

MÉTODO PRÁTICO PARA PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE MADEIRA SUBMETIDOS A MOMENTO FLETOR COM BASE NA NORMA BRASILEIRA – NBR 7190 PARA ESTRUTURAS DE MADEIRA

João do Nascimento FARIAS JÚNIOR¹
Estevão Vicente Cavalcanti Monteiro de PAULA²

¹Bolsista IC INPA-PIBIC/CNPq; ²Orientador INPA.

INTRODUÇÃO

Do ponto de vista prático, a Norma Brasileira para projeto de Estruturas de Madeira – NBR 7190 propõe métodos de dimensionamento de elementos estruturais e de ligações entre peças de madeira de forma generalizada, sem especificar espécies e suas origens. Segundo Pfeil (2003) a utilização de madeira como material construtivo mostra-se economicamente competitivo e ao mesmo tempo aceitável em termos ecológicos. Desta forma, a norma demanda uma considerável concentração de esforço devido à complexidade das madeiras no que se refere às suas condições de trabalho, que podem alterar o desempenho da estrutura. Apesar da laboriosa atenção que o engenheiro deve ter no uso desta norma, ela precisa ser utilizada para garantir a estabilidade da estrutura e condições de conforto ao usuário da mesma.

Por outro lado, o uso desta norma pode ser simplificado quando se trata de um pré-dimensionamento com o objetivo de descobrir dimensões de referência para o engenheiro ou arquiteto ter como base no seu projeto preliminar. Isto é possível porque a Norma consta de modelos matemáticos que podem ser aplicados variando os valores de referência de resistência, elasticidade e propriedades físicas de cada espécie.

Neste sentido, a madeira por ser um produto da natureza, é um material altamente higroscópico e ortotrópico, então propriedades como a resistência, módulo de elasticidade e densidade, requerem cuidados especiais.

Portanto, o trabalho a ser desenvolvido consiste em desenvolver através de métodos práticos de dimensionamento, planilhas e gráficos de diferentes espécies de madeira submetidos a momento fletor, para espécies amazônicas com base na NBR – 7190, variando as dimensões destes elementos estruturais em função de suas características físico-mecânicas, condições de carregamento e valores de carga, a fim de suprimir a falta de informações a respeito das propriedades da madeira e servir como uma publicação para orientar o projeto e dimensionamento de estruturas a serem construídas utilizando os detalhes construtivos adequados.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do trabalho, foi feito o levantamento das propriedades físicas (densidade básica) e mecânicas (módulo de elasticidade e de ruptura à flexão estática) de 10 espécies de madeira amazônicas e adequação aos valores representativos de acordo com as recomendações da NBR – 7190. Foram consideradas as espécies especificadas na Tabela 1.

Tabela1. Propriedades físico/mecânicas de 10 espécies de madeiras amazônicas; Db = densidade básica, MORF = módulo de ruptura, MOEF = módulo de elasticidade. Fonte: INPA/CPFF. Catálogo de madeiras da Amazônia: Características tecnológicas; Área da Hidrelétrica de Balbina, 1991, 88p.

Espécie	Db (Gr/cm ³)	MORF (kgf/cm ²)	MOEF (kgf/cm ²)	Nome comum
<i>Anacardium giganteum</i>	0,44	754	104000	caju açu
<i>Andira parviflora</i>	0,67	959	115000	sucupira vermelha
<i>Aspidosperma obscurinervium</i>	0,86	1364	153000	piquia marfim
<i>Brosimum rubescens</i>	0,91	1331	138000	pau rainha
<i>Carapa guianensis</i>	0,43	901	101000	andiroba
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	0,46	795	82000	cedrorana
<i>Corythophora ramosa</i>	0,84	1586	140000	castanha jacaré
<i>Dipteryx odorata</i>	0,97	1734	161000	cumaru
<i>Mezilaurus itauba</i>	0,7	1208	133000	itauba
<i>Simarouba amara</i>	0,35	560	72000	marupa

Foi feito o estudo e definição do tipo mais comum de solicitações de carga e definição dos valores de referência de acordo com as recomendações da NBR-7190. Posteriormente foi feito o estabelecimento de solicitações de carga, dimensões usuais e condições de contorno mais convencionais.

Para a verificação das reações causadas pelos esforços sobre os apoios da estrutura, determinação do momento fletor e esforço cortante admitiram-se como forma de resolução o somatório de forças na horizontal e vertical, bem como a adoção de um valor de Momento fletor máximo para os casos estudados, todos equacionados da seguinte maneira:

$$\leftarrow \sum F_x = 0$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$M = \frac{qL^2}{8}$$

Em seguida, fez-se a aplicação de modelos matemáticos propostos na norma e os elementos variáveis (carga, vão, características da madeira) para desenvolvimento de planilhas e gráficos. Para fins estruturais, os valores de cálculo X_d e os coeficientes de modificação K_{mod} , que dizem respeito às classes de carregamento e tipo de material, classes de umidade e tipo de material, bem como o tipo de madeira (1ª e 2ª categoria), também foram utilizados para melhor caracterização do material e obtenção de resultados satisfatórios.

A segurança quanto ao momento fletor, ficou garantida pela verificação simultânea das tensões normais nas bordas comprimida e tracionada, segundo a NBR -7190. Já a verificação da flecha, que é o estado limite de utilização, caracterizada pela deformação excessiva nas vigas fletidas, através do deslocamento vertical máximo, deu-se a partir da comparação da flecha efetiva com a flecha admissível segundo a NBR 7190, $u_{ef} = u_{d,uti} \leq u_{lim}$.

Diante disso, uma manipulação algébrica simples, fez-se necessária para a obtenção da flecha e conseqüentemente compreensão do deslocamento vertical causado pela flexão da peça de madeira. Essa manipulação ocorreu da seguinte forma:

(1) $u_{ef} = \frac{5ql^4}{384EI}$ → Fórmula da flecha para uma viga bi apoiada com carga uniformemente distribuída, em que E = módulo de elasticidade (rigidez); I = momento de Inércia; q = módulo da carga distribuída; l = comprimento da viga.

$u_{lim} = 1/350$ → Flecha admissível (2). Igualou-se a equação (1) a (2): $\frac{1}{350} = \frac{5ql^4}{384EI}$

$I = \frac{bh^3}{12}$ → Fórmula do Momento de Inércia (4)

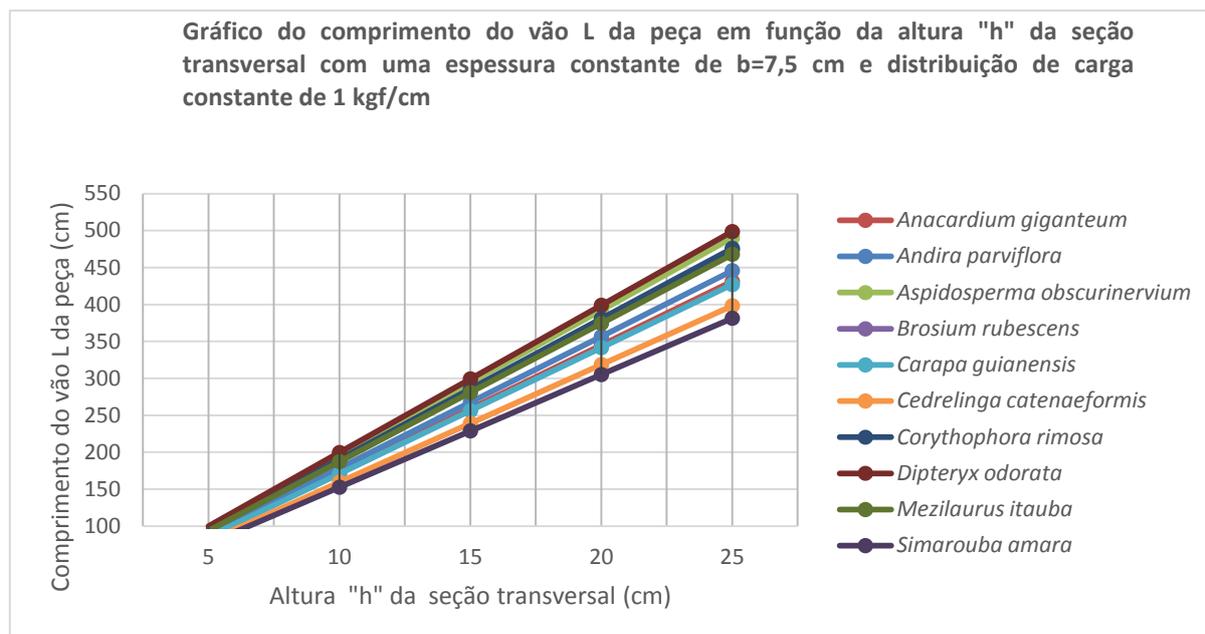
Substituiu-se a equação (4) na equação (3), obteve-se: $L = \left(\sqrt[3]{384 \frac{Eb^3}{21000q}} \right)$ (5).

A equação (5) mostrou como foi feito o dimensionamento do comprimento do vão da peça de madeira das 10 espécies em estudo, levando em conta variáveis como o a largura e altura da peça, que são as demais variáveis que compõem o dimensionamento da peça.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o estudo da Norma e da identificação das espécies caracterizadas com os valores de referência, bem como da aplicação das condições de contorno mais convencionais que foram aquelas representadas pelas equações listadas anteriormente, obteve-se alguns resultados satisfatórios, que ilustram o comportamento do material, no caso de uma peça de madeira, quando submetida a esforços mecânicos levando em conta as diferentes características físicas e mecânicas de cada espécie.

Figura 1. Gráfico do comprimento do vão da peça em função da espessura da seção transversal.



CONCLUSÃO

Os gráficos obtidos com o estudo da flecha de uma peça de madeira quando submetida a momento fletor, mostraram que para diferentes espécies, o comprimento do vão da peça podia variar, haja vista que cada espécie possui um diferente módulo de elasticidade, apesar de todas as espécies em estudo estarem nas mesmas condições de carregamento, largura e altura da seção transversal. Portanto a rigidez do material é um fator fundamental quando observado a necessidade de dimensionamento de elemento estrutural para fins de estruturas provisórias, como vigas e pilares de madeira. A partir do que foi observado, a confecção de um manual com todas as informações encontradas na pesquisa, no que diz respeito ao dimensionamentos das peças, propiciará um material de apoio para o engenheiro ou arquiteto que queira trabalhar com tais espécies em seus projetos.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2011. Projeto de Estruturas de Madeira NBR 7190, 50 p.
- INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, CPPF. 1991. *Catálogo de madeiras da Amazônia: Características tecnológicas*; Área da Hidrelétrica de Balbina, 88p.
- Pfeil, W. 2003. *Estruturas de Madeira*. 6° Ed. Rio de Janeiro: LTC.