

Colorimetria de *Bambusa vulgaris* torreficado

Lana Crystina Alves da Silva¹; Letícia Costa Peres¹; Lawrence Pires de Oliveira¹; Iara Fontes Demuner¹; Angélica de Cássia Oliveira Carneiro¹

¹ Laboratório de Painéis e Energia da Madeira (LAPEM), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa/MG, Brasil; – lapem@uv.br

Resumo: O bambu se tornou uma das alternativas de biomassa que apresenta grande potencial, devido à sua alta taxa de crescimento quando comparado às outras fontes. A torrefação pode ser definida como uma pirólise parcial da biomassa em ambiente com restrição de oxigênio, tendo como um dos resultados do processo a mudança de cor da biomassa, além de alterações nas propriedades físicas, químicas e mecânicas, conforme aplicação desejada. Neste sentido, o uso do bambu para fins estéticos ou em acabamentos, por exemplo, faz com que a variação de cores se torne um quesito importante para ser avaliado. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi identificar a influência da torrefação na coloração de *Bambusa vulgaris*. Houve diferenças de coloração entre as amostras torreficadas, sendo possível notar tonalidades distintas com o aumento progressivo da temperatura.

Palavras-chave: CIELAB, Tratamento térmico, Biomassa.

Colorimetry of torrefied *Bambusa vulgaris*

Abstract: Bamboo has become one of the biomass alternatives that has great potential, due to its high growth rate when compared to other types of materials. Torrefaction can be defined as a partial pyrolysis of biomass in an oxygen-restricted environment, with one of the results of the process being the change in color of the biomass, in addition to changes in physical, chemical and mechanical properties, depending on the desired application. In this sense, the use of bamboo for aesthetic purposes or in finishes makes color variation an important aspect to be evaluated. Therefore, the objective of this work was to identify the influence of torrefaction on the color of *Bambusa vulgaris*. There were differences in color between the torrefied samples, and it was possible to notice different tones with the progressive increase in temperature.

Keywords: CIELAB, Thermal treatment, Biomass.

1. INTRODUÇÃO



Engenharia
Industrial
Madeireira



SOCIEDADE BRASILEIRA
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DA MADEIRA

Biomassa de origem florestal, o bambu, que cresce naturalmente em regiões tropicais, tornou-se uma das alternativas de biomassa mais promissoras devido à

sua falta de taxa de crescimento em comparação com outros materiais, por exemplo, cana-de-açúcar e eucalipto (Anselmo Filho; Badr, 2004). É um material considerado leve, resistente, versátil, com adequadas características físicas e mecânicas (Moizés, 2007). Com isso, nas últimas décadas, a tecnologia industrial contemporânea ampliou enormemente a aplicação de materiais de bambu em vários campos, como arquitetura, mobiliário, pisos e engenharia civil (Li *et al.*, 2022).

O processo de torrefação refere-se a um método de tratamento térmico em que a temperatura da biomassa está em uma atmosfera de baixo oxigênio ou livre de oxigênio (Zhao *et al.*, 2024). Ocorre entre 200-300 °C, sob pressão atmosférica e por curtos tempos de residência, se comparado à pirólise para produção de carvão vegetal (Bergman *et al.*, 2005; Nhuchhen *et al.*, 2014).

A avaliação colorimétrica é um parâmetro importante para avaliar a qualidade de alimentos e outros produtos industriais. O olho humano enxerga comprimentos de onda específicos como cores e esses, quando misturados e expostos a intensidade de luminosidade diferentes, geram novas cores. Dessa forma, torna-se inviável que todos expressem as cores da mesma maneira (Minolta, 1998).

A análise através do sistema CIELAB (Comissão Internacional de Iluminantes) é o mais utilizado para medição de cores. Tem como base 3 (três) elementos principais: luminosidade (L^*), eixo horizontal vermelho-verde (a^*) e eixo vertical amarelo-azul (b^*) (Barros; Muniz; Matos, 2014). Por meio desses elementos, pode-se aferir outros conceitos L^*C^*h importantes da colorimetria, como saturação ou cromaticidade (C), que nos mostra o quão vivas ou opacas são as cores, pois ocorre uma variação de 0-30 e o ângulo de matiz (h), que mostra em qual quadrante do espaço CIELAB a amostra se encontra. (Minolta, 1998)

Diante desse cenário, o objetivo do trabalho foi identificar a influência da torrefação na coloração de *Bambusa vulgaris*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Seleção do material

As amostras utilizadas nesse experimento foram colmos de *Bambusa vulgaris*, os quais foram picados, moídos em moinho de facas e classificados em

peneiras de 40-60 *mesh*, utilizando-se para o experimento o material retido na peneira de 60 *mesh*. Depois, as amostras foram colocadas em uma estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de 60°C por 4 horas.

2.2 *Torrefação do material*

A torrefação foi realizada a partir de um forno mufla nas temperaturas de 150, 190, 200, 210 e 250°C e as amostras, aproximadamente 180 g por tratamento, foram mantidas por um tempo de residência de 20 minutos dentro de um reator de aço inox (Figura 1). Para realizar a homogeneização da biomassa, era necessário esperar atingir 100°C, logo, misturava-se a amostra girando a haste interna do reator de aço inox de 30-30 segundos até alcançar os 20 minutos programados, esse procedimento foi executado para cada tratamento.

Figura 1. Reator de aço inox e haste interna a tampa para revolver a biomassa





2.3 Colorimetria

O ensaio de colorimetria foi feito de acordo com o sistema CIEL*a*b* utilizando um colorímetro portátil 3nh NR200, a partir dele foram estimados os seguintes parâmetros: luminosidade (L^*), tonalidade nos eixos vermelho/verde (a^*) e amarelo/azul (b^*), croma (C^*) e matiz (h^*). Foram realizadas cinco leituras para cada amostra. As cores na escala CIELAB foram posteriormente convertidas para RGB utilizando o software R e a função `convertColor` do pacote `grDevices`.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado. Foi utilizado o software R e o pacote `ExpDes.pt` (Ferreira *et al*, 2014). Foram realizados o teste de normalidade dos resíduos de Shapiro-Wilk a 5% de significância, e o teste de homogeneidade de variância de Bartlett a 5% de significância. Quando as pressuposições foram atendidas, foi realizada ANOVA e teste de Tukey 95% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível observar uma variação progressiva da cor das partículas com o aumento da temperatura de torrefação (Tabela 4), de acordo com os parâmetros da escala de cor CIELAB e com a cor em RGB.

Tabela 1. Médias dos parâmetros de cor no espaço de cor CIELAB para cada tratamento térmico e cor em RGB

Tratamentos	L	a	B	C	h	Cor RGB
<i>in natura</i>	52,87 ($\pm 0,01$) b	4,48 ($\pm 0,01$) d	10,96 ($\pm 0,01$) b	11,84 ($\pm 0,01$) b	67,77 ($\pm 0,06$) a	
150	60,05 ($\pm 0,23$) a	8,04 ($\pm 0,12$) a	15,39 ($\pm 0,22$) a	17,36 ($\pm 0,24$) a	62,43 ($\pm 0,18$) b	
190	47,64 ($\pm 0,18$) d	6,24 ($\pm 0,10$) b	8,26 ($\pm 0,19$) c	10,35 ($\pm 0,20$) c	52,95 ($\pm 0,36$) d	
200	48,38 ($\pm 0,37$) c	5,97 ($\pm 0,14$) c	8,56 ($\pm 0,25$) c	10,44 ($\pm 0,28$) c	55,13 ($\pm 0,26$) c	
210	44,53 ($\pm 0,40$) e	4,43 ($\pm 0,21$) d	5,37 ($\pm 0,28$) d	6,97 ($\pm 0,35$) d	50,44 ($\pm 0,23$) e	
250	39,69 ($\pm 0,13$) f	0,94 ($\pm 0,01$) e	0,01 ($\pm 0,01$) e	0,94 ($\pm 0,01$) e	0,37 ($\pm 0,35$) f	

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey, 95% de probabilidade. Desvio padrão sobrescrito e entre parênteses.

A degradação térmica do bambu é influenciada por três fatores: a temperatura, o tempo de exposição e a taxa de aquecimento (Gomes, 2019). Com isso, o processo de torrefação dividiu-se em duas etapas. A primeira de 100-200°C corresponde principalmente à perda de umidade, água (Brito, 2020). O tratamento realizado à 150 °C tem cor mais clara, provavelmente porque foi submetido a baixas temperaturas, promovendo somente a secagem do material e nenhuma degradação térmica dos seus constituintes.

A segunda etapa do processo de torrefação ocorre entre 200-300°C, observa-se uma redução das propriedades mecânicas das partículas de bambu de forma mais acentuada quando exposto a temperaturas próximas de 250°C (Moraes, 2023), logo a perda de massa é mais visível, caracterizada pela decomposição, principalmente, das hemiceluloses e celulose, e baixa decomposição da lignina (Carrier *et al.*, 2011). Consequentemente a água é completamente removida, e o teor de oxigênio se reduz ainda mais pela remoção de CO e CO₂ (Zhao *et al.*, 2024). Dessa maneira, obtém-se material torreficado de cor amarronzada à escura (Bergman *et al.*, 2005; Nhuchhen *et al.*, 2014), devido a degradação parcial dos carboidratos, na sua maioria, resultando em produtos torreficados com colorações mais escuras como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2. Resultado visual das cores das biomassas em função dos tratamentos

<i>Biomassa</i>	Temperatura de torrefação das biomassas
-----------------	---

<i>In natura</i>	150 °C	190 °C	200 °C	210 °C	250 °C
					

Os valores de luminosidade (L) se tornam menores nas partículas de biomassas que foram torrificadas em temperaturas mais altas, tendo como resultado cores mais escuras. Essa mudança de cor do bambu pode ser atribuída à decomposição térmica da hemicelulose, que levou à decomposição de grupos contendo oxigênio, resultando dessa forma, na perda do teor de carbono (Ribeiro, 1998). Com isso, a biomassa *in natura* teve valor de luminosidade menor que o tratamento de 150 °C, provavelmente devido a retirada da água que ela sofreu na etapa de secagem. Já os valores de croma (C) e matiz (h) diminuíram, uma vez que a cores mais escuras foram obtidas em maiores temperaturas, ou seja, menos saturada que os tons das menores temperaturas.

Foi possível obter uma variedade de tonalidades ao realizar a torrefação das partículas de *Bambusa vulgaris*. A técnica de colorimetria no espaço de cor CIELAB foi eficiente para captar as diferentes tonalidades presentes, bem como luz, croma e matiz. As faixas de temperatura escolhidas foram importantes para conseguir notar de forma mais acentuada a degradação da biomassa ocorrendo aos poucos

4. CONCLUSÃO

Pode concluir-se com a realização deste trabalho que:

- Foi possível obter colorações com intensidades e tonalidades diferentes a partir da torrefação das partículas de *Bambusa vulgaris*;
- Dessa forma, pode promover o uso dessa biomassa para fins estéticos ou para acabamentos de diversos outros produtos.

5. REFERÊNCIAS

ANSELMO FILHO, P.; BADR, O. Biomass resources for energy in north-eastern Brazil. **Applied Energy**, v.77, p. 51–67, 2004.

BERGMAN, P. C. A.; BOERSMA, A. R.; KIEL, J. H. A.; et al. Torrefaction for entrained-flow gasification of biomass ECN Biomass, v. 05, n. 067, p. 50, 2005.

BRITO, J.M. Carbonização Sustentável para valorização do Bambu Bambusa Tuldoide: Produção de carvão ativado e caracterização do bio-óleo recuperado. 2020

CARRIER, M.; SERANI, A.L.; DENUX, D.; et al. Thermogravimetric analysis as a new method to determine the lignocellulosic composition of biomass. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, n. 1, p. 298–307, 2011.

FERREIRA, E.; CAVALCANTI, P. AND NOGUEIRA, D. ExpDes: An R Package for ANOVA and Experimental Designs. **Applied Mathematics**, 5, 2952-2958. 2014.

GOMES, B. M C. **Caracterização mecânica, estabilidade térmica e reação ao fogo do bambu mossô** (L. Phyllostachys Pubescens). Tese de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2019.

LI, X.; PENG, H.; NIU, S. et al. Effect of High-Temperature Hydrothermal Treatment on Chemical, Mechanical, Physical, and Surface Properties of Moso Bamboo. **Forests**, v. 13, n. 5, 2022

MINOLTA, K.. Precise color communication. Color control from perception to instrumentation. Konica Minolta. Inc., Ramsey, NJ, 1998.

MOIZÉS, F. Painéis de Bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de Design em Bauru, São Paulo. 2007.

MORAES, A.C. Estabilidade térmica de bioconcretos de bambu submetidos à flexão. 2023.

NHUCHHEN, D. R.; BASU, P.; ACHARYA, B. A Comprehensive Review on Biomass Torrefaction. International Journal of Renewable **Energy & Biofuels**, v. 2014, p. 56, 2014.

RIBEIRO, F.B.; OLIVEIRA, M.; OLIVEIRA, A.; OLIVEIRA, P.; MILITZ, H. Caracterização de madeira modificada termicamente: razões moleculares para a melhoria do desempenho da madeira. **Holz als Roh- und werkst**, v. 56, p. 149–153. 1998.

ZHAO Y, YAN Y, JIANG Y, et al. Release Pattern of Light Aromatic Hydrocarbons during the Biomass Roasting Process. **Molecules**, v. 29, n. 6, p. 1188, 2024.