

SUBSÍDIOS PARA O DIMENSIONAMENTO DE PEÇAS SÓLIDAS DE MADEIRA SUBMETIDAS À COMPRESSÃO PARALELA. (*)

Estevão V. C. Monteiro de Paula(**)

Alberto Brito da Silva (**)

RESUMO

A madeira pela sua abundância e facilidade no manuseio acompanha a evolução do modo de vida do homem. Somente quando o concreto armado passou a ser utilizado é que o uso da madeira diminuiu. Os estudos científicos sobre as propriedades físicas e mecânicas da madeira permitiram o seu emprego em igualdade de condições com outros materiais no mercado. As madeiras amazônicas a despeito da imensa floresta são utilizadas de forma pouco adequadas. Este trabalho apresenta o método estabelecido pela Norma Brasileira, com o objetivo de auxiliar o técnico, através do uso de tabelas no dimensionamento de peças sólidas de madeiras submetidas à compressão paralela.

INTRODUÇÃO

Para o dimensionamento de peças de madeira submetidas à compressão paralela às fibras, existem diversos métodos propostos por diferentes Normas de cálculos de Estruturas de Madeira. Sem pretensão de analisar tais métodos, este trabalho apresenta procedimentos propostos pela Norma Brasileira - NBII, com o objetivo de facilitar a tarefa de dimensionamento através da utilização de tabelas de tensões admissíveis de flambagem em função do índice de esbeltez.

As tabelas apresentadas não se constituem em uma proposta inovadora, mas com certeza são inéditas para espécies de madeiras do Amazonas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram ensaiadas trinta espécies de madeira com número mínimo de árvores por espécie de acordo com recomendações da "Comissão Panamericana de Normas Técnicas - COPANT".

(*) Trabalho realizado no Laboratório de Engenharia da Madeira, CPPF/INPA/MCT

(**) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus - AM.

A partir dos dados experimentais obtidos no ensaio de compressão paralelas às fibras e do método proposto pela Norma Brasileira - NBR11 para cálculo de Estruturas de Madeira, foram elaboradas tabelas, utilizando-se o computador do laboratório de Engenharia de Madeira, as quais possibilitam a obtenção direta de tensão admissível de flambagem de uma peça de madeira em função de sua esbeltez. As fórmulas de cálculo utilizadas são apresentadas na seção 3.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As peças submetidas à compressão paralela podem ser classificadas em Peças simples ou sólidas e Peças Múltiplas ou Compostas.

As peças constituídas por mais de um componente, unidos entre si através de elementos de ligação, são conhecidas como múltiplas; enquanto as de apenas um componente são consideradas como sólidas, incluindo neste último caso as peças coladas.

As discussões e método de cálculo para o dimensionamento de peças múltiplas, são tema de outro trabalho específico a ser publicado visto que a NBR11 não é clara quanto à proposta de cálculo a ser utilizada para este caso.

No entanto, vale ressaltar que, sobre o dimensionamento de peças múltiplas a NBR11, em seu artigo 28, parágrafo "a" cita: "Quando a peça múltipla for constituída por elementos iguais, dispostos paralelamente e com eixo principal comum, considerar-se-á, para a flambagem segundo plano normal a esse eixo, cada elemento com uma peça isolada, solicitada pela fração de carga normal total que lhe corresponder". No parágrafo "b" do mesmo artigo, é destacado que nos outros casos é necessário se calcular o índice de esbeltez específico, sem contudo citar qual o método de cálculo para determinar este índice. No parágrafo "c", a NBR11 alerta que, para qualquer um dos casos (a e b) deve ser verificado a flambagem de cada elemento isolado, tomando como comprimento de flambagem a distância entre os elementos de fixação mais próxima. Portanto, considerando-se o parágrafo "a" do artigo 18 da NBR11, observa-se que, embora o presente trabalho não refira em detalhes ao dimensionamento de peças múltiplas o mesmo contribuirá significativamente para o dimensionamento destas peças.

Para efeito de dimensionamento de peças de madeira a compressão paralelas a Norma Brasileira classifica as peças de acordo com seus índices de esbeltez (Fig. 1).

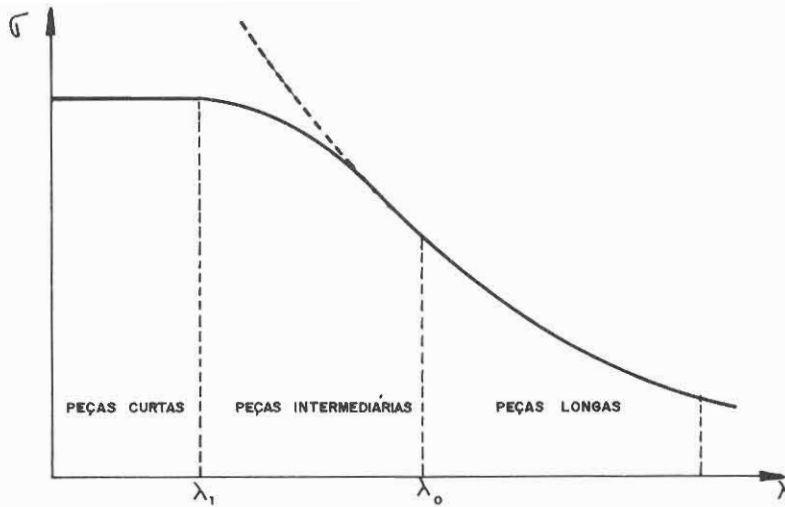


Fig. 1. Variação da tensão de flambagem em função do índice de esbelte, de acordo com Pfril (1978).

O índice de esbelte (λ), é definido como a relação entre o comprimento de flambagem e o raio de giração (i) da peça. O comprimento de flambagem está condicionado às condições de vínculos nas extremidades da peça (Fig. 2). O raio de giração é definido como a distância a um eixo de rotação no qual a massa (ou seção transversal) de um corpo (ou área) pode ser considerada, sem alterar o momento de inércia do sistema (Fig. 3).

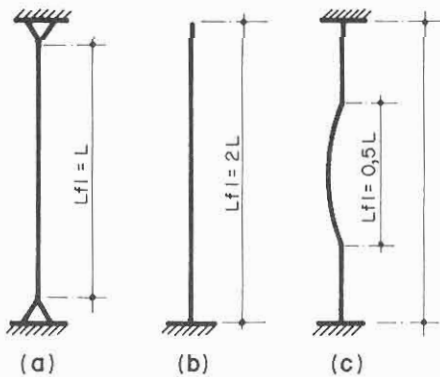


Fig. 2. Comprimentos de flambagem de acordo com as condições de vínculos.

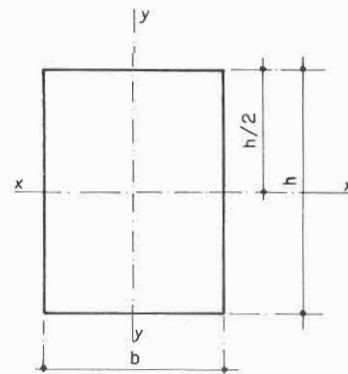


Fig. 3. Seção transversal retangular de uma peça sólida

Entretanto, a NBl1 somente refere a dois comprimentos de flambagem:

a) o comprimento de flambagem (L_f) de peças com apoios fixos é igual ao seu comprimento teórico, e não sendo permitido considerar influência favorável de engastamentos

ou continuidade (Fig. 2a e 4a).

b) o comprimento de flambagem (Lfi) de peças engastadas em uma das extremidades e livre na outra, é igual ao dobro do seu comprimento (Fig. 2b).

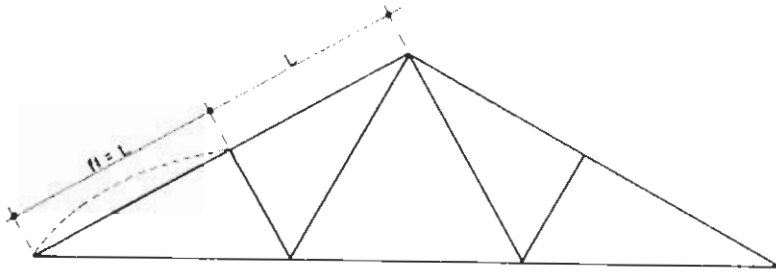


Fig. 4.

No dimensionamento de peças submetidas à compressão paralela adota-se o menor valor do raio de giração no caso de uma seção retangular (Fig. 3), tem-se:

$$i = \sqrt{\frac{J}{A}} \quad \therefore \quad i = \sqrt{\frac{h \cdot b^3}{12 \cdot b \cdot h}} = \frac{b}{\sqrt{12}}$$

J = momento de inércia (cm⁴)

A = área de seção (cm²)

Para índices de esbeltez menores ou iguais a 40 (Fig. 1), a Norma Brasileira considera as peças curtas não sujeitas a flambagem. Neste caso, a tensão atuante (σ_{AT}) deve ser menor ou igual a tensão admissível a compressão paralela (σ_c), equivalente a 20% do limite máximo de resistência à compressão paralela às fibras da madeira verde (NBII, artigo 51). Para as peças cujos índices de esbeltez estão situado entre 40 e λ_0 , isto é, maiores que 40 e menores que λ_0 , ($40 < \lambda < \lambda_0$) tem-se a flambagem elástica e a tensão atuante deve ser menor ou igual a tensão admissível de flambagem, calculada pela equação empírica (NBII, artigo 52).

$$\sigma_{fl} = \sigma_c \left(1 - \frac{1}{3} \frac{\lambda - 40}{\lambda_0 - 40} \right)$$

onde:

$$\lambda = \frac{Lfi}{i}$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Em}{(8) \cdot c \cdot \frac{3}{3}}}$$

λ_0 - índice de esbeltez intermediário

Em = módulo de elasticidade

σ_{fl} - tensão admissível da flambagem

As peças com índice de esbeltez maiores que λ_0 , são consideradas peças longas e, neste caso, ocorre a flambagem elástica, isto é, com tensões inferiores ao limite da pro-

porcionalidade. A tensão atuante deve ser menor ou igual à tensão de flambagem calculada por Euler, dividido por um coeficiente igual a 4 (NB11, artigo 52).

$$f_l = \frac{\pi^2 \cdot E_m}{4 \cdot \lambda^2} = \frac{2}{3} \sigma_c \cdot \left(\frac{\lambda_0}{\lambda} \right)^2$$

A fim de evitar estruturas muito flexíveis, a NB11 estabelece a relação máxima permitida $\frac{l}{b} f_l \leq 40$, sendo b a menor dimensão transversal da peça de madeira. Para peças retangulares, esta relação corresponde ao limite máximo permitido para o índice de esbeltez de 140.

$$\lambda = \frac{L f_l}{b} \cdot \sqrt{12} \leq 40 \sqrt{12} \approx 140$$

Tensões admissíveis de flambagem para algumas espécies de madeiras amazônicas

Baseando-se em resultados de ensaios obtidos em laboratório e na teoria sucintamente apresentada acima, foram elaboradas as tabelas de tensões admissíveis de flambagem σ_{fl} (kgf / cm²) para peças comprimidas de diferentes espécies de madeira da região amazônica, conforme exemplificado abaixo e apresentado nas tabelas a seguir:

Espécie: **Mezilaurus itauba** (Itaúba)

E_m :

σ_c :

a) Para $\lambda = 40$

$$\sigma_c = 0,20 \times \sigma_c = 69,8 \text{ Kgf / cm}^2$$

b) Para $40 < \lambda \leq \lambda_0$

$$\lambda_0 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E_m}{\frac{8}{3} \cdot \sigma_c}} = 71,06$$

tomando-se $\lambda = 50$

$$\sigma_{fl} = \sigma_c \left(1 - \frac{1}{3} \frac{\lambda - 40}{\lambda_0 - 40} \right) = 62,3 \text{ Kgf/cm}^2$$

c) Para $\lambda > \lambda_0$

adotando-se $\lambda = 130$

$$\sigma_{fl} = \frac{2}{3} \cdot \sigma_c \left(\frac{\lambda_0}{\lambda} \right)^2 = 13,9 \text{ Kgf/cm}^2$$

d) Verifica-se que a seção escolhida satisfaz:

$$\sigma_{fl} = \frac{P}{A}$$

$$A = \frac{P}{\sigma_{fl}} \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad A = 38,27 \text{ cm}^2$$

Como 38,27 é maior que a seção de $5 \times 5 \text{ cm} = 25 \text{ cm}^2$ deve-se utilizar uma seção maior.

e) Considerando-se uma seção quadrada de $6 \times 6 \text{ cm}$

$$\lambda = \frac{100 \cdot \sqrt{2}}{6} \quad \lambda = 58$$

$$\alpha_{f1} = 79,7 \text{ (Tabela 8)}$$

$$A = \frac{300}{79,7} \text{ cm}^2$$

Logo, a seção $6 \times 6 \text{ cm} = 36 \text{ cm}^2$ satisfaz.

Exemplo de usos das tabelas

Exemplo 1: Determinar a carga admissível em um pilar de madeira com seção transversal de $15 \times 15 \text{ cm}$ e comprimento (L) igual a 3 m.

a) De acordo com os cálculos das extremidades do pilar, determina-se o comprimento de flambagem (Lf1).

$$Lf1 = 2 \cdot L = 600 \text{ cm (peça engastada em uma extremidade e livre na outra)}$$

b) Determina-se o índice de esbeltez.

$$\lambda = \frac{Lf1 \cdot \sqrt{12}}{b} = \frac{600 \cdot \sqrt{12}}{15} = 138 \text{ (seção retangular)}$$

c) Determina-se a tensão admissível a flambagem (σ_{f1}).

Considerando que a espécie de madeira a ser utilizada é **Qualea paraensis** (Mandiogueira), a tensão admissível a flambagem é igual a $15,5 \text{ kgf/cm}^2$ para $\lambda = 138$ (Tabela 8).

d) Determina-se a carga admissível (\bar{P}).

$$P = \sigma_{f1} \cdot A$$

$$P = 15,5 \times 15 \times 15 = 3.488 \text{ kgf}$$

Exemplo 2: Uma barra de uma treliça sofre um esforço de compressão paralela às fibras igual a 200 kgf. Determinar a seção mínima desta peça, tendo o seu comprimento entre nós, igual a 1 metro.

a) Determinar o comprimento de flambagem (Lf1).

$$L = 1 \text{ m}$$

$$Lf1 = 100 \text{ cm (peças com apoio fixos - Fig. 4)}$$

b) Escolhe-se a forma da seção.

À uma seção mínima correspondente o menor índice de esbeltez possível, considerando que ocorra a flambagem. O menor índice de esbeltez ocorre para uma seção quadrada e portanto esta deve ser escolhida.

c) Determinando-se o índice de esbeltez.

Considerando em uma primeira tentativa, uma seção quadrada de 5 x 5 cm tem-se,

$$\lambda = \frac{L_{f1} \cdot \sqrt{12}}{b}$$

$$\lambda = \frac{100 \cdot \sqrt{12}}{5} \cdot \cdot \cdot 70$$

d) Determina-se a tensão admissível de flambagem (σ_{f1}).

Considerando que a espécie da madeira a ser utilizada é **Qualea paraensis** (Mandioqueira) a tensão admissível a flambagem igual a 60,1 para $\lambda = 70$ (Tabela).

Exemplo 3: Determinar a carga máxima que uma peça de seção circular decrescente (Fig. 5) de diâmetro máximo igual a 35 cm e comprimento de 2,5 m pode suportar, estando a mesma engastada em uma das extremidades.

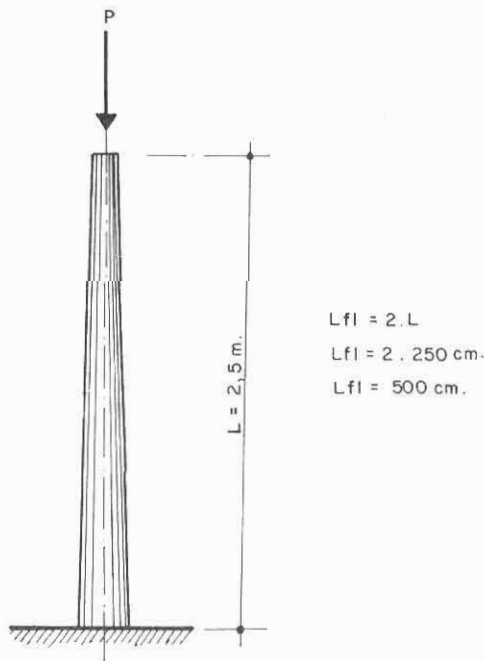


Fig. 5. Pilas de seção circular decrescente.

O método de cálculo de vigas e colunas circulares propostos pela NB11 no artigo 26 recomenda-se:

a) Todas as peças de seção circular solicitadas por compressão, flexão ou cisalha

mento serão consideradas como se fossem de seção quadrada, de área equivalente.

Considerando que a seção quadrada tenha dimensões 6 x 6 cm e que a seção quadrada tenha diâmetro igual a D, tem-se:

$$b^2 = \frac{\pi \cdot D^4}{4} = 0,785 D^2$$

b) No mesmo artigo, a Norma Brasileira recomenda:

A seção circular decrescente será considerada como se fosse uma seção uniforme, cujo diâmetro correspondente ao da seção tomada à distância de $\frac{1}{3}$ do comprimento total da peça, a partir da extremidade mais delgada; não se considerando, porém, um diâmetro superior a uma vez a meia o valor do diâmetro nessa extremidade.

Admitindo, no exemplo, que este diâmetro seja igual a 30 cm.

$$b^2 = 0,785 D^2$$

$$b = 26,58 \text{ cm}$$

O índice de esbeltez é igual a:

$$\lambda = \frac{Lf1 \cdot \sqrt{12}}{b} = \frac{500 \cdot \sqrt{12}}{26,58} = 65$$

Utilizando a *Vataireopsis* sp. (Angelim) tem-se para $\lambda = 65$ o valor de tensão admissível igual a 76,7 kgf/cm².

c) A carga máxima admissível é, portanto:

$$\bar{P}_{\max} = A_x \cdot \sigma_{f1} = 26,58 \times 76,7$$

$$P_{\max} = 54.188 \text{ kgf}$$

Considerações gerais sobre a escolha de espécie de madeira

Entre as peças submetidas à compressão paralela evidenciam-se os pilares (colunas) e postes de madeira. Em se tratando destes elementos estruturais, deve-se considerar certos critérios para a escolha das edificações mais adequadas. Considerando-se que na região Norte não existe essencialmente preocupações sobre a umidade e a preservação da madeira, inicia-se a escolha das peças da madeira pela sua durabilidade natural.

Desafortunadamente poucas são disponíveis nesta área conforme evidenciado no trabalho de Cardias (1984) que, realizando extensa revisão bibliográfica sobre a durabilidade natural de espécies de madeiras brasileiras, somente exista sete entre aquelas referidas neste trabalho (Tabela 2).

Tabela 1. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbelte-
tez (λ), para peças comprimidas de Itaúba - *Mezilaurus itauba*.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	69.8	69.1	68.3	67.6	66.8	66.1	65.3	64.6	63.8	63.1
50	62.3	61.6	60.8	60.1	59.3	58.6	57.8	57.1	56.3	55.6
60	54.8	54.1	53.3	52.6	51.8	51.1	50.3	49.6	48.8	48.1
70	47.3	46.6	45.3	44.1	42.9	41.8	40.7	39.6	38.6	37.7
80	36.7	35.8	34.9	34.1	33.3	32.5	31.8	31.0	30.3	29.7
90	29.0	28.4	27.8	27.2	26.6	26.0	25.5	25.0	24.5	24.0
100	23.5	23.0	22.6	22.2	21.7	21.3	20.9	20.5	20.1	19.8
110	19.4	19.1	18.7	18.4	18.1	17.8	17.5	17.2	16.9	16.6
120	16.3	16.1	15.8	15.5	15.3	15.0	14.8	14.6	14.3	14.1
130	13.9	13.7	13.5	13.3	13.1	12.9	12.7	12.5	12.3	12.2
140	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbeltez intermediária = 71.0629

Tabela 2. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbel-
tez (λ), para peças comprimidas de Macucu de paca - *Aldina heterophylla*.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	84.6	83.6	82.6	81.6	80.6	79.6	78.6	77.6	76.6	75.6
50	74.6	73.6	72.6	71.6	70.6	69.6	68.6	67.6	66.6	65.6
60	64.6	63.6	62.6	61.6	60.6	59.6	58.6	57.6	56.6	55.1
70	53.5	52.0	50.6	49.2	47.9	46.6	45.4	44.2	43.1	42.0
80	41.0	40.0	39.0	38.1	37.2	36.3	35.5	34.6	33.9	33.1
90	32.4	31.7	31.0	30.3	29.7	29.1	28.5	27.9	27.3	26.8
100	26.2	25.7	25.2	24.7	24.2	23.8	23.3	22.9	22.5	22.1
110	21.7	21.3	20.9	20.5	20.2	19.8	19.5	19.2	18.8	18.5
120	18.2	17.9	17.6	17.3	17.1	16.8	16.5	16.3	16.0	15.8
130	15.5	15.3	15.0	14.8	14.6	14.4	14.2	14.0	13.8	13.6
140	13.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbeltez intermediária = 68.1831

Tabela 3. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbel-
tez (λ), para peças comprimidas de Castanha jacaré - *Corythophora rimosa*.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	99.8	98.8	97.7	96.7	95.6	94.6	93.5	92.5	91.5	90.4
50	89.4	88.3	87.3	86.2	85.2	84.2	83.1	82.1	81.0	80.0
60	78.9	77.9	76.8	75.8	74.8	73.7	72.7	71.6	70.6	69.5
70	68.5	67.5	66.3	64.5	62.8	61.1	59.5	58.0	56.5	55.1
80	53.7	52.4	51.1	49.9	48.7	47.6	46.5	45.4	44.4	43.4
90	42.4	41.5	40.6	39.8	38.9	38.1	37.3	36.5	35.8	35.1
100	34.4	33.7	33.0	32.4	31.8	31.2	30.6	30.0	29.5	28.9
110	28.4	27.9	27.4	26.9	26.5	26.0	25.6	25.1	24.7	24.3
120	23.9	23.5	23.1	22.7	22.4	22.0	21.7	21.3	21.0	20.7
130	20.3	20.0	19.7	19.4	19.1	18.9	18.6	18.3	18.1	17.8
140	17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbeltez intermediária = 71.8871

Tabela 4. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbelteza (λ), para peças comprimidas de Piquiã marfim - *Aspidosperma obscurinervium*.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	107.0	105.8	104.7	103.5	102.4	101.2	100.1	98.9	97.8	96.6
50	95.5	94.3	93.2	92.0	90.8	89.7	88.5	87.4	86.2	85.1
60	83.9	82.8	81.6	80.5	79.3	78.2	77.0	75.8	74.7	73.5
70	72.4	71.2	69.2	67.3	65.5	63.8	62.1	60.5	59.0	57.5
80	56.0	54.7	53.3	52.1	50.8	49.6	48.5	47.4	46.3	45.3
90	44.3	43.3	42.4	41.5	40.6	39.7	38.9	38.1	37.3	36.6
100	35.9	35.2	34.5	33.8	33.2	32.5	31.9	31.3	30.8	30.2
110	29.6	29.1	28.6	28.1	27.6	27.1	26.7	26.2	25.8	25.3
120	24.9	24.5	24.1	23.7	23.3	23.0	22.6	22.2	21.9	21.6
130	21.2	20.9	20.6	20.3	20.0	19.7	19.4	19.1	18.8	18.6
140	18.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbelteza intermediária = 70.909

Tabela 5. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbelteza (λ), para peças comprimidas de Angelim rajado - *Pithecolobium racemosum*.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	112.6	110.9	109.1	107.4	105.6	103.9	102.2	100.4	98.7	96.9
50	95.2	93.4	91.7	90.0	88.2	86.5	84.7	83.0	81.3	79.5
60	77.8	76.0	74.0	71.7	69.4	67.3	65.3	63.4	61.5	59.7
70	58.1	56.4	54.9	53.4	51.9	50.6	49.2	48.0	46.8	45.6
80	44.4	43.4	42.3	41.3	40.3	39.4	38.5	37.6	36.7	35.9
90	35.1	34.4	33.6	32.9	32.2	31.5	30.9	30.2	29.6	29.0
100	28.4	27.9	27.3	26.8	26.3	25.8	25.3	24.8	24.4	23.9
110	23.5	23.1	22.7	22.3	21.9	21.5	21.1	20.8	20.4	20.1
120	19.8	19.4	19.1	18.8	18.5	18.2	17.9	17.6	17.4	17.1
130	16.8	16.6	16.3	16.1	15.8	15.6	15.4	15.2	14.9	14.7
140	14.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbelteza intermediária = 61.5586

Tabela 6. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbelteza (λ), para peças comprimidas de Andiroba - *Carapa guianensis*.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	55.0	54.5	53.9	53.4	52.8	52.3	51.8	51.2	50.7	50.1
50	49.6	49.1	48.5	48.0	47.4	46.9	46.4	45.8	45.3	44.7
60	44.2	43.7	43.1	42.6	42.0	41.5	40.9	40.4	39.9	39.3
70	38.8	38.2	37.7	37.2	36.6	35.6	34.7	33.8	32.9	32.1
80	31.3	30.5	29.8	29.1	28.4	27.7	27.1	26.5	25.9	25.3
90	24.7	24.2	23.7	23.2	22.7	22.2	21.7	21.3	20.9	20.4
100	20.0	19.6	19.3	18.9	18.5	18.2	17.8	17.5	17.2	16.9
110	16.6	16.3	16.0	15.7	15.4	15.2	14.9	14.6	14.4	14.1
120	13.9	13.7	13.5	13.2	13.0	12.8	12.6	12.4	12.2	12.0
130	11.9	11.7	11.5	11.3	11.2	11.0	10.8	10.7	10.5	10.4
140	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbelteza intermediária = 73.9214

Tabela 7. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbelteza (λ), para peças comprimidas de Angelim - *Vataireopsis* sp.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	124.4	122.6	120.7	118.9	117.0	115.7	113.3	111.5	109.7	107.8
50	106.0	104.1	102.3	100.5	98.6	96.8	94.9	93.1	91.2	89.4
60	87.6	85.7	83.9	81.6	79.1	76.7	74.4	72.2	70.1	68.1
70	66.1	64.3	62.5	60.8	59.2	57.6	56.1	54.7	53.3	51.9
80	50.6	49.4	48.2	47.0	45.9	44.8	43.8	42.8	41.8	40.9
90	40.0	39.1	38.3	37.5	36.7	35.9	35.2	34.4	33.7	33.1
100	32.4	31.8	31.1	30.5	30.0	29.4	28.8	28.3	27.8	27.3
110	26.8	26.3	25.8	25.4	24.9	24.5	24.1	23.7	23.3	22.9
120	22.5	22.1	21.8	21.4	21.1	20.7	20.4	20.1	19.8	19.5
130	19.2	18.9	18.6	18.3	18.0	17.8	17.5	17.3	17.0	16.8
140	16.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbelteza intermediária = 62.5079

Tabela 8. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbelteza (λ), para peças comprimidas de Cardeiro - *Escleronema micranthum*.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	76.6	75.8	75.1	74.3	73.6	72.8	72.1	71.3	70.6	69.8
50	69.1	68.3	67.6	66.8	66.1	65.3	64.6	63.8	63.1	62.3
60	61.6	60.8	60.1	59.3	58.6	57.8	57.1	56.3	55.6	54.8
70	54.1	53.3	52.6	51.8	51.0	49.7	48.4	47.1	45.9	44.8
80	43.7	42.6	41.6	40.6	39.6	38.7	37.8	36.9	36.1	35.3
90	34.5	33.8	33.0	32.3	31.6	31.0	30.3	29.7	29.1	28.5
100	28.0	27.4	26.9	26.3	25.8	25.4	24.9	24.4	24.0	23.5
110	23.1	22.7	22.3	21.9	21.5	21.1	20.8	20.4	20.1	19.7
120	19.4	19.1	18.8	18.5	18.2	17.9	17.6	17.3	17.1	16.8
130	16.5	16.3	16.0	15.8	15.6	15.3	15.1	14.9	14.7	14.5
140	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbelteza intermediária = 73.9833

Tabela 9. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbelteza (λ), para peças comprimidas de Caroba - *Jacaranda copaia*.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	33.8	33.6	33.3	33.1	32.9	32.7	32.4	32.2	32.0	31.8
50	31.5	31.3	31.1	30.8	30.6	30.4	30.2	29.9	29.7	29.5
60	29.2	29.0	28.8	28.6	28.3	28.1	27.9	27.7	27.4	27.2
70	27.0	26.7	26.5	26.3	26.1	25.8	25.6	25.4	25.2	24.9
80	24.7	24.5	24.2	24.0	23.8	23.6	23.3	23.1	22.9	22.7
90	22.3	21.8	21.3	20.9	20.4	20.0	19.6	19.2	18.8	18.4
100	18.1	17.7	17.4	17.0	16.7	16.4	16.1	15.8	15.5	15.2
110	14.9	14.7	14.4	14.1	13.9	13.7	13.4	13.2	13.0	12.8
120	12.5	12.3	12.1	11.9	11.7	11.6	11.4	11.2	11.0	10.9
130	10.7	10.5	10.4	10.2	10.1	9.9	9.8	9.6	9.5	9.3
140	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbelteza intermediária = 89.5184

Tabela 10. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do Índice de esbeltez (λ), para peças comprimidas de Cedrorana - *Cedrelinga catenaeformis* Ducke.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	48.0	47.5	47.0	46.6	46.1	45.6	45.1	44.7	44.2	43.7
50	43.2	42.8	42.3	41.8	41.3	40.8	40.4	39.9	39.4	38.9
60	38.5	38.0	37.5	37.0	36.6	36.1	35.6	35.1	34.7	34.2
70	33.7	33.2	32.7	32.3	31.6	30.8	30.0	29.2	28.5	27.7
80	27.1	26.4	25.8	25.1	24.5	24.0	23.4	22.9	22.4	21.9
90	21.4	20.9	20.5	20.0	19.6	19.2	18.8	18.4	18.0	17.7
100	17.3	17.0	16.6	16.3	16.0	15.7	15.4	15.1	14.8	14.6
110	14.3	14.1	13.8	13.6	13.3	13.1	12.9	12.6	12.4	12.2
120	12.0	11.8	11.6	11.4	11.3	11.1	10.9	10.7	10.6	10.4
130	10.2	10.1	9.9	9.8	9.6	9.5	9.4	9.2	9.1	9.0
140	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbeltez intermediária = 73.5593

Tabela 11. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbeltez (λ), para peças comprimidas de Cumaru - *Dipteryx odorata*.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	166.2	163.3	160.5	157.6	154.8	151.9	149.1	146.2	143.3	140.5
50	137.6	134.8	131.9	129.1	126.2	123.3	120.5	117.6	114.8	111.9
60	108.6	105.0	101.7	98.5	95.4	92.5	89.7	87.1	84.5	82.1
70	79.8	77.5	75.4	73.3	71.4	69.5	67.7	65.9	64.2	62.6
80	61.1	59.6	58.1	56.7	55.4	54.1	52.8	51.6	50.5	49.3
90	48.3	47.2	46.2	45.2	44.2	43.3	42.4	41.5	40.7	39.9
100	39.1	38.3	37.6	36.8	36.1	35.4	34.8	34.1	33.5	32.9
110	32.3	31.7	31.2	30.6	30.1	29.6	29.0	28.6	28.1	27.6
120	27.1	26.7	26.3	25.8	25.4	25.0	24.6	24.2	23.9	23.5
130	23.1	22.8	22.4	22.1	21.8	21.4	21.1	20.8	20.5	20.2
140	19.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbeltez intermediária = 59.3912

Tabela 12. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbeltez (λ), para peças comprimidas de Cumarurana - *Dipteryx polyphylla*.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	154.0	151.3	148.7	146.0	143.4	140.7	138.0	135.4	132.7	130.1
50	127.4	124.8	122.1	119.4	116.8	114.1	111.5	108.8	106.1	103.5
60	100.3	97.1	94.0	91.0	88.2	85.5	82.9	80.5	78.1	75.9
70	73.7	71.6	69.7	67.8	66.0	64.2	62.5	60.9	59.4	57.9
80	56.4	55.0	53.7	52.4	51.2	50.0	48.8	47.7	46.6	45.6
90	44.6	43.6	42.7	41.8	40.9	40.0	39.2	38.4	37.6	36.8
100	36.1	35.4	34.7	34.0	33.4	32.8	32.1	31.5	31.0	30.4
110	29.8	29.3	28.8	28.3	27.8	27.3	26.8	26.4	25.9	25.5
120	25.1	24.7	24.3	23.9	23.5	23.1	22.7	22.4	22.0	21.7
130	21.4	21.0	20.7	20.4	20.1	19.8	19.5	19.2	19.0	18.7
140	18.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbeltez intermediária = 59.3096

Tabela 13. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbelteza (λ), para peças comprimidas de Cupiúba - **Goupia glabra**.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	89.0	87.9	86.9	85.8	84.7	83.6	82.6	81.5	80.4	79.4
50	78.3	77.2	76.2	75.1	74.0	72.9	71.9	70.8	69.7	68.7
60	67.6	66.5	65.5	64.4	63.3	62.2	61.2	60.1	58.8	57.2
70	55.5	54.0	52.5	51.1	49.7	48.4	47.1	45.9	44.7	43.6
80	42.5	41.5	40.5	39.5	38.6	37.7	36.8	35.9	35.1	34.4
90	33.6	32.9	32.1	31.5	30.8	30.1	29.5	28.9	28.3	27.8
100	27.2	26.7	26.2	25.6	25.2	24.7	24.2	23.8	23.3	22.9
110	22.5	22.1	21.7	21.3	20.9	20.6	20.2	19.9	19.5	19.2
120	18.9	18.6	18.3	18.0	17.7	17.4	17.1	16.9	16.6	16.4
130	16.1	15.9	15.6	15.4	15.2	14.9	14.7	14.5	14.3	14.1
140	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbelteza intermediária = 67.719

Tabela 14. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbelteza (λ), para peças comprimidas de Gitó - **Qualea trichiliodis**.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	70.8	70.2	69.6	69.1	68.5	67.9	67.3	66.8	66.2	65.6
50	65.0	64.5	63.9	63.3	62.7	62.2	61.6	61.0	60.4	59.8
60	59.3	58.7	58.1	57.5	57.0	56.4	55.8	55.2	54.7	54.1
70	53.5	52.9	52.4	51.8	51.2	50.6	50.0	49.5	48.9	48.3
80	47.7	47.1	46.0	44.9	43.8	42.8	41.8	40.9	39.9	39.0
90	38.2	37.3	36.5	35.7	35.0	34.3	33.6	32.9	32.2	31.5
100	30.9	30.3	29.7	29.1	28.6	28.0	27.5	27.0	26.5	26.0
110	25.6	25.1	24.6	24.2	23.8	23.4	23.0	22.6	22.2	21.8
120	21.5	21.1	20.8	20.4	20.1	19.8	19.5	19.2	18.9	18.6
130	18.3	18.0	17.7	17.5	17.2	17.0	16.7	16.5	16.2	16.0
140	15.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbelteza intermediária = 80.9371

Tabela 15. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbelteza (λ), para peças comprimidas de Guariúba - **Clarisia racemosa**.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	95.4	93.9	92.5	91.0	89.5	88.1	86.6	85.2	83.7	82.2
50	80.8	79.3	77.8	76.4	74.9	73.5	72.0	70.5	69.1	67.6
60	66.1	64.7	63.1	61.1	59.2	57.4	55.7	54.0	52.4	50.9
70	49.5	48.1	46.8	45.5	44.3	43.1	42.0	40.9	39.8	38.8
80	37.9	36.9	36.1	35.2	34.4	33.6	32.8	32.0	31.3	30.6
90	29.9	29.3	28.6	28.0	27.4	26.9	26.3	25.8	25.2	24.7
100	24.2	23.8	23.3	22.8	22.4	22.0	21.6	21.2	20.8	20.4
110	20.0	19.7	19.3	19.0	18.7	18.3	18.0	17.7	17.4	17.1
120	16.8	16.6	16.3	16.0	15.8	15.5	15.3	15.0	14.8	14.6
130	14.3	14.1	13.9	13.7	13.5	13.3	13.1	12.9	12.7	12.5
140	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbelteza intermediária = 61.7373

Tabela 16. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbeltez (λ), para peças comprimidas de Louro gamela - **Nectandra rubra**.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	63.0	62.2	61.4	60.5	59.7	58.9	58.1	57.3	56.4	55.6
50	54.8	54.0	53.1	52.3	51.5	50.7	49.9	49.0	48.2	47.4
60	46.6	45.8	44.9	44.1	43.3	42.5	41.5	40.2	39.1	37.9
70	36.9	35.8	34.8	33.9	33.0	32.1	31.3	30.5	29.7	28.9
80	28.2	27.5	26.9	26.2	25.6	25.0	24.4	23.9	23.3	22.8
90	22.3	21.8	21.3	20.9	20.4	20.0	19.6	19.2	18.8	18.4
100	18.1	17.7	17.4	17.0	16.7	16.4	16.1	15.8	15.5	15.2
110	14.9	14.7	14.4	14.1	13.9	13.7	13.4	13.2	13.0	12.8
120	12.5	12.3	12.1	11.9	11.7	11.6	11.4	11.2	11.0	10.9
130	10.7	10.5	10.4	10.2	10.1	9.0	9.8	9.6	9.5	9.3
140	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbeltez intermediária = 65.5693

Tabela 17. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbeltez (λ), para peças comprimidas de Maçaranduba - **Manilkara huberi**.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	140.2	137.9	135.5	133.2	130.9	128.5	126.2	123.8	121.5	119.2
50	116.8	114.5	112.2	109.8	107.5	105.1	102.8	100.5	98.1	95.8
60	93.4	90.4	87.5	84.8	82.1	79.4	77.2	74.9	72.8	70.7
70	68.7	66.7	64.9	63.1	61.4	59.8	58.2	56.7	55.3	53.9
80	52.6	51.3	50.0	48.8	47.7	46.6	45.5	44.4	43.4	42.5
90	41.5	40.6	39.7	38.9	38.1	37.3	36.5	35.8	35.0	34.3
100	33.6	33.0	32.3	31.7	31.1	30.5	29.9	29.4	28.8	28.3
110	27.8	27.3	26.8	26.3	25.9	25.4	25.0	24.6	24.2	23.8
120	23.4	23.0	22.6	22.2	21.9	21.5	21.2	20.9	20.5	20.2
130	19.9	19.6	19.3	19.0	18.7	18.5	18.2	17.9	17.7	17.4
140	17.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbeltez intermediária = 59.9935

Tabela 18. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbeltez (λ), para peças comprimidas de Mandioqueira - **Qualea paraenses**.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	105.2	103.8	102.4	101.0	99.5	98.1	96.7	95.3	93.9	92.5
50	91.1	89.6	88.2	86.8	85.4	84.0	82.6	81.1	79.7	78.3
60	76.9	75.5	74.1	72.7	71.2	69.7	67.6	65.6	63.7	61.8
70	60.1	58.4	56.8	55.2	53.8	52.3	51.0	49.6	48.4	47.2
80	46.0	44.9	43.8	42.7	41.7	40.7	39.8	38.9	38.0	37.2
90	36.3	35.5	34.8	34.0	33.3	32.6	31.9	31.3	30.6	30.0
100	29.4	28.9	28.3	27.7	27.2	26.7	26.2	25.7	25.2	24.8
110	24.3	23.9	23.5	23.1	22.6	22.3	21.9	21.5	21.1	20.8
120	20.4	20.1	19.8	19.5	19.1	18.8	18.5	18.3	18.0	17.7
130	17.4	17.2	16.9	16.6	16.4	16.2	15.9	15.7	15.5	15.2
140	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbeltez intermediária = 64.785

Tabela 19. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbelteza (λ), para peças comprimidas de Marupá - **Simaruba amara**.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	37.0	36.7	36.4	36.1	35.8	35.6	35.3	35.0	34.7	34.4
50	34.1	33.8	33.5	33.2	32.9	32.7	32.4	32.1	31.8	31.5
60	31.2	30.9	30.6	30.3	30.0	29.8	29.5	29.2	28.9	28.6
70	28.3	28.0	27.7	27.4	27.2	26.9	26.6	26.3	26.0	25.7
80	25.4	25.1	24.8	24.4	23.8	23.3	22.7	22.2	21.7	21.2
90	20.8	20.3	19.9	19.4	19.0	18.6	18.3	17.9	17.5	17.2
100	16.8	16.5	16.2	15.9	15.6	15.3	15.0	14.7	14.4	14.2
110	13.9	13.7	13.4	13.2	12.9	12.7	12.5	12.3	12.1	11.9
120	11.7	11.5	11.3	11.1	10.9	10.8	10.6	10.4	10.3	10.1
130	10.0	9.8	9.7	9.5	9.4	9.2	9.1	9.0	8.8	8.7
140	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbeltez intermediária = 82.5777

Tabela 20. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbelteza (λ), para peças comprimidas de Pau d'arco - **Tabebuia serratifolia**.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	160.0	157.0	153.9	150.9	147.9	144.8	141.8	138.8	135.7	132.7
50	129.7	126.6	123.6	120.6	117.5	114.5	111.5	108.4	105.2	101.6
60	98.3	95.1	92.0	89.1	86.4	83.7	81.2	78.8	76.5	74.3
70	72.2	70.2	68.2	66.4	64.6	62.9	61.2	59.7	58.1	56.7
80	55.3	53.9	52.6	51.3	50.1	49.0	47.8	46.7	45.7	44.7
90	43.7	42.7	41.8	40.9	40.0	39.2	38.4	37.6	36.8	36.1
100	35.4	34.7	34.0	33.3	32.7	32.1	31.5	30.9	30.3	29.8
110	29.2	28.7	28.2	27.7	27.2	26.7	26.3	25.8	25.4	25.0
120	24.6	24.2	23.8	23.4	23.0	22.6	22.3	21.9	21.6	21.3
130	20.9	20.6	20.3	20.0	19.7	19.4	19.1	18.8	18.6	18.3
140	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbeltez intermediária = 57.586

Tabela 21. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbelteza (λ), para peças comprimidas de Pau rainha - **Brosimum rubescens**.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	129.6	127.7	125.7	123.8	121.8	119.9	117.9	116.0	114.0	112.1
50	110.1	108.2	106.2	104.3	102.3	100.4	98.4	96.5	94.5	92.6
60	90.6	88.7	86.7	84.1	81.5	79.0	76.7	74.4	72.2	70.1
70	68.1	66.2	64.4	62.7	61.0	59.4	57.8	56.3	54.9	53.5
80	52.2	50.9	49.7	48.5	47.3	46.2	45.2	44.1	43.1	42.2
90	41.2	40.3	39.5	38.6	37.8	37.0	36.2	35.5	34.8	34.1
100	33.4	32.7	32.1	31.5	30.9	30.3	29.7	29.2	28.6	28.1
110	27.6	27.1	26.6	26.2	25.7	25.3	24.8	24.4	24.0	23.6
120	23.2	22.8	22.4	22.1	21.7	21.4	21.0	20.7	20.4	20.1
130	19.8	19.5	19.2	18.9	18.6	18.3	18.1	17.8	17.5	17.3
140	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbeltez intermediária = 62.1689

Tabela 22. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm^2) em função do índice de esbeltez (λ), para peças comprimidas de Quarubarana - *Erisma uncinatum*.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	45.8	45.4	45.0	44.6	44.2	43.8	43.4	42.9	42.5	42.1
50	41.7	41.3	40.9	40.5	40.1	39.7	39.3	38.9	38.5	38.0
60	37.6	37.2	36.8	36.4	36.0	35.6	35.2	34.8	34.4	34.0
70	33.6	33.2	32.7	32.3	31.9	31.5	31.1	30.7	30.1	29.3
80	28.6	27.9	27.2	26.6	25.9	25.3	24.7	24.2	23.6	23.1
90	22.6	22.1	21.6	21.2	20.7	20.3	19.9	19.5	19.1	18.7
100	18.3	17.9	17.6	17.3	16.9	16.6	16.3	16.0	15.7	15.4
110	15.1	14.9	14.6	14.3	14.1	13.8	13.6	13.4	13.1	12.9
120	12.7	12.5	12.3	12.1	11.9	11.7	11.5	11.3	11.2	11.0
130	10.8	10.7	10.5	10.3	10.2	10.0	9.9	9.8	9.6	9.5
140	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbeltez intermediária = 77.427

Tabela 23. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm^2) em função do índice de esbeltez (λ), para peças comprimidas de Tanimbuca - *Buchenavia oxycarpa*.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	100.8	99.5	98.3	97.0	95.7	94.5	93.2	91.9	90.6	89.4
50	88.1	86.8	85.6	84.3	83.0	81.8	80.5	79.2	77.9	76.7
60	75.4	74.1	72.9	71.6	70.3	69.1	67.8	66.1	64.2	62.3
70	60.6	58.9	57.3	55.7	54.2	52.8	51.4	50.1	48.8	47.6
80	46.4	45.2	44.1	43.1	42.1	41.1	40.1	39.2	38.3	37.5
90	36.6	35.8	35.1	34.3	33.6	32.9	32.2	31.5	30.9	30.3
100	29.7	29.1	28.5	28.0	27.4	26.9	26.4	25.9	25.4	25.0
110	24.5	24.1	23.7	23.2	22.8	22.4	22.1	21.7	21.3	21.0
120	20.6	20.3	19.9	19.6	19.3	19.0	18.7	18.4	18.1	17.8
130	17.6	17.3	17.0	16.8	16.5	16.3	16.0	15.8	15.6	15.4
140	15.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbeltez intermediária = 66.4614

Tabela 24. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm^2) em função do índice de esbeltez (λ), para peças comprimidas de Tauari - *Couratari stellata*.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	75.8	75.1	74.3	73.6	72.8	72.1	71.3	70.6	69.8	69.1
50	68.3	67.6	66.8	66.1	65.3	64.6	63.8	63.1	62.3	61.6
60	60.8	60.1	59.3	58.6	57.8	57.1	56.3	55.6	54.8	54.1
70	53.3	52.6	51.8	51.1	50.1	48.8	47.5	46.3	45.1	44.0
80	42.9	41.0	40.8	39.9	38.9	38.0	37.1	36.3	35.5	34.7
90	33.9	33.2	32.4	31.7	31.1	30.4	29.8	29.2	28.6	28.0
100	27.5	26.9	26.4	25.9	25.4	24.9	24.4	24.0	23.5	23.1
110	22.7	22.3	21.9	21.5	21.1	20.8	20.4	20.1	19.7	19.4
120	19.1	18.8	18.4	18.1	17.9	17.6	17.3	17.0	16.8	16.5
130	16.2	16.0	15.8	15.5	15.3	15.1	14.8	14.6	14.4	14.2
140	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbeltez intermediária = 73.7116

Tabela 25. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbeltez (λ), para peças comprimidas de Tauari - *Cariniana integrifolia*.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	53.6	53.1	52.6	52.1	51.6	51.1	50.6	50.2	49.7	49.2
50	48.7	48.2	47.7	47.2	46.7	46.2	45.7	45.2	44.7	44.2
60	43.7	43.3	42.8	42.3	41.8	41.3	40.8	40.3	39.8	39.3
70	38.8	38.3	37.8	37.3	36.8	36.4	35.9	35.0	34.2	33.3
80	32.5	31.7	30.9	30.2	29.4	28.8	28.1	27.5	26.8	26.2
90	25.7	25.1	24.5	24.0	23.5	23.0	22.5	22.1	21.6	21.2
100	20.8	20.4	20.0	19.6	19.2	18.8	18.5	18.1	17.8	17.5
110	17.2	16.9	16.6	16.3	16.0	15.7	15.4	15.2	14.9	14.7
120	14.4	14.2	14.0	13.7	13.5	13.3	13.1	12.9	12.7	12.5
130	12.3	12.1	11.9	11.7	11.6	11.4	11.2	11.1	10.9	10.8
140	10.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbeltez intermediária = 76.2546

Tabela 26. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbeltez (λ), para peças comprimidas de Ucuuba branca - *Osteophloeum platyspermum*.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	47.6	47.2	46.7	46.3	45.9	45.5	45.0	44.6	44.2	43.7
50	43.3	42.9	42.4	42.0	41.6	41.2	40.7	40.3	39.9	39.4
60	39.0	38.6	38.2	37.7	37.3	36.9	36.4	36.0	35.6	35.2
70	34.7	34.3	33.9	33.4	33.0	32.6	32.1	31.7	30.9	30.1
80	29.4	28.7	28.0	27.3	26.6	26.0	25.4	24.8	24.3	23.7
90	23.2	22.7	22.2	21.7	21.3	20.8	20.4	20.0	19.6	19.2
100	18.8	18.4	18.1	17.7	17.4	17.1	16.7	16.4	16.1	15.8
110	15.5	15.3	15.0	14.7	14.5	14.2	14.0	13.7	13.5	13.3
120	13.1	12.8	12.6	12.4	12.2	12.0	11.8	11.7	11.5	11.3
130	11.1	11.0	10.8	10.6	10.5	10.3	10.2	10.0	9.9	9.7
140	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbeltez intermediária = 76.9684

Tabela 27. Tensão admissível de flambagem - σ_{fl} (kgf/cm²) em função do índice de esbeltez (λ), para peças comprimidas de Ucuuba punã - *Iryanthera tricornis*.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	81.2	80.4	79.7	78.9	78.2	77.4	76.7	75.9	75.2	74.4
50	73.7	72.9	72.1	71.4	70.6	69.9	69.1	68.4	67.6	66.9
60	66.1	65.4	64.6	63.8	63.1	62.3	61.6	60.8	60.1	59.3
70	58.6	57.8	57.1	56.3	55.6	54.8	54.0	52.6	51.2	49.9
80	48.7	47.5	46.4	45.2	44.2	43.1	42.1	41.2	40.2	39.3
90	38.5	37.6	36.8	36.0	35.3	34.5	33.8	33.1	32.5	31.8
100	31.2	30.6	30.0	29.4	28.8	28.3	27.7	27.2	26.7	26.2
110	25.8	25.3	24.8	24.4	24.0	23.6	23.2	22.8	22.4	22.0
120	21.6	21.3	20.9	20.6	20.3	19.9	19.6	19.3	19.0	18.7
130	18.4	18.2	17.9	17.6	17.4	17.1	16.9	16.6	16.4	16.1
140	15.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbeltez intermediária = 75.8781

Tabela 28. Tensão admissível de flambagem - σ_f (kgf/cm^2) em função do índice de esbeltez (λ), para peças comprimidas de Ucuuba vermelha - *Virola* sp.

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	37.0	36.7	36.5	36.2	35.9	35.7	35.4	35.2	34.9	34.6
50	34.4	34.1	33.8	33.6	33.3	33.0	32.8	32.5	32.2	32.0
60	31.7	31.5	31.2	30.9	30.7	30.4	30.1	29.9	29.6	29.3
70	29.1	28.8	28.6	28.3	28.0	27.8	27.5	27.2	27.0	26.7
80	26.4	26.2	25.9	25.6	25.4	25.1	24.9	24.5	24.0	23.4
90	22.9	22.4	21.9	21.4	21.0	20.6	20.1	19.7	19.3	18.9
100	18.6	18.2	17.8	17.5	17.2	16.8	16.5	16.2	15.9	15.6
110	15.3	15.1	14.8	14.5	14.3	14.0	13.8	13.6	13.3	13.1
120	12.9	12.7	12.5	12.3	12.1	11.9	11.7	11.5	11.3	11.1
130	11.0	10.8	10.6	10.5	10.3	10.2	10.0	9.9	9.7	9.6
140	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Esbeltez intermediária = 86.7239

Tabela 29. Durabilidade natural de algumas espécies de madeira.

Espécie	Durabilidade natural (contacto com o solo)	Referência
Guariúba		
Clarisia racemosa	Pouco durável	1
Maçaranduba	Altamente durável	1
Pau d'arco	Altamente durável	1
Marupã	Não durável	1
Mandioqueira	Pouco durável	1
Caroba	Não durável	1
Andiroba	Não durável	1

De acordo com Cardias (1984).

Outro aspecto fundamental é a estabilidade dimensional. Muitas madeiras apresentando boa durabilidade natural, podem ser dimensionalmente instáveis. Em consequência da perda de unidade, apresentam empenamentos que podem comprometer a estabilidade da estrutura ou desagradar esteticamente. Pilares de seções transversais iguais ou maiores que (15 x 15 cm) dificilmente sofrerão empenamento, mas em contrapartida possuem maiores possibilidades de apresentar rachaduras nas faces e topos. A maçaranduba, por exemplo, é uma espécie de reconhecida durabilidade natural, sem contudo ser recomendada para pilares devido apresentar trincas, fendas e rachaduras, com grande facilidade.

Dados experimentais acerca de espécies adequadas para a utilização como pilares ou postes de grandes dimensões são facilmente disponíveis, entretanto aquelas, citadas na Tabela 30 são recomendadas.

Tabela 30. Relação de espécies popularmente conhecidas como adequadas para utilização como pilares altos.

Espécie	Densidade	Características gerais da madeira (*)
Angelim pedra		Cor: Cerne castanho claro Alburno: Castanho roxo Acabamento: Esmerado
Cumarú	0,79*	Cor: Cerne (Castanho amarelo escuro) Cheiro: Desagradável Acabamento: Bom polimento
Piquiã marfim	0,86*	Cor: Cerne vermelho e escuro quando fresco, com o tempo passa para róseo escuro ou amarelo queimado
Piquiarana	0,81*	Acabamento: Bom Cor: Cerne (amarelo pardacento), superfície irregular lustrosa e áspera ao tato
Itaúba preta		
Itaúba amarela		Cor: Cerne amarelo oliva quando verde, tornando-se pardo quando seco. Recebe polimento muito atrativo
Sucupira amarela	0,68**	Cor: Cerne castanho claro, sobre fundo amarelo claro, linhas longit. mais escuras. Acabamento: Bom
Sucupira vermelha	0,67**	Cor: Cerne castanho avermelhado, Alburno: branco levemente amarelado Textura: Grosseira
Sucupira preta		
Angelim da mata	0,63*	Cerne: Vermelho castanho sobre fundo amarelo pardacento Acabamento: Bom
Preciosa		
Violeta		Cor: Quando seco roxa intenso ou violeta purpúreo Acabamento: Recebe bom polimento lustroso
Tanimbuca	0,72**	
Castanheira		
Louro aritu	0,72**	
Escorrega macaco		
Macacaúba		Cor: Cerne castanho claro avermelhado com veias ou linhas escuras longitudinais ou ainda bege amarelo Acabamento: Bom
Pau d'arco	0,87**	

continuação (Tabela 30).

Espécie	Densidade	Características gerais da madeira (*)
Piranheira		Cor: Cerne pardo escuro grã um pouco reversa Textura: Média
Mata-matã	0,99*	Cor: Cerne claro pardacento ao castanho escuro, às vezes listrado Acabamento: Com lustre um pouco baixo
Pau rosa		Cor: Cerne castanho amarelo com ligeiros reflexos róseos Acabamento: Esmerado

De acordo com (*) Loureiro (1970) e (**) CPPF/INPA.

Um único aspecto importante que deve ser abordado é a fixação entre o pilar e o piso. Na região Norte, o método mais comumente empregado para a fixação de pilares altos consiste no seu engastamento ao solo. O pilar com sapata de concreto deve ser dimensionado de tal forma que a tensão atuante seja menor ou igual à admissível do solo.

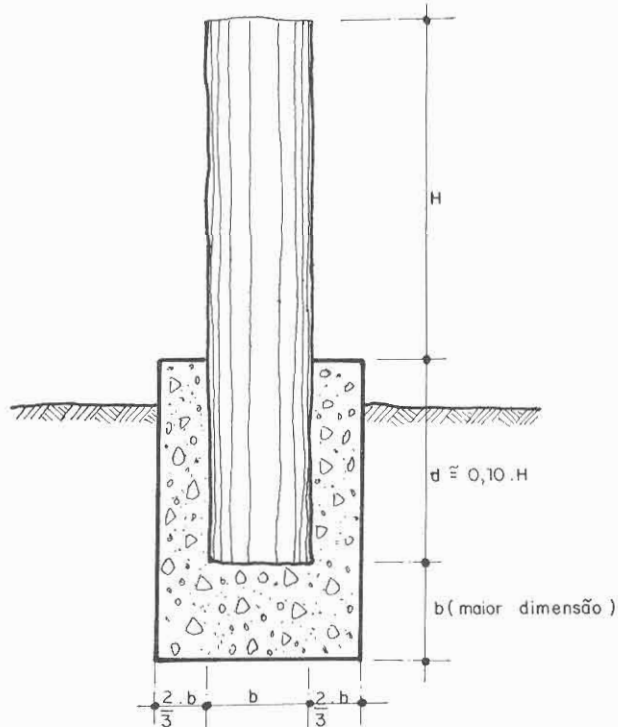


Fig. 6. Enjustamento de um pilar no solo através de sapatas de concreto.

No caso de postes, deve-se dimensionar a profundidade a ser enterrada no solo (Fig. 6), de acordo com os esforços atuantes e de tal forma que, o deslocamento do topo seja mínimo possível.

Nestes tipos de engastamentos (fixação utilizando sapata de concreto ou diretamente no solo) ocorre a desvantagem da maior facilidade de ataque de insetos e, devido ao maior teor de umidade da madeira na zona de contacto com o piso, a maior possibilidade de ataque de fungos.

Para evitar os inconvenientes citados, atualmente são adotados outros tipos de fixação dos pilares de madeira do solo, conforme ilustrado na Fig. 7.

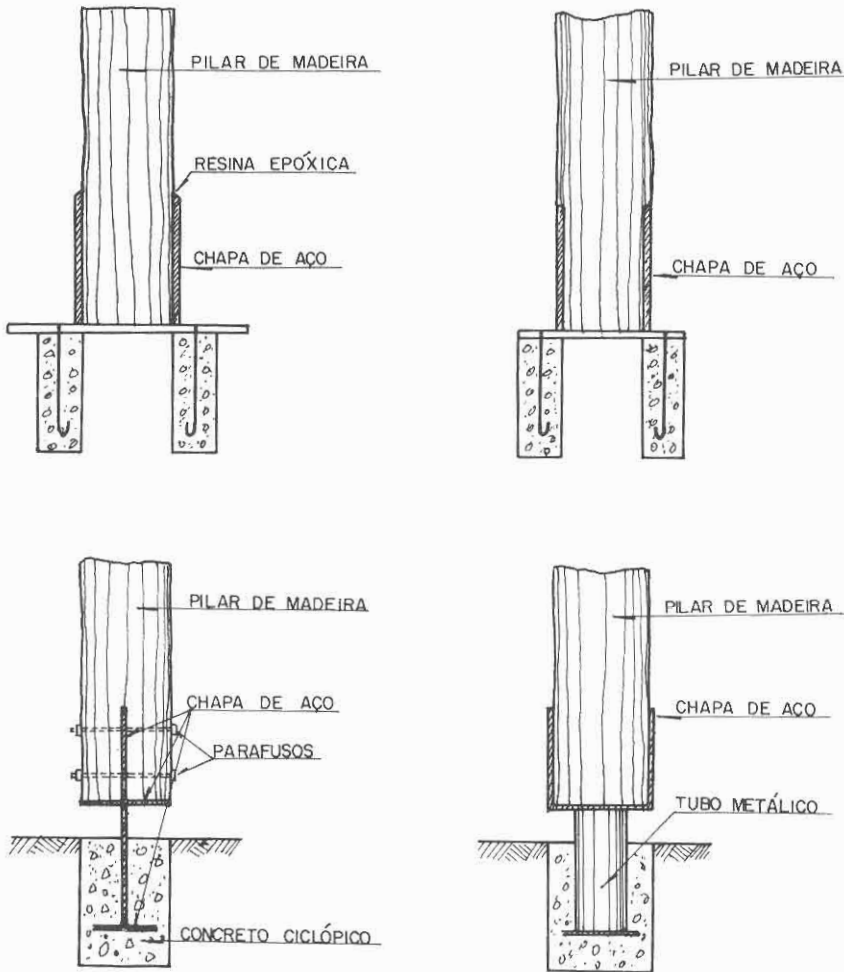


Fig. 7. Exemplo de engastamento de pilar ao solo, através da combinação de sapatas de concreto e chapas de aço.

CONCLUSÕES

Este trabalho atende aos objetivos a que se destina; sem pretensões sobre discus-

sões científicas dos métodos de cálculo propostos. Também foi colocado em forma de tabela todas as espécies com resultados de ensaios comprovados estatisticamente. O que não quer dizer que, todas as espécies são aptas a serem adotadas em estruturas. Cabe ao leitor fazer uma análise apurada sobre durabilidade e estabilidade dimensional para proceder a escolha de uma delas. Deve-se ressaltar no entanto que, foram iniciados estudos sobre peças esbeltas de madeira submetidas à compressão e os resultados até o momento, demonstram que os dados obtidos através dos cálculos propostos por Normas, são extremamente conservadores.

SUMMARY

Wood, because it's abundance and workability, has accompanied the evolution of the way of life the man. Only recently, with the advent of the concrete the use of wood has been reduced. Scientific studies about wood physical and mechanical proprieties have permitted it's use in equal conditions with other materials available in the market. In spite of the large Amazon Forest. The Amazonian wood species are not being properly utilized. This work presents a method established by the Brazilian Standards which could help technicians through the use of tables for dimensional calculations of structural members of solid wood submitted to compression parallel to the grain.

Referências bibliográficas

- American Institute of Timber Construction - 1966. **Timber Construction Manual**. John Wiley.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - 1986. **Cálculo e Execução de Estruturas de Madeiras; Procedimentos**. NBR 7190.
- Hellmeister, J. C. - 1977. **Estruturas de Madeiras; Notas de Aulas**. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos.
- Mateus, T. J. E. - 1962. **Bases para o dimensionamento de estruturas de madeiras**. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Pfeil, W. - 1978. **Estruturas de madeira, dimensionamento segundo as normas brasileiras NB 11 e os modernos critérios das normas alemãs e americanas**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos.

(Aceito para publicação em 23.11.1988)