

AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE DE TALISCAS DE BAMBU

Antonio L. Beraldo (beraldo@agr.unicamp.br)

Jean C. C. Espelho (jeanc@smartnet.com.br)

Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas - Campinas - SP

RESUMO: o bambu é uma das matérias-primas mais adequadas para países em vias de desenvolvimento. A rapidez de crescimento, além de propriedades físicas e mecânicas adequadas, fazem com que o bambu seja considerado o ouro verde da floresta. No entanto, o maior inconveniente do bambu deve-se à sua limitada vida útil, sobretudo quando é exposto às intempéries. Desse modo, um dos grandes desafios na busca para aumentar a durabilidade do bambu refere-se à execução de tratamentos preservativos que aliem praticidade com eficiência. Constituiu o objetivo deste trabalho, avaliar o desempenho de taliscas de *Dendrocalamus giganteus* Munro, obtidas de colmos tratados adotando-se o método de Boucherie Modificado. Foram efetuadas as seguintes análises: absorvância da solução, concentração de cromo, cobre e boro (para a solução comercial CCB) e de boro (para a solução de ácido bórico e bórax) e de retenção dos mesmos elementos em três regiões do colmo (base, meio e ponta). Os resultados obtidos indicaram que as análises das soluções não garantem a efetividade do tratamento e que a análise de retenção indica apenas um valor médio, sem que haja garantia de uniformidade de distribuição ao longo dos elementos anatômicos do bambu.

Palavras-chave: bambu, Boucherie Modificado, CCB, *D. giganteus*

BAMBOO STRIPS DURABILITY EVALUATION

ABSTRACT: bamboo is one of the most suitable raw materials for developing countries. Bamboo is considered as a green gold of the forest because its fast growing and its suitable physical and mechanical properties. Nevertheless, the major drawback of bamboo is its limited shelf life, mainly when it is exposed to non-protected environment. So, one of the most great challenges, aiming to enhance the bamboo durability, is pointed to the developing a practical and efficient preservation treatment. In this research work it was evaluated de performance of *Dendrocalamus giganteus* Munro strips obtained from treated stems by a Boucherie Modified Method. It was evaluated: solution absorbance, chromium, copper and bore concentrations (for a comercial CCB) and bore concentration (for boric acid and borax solutions) and the fixed amount of the same chemical elements in three bamboo stem positions (bottom, middle and top). Analysis of the solutions results did not allow the efectiveness of the treatment applied to bamboo stems. Also the average amount of the chemical fixed elements showed heterogeneous distributions across the anatomical bamboo elements.

Keywords: bamboo, Modified Boucherie, CCB, *D. giganteus*

1. INTRODUÇÃO

O bambu, por ser um material biológico, está sujeito a se deteriorar pela ação de fungos e insetos, podendo, segundo alguns autores, apresentar uma vida útil entre 1 ano a 3 anos, quando não for tratado, e dentre 10 anos a 15 anos ou mais, quando for convenientemente tratado. A durabilidade do bambu está diretamente ligada à forma de tratamento aplicado ao colmo e à destinação de seu uso. A presença de amido nas células parenquimatosas é comprovadamente o ponto fraco do bambu pois está relacionada com o grau de ataque do caruncho (*Dinoderus minutus*). Pode-se afirmar que, quanto maior for o teor em amido presente no bambu, maior será a probabilidade de que ele venha a sofrer o ataque do caruncho (LIESE 1985; HIDALGO LOPEZ, 2003).

Os colmos de bambu normalmente são atacados por insetos quando expostos ao ambiente, ou por microorganismos, quando em contato com o solo. 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.

Embora existam várias informações na literatura sobre estudos anatômicos relativos ao bambu, não existem estudos sobre o fluxo e a distribuição dos preservativos nesses elementos anatômicos (KUMAR et al., 1994).

Constituiu o objetivo deste trabalho, a avaliação da eficiência de soluções preservativas aplicadas a colmos de bambu, por meio do Método Boucherie modificado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os métodos existentes para efetuar o tratamento preservativo dos materiais fibrosos foram inicialmente desenvolvidos para madeiras, sobretudo para aquelas pertencentes ao gênero *Eucalyptus*. Dividem-se tais métodos em industriais e não industriais (práticos ou caseiros). Nos métodos industriais são utilizados equipamentos específicos (autoclaves) dispendendo de controle de pressão. Geralmente destinam-se ao tratamento de grandes volumes de madeira ou de peças de grandes dimensões. Os métodos não industriais ou práticos geralmente podem ser conduzidos pelos próprios interessados, sem que requeiram o uso de equipamentos especiais. Tais métodos podem ser especialmente adequados para o tratamento de colmos de bambu, que é uma matéria-prima disponível no meio rural.

Para o tratamento do bambu existem métodos tradicionais e químicos. Os tradicionais subdividem-se em: maturação ou cura no local da colheita, cura por imersão, por fogo e por fumaça. Os métodos químicos podem ser subdivididos em métodos sem uso da pressão (imersão em solução de sais hidrossolúveis e substituição de seiva por sais hidrossolúveis) ou sob pressão (autoclave ou substituição de seiva).

Dentre os métodos mais indicados para efetuar-se o tratamento de colmos de bambu destaca-se o Método de Boucherie Modificado. Esse método, que consiste de uma substituição acelerada de seiva, permite que sejam tratados simultaneamente vários colmos de bambu com diferentes comprimentos. Desse modo, esse método deve ser aplicado aos colmos de bambus recém cortados, e sua eficiência depende de uma série de fatores, tais como: espécie

considerada, época do corte, idade, comprimento e teor de umidade do colmo, do tipo e da concentração da solução preservativa, da pressão aplicada (KUMAR et al., 1994).

Para agilizar o tratamento dos colmos, pode-se utilizar um equipamento constituído por um reservatório metálico, tubulações, válvulas e conexões acopladas aos colmos de bambu, conforme detalhado por BERALDO et al. (2003). A operação de tratamento é relativamente simples, porém deve-se otimizar a etapa de engate dos colmos no equipamento, necessitando-se, para tanto, de um jogo de conectores de diâmetro variado. Embora, intuitivamente, a direção de caminhamento da solução durante o tratamento deva ser da base para o topo, às vezes, devido à dificuldade em realizar os engates, se torna necessário inverter essa orientação, sem que, aparentemente, tal procedimento prejudique a eficiência do tratamento.

A pressão aplicada durante o tratamento não pode ser excessiva, pois para algumas espécies de bambu, sobretudo naqueles que apresentem paredes de pequena espessura, pode ocorrer a ruptura longitudinal do colmo. Geralmente se adotam pressões da ordem de 0,2 MPa.

Embora se possa observar em alguns minutos a presença da solução preservativa na extremidade oposta do colmo, deve-se ressaltar que os vasos se constituem no principal meio de penetração da solução (KUMAR et al., 1994). A transferência em direção aos demais tecidos (fibras e células parenquimatosas) se constitui em um processo muito mais lento, realizando-se por difusão.

Essa dificuldade em se efetuar o tratamento preservativo não é específica do bambu. Embora a madeira apresente uma estrutura celular e porosa, várias espécies não são facilmente tratáveis. KUMAR e DOBRYIAL (1993) apresentaram cinco classes de tratabilidade da madeira, conforme a dificuldade encontrada para efetuar sua impregnação. De acordo com os autores, algumas espécies degradaram-se muito antes do previsto, podendo tal fato ser atribuído à distribuição não uniforme dos produtos químicos nas várias células, especialmente as fibras – maior constituinte de algumas madeiras duras.

Madeiras duras (dicotiledôneas ou *hardwoods*) apresentam estrutura que compreende uma larga variedade de tipos de tecidos, sendo sua estrutura mais complexa do que a estrutura das coníferas (*softwood*). Os autores precedentes apresentaram os resultados obtidos com várias espécies de madeiras indianas, destacando a influência de seus elementos anatômicos.

vasos: em espécies de madeira que apresentam vasos de pequeno diâmetro com tiloses dificilmente ocorre a penetração, podendo, tais espécies, serem enquadradas como extremamente impermeáveis. As tiloses diminuem a penetração mesmo em espécies que apresentem grande diâmetro (*como é o caso do bambu, por exemplo*); para espécies que mostram deposição nos vasos também se observou penetração moderada. Mesmo para uma das espécies analisadas, sem tiloses e depósitos, também não houve penetração.

fibras: as espécies com perfurações abundantes mostraram boa penetração. *Os vasos parecem ser a via preferencial de penetração*; espécies com tiloses e depósitos também mostraram baixa penetração nas fibras, embora existissem perfurações nas mesmas. Nesses casos os raios também apresentaram baixa penetração.

raios: os raios efetuam o transporte lateral dos fluidos e são conectados aos vasos via perfurações sendo penetrados invariavelmente onde os vasos estejam isentos de depósitos (gomas e resinas). *No caso do bambu apresenta-se mais um inconveniente – a ausência de raios.*

parênquima axial: a penetração foi proporcional àquela observada nos vasos. Para madeiras cujos parênquimas eram paratraqueais (ligados aos vasos) ocorreu uma boa conexão com os vasos via pontuações; para madeiras com parênquimas apotraqueais (não ligados aos vasos) a penetração ocorreu via fibras. *Os bambus podem ser considerados um caso a parte, pois o parênquima distribui-se de forma homogênea envolvendo os vasos e os feixes de fibras.*

Para algumas espécies de madeiras não se observou a penetração no parênquima devido à falta de comunicação com os vasos (parcialmente preenchidos por depósitos). O parênquima desempenha um papel secundário na penetração, porém de grande importância para a distribuição das tensões (WINANDY e ROWELL, 1984, citados pelos autores).

Na Figuras 1a, 1b e 1c apresentam-se exemplos da disposição anatômica dos elementos do bambu ao longo de uma seção transversal, notando-se claramente a complexidade ao se analisar o tratamento de um colmo, pois embora os vasos ocupem cerca de 10% da superfície da parede do colmo (LIESE, 1987), seus diâmetros variam significativamente ao longo da espessura. Nas camadas internas (1c) o escoamento da solução seria teoricamente mais efetivo, ao passo que, nas camadas externas (1a), seria muito mais dificultado.

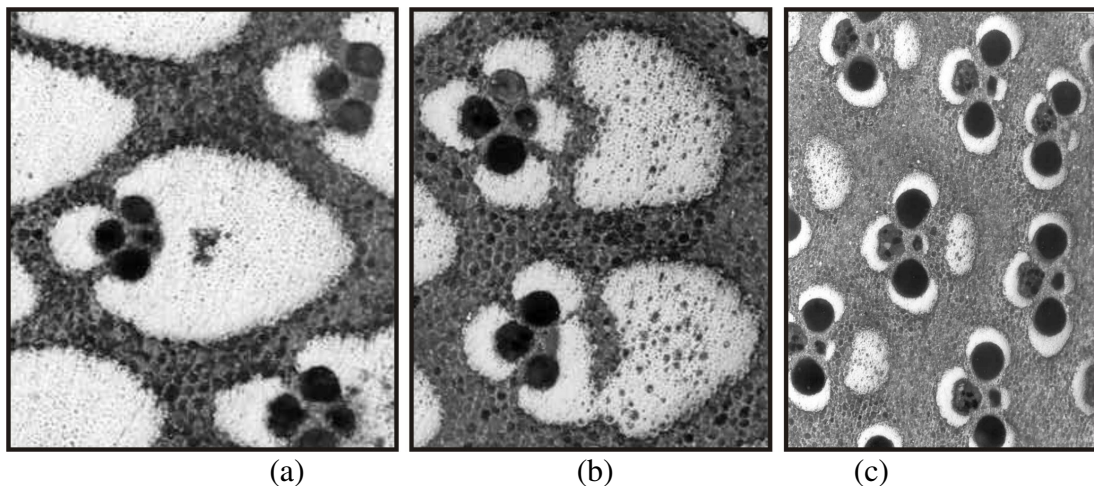


Figura 1 – Montagem de negativo de fotografia (44X) da seção transversal de *D. giganteus* indicando os elementos anatômicos: vasos (escuros), células parenquimatosas (cinza) e feixes de fibras (branco). Regiões: (a) externa – próxima da casca; (b) mediana e (c) interna.

Nas Figuras 2a e 2b apresentam-se, de forma esquemática, detalhes dos elementos anatômicos do bambu. Tratar bambu significa, então, que a solução preservativa deve penetrar nos vasos e distribuir-se (por difusão) para as células envolventes. Porém, essa transferência da solução não é tão simples de ser efetuada, avaliando-se as particularidades anatômicas das células do bambu. A maior dificuldade encontrada no tratamento químico do bambu é garantir que as células parenquimatosas (prismas de base hexagonal dispostos de uma membrana, nos quais se encontra armazenado o amido) sejam alcançadas de forma efetiva pela solução.

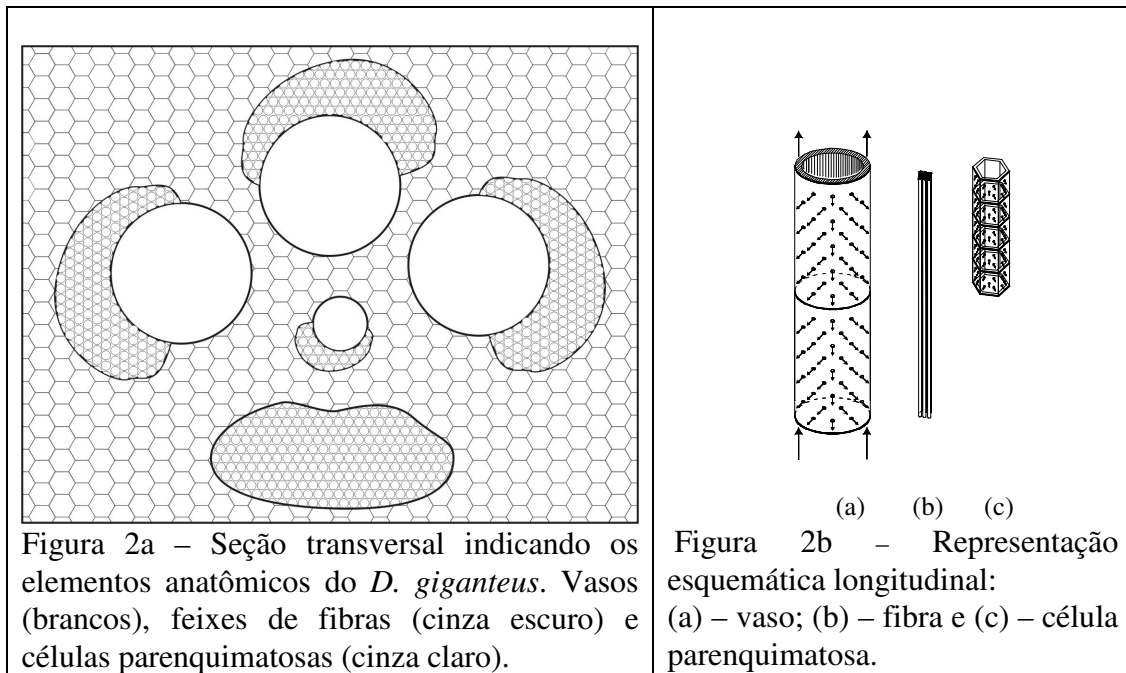


Figura 2a – Seção transversal indicando os elementos anatômicos do *D. giganteus*. Vasos (brancos), feixes de fibras (cinza escuro) e células parenquimatosas (cinza claro).

Figura 2b – Representação esquemática longitudinal: (a) – vaso; (b) – fibra e (c) – célula parenquimatosa.

LIESE (1959), citado por KUMAR et al. (1994), esclareceu que a penetração do preservativo nos tecidos envolventes aos vasos assume a maior importância, pois as regiões não-tratadas nas células parenquimatosas podem conduzir à degradação precoce do colmo.

Embora os vasos apresentem dimensões tais que favorecem a transferência da solução preservativa, principalmente quando estão situados nas camadas internas do colmo, no entanto, à medida que o colmo envelhece, ocorre a esclerose dos vasos. Nas Figuras 3 e 4 pode-se observar os elementos vasculares do bambu *Dendrocalamus giganteus*, sendo nítida a presença de bloqueios nos vasos (tiloses).

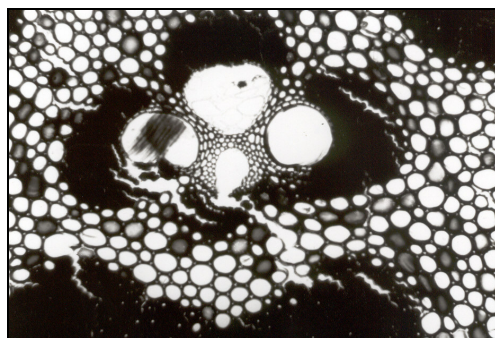


Figura 3 – *D. giganteus* (70 x)

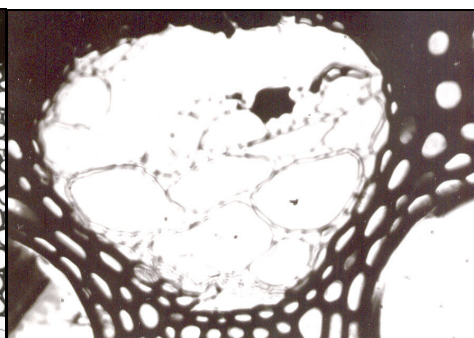


Figura 4 – *D. giganteus* (280 x)

Os colmos de bambu, mesmo quando são originários da mesma espécie, da mesma touceira e apresentam a mesma idade, podem apresentar diferenças significativas na distribuição e na dimensão de seus elementos anatômicos. Fatores tais como a posição na touceira, principalmente quanto ao nível de exposição à luz solar e, principalmente quanto à época de emergência do broto do solo, em relação aos demais, podem afetar significativamente tanto a dimensão dos elementos anatômicos do colmo (principalmente os vasos), como podem favorecer o aparecimento de uma espécie de “lenho” de reação (embora seja inexistente no bambu, conforme relatou LIESE, 1987), quando os colmos apresentam curvatura acentuada.

Sabe-se que essa anomalia, presente nas madeiras, proporciona o surgimento de células gelatinosas, além de modificar a geometria dos vasos, tornando-os mais elípticos e com seção mais reduzida (engrossamento das paredes).

Desse modo, os resultados obtidos no ensaio de retenção dos produtos químicos presentes nas soluções preservativas aplicadas aos colmos, nem sempre atendem à lógica. Por exemplo, nem sempre em tratamentos com maior duração encontra-se maior concentração de determinada substância química, que seria encontrada após outro tratamento, porém com menor duração, aplicado a colmos de mesma espécie e de mesmo comprimento. A explicação encontrada para esse aparente equívoco, refere-se às diferenças anatômicas entre os colmos, principalmente quanto às dimensões dos vasos e sua distribuição ao longo da parede do colmo (LIESE, 1985; PENNA et al., 2004).

A eficiência do tratamento sob pressão pode ser verificada por meio da análise da concentração das soluções ao longo do tempo, buscando obter-se o tempo mínimo para a estabilização da concentração. Os métodos mais usuais, no entanto, são os de análise de retenção de determinado elemento químico nas diferentes seções da madeira (ou em regiões do colmo de bambu) e por meio do processo colorimétrico (análise qualitativa), conforme relatado por TARGA et al. (2001).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Corte e tratamento dos colmos

Colmos de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus* Munro) foram cortados em maio de 2004, na Fazenda Santa Elisa, pertencente ao Instituto Agrônomo de Campinas, e subdivididos em partes com 4 m de extensão. Imediatamente aplicou-se o tratamento sob pressão (BERALDO et al., 2003) utilizando-se de um dispositivo especialmente concebido para esse fim, disponível na Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp. Apenas um dos colmos foi deixado secando ao ar durante 3 dias, para verificar o efeito da secagem do colmo na eficiência do tratamento.

3.2 Preparação das soluções preservativas

Os colmos foram separados aleatoriamente e submetidos a dois tipos de tratamento:

solução comercial **CCB** fornecida pela Montana Química (31,75% de CrO_3 , 13% de CuO e 5,25% de Boro), contendo 50% de ingredientes ativos (i.a.);

ABB - solução preparada com ácido bórico (H_3BO_3) e bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$).

Para ambas soluções foram adotadas as concentrações de 2%, 5% e 8% de ingredientes ativos.

3.3 Coleta da solução preservativa

Após o início do tratamento, em intervalos de tempo de 30 min., 90 min. e 300 min., foram coletadas amostras das soluções, posteriormente enviadas para a análise das concentrações dos elementos cromo, cobre e boro, para o caso da solução de CCB, e de boro, para a segunda solução, na empresa TASQA, situada em Paulínia – SP.

Para as soluções-referência com 5% de CCB e aquelas coletadas para a mesma concentração após durações variáveis de tratamento, também se efetuou a análise da absorbância. As soluções foram diluídas e analisadas em um espectrofotômetro, pertencente ao Centro de Biologia Molecular da Unicamp.

3.4 Análise de retenção

Amostras coletadas de três regiões do colmo (base, meio e topo) foram enviadas à Divisão de Madeiras do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT – SP. As amostras foram desintegradas em moinho e analisadas por meio do equipamento Espectrofotômetro de Absorção Atômica – Varian –SPECTRA A200.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise da solução preservativa por absorbância

Intuitivamente pode-se imaginar que quando a cor da solução de saída (efluente), observada na extremidade do colmo, for similar àquela da solução de entrada (ou solução-padrão), na base do colmo, o tratamento teoricamente teria alcançado seu objetivo (TARGA et al., 2001).

Porém, as limitações do olho humano não permitem detectar as gradações na cor da solução de forma eficiente. Desse modo, uma alternativa adotada é a análise da absorbância da solução, ao ser percorrida por um feixe de luz. Detectores especiais permitem, com precisão, detectar as diferenças de coloração entre soluções com diferentes concentrações, correspondendo, neste caso, a tempos de tratamentos variados, aplicados a um mesmo colmo de bambu. As soluções de ácido bórico e bórax (ABB) não apresentam, aparentemente, contraste de coloração, não sendo detectadas tão facilmente como no caso do CCB.

Na Figura 5 apresenta-se o resultado do ensaio de absorbância, aplicado a soluções de CCB, na concentração de 5%, coletados durante o tratamento de colmos de *D. giganteus*, com 4 m de comprimento. Observa-se que após cerca de 3 h de tratamento ocorre uma tendência de estabilização da absorbância da solução, denotando, aparentemente, que o tratamento estaria concluído.

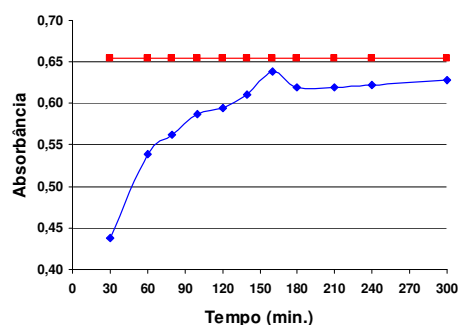


Figura 5 – Absorbância de soluções de CCB (5%) ao longo do tempo.

4.2 Análise dos elementos químicos nas soluções

Além da análise da concentração em boro (quando do uso do ABB) e para cromo, cobre e boro (quando do uso do CCB) para as soluções-testemunhas (ou referências), coletou-se, após determinados intervalos de tempo, alíquotas das soluções emergentes na extremidade dos colmos de bambu.

4.2.1 Ácido Bórico e Bórax (ABB)

Na Figura 6 apresentam-se as concentrações em boro, obtidas da solução-testemunha (Ref. – concentração teórica de 5%) e provenientes daquelas coletadas ao final dos tratamentos dos colmos após as durações de 30 min., 60 min. e 90 min. Observa-se que a solução-testemunha apresenta concentração de 5,8 g/L; quanto às demais soluções nota-se claramente o aumento na concentração de boro à medida que aumenta a duração do tratamento, sendo de 4,32 g/L (para 30 min.), 4,60 g/L (para 60 min.) e de 4,84 g/L (para 90 min.). De acordo com KUMAR et al. (1994), o boro se difunde de forma mais efetiva do que o cromo e o cobre.

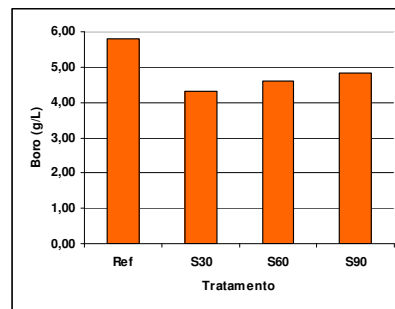


Figura 6 – Concentração de boro, em soluções de ABB (5%), para tempos de tratamento de 30 min., 60 min. e 90 min.

4.2.2 Cromo, Cobre e Boro (CCB)

Na Figura 7 apresentam-se os resultados das concentrações das substâncias componentes da solução-testemunha (CCB a 5%), e daquelas referentes à solução coletada após 3 h de tratamento. Observa-se que as concentrações tenderam a se aproximar do valor da concentração-testemunha. Para o cobre, cromo e boro, foram alcançados 83%, 93% e 89%, respectivamente, das concentrações iniciais de cada elemento. Ora, tais valores indicam as concentrações das substâncias na extremidade (topo) do colmo. Desse modo, de acordo com os resultados observados nas análises anteriores, pode-se concluir que esse colmo, em particular, pode ser considerado como adequadamente tratado, visto que a concentração nas demais regiões (mediana e base) deveria ser, teoricamente, superior àquela detectada na presente análise.

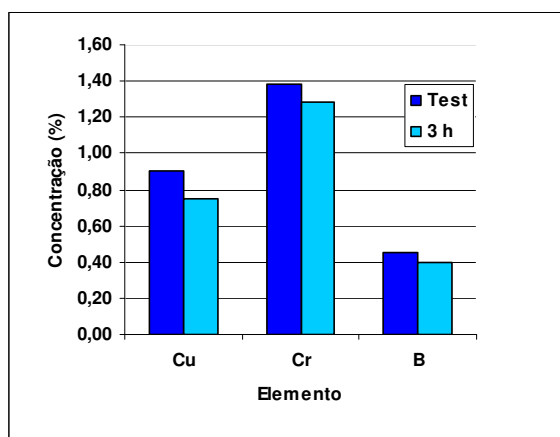


Figura 7 – Concentração dos elementos químicos originais constituintes do CCB (a 5%) e coletados após 3 h de tratamento.

4.3 Análise da retenção dos ingredientes ativos (i.a.) contidos em regiões do colmo, por meio de espectrofotometria de absorção atômica

Os resultados obtidos foram muito inferiores àqueles prescritos pela NBR 8456 para postes de madeira (da ordem de $9,6 \text{ kg/m}^3$ de i.a.). Embora na literatura específica sobre bambu também se relatem retenções elevadas (KUMAR et al., 1994), no presente trabalho tal fato não pôde ser observado. Considerando que as análises anteriores de absorbância e de concentração dos elementos nas soluções foram coerentes com a expectativa, pode-se concluir, de uma forma geral, que os colmos utilizados no presente experimento foram altamente refratários à preservação na direção radial, ou que a duração do tratamento tenha sido insuficiente.

4.3.1 CCB

Nas Figuras 8a e 8b apresentam-se os resultados da análise de retenção de ingredientes ativos (i.a.), em três regiões do colmo (base, meio e topo), para a espécie *D. giganteus*. Os colmos foram tratados com solução de CCB (Cromo, Cobre e Boro) a 5% de concentração, para durações de tratamento de 300 min., 90 min. e 40 min.

As hipóteses a serem verificadas deveriam ser:

a) duração do tratamento: quanto maior fosse o tempo de tratamento (considerando-se que os colmos fossem absolutamente idênticos), maior deveria ser a quantidade de ingredientes ativos detectados nas correspondentes regiões do colmo (base, meio e topo). Como pode se observar, considerando-se apenas a região basal do colmo, essa análise relativamente simplista dependeu também do elemento químico considerado: a concentração de cromo (CrO_3) atendeu a essa expectativa, apresentando concentrações de $1,5 \text{ kg/m}^3$, $1,3 \text{ kg/m}^3$ e $1,0 \text{ kg/m}^3$, para as durações de 300 min., 90 min. e de 40 min, respectivamente.

Para o cobre (CuO), no entanto, não se observou diferença para as durações de 300 min. e de 90 min., ambas apresentando concentração de $0,6 \text{ kg/m}^3$. Porém, essa concentração foi superior àquela obtida no tratamento de 40 min. de duração, cuja concentração foi de $0,5 \text{ kg/m}^3$. Aparentemente o cobre estabiliza mais rapidamente do que o cromo.

Quanto ao boro (B), não se evidenciou diferença entre os diferentes tempos de tratamento (300 min., 90 min. e 40 min.), pois ao final dos mesmos se obteve a mesma concentração de $0,5 \text{ kg/m}^3$. Aparentemente, o boro apresentou maior mobilidade durante o tratamento, quando foi analisada a região basal do colmo, confirmando os resultados obtidos por KUMAR et al. (1994).

b) efeito da posição de amostragem: devido à proximidade da base com os conectores metálicos do equipamento utilizado para a preservação dos colmos e a maior interconexão dos elementos anatômicos responsáveis pela condução da seiva, teoricamente a passagem da solução preservativa é mais eficiente nessa região do colmo, diminuindo gradativamente à medida que se caminha em direção ao topo do colmo. Porém, se as concentrações encontradas forem independentes da posição, isso aparenta ser um indicativo de que, teoricamente, atingiu-se o tempo ideal para o tratamento daquele colmo de bambu.

Observou-se, igualmente, que ocorreu essa tendência quando se analisou o tratamento com duração de 300 min. A concentração de cromo foi similar, independentemente da região considerada (base, meio ou topo); para o cobre, embora a região do meio (B300) apresente concentração ligeiramente superior ($0,7 \text{ kg/m}^3$) às demais ($0,6 \text{ kg/m}^3$), pode-se atribuir tal fato a erros experimentais, ou em consequência de aspectos anatômicos do colmo tratado, culminando com variações que não foram analisadas quanto à espessura da parede na região considerada. A mesma hipótese se aplica ao caso do boro, pois a sua concentração na região mediana do colmo foi de $0,5 \text{ kg/m}^3$, ligeiramente inferior àquelas encontradas nas demais regiões (da ordem de $0,6 \text{ kg/m}^3$). Baseado no resultado dessas análises e para as condições operacionais adotadas, pode-se considerar que essa duração de tratamento (300 min.) seja suficiente para proporcionar uma deposição homogênea das substâncias preservativas no colmo do bambu, porém sem garantir que a mesma homogeneidade se aplique na direção radial. Essa mesma tendência não foi observada para o tratamento com 90 min. de duração. Para o boro as concentrações obtidas no meio e no topo foram similares ($0,2 \text{ kg/m}^3$) e para os demais, de forma inesperada, as concentrações no topo foram ligeiramente superiores àquelas na região mediana. A heterogeneidade da retenção dos elementos químicos, ao longo da altura, também havia sido relatada por TARGA et al. (2001), ao investigar a distribuição de CCB em postes de *Pinus oocarpa*.

Para o tempo de tratamento de 40 min., a concentração de cobre não pareceu seguir a tendência verificada nas análises anteriores, sendo o menor valor apresentado pela região mediana (M40).

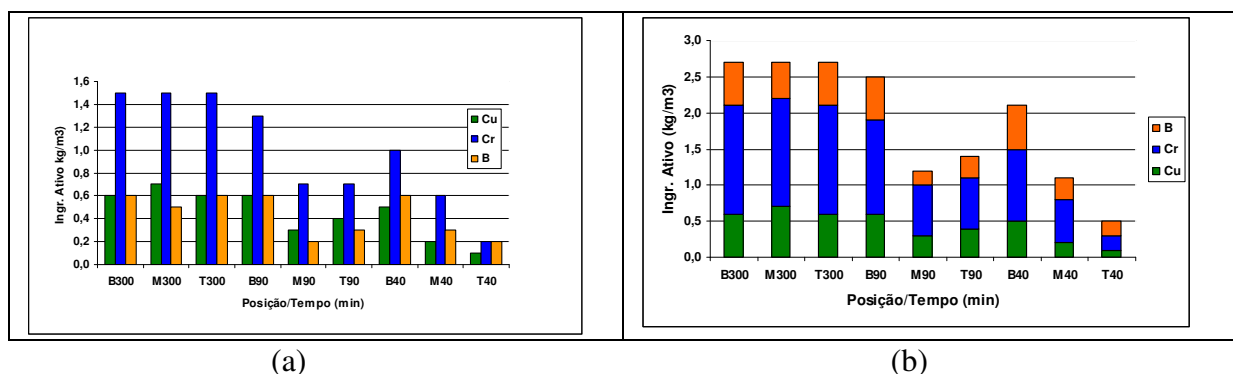


Figura 8 – (a) Ingredientes ativos em partes do colmo do bambu, para tratamentos (5% de CCB) com durações de 300 min., 90 min. e 40 min. (b) Ingredientes ativos acumulados. Legenda: B = Base; M = Meio; T = Topo.

Buscando-se eliminar o efeito da posição de amostragem ao longo do colmo, foram comparados diversos tratamentos combinando concentrações e tempos diferentes aplicados apenas à região mediana dos colmos (Figura 9). Apenas para o tempo de tratamento de 90

min. foram obtidos resultados coerentes com a expectativa, ou seja, a concentração dos ingredientes ativos foi mais elevada quanto mais concentrada era a solução original. Esse fato foi verificado para os três elementos químicos analisados. Para o tempo de tratamento de 40 min., apenas a concentração de cobre (CuO) obedeceu ao esperado. A concentração de boro mostrou-se mais reduzida quando do uso de concentração a 8% do que a 5%. No entanto, o fato de maior destaque referiu-se à elevada concentração de chromo, para o tratamento 8-40 (da ordem de $2,1 \text{ kg/m}^3$), superior àquelas relatadas na Figura 8, considerando-se um tempo de tratamento muito superior (300 min.). Novamente deve ser lembrado de que se tratam de colmos diferentes, nos quais aspectos anatômicos podem ter influenciado de forma significativa o escoamento ao longo dos vasos, principalmente.

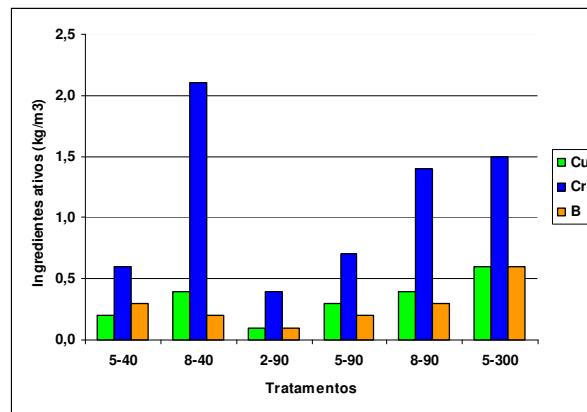


Figura 9 – Ingredientes ativos detectados na porção mediana dos colmos em função das concentrações (2%, 5% e 8%) e dos tempos de tratamento (40 min., 90 min., 300 min.).

Nas Figuras 10a e 10b apresentam-se fotos de microscopia eletrônica de varredura realizadas no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS). Nota-se a presença de grânulos de amido não-tratados e a deposição de sais em um elemento de vaso (Figura 10a) e na Figura 10b o contraste entre a dimensão das aberturas na parede do vaso ($4 \mu\text{m}$) com um bloco de sal ($40 \mu\text{m}$).

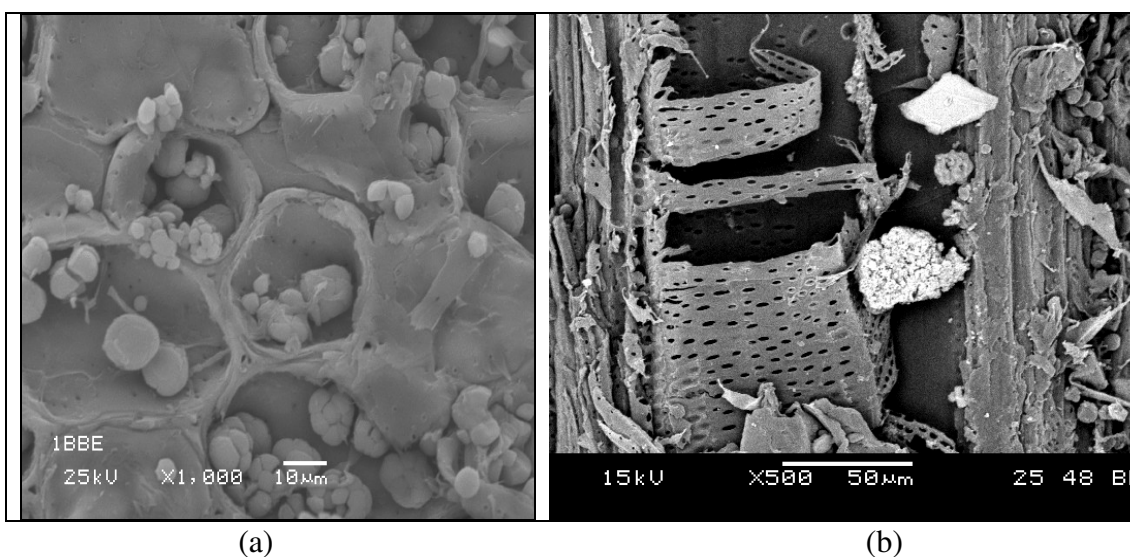


Figura 10 – (a) Imagem por elétrons retro-espalhados de uma amostra não polida de seção transversal de amostra de bambu (Base do colmo - 5% de CCB - 90 min.).

A solução de CCB utilizada continha 31,75% de CrO_3 , 13% de CuO e 5,25% de Boro, de acordo com a Montana Química. Ou seja, adotando-se o cromo como unidade, tem-se, em relação ao cobre e ao boro, a razão em massa de: $1 : 0.409 : 0.165$. Nas Figuras 11a, 11b e 11c apresentam-se as razões obtidas entre os elementos químicos ao analisar as amostras de bambu tratadas. Pode ser confirmada a maior mobilidade do boro e a relativa estabilidade do cobre em relação ao cromo.

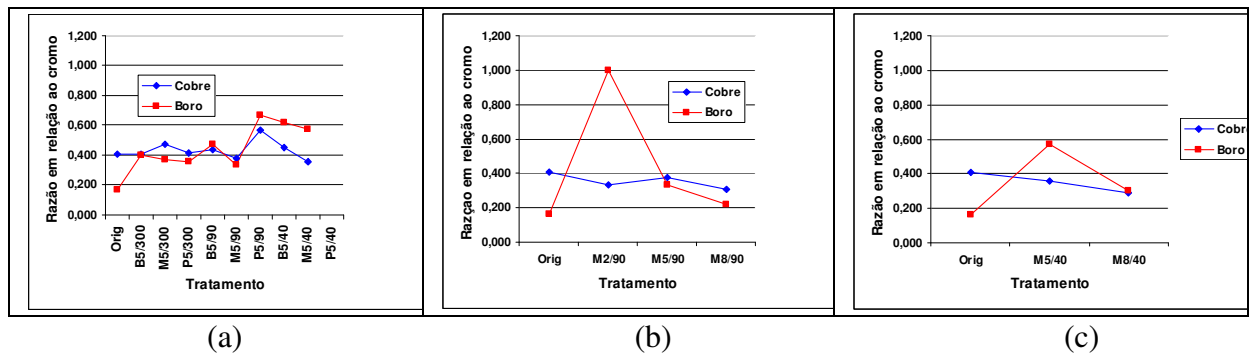


Figura 11 – Razão entre as massas de cromo (unitária) e as de cobre e boro. (a) Efeito da posição e da duração para tratamentos com 5% de concentração; (b) Efeito da concentração para tratamentos com 90 min. de duração para a região mediana do colmo; (c) Efeito da concentração pra tratamentos com 40 min. de duração para a região mediana do colmo.

4.3.2 ABB

Na Figura 12 apresentam-se os resultados das concentrações em boro, obtidas quando do uso da solução de ácido bórico e bórax (ABB), para soluções com concentrações de 8%, 5% e 2% e tempos de tratamento de 90 min. e 40 min, respectivamente.

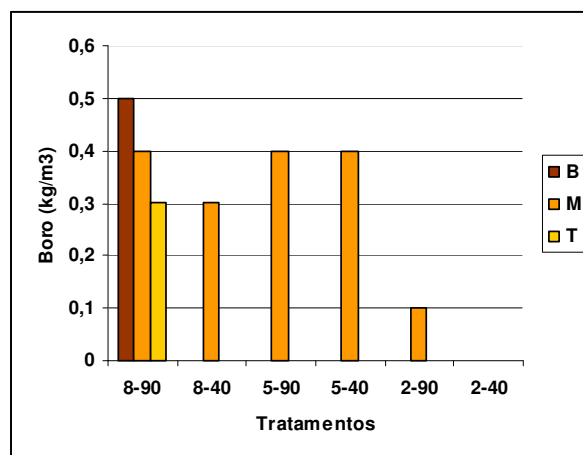


Figura 12 – Retenções de boro para soluções com concentrações de 2%, 5% e 8% e tempos de tratamento de 40 min. e 90 min. Legenda: B = base; M = meio; T = topo.

Apenas para o tratamento 8-90 (concentração de 8% e tempo de tratamento de 90 min.) efetuou-se a comparação da concentração de boro ao longo da posição de amostragem (base, meio e topo). Os resultados obtidos indicam que a concentração é mais elevada quanto mais próxima está a região do colmo em relação à conexão com o equipamento, conforme teoricamente deveria ocorrer quando a duração do tratamento ainda não tenha sido suficiente,

mostrando concentrações de boro de $0,5 \text{ kg/m}^3$, $0,4 \text{ kg/m}^3$ e $0,3 \text{ kg/m}^3$, para as regiões da base, meio e topo, respectivamente.

A comparação entre as concentrações de boro obtidas nas regiões medianas do colmo indicou não haver diferença entre os tratamentos 8-90, 5-90 e 5-40, para os quais a concentração de boro foi da ordem de $0,4 \text{ kg/m}^3$. No entanto, tratamentos com 2% de concentração da solução se mostraram claramente inadequados, visto que a concentração de boro foi da ordem de apenas $0,1 \text{ kg/m}^3$, para o tratamento 2-90. Por sua vez, não foi possível detectar a presença do boro após aplicar-se o tratamento 2-40. Esse fato demonstra que é ineficiente o tratamento do bambu efetuado em concentrações muito baixas (de 2%), principalmente quando são combinadas com tempos de tratamento muito reduzidos (de até 90 min.).

4.3.3 Efeito da secagem dos colmos

O método Boucherie modificado foi concebido para ser aplicado a colmos recém-cortados. Porém, em processamentos industriais visando o tratamento de quantidades significativas de colmos de bambu, podem ocorrer contratempos que acabam impedindo que os colmos sejam tratados conforme recomenda o método citado.

Na Figura 13 apresenta-se o resultado da concentração de boro detectado na região mediana de colmos de bambu, após os colmos sofrerem secagem ao ar livre durante três dias. Foram utilizadas soluções de CCB e ABB, ambas a 5%, com duração de tratamento de 40 min. Para a solução de ABB, observou-se que a concentração de boro reduziu-se à metade quando comparado o colmo verde com aquele secado durante três dias. Para o CCB o efeito foi ainda mais drástico: simplesmente não foi possível detectar o boro no colmo submetido à secagem.

Durante a secagem do colmo, praticamente realizada ao longo do seu eixo principal, e, preferencialmente, ao longo da conexão entre os vasos, ocorre movimentação ascendente da seiva, a qual, também, contém materiais sólidos em suspensão. Esses materiais, ao secarem dentro dos vasos, constituem-se em obstáculos à penetração da solução preservativa (KUMAR et al., 1994), principalmente quando a pressão aplicada pelo equipamento ou o tempo de tratamento aplicado forem insuficientes.

Embora os resultados obtidos devam ser avaliados com precaução, pois a amostragem de colmos foi insuficiente, pode ser vislumbrada a necessidade, em caso de impossibilidade de tratamento de colmos de bambu logo após o seu corte, de que sejam adotadas ações que impeçam a secagem rápida do colmo. Por exemplo, imergindo os colmos em água ou, então, dificultando a evaporação precoce da umidade por meio da obstrução das extremidades do colmo com parafina ou material similar.

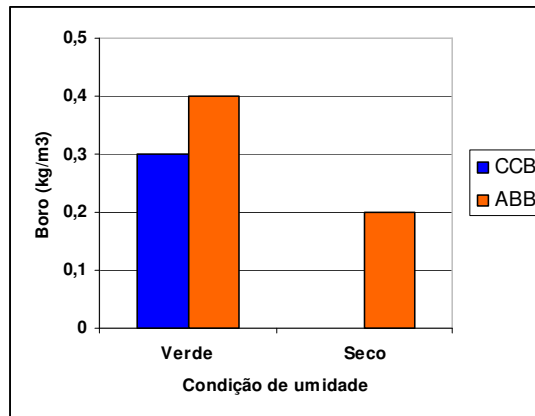


Figura 13 - Concentração de boro em soluções a 5% e tempo de tratamento de 40 min., para a região mediana do colmo de bambu secado durante três dias.

5. CONCLUSÕES

O tratamento químico do bambu por meio do Método Boucherie Modificado mostrou grande facilidade de execução com a utilização de um equipamento específico para esse fim. As análises de absorvância e de concentração de cromo, cobre e boro (para a solução de CCB) e de boro (para a solução de ácido bórico e bórax) permitiram detectar a duração necessária para ocorrer a estabilização do tratamento. No entanto, a análise de retenção desses elementos ao longo do colmo indicou valores muito limitados de retenção dos elementos químicos, o que teoricamente inviabilizaria o tratamento do bambu, caso fosse o mesmo comparado com as exigências de retenção mínima para madeiras. A hipótese mais provável é que ocorram “poços” de deposição dos produtos preservativos, sobretudo nos vasos de maior diâmetro, situados nas camadas mais internas do colmo, e, por sorte, considerada a região mais vulnerável devido a maior concentração de amido nas células parenquimatosas.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsas, à FAPESP pela liberação de recursos para a montagem do dispositivo para o tratamento dos colmos de bambu, à Montana Química pela doação do CCB, ao LNLS pelo uso de suas instalações e ao IPT e à empresa TASQA pela execução das análises químicas. Um agradecimento especial ao IAC, na pessoa do Dr Anísio Azzini, pela doação dos colmos do bambu e pelo apoio técnico para a realização dessa pesquisa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1973). **Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição de energia elétrica**. Especificação: NBR 8456, Rio de Janeiro, 25p.

AWPA – AMERICAN WOOD PRESERVERS’ ASSOCIATION – Standard A11-93 – Standard Methods for Analysis of Treated Wood and Treating Solutions by Atomic Absorption Spectroscopy.

BSI – BRITISH STANDARDS – BS 5666:Part 3:1991 – Methods of Analysis of Wood Preservatives and Treated Timber.

BERALDO A. L.; AZZINI A.; CASCARDO C. R.; RIBEIRO C. A. (2003). **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. CD-ROM.

HIDALGO LOPEZ O. (2003). Bamboo: the gift of the Gods. D´vinni Ltda, Bogotá, Colômbia, 553p.

KUMAR S.; DOBRIYAL P. B. (1993). Treatability classification of hardwoods. **Wood and Fiber Science**, v. 25, n.2, p. 192-197.

KUMAR S.; SHUKLA K. S.; DEV T.; DOBRIYAL P. B. (1994). **Bamboo preservation techniques: a review.** International Network for Bamboo and Rattan and Indian Council of Forestry Education. 30p.

LIESE W. **Bamboos – Biology, silvics, properties, utilization.** (1985). GTZ. 132p.

LIESE W. Research on bamboo.(1987). **Wood and Science Technology**, v. 3, n. 21, p. 189-209.

PENNA J. E.; KARSTEDT P. T. H.; PENNA E. S. (2004). **Principais tipos de células para a preservação de *Bambusa tuldoides* Munro na indústria de móveis e bambuserias.** Anais do IX Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. CD-ROM. Cuiabá, MT. 2004.

TARGA L.A.; BALARIM C. R.; BALLARIN A. W.; ZECA FILHO A. Preservação de postes de madeira de Pinus. (2001). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal. v. 21, n. 2, p. 111-120.