

Diretrizes para cálculo de C_b (coeficiente de distribuição de momentos)

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

A norma permite adotar o coeficiente de distribuição e momentos (C_b) com valor 1,0 para todos os casos...

Porém, algumas vezes é útil calcular o C_b para garantir economia...

Esse cálculo deve ser feito manualmente

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

Lembrando que:

$$a) \quad M_{Rd} = \frac{M_{p\ell}}{\gamma_{a1}}, \text{ para } \lambda \leq \lambda_p$$

$$b) \quad M_{Rd} = \frac{C_b}{\gamma_{a1}} \left[M_{p\ell} - (M_{p\ell} - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right] \leq \frac{M_{p\ell}}{\gamma_{a1}}, \text{ para } \lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$$

$$c) \quad M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{\gamma_{a1}} \leq \frac{M_{p\ell}}{\gamma_{a1}}, \text{ para } \lambda > \lambda_r$$

As Notas relacionadas à Tabela G.1 são as seguintes:

$$1) \quad \lambda_r = \frac{1,38 \sqrt{I_y J}}{r_y J \beta_1} \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 C_w \beta_1^2}{I_y}}}$$

$$M_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E I_y}{L_b^2} \sqrt{\frac{C_w}{I_y} \left(1 + 0,039 \frac{J I_b^2}{C_w} \right)}$$

onde:

$$\beta_1 = \frac{(f_y - \sigma_r) W}{E J}$$

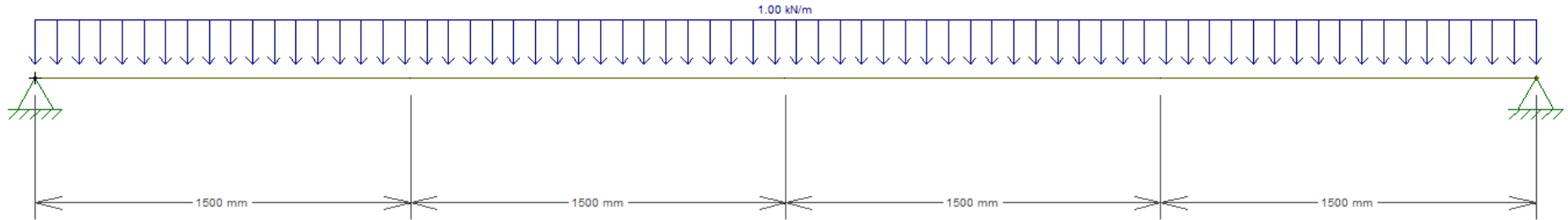
$$C_w = \frac{I_y (d - t_f)^2}{4}, \text{ para seções I}$$

$$C_w = \frac{t_f (b_f - 0,5 t_w)^3 (d - t_f)^2}{12} \left[\frac{3 (b_f - 0,5 t_w) t_f + 2 (d - t_f) t_w}{6 (b_f - 0,5 t_w) t_f + (d - t_f) t_w} \right], \text{ para seções U}$$

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

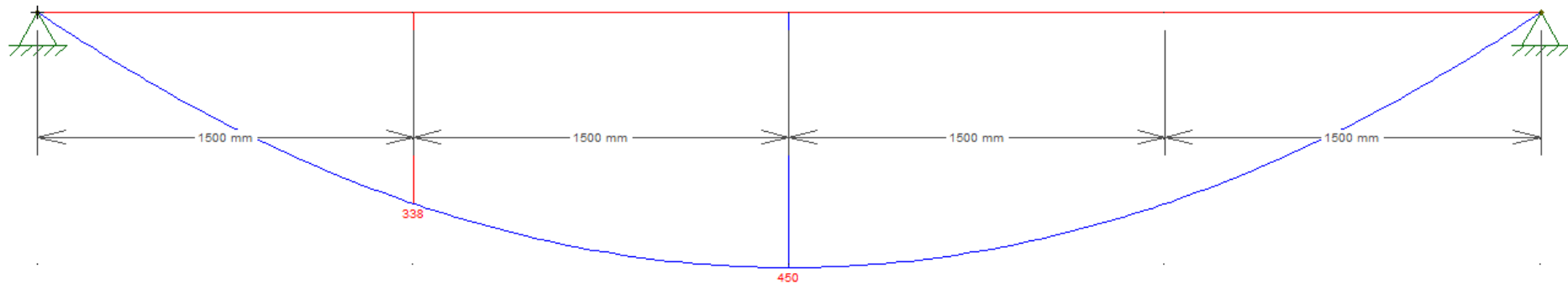
Exemplo de cálculo de C_b

Exemplo 1: Considere uma viga bi apoiada sujeita a uma carga distribuída conforme a figura. Não há nenhuma contenção lateral, ou seja: $L_b = L = 6000\text{mm}$



Exemplo de cálculo de Cb

$$C_b = \frac{12,5 \cdot M_{Max}}{2,5 \cdot M_{Max} + 3 \cdot M_A + 4 \cdot M_B + 3 \cdot M_C}$$



onde:

M_{max} é o valor do momento fletor máximo solicitante de cálculo, em módulo, no comprimento destravado;

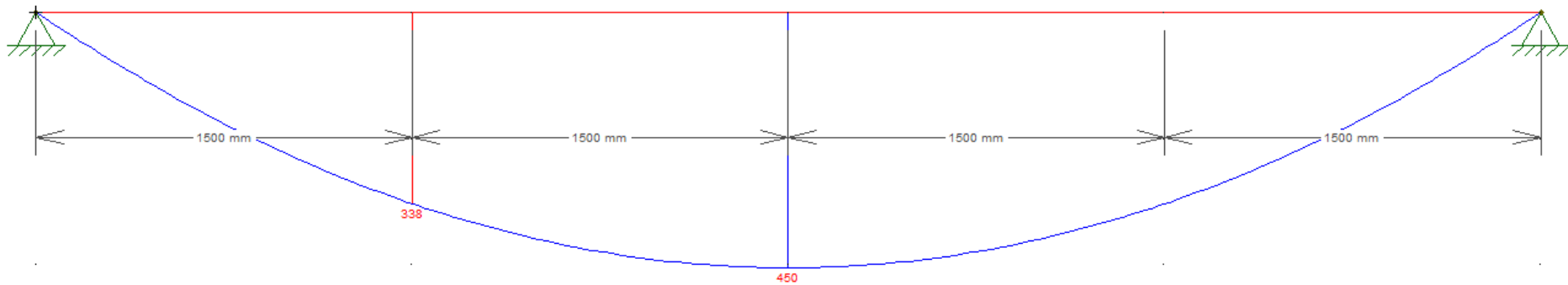
M_A é o valor do momento fletor solicitante de cálculo, em módulo, na seção situada a um quarto do comprimento destravado, medido a partir da extremidade da esquerda;

M_B é o valor do momento fletor solicitante de cálculo, em módulo, na seção central do comprimento destravado;

M_C é o valor do momento fletor solicitante de cálculo, em módulo, na seção situada a três quartos do comprimento destravado, medido a partir da extremidade da esquerda;

Exemplo de cálculo de Cb

$$Cb = \frac{12,5 \cdot M_{Max}}{2,5 \cdot M_{Max} + 3 \cdot M_A + 4 \cdot M_B + 3 \cdot M_C} \quad Cb = \frac{12,5 * 450}{2,5 * 450 + 3 * 338 + 4 * 450 + 3 * 338} = 1,14$$



onde:

M_{max} é o valor do momento fletor máximo solicitante de cálculo, em módulo, no comprimento destravado;

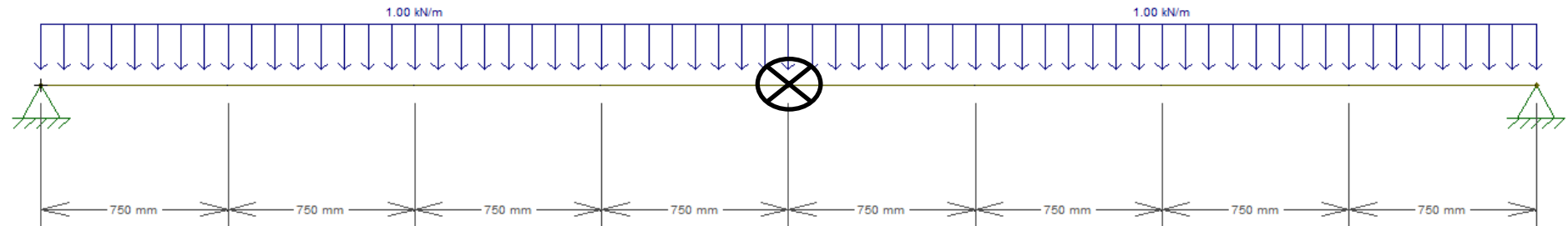
M_A é o valor do momento fletor solicitante de cálculo, em módulo, na seção situada a um quarto do comprimento destravado, medido a partir da extremidade da esquerda;

M_B é o valor do momento fletor solicitante de cálculo, em módulo, na seção central do comprimento destravado;

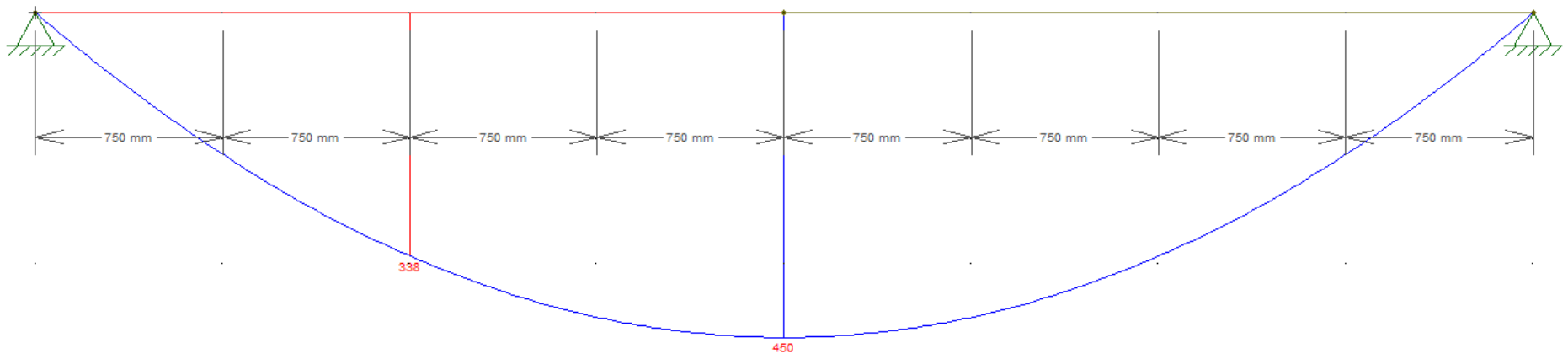
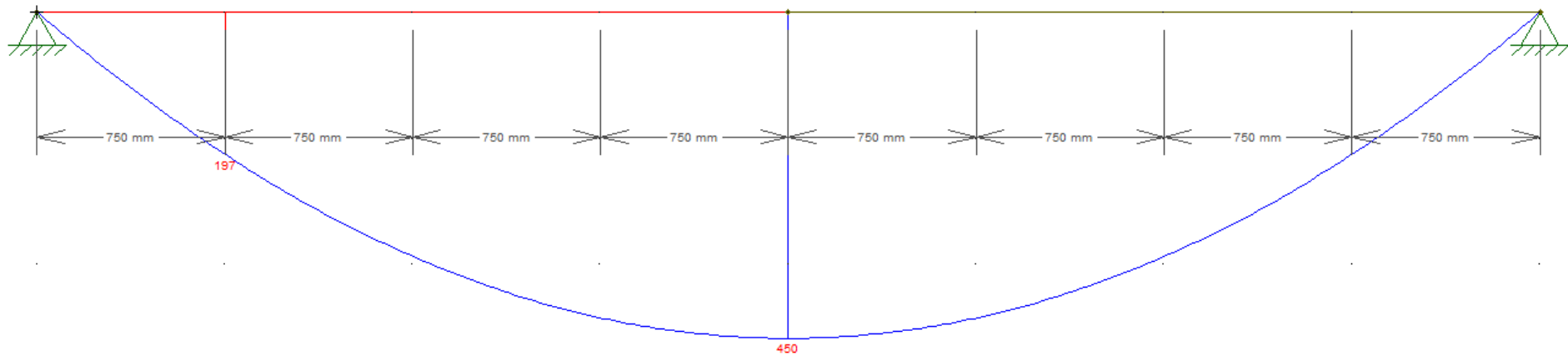
M_C é o valor do momento fletor solicitante de cálculo, em módulo, na seção situada a três quartos do comprimento destravado, medido a partir da extremidade da esquerda;

Exemplo de cálculo de C_b

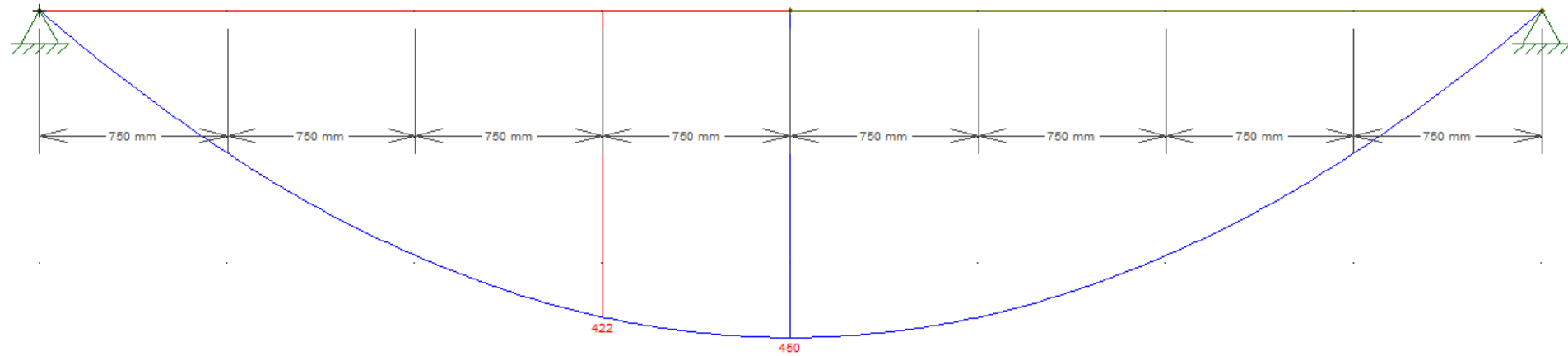
Exemplo 2: Considere uma viga bi apoiada sujeita a uma carga distribuída conforme a figura. Existe 1 travamento localizado no centro da viga



Exemplo de cálculo de Cb



Exemplo de cálculo de Cb

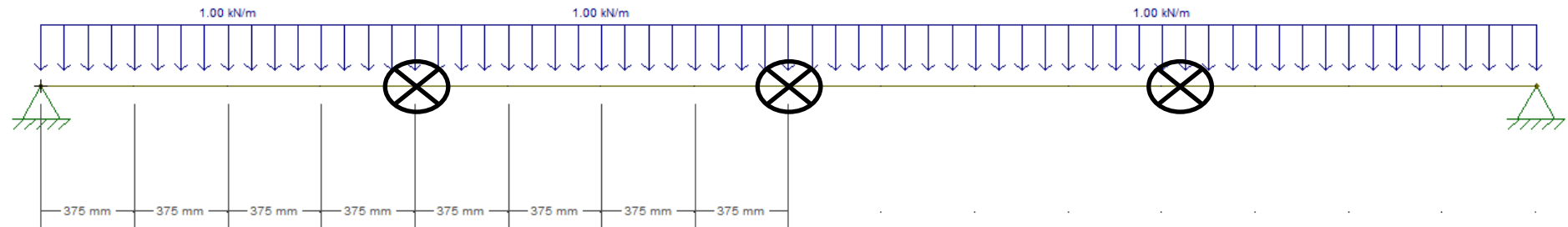


$$C_b = \frac{12,5 \cdot M_{Max}}{2,5 \cdot M_{Max} + 3 \cdot M_A + 4 \cdot M_B + 3 \cdot M_C}$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 450}{2,5 \cdot 450 + 3 \cdot 197 + 4 \cdot 338 + 3 \cdot 422} = 1,30$$

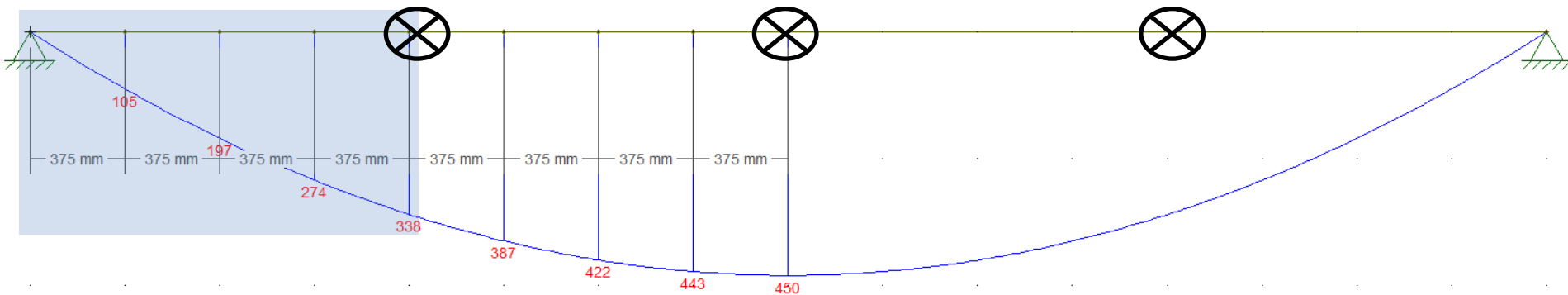
Exemplo de cálculo de C_b

Exemplo 3: Considere uma viga bi apoiada sujeita a uma carga distribuída conforme a figura. Existem 3 travamentos equidistantes



Exemplo de cálculo de Cb

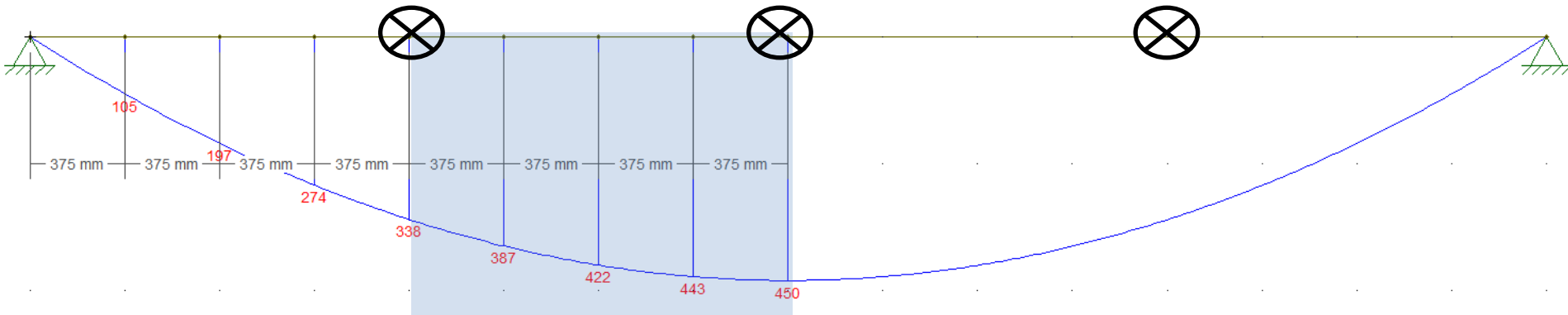
Cálculo do primeiro trecho



$$C_b = \frac{12,5 * 338}{2,5 * 338 + 3 * 105 + 4 * 197 + 3 * 274} = 1,52$$

Exemplo de cálculo de Cb

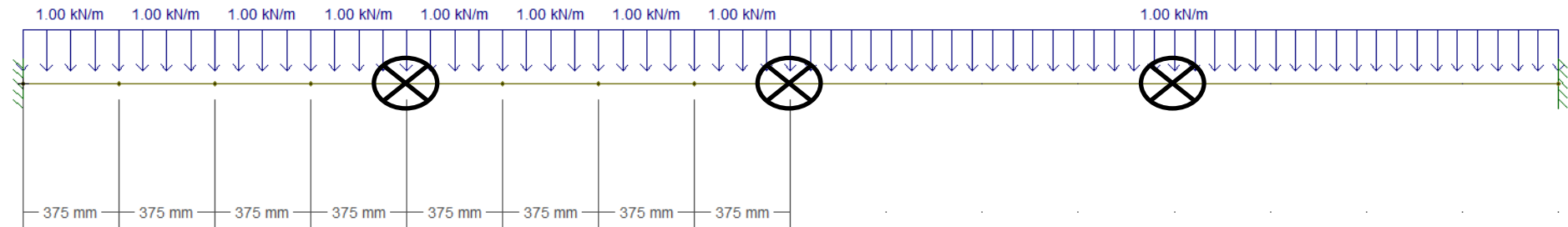
Cálculo do segundo trecho



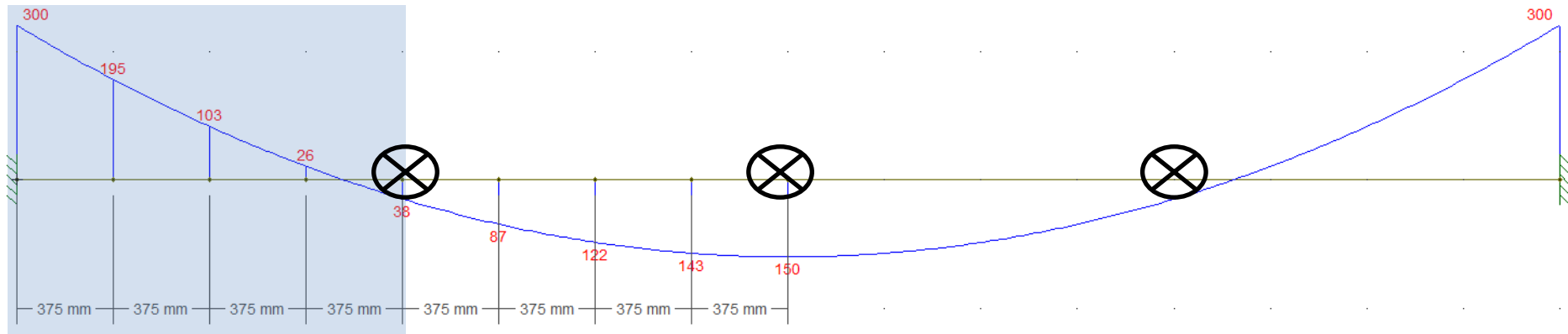
$$C_b = \frac{12,5 * 450}{2,5 * 450 + 3 * 387 + 4 * 422 + 3 * 443} = 1,06$$

Exemplo de cálculo de C_b

Exemplo 3: Considere uma viga Bi engastadas sujeita a uma carga distribuída conforme a figura. Existem 3 travamentos equidistantes

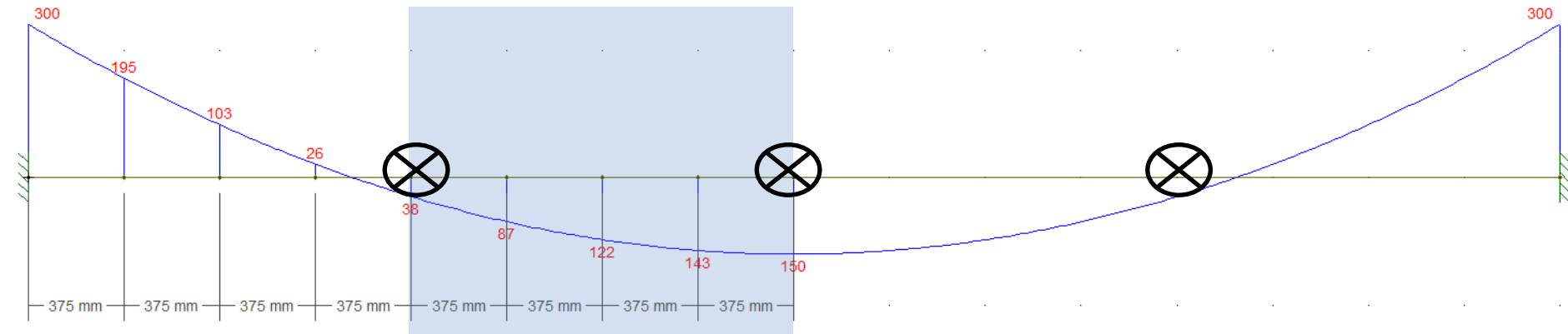


Exemplo de cálculo de Cb



$$C_b = \frac{12,5 * 300}{2,5 * 300 + 3 * 195 + 4 * 103 + 3 * 26} = 2,05$$

Exemplo de cálculo de Cb



$$C_b = \frac{12,5 * 150}{2,5 * 150 + 3 * 87 + 4 * 122 + 3 * 143} = 1,20$$

Exceção

Em caso de haver uma mesa com travamento contínuo, (Embutida em lajes, por exemplo) o procedimento a se adotar é:

- a) quando a mesa com contenção lateral contínua estiver tracionada em pelo menos uma extremidade do comprimento destravado:

$$C_b = 3,00 - \frac{2}{3} \frac{M_1}{M_0} - \frac{8}{3} \frac{M_2}{(M_0 + M_1)}$$

onde:

M_0 é o valor do maior momento fletor solicitante de cálculo, tomado com sinal negativo, que comprime a mesa livre nas extremidades do comprimento destravado;

M_1 é o valor do momento fletor solicitante de cálculo na outra extremidade do comprimento destravado. Se esse momento comprimir a mesa livre, deve ser tomado com sinal negativo nos segundo e terceiro termos da equação. Se tracionar a mesa livre, deve ser tomado com sinal positivo no segundo termo da equação e igual a zero no terceiro termo;

M_2 é o momento fletor solicitante de cálculo na seção central do comprimento destravado, com sinal positivo se tracionar a mesa livre e sinal negativo se tracionar a mesa com contenção lateral contínua.

- b) em trechos com momento nulo nas extremidades, submetidos a uma força transversal uniformemente distribuída, com apenas a mesa tracionada contida continuamente contra deslocamento lateral:

$$C_b = 2,00$$

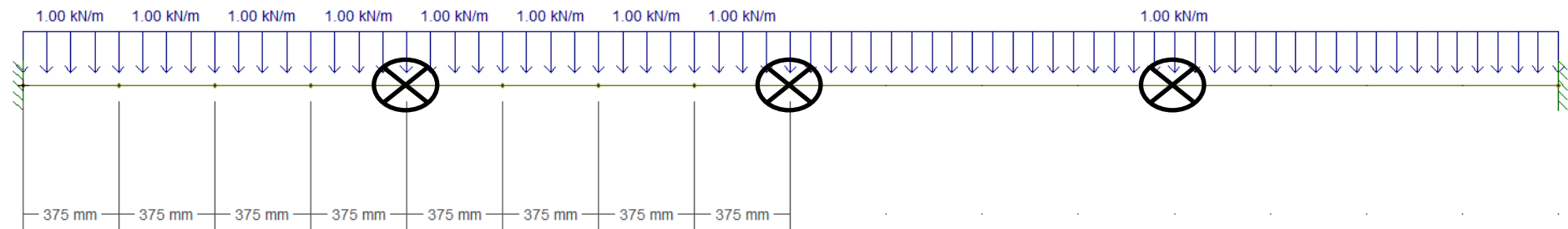
- c) em todos os outros casos:

$$C_b = 1,00$$

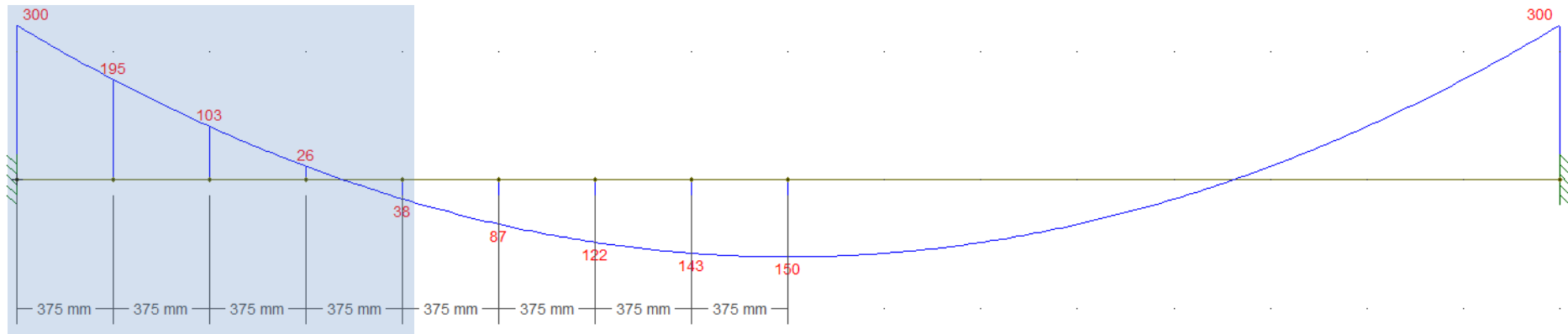
Na verificação à FLT, deve-se tomar como momento fletor solicitante de cálculo o maior momento que comprime a mesa livre. No caso da alínea a), por exemplo, esse momento é M_0 .

Exemplo de cálculo de C_b

Exemplo 4: Considere uma viga Bi engastadas sujeita a uma carga distribuída conforme a figura. Existem 3 travamentos equidistantes e a mesa superior está contida completamente por uma laje



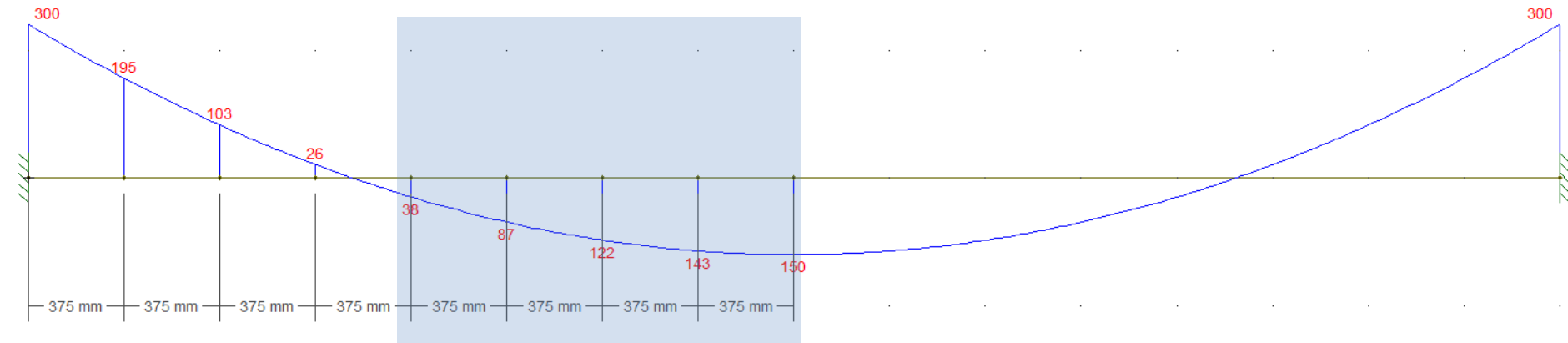
Exemplo de cálculo de Cb



$$C_b = 3,00 - \frac{2M_1}{3M_0} - \frac{8 \cdot M_2}{3(M_0 + M_1)}$$

$$C_b = 3,00 - \frac{2 \cdot 38}{3 \cdot (-300)} - \frac{8 \cdot (-103)}{3(-300 + 0)} = 2,17$$

Exemplo de cálculo de C_b

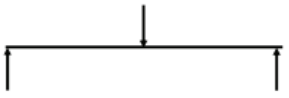
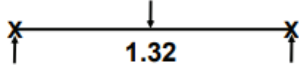
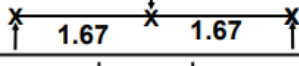
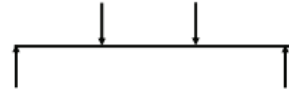
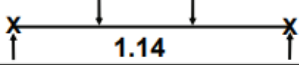
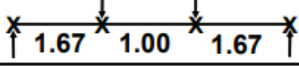
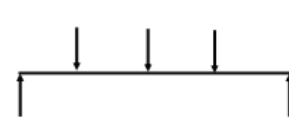
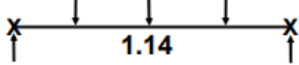
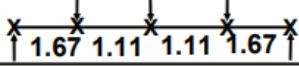

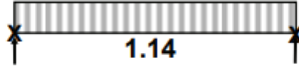
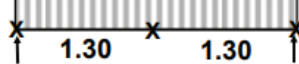


Esse trecho possui mesa comprimida contida, portanto não há FLT para esse trecho

TABELAS Cb

AISC Table 3-1. Values of C_b

For simply supported beams

| Load | Lateral Bracing Along Span | C_b | L_b |
|---|----------------------------|---|-------|
|  | None |  | L |
| | At Load Points |  | L/2 |
|  | None |  | L |
| | At Load Points |  | L/3 |
|  | None |  | L |
| | At Load Points |  | L/4 |
|  | None |  | L |
| | At Centerline |  | L/2 |



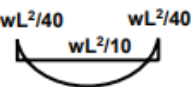


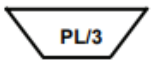
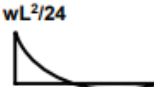
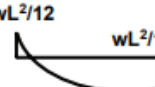
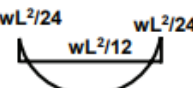

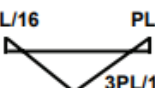
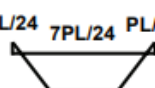
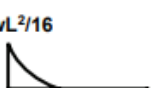
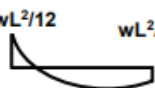
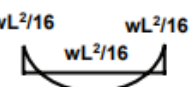

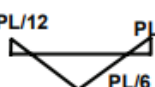
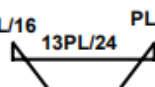


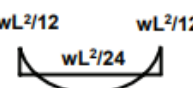


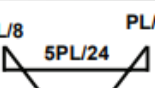


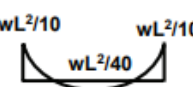


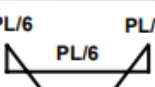

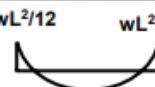
X = Brace Point.

Note That Beam Must Be Braced at Supports.

TABELAS C_b

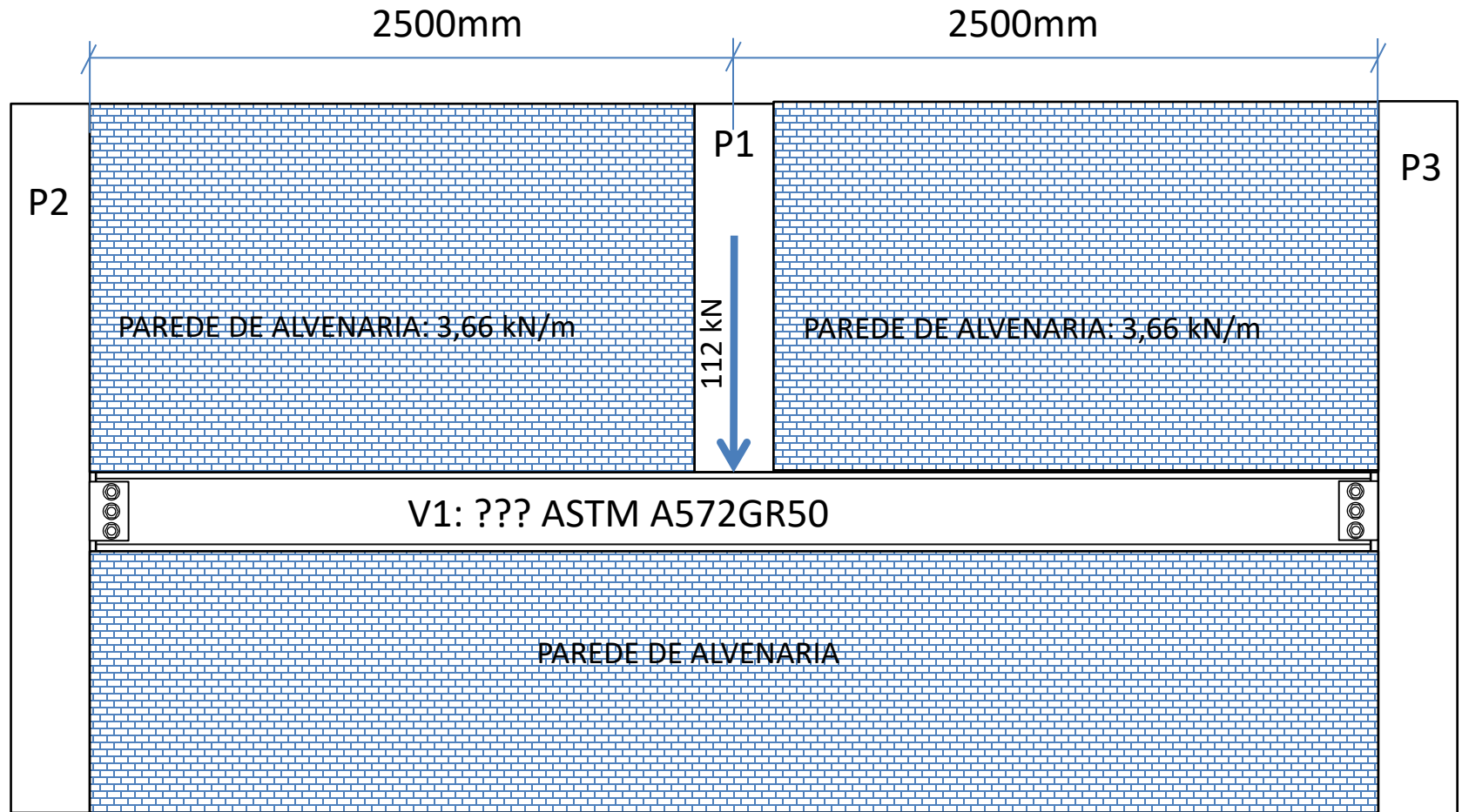
C_b Values for Different Load Cases

AISC Equation F1-1

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
|  C _b = 1.18 |  C _b = 1.00 |  C _b = 1.32 |  C _b = 1.14 |  C _b = 1.18 |  C _b = 1.23 |
|  C _b = 1.22 |  C _b = 1.25 |  C _b = 1.47 |  C _b = 1.16 |  C _b = 1.21 |  C _b = 1.23 |
|  C _b = 1.32 |  C _b = 1.67 |  C _b = 1.56 |  C _b = 1.17 |  C _b = 1.26 |  C _b = 1.26 |
|  C _b = 2.38 |  C _b = 2.17 |  C _b = 1.92 |  C _b = 1.24 |  C _b = 2.08 |  C _b = 1.61 |
|  C _b = 3.00 |  C _b = 2.27 |  C _b = 2.08 |  C _b = 1.32 |  C _b = 3.00 |  C _b = 2.38 |



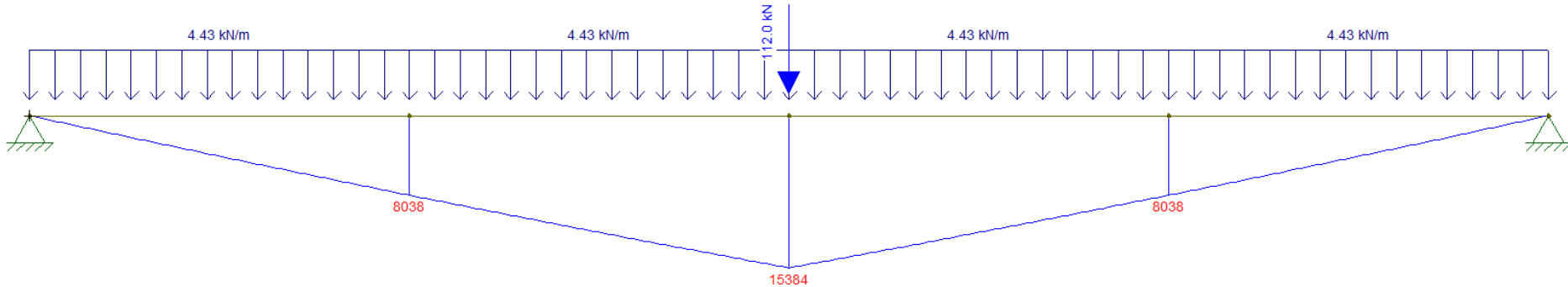
EXERCÍCIO 03



Determine a bitola da Viga de transição V1 relativamente à flexão na situação acima. Utilize Perfis W, H ou HP Açominas ASTM A572GR50. Assuma ligação articulada entre a viga V1 e os pilares P2 e P3. Assuma também que os pilares P2 e P3 permanecem indelocáveis durante o carregamento. As cargas já foram devidamente majoradas na combinação mais desfavorável. ADOTAR COEFICIENTE MÉDIO DE MAJORAÇÃO = 1,47

Curso de Projeto e Cálculo de Estruturas metálicas

EXERCÍCIO 03



$$Cb = \frac{12,5 \cdot M_{Max}}{2,5 \cdot M_{Max} + 3 \cdot M_A + 4 \cdot M_B + 3 \cdot M_C}$$

$$Cb = \frac{12,5 \cdot 15384}{2,5 \cdot 15384 + 3 \cdot 8038 + 4 \cdot 15384 + 3 \cdot 8038} = 1,30$$

EXERCÍCIO 03

Verificação Flambagem Lateral com Torção(FLT) - Tentativa com Perfil W410X53

$$\frac{Lb}{r_y} = \frac{500}{3,84} = 130,20 \quad \lambda_p = 1,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \sqrt{\frac{20500}{34,5}} = 42,90 \rightarrow \text{calcular } \lambda_r$$

$$\beta_1 = \frac{(34,5 - 0,3 \cdot 34,5) \cdot 929,7}{20500 \cdot 23,38} = 0,0468$$

$$\lambda_r = \frac{1,38 \cdot \sqrt{1009 \cdot 23,38}}{3,84 \cdot 23,38 \cdot 0,0468} \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 \cdot 387194 \cdot 0,0468^2}{1009}}} = 122,71 \rightarrow \text{calcular } M_{cr}$$

$$M_{cr} = \frac{1,30 \cdot \pi^2 \cdot 20500 \cdot 1009}{500^2} \cdot \sqrt{\frac{387194}{1009} \cdot \left(1 + 0,039 \cdot \frac{23,38 \cdot 500^2}{387194}\right)} = 26210 \text{ kN.cm}$$

$$M_{Rd,FLT} = \frac{M_{cr}}{1,1} = \frac{26210}{1,1} = 23827 \text{ kN.cm} > 15384 \text{ kNcm} \quad \text{VIGA APROVADA 64\% (PODEMOS TENTAR BAIXAR)}$$

EXERCÍCIO 03

Verificação Flambagem Lateral com Torção (FLT) - Tentativa com Perfil W410X46,1

$$\frac{Lb}{r_y} = \frac{500}{2,95} = 169,49 \quad \lambda_p = 1,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \sqrt{\frac{20500}{34,5}} = 42,90 \rightarrow \text{calcular } \lambda_r$$

$$\beta_1 = \frac{(34,5 - 0,3 \cdot 34,5) \cdot 778,7}{20500 \cdot 20,06} = 0,0457$$

$$\lambda_r = \frac{1,38 \cdot \sqrt{514 \cdot 20,08}}{2,95 \cdot 20,08 \cdot 0,0457} \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 \cdot 196571 \cdot 0,0457^2}{514}}} = 124,18 \rightarrow \text{calcular } M_{cr}$$

$$M_{cr} = \frac{1,30 \cdot \pi^2 \cdot 20500 \cdot 514}{500^2} \cdot \sqrt{\frac{196571}{514} \cdot (1 + 0,039 \cdot \frac{20,08 \cdot 500^2}{196571})} = 14941 \text{ kN.cm} - \text{PERFIL REPROVADO}$$

O PERFIL MAIS LEVE QUE É APROVADO É O W410X53