

**CURVAS DE FLAMBAGEM PARA DIMENSINAMENTO DE ELEMENTOS
COMPRIMIDOS EM ESTRUTURAS DE MADEIRA**

Luciano Barbosa dos Santos (lbsantos@sc.usp.br)

Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia – EP/UFBA

Francisco Antonio Rocco Lahr (frocco@sc.usp.br)

Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo – EESC/USP

Sandro Fábio César (sfcesarpaz@uol.com.br)

Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia – EP/UFBA

RESUMO: O procedimento da NBR 7190/1997 para dimensionamento de elementos comprimidos em estruturas de madeira não permite a determinação da resistência à compressão das peças, o que dificulta consideravelmente o cálculo, pois condiciona a verificação da segurança ao manuseio de equações de iteração relativamente extensas e complexas. Estudos recentes utilizando métodos numéricos indicaram que o procedimento proposto pela norma fornece curvas de flambagem descontínuas, fato que não se justifica fisicamente, mas que se explica matematicamente pela incongruência dos diferentes critérios apresentados pela norma para os três tipos de elementos comprimidos existentes: curtos, medianamente esbeltos e esbeltos. Apresenta-se neste trabalho várias curvas de flambagem obtidas pela aplicação de métodos numéricos ao equacionamento proposto pela NBR 7190/1997, que simplificam sobremaneira o cálculo dos elementos comprimidos e eliminam as descontinuidades decorrentes do procedimento original proposto pela norma.

Palavras-chave: elementos comprimidos, compressão paralela às fibras, métodos numéricos, curvas de flambagem.

BUCKLING CURVES FOR TIMBER COMPRESSION MEMBERS

ABSTRACT: The latest version of Brazilian code for timber structure design, NBR 7190/1997, turned more complex the determination of strength design values to compressed pieces, because, in agreement with this code, it is necessary to use the complicated iteration equations for verification of the structural safety. Recent researches affirm that the use of numerical methods to perform analysis in timber columns shows some discontinuous in buckling curves obtained using the criteria described in Brazilian code. This problem occurs due the code inconsistency. In this work is presented some buckling curves obtained using numerical methods to represent the Brazilian code equations used to design timber structures. The results show that it is possible to eliminate the discontinuous buckling curves problem and to simplify the dimension procedure.

Keywords: columns, compression parallel to the grain, numerical methods, buckling curves

1. INTRODUÇÃO

Os critérios propostos pela NBR 7190/1997 para verificação de elementos de madeira sob compressão paralela às fibras vêm sendo motivo de estudo e discussão desde que a norma entrou em vigor. Nos últimos anos vários trabalhos sobre o assunto foram publicados, podendo-se citar: BARALDI e LOGSDON (1998), LORIGGIO (1998), SANTOS *et al.* (1999), MARANHÃO e CALIL JÚNIOR (2000), ALVIN e VELOSO (2002), MIOTTO e DIAS (2002), e SANTOS *et al.* (2002).

Uma das razões que têm motivado tantos estudos sobre os elementos comprimidos é que a NBR 7190/1997 tornou difícil a determinação da resistência de cálculo de peças cujo índice de esbeltez excede 40 (peças esbeltas e medianamente esbeltas), pois, nesses casos, a verificação da segurança está condicionada ao manuseio de equações de iteração relativamente extensas e complexas, que não permitem a determinação direta da capacidade de carga da peça.

Este trabalho propõe um procedimento mais simples para verificação dos elementos esbeltos e medianamente esbeltos, que foi obtido por meio da aplicação de métodos numéricos ao equacionamento proposto pela norma. O procedimento está fundamentado no uso de curvas de resistência, também conhecidas como curvas de flambagem, embora esse último termo possa ser considerado inadequado do ponto de vista conceitual.

2. OS CRITÉRIOS DA NBR 7190/1997

Segundo a NBR 7190/1997, as peças de madeira submetidas à compressão paralela as fibras são classificadas como:

- a) curtas, quando $\lambda \leq 40$;
- b) medianamente esbeltas, quando $40 < \lambda \leq 80$;
- c) esbeltas, quando $\lambda > 80$, não sendo permitido $\lambda > 140$.

Para cada uma dessas classes a norma prevê um processo de verificação diferente, e, dependendo da classificação do elemento, determinados aspectos são ou não considerados.

Para os elementos curtos a norma prevê a verificação da condição de segurança indicada na Equação 1:

$$\sigma_d \leq f_{co,d} \quad (1)$$

onde σ_d é a tensão de cálculo atuante na peça, e $f_{co,d}$ a resistência de cálculo da madeira à compressão paralela às fibras. Com esse critério fica fácil determinar a força máxima que pode ser aplicada no elemento, bastando fazer:

$$R_d = N_{d(res)} = f_{cod} \times A \quad (2)$$

onde A é área da seção transversal e R_d (ou $N_{d(res)}$) é a resistência de cálculo da peça.