



Anais do 10º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira - EBRAMEM 2006

30 de Julho a 02 de Agosto, São Pedro – SP

CEVEMAD/UNESP - IBRAMEM

ANÁLISES NUMÉRICA E EXPERIMENTAL DA EVOLUÇÃO DE TEMPERTURA NA MADEIRA *EUCALYPTUS* EXPOSTA AO FOGO

Ronaldo Regobello (ronbello@gmail.com), Edna Moura Pinto (emoura@sc.usp.br),

Jorge Munaiar Neto (jmunaiar@sc.usp.br), Carlito Calil Junior (calil@sc.usp.br)

Universidade de São Paulo — Escola de Engenharia de São Carlos – Depto. de Engenharia de Estruturas (SET)

RESUMO: A redução da capacidade resistente da madeira exposta ao fogo ocorre essencialmente em função da diminuição gradual da seção resistente, substituída pelo carvão, bem como pela redução da resistência e da rigidez do material. As dimensões dos elementos estruturais de madeira e a baixa condutividade térmica do carvão resultam em um processo lento de degradação. Deste modo, a madeira em situação de incêndio, mesmo sem a proteção de produtos ignífugos, previne que as camadas internas sejam expostas às elevadas temperaturas externas. O estudo sobre a degradação térmica e a evolução de temperatura em vigas estruturais de madeira possibilita admitir que a massividade desses elementos estruturais contribui para a proteção das camadas mais internas. Com base em resultados experimentais existentes é aqui proposto um modelos numérico com o objetivo de se obter a variação de temperatura na seção transversal, cujos resultados servirão de base para futuras pesquisas e aplicações que envolvam a análise térmica de madeiras em situação de incêndio. Os modelos numéricos serão construídos com o uso do programa ANSYS v8.0, cujas ferramentas permitem a análise dos três modos primários de transferência de calor: condução, convecção e radiação.

Palavras-chave: madeira, eucalipto, incêndio, análise experimental, análise numérica.

NUMERICAL AND EXPERIMENTAL ANALYSIS OF TEMPERATURE EVOLUTION IN THE WOOD *EUCALYPTUS* UNDER FIRE SITUATION

SUMMARY: The reduction of the strength capacity of the wood displayed to the fire occurs essentially in function of the gradual reduction of the wood section substituted for the char and the reduction of the strength and the stiffness of the material. The dimensions of the structural wood elements and the low the thermal conductivity of the char result in a slow process of degradation. In this way, the wood in fire situation even without fire protection prevents the internal layers of the exposition to the raised external temperatures. The study about thermal degradation and the temperature evolution in structural wood beams makes possible to admit that the section factor of these structural elements contributes for the protection of the most internal layers. On the basis of experimental results is proposed a numerical model with the aim of getting the temperature evolution in the cross section. The results have the purpose of serving as basis for future research and applications that involve the thermal analysis of wood in fire situation. The numerical models will be build whit ANSYS v8.0, whose tools allow the analysis of the three primary ways of heat transfer: conduction, convection and radiation.

Keywords: wood, *Eucalyptus*, fire, experimental analysis, numerical analysis.

1. INTRODUÇÃO

A madeira submetida à ação térmica sofre degradação por combustão de seus componentes químicos, liberação de gases inflamáveis e formação do carvão. Como consequência ocorre a diminuição das propriedades de resistência e rigidez na madeira aquecida sob a base carbonizada e redução da seção resistente do elemento estrutural devido à formação de carvão.

Os métodos de cálculo de estruturas de madeira em situação de incêndio, como apresentado no EUROCODE 5 (2002), levam em conta a redução da seção resistente com base na taxa de carbonização da madeira exposta ao incêndio padrão. Além disso, o EUROCODE 5 (2002) assume que todas as peças de madeira têm perda de resistência abaixo da camada carbonizada, que é expressa por um fator de redução que depende do fator de massividade da peça, isto é, da relação entre o perímetro e a área da seção transversal da peça exposta ao fogo.

No Brasil, devido à ausência de uma norma nacional relacionada à segurança contra incêndio em estruturas de madeira, a Instrução Técnica nº 08/01 (2004) da Secretaria de Estado dos Negócios da Segurança Pública de São Paulo diz que para o cálculo de estruturas de madeira em situação de incêndio deve fazer uso do EUROCODE 5 (2002).

A segurança contra incêndio é um obstáculo significativo para o emprego da madeira como elemento estrutural em edificações. A insegurança inerente a potenciais riscos relacionados à combustibilidade da madeira é considerada como um dos pontos críticos para as restrições na aprovação de financiamento de habitações de madeira no Brasil e em diversos outros países. Isso é fruto do desconhecimento sobre o comportamento da madeira em relação ao fogo.

Quando peças estruturais de madeira são expostas a uma situação de incêndio, a superfície da madeira entra em ignição e queima rapidamente. A madeira, quando queimada, se torna uma camada de carvão que protege suas camadas inferiores. A taxa de queima inicial diminui para uma taxa lenta e estacionária que continua durante a exposição ao fogo. A taxa de carbonização aumenta se a seção transversal for reduzida consideravelmente. A camada carbonizada retrai, tornando-se mais fina do que a camada de madeira original, causando fissuras que facilitam a passagem de gases combustíveis para superfície, DRISDALE (1988) apud BUCHANAN (2002).

Neste trabalho é proposto um modelo numérico, com base em dados experimentais, com o propósito de se obter a evolução de temperatura na seção transversal de elementos estruturais da madeira *Eucalyptus citriodora* submetida ao incêndio-padrão proposto pela ASTM E 119 (1995). Por meio das temperaturas da seção e pela consideração de uma temperatura de referência para a carbonização da madeira é possível estimar a profundidade da camada carbonizada, aspecto de fundamental importância para o dimensionamento de elementos estruturais desse material. Para a elaboração do modelo numérico utilizou-se o programa de elementos finitos ANSYS v8.0.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foi utilizada a madeira do gênero *Eucalyptus*, espécie *citriodora*. Sua escolha se deve ao notório aumento de interesse pela utilização da madeira de espécies de *Eucalyptus* como fonte de matéria-prima na indústria madeireira e construção civil. Estas