



xi ebramem

XI ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURAS DE MADEIRA LONDRINA –JULHO 2008

ANÁLISE DE VIGAS LAMINADAS DE MADEIRA COM LÂMINAS COM FIBRAS INCLINADAS

Nilson Tadeu Mascia (nilson@fec.unicamp.br), Universidade Estadual de Campinas-Faculdade de Engenharia Civil, **Leandro Vanalli** (leovanalli@yahoo.com.br), Universidade Estadual de Maringá – Centro Tecnológico de Umuarama

RESUMO: A madeira é um material com um comportamento mecânico dependente da direção de suas fibras. Em termos teóricos associados a modelos elásticos em peças estruturais, a madeira é tratada como um material ortotrópico, com direções longitudinal, radial e tangencial coincidentes com as direções longitudinais e transversais de uma viga associado a um sistema de coordenadas cartesianas. Essa coincidência não ocorre nas vigas de madeira laminada, quando são constituídos por lâminas com orientações das fibras tipicamente não alinhados com a direção longitudinal de 5° a 15° . Este efeito exige uma transformação de coordenadas dos coeficientes de elasticidade, surgindo, deste modo, coeficientes adicionais na relação constitutiva da madeira tornando esta com um comportamento mecânico como de materiais anisotrópicos. Este trabalho tem por objetivo avaliar os coeficientes de influência mútua, relativamente coeficientes desconhecidos. As espécies Cupiúba (*Goupia glabra*) e *Pinus elliottii*, foram utilizadas em diferentes ângulos fibra considerando o plano LR. Ao introduzir esses coeficientes no modelo elástico, um estudo posterior sobre tensões e os campos de deslocamento em madeira laminada com vigas inclinadas fibras foi desenvolvido, através da aplicação dois métodos de análise e de um programa de elementos finitos. Exemplos numéricos confirmam que a orientação das fibras, mesmo para pequenos ângulos, tem uma grande influência no comportamento mecânico dessas vigas de madeira laminada.

Palavras-chave: vigas laminadas, orientação de fibras, coeficientes de influência mútua, coeficientes de elasticidade.

ANALYSIS OF WOOD LAMINATED BEAMS WITH LAMINAS WITH INCLINED FIBERS

ABSTRACT: Wood is a material with a mechanical behavior dependent on the direction of their fiber. In theoretical terms associated with elastic models in structural parts, the wood is treated as an orthotropic material with longitudinal, radial and tangential directions coincide with the longitudinal and cross-sectional of a beam associated with a Cartesian coordinate system. This coincidence does not occur in laminated beams of wood, when consist of laminas with fibers typically not aligned with the longitudinal direction of 5° to 15° . This requires a transformation of coordinates of the elastic coefficients, appearing thus additional factors in the constitutive relationship of wood making this with a mechanical behavior of anisotropic materials. This study aims to evaluate the coefficients of mutual influence, relatively unknown coefficients. The species Cupiúba (*Goupia glabra*) and *Pinus elliottii* have been used at different fiber angles considering the plan LR. By introducing these coefficients in the elastic model, a later study on stress and fields of displacement with laminated wood beams with laminas with inclined fibers was developed by implementing two methods of analysis and a program of finite elements. Numerical examples confirm that the orientation of fibers, even for small angles, has a great influence on the mechanical behavior of these wood laminated beams.

Keywords: wood laminated beams, fiber orientation, coefficients of mutual influence, elastic coefficients.

1. INTRODUÇÃO

O estudo do comportamento elástico de sólidos anisotrópicos é muito importante na Engenharia. Como elementos estruturais, sólidos anisotrópicos são aplicados em algumas áreas da tecnologia moderna. Em geral, num material anisotrópico não existe simetria elástica e suas propriedades mecânicas são diferentes em diferentes direções. Desta forma, o estudo destes sólidos torna-se mais complexo do que o estudo de outros sólidos que possuem outros tipos de simetria elástica, como por exemplo, sólidos isotrópicos. Alguns trabalhos que provam esta complexidade podem ser citados, como por exemplo, o trabalho do CARRIER e ITHACA (1943), de GREEN e ZERNA (1954), de NAIR e REISSNER (1976) e de MASCIA e VANALLI(2002).

De fato, o estudo da anisotropia implica no conhecimento da lei constitutiva que rege o elástico e consequentemente do comportamento do material e na determinação das componentes do tensor S_{ijkl} constituinte. Num modelo elástico, completamente anisotrópico, este tensor constitutivo possui 81 coeficientes desconhecidos. Usando convenientes simplificações, este número pode ser reduzido para 9 constantes, o que é chamado modelo ortotrópico, ou por 3 constantes, o que é chamado modelo isotrópico. A madeira é um importante exemplo de um material ortotrópico.

Durante muitos anos, os estudos nesta área têm centrado para a análise de tensões e de deformações em vigas anisotrópicas. Como por exemplo temos a aplicação de funções polinomiais através da função de Airy, onde LEKHNITSKII et al.(1968) estudaram deslocamentos e os esforços em alguns exemplos de vigas anisotrópicas submetidas a diferentes condições de carga e apoios. Quando particularizado para vigas isotrópicas, estas soluções tornam-se semelhantes às de TIMOSHENKO e GOODIER (1970). HASHIN (1967) também utilizando da função de Airy , desenvolveu uma forma sistemática de construção de soluções para polinômios para vigas anisotrópicas planas sob as cargas polinomiais.

Ao se tratar particularmente com vigas anisotrópicas, ou melhor, vigas em madeira laminada, quando estas são submetidas a situações de carga, surgem outras deformações além das apresentadas em isotrópicos vigas, como por exemplo, em vigas de aço. Estas deformações são associadas a determinadas constantes de elasticidade denominadas de coeficientes influência mútua, que quantificam a participação de tensão normal em deformações de cisalhamento e cisalhamento insiste em deformações normais.

MURAKAMI et al. (1996) utilizando métodos variacionais investigaram o efeito constitutivo do acoplamento, no qual o efeito causado pela participação dos coeficientes de influência mútua sobre as tensões e as deformações em uma viga em balanço anisotrópica. Além disso, os autores, também estudaram a influência da relação altura da seção transversal (h) - vão da viga (l) sobre o comportamento de vigas anisotrópica considerando a teoria da viga de Euler-Bernoulli e a teoria de Timoshenko também. Este estudo demonstrou que o efeito constitutivo do acoplamento aumenta linearmente com o aumento da relação (h / l).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é analisar a influência da anisotropia no comportamento mecânico de vigas em madeira laminada, composta de duas espécies brasileiras de madeira: Cupiúba (*Tabebuia sp*) e *Pinus elliottii*. Para isso é utilizado as equações desenvolvidas por LEKHNITSKII et al.(1968), para análise de deslocamentos em vigas anisotrópicas bem como, o método desenvolvido por HASHIN (1967) para análise de