

MODELAGEM DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM MADEIRA DE *Pinus* sp.

MODELING OF HEAT TRANSFER IN *Pinus* sp.

Frederico José Nistal FRANÇA¹; Djeison Cesar BATISTA²;
Esly Ferreira da COSTA JR³

RESUMO - Para melhor uso da tecnologia de secagem de madeiras são necessárias análises experimentais ou auxílio de ferramentas matemáticas. Os modelos matemáticos empregados para o estudo de secagem, em geral, expressam problemas de condução transiente e condições de contorno simplificadas, o que em alguns casos podem ser resolvidos por meio de soluções analíticas e em outros por métodos numéricos. Neste trabalho é realizada a modelagem matemática e a simulação numérica do processo de aquecimento de tábuas de madeira, fazendo uso de equações para cálculo das propriedades térmicas e físicas, sendo necessário o emprego de métodos numéricos. Validou-se o modelo gerado ao comparar os resultados obtidos na simulação com analíticos. Simulou-se o aquecimento para diferentes espessuras, teores de umidade e densidades básicas, e foi verificado que é possível reproduzir dados com baixo nível de erros, evidenciando assim que os modelos utilizados são bastante promissores para aplicações em outros segmentos, sendo uma ferramenta de apoio em tomadas de decisão.

Palavras-chave: simulação, transmissão de calor, espessura da peças, densidade da madeira.

ABSTRACT - For better use of wood drying technology are necessary analysis or experimental aid of mathematical tools. The mathematical models used to study drying, in general, express transient conduction problems and simplified boundary conditions, which in some cases can be solved by means of analytical solutions and in other cases by numerical methods. In this work the mathematical modeling and numerical simulation of the heating process of wooden boards, making use of equations to calculate the coefficients of thermal and physical properties, necessitating the use of numerical methods. Validated model was generated by comparing the results obtained in simulation with analytical ones. Warming was simulated for different thicknesses, moisture contents and basic densities, and it was verified that it is possible to reproduce real data with low errors, thus showing that the models used are very promising for applications in other segments, being a tool support decision making.

Keywords: simulation, heat transfer, thickness of piece, wood density.

¹ Graduando em Engenharia Industrial Madeireira, UFES, frederico_franca@hotmail.com

² Professor do Departamento de Engenharia Florestal, UFES, djeison1984@gmail.com

³ Professor do Departamento de Engenharia Rural, UFES, esly@pq.cnpq.br

INTRODUÇÃO

A secagem de madeiras é um processo de grande importância na indústria madeireira. Vantagens como redução de massa e da anisotropia de contração, elevação da resistência a organismos xilófagos e das propriedades mecânicas, além de agregação de valor, podem ser destacados na madeira seca.

Para se aprimorar a secagem é necessário o conhecimento dos processos físicos envolvidos na transferência simultânea de calor e massa, o controle do processo de remoção da umidade, sua dependência com a temperatura, teor de umidade inicial, umidade relativa do ambiente e mecanismos de transporte de calor e massa, e assim contribuir para reduzir o tempo de secagem e melhorar a qualidade da madeira serrada.

A fase de aquecimento inicial na secagem convencional de madeiras em câmaras de secagem, visa-se a transmissão de calor do ar para a madeira, evitando que ocorra transferência de massa da madeira para o ar, mantendo o ar saturado de vapor de água.

A simulação da secagem da madeira utilizando modelos matemáticos é uma alternativa que pode ser adotada na melhoria de programas de secagem, sendo possível reduzir o gasto energético, tempo e incidência de defeitos de secagem. Modelos que descrevem processos de transferência de calor e de massa podem servir de base em estudos de processos industriais.

As vantagens de se utilizar modelos matemáticos são a sensibilidade dos modelos ao mudar os parâmetros de secagem; a velocidade na obtenção de resultados; a solução poder ser generalizada para diferentes espécies; e melhor análise da relação entre madeira, água e temperatura. Desvantagens como a simplificação da realidade por meio de um modelo que desconsidera os fenômenos de transporte que ocorrem simultaneamente com o aquecimento e a variabilidade do material podem ser citadas.

A secagem de madeiras é um processo complexo, pois envolve transferência de calor e massa no interior da madeira e convecção de calor e de massa na superfície das peças. No aquecimento inicial busca-se manter a umidade relativa alta, evitando-se assim que a madeira perca umidade durante o seu aquecimento.

Este trabalho tem por objetivo simular numericamente o aquecimento de uma tábua de madeira de *Pinus* sp., com base na Lei de Fourier, escrita em coordenadas cartesianas, unidimensional e sem geração de calor, fazendo uso de equações para cálculo dos coeficientes das propriedades térmicas e físicas descritas na literatura, sendo necessário o uso de métodos numéricos.

MATERIAL E MÉTODOS

Modelo matemático do aquecimento

O modelo matemático que descreve o processo de transferência de calor na madeira foi desenvolvido a partir da Lei de Fourier, escrita em coordenadas cartesianas, unidimensional e sem geração de calor.

Considerou-se uma tábua possui espessura igual a $2L$, para que a distância do centro da tábua até a superfície tenha valor igual a L , sendo aquecida por convecção a partir do ar a uma temperatura T_{ar} que escoa sobre a placa e com uma certa velocidade.

A equação de regime transiente para o fluxo de calor unidirecional embasado na Lei de Fourier, considerando o aquecimento de uma placa plana (tábua) pode ser expressa na forma diferencial (SIAU, 1984). A Equação 1 apresenta a Equação de Fourier.

$$\frac{1}{\alpha} \times \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (1)$$