

DESEMPENHO DE UM DISPOSITIVO PARA EFETUAR O TRATAMENTO QUÍMICO DE COLMOS DE BAMBU: AVALIAÇÃO POR ULTRA-SOM

Antonio Ludovico Beraldo (beraldo@agr.unicamp.br) Professor Associado da Faculdade de Engenharia Agrícola/ Departamento de Construções Rurais/Universidade Estadual de Campinas.

Anísio Azzini (azzinia.@uol.com.br) Mestre em Fitotecnia/ Instituto Agronômico de Campinas/ Seção de Algodão e Fibras Diversas/ Bolsista do CNPq.

Cynthia Reis Cascardo (cynthia@agr.unicamp.br) Graduanda em Engenharia Agrícola/ Bolsista do PIBIC/CNPq/Universidade Estadual de Campinas.

Carlos Alberto Ribeiro (vaporecia@uol.com.br) Engenheiro/Diretor Técnico da VaporeCia/Pólo Petroquímico de Paulínia, Paulínia – SP.

RESUMO

A baixa durabilidade é um dos maiores problemas que impedem o uso do bambu como um material de construção. Constituiu o objetivo deste trabalho a avaliação da eficiência do tratamento químico de taliscas de bambu e do desempenho de um equipamento concebido para efetuar o tratamento de colmos de bambu sob pressão. A solução preservativa constituiu-se de uma mistura de dicromato de sódio, sulfato de cobre e de ácido bórico (cada um deles a 1%). Após o tratamento as taliscas e os colmos foram postos a secar durante 14 dias. Em seguida, ambos foram colocados verticalmente no solo e, após 5 e 3 meses, respectivamente, efetuou-se a análise não destrutiva (velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas) e ao ensaio de tração na flexão. Os resultados indicaram a adequação do tratamento preservativo, pois os colmos não-tratados (testemunhas) mostraram grande diminuição na velocidade de propagação da onda ultra-sônica, fato este confirmado nos resultados obtidos no ensaio de flexão estática. O dispositivo utilizado mostrou-se adequado para efetuar o tratamento dos colmos em um curto intervalo de tempo.

Palavras-chave: bambu, tratamento químico, ensaio não destrutivo (END)

PERFORMANCE OF BAMBOO STEMS DEVICE TREATMENT: ULTRASONIC EVALUATION

ABSTRACT

Bamboo decay is a very serious drawback for its utilization as a building material. The aim of this research was to evaluate chemical treatment efficiency on bamboo strips and the performance of a device designed to the bamboo stems chemical treatment by pressure. Chemical solutions of sodium dichromate, copper sulfate and boric acid (1% salt concentration) was utilized. After treatment bamboo strips and stems were dried during 14 days and then they were placed vertically into the soil. Samples were analyzed after five and three months from storage. Bamboo stems were cut and they were submitted to a non destructive test (ultrasonic speed wave propagation) and a flexural test. Results showed that chemical treated bamboo strips presented better performance in the tests when they were compared with natural bamboo stems. Device utilization was important to reduce treatment time of the bamboo stems.

Keywords: bamboo, chemical treatment, non destructive evaluation (NDE)

1. INTRODUÇÃO

A utilização de materiais alternativos para construção de edículas rurais é cada vez mais adotada, pois várias espécies de madeira passaram a ser protegidas por leis ambientais (FERRÃO, 1992). Nesse panorama verifica-se a importância do estudo da utilização do bambu como material alternativo.

Nos últimos anos, tem-se observado um crescente interesse pelo bambu como material alternativo para construções de estruturas simples em propriedades rurais. A disponibilidade a baixo custo e a trabalhabilidade dos colmos são os principais fatores responsáveis por esse crescente interesse. As estruturas com bambu são leves, resistentes e flexíveis, com características específicas e diferenciadas das estruturas convencionais de madeiras.

Os colmos de bambu são estruturas segmentadas constituídas de nós e internós, delimitados por uma membrana denominada de diafragma. Os colmos caracterizam-se pela ausência de raios, o que é uma grande vantagem quando se efetua seu corte longitudinal, porém torna-se um inconveniente no momento de realizar ligações.

As amplas e variadas possibilidades de utilização do bambu estão intimamente associadas às características físicas, químicas e anatômicas do colmo (BERALDO e AZZINI, 2001). Do ponto de vista anatômico o colmo do bambu é constituído de feixes de fibras, vasos e células parenquimatosas (figura 1). Observa-se que a concentração dos feixes de fibras (região mais escura na figura 1) é maior nas camadas periféricas do colmo, enquanto que ocorre o inverso com as células parenquimatosas (região mais clara na figura 1). Embora a porcentagem ocupada pelos vasos seja praticamente constante, seu diâmetro é maior nas camadas internas do colmo. As células parenquimatosas apresentam seção hexagonal e os vasos ocorrem em grupos de três grandes e um de menor dimensão (figura 2).



Figura 1- *B. tuldooides* (44 x)

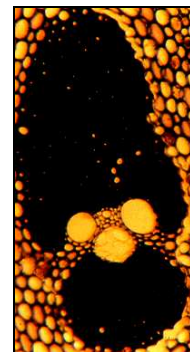


Figura 2- *B. vulgaris* (70 x)

Várias são as estruturas que se pode construir com bambu, destacando-se: chalés, ranchos, paióis, galinheiros, galpões e outras. AZZINI et al. (1997) apresentaram as diversas etapas necessárias para construção de um chalé e um galpão, sendo o chalé construído inteiramente com bambu, inclusive o teto.

Podem ser apontadas as seguintes características do bambu como sendo vantajosas em sua utilização como material de construção (JASSEN, 1995):

- Devido a sua forma oca, o bambu é relativamente forte e rígido, e pode ser cortado com ferramentas simples;

- A superfície do bambu é dura e limpa;
- Pode ser cultivado em pequena escala;
- O retorno do capital é mais rápido do que da madeira;
- O bambu suporta bem tempestades ou terremotos.

No entanto, também são verificadas desvantagens (JASSEN, 1995):

- Baixa durabilidade natural: o bambu necessita de tratamento preservativo;
- Muito sensível à ação do fogo;
- Heterogeneidade dos colmos dificulta a padronização;
- Não existe normatização para efetuar ensaios de caracterização físico-mecânica.

O principal inconveniente para a utilização do bambu tem sido sua baixa durabilidade natural. Deve-se ressaltar que esse problema não é inerente apenas ao bambu, mas também, a várias espécies arbóreas, principalmente aquelas que apresentam rápido desenvolvimento vegetativo, como é o caso das árvores pertencentes ao gênero *Eucalyptus* (GALVÃO, 1975). A durabilidade natural do bambu e do eucalipto, de uma forma geral, raramente ultrapassa um intervalo de 2 a 3 anos.

Os colmos de bambu normalmente são atacados pelo caruncho (*Dinoderus minutus*) quando expostos ao ambiente, ou por microorganismos, quando em contato com o solo. Com relação ao ataque do caruncho, trabalhos de pesquisa desenvolvidos por SIMÃO (1957) e KIRKPATRICK e SIMONDS (1958) concluíram que a escolha das fases da lua não evita o ataque do caruncho. Por sinal, a colheita efetuada durante a fase minguante foi a que apresentou maior quantidade de colmos atacados. Pesquisas mais recentes realizadas por AZZINI (1981), AZZINI (1984) e AZZINI et al. (1998) permitiram concluir que a susceptibilidade do bambu ao ataque do caruncho depende do teor de amido existente nos colmos, sendo aqueles com maior teor de amido os mais atacados. Os colmos jovens colhidos antes de emitirem os ramos e as folhas, não são atacados pelo caruncho, embora apresentem as mesmas dimensões dos colmos maduros. A explicação para tal fato relaciona-se com a ausência do amido, o qual é metabolizado apenas por colmos maduros.

Métodos práticos para efetuar o tratamento de colmos de bambu

Tratam-se de métodos de baixo custo e de fácil execução. Dividem-se em tradicionais ou químicos dependendo do uso ou não de produtos preservativos. Os tradicionais tratam-se de métodos nos quais não se utiliza nenhum tipo de proteção química dos colmos. Embora o custo do tratamento seja relativamente baixo, os resultados obtidos deixam muito a desejar quanto à sua eficiência.

Idade para o corte dos colmos

A maturação dos colmos, ou a idade mais adequada para a sua colheita, são fatores biológicos que devem ser levados em consideração, principalmente quando da utilização do bambu como um material estrutural para colunas, vigas, tesouras e pontaletes. Devem ser utilizados apenas colmos maduros e que estejam completamente lignificados. A idade mais adequada para a colheita dos colmos depende de seu ciclo vegetativo, o qual pode ser curto (em torno de 7 anos) ou longo (em torno de 14 anos). Para as espécies de ciclo curto, tais como, o bambu comum (*Bambusa vulgaris*), o bambu fino (*Bambusa tuldoides*) e o bambu imperial (*B. vulgaris* var. *vittata*), os colmos devem ser colhidos quando apresentarem idade superior a 3 anos. Para as espécies de ciclo longo, tais como, o bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) e guadua (*Guadua angustifolia*), a idade mais indicada para o corte é em torno de 6 anos.

Logo após a colheita, os colmos de bambu podem ser submetidos a alguns tratamentos, cujo objetivo é o de torná-los menos vulneráveis ao ataque do organismos xilófagos. Dentre eles podem ser destacados:

Maturação

É o intervalo de tempo decorrido entre o corte dos colmos e o momento em que ocorre a queda de suas folhas, após permanecerem na touceira em posição vertical. Deve-se manter os colmos com ramos e folhas nessa posição para que o processo de assimilação da seiva continue, reduzindo o teor de amido presente no colmo. Provavelmente, na impossibilidade das folhas realizarem a fotossíntese, haja o consumo de amido localizado nas células parenquimatosas. Esse procedimento, no entanto, não apresenta nenhum efeito sobre a durabilidade do colmo se o mesmo for colocado em contato com o solo.

Imersão em água

Logo após a colheita, os colmos de bambu podem ser submersos em água corrente (riachos) ou estagnada (lagoa), visando-se reduzir ou eliminar o teor de amido existente nos colmos, por meio da fermentação biológica anaeróbica (ausência de ar). A duração do tratamento pode variar de 4 a 7 semanas. Com a redução ou a eliminação do amido, provocado pela fermentação, procura-se minimizar ou evitar o ataque do caruncho. De acordo com SULTHONI (1981), a imersão do bambu em água estagnada é um tratamento mais eficiente do que deixá-lo em água corrente. A explicação para tal fato é que a degradação enzimática do amido é mais intensa do que sua extração, realizada pela água corrente. Cabe ressaltar, no entanto, que alguns cuidados devem ser tomados nesse processo. Um longo tempo de permanência em água estagnada tende a provocar manchas nos colmos, a aumentar o risco do aparecimento de larvas de insetos, além do odor extremamente desagradável que é gerado pela degradação do amido.

Tratamento com fogo

Consiste em submeter os colmos recém cortados ao aquecimento em fogo direto, para eliminar a seiva por exsudação. Com o aquecimento procura-se alterar (degradar) quimicamente o amido tornando-o menos atraente ao caruncho. Esse tratamento é muito utilizado para colmos de bambu pertencentes ao gênero *Phyllostachys*, tais como, o *P. purpuratta* (cana-da-Índia) e o *P. edulis* (Mossô). Durante o tratamento ao fogo ocorre o derretimento de um tipo de cera natural, e a fricção constante dos colmos por um tecido seco provoca o surgimento de uma coloração parda brilhante, realçada por um aquecimento mais intenso na região dos nós, característica extremamente agradável em móveis e varas-de-pescar. No entanto, espécies de bambu do tipo entouceirante, tais como, o bambu gigante e o bambu imperial, não adquirem tal coloração e nem tal brilho característico. Para o bambu guadua, pode-se obter uma qualidade de superfície intermediária, friccionando-se os colmos com cera artificial incolor.

Tratamento com fumaça

Nesse caso, os colmos logo após o corte são submetidos à ação da fumaça, a qual os torna enegrecidos. Trata-se de um processo semelhante à defumação de alimentos. Devido à ação do calor e da fumaça, provavelmente se formem produtos tóxicos na superfície externa dos colmos, além da degradação do amido, culminando por tornar os colmos menos atraentes ao caruncho. No Japão, o tratamento com fumaça é realizado durante 20 minutos, com temperatura variando de 120 a 150 °C, conforme descreveu LIESE (1980). O principal inconveniente observado nesse tipo de tratamento é a grande ocorrência de rachaduras nos

colmos. Trata-se de um método utilizado no tratamento do bambu “Mossô” (*Phyllostachys edulis* ou *P. pubescens*).

Métodos químicos

Os métodos químicos para o tratamento dos colmos de bambu são mais eficientes do que os métodos tradicionais. O tratamento químico, quando bem conduzido, protege os colmos contra o ataque do caruncho, além de aumentar a durabilidade dos colmos quando são colocados em contato com o solo. Tais métodos dividem-se em:

Imersão em solução de sais hidrosolúveis

A preservação do bambu através deste método é a forma mais simples e barata de tratamento químico (FARRELY, 1984). Os colmos, preferivelmente verdes, devem ser apenas imersos numa solução preservativa por um período de 5 semanas ou mais, dependendo da espécie, idade, espessura e grau de absorção desejada. Uma imersão mais longa é requerida quando o bambu for colocado em contato com o solo. A desvantagem deste método é o tempo requerido para tratamento. Em bambus partidos, o período de imersão pode ser reduzido de 33 a 50% com 100% de penetração da substância.

Geralmente um bom tratamento pode aumentar a vida útil do bambu em 25 anos ou 15 anos, conforme os colmos sejam colocados em locais abrigados ou não. O tratamento é responsável pelo aumento de cerca de 30% no preço do bambu (JANSSEN, 1995).

Substituição de seiva por sais hidrosolúveis

Nesse caso deve-se utilizar colmos recém cortados (ou no máximo, 12 h após o corte). Trata-se de um processo eficiente, desde que sejam utilizados colmos de até 2,50 m de comprimento. Para peças maiores, com até 4,00 m, a ascensão da solução preservativa torna-se muito limitada. O tratamento pode ser conduzido em tambores plásticos sem tampa, nos quais se prepara a solução preservativa e se coloca os colmos de bambu verde na posição vertical. As bases dos colmos devem ser chanfradas e a altura da solução pode atingir cerca de 80 cm.

Durante o tratamento, à medida que se processa a evaporação da água contida na seiva do bambu através da região superior do colmo, a solução preservativa sobe, substituindo-a. Essa ascensão da solução é ocasionada pelos fenômenos físicos da difusão (direção radial) e capilaridade (direção axial). Os colmos a serem tratados devem ser colocados no tambor plástico de maneira que permitam uma boa ventilação entre si. Desse modo, acelera-se a evaporação, favorecendo a eficiência e a rapidez do tratamento.

Método de Boucherie Modificado: conforme relatado por HIDALGO LOPEZ (1974), foram realizados diversos experimentos afim de simplificar o método de Boucherie e torná-lo comercialmente aplicável, reduzindo o tempo de tratamento para poucas horas. Nos resultados relatados pelo autor foram utilizados bambus das seguintes espécies: *Bambusa polymorpha*, *Bambusa nutans* e *Dendrocalamus strictus*. Os colmos tinham 6 m de comprimento e utilizou-se cloreto de zinco a 16 e 8% adicionado a 2% de dicromato de sódio. Os autores observaram que bambus com idade mais avançada têm menor quantidade de seiva o que pode provocar deformações estruturais que causam obstrução nos poros, prejudicando o tratamento.

Ensaio não destrutivo aplicado aos colmos de bambu

O método não destrutivo de propagação de onda ultra-sônica através dos materiais vem sendo utilizado há longo tempo para a caracterização de materiais tais como o aço e o concreto e, mais recentemente para a avaliação da qualidade da madeira. Porém, não existem grandes informações na literatura sobre o uso desse método na avaliação das propriedades do bambu.

BERALDO et al. (2002) relataram resultados obtidos na análise de taliscas de *Dendrocalamus giganteus* e *Guadua angustifolia*, por meio do uso do ultra-som. Pôde ser verificada a influência da anatomia peculiar dos bambus na velocidade de propagação da onda ultra-sônica. Os autores relataram, dentre outros, o efeito causado pela presença dos nós, da direção de propagação considerada e da posição na qual se efetuava a leitura do tempo de propagação. Colmos visivelmente atacados pelo caruncho apenas indicavam modificações sensíveis na velocidade de propagação da onda ultra-sônica quando se analisava a direção radial (ao longo da espessura da talisca).

Constituiu o objetivo deste trabalho avaliar a eficiência da ação de produtos químicos visando aumentar a durabilidade do bambu. Taliscas (tratadas por imersão) e colmos (tratados sob pressão- Método Boucherie Modificado) foram analisados com o auxílio de ensaio não destrutivo e de tração na flexão.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Na Fazenda Santa Elisa, pertencente ao Instituto Agronômico de Campinas, foram cortados colmos de duas espécies de bambu que são susceptíveis ao ataque do caruncho (*D. minutus*), a saber: *B. vulgaris* e *D. giganteus* (bambu gigante).

a) Taliscas

Taliscas com 30 cm de comprimento foram retiradas dos colmos. As amostras foram divididas em três grupos:

1. Testemunhas: taliscas sem qualquer tipo de tratamento;
2. Amostras imersas em água: taliscas que foram tratadas por imersão em água;
3. Amostras imersas em substância preservativa: as taliscas foram tratadas por imersão em solução aquosa de dicromato de sódio, sulfato de cobre e ácido bórico, ambos à concentração de 1%.

As taliscas tratadas ficaram imersas em água ou na solução química durante uma semana. A seguir, foram então secas à sombra por mais uma semana, após a qual mediu-se massa, comprimento, largura e espessura das taliscas. As taliscas foram então submetidas ao ensaio não destrutivo de propagação de ondas ultra-sônicas. As velocidades médias foram obtidas por meio da medição do tempo de propagação com o auxílio do equipamento de ultra-som Steinkamp BP-7 (sensibilidade de μs), dispondo de transdutores de seção exponencial de 45 kHz de frequência de ressonância, conforme procedimento descrito por BERALDO et al. (2002).

Em seguida, dividiu-se cada um dos grupos de amostras em dois subgrupos colocando-se parte das taliscas originais para serem expostas às condições atmosféricas e parte enterrada em solo permanentemente úmido.

As taliscas permaneceram expostas às duas condições durante 5 meses. A cada 15 dias se efetuava a avaliação não destrutiva do material, por meio da obtenção da velocidade de propagação da onda ultra-sônica.

b) Colmos

Na segunda parte do experimento buscou-se avaliar a eficiência de um dispositivo concebido de acordo com o Método Boucherie Modificado, conforme relatado por HIDALGO LOPEZ (1974). Para tal foram utilizados apenas colmos do bambu *D. giganteus*, de comprimentos e diâmetros variáveis. Em um primeiro momento buscou-se avaliar apenas o desempenho do dispositivo, anotando-se o tempo necessário para efetuar o tratamento dos colmos e a eficiência da ação dos conectores metálicos.

A montagem da instalação piloto para o tratamento dos colmos de bambu iniciou-se seguindo as especificações e o esquema representado na Figura 3. A montagem foi efetuada pela empresa Vapor & Cia, atuante no pólo petroquímico de Paulínia - SP. Nas figuras 4 a 7 apresenta-se detalhes da instalação.

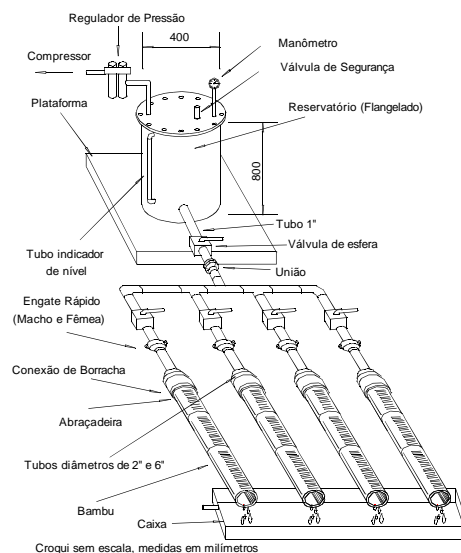


Figura 3- Esquema da montagem experimental

Na montagem da instalação foram utilizados os seguintes equipamentos e materiais: Compressor de ar com pressão de 10 a 15 libras/pol²; Medidor de pressão; Reservatório de aço inox para colocação de substância preservativa; Válvulas e conectores (figura 4); Engate rápido (figura 5); Braçadeiras metálicas e mangueiras de borracha (figura 6).

Para que a conexão das mangueiras com o colmo fosse eficiente deixou-se cerca de 10 cm de internó na parte superior. Logo após a abertura da válvula principal e das válvulas das derivações, a solução preservativa preencheu o volume corresponde ao internó e, pelo fato de não conseguir romper o diafragma do bambu e da impossibilidade de deslocar-se lateralmente ela foi forçada a penetrar na parede do colmo.

Inicialmente notou-se a saída de pequenas bolhas na extremidade dos colmos. A seguir, dependendo do intervalo de tempo decorrido entre o corte dos colmos e o seu tratamento, a

pressão exercida pelo sistema começava a eliminar líquidos (no início a seiva e, a seguir, a solução preservativa diluída).



Figura 4- Jogo de conectores

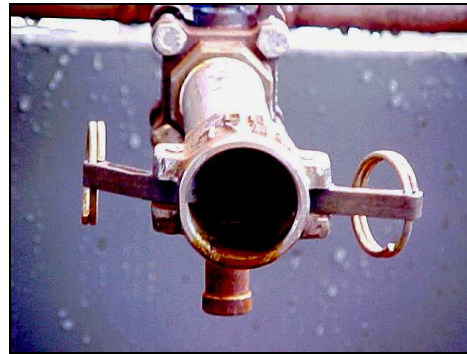


Figura 5- Engate rápido

Na figura 7 apresenta-se uma vista geral da colocação dos colmos de bambu no dispositivo. Pequenos vazamentos foram contidos colocando-se recipientes metálicos abaixo das conexões e na extremidade dos colmos. Recentemente o piso foi concretado para facilitar a coleta de resíduos.



Figura 6- Detalhe da conexão



Figura 7 – Vista dos colmos de bambu

Três colmos tratados e um sem tratamento, com 4 m de comprimento, foram colocados verticalmente e aprofundados 1 m no solo (figura 8). Após 3 meses os colmos foram retirados e deles foram obtidas taliscas de 0,5 m provenientes das partes superior e inferior (enterrada no solo). As taliscas foram submetidas, então, ao ensaio não destrutivo, cujo procedimento foi relatado no ensaio precedente. Na figura 9 pode-se verificar a presença de caruncho atacando as paredes internas de um colmo de bambu não tratado.



Figura 8 – Durabilidade de colmos de bambu Figura 9 – Colmo atacado pelo caruncho
 Buscou-se, ainda, verificar o possível efeito da degradação biológica dos colmos armazenados com o auxílio da velocidade de propagação da onda ultra-sônica através das taliscas e de sua resistência em ensaio de tração na flexão estática. Os ensaios foram conduzidos em um equipamento EMIC 30000 pertencente ao Laboratório de Ensaio de Materiais da Faculdade de Ciências Veterinárias e Zootecnia – Pirassununga – SP. Na figura 10 apresenta-se o conjunto de taliscas obtidas de um determinado colmo; na figura 11 pode-se observar a execução do ensaio de tração na flexão. Devido à grande deformação sofrida pelas taliscas durante a execução do ensaio (superior a 10 mm) apenas anotou-se a tensão no limite de proporcionalidade (LP).



Figura 10- Taliscas de bambu



Figura 11- Ensaio de tração na flexão

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

a) Taliscas

Devido ao curto período de realização dos ensaios (5 meses) não foi possível detectar mudança significativa na estrutura das taliscas, e que pudesse vir a ser comprovada pelo ensaio não destrutivo (figura 12). BERALDO et al. (2002) relataram que a velocidade de propagação da onda ultra-sônica na direção paralela às fibras não sofre modificações capazes de serem detectadas pelo ultra-som. No entanto, na direção radial (perpendicular às fibras) a modificação estrutural do bambu é claramente perceptível.

Na figura 13 (parte superior) pode-se observar taliscas de bambus que não receberam nenhum tipo de tratamento após o ataque de carunchos. As amostras que receberam tratamento químico (parte inferior da figura 13) não foram atacadas por carunchos e nem por fungos.

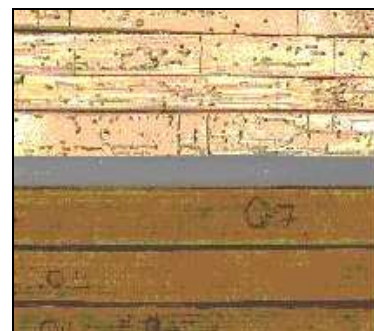
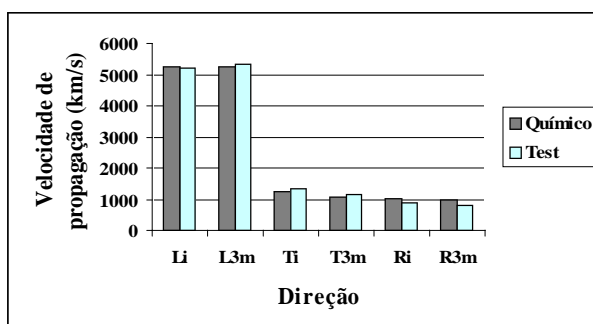


Figura 12- Variação da velocidade de propagação

Figura 13- Taliscas de bambu

b) Colmos

O intervalo de tempo necessário para efetuar o tratamento depende da pressão exercida, do comprimento dos colmos e da espessura da parede do mesmo. Testes preliminares indicaram que pressões superiores a $2,0 \text{ kgf/cm}^2$ provocariam o rompimento das paredes do colmo, para amostras situadas nas regiões mais próximas à ponta. O bambu apresenta-se sob a forma de um tronco de cone e a espessura das paredes obedece essa mesma disposição reduzindo-se à medida que se aproxima da ponta do colmo.

A duração do tratamento foi estimada visualmente sendo interrompida quando a cor da solução de saída assemelhava-se à cor da solução inicial. Evidentemente que se trata de um procedimento empírico que deverá merecer reformulação. Propõe-se medir a concentração temporal do efluente para, desse modo, determinar-se o tempo mínimo para que essa concentração seja similar àquela do afluente.

O tempo estimado para tratar colmos de *D. giganteus* com 4 m de comprimento foi da ordem de 20 minutos; colmos de 2 m pertencentes à mesma espécie necessitaram apenas de 15 segundos para que se observasse o surgimento da solução. Considerou-se que o tratamento desses colmos poderia ser realizado em 5 minutos. Para efeito comparativo tais colmos normalmente demorariam uma semana para serem tratados pelo método de imersão.

Nas figuras 14 e 15 pode-se observar a seção transversal de dois colmos de bambu. Na figura 14, correspondente a um colmo de maior espessura de parede pode-se verificar a existência de um gradiente de penetração da solução preservativa, enquanto que na figura 15 (menor espessura de parede) o aspecto se mostrou mais uniforme. Os vasos de maior diâmetro encontram-se situados nas camadas internas da parede dos colmos e, pelo fato deles oferecerem menor resistência à passagem da solução, nessa região é que se nota o surgimento das primeiras gotas, principalmente na parte inferior da parede de colmos mais espessos; paredes de menor espessura propiciam um tratamento inicial mais uniforme.



Figura 14- Colmo de parede espessa

Figura 15- Colmo de parede fina

Ensaio de tração na flexão estática

Nas tabelas 1 e 2 apresentam-se os resultados do ensaio de tração na flexão estática para amostras coletadas de colmos expostos ao ar e enterrados no solo, respectivamente. As duas últimas colunas (em itálico) se referem ao colmo de bambu não tratado (testemunha). A exposição dos colmos por 3 meses ainda não permitiu avaliar o possível efeito favorável do tratamento químico dos colmos. Para o colmo testemunha exposto ao ar, no entanto, pôde-se verificar a existência de 14 perfurações devidas ao caruncho, as quais, aparentemente, ainda não foram prejudiciais ao material. Colmos enterrados mostraram a presença de fungos superficiais e acúmulo de líquido no internó, provavelmente porque não se efetuou a secagem dos colmos após o tratamento, antes de sua colocação no solo.

Tabela 1- Ensaio de tração na flexão estática. Condição: exposto ao ar 3 meses)
LP (tensão no limite de proporcionalidade - MPa); MOE (módulo de elasticidade - MPa)

CP	LP	MOE	LP	MOE	LP	MOE	LP	MOE
1	69,01	34084	-	-	55,05	13046	<i>59,39</i>	<i>18855</i>
2	62,82	19569	81,15	16477	52,77	12823	<i>62,40</i>	<i>19309</i>
3	59,38	16539	70,40	14560	66,57	16784	<i>49,04</i>	<i>15950</i>
4	55,47	14573	70,40	13145	52,75	14371	<i>47,41</i>	<i>14687</i>
5	64,25	18449	87,27	28815	55,04	13679	<i>48,28</i>	<i>15492</i>
6	68,70	31003	84,84	28840	50,58	12694	<i>42,89</i>	<i>13666</i>
7	43,93	16102	63,32	11705	60,80	14652	<i>50,26</i>	<i>15656</i>
8	50,55	19571	76,47	14946	56,20	13416	<i>50,86</i>	<i>15147</i>
9	42,09	13026	66,43	13386	66,26	15760	<i>45,41</i>	<i>13619</i>
10	48,43	13538	78,23	15700	61,63	15905	<i>55,78</i>	<i>18083</i>
<i>Média</i>	56,46	19645	75,39	17508	57,77	14313	<i>51,17</i>	<i>16046</i>
<i>DVP</i>	9,89	7211	8,28	6572	5,70	1434	<i>6,19</i>	<i>2038</i>
<i>M - 2.DVP</i>	36,68	5224	58,83	4364	46,36	11445	<i>38,80</i>	<i>11971</i>
<i>M + 2.DVP</i>	76,25	34067	91,95	30653	69,17	17181	<i>63,55</i>	<i>20122</i>
<i>Mínimo</i>	42,09	13026	63,32	11705	50,58	12694	<i>42,89</i>	<i>13619</i>
<i>Máximo</i>	69,01	34084	87,27	28840	66,57	16784	<i>62,40</i>	<i>19309</i>
<i>CV (%)</i>	5,71	2,72	9,10	2,66	10,13	9,98	<i>8,27</i>	<i>7,88</i>

Tabela 2- Ensaio de tração na flexão estática. Condição: enterrado no solo (3 meses)
LP (tensão no limite de proporcionalidade - MPa); MOE (módulo de elasticidade - MPa)

CP	LP	MOE	LP	MOE	LP	MOE	LP	MOE
1	97,29	32886	62,31	9523	-	-	<i>73,19</i>	<i>-</i>
2	99,68	34851	47,07	5325	68,53	13176	<i>61,03</i>	<i>22742</i>
3	86,29	21824	55,81	9643	63,90	12135	<i>56,63</i>	<i>13913</i>
4	81,33	22982	71,23	13155	67,97	11735	<i>62,10</i>	<i>23897</i>
5	87,27	30897	69,40	-	63,28	12276	<i>62,44</i>	<i>16317</i>
6	87,95	24955	63,86	11931	68,93	12749	<i>67,71</i>	<i>24159</i>
7	90,20	34780	45,16	4724	65,59	12260	<i>52,85</i>	<i>24101</i>
8	98,45	32739	54,32	10466	65,66	12634	<i>56,74</i>	<i>14261</i>
9	92,43	32432	54,98	7584	-	-	<i>61,28</i>	<i>21537</i>
10	96,27	33364	53,15	6559	69,09	12782	<i>64,44</i>	<i>21478</i>
<i>Média</i>	91,72	30171	57,73	8768	66,62	12468	<i>61,84</i>	<i>20267</i>
<i>DVP</i>	6,10	4961	8,77	2915	2,31	453	<i>5,83</i>	<i>4247</i>
<i>M - 2.DVP</i>	79,52	20249	40,19	2939	61,99	11563	<i>50,19</i>	<i>11774</i>
<i>M + 2.DVP</i>	103,91	40093	75,27	14597	71,24	13374	<i>73,49</i>	<i>28761</i>
<i>Mínimo</i>	81,33	21824	45,16	4724	63,28	11735	<i>52,85</i>	<i>13913</i>
<i>Máximo</i>	99,68	34851	71,23	13155	69,09	13176	<i>73,19</i>	<i>24159</i>
<i>CV</i>	15,04	6,08	6,58	3,01	28,80	27,54	<i>10,62</i>	<i>4,77</i>

Ensaio não destrutivo

Na figura 16 apresenta-se a velocidade média de propagação da onda ultra-sônica na direção paralela às fibras dos colmos de bambus tratados e não tratado (C6). Corroborando os dados do ensaio anterior também não se pôde notar modificações sensíveis entre os dois tratamentos aplicados aos colmos de bambu; a velocidade de propagação da onda ultra-sônica apresenta uma ligeira tendência de diminuição nos colmos enterrados no solo. Porém, cumpre ressaltar que aspectos anatômicos intrínsecos ao colmo em si também deveriam ter sido considerados. A porção dos colmos que foi enterrada era proveniente da região basal dos mesmos, na qual é maior a espessura da parede.

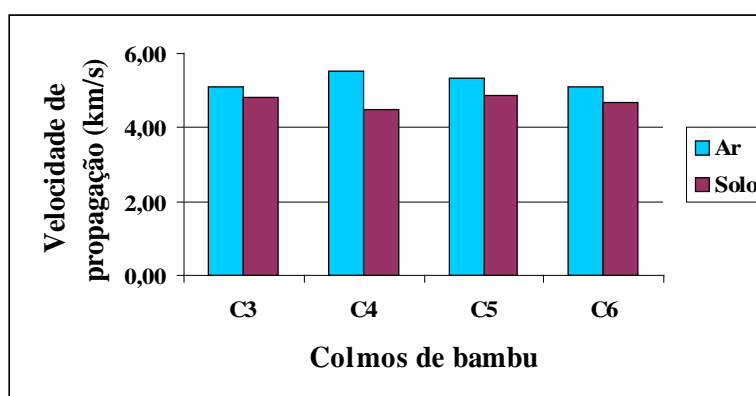


Figura 16 - Velocidade de propagação em colmos de bambu após 3 meses.

4. CONCLUSÃO

O dispositivo projetado para efetuar o tratamento químico de colmos de bambu mostrou um bom desempenho. A operação é relativamente simples podendo se adaptar a colmos de diâmetro variável. Após um intervalo de tempo relativamente curto pôde-se notar a presença do efluente.

Não foi constatada modificação sensível nas características de taliscas e de colmos de bambu, por meio de ensaios de tração na flexão e por ultra-som, após 3 a 5 meses de permanência em contato com o ar ou com o solo. As degradações observadas visualmente nos colmos ainda não atingiram um nível significativo que pudesse alterar as características desse material.

Agradecimentos

Ao Instituto Agrônomo de Campinas, ao Laboratório de Ensaio de Materiais da FZV – Pirassununga (Prof. Dr. Holmer Savastano Jr) e à FAPESP (processo 01/12700-0).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZZINI A. (1981) Processo de extração de amido. **Revista da Propriedade Industrial**. Rio de Janeiro, 33(8).

_____. (1984) Amido a partir do bambu. **Bragantia**. Campinas, 43(1): 45-50.

AZZINI A.; CIARAMELLO D.; NAGAI V. (1977) Número de feixes vasculares em três espécies de bambu. **Bragantia**. Campinas, 36: 7-10.

AZZINI A.; GONDIM-TOMAZ R.M.A.; ERISMANN N.M. (1998) Desfibramento de cavacos laminados de *Bambusa vulgaris* Schrad, visando a extração de amido. **Bragantia**. Campinas, 57(1): 41-44.

BERALDO A. L.; AZZINI A. (2001) **Métodos práticos para o tratamento do bambu**. Gráfica da UNICAMP, Campinas, 14 pp.

BERALDO A. L.; CASCARDO C. R.; AZZINI A. (2002) **VIII EBRAMEM** - Avaliação do ataque de caruncho em colmos e taliscas de bambu por meio de ensaio não destrutivo. Uberlândia – MG: Universidade Federal de Uberlândia.

FARRELY, D. (1984) **The Book of Bamboo**. Sierra Club Books, São Francisco, USA.

FERRÃO, A. M. A. (1992) **Taliscas de Bambu em Matrizes de Concreto: Características Físico-Mecânicas**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola. FEAGRI – Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

GALVÃO A.P.M. (1975) **Processos práticos para preservar a madeira**. ESALQ-USP, Piracicaba, 29 pp.

HIDALGO LOPEZ O. (1974) **Bambu- su cultivo y aplicaciones en: fabricación de papel, construcción, Arquitetura, Ingenieria, Artesania**. Estudos Tecnicos Colombianos L^{tda}, Colômbia, 318pp.

KIRKPATRICK T.; SIMONDS N.W. (1958) **Bamboo borer and the moon**. Tropical Agriculture, Trinidad, p. 299-301.

JANSENN J.J.A. (1995) **Building with Bamboo**. 2^a ed., Intermediate Technology Publications, London, UK.

LIESE W. (1980) **Preservation of bamboo**. Proc. of a Workshop, Singapore, p. 165-171.

SIMÃO S. (1957) **Conservação do bambu**. ESALQ-USP, Piracicaba, 14/15: 152-160.

SULTHONI A. (1985) **Traditional preservation of bamboo in Java**. IDCR – IUFRO, Hangzhou, China, p. 349-357.