

SIMULAÇÃO DA DIFUSÃO DE UMIDADE EM COLMOS DE BAMBU COMO MATERIAL FUNCIONALMENTE GRADUADO VIA MDF

Paulo Lopes Guedes Filho¹, Ingrid dos Santos Medeiros¹, Rafael Sacramento de Araújo¹, Verenice Barros¹,
Kauane Cabral Braga¹, Nielson Veloso Medeiros²

¹Discente do Curso BACHARELADO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS, IFPA campus BELÉM

²Docente do Curso BACHARELADO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS, IFPA campus BELÉM

Correspondência: nielson.medeiros@ifpa.edu.br

O bambu (*Guadua angustifolia*) destaca-se como material sustentável, porém sua durabilidade depende de um processo de secagem que considere sua heterogeneidade anatômica – a casca atua como barreira à difusão enquanto o miolo é mais poroso. Este trabalho modelou numericamente a cinética radial de perda de umidade no colmo (raio externo $R = 0,05$ m; raio da cavidade interna $r_{int} = 0,035$ m; umidade inicial $U_0 = 0,80$ kg_{água}/kg_{MS}), tratando o material como funcionalmente graduado (FGM). O objetivo foi simular a distribuição temporal de umidade e identificar zonas críticas de acúmulo de tensões hídricas. A metodologia aplicou a Segunda Lei de Fick em coordenadas cilíndricas com coeficiente de difusão variável $D(r)$: mínimo na casca ($D_{min} = 1,5 \times 10^{-10}$ m²/s) e máximo no miolo ($D_{max} = 8,0 \times 10^{-10}$ m²/s), razão $D_{max}/D_{min} = 5,3$. Utilizou-se o Método das Diferenças Finitas explícito com 51 nós radiais ($\Delta r = 0,306$ mm), passo temporal $\Delta t = 57,36$ s, número de Fourier $Fo = 0,49 \leq 0,5$ (condição de estabilidade), condição de contorno de Dirichlet na superfície externa ($U_{eq} = 0,12$ kg/kg após 3 dias) e condição de simetria no interior. Os resultados após 72 h de secagem mostraram que o miolo reteve 0,800 kg/kg (sem alteração significativa), a região intermediária ($r \approx 0,02$ m do centro) atingiu 0,441 kg/kg, e a subcasca ($r \approx 0,045$ m) reduziu para 0,204 kg/kg. O gradiente radial de umidade aumentou 20,6% ao final da simulação, indicando acúmulo de tensões hídricas na interface casca-miolo. O tempo de meia-vida da umidade na subcasca foi de 38,5 horas, enquanto o miolo não atingiu meia-vida em 72 horas – retardo de pelo menos 33,5 horas devido ao efeito barreira da casca. Comparado a um material homogêneo com difusividade média ($D_{medio} = 4,75 \times 10^{-10}$ m²/s), o FGM real alongou o tempo característico de secagem em 3,0 vezes (462,9 h vs. 156,7 h). Conclui-se que a modelagem numérica com MDF e D variável é essencial para prever zonas críticas de tensão e otimizar processos industriais de preservação do bambu.

Palavras-chave: Bambu; Difusão de Umidade; Meios Heterogêneos; Diferenças Finitas; *Guadua angustifolia*.