

**IX ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA
CUIABÁ – JULHO DE 2004**

**AValiação Numérica dos Critérios da NBR 7190/97 para Peças
Comprimidas e Flexocomprimidas**

José Luiz Miotto (miotto@sc.usp.br)

Centro Universitário Filadélfia – UniFil e Universidade Norte do Paraná – UNOPAR

Antonio Alves Dias (dias@sc.usp.br)

Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo – USP

RESUMO: Neste trabalho, os critérios propostos pela NBR 7190/97 para verificação da estabilidade das peças comprimidas e flexocomprimidas são avaliados quantitativamente, comparando-os com os dados resultantes das prescrições contidas nas normas: DIN 1052/88, AS 1720.1/97, CSA 086.1-94/89, EUROCODE 5/93, NDS/91 e AF&PA/ASCE 16-95/96. Para a análise foram escolhidas peças com extremidades biarticuladas, possuindo seção transversal retangular e com as propriedades de resistência e de rigidez das dicotiledôneas de classe C60. No caso de peças flexocomprimidas, os resultados confrontados decorrem da aplicação dos métodos propostos pelas diferentes normas para peças solicitadas por força de compressão excêntrica, sem solicitações laterais, gerando uma flexão apenas sobre o eixo de menor inércia. Foram admitidos dois casos de excentricidades para estudo: excentricidade inicial equivalente a 10% e 50% da largura da seção transversal, respectivamente. Assumiu-se um carregamento composto exclusivamente por ações permanentes, devido às dificuldades resultantes do equacionamento proposto pela NBR 7190/97. Os dados resultantes da aplicação dos diversos critérios normativos são ilustrados na forma de diagramas $N_d / A \times \lambda$, por permitirem uma clara visualização do comportamento do elemento estrutural segundo os diferentes índices de esbeltez. Além de serem destacadas as maiores ou menores diferenças entre os resultados alcançados, também se comentam a objetividade no emprego dos métodos.

Palavras-chave: estruturas de madeira, verificação dos elementos estruturais, compressão e flexo-compressão.

**NUMERICAL EVALUATION OF THE CRITERIA OF THE NBR 7190/97 FOR
TIMBER MEMBERS IN COMPRESSION AND IN COMBINED BENDING AND
AXIAL COMPRESSION**

ABSTRACT: In this work, the criteria proposed by the NBR 7190/97 for the stability verification of the members in compression and in combined bending and axial compression are appraised in a quantitative way, in which they are compared with the results of the prescriptions that are contained in the codes: DIN 1052/88, AS 1720.1/97, CSA 086.1-94/89, EUROCODE 5/93, NDS/91 and AF&PA/ASCE 16-95/96. For the analyses were chosen the structural members restrained at both ends in position only, with rectangular cross section and with the mechanical properties of the hardwoods type C60. In the case of members in combined bending and axial compression, the confronted results elapse of the application of the methods proposed by the different codes for structural members subjected by eccentric compression force, without lateral solicitations, just generating a bending on the weaker axis. Two cases of eccentricities were admitted for study: an initial eccentricity corresponding to 10% and 50% of the width of the cross section, respectively. A load combination composed exclusively by permanent loads was assumed due to the resulting difficulties of the equations proposed by the NBR 7190/97. The results of the application of the several normative criteria are shown in the form of diagrams $N_d / A \times \lambda$, because they allow an evident visualization of the behavior of the structural element according to the different slenderness. In addition to be detached the largest or smaller differences between the reached results, it is also commented the objectivity in the application of the methods.

Keywords: timber structures, verification of the structural members, compression and combined bending and axial compression.

1. INTRODUÇÃO

Como consequência da multiplicidade de sistemas estruturais dos quais a madeira é capaz de compor, é freqüente o emprego de peças sujeitas a esforços axiais de compressão ou mesmo flexocomprimidas, tais como em barras de treliças para coberturas ou vigas treliçadas, pilares para pontes, postes, cimbramentos, estacas, esteios, dentre outros. Embora possam ter uma constituição muito diferenciada, o presente estudo considera exclusivamente o caso das peças de madeira serrada de seção simples, ou seja, aquelas cuja seção transversal é formada por uma única barra.

Assim como em muitos outros países, as recomendações para o dimensionamento dos elementos estruturais de madeira, no Brasil, passaram por uma profunda reformulação no modelo de avaliação da segurança estrutural com a edição da NBR 7190 – *Projeto de estruturas de madeira*, em 1997. Nesse documento, a inspeção das condições de segurança estrutural é baseada no método dos estados limites, que tem como premissa básica a condição:

$$S_d \leq R_d \quad (1)$$

em que S_d representa o valor de projeto das solicitações e R_d denota o valor da resistência de projeto, aqui às vezes também designada por N_d . Os valores da resistência de projeto determinados segundo as recomendações da norma brasileira são, neste trabalho, comparados aos valores resultantes das prescrições das normas: DIN 1052 (1988) – norma alemã, AS 1720.1 (1997) – norma australiana, CSA 086.1-94 (1989) – norma canadense, EUROCODE 5 (1993) – norma da Comunidade Européia, NDS (1991) e AF&PA/ASCE 16-95 (1996) – normas norte-americanas, as quais foram escolhidas por representarem países ou regiões que têm ampla tradição no uso da madeira como material estrutural.

Na reformulação da NBR 7190 (1997), os critérios para o dimensionamento das peças sujeitas à compressão paralela às fibras sofreram sensíveis modificações. O novo modelo introduziu os conceitos de excentricidade accidental mínima, a consideração da fluência da madeira e as amplificações de excentricidades, resultando em solicitações de flexo-compressão para peças medianamente esbeltas ou esbeltas. Todavia, observa-se que esse modelo de cálculo tem sido alvo constante de críticas, principalmente pelo fato de que a consideração dessas excentricidades e fluência, de forma diferenciada para cada faixa de esbeltez, decreta a ocorrência de degraus nos diagramas representativos da resistência de cálculo em função da esbeltez da peça.

Nesse contexto, realizou-se uma confrontação entre os critérios de dimensionamento das peças comprimidas e flexocomprimidas propostos por códigos normativos de outros países e aqueles recomendados pela norma brasileira. O modelo sugerido pela norma brasileira foi aferido numericamente, simulando-se o caso de barras que são geometricamente freqüentes em estruturas de madeira e solicitadas por compressão e flexo-compressão. Também foram observados os aspectos relacionados com a eficiência e simplicidade dos métodos. Esse procedimento tem como objetivos orientar o estabelecimento de um processo de cálculo com uma desejável objetividade e, sobretudo, subsidiar as necessárias alterações na atual norma brasileira, evitando-se as descontinuidades mencionadas.

Na avaliação numérica do modelo da norma brasileira optou-se pela madeira do tipo dicotiledônea, da classe C60, com as características e propriedades relacionadas nessa norma. MIOTTO (2003) avaliou as demais classes de resistência de dicotiledôneas e coníferas