

4.5 Critérios da norma da comunidade econômica européia

No EUROCODE 5/93, os valores de projeto das propriedades de resistência e rigidez da madeira se obtêm a partir dos valores característicos, modificados pelos fatores exibidos na Equação [2.91]. Para ser verossímil a comparação dos resultados com os valores derivados das recomendações da NBR 7190/97, fez-se o fator de modificação $k_{\text{mod}} = 0,6$ e o coeficiente de ponderação $\gamma_M = 1,4$, embora a norma européia admita outro valor para esse último.

A verificação da estabilidade das peças submetidas à compressão paralela às fibras, quando $\lambda_{\text{rel},z} > 0,3$, se faz a partir das Equações [2.98] e [2.99], tornando-se nulas as tensões devidas à flexão. Então, é possível escrever:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1 \quad [4.15]$$

Quando $\lambda_{\text{rel},z} \leq 0,3$ devem ser satisfeitas as Equações [2.94] e [2.95]; anulando-se os termos da flexão nessas expressões é possível deduzir-se que, nesse intervalo, $k_{c,z} = 1,0$. Por outro lado, o módulo de elasticidade ajustado ao 5º quantil das distribuições de frequência, que aparece na Equação [2.97], foi obtido em conformidade com a Equação [4.2].

As Figuras 4.13 e 4.14 ilustram os valores de N_d em função do índice de esbeltez da peça, para as diferentes classes de resistência das madeiras brasileiras. Ainda que o EUROCODE 5/93 assumira uma esbeltez diferente da convencional, foram feitas as devidas adaptações para permitir as necessárias comparações com a norma brasileira.

Da análise dos dados e diagramas é possível afirmar que, de um modo geral, o EUROCODE 5/93 é demasiadamente conservador, quando comparado à NBR 7190/97, no caso de peças axialmente comprimidas. As maiores diferenças, em favor do código normativo brasileiro, ocorreram nas coníferas de classe C20, com esbeltez igual a 80, em que se manifestou um valor de N_d cerca de 106% superior àquele devido à norma européia. Para as demais classes de resistência observou-se que as maiores diferenças ocorreram quando $\lambda = 140$, não ultrapassando 71% em favor da norma brasileira, o que foi constatado para as coníferas de classe C25.

Nos gráficos que ilustram o comportamento das peças segundo o EUROCODE 5/93, há a imposição da verificação das condições de resistência do material quando $\lambda_{rel,z} \leq 0,3$, o que faz com que a curva, nesse intervalo, se transforme num segmento reto horizontal. Apesar do aspecto negativo causado pela necessidade de verificação de uma equação para cada trecho, o primeiro intervalo é bem curto – compreendendo peças com esbeltez não maior que 15 – e de difícil ocorrência em estruturas. Destacam-se como pontos positivos a fácil aplicação do método e a ausência de discontinuidades no intervalo marcado por $\lambda_{rel,z} > 0,3$.

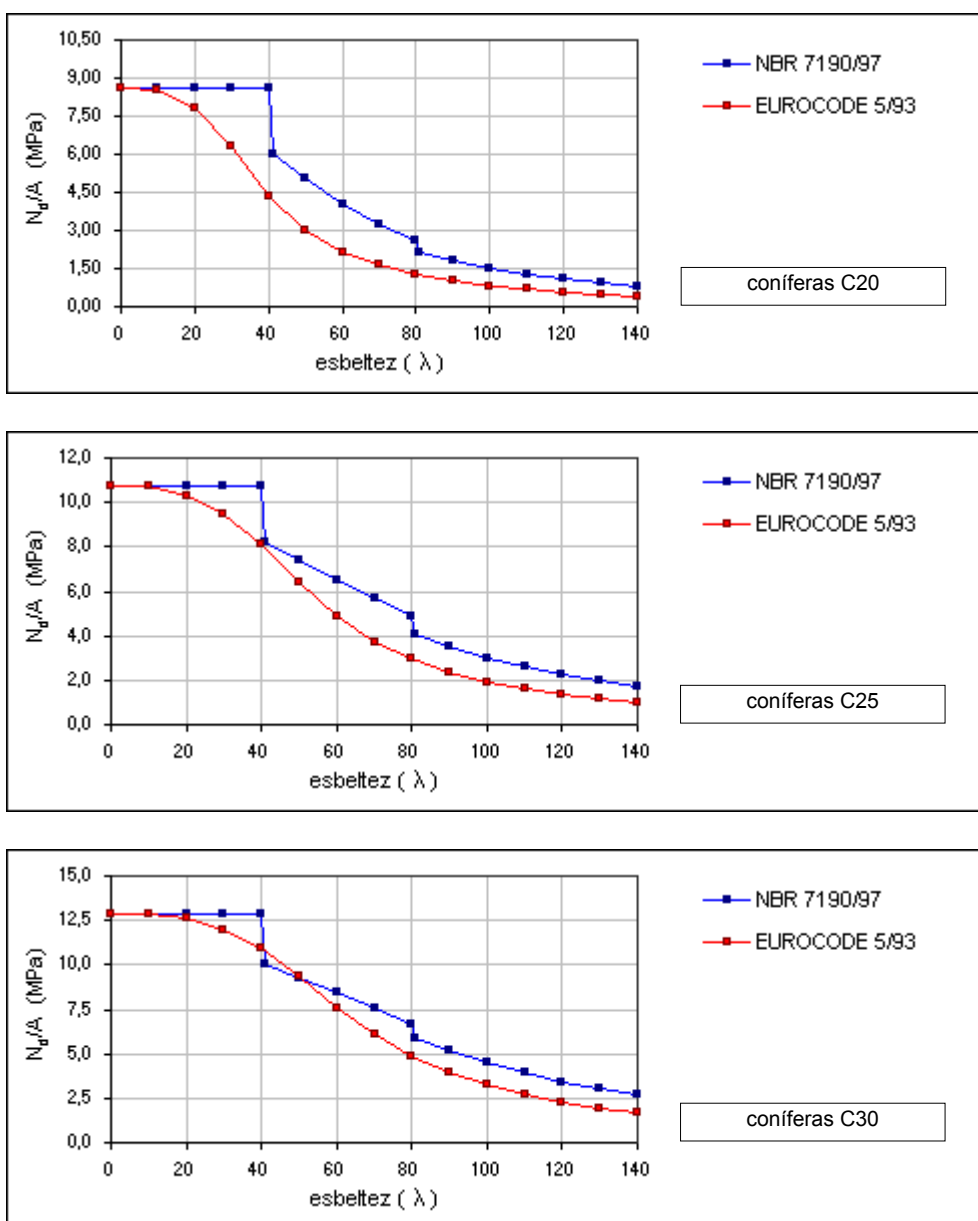


Figura 4.13 – Comparação entre o EUROCODE 5/93 e a NBR 7190/97. Peças comprimidas. Madeira: coníferas.

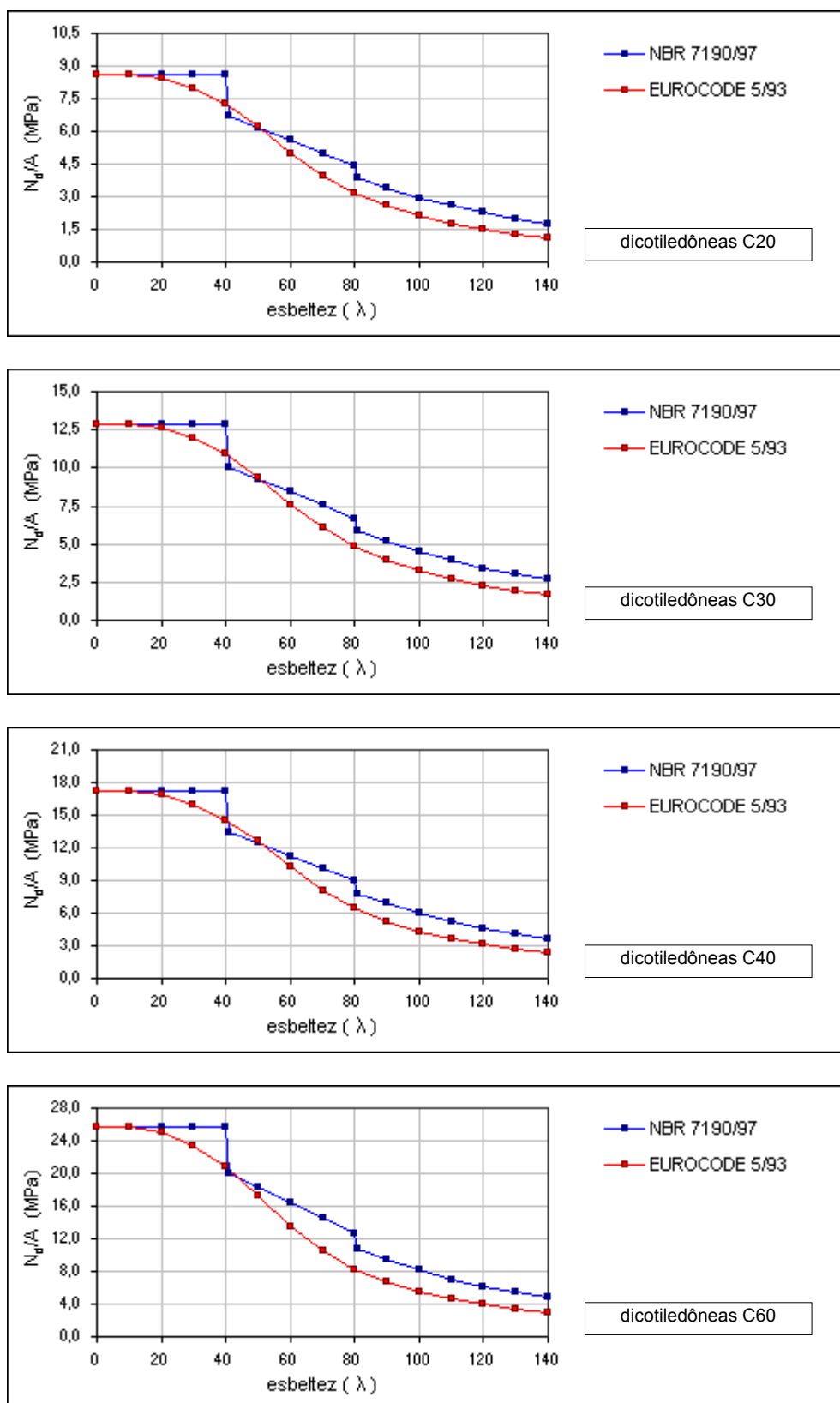


Figura 4.14 – Comparação entre o EUROCODE 5/93 e a NBR 7190/97. Peças comprimidas. Madeira: dicotiledóneas.

As equações do EUROCODE 5/93 para a verificação das peças flexocomprimidas são aquelas citadas no início desta seção, porém sem anular o termo da flexão. Considerou-se nula somente a parcela da flexão referente ao eixo de maior inércia. A aplicação da condição imposta para $\lambda_{rel,z} \leq 0,3$ conduz à resolução de uma equação de 2º grau na determinação de N_d ; para $\lambda_{rel,z} > 0,3$ o valor do esforço de cálculo, N_d , é decorrente da solução de uma equação de 1º grau. Dentre os parâmetros envolvidos nessas equações, destaca-se o valor de projeto da resistência à flexão, $f_{m,z,d}$, que foi calculado a partir da Equação [4.1] e o módulo de elasticidade ajustado ao 5º quantil das distribuições de frequência, $E_{0,05}$, obtido pela Equação [4.2] com coeficiente de variação igual a 0,25.

O comportamento das peças flexocomprimidas, conforme as recomendações das normas brasileira e européia, está representado nas Figuras 4.15 e 4.16, considerando-se as duas situações de diferentes excentricidades e as distintas classes de resistência das madeiras brasileiras.

Quando as peças estão sujeitas a uma excentricidade inicial equivalente a $0,1 \cdot b$, observa-se que os dados resultantes da aplicação dos critérios do EUROCODE 5/93 superam em até 7%, aproximadamente, aqueles devidos à norma brasileira, no intervalo cuja esbelteza vai até 15. A partir desse intervalo, os dados relativos à NBR 7190/97 excedem aqueles devidos ao EUROCODE 5/93, em praticamente todo o intervalo analisado: atingem 80% quando $\lambda = 40$ e a madeira é conífera de classe C20; e 48% quando $\lambda = 140$ e a madeira é dicotiledônea de classe C60.

Por outro lado, quando a excentricidade inicial aumenta para $0,5 \cdot b$, nota-se uma alternância entre os desempenhos relativos às normas brasileira e européia. Os resultados devidos ao EUROCODE 5/93 superam, no intervalo cuja esbelteza é menor que 15, os correspondentes à norma brasileira em 23%, tanto para as coníferas quanto para as dicotiledôneas. Os dados correspondentes à norma européia voltam a exceder os da norma brasileira no início do intervalo das peças medianamente esbeltas, destacando-se que atingem 24% para as coníferas de classe C30 e as dicotiledôneas de classe C40. Nos demais trechos, predominam os resultados da NBR 7190/97, superando em 51% os da norma européia para as coníferas de classe C20 e em 21% para as dicotiledôneas de classe C60, ambos quando $\lambda = 140$.

Como pontos negativos do método indicado pelo EUROCODE 5/93 para a verificação das peças flexocomprimidas, pode-se destacar que: a imposição de diferentes condições de verificação, conforme o índice de esbeltez, resulta nas descontinuidades observadas em seus diagramas; e, o texto normativo é obscuro quanto à consideração dos efeitos de segunda ordem. Todavia, o emprego das recomendações da norma européia é de simples operação, podendo ser programado em planilhas eletrônicas com razoável facilidade. Além disso, a consideração implícita dos efeitos da fluência facilita sobremaneira o trabalho de determinação do esforço resistente pela peça.

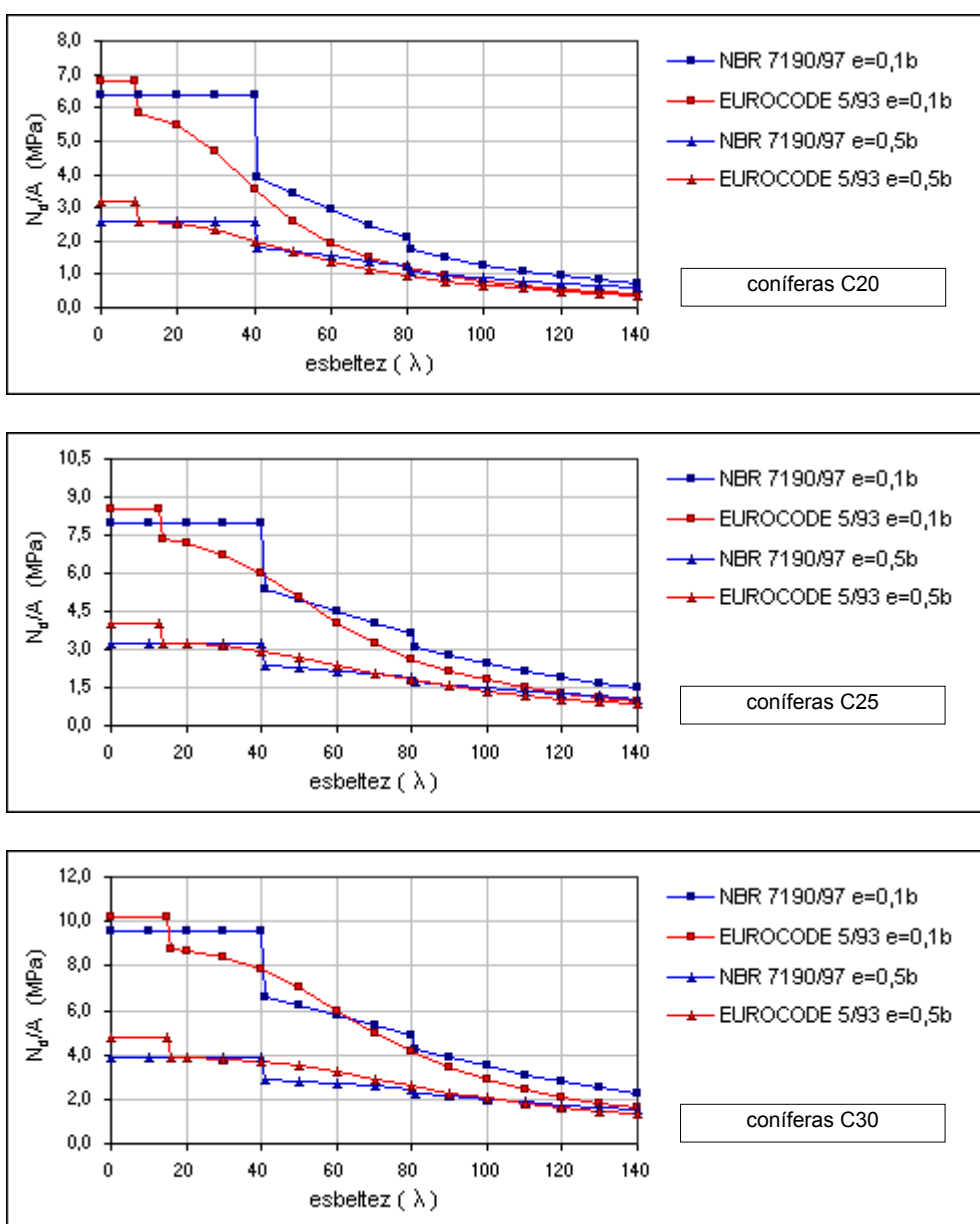


Figura 4.15 – Comparação entre o EUROCODE 5/93 e a NBR 7190/97. Peças flexocomprimidas. Madeira: coníferas.

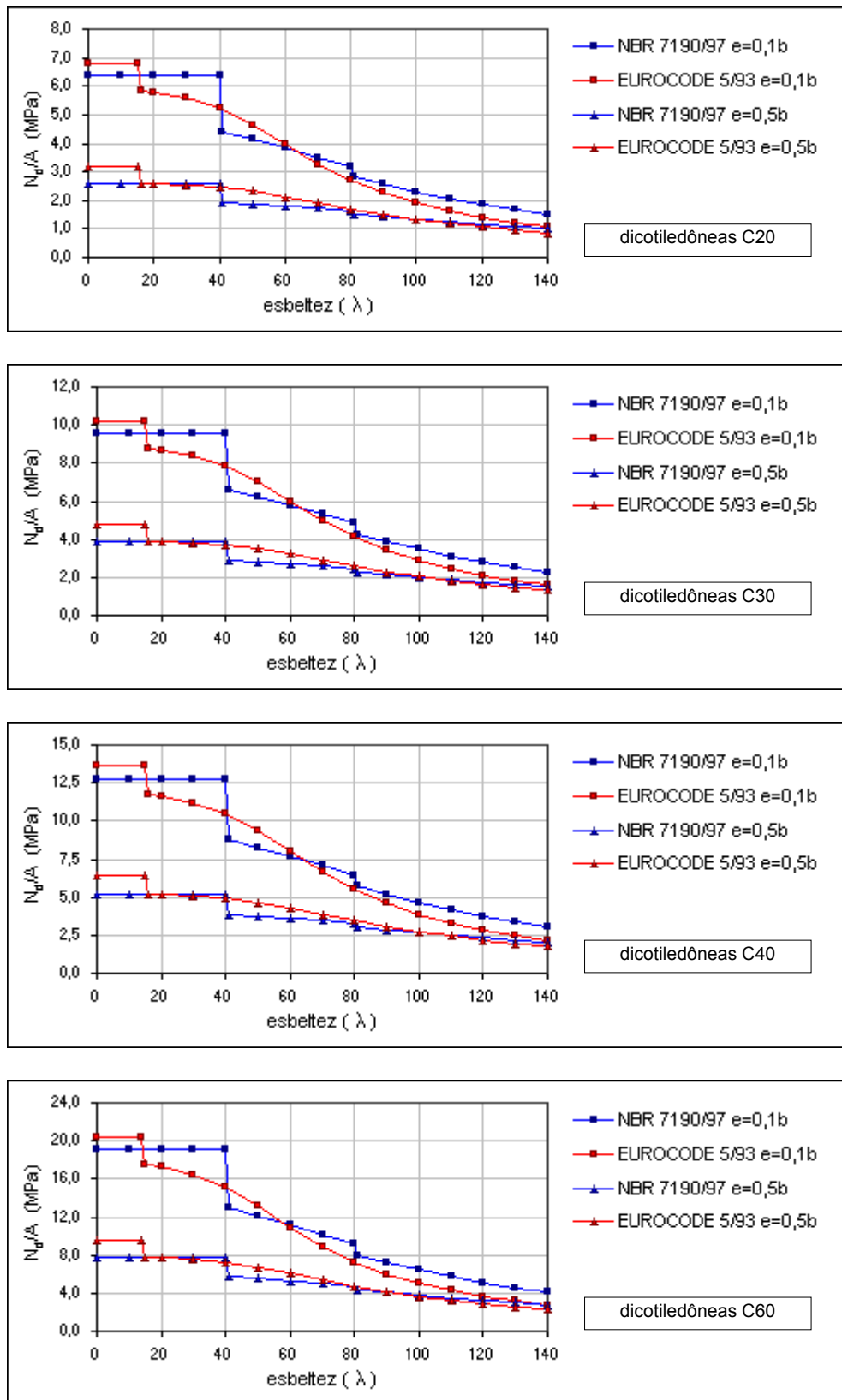


Figura 4.16 – Comparação entre o EUROCODE 5/93 e a NBR 7190/97. Peças flexocomprimidas. Madeira: dicotiledóneas.