



ANÁLISE TEÓRICO-EXPERIMENTAL DE PEÇAS DE MADEIRA AXIALMENTE COMPRIMIDAS

¹Carlos E. Javaroni (javaroni@feb.unesp.br), ¹Luniery A. P. Schiavon (luniery@hotmail.com)

¹Faculdade de Engenharia - UNESP

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental

Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01. CEP 17.033-360. Bauru/SP.

RESUMO: O dimensionamento de peças de madeira quando solicitadas axialmente por esforços de compressão sofreu grandes modificações em sua formulação nas revisões realizadas na norma brasileira NBR 7190: Projeto de Estruturas de Madeira. Do método das tensões admissíveis para o método dos estados limites. Da adoção de uma curva de resistência com base na força crítica de Euler, limite de proporcionalidade e interpolação linear em função de faixas de esbeltez para a consideração de excentricidades, a consideração da fluência e fator de ampliação de deslocamentos. Em seu processo de revisão, em andamento, o dimensionamento de peças sujeitas à compressão paralela às fibras renuncia à consideração da fluência, às faixas de esbeltez e se utiliza da chamada esbeltez relativa. Este trabalho analisou as fundamentações teóricas que fornecem as bases para as formulações dos procedimentos normativos utilizados, comparando seus resultados teóricos com resultados experimentais obtidos em ensaios de peças de madeira axialmente comprimidas realizados nas dependências do Laboratório de Estruturas da Faculdade de Engenharia da Unesp, Campus de Bauru/SP. Deu-se ênfase às normas brasileiras onde pode-se observar que os resultados teóricos encontram consonância com aqueles obtidos nos ensaios realizados em modelos da espécie Cupiúba (*Goupia glabra*) popularmente conhecida como peroba do norte.

Palavras Chave: Estruturas de Madeira, Compressão, Flambagem, Análise Experimental.

ANALYSIS THEORETICAL-EXPERIMENTAL OF TIMBERS MEMBERS IN AXIAL COMPRESSION

ABSTRACT: The design of wood pieces axially compressed passed for several changes in its formulation in the revisions made in the Brazilian standard NBR 7190: Project Timber Structures. The method of allowable stresses for the method of limit states. The adoption of a resistance curve based on the Euler critical force, proportional limit and linear interpolation due to slenderness ranges for consideration of eccentricities, the consideration of creep and displacement magnification factor. In its review process, in the final phase, the design of parts subject to compression parallel to grain waives consideration of creep, bands slenderness and uses the so-called relative slenderness. This paper presents the various regulatory procedures already used for the design of axially compressed wood pieces in Brazil. The theoretical results are compared with the experimental results from model tests with dimensions of cross section (4,5 x 11) cm² and lengths ranging from 25 cm to 200 cm, the species *Goupia glabra*.

Keywords: Design of timber structures, compression, buckling, experimental analysis.

1. INTRODUÇÃO

Do ponto de vista estrutural, o material madeira tem uma combinação de propriedades que o torna capaz de resistir aos vários tipos de esforços solicitantes, como por exemplo, os que provocam tração, compressão, flexão, ou combinação desses, tornando a madeira um material estrutural que pode ser utilizado em quase todos os tipos de sistemas estruturais.

Alguns dos esforços comuns em estruturas de madeiras são a compressão paralela às fibras e a flexo-compressão, sendo frequentes em pilares e em partes de tesouras de coberturas como banzos e diagonais, elementos componentes de contraventamentos ou travamentos de conjuntos de estruturas, etc. Esses esforços podem causar falha por esmagamento ou perda de estabilidade da peça, isto é, flambagem, sendo este último o mais frequente.

A flambagem depende de fatores que podem ser considerados externos às propriedades do material, como por exemplo, o comprimento da peça e as condições de apoio. Para os elementos estruturais de madeira, dá-se predominantemente por flexão, ou seja, a peça de madeira apresenta, a partir de um determinado valor de força aplicada, deslocamentos perpendiculares ao seu eixo. A esta força dá-se o nome de força crítica ou força de Euler, em referência a Leonhard Euler, matemático suíço que propôs a primeira fórmula geral para o cálculo da força de flambagem em regime elástico para uma barra ideal (sem imperfeições) comprimida, por volta do ano de 1750 (BEER *et al.*, 2011).

Entretanto, na prática é impossível obter as condições ideais para as barras comprimidas, tornando-se necessário corrigir as expressões teóricas utilizadas para o cálculo da força de flambagem para cada condição não satisfeita. São exemplos dessas imperfeições: excentricidades no eixo da barra; incerteza no ponto de aplicação da força; material não perfeitamente elástico; variações dimensionais. Portanto, ao se dimensionar uma peça de madeira axialmente comprimida, todos esses fatores devem estar presentes em uma curva de resistência.

Uma curva de resistência, ou curva de flambagem, tem como objetivo principal a determinação, de forma prática, da força última que pode ser suportada por uma barra sujeita a compressão levando-se em consideração suas imperfeições. Ao longo dos anos várias curvas de flambagem foram utilizadas, seja para o aço, para a madeira ou para o concreto, refletindo os resultados obtidos nas diversas pesquisas desenvolvidas.

Para o dimensionamento de peças estruturais de madeira a NBR 7190:1997, fundamentada no método semiprobabilístico dos estados limites, apresentou mudanças significativas em relação a peças de madeira sujeitas à compressão paralela às fibras se comparada à edição de 1982, que se utilizava do método das tensões admissíveis. Já para o projeto de revisão da NBR 7190:1997, o dimensionamento das barras axialmente comprimidas é tratado como um problema de flexo-compressão assim como faz a Eurocode 5 - NF EN 1995-1-1:2004.

Este trabalho apresenta uma breve discussão das curvas utilizadas pela normalização brasileira em suas várias edições enfatizando as suas respectivas bases teóricas. Para avaliar os resultados teóricos foram realizados ensaios de compressão paralela às fibras em modelos com seção transversal (4,5 x 10,5) cm² e comprimentos variando de 25 cm a 200 cm, da espécie Cupiúba (*Goupia glabra*) popularmente conhecida como peroba do norte.

2. ASPECTOS TEÓRICOS

Uma barra sujeita à compressão pode falhar por esmagamento ou flambagem sendo este modo o mais comum.

A falha por esmagamento dá-se para peças curtas e depende exclusivamente da resistência à compressão paralela às fibras (f_{co}) da madeira utilizada.

Já para a falha por flambagem, fatores externos ao material, como comprimento, vínculos nos apoios, carregamentos, fazem com que a resistência da barra seja menor que a resistência propriamente dita do material (f_{co}). A força de flambagem foi obtida inicialmente por Euler, Eq. (1), considerando-se uma barra perfeita, BEER, *et al.* (2011). Entretanto, as