

MÉTODO PRÁTICO PARA PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE MADEIRA SUBMETIDOS À COMPRESSÃO PARALELA COM BASE NA NORMA BRASILEIRA – NBR 7190 PARA ESTRUTURAS DE MADEIRA

Camila Aleixo COSTA¹
Estevão Vicente Cavalcanti MONTEIRO DE PAULA²

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

INTRODUÇÃO

Do ponto de vista prático, a Norma Brasileira para projetos 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.

A Norma 7190 utilizada na elaboração deste trabalho é a primeira revisão da ABNT NBR 7190: 1997, introduzindo algumas abordagens, ampliando e modificando outras em relação à anterior. A aplicabilidade desta norma demanda uma considerada concentração e esforço devido à complexibilidade 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 obter 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.

Considerando que o trabalho consiste no pré-dimensionamento de elementos estruturais de madeira submetidos a compressão paralela, foram estudadas as propriedades físico mecânicas responsáveis pela resposta do material quando submetido à ação de forças externas e as propriedades como resistência e módulo de elasticidade também foram consideradas.

Portanto, o trabalho desenvolvido consistiu no desenvolvimento de métodos práticos de dimensionamento, planilhas e gráficos de diferentes espécies de madeira submetidas à compressão paralela, 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 suprir a falta de informação a respeito das propriedades da madeira e servir como uma publicação para orientação de projeto e dimensionamento de estruturas a serem construídas utilizando os detalhes construtivos adequados.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho consistiu em desenvolver métodos práticos de dimensionamento de elementos estruturais de madeira submetidos à compressão paralela para espécies amazônicas com base na NBR 7190, através de modelos matemáticos e dados já publicados que possam servir de subsídios de pré-dimensionamento para fins de pré-projeto ou estruturas provisórias.

Foram levantadas as propriedades físico-mecânicas de resistência, rigidez e elasticidades de 10 espécies amazônicas e então foram adequadas a valores representativos de acordo com as recomendações da NBR 7190. No caso específico do presente trabalho adotou-se madeira de segunda categoria ($k_{mod_3} = 0,8$) submetida a carga de longa duração ($k_{mod_1} = 0,7$) e com classe 3 de umidade ($k_{mod_2}=0,8$); portanto, o coeficiente $K_{mod}=0,7 \times 0,8 \times 0,8 = 0,45$. Considerando ainda a variabilidade da resistência da madeira de um mesmo lote, problemas na confecção de corpos de prova a norma recomenda adotar um coeficiente de minoração $\gamma_w=1,4$, para peças submetidas ao esforço de compressão paralela. Portanto:

$$f_{cd} = K_{mod} \frac{f_{co,k}}{\gamma_w}; \quad E_{co,d} = K_{Mod} E_{co,k}$$

A norma NBR 7190 também serviu de guia para o estudo e definição do tipo mais comum de solicitação de carga definindo valores de referência. No caso de peça submetida à compressão não foi considerado efeito de momento externos e as condições de contorno a ser adotadas podem ser qualquer uma proposta pela norma visto que alteram somente o comprimento de flambagem fazendo com que mude o índice de esbeltez que é a variável que interessa para este estudo.

Para o dimensionamento de peças submetidas a esforços de compressão paralela às fibras, a ABNT (2011), considera níveis do índice de esbeltez (λ). Dependendo dos valores de esbeltez as peças são consideradas como curta, medianamente esbelta e esbelta.

- Peças curtas ($\lambda \leq 40$) → Apresenta o estado limite último de ruptura da seção por tensões normais de compressão;
- Peças medianamente esbeltas ($40 < \lambda < 80$) → Apresenta o estado limite último de perda de estabilidade por flexo-compressão, entretanto, podem ser negligenciadas as excentricidades causadas por fluência (ao longo do tempo).
- Peças esbeltas ($80 \leq \lambda \leq 140$) → Apresenta o estado limite último de perda de estabilidade por flexo-compressão e considera a excentricidade causada pela fluência.

No caso de peças medianamente esbeltas e esbeltas a verificação da estabilidade (por flexo-compressão), no ponto mais comprimido da seção é somente uma representada pela equação abaixo:

$$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{c0,d}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{c0,d}} \leq 1,0 \quad \text{como} \quad \sigma_{Nd} = \frac{N_d}{A} \quad \text{e} \quad \sigma_{Md} = \frac{M_d}{I} \cdot y_c$$

Onde σ_{Nd} = valor de cálculo da tensão de compressão devida à força normal de compressão e σ_{Md} = valor de cálculo da tensão de compressão devida ao momento fletor. No entanto, para medianamente esbelta a excentricidade considerado no cálculo é de primeira ordem ($e_1 = e_i + e_a$) enquanto que a esbelta considera-se também a excentricidade causada pela fluência conforme a equação abaixo:

$$e_c = e_{ig} + e_a \left\{ \exp \left[\frac{\phi \left[\frac{N_{gk} + \psi_1 + \psi_2}{F_E - N_{gk} + \psi_1 + \psi_2} \right] \left[\frac{M_{1g,d}}{N_{gd}} \right]}{\psi_1 + \psi_2} \right] - 1 \right\} e_{ig} = \frac{M_{1g,d}}{N_{gd}} \psi_1 + \psi_2 \leq 1$$

Coefficientes ψ_1 e ψ_2 e o coeficiente de fluência ϕ são valores tabelados.

O valor de cálculo da carga admissível para peças medianamente esbelta foram feitas colocando as equações diretamente em uma planilha eletrônica, enquanto que para peças esbeltas as equações propostas pela norma foram manipuladas até chegar a equação abaixo:

$$\frac{Nd}{A fcd} + \frac{6 ea}{b^3 fcd} \left[\exp \left(\frac{\phi N * g}{Ncr - N * g} \right) \right] \left(\frac{NdNcr}{Ncr - Nd} \right) = 1$$

E seu membro direito como

$$F'(Nd) = 1$$

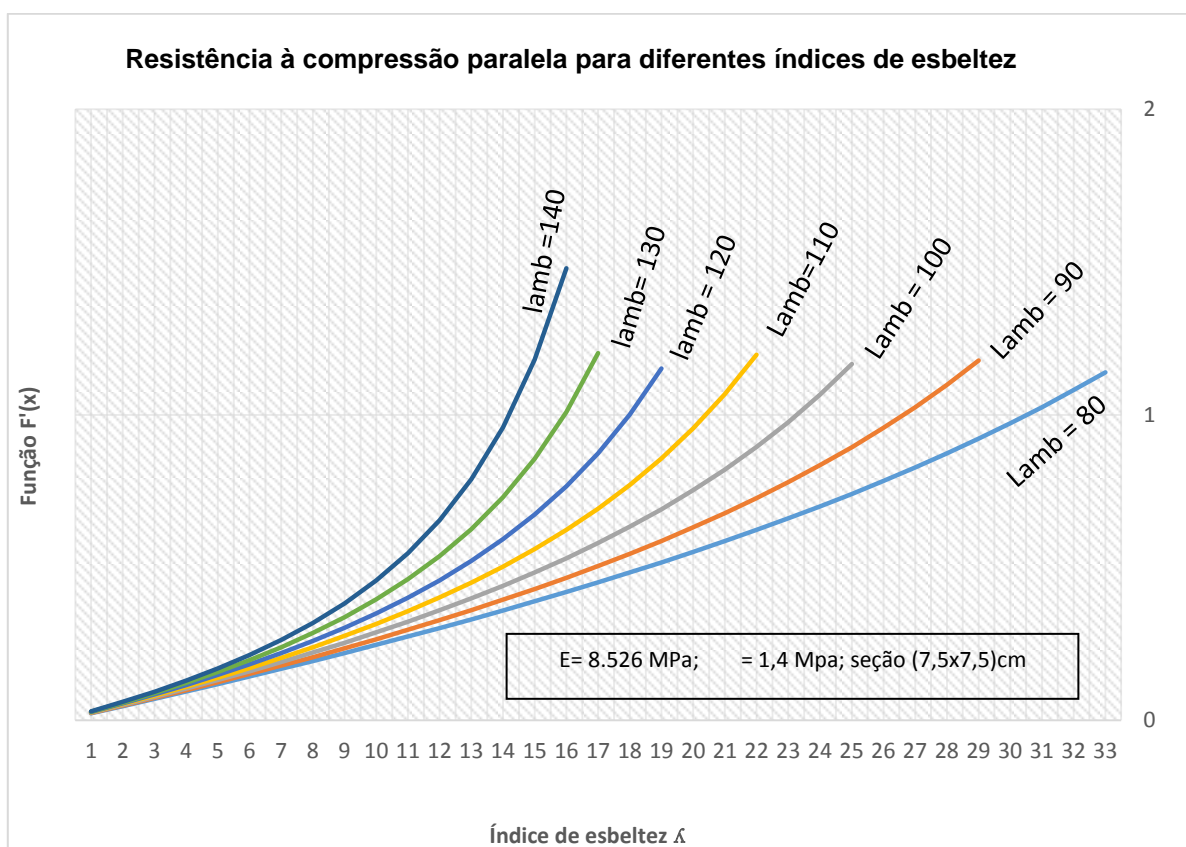
E representamos as funções F(Nd) e F' (Nd) em função de Nd no mesmo sistema de coordenadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para aplicação das equações acima e transformar em resultados práticos, adotou-se o exemplo apresentado pela Pfeil, 2003. Usando os dados apresentados no exemplo traçamos as funções F(Nd) e F'(Nd) conforme apresentado na figura abaixo. O ponto de interseção das funções F(Nd) e F'(Nd), que ocorre quando funções F(Nd) = F'(Nd), dá o valor de Nd procurado. Esse resultado pode ser obtido com a precisão desejada utilizando-se de um software apropriado. A tabela abaixo apresenta valores de resistência de uma peça de madeira submetida a compressão paralela (KN) em função de seu índice de esbeltez.

Tabela 1. Resistência à compressão paralela para diferentes índices de esbeltez.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	50,7	50,3	49,9	49,6	49,2	48,8	48,4	48,0	47,6	47,2
50	46,9	46,5	46,1	45,7	45,3	44,9	44,5	44,1	43,6	43,2
60	42,4	42,0	41,6	41,2	40,8	40,4	40,0	39,6	39,2	38,8
70	38,4	38,0	37,6	37,2	36,8	36,4	36,0	35,6	35,2	34,8
80	34,4	30,0	29,0	29,0	28,0	28,0	28,0	27,0	27,0	27,0
90	26,0	26,0	25,0	25,0	25,0	24,0	24,0	24,0	23,0	23,0
100	23,0	22,0	22,0	22,0	22,0	21,0	21,0	21,0	20,0	20,0
110	20,0	20,0	19,0	19,0	19,0	19,0	18,0	18,0	18,0	18,0
120	17,0	1,0	17,0	17,0	17,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0
130	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	14,0	14,0	14,0	14,0
140	14,0									



CONCLUSÃO

As tabelas e os gráficos determinados no desenvolvimento deste trabalho permitirão que o seu usuário faça o pré-dimensionamento da peça de madeira com facilidade. É um trabalho inédito para as madeiras da Amazônia pois tem como referência a nova norma de cálculo de estrutura de madeira que apresenta complexas equações, principalmente quando se trata em peças esbeltas, que poderá ser estimado facilmente o valor de resistência adotando as tabelas e o gráficos apresentados neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2011. NBR 7190: projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro. Lisboa, C.D.J.; Matos, J.L.M.; Melo, J.E. 1993. Amostragem e propriedades físico-mecânicas de madeiras amazônicas. Brasília: IBAMA. (Coleção Meio Ambiente. Série Estudos Floresta, 1). Pfeil, W. 2003. *Estruturas de madeira*. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos.