

FOTODEGRADAÇÃO DO BAMBU (*DENDROCALAMUS GIGANTEUS* Munro) APÓS APLICAÇÃO DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA ARTIFICIAL

Eduarda Maria Bhering Prates. Engenheira Florestal. Mestranda. Brasil. SNQ 205 Bloco: E apto: 304. Asa Norte. 70843-050. Brasília, D.F. dudabhering@yahoo.com. Universidade de Brasília.

Joaquim Carlos Gonzalez. Engenheiro Florestal. Professor Doutor. Brasília, D.F., Brasil. goncalvez@unb.br. Universidade de Brasília.

Alexandre Florian da Costa. Engenheiro Florestal. Professor Doutor. Brasília, D.F., Brasil. lucate@unb.br. Universidade de Brasília.

Luiz Fernando Xavier da Silva. Engenheiro Florestal. Mestrando. Brasília, D.F., Brasil. luizxavier@unb.br. Universidade de Brasília.

Resumo

Com a crescente pressão sobre as florestas nativas e o elevado preço da madeira, a necessidade de materiais vegetais alternativos vem aumentando. Dessa forma, o bambu torna-se uma opção viável, por ser uma espécie de rápido crescimento e uma fonte renovável e de baixo custo. Essa espécie é a maior consumidora de gás carbônico do reino vegetal, garantindo assim um forte apelo ambiental e a aceitação direta da população. Além disso, possui uma alta eficiência estrutural, sendo utilizada em construções civis, principalmente na Ásia. Mesmo assim, seu uso é ainda muito subestimado. A maioria das espécies encontradas em território brasileiro é de origem asiática, como é o caso da *Dendrocalamus giganteus* (Munro) utilizada nesse trabalho. Por outro lado, a radiação ultravioleta é um dos fatores que mais prejudica a madeira em condições de uso. Esta pesquisa teve como objetivo simular e avaliar o processo de fotodegradação dessa espécie, submetida à radiação ultravioleta (UV). Para avaliação do processo foram registrados os valores das variáveis colorimétricas L^* , a^* , b^* , C e h^* , de acordo com o Sistema CIELAB 1976. Os corpos de prova de bambu foram submetidos a ciclos de radiação ultravioleta em uma câmara QUV, nos tempos de 5, 10, 20, 40, 60, 80, 120, 160 e 200 horas. A cor natural da espécie seca ao ar é 'oliva' e a alteração da cor ao longo do tempo foi classificada como muito apreciável. Os resultados mostraram que o parâmetro L^* (claridade) aumentou com tempo de exposição à radiação ultravioleta, isto é, o bambu fica mais claro com a incidência da luz, o que é um resultado muito interessante, já que é contrário a maioria das madeiras, que escurecem na presença da radiação ultravioleta.

Introdução

Com a crescente pressão sobre as florestas nativas e o elevado preço da madeira, a necessidade de materiais vegetais alternativos vem aumentando. Dessa forma, o bambu torna-se uma opção viável, por ser uma espécie de rápido crescimento e uma fonte renovável e de baixo custo (Ripper 1994). Essa espécie é a maior consumidora de gás carbônico do reino vegetal, garantindo assim um forte apelo ambiental e a aceitação direta da população. Além disso, possui uma alta eficiência estrutural.

Ainda que os múltiplos usos do bambu tenham uma larga tradição na América Latina e na Ásia, o bambu está muito subestimado (Obermann e Laude, 2004). No Brasil está localizada no estado do Acre, a maior reserva nativa de bambu do mundo, porém, seu uso é ainda pouco difundido, o que ocorre devido à falta de estudos e de mão de obra especializada para o seu manejo.

O bambu pertence à família das gramíneas (*Poaceae*), e à subfamília *Bambusoidea*. Possui aproximadamente 45 gêneros e mais de 1000 espécies espalhadas pelo mundo (Lee *et al.* 1968). A maioria das espécies encontradas em território brasileiro é de origem asiática, onde as principais são: *Bambusa tuldoides*, *Bambusa vulgaris*, *Bambusa vulgaris* var. *vittata*, *Dendrocalamus giganteus* e algumas do gênero *Phyllostachys* (Azzini *et al.*, 1997 *apud* Nascimento *et al.*, 2002). Dentre essas, Rivero *et al.* (2010), destaca a *Dendrocalamus giganteus* (Munro) como adequada para o uso estrutural. Essa espécie, comumente chamada de bambu gigante, é uma espécie entouceirante, que apresenta hastes de 24 a 40 metros de altura e 20 a 30 centímetros de

diâmetro, comprimentos dos internós de 35 a 40 cm, diâmetro dos colmos entre 10 e 25 centímetros e espessura da parede variando de 1 a 3 centímetros (Rivero, 2003; Pereira & Beraldo, 2007; INBAR s/d).

Sabe-se que a cor da madeira na maioria das espécies, mostra-se instável em condições naturais, podendo ser alterada por diversos fatores, tais como: raios solares, temperatura, teor de umidade, reações químicas de foto-oxidação e ações por organismos xilófagos. Essa instabilidade está relacionada diretamente aos seus constituintes (componentes químicos, anatômicos entre outros) que exercem grande influência na formação da cor (Gonzalez *et al.*, 2010). A ação dos raios ultravioletas provoca tanto a fotodegradação quanto a fotodescoloração da madeira, diminuindo seu tempo de vida útil. Pode-se esperar que o bambu apresente o mesmo comportamento quando exposto à intempéries. Portanto, para se utilizar o bambu em áreas externas e construções civis, devem-se realizar tratamentos contra insetos e fungos que o atacam e ainda produtos ou técnicas que o protejam do intemperismo natural. Estes tratamentos irão aumentar consideravelmente a vida útil da peça em uso. Para reduzir o período de duração e os custos destes testes em campo, para a avaliação do intemperismo, foram desenvolvidos ensaios de laboratório que o simulam e permitem estimar e comparar a durabilidade natural das madeiras de diversas espécies (Oliveira *et al.*, 1986 *apud* Silva *et al.*, 2006). Uma dessas técnicas é o envelhecimento acelerado em laboratório em uma câmara em que se aplica luz em função do tempo em temperaturas estabelecidas.

Um dos importantes parâmetros para a caracterização tecnológica da madeira é a cor, pois além de ajudar a definir o uso final da peça, a análise final da cor de qualquer produto lhe garante um padrão de qualidade de mercado exigido mundialmente. Uma das técnicas mais usadas para acompanhar essas mudanças é a colorimetria de reflectância, que tem como base o sistema CIELAB 1976 (Gouveia, 2008; Silva *et al.*, 2006; Gonzalez *et al.*, 2001; Gonzalez *et al.*, 2010; Camargos & Gonzalez, 2001).

A colorimetria é um método quantitativo que descreve numericamente cada elemento da composição de uma cor por meio de aparelhos apropriados (Mori *et al.*, 2004 *apud* Gouveia, 2008), como por exemplo o espectrofotômetro.

De acordo com Gonzalez *et al.* (2001), a claridade ou luminosidade (L^*) define a escala padrão cinza entre o branco e o preto variando de 0 (preto total) a 100 (branco absoluto). A tonalidade é dada pelas cores verde-vermelho e azul-amarelo, definidas pelas variáveis a^* e b^* respectivamente, em que seus valores encontram-se na faixa de 0 a 60 (unidimensional). A tonalidade pode ser dada também pelo ângulo do círculo, interpretada pela variável h^* . Ligam-se pontos de cores no espaço CIELAB 1976, com a origem do sistema de coordenadas. O ângulo constituído por esta reta e pelo eixo a^* é chamado de h^* . A variável C mostra o valor da saturação ou cromaticidade da cor. Os casos em que C é nulo indicam uma cor que se encontra sobre o eixo Y e é descrito com a ajuda do valor de L^* , chamando-o de cor cinza. Um valor de C muito elevado indica uma cor fortemente saturada. Quanto mais distante do eixo, mais saturada será a cor. Esta variável também apresenta valores no intervalo de 0 a 60 (unidimensional).

Essa pesquisa teve como objetivo simular e avaliar o processo de fotodegradação da espécie de Bambu *Dendrocalamus giganteus*, submetidas à radiação ultravioleta (UV) artificial.

Metodologia

Foram coletados na Fazenda Água Limpa (UnB) colmos da espécie de Bambu *Dendrocalamus giganteus* selecionados aleatoriamente. Foram confeccionados 06 corpos de prova de 7 cm de comprimento x 5cm de largura e espessura máxima de 1cm. As amostras foram levadas para estufa a 40+-2°C até atingirem massa constante, em seguida foram lixadas utilizando-se lixa de grã 120 com a finalidade de retirar as possíveis imperfeições.

Para avaliação do processo de fotodegradação foram registrados os valores dos parâmetros colorimétricos L*, a*, b*, C e h*, de acordo com o Sistema CIELAB 1976, utilizando espectrofotômetro Color Eye XTH – X-Rite com iluminante D65 e ângulo de 10° C acoplado a um computador com o software Color iControl. A primeira leitura foi realizada antes de os corpos de prova serem levados à câmara de envelhecimento QUV, fabricação Q-Lab. Esta leitura, além da caracterização colorimétrica das espécies, também servirá como referência da cor inicial (Testemunha). Cada corpo de prova recebeu 25 leituras, sendo estas divididas em 5 faixas ao longo de cada amostra. Após a primeira leitura, os corpos de prova foram submetidos a ciclos de radiação ultravioleta em câmara QUV nos tempos de 5, 10, 20, 40, 60, 80, 120, 160 e 200 horas. A cada um desses intervalos foram feitas as leituras das variáveis colorimétricas.

Após as medições, foi calculada a média de cada um dos parâmetros colorimétricos em cada medição, a fim de verificar a existência de variação ao longo dos intervalos de exposição aos raios ultravioletas através da análise de variância (ANOVA) e do teste de médias de Scott-Knott à 5% de significância. Para a mensuração da alteração de cor nas amostras antes e após as exposições (ΔE), foi utilizada a seguinte fórmula (Equação 1):

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (\text{Equação 1})$$

Hikita et al. (2001) , baseando-se em níveis de percepção, elaboraram uma tabela (Tabela 1) para a classificação da variação total da cor (ΔE) de madeiras. Esta tabela será utilizada nesse trabalho para a classificação do ΔE para as espécies de bambu em estudo.

TABELA 1

Resultados e Discussão

A tabela 2 apresenta os valores médios dos parâmetros colorimétricos da espécie de Bambu *Dendrocalamus giganteus* submetida às radiações ultravioletas (UV).

TABELA 2

Observando-se a tabela 2 verifica-se que a cor natural da espécie *Dendrocalamus giganteus* seca ao ar é oliva, segundo a classificação proposta por Camargos e Gonzalez (2001), e é caracterizada pelos parâmetros cromáticos (L* = 49,80; a* = 0,81; b* = 21,31; C = 21,38 e h* = 89,29). Talvez um estudo mais aprofundado com espécies de Bambu para classificação de suas cores poderia melhor definir as cores precisas de cada espécie. Neste caso, a cor oliva atende à espécie, mas o tom esverdeado sugere a possível criação de uma nomenclatura especial, como, por exemplo, 'oliva-esverdeado'.

Ainda observando a mesma tabela, verifica-se que a coordenada b^* (coloração amarela) manifesta-se de forma mais pronunciada em relação à coordenada a^* (coloração vermelha), predominando então a nuance amarelada na formação da cor deste Bambu. Apesar dos valores de b^* não terem sofrido muita variação na espécie *Dendrocalamus giganteus*, suas diferenças mostraram ser significativas de acordo com o teste de médias Scott Knott. Comparando-se os outros parâmetros também se percebe que existe diferença significativa entre a maioria dos tempos de exposição.

A influência da pigmentação vermelha e amarela presentes na madeira na formação da cor final da espécie está diretamente relacionada com seus constituintes químicos (González & Zerbini, 2010). Espera-se que para bambu ocorra o mesmo, sendo necessários estudos da composição química dessa espécie para identificação dos constituintes químicos que influenciam na cor de cada espécie.

Pela tabela 2, pode-se verificar ainda que à medida que o tempo de radiação ultravioleta aumenta, a claridade (L^*) aumenta também, resultando no clareamento dessa espécie. Este comportamento é contrário ao geralmente encontrado para madeiras, onde o L^* tende a diminuir, provocando o escurecimento das amostras (Silva *et al.*, 2006; Borges, 2010; Costa *et al.* 2010; González *et al.*, 2010).

Quanto aos valores de h^* (ângulo de tinta), estes diminuíram ao longo da exposição às radiações ultravioletas.

As variações dos parâmetros colorimétricos provocadas pelos diferentes tempos de exposição das amostras aos raios ultravioletas estão apresentados na tabela 3.

TABELA 3

A partir do aumento dos valores de ΔL para *Dendrocalamus giganteus*, o clareamento é facilmente notado ao longo do tempo de exposição.

Quanto à variação total da cor (ΔE), a espécie *Dendrocalamus giganteus* apresenta um ΔE de 12,971, o que segundo a Tabela 1 proposta por Hikita *et al.* (2001), classifica a variação da cor nessa espécie como sendo muito apreciável.

A reflectância em função do comprimento de onda pode ser observada na figura 1.

FIGURA 1

A espécie *Dendrocalamus giganteus*, mostrou refletir até 58% de luz. Pode-se notar pelo comportamento das curvas que a medida que o tempo aumento, a espécie refletiu mais luz, o que comprova o seu clareamento. É possível ainda visualizar um comportamento padrão nas curvas de reflectância para esta espécie.

Conclusão

Com a técnica de colorimetria pode-se obter uma noção geral do comportamento da espécie de bambu estudada, quando submetida a radiações ultravioletas artificiais.

A cor natural da espécie *Dendrocalamus giganteus* seca ao ar foi classificada como 'oliva'.

A espécie *Dendrocalamus giganteus* sofreu alterações significativas de cor ao longo do tempo de exposição sendo esta alteração classificada como muito apreciável.

Verificou-se que esta espécie de Bambu, possui comportamento inverso ao da maioria das espécies de madeira, ou seja, enquanto as madeiras escurecem ao longo do tempo de exposição, o Bambu se torna mais claro.

Sugere-se fazer análise química para verificar quais componentes foram responsáveis pelo clareamento da espécie de Bambu.

Bibliografia:

BORGES, B.P. (2010). **Envelhecimento artificial de três espécies de madeiras tropicais indicadas para uso externo**. Monografia. Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília. Brasília. Ago, 2010.

CAMARGOS, J.A.A.; GONÇALEZ, J.C. **A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira**. Brasil Florestal, Brasília, ano 20, n. 71, p. 30-41, 2001.

COSTA, J.A.; GONÇALEZ, J.C.; CAMARGOS, J.A.A.; GOMES, I.A.S. **Fotodegradação de duas espécies de madeiras tropicais: Jatobá (*Hymenaea courbaril*) e Tauari (*Couratari oblongifolia*) submetidas à radiação ultravioleta**. Cerne, Lavras, v. 17, n. 1, p. 133-139, jan./mar. 2011

GONÇALEZ, J.C.; JANIN, G.; SANTORO, A.C.S.; **Colorimetria quantitativa: uma técnica objetiva de determinar a cor da madeira**. Brasil Florestal, Brasília, ano 20, v. 72, p. 47-58, 2001.

GONÇALEZ, J.C.; FÉLIX, T.L.F.; GOUVEIA, F.N.; CAMARGOS, J.A.A.; RIBEIRO, P.G. **Efeito da radiação ultravioleta na cor da madeira de freijó (*Cordia goeldiana* Huber) após receber produtos de acabamento**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 657-664, out.-dez., 2010.

GONÇALEZ, J.C. & ZERBINI, N.J. **Atividade florestal madeireira na área de influência do complexo hidrelétrico Belo Monte (PA): cadeia produtiva e propriedades tecnológicas de espécies pouco conferidas**. Brasília, UnB / Eletronorte / Aneel / Finatec, 2010, 145 p. Relatório Final.

GOUVEIA, F. N. (2008). **Aplicação de tratamentos térmicos para estabilização colorimétrica de madeiras tropicais**. Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Publicação EFLD-003/2008, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 131p.

HIKITA, Y.; TOYODA, T.; AZUMA, M. Weathering testing of timber: discoloration. In: IMAMURA, Y. **High performance utilization of wood for outdoor uses**. Kyoto: Press-Net, 2001

LEE, A. W.C.; BAI, X.; PERALTA, P. N. **Selected physical and mechanical properties of giant timber bamboo grown in South Carolina**. Forester Products Journal, v. 44, n° 9, setembro, 1968, p. 40-46.

NASCIMENTO, A.M.; STACHERA, S.F.; XAVIER, L. M. **Tratamentos preservantes aplicados ao *Bambusa tuldooides* (Munro)**. In: II Congresso

Ibero-Americano de pesquisa e desenvolvimento de produtos florestais. 2002. P.50-54

OBERMANN, T.M.; LAUDE, R. **Bambu: recurso sostenible para estructuras espaciales**. Bamboo space. Proyecto de investigación. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. 2003/2004.

PEREIRA, M.A.D.R.; BERALDO, A.L. **Bambu de corpo e alma**. Bauru: Canal 6, 2007. 235 p.

RIPPER, J. L., **O bambu e a sociedade**, núcleo de designer da PUC – RJ. Rio de Janeiro, Ed. Puc, 1994.

RIVERO, L. A. **Laminado colado e contraplacado de bambu**. 2003, 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade de Campinas, Campinas, 2003.

RIVERO, L.A.; MORETON, P.S.; GOMES, C.E. **Estrutura em bambu para área de uso público**. Complexus – Engenharia, arquitetura e design – Ano 1, n. 1., p. 81-98. mar. 2010.

SILVA, J.O.; PASTORE, T.C. M.; PASTORE JUNIOR, F. **Resistência ao intemperismo artificial de cinco madeiras tropicais e de dois produtos de acabamento**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 17, n. 1, p. 17-23, nov., 2006.

<http://www.inbar.int/publication/txt/tr17/Dendrocalamus/giganteus.htm> (acessado em 16/04/2011).

Tabela 1: Classificação da variação total da cor (ΔE) de madeiras.

Varição da cor (ΔE)	Classificação
0,0 – 0,5	Desprezível
0,5 – 1,5	Ligeiramente perceptível
1,5 – 3,0	Notável
3,0 – 6,0	Apreciável
6,0 – 12,0	Muito apreciável

Tabela 2 – Valores médios dos parâmetros colorimétricos das amostras de *Dendrocalamus giganteus* para cada tempo

Tempo (h)	L*	a*	b*	C	h*
0	49,80 ^I	0,81 ^I	21,31 ^B	21,38 ^C	89,29 ^A
5	54,09 ^H	1,31 ^H	21,75 ^A	21,85 ^B	86,57 ^B
10	54,97 ^G	1,43 ^H	21,63 ^A	21,74 ^B	86,24 ^B
20	54,67 ^G	1,73 ^G	21,34 ^B	21,47 ^C	85,42 ^C
40	55,63 ^F	2,26 ^F	20,87 ^C	21,04 ^D	83,91 ^D
60	55,93 ^F	2,54 ^E	20,95 ^C	21,15 ^D	83,25 ^D
80	55,97 ^F	2,83 ^D	20,55 ^D	20,77 ^E	82,27 ^E
120	58,61 ^E	3,28 ^C	21,12 ^C	21,40 ^C	81,22 ^F
160	59,38 ^D	3,67 ^B	21,00 ^C	21,34 ^C	80,13 ^G
200	60,06 ^C	3,88 ^B	21,20 ^C	21,57 ^C	79,66 ^G
250	61,09 ^B	4,26 ^A	21,39 ^B	21,82 ^B	78,77 ^H
300	62,23 ^A	4,44 ^A	21,94 ^A	22,40 ^A	78,57 ^H

Os valores assinalados com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Scott Knott

Tabela 3 – Variações dos parâmetros de cor na superfície de *Dendrocalamus giganteus*

tempo de radiação em horas	Parâmetro			
	ΔL	Δa^*	Δb^*	ΔE
5	4,289	0,499	0,442	4,340
10	5,172	0,625	0,323	5,220
20	4,875	0,923	0,026	4,961
40	5,834	1,451	-0,446	6,029
60	6,128	1,730	-0,365	6,378
80	6,174	2,024	-0,766	6,542
120	8,808	2,476	-0,191	9,151
160	9,579	2,863	-0,308	10,002
200	10,263	3,074	-0,114	10,714
250	11,295	3,452	0,078	11,811
300	12,436	3,632	0,626	12,971

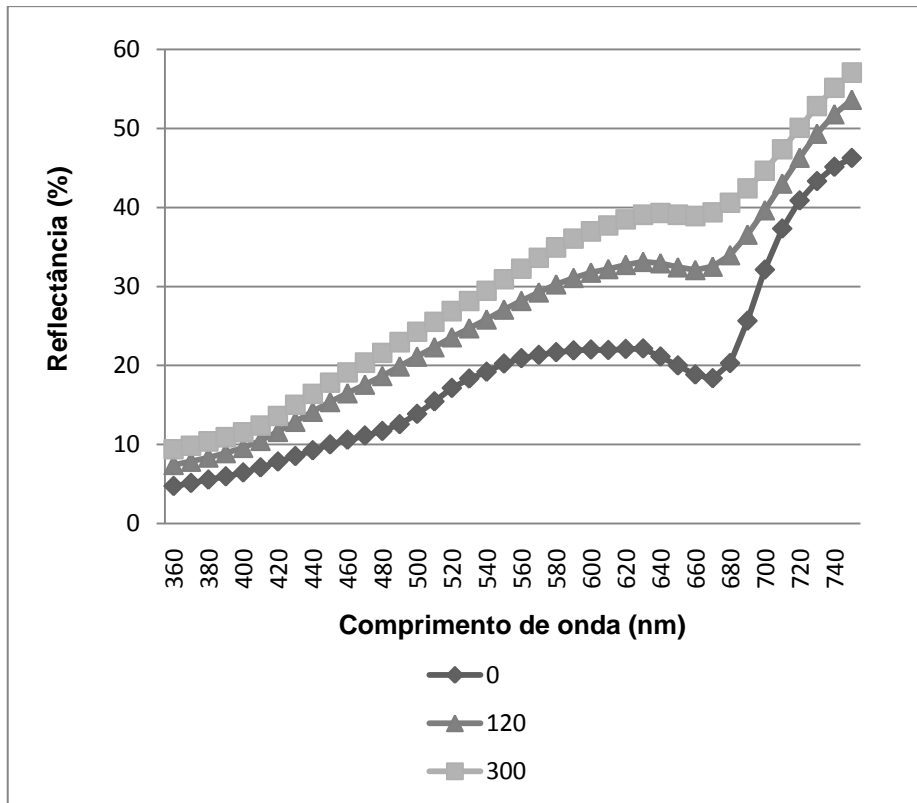


Figura 1 – Curvas de Reflectância para *Dencrocalamus giganteus*