

# **MÉTODO DE TRATAMENTO TÉRMICO BI-ÓLEO APLICADO AO BAMBU**

**Aluno: Giselle Lemos Amorim de Cerqueda Pimentel**  
**Orientador: Khosrow Ghavami**

## **Introdução**

Os bambus são gramíneas gigantes, pertencentes à família Poaceae e a subfamília Bambusoide formando parte da ordem graminales, da classe Monocotyledoneae que é uma divisão das Angiospermae [1]. O bambu pode ser encontrado em todos os continentes, à exceção da Europa, desenvolvendo-se em toda zona tropical da terra e parte da zona subtropical. Mais de 1600 espécies de bambu existentes no mundo, 440 espécies são nativas da América, 1000 espécies estão localizadas na Ásia e Oceania e uma parcela muito pequena pertence à África [2].

A utilização do bambu é bastante disseminada em todo mundo, principalmente nos países asiáticos. Japoneses, chineses e indianos utilizam essa extraordinária planta há milhares de anos. Em certas regiões, o bambu é considerado uma planta sagrada, tais são os benefícios que ela proporciona. Na América do Sul, a Colômbia destaca-se como o país que mais investe na utilização do bambu em construções. No Brasil, até agora o bambu não recebeu a atenção merecida, pois ainda existe uma ideologia de associar essa planta à miséria e a pobreza, além de serem desconhecidas suas características agrônômicas e tecnológicas. O bambu é utilizado no meio rural como tutor para plantas, demarcação de curvas de nível, cercas, estrados, comedouros, esteiras, cestos, forros, proteção de terrenos, quebra-vento, controle de erosão, carvão, drenagem, condução de água, alimentação, lazer.

O bambu é a planta de maior crescimento na Terra, de fácil adaptação ao clima tropical, contribui na redução de CO<sub>2</sub>, requer pouca energia para a própria produção e altamente resistente, leve e barato. Logo, o mesmo vem sendo utilizado como material ecológico não convencional na construção civil de forma sustentável [3]. Desde 1979, no Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio, o prof. Ghavami e o seu grupo de pesquisa vêm estudando a utilização do bambu e fibras de coco, sisal como materiais alternativos de baixo custo empregados na construção, principalmente no que diz respeito a utilização do bambu para substituir o aço nas estruturas de concreto e estruturas espaciais [4] [5] [6].

O bambu, apresenta inúmeras vantagens, tais como [7]:

- baixa energia de produção se comparada a outros materiais como aço, concreto e madeira, resultando em baixo custo
- grande produtividade por bambuzal
- baixo peso específico, o que reduz o custo de sua trabalhabilidade e transporte
- forma tabular acabada, estruturalmente estável e com diversas aplicações construtivas, inclusive tubos hidráulicos
- resistência mecânica compatível com os esforços solicitantes a que estaria submetida em estruturas adequadamente dimensionadas.
- vida útil dentro das expectativas normais de vida dos materiais convencionais, relativamente às condições ambientais onde é utilizado, seja ao ar livre ou envolvidos por outros materiais.

- rapidez de crescimento, disponibilidade em várias regiões, grande número de gêneros e espécies, facilidade de corte e de transporte, possibilidade de combinação com outros materiais, alta resistência à tração, aproveitamento total sem deixar resíduos.

Apesar de muitas vantagens, os bambus para fins construtivos, geralmente precisam ser tratados com conservantes para melhorar sua resistência contra patógenos. Por isso, é altamente apropriado desenvolver novas técnicas de conservação do bambu, demonstravelmente seguros para a saúde e ao meio ambiente, que sejam economicamente viáveis e que cumpram os elevados padrões de proteção exigidos para a utilização a longo prazo.

Em muitos usos, o bambu é passível de ser atacado por organismos xilófagos, como os carunchos úmidos, secos e moles. Por isso, é essencial a aplicação de conservantes de madeira para alcançar o desempenho desejado. É preciso mencionar que conservantes de madeira são ingrediente(s) ativo(s) ou preparação(ões) contendo ingrediente(s) ativo(s), da forma que eles são colocados no mercado, com base nas propriedades do(s) seu(s) ingrediente(s) ativo(s), tem a intenção de prevenir o ataque de organismos que destroem ou desfigurem a madeira como fungos, insetos e brocas marinhas.

Futuramente, a preservação convencional de bambu continuará usando novos biocidas que serão considerados ambientalmente mais aceitáveis do que as fórmulas tradicionais. Ainda parece que a forma preferida de tratamento de madeira continua sendo a convencional. Entretanto, a forma convencional de tratamento está em decadente pressão devido a considerações ambientais. Existe um aumento geral no desejo de se desenvolver métodos de proteção da madeira que são demonstravelmente seguros para a saúde e ao meio ambiente, que proporciona os elevados padrões de proteção exigidos para a utilização a longo prazo e que são economicamente viáveis para uso geral. Dependendo de sua utilização final, a madeira precisa de boa durabilidade, estabilidades dimensional, aparência, resistência ao ataque de insetos, resistência mecânica, rigidez, dureza, baixa inflamabilidade e aderência a cola e tinta.

Três áreas têm sido identificadas como tendo o potencial de produzir novos métodos para aumentar a durabilidade e desempenho do bambu enquanto evitando o uso de biocidas convencionais para preservação de madeiras: modificação enzimática, modificação química e modificação térmica.

Resultados iniciais da modificação térmica demonstraram que a penetração na madeira melhorou consideravelmente, mas os resultados foram muito variáveis. Também, esse método é caro e complexo, e não foi desenvolvido em escala industrial.

Muitas melhorias são apresentadas na modificação química, como aumento da estabilidade dimensional, resistência a ataques biológicos e ao intemperismo, e melhoria das propriedades acústicas. No entanto, algumas das outras propriedades desejáveis do bambu podem ser alteradas ou perdidas por essa modificação. Os resultados de produtos de madeira tem mostrado redução da resistência à tração e redução da elasticidade.

A modificação térmica do bambu em um ambiente restrito induz a formação de estruturas de coesão entre os componentes da parede celular, alterações químicas e em certa medida à degradação. O tratamento térmico também escurece o bambu, embora a densidade permanece quase inalterada.

Fumegar ou aquecer o bambu em um estado comprimido aumenta a dureza, mas resulta em ligeiras reduções em outras propriedades mecânicas. Também produz um ligeiro escurecimento da cor e ausência de recuperação do conjunto.

Usar o óleo para transferir calor para a madeira e protegê-la de danos em altas temperaturas tem sido utilizado em uma série de tratamentos simples na PUC-Rio. Do ponto de vista ambiental, óleos vegetais naturais tendem ser melhores em relação ao óleo quente na

madeira. Além disso, há uma melhoria nas propriedades físicas e químicas do bambu ao fazer o tratamento com óleos vegetais naturais.

### **Objetivos**

Este projeto tem o objetivo de estudar, utilizar e analisar o processo térmico bi-óleo, recentemente testado com sucesso em madeira como alternativa ao tratamento químico, para tratar e conservar bambus contra patógenos e umidade de forma economicamente interessante. Pretende-se também promover o desenvolvimento de um processo ambientalmente amigável para o tratamento de bambu.

### **Metodologia**

Os processos de modificação térmica têm sido estudados por vários anos na PUC-Rio. Eles podem aumentar significativamente a estabilidade dimensional do bambu, destruindo zonas higrofílicas. O tratamento é realizado em uma temperatura maior do que 230 °C, que modifica as moléculas que atraem os insetos para se alimentarem do amido presente. Esta alteração é acompanhada pela liberação de repelente ou mesmo compostos tóxicos. Isso melhora a resistência do bambu a alguns ataques biológicos. No entanto, este reduz a sua resistência mecânica tornando o material frágil e consequentemente restringindo o seu uso para aplicações não-estruturais. Na maioria dos casos, a modificação térmica utiliza instalações caras (autoclaves específicas ou reatores), um preparo cuidadoso e calibrado de matérias-primas e um complexo sistema de controle, fazendo com que esse processo seja economicamente desinteressante. Estes fatores resultam em um desempenho de tratamento muito variável, o que tem impedido o avanço da tecnologia até agora.

Na França, um processo térmico bi-óleo simples foi desenvolvido recentemente com a intenção de deixar a madeira mais estável e menos sensível quando usada no exterior [8]. Ao contrário do processo descrito no parágrafo anterior, não há necessidade do uso de autoclaves neste processo. As principais vantagens desse processo são:

- é um método simples a pressão atmosférica;
- pode-se usar madeira verde, pois uma rápida desidratação ocorre na primeira etapa;
- uma profunda impregnação é alcançada;
- o equipamento é simples de usar e não é caro;
- pode-se utilizar óleo vegetal reciclado.

Como as propriedades da madeira são muito semelhantes as do bambu, o processo térmico bi-óleo também pode ser utilizado em bambu. Esse experimento pode ser executado nas escalas piloto e industrial. Além disso, esse processo é realizado à pressão atmosférica e utiliza dois simples banhos de óleo.

Primeiramente, deve-se preparar as amostras de bambu nos tamanhos apropriados para ensaios mecânicos desejados. O primeiro estágio do processo consiste em mergulhar as peças de bambu em um banho de óleo de colza quente entre 110°C e 200°C (geralmente próximo a 140°C) por aproximadamente 10 minutos. Durante esta fase, a pressão aumenta dentro das células da madeira devido à alta umidade e temperatura. Quando um sólido poroso, como o bambu, é aquecido, a água em seus lúmens (cavidades) vaporiza, a partir do exterior da madeira até o seu interior [9]. No final desse primeiro estágio, dependendo do tempo de mergulho, a amostra pode conter um volume significativo de vapor.

Então, a amostra é rapidamente transferida para o segundo banho à temperatura ambiente, permanecendo lá por 10 minutos. Quando o material esfria, o vapor de água em seu interior se condensa, criando um vácuo que faz com que o óleo de tratamento do banho se impregne profundamente na madeira [10]. Como a intenção dessa segunda fase é o tratamento do bambu, o óleo pode ser adicionado junto com algum tipo de pesticida.

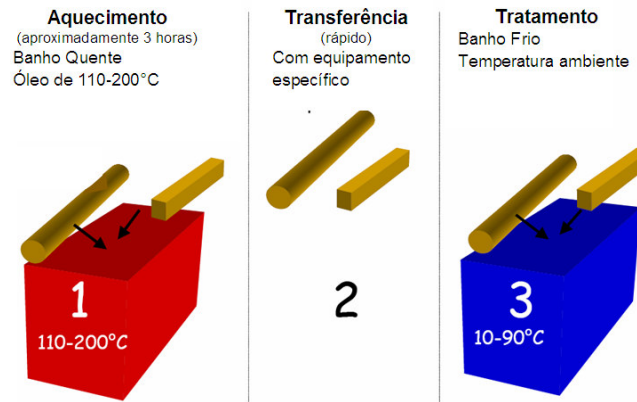
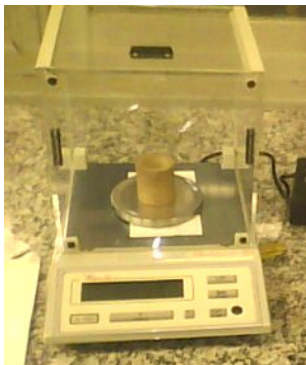


Figura 1. Esquema do tratamento térmico bi-óleo.

Nesse projeto, foram escolhidas as espécies de bambu *Dendrocalamus giganteus* e *Phyllostachys heterocycla pubescens* e foram preparadas amostras para ensaios de tração e compressão. Para a primeira espécie, foram preparadas amostras de compressão de dois diâmetros diferentes. Todas as amostras foram numeradas e pesadas antes do tratamento. No primeiro banho utilizou-se o óleo de colza (conhecido como canola) e para o segundo, o óleo de linhaça. Utilizou-se uma placa aquecedora retangular de alumínio de 1100 watts da marca Quimis, uma balança de precisão, objetos de medição, duas panelas de alumínio de 40 litros cada e confeccionou-se uma espécie de gaiola de alumínio para transferir as amostras de um banho para outro. Após o tratamento, todas as amostras ficaram 24 horas sobre folhas de jornal para escorrer o excesso de óleo e novamente pesadas.



Figuras 2, 3 e 4. Uma amostra sendo pesada, gaiola de alumínio e panelas.



Figuras 5, 6 e 7. Peças nos primeiro e segundo banhos de óleo e as mesmas após tratamento.

### Conclusão

Verificou-se que após 7 minutos em banho quente, 3 amostras para compressão de *Dendrocalamus giganteus* trincaram. As amostras que estavam na vertical, após 3 minutos começaram “borbulhar” na sua extremidade superior. No final de todo o processo, das 6 amostras para compressão de *Dendrocalamus giganteus*, apenas uma não trincou e das amostras de *Phyllostachys heterocycla pubescens*, nenhuma trincou, assim como todas as amostras para tração. Não houve mudança significativa nas alturas das peças. As tabelas abaixo mostram os valores antes e depois do tratamento.

Compressão					
Espécies	Nº	Altura (cm)	Peso (g)(antes)	Peso (g)(após 24h)	Trinca (mm)
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	1	7,8	109,321	107,570	1,5
	2	8,2	119,554	118,018	1,5
	3	7,5	106,880	104,552	11
	4	8,0	115,800	113,360	N/A
	5	7,9	110,719	108,827	9
	6	7,6	105,759	103,279	1,5
<i>Phyllostachys heterocycla pubescens</i>	7	1,6	1,973	1,969	N/A
	8	1,9	2,268	2,269	N/A
	9	1,8	2,216	2,214	N/A
	10	1,8	2,059	2,050	N/A
	11	1,9	2,210	2,209	N/A
	12	1,9	2,202	2,200	N/A
	13	4,2	22,048	22,061	N/A
	14	4,4	23,864	24,041	N/A
	15	4,1	22,173	21,908	N/A
	16	4,3	22,642	22,583	N/A
	17	4,2	22,427	22,319	N/A
	18	4,1	21,926	21,808	N/A

Tração			
Espécies	Nº	Peso (g)(antes)	Peso (g)(após 24h)
<i>Dendroclamus giganteus</i>	1	4,601	4,659
	2	4,484	4,400
	3	4,537	4,595
	4	4,570	4,708
	5	4,316	4,579
	6	4,637	4,948
	7	4,359	4,609
	8	4,355	4,583
	9	4,434	4,530
	10	4,818	4,948
	11	4,309	4,349
	12	4,683	4,010
<i>Phyllostachys heterocycla pubescens</i>	13	3,690	4,114
	14	3,412	3,753
	15	3,397	3,672
	16	3,271	3,435
	17	3,634	3,889
	18	3,299	3,627
	19	3,375	3,728
	20	3,260	3,574
	21	3,633	3,940
	22	3,607	3,880
	23	3,583	3,879
	24	3,721	3,061

O processo de tratamento térmico bi-óleo reduz significativamente a umidade do bambu. Esse tipo de tratamento não evita que brocas ou cupins perfurem o bambu, no entanto eles não conseguem sobreviver no mesmo, evitando uma grande destruição do material. Esses resultados já são consideravelmente empolgantes comparando com nenhum tratamento ou o uso de pesticidas nocivos a saúde humana e ao meio ambiente. Ainda faltam fazer muitas análises e pesquisa desse experimento.

Existe considerável pressão social e ecológica no método proposto de preservação do bambu que envolve profunda evolução na regularização global com relação à aplicação de biocidas. Por isso, é altamente apropriado pensar a longo prazo sobre a proteção do bambu examinando o potencial de novas técnicas de conservação, capazes de melhorar a durabilidade do bambu e o respeito ao meio ambiente.

## Referências

- 1 - GHAVAMI, K.; MARINHO, A.B. Determinação das propriedades dos bambus das espécies: *Mosó*, *Matake*, *Guadua angustifolia*, *Guadua tagoara* e *Dendrocalamus giganteus* para utilização na engenharia. 1 ed. Rio de Janeiro:RMNC do departamento de engenharia civil da PUC-Rio, 2001, 53p.
- 2 - LOPES, O. H. Bamboo the gift of the gods, Colômbia, p.32, 2003.ISBN: 958-33-4298-X.
- 3 - GHAVAMI, K. MARINHO, A.B., “Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia*”, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, ISSN 1415-4366, Campina Grande, Pb, Brazil, Vol. 9, No. 1, pp. 107-114, 2005.
- 4 - GHAVAMI, K; and HOMBEECK, R.V., Application of bamboo as a construction material: Part I-Mechanical properties and water-repellent treatment of bamboo; PartII- Bamboo reinforced concrete beams. Proceedings of the Latin America Symposium on Rational Organization of Building Applied Low cost Housing. IPT CIB. São Paulo –Brasil, 1981, pp 49-66.
- 5- GHAVAMI, K.; Fang, H.Y. (editor). Low cost and energy saving construction materials, Lehigh: ENVO Publishing Company, v.1, 1984, 627p.
- 6 - GHAVAMI, K. Bambu: um material alternativo na engenharia. Revista Engenharia, Engenho Editora Técnica Ltda,São Paulo,n.492, p.23-27,1992.
- 7 - GHAVAMI, K.; MARINHO, A.B. Propriedades mecânicas dos colmos dos bambus das espécies: *Mosó*, e *Guadua angustifolia* para utilização na engenharia. 2 ed. Rio de Janeiro:RMNC do departamento de engenharia civil da PUC-Rio, 2002, 91p.
- 8 - SIMON, F., PODGORSKI, L., LANVIN, J-D., THÉVENON, M-F., BAILLÈRES, H., WARREN, S. PIBOLEO project: Eco Innovative process for multi-functional bi-oleothermal treatment for wood preservation and fire proofing. **Cost Action E37 Final Conference: Socio-economic perspectives of treated wood for the common European market**, Bordeaux, p. 13-22, 2008.
- 9 - GRENIER, D., BAILLÈRES, H., MÉOT J-M., LANGBOUR P., LANVIN J-D. A study of water loss and oil absorption during oleothermic treatment of wood. **Proceedings of the First European Conference on Wood Modification**. Ghent, Belgium, p. 23-32, 2003.
- 10 - GRENIER, D., BOHUON, P., MÉOT, J-M., LECOMTE, D., BAILLÈRES, H. Heat and mass transfer in fry drying of wood. **Drying Technology**, v. 25, p. 511-518, 2007.