

4.6 Critérios da norma norte-americana NDS

As peças sujeitas à compressão paralela às fibras são calculadas, segundo a NDS/91, pela condição representada pela Equação [2.111]. A tensão admissível, σ'_{c0} , envolvida nessa expressão, resulta do produto de uma tensão de compressão por uma série de fatores de ajuste, indicados na Equação [2.113], os quais foram tomados com os seguintes valores: o fator de duração de carregamento foi admitido igual a $C_D = 0,60$, embora a NDS/91 considere-o igual a 0,90 para as ações permanentes; os demais fatores foram igualados à unidade, ou seja, $C_M = C_t = C_F = C_i = C_T = 1,0$, assumindo que as madeiras analisadas obedecem às condições padronizadas de umidade, temperatura e dimensões, além de não terem sido previamente tratadas; o fator de estabilidade, C_p , foi calculado conforme a Equação [2.120], admitindo-se que as madeiras tenham sido classificadas visualmente, ou seja, com $K_{cE} = 0,3$.

É interessante observar que, embora a NDS/91 admita um fator de duração de carregamento 50% maior que o recomendado pela NBR 7190/97, esse coeficiente não corrige o módulo de elasticidade, E' , como se pode observar na Equação [2.118].

As Figuras 4.17 e 4.18 representam os valores de N_d para as diferentes classes de coníferas e dicotiledôneas brasileiras. O índice de esbeltez modificado, considerado pela NDS/91, foi substituído pela forma tradicional de representação para facilitar a comparação com os resultados da norma brasileira.

É possível constatar, pela análise dos diagramas e dados, que a NDS/91 e a NBR 7190/97 oferecem resultados com uma razoável concordância, quando as peças são esbeltas. Exceção ocorre nas coníferas de classe C20; quando $\lambda = 40$, por exemplo, os valores decorrentes da norma brasileira superam em aproximadamente 51% aqueles resultantes da NDS/91. Para as demais classes de resistência, observa-se que a NDS/91 conduz a valores mais modestos, superando em apenas 15% os valores da NBR 7190/97, quando $\lambda = 50$. Para as dicotiledôneas com esbeltez igual a 140, nota-se uma extraordinária semelhança entre os resultados de ambas as normas, que não ultrapassam 10% em favor da norma brasileira.

O método recomendado pela NDS/91, para o cálculo das peças comprimidas, tem os seguintes aspectos favoráveis: a continuidade dos diagramas $N_d \times \lambda$; a possibilidade de

intervenção na constante “c” para o ajuste das curvas aos dados experimentais; e, uma prática aplicação, que facilita e motiva o cálculo destas peças.

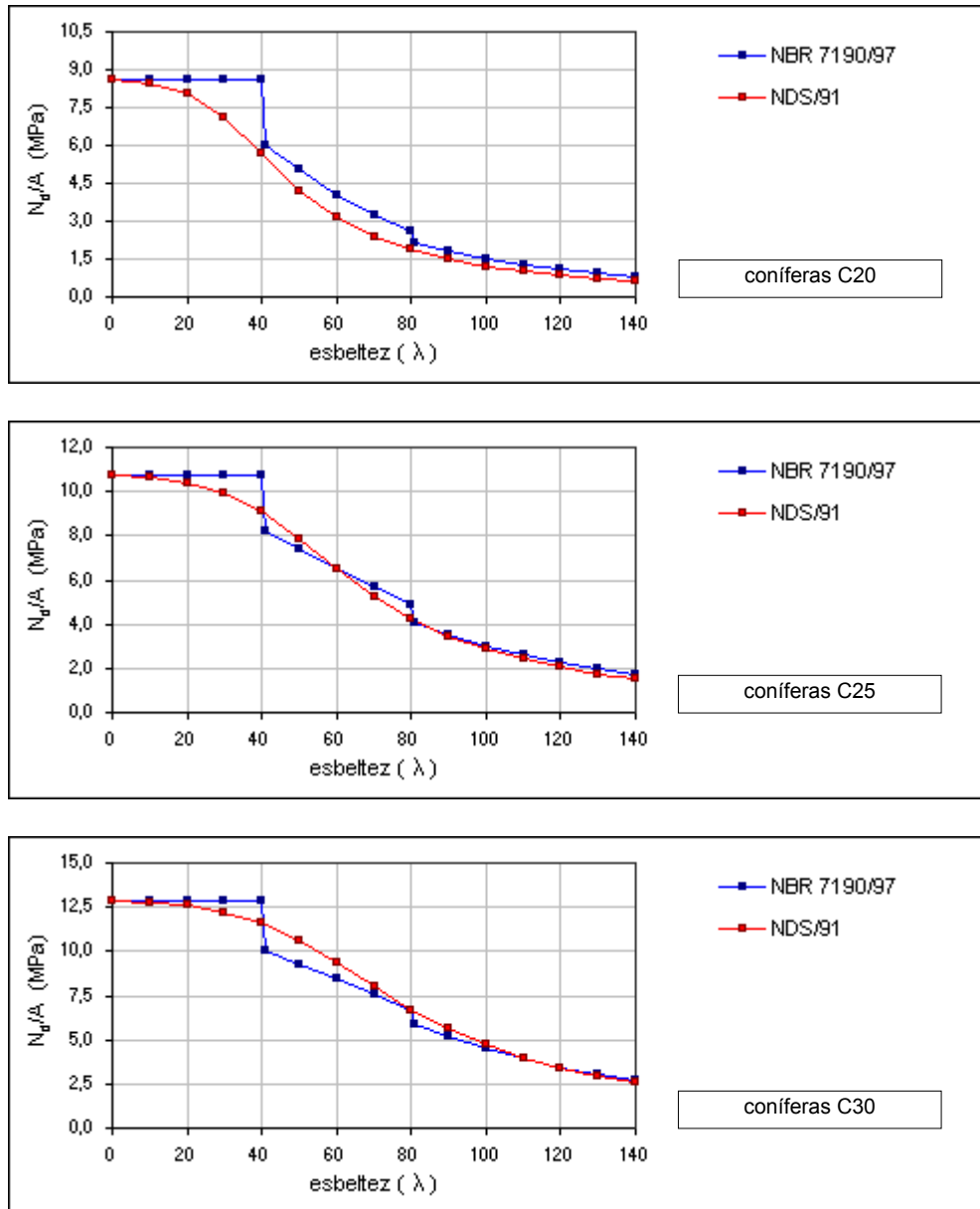


Figura 4.17 – Comparação entre a NDS/91 e a NBR 7190/97. Peças comprimidas. Madeira: coníferas.

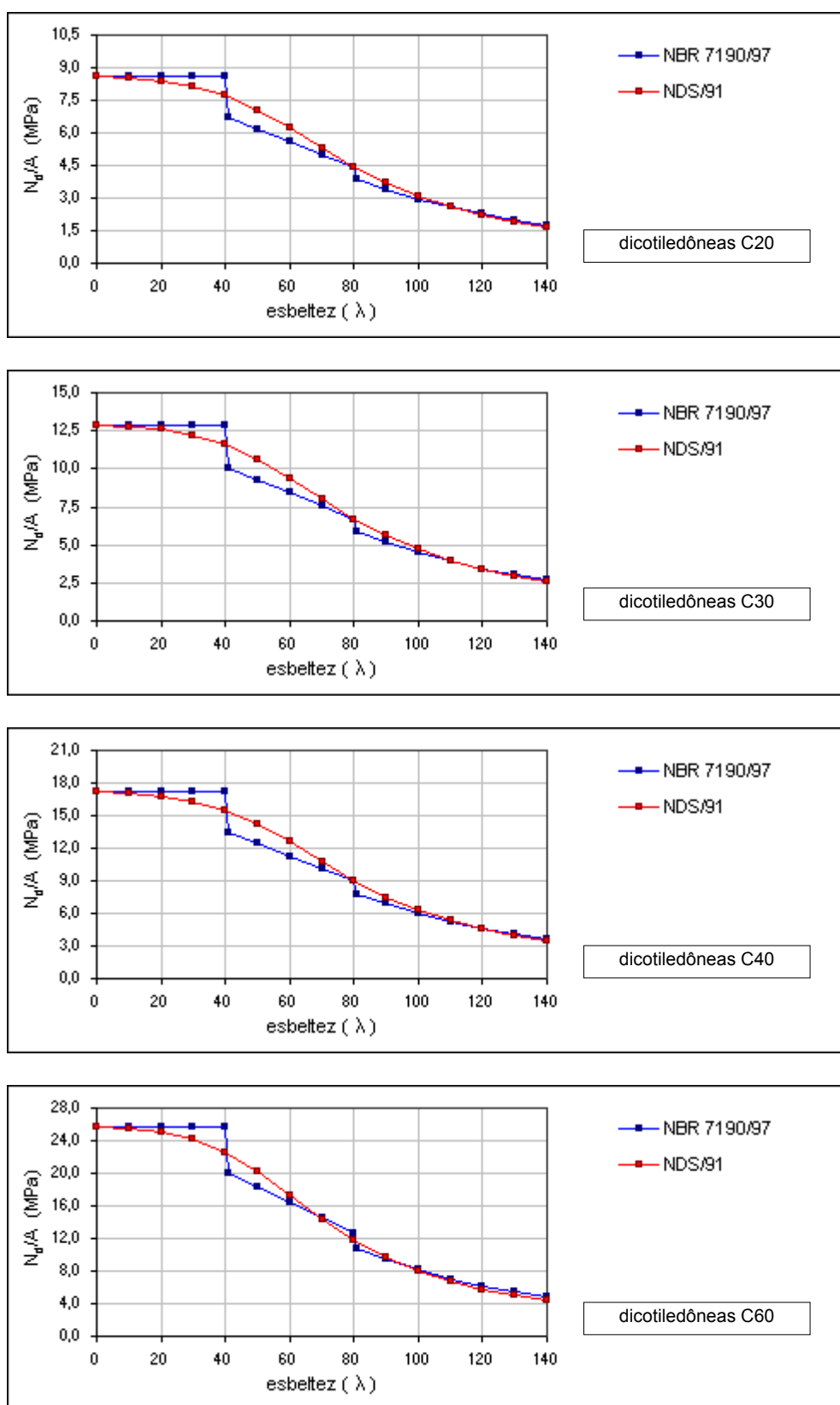


Figura 4.18 – Comparação entre a NDS/91 e a NBR 7190/97. Peças comprimidas. Madeira: dicotiledóneas.

Embora a NDS/91 apresente uma expressão geral para o dimensionamento das peças flexocomprimidas, empregou-se neste estudo a Equação [2.126], que já está reduzida para a flexão ocorrendo apenas sobre um eixo. Os fatores de ajuste que aparecem no cálculo das tensões de compressão e módulo de elasticidade, envolvidos nessa expressão, têm os mesmos valores relatados no início desta seção. Os fatores adicionais, associados com os termos da flexão, foram adotados com os seguintes valores: $C_r = C_c = C_f = 1,0$, representando o fator de compartilhamento das ações, o fator de curvatura e o fator de forma, respectivamente, e que não são previstos pela NBR 7190/97.

Na determinação dos termos da flexão, a NDS/91 considera um comprimento efetivo, L_e , que para peças sujeitas a momentos de igual intensidade aplicados nas suas extremidades corresponde a:

$$L_e = 1,84 \cdot L_u \quad [4.16]$$

Nessa equação, L_u representa o comprimento livre da peça, isto é, a distância entre os seus travejamentos laterais. Com base nesse parâmetro, determinaram-se as tensões de flexão elástica e admissível a partir das expressões contidas no texto normativo. A constante K_{bE} , que aparece no cálculo da tensão de flexão elástica, foi adotada com o valor correspondente às madeiras classificadas visualmente, ou seja, $K_{bE} = 0,439$.

Recorreu-se a métodos numéricos para a solução da Equação [2.126]; e, para tanto, o programa *Mathcad8 Professional* serviu como importante aliado. O comportamento das peças flexocomprimidas, conforme as recomendações da NDS/91 e da NBR 7190/97, está representado nas Figuras 4.19 e 4.20, considerando-se as duas situações de excentricidades iniciais.

Quando a excentricidade inicial é igual a $0,1 \cdot b$, nota-se um desempenho padronizado para as peças muito curtas, seja para coníferas ou dicotiledôneas; os dados procedentes da aplicação dos critérios da NDS/91 superam em 7% aqueles devidos à norma brasileira, quando $\lambda = 0$. À medida que a esbelteza vai se tornando maior, ocorrem alternâncias entre os desempenhos das peças calculadas segundo ambas as normas. Os valores oriundos da aplicação das recomendações da NBR 7190/97 excedem em 55% os devidos à NDS/91 para as coníferas de classe C20 com $\lambda = 40$. Por outro lado, os valores decorrentes da NDS/91

superam em 27% aqueles devidos à norma brasileira, para as coníferas de classe C30 e as dicotiledôneas de classe C40, ambos quando $\lambda = 50$.

Quando a excentricidade inicial é $0,5 \cdot b$, o desempenho entre as duas normas em questão é mais homogêneo. Observa-se que os dados conseguidos a partir da NDS/91 superam em 23% aqueles devidos à norma brasileira, tanto para as coníferas quanto para as dicotiledôneas, quando $\lambda = 0$. Os resultados da NDS/91 alcançam seus melhores desempenhos quando excedem em 39% aqueles devidos aos critérios da norma brasileira, com $\lambda = 50$ e as madeiras sendo coníferas de classe C30 e dicotiledôneas de classe C40. Os resultados provenientes da NBR 7190/97 só superam os da norma norte-americana em elevadas esbeltezes. Exemplificando: os valores relativos à NBR 7190/97 são 24% maiores que os da NDS/91 para as coníferas de classe C20 e 3% maiores para as dicotiledôneas de classe C60, ambos quando $\lambda = 140$.

Ainda que a aplicação dos critérios da NDS/91, para as peças flexocomprimidas, provoque curvas $N_d \times \lambda$ sem descontinuidades, o seu emprego conduz à resolução de equações de maior dificuldade, quando comparada com outros documentos normativos. Essa observação só tem sentido na hipótese de se desejar obter o valor de N_d para a peça e não apenas fazer a sua verificação a partir do prévio conhecimento das dimensões. Por outro lado, a implícita consideração da fluência e a visível influência dos efeitos de segunda ordem nas equações tornam agradável o processo de dimensionamento.

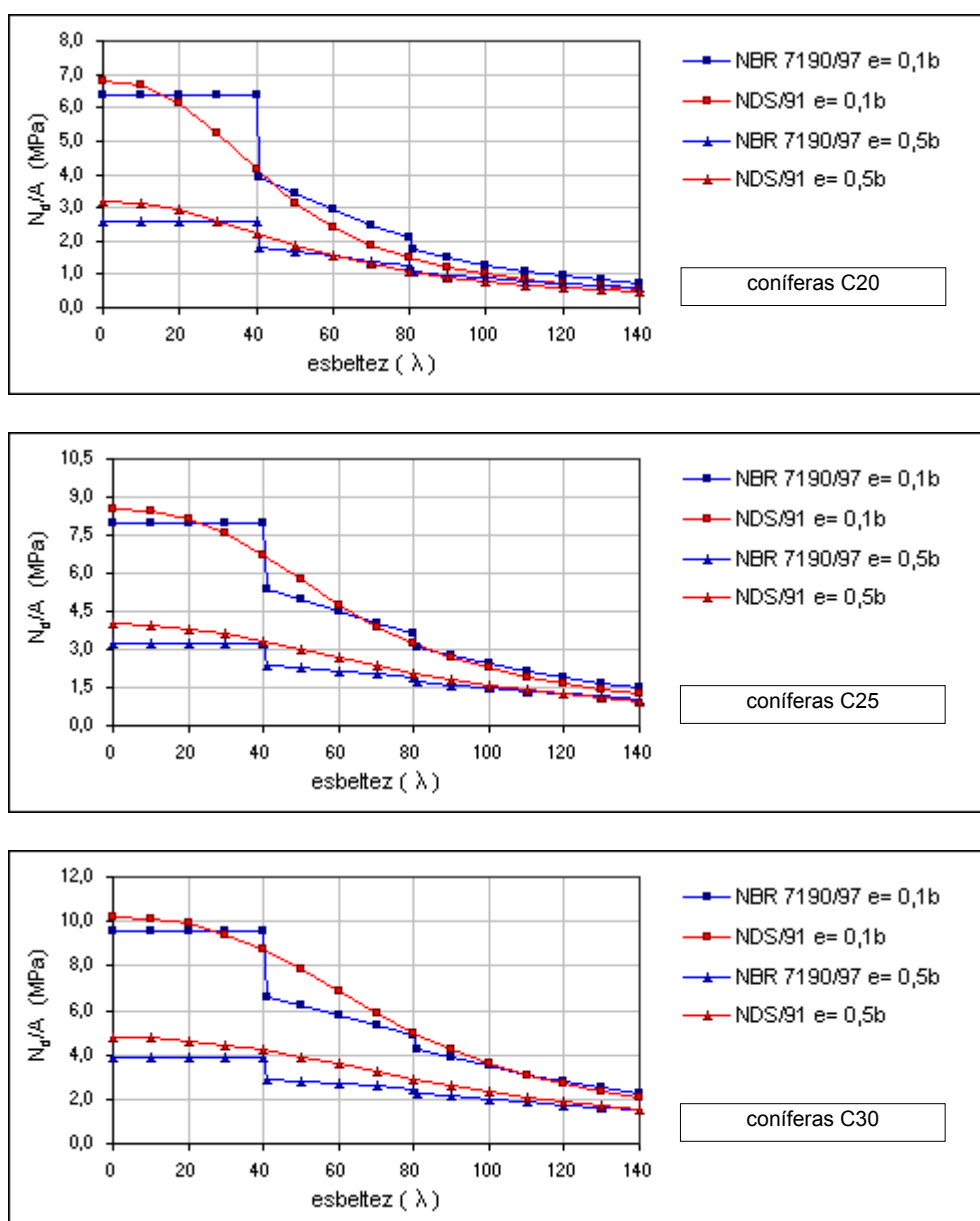


Figura 4.19 – Comparação entre a NDS/91 e a NBR 7190/97. Peças flexocomprimidas. Madeira: coníferas.

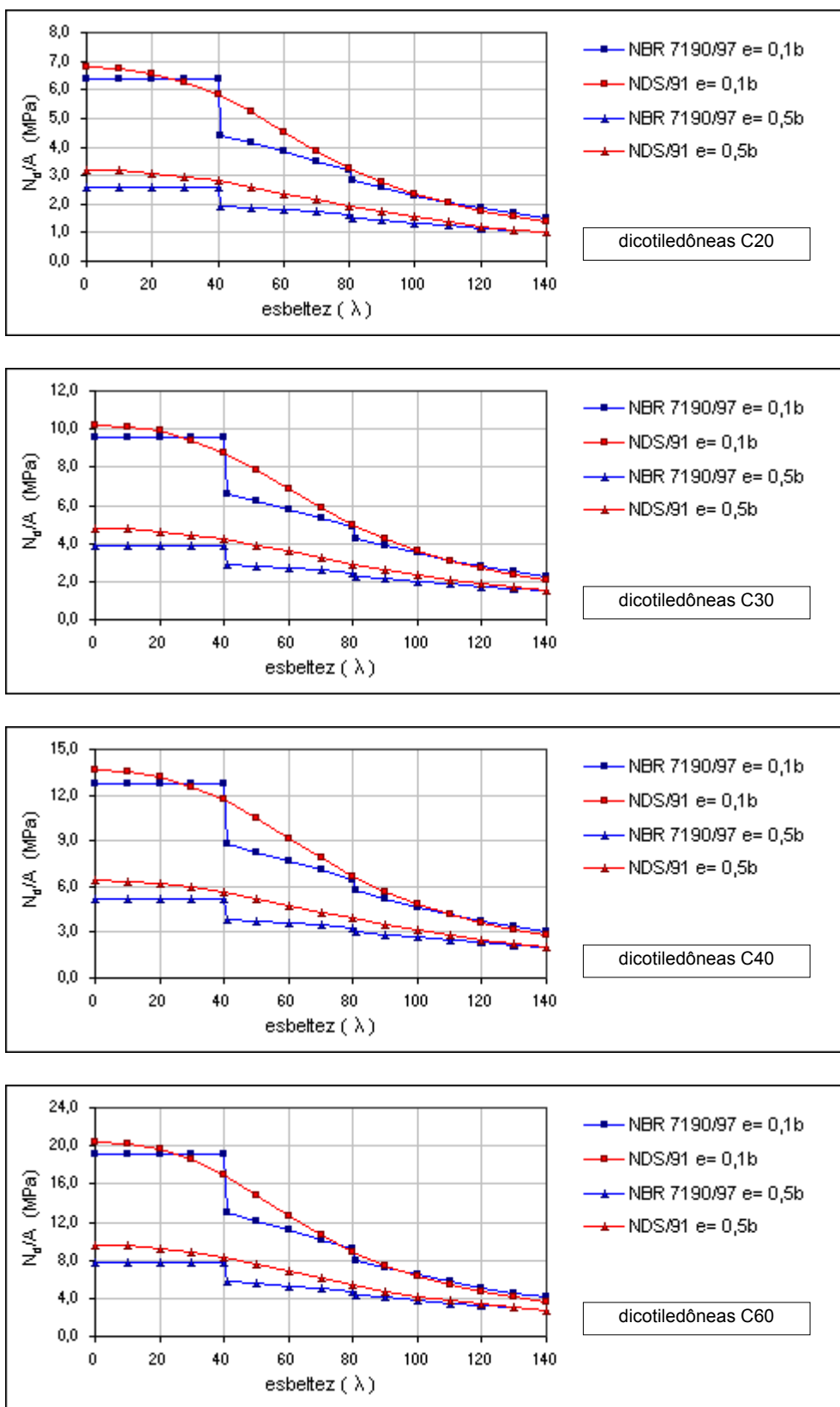


Figura 4.20 – Comparação entre a NDS/91 e a NBR 7190/97. Peças flexocomprimidas. Madeira: dicotiledóneas.