



## Avaliação físico-mecânica de colmos de bambu tratados

**Jean C. C. Espelho<sup>1</sup> & Antonio L. Beraldo<sup>1</sup>**

### RESUMO

O bambu é um material renovável e de baixo custo, encontrado em abundância em regiões tropicais e subtropicais; no entanto, a maior parte das espécies de bambu é altamente suscetível ao ataque de fungos e insetos. Basicamente, pode-se aumentar a durabilidade dos colmos de bambu; de duas maneiras: por procedimentos culturais (naturais) e pelo tratamento dos colmos com produtos químicos. Neste trabalho, testou-se a eficiência da aplicação do Método de Boucherie Modificado, comparando-se o aumento na durabilidade das amostras tratadas (taliscas de bambu) com amostras não tratadas ou testemunhas. Para tal, avaliaram-se os efeitos de algumas variáveis, tais como: posição da amostra no colmo, tipos de preservativo e sua concentração, duração do tratamento e tempo de exposição das taliscas em dois ambientes (protegido e exposto) e se realizaram ensaios não destrutivos – END (visual, pesagem das amostras e de ultra-som) e destrutivo (flexão estática). Verificou-se a ineficiência do uso de soluções com baixa concentração, principalmente quando elas foram combinadas com tratamentos de curta duração. Os ensaios de ultra-som e de flexão estática foram suficientemente sensíveis para detectar a melhor combinação do efeito dos parâmetros avaliados.

**Palavras-chave:** material não convencional, ultra-som, END, tratamento químico

## Physico-mechanical evaluation of treated bamboo culms

### ABSTRACT

Bamboo is a renewable raw material and is available in tropical and subtropical regions, where it is considered as an inexpensive material. Nevertheless, most bamboo species are highly susceptible to insect and fungi attacks. Basically, bamboo culm protection can be obtained by means of two types of treatment: natural protection and chemical protection. In this study the performance of a Boucherie Modified Method was evaluated, comparing treated bamboo samples (bamboo splits) with untreated samples (control). The effects of the sample position in the culm, chemical solution type and its concentration, treatment duration and the exposition period in two environments (protected and unprotected) were evaluated. Non destructive evaluation – NDE (visual, weight control and ultrasound) and flexure test were applied to the specimens over time. Results obtained showed that dilute solutions, mainly when combined with smaller treatment times, were not effective at protecting bamboo against decay. Results obtained by ultrasound and flexure tests were sensitive enough to detect the best combination of the effect of the evaluated parameters.

**Key words:** non conventional material, ultrasonic, NDE, chemical treatment

<sup>1</sup> FEAGRI/UNICAMP, CP 6011, Cidade Universitária Zeferino Vaz s/n. CEP 13083-875, Campinas, SP. Fone: (19) 3521-2900. E-mail: [jeanc@smartnet.com.br](mailto:jeanc@smartnet.com.br); (19) 3521-1085, [beraldo@agr.unicamp.br](mailto:beraldo@agr.unicamp.br)

## INTRODUÇÃO

A maior parte das espécies de bambu apresenta baixa resistência ao ataque de organismos xilófagos (fungos e insetos). Deste modo, deve-se buscar técnicas que sejam aplicáveis em escala industrial e permitam aumentar a durabilidade dos colmos, de modo a torná-los competitivos em relação aos materiais convencionais.

Colmos de bambu imaturos dificilmente sofrem o ataque do caruncho (*Dinoderus minutus*), pois ainda não apresentam amido em suas células parenquimatosas, porém em colmos maduros; com idade superior a três anos ocorre, em algumas espécies, um espessamento das paredes das células e então a deposição de amido se mostra mais acentuada (Liese, 1985, 2004), o que pode ser um dos motivos que os tornam mais vulneráveis ao ataque do caruncho.

Segundo Liese (1981) apud Pereira (1992), a parte basal do colmo apresenta maior durabilidade que as partes do meio e do topo; sua interna é atacada com maior facilidade que a parte externa, devido à estrutura anatômica peculiar (maior concentração de células parenquimatosas – local de depósito do amido).

De acordo com a literatura, a durabilidade natural do bambu é muito variada (Tamolang et al., 1980; Liese, 1985; Targa & Ballarin, 1990), podendo-se atribuir essa discrepância entre os resultados apresentados, à matéria-prima avaliada e ao tipo de preservativo utilizado, dentre outros fatores.

Conforme Beraldo & Azzini (2004), a durabilidade dos colmos de bambu pode ser aumentada por procedimentos tradicionais (maturação, imersão em água, defumação) e por tratamentos realizados com produtos químicos (transpiração das folhas, pincelamento, aspersão ou pulverização, banho quente-frio, autoclave, imersão, substituição da seiva). O tratamento por gravidade, também chamado Método de Boucherie, se aplica a colmos recém-cortados e consiste na substituição da seiva por substâncias preservativas. Mediante o uso de pressão – Método de Boucherie Modificado, melhora-se a eficiência do tratamento na dependência de uma série de fatores, tais como: espécie considerada, época de corte, idade, comprimento e teor de umidade do colmo, do tipo e da concentração da solução preservativa, da pressão utilizada (Kumar & Dobriyal, 1993).

Um dos inconvenientes apresentados pelo emprego de soluções preservativas se refere aos riscos inerentes ao meio ambiente. Atualmente são utilizados dois tipos de substâncias preservativas voltadas para o tratamento químico de colmos de bambu, em que na primeira, embora a solução possa ser produzida artesanalmente, também se encontra disponível comercialmente, atendendo pela denominação “borato de cobre cromatado” – CCB, enquanto a segunda solução empregada visa minimizar a degradação ambiental, pois não contém metais pesados em sua composição, sendo uma combinação do ácido bórico com o bórax (um sal à base de boro); no entanto, o bambu tratado com produtos à base de boro apresenta o inconveniente de não poder ser colocado em ambientes não protegidos devido ao risco de ocorrer lixiviação do material de tratamento (Liese, 2004); este inconveniente, no entanto, também se aplica ao tratamento

realizado com CCB, conforme relatado pelo fabricante ([www.montana.com.br](http://www.montana.com.br)).

Para se avaliar o desempenho de um tratamento ou de determinada solução química, pode-se utilizar ensaios mecânicos comparativos aplicados aos corpos-de-prova tratados e aos testemunhos, porém a execução desses ensaios implica em alguns inconvenientes, ligados principalmente à questão metodológica, para a sua aplicação. A possibilidade de se utilizarem ensaios não destrutivos (END) na avaliação das características de um material, mostra-se uma alternativa aos ensaios destrutivos clássicos; isto permite, em curto intervalo de tempo, estimar o efeito, por exemplo, da degradação biológica sofrida por um material exposto às intempéries, traduzido pela diminuição em certas propriedades do material, dentre elas o módulo de elasticidade.

Constitui objetivo deste trabalho avaliar o desempenho físico-mecânico ao longo do tempo, de taliscas de bambu obtidas de colmos aos quais se aplicou o tratamento Boucherie Modificado.

## MATERIAL E MÉTODOS

Efetou-se o tratamento dos colmos de bambu pelo método de Boucherie Modificado de acordo com as especificações de Beraldo et al. (2003). Os colmos de bambu foram coletados na Fazenda Santa Elisa, pertencente ao Instituto Agrônomo de Campinas, no período de 12 a 14 de maio de 2004. Foram cortados colmos de bambu *Dendrocalamus giganteus* Munro (bambu gigante), uma das espécies de maior utilização no setor de construção, além de ser uma de mais susceptíveis ao ataque do caruncho (*Dinoderus minutus*), devido à alta concentração de amido nas células parenquimatosas. Escolheram-se colmos maduros, com idade presumivelmente superior a 5 anos; a idade dos colmos é um dos principais fatores que interferem na eficiência de sua impregnação.

De acordo com Liese (1981) apud Pereira (1992), a durabilidade natural da região do topo se assemelha mais com a região mediana que com a região basal, motivo por que dos colmos inteiros (com cerca de 20 m de comprimento) se selecionou apenas a porção mediana dividindo-a, posteriormente, em três partes, com aproximadamente 4 m cada uma, compreendendo as regiões denominadas basal, mediana e apical (topo).

Corpos-de-prova na forma de taliscas (2 cm de largura) foram confeccionados, para facilitar o ataque por organismos xilófagos, uma vez que a utilização de colmos inteiros implicaria em tempo considerável para a ocorrência da sua deterioração.

Para se avaliar a ação dos agentes xilófagos e do tempo de exposição, utilizou-se um processo semelhante àquele realizado para testar a madeira em campo de apodrecimento (as taliscas de bambu ficaram parcialmente enterradas até 50% de sua altura). Além desse tipo de exposição se colocou a mesma quantidade de taliscas em local abrigado, buscando-se evitar o contato das mesmas com a umidade do solo favorecendo, porém, o ataque de carunchos. As taliscas apresentavam comprimento variável devido aos diferentes

comprimentos dos internódios apresentados por cada colmo. Se fosse padronizado o comprimento das taliscas, os nós apareceriam em posições diferentes ao longo do comprimento, o que interferiria nos resultados dos ensaios, sobretudo de flexão estática; portanto, foram extraídas taliscas com o comprimento igual ao de cada internódio, eliminando-se 3 cm de cada extremo evitando-se, assim, a presença de nós nas taliscas.

### Procedimento experimental

**Tipo de exposição:** As taliscas foram colocadas em dois tipos de ambiente: protegido e exposto; na primeira situação, as taliscas foram postas em uma espécie de estaleiro, sem contato com o solo e, na segunda situação, foram colocadas não protegidas, aprofundando-se metade de sua altura no solo, cujas situações corresponderam às classes de risco (CR) 1 e 5, respectivamente (Brazolin et al., 2004).

**Tipo de produto:** Utilizaram-se: um produto comercial (CCB – borato de cobre cromatado, fornecido pela empresa Montana Química) e uma solução elaborada em laboratório (ABB – 50% de ácido bórico e 50% de bórax);

**Concentração das soluções preservativas:** Foram testadas as concentrações de 2, 5 e 8% das soluções preservativas. Pereira (1992) recomendou concentrações superiores a 5% para CCA (cromo, cobre e arsênico) ou CCB; Liese (1981) apud Targa (1997) e Hidalgo-López (2003) aconselharam concentração de 5% de CCA; Slob et al. (1985) concluíram que a solução de CCA com 10% de concentração conduz a um rápido bloqueio dos vasos. Vianez (1993) apud Willerding & Vianez (2003) relatou que em soluções à base de sais de boro com concentração superior a 5%, ocorre a precipitação do soluto.

**Duração do tratamento:** Foram adotados os tempos de tratamento de 40 e 90 min. Pereira (1992) realizou ensaios pelo método de Boucherie com pressão 0,5 atm, testando três tempos de tratamento (4, 6 e 18 h) não constatando, no entanto, diferença significativa entre eles quanto a retenção dos elementos químicos. Outros autores relataram durações de tratamentos da ordem de 20 min (Gonzalez & Gutierrez, 1995) a 1 h (Hidalgo-López, 2003); segundo o último autor, a duração do tratamento depende da espécie de bambu, do comprimento do colmo, da pressão aplicada, do teor de umidade do colmo e do tipo de preservativo utilizado.

**Tempo de exposição:** As taliscas permaneceram expostas nos dois ambientes por até 13 meses retirando-se, depois de decorridos determinados intervalos de tempo, os corpos-de-prova a serem ensaiados.

Após se efetuar a comparação estatística, selecionando-se os tratamentos que se mostraram mais adequados, estes também foram comparados com tratamentos alternativos, constituídos de:

**Maturação na touceira:** O colmo, após o corte, foi deixado na touceira para que ocorresse sua maturação (avinagrado ou fermentação), conforme se adota na Colômbia e no Equador, para bambus do gênero *Guadua*;

**Substituição da seiva por água:** Aplicou-se, ao colmo, o mesmo tratamento sob pressão, porém sem se utilizar produtos químicos e, sim, a água;

**Secagem durante três dias:** Primeiro se deixou o colmo secar durante três dias, após o que se efetuou o tratamento sob pressão. De acordo com Gonzalez & Gutierrez (1995), colmos secados ao ar durante 1 a 2 dias, apresentam permeabilidade 4 vezes inferior aos recém-cortados.

Para a análise de eficiência do tratamento, realizaram-se vistorias após cada tempo de exposição, antes da retirada das taliscas dos ambientes de exposição; em seguida, elas foram destinadas aos ensaios laboratoriais (não destrutivo, por ultrassom e destrutivo, por flexão estática); inicialmente, antes de serem submetidas aos dois tipos de exposição se aplicou, às taliscas secadas ao ar, o END, para a determinação da velocidade do pulso ultra-sônico (VPU) na direção longitudinal (paralela às fibras do bambu). Considerou-se que o tratamento em si não modificava as características físicas e mecânicas das taliscas (Hidalgo-López, 2003), conforme também relatado por Brazolin et al. (2004) para produtos preservativos utilizados para madeiras. A VPU foi calculada por meio da medição do tempo de propagação, conhecendo-se o comprimento das peças. Obteve-se o tempo de propagação (em  $\mu$ s) com o auxílio do equipamento de ultra-som Steinkamp BP-7, dispondo de transdutores de seção exponencial de 45 kHz de frequência de ressonância. Para a obtenção da VPU os sensores eletroacústicos foram posicionados na porção mediana, em relação à espessura (altura) e à largura de cada talisca (Figura 1).



Figura 1. Ensaio das taliscas por ultra-som

De posse da VPU se calculou para a direção longitudinal, o módulo de elasticidade dinâmico (EDF), ou constante elástica do material, obtido de acordo com a Eq. 1.

$$EDF = 10^9 \rho v^2 \quad (1)$$

em que

EDF – módulo de elasticidade dinâmico ou constante elástica, GPa

$\rho$  – densidade aparente da amostra,  $\text{kg m}^{-3}$

$v$  – velocidade de propagação longitudinal,  $\text{m s}^{-1}$

**Inspeção visual:** Avaliaram-se, mensalmente, as taliscas, tanto protegidas como expostas; para as protegidas, este

ensaio serviu para verificar a ocorrência de possíveis ataques de carunchos, ataque este quantificado pelo número de perfurações existentes nas taliscas enquanto para as taliscas enterradas, neste ensaio se buscava visualizar a presença de ataque de fungos e de cupins. Ressalta-se que se trata de uma forma bastante subjetiva de avaliar o desempenho das taliscas, visto que um pequeno número de perfurações pode estar ao mesmo tempo associado à presença de importantes galerias, que danificam acentuadamente a talisca.

**a) Protegidas:** Adotou-se uma escala de notas atribuídas à quantidade de perfurações devidas aos carunchos. 0 furos: 10; 1 a 5 furos: 9; 6 a 10 furos: 7; 11 a 15 furos: 4; mais que 15 furos: 0.

**b) Expostas:** Adotou-se uma escala de notas atribuídas à intensidade de ataque de fungos (de difícil detecção) e cupins. sadias: 10; levemente atacadas: 9; moderadamente atacadas: 7; intensamente atacadas: 4; destruídas 0.

### Ensaio de flexão estática

Foi necessário efetuar-se uma adaptação na máquina de ensaio do Laboratório de Protótipos da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, cujo vão livre adotado foi de 167 mm, pois este era o valor máximo que podia ser utilizado (Figura 2).

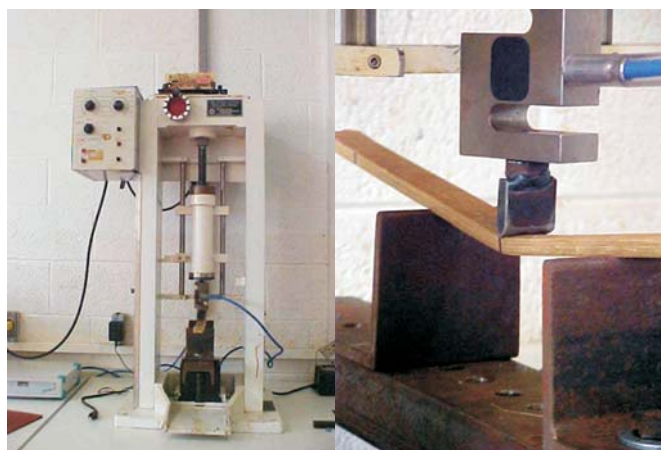


Figura 2. Equipamento utilizado para o ensaio de flexão estática

Os corpos-de-prova foram ensaiados com a casca voltada para a parte superior, em contato com o cutelo de aplicação da carga para que a zona mais rica em amido (e teoricamente aquela que seria mais facilmente atacável) fosse submetida à tração. A velocidade de deslocamento do cabeçote foi constante ( $10 \text{ mm min}^{-1}$ ). O módulo de elasticidade (MOE) foi obtido por meio da Eq. 2, enquanto no ensaio se obtinha um diagrama de carga (P, em N) versus deformação (f, em mm). Por meio de uma planilha Excel se efetuava uma regressão simples para obter a inclinação do trecho de linearidade ( $\Delta P/\Delta f$ ).

$$\text{MOE} = [(P \cdot l^3) / (4 \cdot f \cdot b \cdot h^3)] \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

em que:

MOE – módulo de elasticidade, GPa  
P – carregamento, N

f – flecha, mm

b – base, mm

h – espessura, mm

l – vão livre, 167 mm

### Análise estatística

O delineamento experimental utilizado para a realização da análise estatística foi o Delineamento Inteiramente ao Acaso (DIA). A análise de variância (ANOVA) e a comparação das médias pelo teste de Tukey HSD (a 95% de probabilidade estatística) foram efetuadas por meio do software Statgraphics 4.1

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Avaliação visual

As taliscas protegidas e que foram mais atacadas, pertenciam aos grupos testemunha e aos grupos nos quais apenas se substituiu a seiva por água. Neste último grupo não se verificou o que relatara Lipangille (1985), quando afirmou que a substituição da seiva por água era suficiente para proteger o bambu do ataque de organismos xilófagos. Conforme se previa, as taliscas expostas às intempéries sofreram um grau de degradação muito mais intenso, principalmente devido ao ataque de cupim. Além dos dois grupos que já haviam sido degradados na condição protegida (testemunhos e substituição de seiva por água), também se mostraram inadequados, quando expostos às intempéries, os tratamentos de maturação (fermentação) na touceira e os tratamentos químicos nos quais se utilizaram baixas concentrações de produtos químicos (2%), combinados com uma duração menor de tratamento (40 min).

### Ensaio de flexão estática e por ultra-som

As Tabelas 1 e 2 apresentam a análise de variância para o módulo de elasticidade dinâmico (EDF) das taliscas e de seu módulo de elasticidade (MOE) em flexão estática,

Tabela 1. ANOVA dos resultados do módulo de elasticidade dinâmico EDF (ultra-som)

Fonte	Soma dos quadrados	GL	Quadrado médio	F	p-valor
A: Exposição	912,13	1	912,13	120,63	0,00
B: Produto	819,41	1	819,41	108,37	0,00
C: Concentração	2896,70	2	1448,35	191,54	0,00
D: Duração	180,94	1	180,94	23,93	0,00
E: Tempo	592,75	6	98,79	13,07	0,00
		Interações			
AB	211,66	1	211,66	27,99	0,00
AC	78,97	2	39,49	5,22	0,01
AD	6,76	1	6,76	0,89	0,34
AE	746,25	6	124,38	16,45	0,00
BC	966,82	2	483,41	63,93	0,00
BD	61,61	1	61,61	8,15	0,05
BE	312,83	6	52,14	6,90	0,00
CD	73,53	2	36,77	4,86	0,01
CE	191,92	12	15,99	2,12	0,01
DE	28,71	6	4,78	0,63	0,70
Resíduo	3266,58	432	7,56		



**Tabela 2.** ANOVA dos resultados do módulo de elasticidade (MOE) em flexão estática

Fonte	Soma dos quadrados	GL	Quadrado médio	F	p-valor
A: Exposição	230,31	1	230,31	43,27	0,00
B: Produto	764,50	1	764,50	143,62	0,00
C: Concentração	1064,27	2	532,14	99,97	0,00
D: Duração	0,04	1	0,04	0,01	0,93
E: Tempo	376,81	6	62,80	11,80	0,00
Interações					
AB	67,98	1	67,98	12,77	0,00
AC	68,00	2	34,00	6,39	0,00
AD	4,26	1	4,26	0,80	0,37
AE	351,85	6	58,64	11,02	0,00
BC	34,10	2	17,05	3,20	0,04
BD	215,71	1	215,71	40,52	0,00
BE	130,79	6	21,80	4,10	0,00
CD	108,85	2	54,42	10,22	0,00
CE	110,95	12	9,25	1,74	0,06
DE	42,28	6	7,05	1,32	0,25
Resíduo	2278,26	428	5,32		

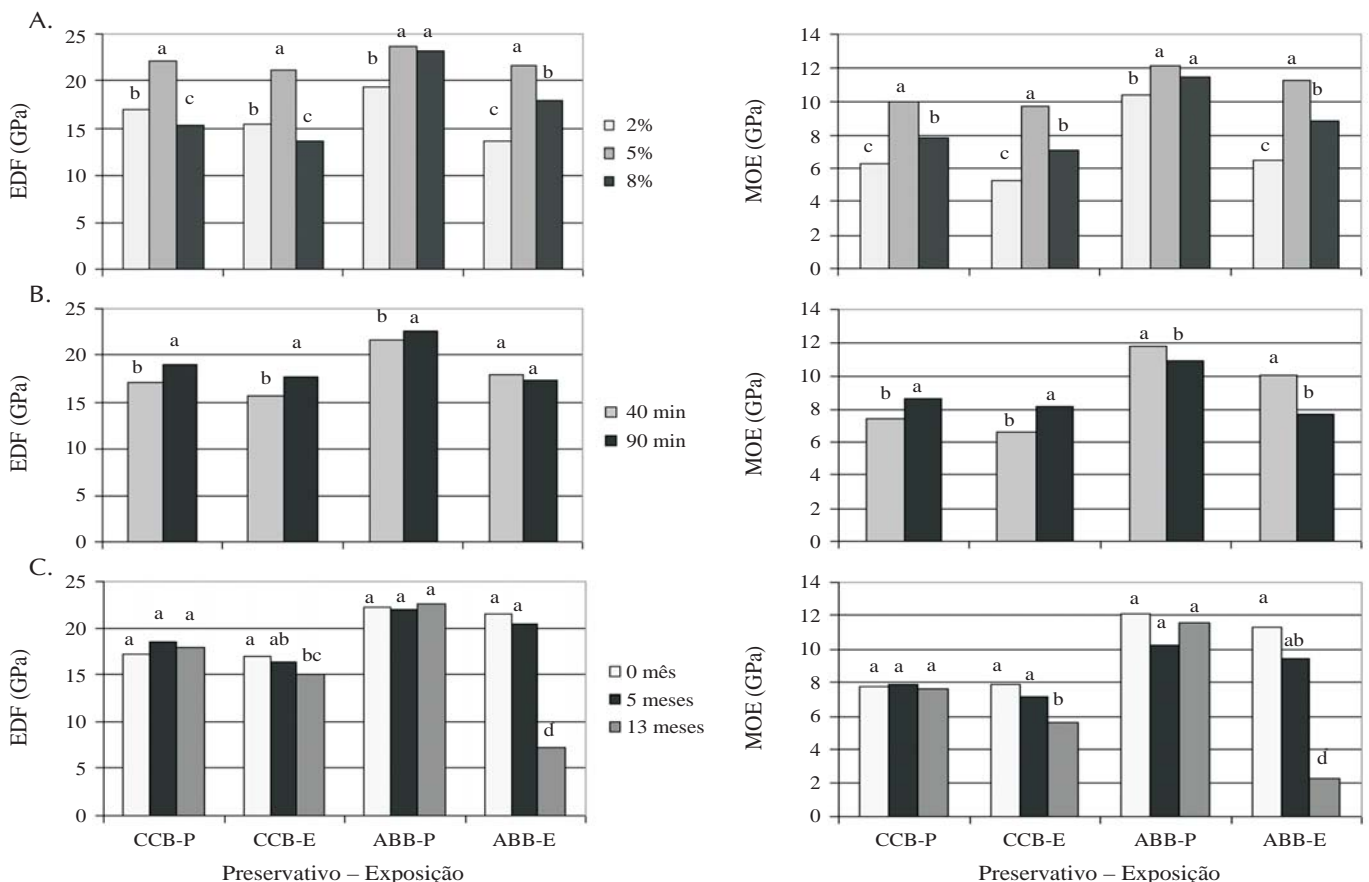
respectivamente. Os resultados obtidos indicam a influência dos diversos parâmetros na magnitude dos valores de EDF e do MOE. Pode-se observar que apenas para o MOE a duração do tratamento não se mostrou significativa.

Observou-se que o valor do módulo dinâmico (EDF) sem-

pre se mostrou superior ao valor do módulo elástico (MOE), fato este também constatado em estudos realizados com outros materiais, como a madeira, por exemplo. No caso das taliscas expostas, mesmo nas situações em que se observava, visualmente, a sua degradação, causada pelo ataque intenso de cupins, ainda assim a onda ultra-sônica conseguia propagar-se pois o ataque se concentrava mais intensamente nas camadas internas das taliscas (ricas em amido); porém, no ensaio de flexão estática era nítida essa falha obtendo-se, em consequência, baixos valores do MOE; deste modo, não se tornou evidente uma correlação entre os resultados obtidos pelos dois métodos, motivo pelo qual as análises serão apresentadas dentro de cada categoria de propriedade analisada (EDF ou MOE).

Quanto ao tipo de exposição para as diferentes combinações entre os fatores, notou-se a superioridade das taliscas protegidas (P) confirmando, provavelmente, que havia ocorrido lixiviação dos sais em presença da umidade do solo, conforme relatara Liese (2004). Autores citados por Sales et al. (2003) relataram a lixiviação de CCA (cromo, cobre e arsênico) utilizado no tratamento de postes. Brazolin et al. (2004), por sua vez, não recomendaram o uso do CCB para situações em que a madeira ficasse em contato com a água doce; esta mesma observação fora feita, para o caso do bambu, por Hidalgo-López (2003).

Observa-se, na Figura 3A, para os tratamentos com CCB, que a concentração de 5% foi a mais adequada ao passo que,



\* Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente ao nível de 95% de probabilidade pelo teste de Tukey HSD. EDF – módulo de elasticidade dinâmico, MOE – módulo de elasticidade em flexão estática, CCB (solução de cromo, cobre e boro), ABB (solução de ácido bórico e bórax), Exposição: P-Protegido, E-Exposto

**Figura 3.** Efeito da concentração das soluções de CCB e ABB e do tipo de exposição\*(A); Efeito da duração do tratamento e do tipo de exposição\* (B) e Efeito do tempo de exposição e do tipo de exposição\*(C)

para os tratamentos com ABB, na condição protegida não houve diferença estatística entre as concentrações de 5 e de 8%. Provavelmente tal fato possa ser explicado pela maior facilidade (mobilidade) do ABB em penetrar nos elementos anatômicos do bambu (Gonzalez & Gutierrez, 1995). Maiores concentrações de CCA e, quiçá, de CCB, tendem a não apresentar grande mobilidade em virtude da obstrução dos elementos anatômicos (Slob et al., 1985).

Notou-se ligeira predominância do tratamento com duração de 90 min quando comparado com o tratamento de 40 min indicando, provavelmente, a necessidade de se efetuar tratamentos com maior duração a fim de confirmar essa tendência (Figura 3B).

O efeito do tempo de exposição mostrou-se dependente do tipo de exposição ao qual as taliscas foram submetidas. Em ambiente protegido não houve diferença estatística para os valores de módulo de elasticidade dinâmico (EDF) nem do módulo de elasticidade estático (MOE), mas se nota claramente, para taliscas expostas às intempéries, redução nas suas propriedades, em especial quando se utilizaram soluções de ABB (Figura 3C).

É oportuno esclarecer que os resultados devem ser vistos com certa cautela, pois se assumiu que, inicialmente, todas as taliscas eram idênticas em suas características; teceu-se a hipótese de que aquelas que perdessem mais rapidamente parte de suas características denotariam as condições menos adequadas para se propor determinado tratamento dos colmos do bambu; para eliminar este efeito, realizou-se uma normalização nos valores do EDF e do MOE para cada colmo (considerou-se a redução nos valores das características em relação à medida inicial de cada propriedade). Se algumas taliscas já dispunham de valores superiores aos demais, pressupõe-se que estas apresentassem vantagem quando da análise comparativa; portanto, não seriam importantes os valores absolutos dos módulos e, sim, sua variação para cada tratamento, ao longo do período de exposição, para verificar a possível perda de resistência mecânica em função da suposta deterioração das taliscas. A partir desta análise se observou que o melhor tratamento dentre todos, foi aquele efetuado com o produto CCB, na concentração 5%. A duração de tratamento de 40 e 90 min, aparentemente não apresentou diferenças significativas.

#### Comparação entre os tratamentos naturais e químicos

A Tabela 3 apresenta a comparação entre os seguintes tratamentos: Testemunho (porção mediana do colmo); Maturação na Moita, Boucherie Modificado, utilizando apenas a água como solução, por 40 min; Boucherie Modificado, com CCB 5% como solução por 90 min; Boucherie Modificado empregando CCB 5% como solução por 300 min; Boucherie Modificado, utilizando ABB 5% como solução, por 90 min. Observa-se a predominância dos tratamentos químicos quando comparados com os tratamentos naturais.

**Degradação do colmo natural:** A Tabela 4 mostra o desempenho das três regiões (base, meio e topo) de um colmo não tratado. Para as taliscas expostas não houve diferença significativa entre os resultados, mas se nota, para as taliscas protegidas, que, para a maioria dos casos, as regiões

**Tabela 3.** Comparação entre os tratamentos realizados – Método de Tukey HSD 95%\*

Tratamentos	E <sub>d</sub> Final (GPa)	Tratamentos	MOE Final (GPa)
Protegidas			
Testemunha**	10,77 a	Testemunha**	5,65 a
CCB 5% - 300 min	20,49 b	CCB 5% - 300 min	8,33 b
Água - 40 min	21,64 bc	Água - 40 min	8,40 bc
Maturação na Moita	22,07 c	CCB 5% - 90 min	9,64 bcd
CCB 5% - 90 min	22,16 c	Maturação na Moita	10,13 cd
ABB 5% - 90 min	24,13 d	ABB 5% - 90 min	11,30 d
Expostas			
Testemunha**	7,13 a	Testemunha**	3,66 a
Maturação na Moita	18,14 b	Água - 40 min	6,37 ab
Água - 40 min	19,78 bc	Maturação na Moita	7,62 b
CCB 5% - 300 min	20,29 c	CCB 5% - 300 min	8,19 bc
CCB 5% - 90 min	21,47 c	CCB 5% - 90 min	9,82 c
ABB 5% - 90 min	22,24 c	ABB 5% - 90 min	10,15 c
Protegidas			
Testemunha**	0,78 a	Água - 40 min	0,68 ab
Água - 40 min	0,85 bc	ABB 5% - 90 min	0,69 a
ABB 5% - 90 min	0,86 c	CCB 5% - 300 min	0,71 a
Maturação na Moita	0,90 c	Testemunha**	0,77 ab
CCB 5% - 90 min	0,90 c	Maturação na Moita	0,83 ab
CCB 5% - 300 min	0,92 c	CCB 5% - 90 min	0,85 b
Expostas			
Testemunha**	0,52 a	Água - 40 min	0,50 ab
Maturação na Moita	0,74 b	Testemunha**	0,50 a
Água - 40 min	0,76 bc	ABB 5% - 90 min	0,59 ab
ABB 5% - 90 min	0,77 bc	Maturação na Moita	0,63 ab
CCB 5% - 90 min	0,87 c	CCB 5% - 300 min	0,69 bc
CCB 5% - 300 min	0,91 c	CCB 5% - 90 min	0,87 c

\* Médias seguidas de mesma letra para a mesma variável apresentada na mesma coluna, não diferem significativamente ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey HSD (pertencem ao mesmo grupo). \*\* Porção mediana do colmo

**Tabela 4.** Comparação entre as regiões do colmo testemunha – Método de Tukey HSD 95%\*

Região	E <sub>d</sub> Final (GPa)	Região	MOE Final (GPa)
<b>Valores Reais</b>			
Protegidas			
Topo	7,85 a	Topo	4,05 a
Meio	10,77 b	Meio	4,14 a
Base	11,34 b	Base	5,65 b
Expostas			
Topo	5,55 a	Topo	1,61 a
Meio	6,46 a	Meio	2,69 ab
Base	6,78 a	Base	3,55 b
<b>Valores Normalizados</b>			
Protegidas			
Topo	0,53 a	Topo	0,55 a
Meio	0,78 b	Meio	0,73 b
Base	0,90 c	Base	0,77 b
Expostas			
Topo	0,43 a	Topo	0,34 a
Meio	0,45 a	Meio	0,35 a
Base	0,49 a	Base	0,49 a

\* Médias seguidas de mesma letra para a mesma variável apresentada na mesma coluna, não diferem significativamente ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey HSD (pertencem ao mesmo grupo)

apicais e basais foram mais suscetíveis aos ataques de organismos xilófagos que a região mediana do colmo.

O Método de Boucherie Modificado foi concebido para ser utilizado imediatamente após o corte dos colmos, a fim de se evitar sua secagem prematura, o que poderia dificultar ou até mesmo impedir, a passagem da solução preservativa. Apresenta-se, na Tabela 5, o efeito do tempo decorrido após o corte na eficiência do tratamento dos colmos de bambu pelo método de Boucherie, nas características das taliscas. Verificou-se o que é relatado na literatura, ou seja, quanto maior for o tempo decorrido entre o corte do colmo e o início do seu tratamento maior também será o grau de dificuldade para a penetração da solução preservativa através dos vasos, em particular para o caso da solução de CCB. De modo geral, os colmos tratados após 3 dias decorridos de seu corte apresentaram um desempenho menos adequado nos ensaios realizados.

**Tabela 5.** Comparação entre os intervalos decorridos entre o corte do colmo e seu tratamento – Método de Tukey HSD 95%\*

Tratamento Exposição: 40 min	E <sub>d</sub> Final (GPa)	Tratamento Exposição: 40 min	MOE Final (GPa)
<b>Valores Reais</b>			
Protegidas			
CCB - 3d** - 5 %	15,85 a	CCB - 0d*** - 5 %	10,29 a
ABB - 3d - 5 %	21,22 b	CCB - 3d - 5 %	10,86 ab
CCB - 0d - 5 %	22,16 bc	ABB - 3d - 5 %	12,02 bc
ABB - 0d - 5 %	23,53 c	ABB - 0d - 5 %	13,34 c
Expostas			
CCB - 3d - 5 %	13,58 a	CCB - 0d - 5 %	9,61 a
CCB - 0d - 5 %	20,58 b	CCB - 3d - 5 %	10,66 ab
ABB - 3d - 5 %	21,00 b	ABB - 0d - 5 %	12,63 b
ABB - 0d - 5 %	21,58 b	ABB - 3d - 5 %	12,69 b
<b>Valores Normalizados</b>			
Protegidas			
CCB - 3d** - 5 %	0,76 a	CCB - 3d - 5 %	0,70 a
ABB - 3d - 5 %	0,86 b	ABB - 3d - 5 %	0,77 ab
ABB - 0d*** - 5 %	0,93 b	CCB - 0d - 5 %	0,78 ab
CCB - 0d - 5 %	0,94 b	ABB - 0d - 5 %	0,87 b
Expostas			
CCB - 3d - 5 %	0,66 a	CCB - 3d - 5 %	0,69 a
ABB - 0d - 5 %	0,85 b	CCB - 0d - 5 %	0,73 a
ABB - 3d - 5 %	0,85 b	ABB - 3d - 5 %	0,81 a
CCB - 0d - 5 %	0,87 b	ABB - 0d - 5 %	0,82 a

\* Médias seguidas de mesma letra para a mesma variável apresentada na mesma coluna, não diferem significativamente ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey HSD (pertencem ao mesmo grupo); \*\* 3 d = o tratamento foi realizado somente após 3 dias decorridos do corte; \*\*\* 0 d = o tratamento foi realizado no mesmo dia do corte

## CONCLUSÕES

1. Taliscas colocadas em ambiente protegido mostraram melhor desempenho físico-mecânico (flexão estática e por ultra-som) que taliscas colocadas em ambientes expostos.

2. Existe ligeira tendência de melhor desempenho mecânico de taliscas tratadas com a solução de ácido bórico (ABB), quando comparadas em situações similares, porém com o produto comercial borato de cromo cromatado (CCB).

3. A inspeção visual, embora passível de ser utilizada quando da existência de ataques severos por caruncho ou cupim,

não se mostra adequada para detectar a degradação causada por fungos cujos ataques geralmente são apenas superficiais.

4. Os tratamentos naturais (cura por 1 mês na touceira e substituição da seiva apenas pela água) e os tratamentos químicos (ABB e CCB, a 5% de concentração, aplicados durante 90 min) mostraram-se superiores ao tratamento testemunha (sem nenhum tipo de tratamento).

## LITERATURA CITADA

- Beraldo, A. L.; Azzini, A. *Bambu: Características e aplicações*. Guaíba: Livraria Editora Agropecuária, 2004. 180p.
- Beraldo, A. L.; Azzini, A.; Cascardo, C. R.; Ribeiro, C. A. Desempenho de um dispositivo para efetuar o tratamento químico de colmos de bambu: avaliação por ultra-som. In: Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2003, São Carlos. Anais... São Carlos: ANTAC. CD-Rom
- Brazolin, S.; Lana, E. L.; Monteiro, M. B. B.; Lopez, G. A. C.; Pletz, E. Preservação de madeiras – sistema de classes de risco. *Madeira Arquitetura e Engenharia*, v.13, p.13, 2004.
- Gonzalez, G. T.; Gutierrez, J. A. G. Bamboo preservation at the Costa Rica National Bamboo Project. In: Ganapathy, P. M.; Jansenn, J. A.; Sastry, C. B. (eds.), *International Bamboo Workshop, 5 and the International Bamboo Congress, 4, 1995, Bali. Proceedings...* Ubud: INBAR, 1995. v.3, 6p.
- Hidalgo-López, O. *Bamboo: The gift of the gods*. Colombia: D'Vinni Ltda, Part 4. 2003. p.142-153.
- Kumar, S.; Dobriyal, P. B. Tratability classification of hardwoods. *Wood and Fiber Science*, v.25, n.2, p.192-197. 1993.
- Liese, W. *Bamboos – biology, silvics, properties, utilization*. Eschborn: GTZ. 1985. 132p.
- Liese, W. Preservation of a bamboo culm in relation to its structure. In: *Simposio Internacional Guadua, 2004*. Pereira. Anais...Pereira, 2004. CD-Rom.
- Lipangille, T. N. The use of bamboo as waterpipes. In: *International Bamboo Workshop, 1985, Hangzhou*. Anais...Hangzhou: IRDC, 1985. p.315-320.
- Montana Química, <http://www.montana.com.br/>, mai/2003.
- Pereira, M. A. R. Viabilidade da utilização do bambu para fins de irrigação: Aspectos técnicos. Botucatu: UNESP, 1992. 104p. Dissertação Mestrado
- Sales, A.; Mascaro, L. H.; Bento, F. R.; Portella, K. F.; Grigol, E. J. Avaliação da retenção de CCA em postes de eucalipto deteriorados. *Madeira Arquitetura e Engenharia*, v.11, n.1, p.31-40, 2003.
- Slob, I. W.; Nangawe, P. F.; Leer, E.; Donker, J. CCA Impregnation of bamboo leaching end fixation characteristics. In: *International Bamboo Workshop, 1985, Hangzhou*. Anais... Hangzhou: IRDC, 1985, p.321-336.
- Software Stagraphics 4.1. [www.scielo.org/](http://www.scielo.org/), fev/2003
- Tamolang, F. N.; Lopez, F. R.; Semana, J. A.; Casin, R. F.; Espiloy, Z. B. Properties and utilization of Philippine erect bamboos. *Bamboo research in Asia*. In: *Proceedings of a Workshop held in Singapore, 1980, Ottawa*. Anais... 1980. p.189-200.
- Targa, L. A.; Ballarin, A. W. Características e potencialidades de uso do bambu como material de construção no meio rural. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 1990, Piracicaba*. Anais... Jaboticabal: SBEA., v.1, p.54-59, 1990.

Targa, M. S. Determinação de parâmetros hidráulicos e avaliação econômica de tubos de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*), para utilização em drenagem. Piracicaba: ESALQ/USP, 1997. 173p. Dissertação Mestrado

Willerding, A. L.; Vianez B. F. Utilização de bórax por difusão no tratamento de preservação de lâminas de sumaúma (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.). Revista Árvore, v.27, n.3, p.321-326. 2003.