivo de complementar o uso da madeira (NETO et al., 2009). De acordo com Azzini et al., (1997) 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 (HIDALGO, 2003). A limitação do uso do bambu em nível industrial deve-se a baixa durabilidade natural dos colmos, principalmente ao ataque de insetos como o *Dinoderus minutus*. De acordo com Liese (1998), suas células de parênquima possuem elevado teor de amido, material de reserva atrativo ao ataque de organismos xilófagos como fungos e insetos.

A maior parte das espécies de bambu apresenta baixa resistência ao ataque de organismos deterioradores, sendo necessário o uso de técnicas de impregnação dos seus tecidos lenhoso, as quais permitem o aumento da durabilidade dos colmos, tornando-os desta forma, competitivos em relação aos materiais convencionais (ESPELHO; BERALDO, 2008). 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 (LEPAGE, 1986; COSTA, 1999).

Dentre as alternativas existentes para aumentar a vida útil do bambu, assim como da madeira, os tratamentos químicos são os mais utilizados, pois visam tornar indisponíveis as substâncias que constituem a estrutura da parede celular, através da impregnação com produtos químicos tóxicos, reduzindo a susceptibilidade ao ataque de organismos deterioradores. O presente estudo teve por objetivo avaliar a resistência biológica da espécie *Dendrocalamus asper* (Schult. & Schult.) Backer ex. K. Heynek, 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* (Linnaeus ex Fries) Pilát, causador de podridão branca e, *Gloeophyllum trabeum* (Persoon ex Fries) Murrill, causador de podridão parda.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Obtenção e preparo das amostras

O bambu da espécie *Dendrocalamus asper* foi obtido no Centro de Pesquisa e Aplicação de Bambu e Fibras Naturais – CPAB, pertencente a Universidade de Brasília.

A partir de aproximadamente 200 colmos dessa espécie de bambu foram confeccionadas 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 (epiderme).

Esse material tem sido utilizado no CPAB, para confecção de bambu laminado colado (BLC), o qual é muito utilizado na fabricação de vigas, móveis e artesanato, entre outros usos (FERREIRA, 2007; HIDALGO, 2003). A partir dessas réguas foram preparadas amostras nas dimensões nominais de 2,0 cm (comprimento) x 2,0 cm (largura) x 1,0 cm (espessura).

No total foram confeccionadas 160 amostras, das quais 100 foram submetidas aos tratamentos químicos com Bórax e TBF; 40 submetidas aos tratamentos com água quente e 20 utilizadas como amostras testemunha, que não foram submetidas aos tratamentos químicos e com água à 100°C, no entanto, submetidas ao ataque dos fungos.

Para cada tratamento foram utilizadas 10 repetições, sendo 80 amostras submetidas ao ataque do fungo

Trametes versicolor, onde 30 foram tratadas com Bórax, 20 com TBF, 20 com água à 100°C e 10 sem tratamento químico, e outras 80 submetidas ao fungo *Gloeophyllum trabeum* nas mesmas condições.

As amostras foram manualmente lixadas, com lixa de grana 250, e posteriormente climatizadas em estufa com circulação forçada de ar à 50°C, da marca Nova Ética, modelo 400/IND. A massa das amostras climatizadas antes do ataque dos fungos foi obtida, utilizando-se uma balança analítica da marca Shimadzu, modelo AY 220, com precisão de 0,0001g.

2.2. Tratamento químico das amostras

As amostras, com exceção das testemunhas, foram impregnadas utilizando os produtos químicos e suas respectivas concentrações abaixo discriminadas.

Tetraborato de sódio decahidratado (Bórax), solução hidrossolúvel a base de boro, nas concentrações de 2%, 3% e 4,7%. A concentração de 4,7% foi utilizada a partir da ficha técnica do produto indicada pelo fabricante e as demais como forma de comparação com a concentração mais elevada; Tribromofenato de sódio (TBF) nas concentrações de 2 e 4%, conforme indicação do fabricante do produto químico.

Além desses produtos químicos, as amostras foram submetidas a um tratamento utilizando água à 100°C pelo período de 2 e 4 horas.

Os dois primeiros tratamentos caracterizam-se pelo uso de produtos químicos hidrossolúveis os quais reagem com a lignina e formam compostos insolúveis, tóxicos aos organismos xilófagos. Para o Bórax as amostras permaneceram imersas na solução de tratamento durante uma semana e para o TBF o período de imersão foi de 2 minutos, de acordo com a indicação do fabricante.

O tratamento com água quente foi utilizado visando a redução do amido presente nos colmos do bambu, por meio da fermentação anaeróbica, com o objetivo de minimizar ou evitar o ataque dos fungos apodrecedores.

2.3. Ataque acelerado de fungos em laboratório

Os fungos apodrecedores utilizados foram provenientes da coleção de fungos xilófagos da área de Biodegradação e Preservação da Madeira do Laboratório de Produtos Florestais do Serviço Florestal Brasileiro (LPF/SFB), tendo sido selecionados os fungos *Trametes versicolor* causador de podridão branca e *Gloeophyllum trabeum* causador de podridão parda.

As amostras submetidas ao ataque acelerado dos fungos apodrecedores em laboratório, seguiram os critérios estabelecidos pela norma ASTM D 2017 (ASTM, 2005), com algumas adaptações.

Para esse ensaio foram utilizados frascos de vidro com tampa rosqueável e capacidade aproximada de 250ml. Em cada frasco foram adicionados 40 ml de água deionizada e 70 g de solo com pH corrigido. Aqueles destinados ao fungo de podridão parda receberam placas suportes, dispostas sobre o solo, de *Cecropiaspp.* e os destinados ao fungo de podridão branca placas de *Pinus spp.*, ambas nas dimensões de 35 x 29 x 3 mm.

Para a inoculação dos frascos de vidro foram utilizados 1,5 ml de hifas de fungos dissociadas em água deionizada distribuídas sobre a placa suporte, os quais foram posteriormente incubados por 2 a 3 semanas. Após esse

período, as amostras foram colocadas em contato com os fungos. As amostras permaneceram em contato com os fungos por um período de 12 semanas em incubadora a temperatura de 25±2°C e 70±2% de umidade relativa. Após esse período, as amostras foram retiradas dos frascos de vidro e submetidas à limpeza para retirada do micélio dos fungos e posterior determinação da perda de massa climatizada conforme indicado no item 2.1.

Os valores de perda de massa das amostras, provocados pelo ataque dos fungos, foram determinados de acordo com a Equação 1. A partir da perda de massa das amostras, causada pelo ataque dos fungos, foram definidas as classes de resistência de acordo como preconizado pela Norma ASTM D 2017 (2005), dos tratamentos químicos, conforme apresentado na Tabela 1.

$$Pm = \frac{m_i - m_f}{m_i} * 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: Pm= perda de massa, em %; m_i = massa da amostra climatizada antes do ataque do fungo, em g; m_f = massa da amostra climatizada após o ataque do fungo, em g.

Tabela 1. Classe de resistência e respectiva massa residual das amostras submetidas ao ataque de fungos apodrecedores.

Perda de massa	Massa residual	Classe de resistência
0 a 10%	90 a 100%	Altamente resistente
11 a 24%	76 a 89%	Resistente
25 a 44%	56 a 75%	Pouco resistente
Maior que 45%	Menor que 55%	Não resistente

2.4. Análise estatística

Os resultados da perda de massa das amostras de bambu foram analisados utilizando o pacote estatístico SPSS 13.0 (Statistical Package for Social Sciences). Para a comparação múltipla das médias foi utilizado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Perda de Massa das Amostras

Os resultados da perda de massa e respectiva classe de resistência de *Dendrocalamus asper*, submetidos ao ataque dos fungos *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*, são apresentados na Tabela 2. Foi observado um desenvolvimento mais rápido do fungo *T. versicolor* quando comparado ao *G. trabeum* durante o período de incubação dos mesmos. O crescimento do fungo *G. trabeum* apresenta períodos de repouso, demonstrando um desenvolvimento mais lento em comparação com o fungo *T. versicolor* (COSTA, 2009; ALVES et al., 2006). Um resultado esperado seria uma diminuição na perda de

massa das amostras em função do aumento da concentração dos produtos químicos (Bórx e TBF) ou tempo de tratamento (água à 100°C). No entanto, a análise estatística mostrou que a variação da concentração e tempo de imersão adotados não foi suficiente para reduzir significativamente a perda de massa do bambu exposto a ambos os fungos apodrecedores (Figura 1).

O tratamento químico que mostrou melhor resultado na proteção do bambu *D. asper* foi observado com o Bórx, para ambos os fungos apodrecedores. Não foi observada diferença significativa na perda de massa entre as três concentrações testadas. No entanto, a menor perda de massa ocorreu nas amostras tratadas com Bórx à 3% (4,35% e 5,11%), enquanto a maior foi observada nas amostras tratadas a 2% (6,05% e 6,65%) de concentração para ambos os fungos apodrecedores.

Os resultados sugerem o uso do Bórx para a proteção da espécie *D. asper* por esse ter apresentado o melhor desempenho dentre os tratamentos testados. É possível ainda a utilização da menor concentração (2%) desse produto químico, tendo em vista que a mesma se mostrou altamente resistente (ASTM, 2005) ao ataque de ambos os fungos apodrecedores, não havendo diferença estatística quando comparada com os valores de perda de massa das maiores concentrações testadas. Espelho; Beraldo (2008), trabalhando com uma solução de ácido bórico e bórx para tratar taliscas de *D. asper*, comentam que esta solução apresentou maior facilidade em penetrar nos elementos anatômicos do bambu quando comparado a outros produtos químicos como o CCA e CCB.

É importante ressaltar, no entanto, que de acordo com alguns estudos, o tratamento com Bórx apresenta como desvantagem o uso do material tratado restrito às áreas cobertas, sem exposição às intempéries. De acordo com Galvão et al. (2004) os compostos a base de boro são solúveis em água e facilmente lixiviáveis, sendo portanto, indicados para a o tratamento de bambus que serão utilizados fora do contato com o solo e água e de preferência em locais cobertos. O tratamento químico com TBF, apesar de apresentar um desempenho inferior ao Bórx, mostrou ser uma alternativa viável para a proteção do *D. asper* frente ao ataque de ambos os fungos apodrecedores testados. A perda de massa das amostras tratadas com TBF (2% e 4%) submetidas ao ataque do fungo de podridão parda, foi maior (17,33% e 16,15%) quando comparada àquelas submetidas ao fungo de podridão branca (13,21% e 13,41%), as quais mostraram-se resistentes ao ataque dos dois fungos apodrecedores testados (ASTM, 2005).

Tabela 2. Valores médios de perda de massa e classe de resistência das amostras de *Dendrocalamus asper* após o ataque dos fungos *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*.

Tratamento	Concentração (%)	<i>T. versicolor</i>	Classe de Resistência	<i>G. trabeum</i>	Classe de Resistência
Bórx	2,0	6,65a	Altamente resistente	6,05a	Altamente resistente
	3,0	5,11a	Altamente resistente	4,35a	Altamente resistente
	4,7	5,71a	Altamente resistente	5,02a	Altamente resistente
TBF	2,0	13,21b	Resistente	17,33b	Resistente
	4,0	13,41b	Resistente	16,15b	Resistente
Água à 100°C*	2,0	24,31c	Resistente	26,57c	Pouco resistente
	4,0	21,64c	Resistente	27,27c	Pouco resistente
Testemunha	-	18,34bc	Resistente	17,97b	Resistente

* O tratamento com água à 100°C foi avaliado por período (hora). A perda de massa das amostras foi avaliada pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente.

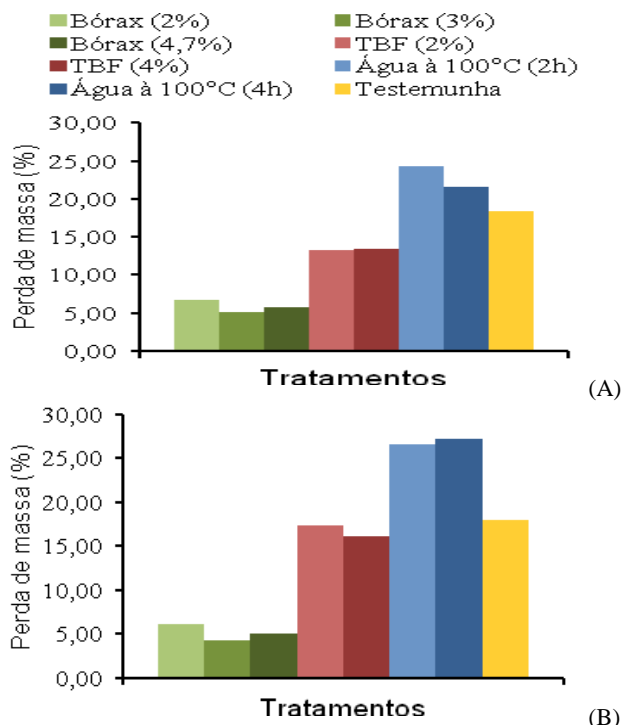


Figura 1. Desempenho das amostras de *Dendrocalamus asper* tratadas com bórax (2%, 3% e 4,7%), TBF (2% e 4%), água à 100°C (2 e 4 horas) e testemunha, submetidas ao ataque dos fungos *Trametes versicolor* (A) e *Gloeophyllum trabeum* (B).

Apesar das amostras tratadas com TBF e as não tratadas terem sido classificadas como resistentes ao ataque de ambos os fungos apodrecedores, as tratadas com TBF apresentaram uma perda de massa inferior às utilizadas como testemunhas (18,34% e 17,97%). Além das amostras de bambu tratadas com esse produto terem apresentado uma massa residual superior a 80%, não há restrição de uso interior ou exterior do material tratado com o TBF, como ocorre com o Bórax. Nesse sentido, é possível a recomendação do uso do TBF para o tratamento de

Dendrocalamus asper em situações debaixo risco de exposição aos fungos apodrecedores estudados.

O tratamento com água à 100°C foi o menos eficiente dos tratamentos testados para proteção das amostras de *Dendrocalamus asper*. Independente do tempo de imersão, as amostras submetidas ao fungo *Trametes versicolor*, foram classificadas como resistentes (24,31% e 21,64%), enquanto as submetidas ao fungo *Gloeophyllum trabeum* apresentaram uma maior perda de massa (26,57% e 27,27%) e foram classificadas como pouco resistentes.

Como a perda de massa das amostras foi próxima dos 30%, devido a baixa proteção proporcionada, esse tratamento não é recomendado para a proteção da espécie *Dendrocalamus asper*. Beraldo; Azzini (2004), comentam que a imersão do bambu em água parada é mais eficiente do que o tratamento em água corrente, uma vez que a deterioração enzimática do amido é mais intensa na água parada do que sua extração realizada pela água corrente. No presente trabalho, a temperatura e o tempo utilizados para o aquecimento da água, além de terem proporcionado a sua movimentação, podem não ter sido suficientes e terem prejudicado a extração do amido, favorecendo com isso o ataque dos fungos apodrecedores. A simples imersão em água à temperatura de 100°C não promoveu o efeito esperado, ao contrário, pode ter facilitado o acesso das hifas dos fungos às substâncias de reserva presentes nas amostras de bambu. Após o período de ataque dos fungos apodrecedores foram observadas alterações visuais na cor das amostras de *Dendrocalamus asper* (Figura 3). As amostras submetidas ao fungo *Trametes versicolor*, não apresentaram alterações significativas na cor, com as amostras mantendo uma coloração muito próxima a cor original (Figura 3A). Já para o fungo *Gloeophyllum trabeum*, as amostras tratadas apresentaram alteração mais significativa na sua cor, com TBF, água à 100°C e não tratadas (T) apresentando a superfície escurecida (cor marrom), e as tratadas com Bórax uma alteração menos intensa em relação a sua cor original (bege) (Figura 3B).

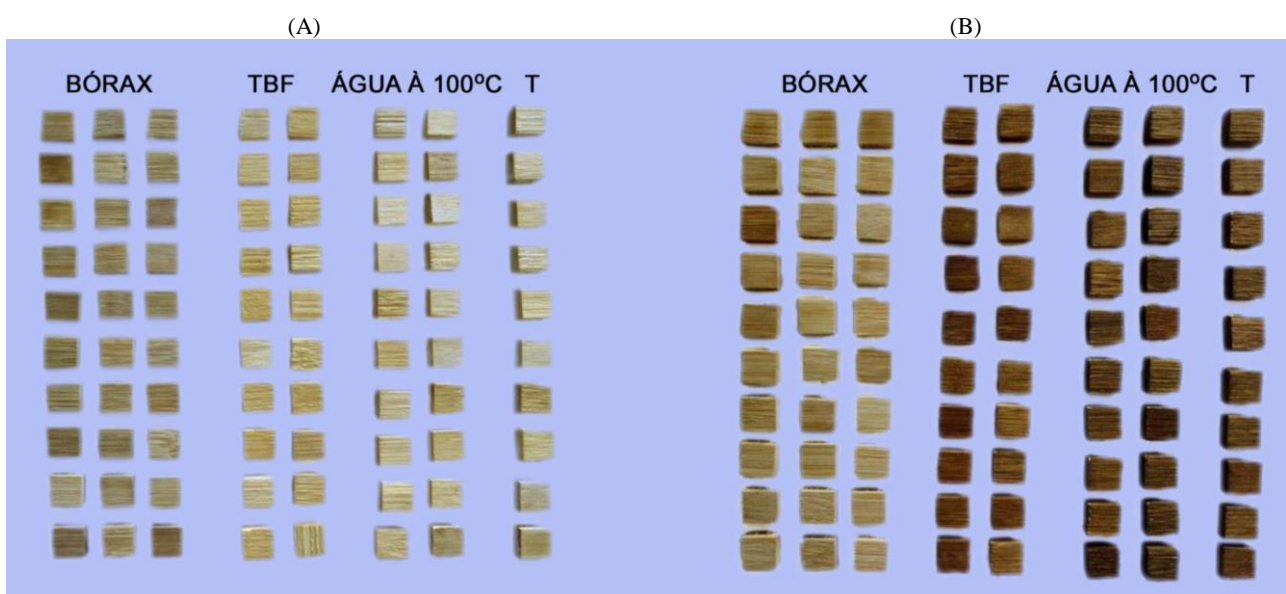


Figura 3. Amostras de *Dendrocalamus asper* tratadas (Bórax, TBF e água à 100°C), não tratadas (T) e controle, após 12 semanas de ataque dos fungos *Trametes versicolor* (A) e *Gloeophyllum trabeum* (B).

Observando-se em particular, as amostras não tratadas (T) pode-se perceber a característica de ataque dos dois fungos apodrecedores estudados. As amostras atacadas pelo fungo *Trametes versicolor* (Figura 3A) apresentaram uma coloração mais esbranquiçada (podridão branca) e as atacadas pelo *Gloeophyllum trabeum* (Figura 3B) uma coloração mais escurecida ou pardacenta (podridão parda). Observação semelhante foi feita por Costa (2009) trabalhando com os mesmos fungos e utilizando madeira de marupá (*Simarouba amara*) com coloração muito próxima ao bambu utilizado no presente estudo.

4. CONCLUSÕES

A solução de tetraborato de sódio decahidratado (Bórax), independente da concentração estudada, apresentou a melhor proteção das amostras de *Dendrocalamus asper* sendo considerada como altamente resistente contra o ataque dos fungos *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*. As amostras de *Dendrocalamus asper* 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) não se mostrou eficiente na proteção das amostras de *Dendrocalamus asper* contra o ataque dos fungos *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*, apresentando resultados inferiores às amostras testemunhas.

Para estudos futuros recomenda-se a análise química para identificar e quantificar os extrativos presentes nas amostras, antes e após ataque dos fungos apodrecedores.

5. 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, jan./mar. 2006.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM D 2017**: Standard method for accelerated laboratory test of natural decay resistance for woods. Philadelphia: ASTM, 2005. 5 p.

AZZINI, A. et al. Número de feixes vasculares em três espécies de bambu. **Bragantia**, Campinas, v. 36, n. 1, p. 7-10, jan./mar. 1997.

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

COSTA, A. F. da. **Utilização de interações entre produtos químicos preservantes no desenvolvimento de formulações para a prevenção de fungos manchadores e emboloradores na madeira**. 195 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

COSTA, M. A. **Avaliação de metodologias alternativas para a caracterização dos fungos apodrecedores de madeiras**. 2009. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

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, jun. 2008.

FERREIRA, G. C. S. **Vigas de concreto armadas com taliscas de bambu *Dendrocalamus giganteus***. 2007. 195 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

GALVÃO, A. P. M. et al. Processos práticos para preservar a madeira. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 49 p.

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

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

LIESE, W. **The anatomy of bamboo culms**. China: INBAR, 1998. 208p.

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

TEIXEIRA, A. A. **Painéis de bambu para habitações econômicas: avaliação do desempenho de painéis revestidos com argamassa**. 2006. 177 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.