



FLEXÃO ESTATICA: MÓDULOS DE ELASTICIDADE E DE RUPTURA NAS DIREÇÕES RADIAL E TANGENCIAL DA MADEIRA

¹**Nilson T. Mascia** (nilson@fec.unicamp.br), ²**David Krestschmann** (dkrestschmann@fs.fed.us)

¹**Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP**

Faculdade de engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo/Departamento de Estruturas, Rua Albert Einstein 951, Cidade Universitária Zeferino Vaz, Campinas -SP, Brasil.

²**Forest Products Laboratory-FPL**

Forest Products Laboratory, 1 Gifford Pinchot Dr, Madison, WI 53726, Estados Unidos.

RESUMO: De um modo geral, para estruturas de madeira são usadas normas de dimensionamento, nas quais as propriedades mecânicas estão associadas a métodos de ensaios, e têm como base resultados advindos de corpos de prova, os quais são adotados valores médios. Estes valores imperam nas definições e análises numéricas em procedimentos normativos associados a estas propriedades. Com vistas a um melhor conhecimento de parâmetros de elasticidade e de resistência da madeira em direções de ortotropia, os objetivos deste trabalho foram direcionados para uma análise destes parâmetros da madeira via ensaio de flexão, de acordo com as opções de carregamento nas direções radial e tangencial, (Edgewise bending) ou (Flatwise ou facewise bending), e verificar a diferença nessas situações para a espécie Sugar Maple (*Acer saccharinum*). Avaliou-se ainda a influência dos raios medulares com o objetivo de interpretar os resultados e as diferenças em nos valores obtidos, nos testes de flexão estática em peças de madeira para os módulos de elasticidade e de resistência, relacionados com a posição dos eixos radial e tangencial. Os resultados obtidos nas direções radial (Edgewise bending) e tangencial, (Flatwise ou facewise bending), para a espécie de madeira usada, evidenciam que há diferença estatisticamente significativa entre os mesmos, sendo os maiores valores na direção radial.

Palavras Chave: flexão, elasticidade, resistência, radial, tangencial.

STATIC BENDING: MODULI OF ELATICITY AND RUPTURE IN THE RADIAL AND TANGENCIAL DIRECTIONS OF WOOD

ABSTRACT: In general, for wood structures are used standards, in which the mechanical properties are associated with test methods, and are based on results derived from testing methods, which average values are adopted. These values prevail in the definitions and numerical analysis in code procedures associated with these properties. Regarding a better understanding of elastic and rupture wood parameters in orthotropic directions, the objectives of this work were addressed to an analysis of these wood parameters via bending test, according to options loading in the radial and tangential directions, (Edgewise bending) or (Flatwise or facewise bending), and verify the difference in these situations for the species Sugar Maple (*Acer saccharinum*). It was also evaluated the influence of medullary rays with the aim of interpreting the results and differences of the values obtained, in static bending tests for wood pieces for the modulus of elasticity and rupture, related to the position of the radial and tangential axes. The results obtained in radial directions (Edgewise bending) and tangential (flatwise bending or facewise), for the species of wood used, show a statistically significant difference between them, with higher values in the radial direction.

Keywords: bending, elasticity, rupture, radial, tangential.

1. INTRODUÇÃO

A teoria da elasticidade aplicada à madeira baliza-se na hipótese de simetria elástica em três planos mutuamente perpendiculares, vinculados a sua estrutura interna, e na homogeneidade macroscópica do material, como de admitido e de conhecimento geral nos estudos da mecânica da madeira. Evidentemente macroscopicamente essa hipótese advém da hierarquia estrutural da madeira em suas porções microscópicas e inferiores.

Macroscopicamente, de interesse mais próximo nas análises da mecânica da madeira à luz da engenharia civil, a superfície longitudinal-tangencial é grosseiramente cilíndrica. As outras duas superfícies, a longitudinal radial e a tangencial radial, são, mais verdadeiramente, planas, com eventuais irregularidades locais, devido à heterogeneidade e da anisotropia associado ao material de origem natural, a madeira, BODIG e JAYNE (1982).

Há de notar, entretanto, que ao se analisar uma amostra de madeira, considera-se essa amostra referida a um sistema de coordenadas cartesianas x_i . Nesse caso os eixos geométricos (x_1, x_2, x_3) coincidem com os eixos de simetria elástica, ou eixos ortotrópicos (L, R, T), como se mostra na próxima figura.

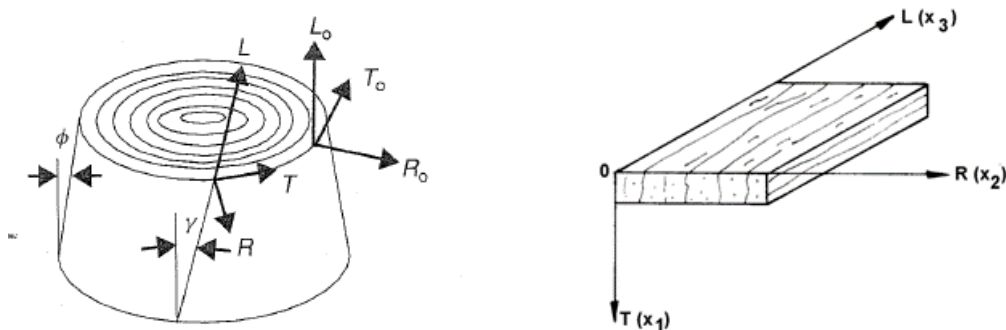


Figura 1 - Eixos ortotrópicos e eixos geométricos numa parcela de um tronco e numa amostra de madeira. Fonte: SMITH et al. (2003) e MASCIA (1991).

A adequação do modelo teórico ao real depende não somente da regularidade do crescimento, mas também da posição da peça analisada na árvore. Estes constituem-se em níveis de não homogeneidade da madeira, ou, a hierarquia estrutural da madeira. SMITH et al. (2003) define esses níveis em: escala maciça (sólida), que seriam as peças estruturais, a escala macroscópica (amostra de madeira para testes em pequena escala, corpos de prova isentos de defeitos), escala meso (a nível de anéis de crescimento), escala microscópica (nível celular) e escala nano (camadas das paredes celulares, microfibrilas).

A aplicabilidade de teorias clássicas do meio contínuo para o campo da mecânica da madeira está, intimamente, ligada a um tipo de classificação como a descrita anteriormente.

As relações entre componentes de tensão, deformações, coeficientes de elasticidade num material, macroscopicamente homogêneo e numa escala inferior não-homogêneo podem também se inter-relacionarem. É considerado, ainda, que as tensões principais e todas as equações da teoria da elasticidade clássica são válidas ao uma escala inferior. A uma escala superior esta hipótese pode se manter ou não. A nível macroscópico os componentes de tensão, deformação e coeficientes de elasticidade também se inter-relacionarem, num nível inferior. Coloca-se aqui, observando-se que em MASCIA (1991,1995), há detalhamento dessa discussão, que efetivamente pode-se chegar que a relação entre coeficientes de elasticidade numa escala macroscópica e numa escala inferior pode ser obtida da relação tensão-deformação do nível inferior, mas como um valor médio, considerando o meio macroscópico homogêneo e deformações pequenas.

Nesse contexto, torna-se possível determinar coeficientes de elasticidade num elemento específico de nível inferior e extrapolá-lo ao nível macroscópico, colocando-se naturalmente, restrições e hipóteses adequadas. Evidentemente, essas colocações sobre trabalhar com valores médios, dependendo da precisão que se queira e também do nível de hierarquia