

Manual de Construção em Aço



Estruturas Mistas - Vol. 2

ESTRUTURAS MISTAS

VOL. 2

Série “Manual de Construção em Aço”

- Galpões para Usos Gerais
- Ligações em Estruturas Metálicas
- Edifícios de Pequeno Porte Estruturados em Aço
- Alvenarias
- Painéis de Vedação
- Resistência ao Fogo das Estruturas de Aço
- Tratamento de Superfície e Pintura
- Transporte e Montagem
- Steel Framing: Arquitetura
- Interfaces Aço-Concreto
- Steel Framing: Engenharia
- Pontes e viadutos em vigas mistas
- Trelças tipo Steel Joist
- Viabilidade Econômica
- Dimensionamento de Perfis Formados a Frio conforme NBR 14762 e NBR 6355 (CD)
- Projeto e Durabilidade
- Estruturas Mistas Vol. 1 e 2

GILSON QUEIROZ
ROBERVAL JOSÉ PIMENTA
ALEXANDER GALVÃO MARTINS

ESTRUTURAS MISTAS

VOL.2
2ª. Edição

INSTITUTO AÇO BRASIL
CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO

RIO DE JANEIRO
2012

Instituto Aço Brasil / Centro Brasileiro da Construção em Aço
Av. Rio Branco, 181 / 28º Andar
20040-007 - Rio de Janeiro - RJ
e-mail: cbca@acobrasil.org.br
site: www.cbca-acobrasil.org.br

SUMÁRIO

Capítulo 5

| | |
|---|----|
| Vigas mistas | 9 |
| 5.1 Campo de aplicação | 10 |
| 5.2 Propriedades principais da viga mistas – região de momento fletor positivo (laje comprimida) | 10 |
| 5.2.1 Largura efetiva da laje | 10 |
| 5.2.2 Interação completa e interação parcial | 10 |
| 5.2.3 Determinação de propriedades elásticas | 11 |
| 5.2.3.1 Módulo de elasticidade do concreto para ações de curta duração | 11 |
| 5.2.3.2 Interação completa | 11 |
| 5.2.3.3 Interação parcial | 12 |
| 5.2.4 Determinação da resistência de cálculo da seção à plastificação pelo momento fletor | 12 |
| 5.2.4.1 Relação largura/espessura da alma para que possa ser atingido o momento de plastificação total da seção | 12 |
| 5.2.4.2 Interação completa | 12 |
| 5.2.4.3 Interação parcial | 13 |
| 5.3 Propriedades principais da viga mista – região de momento fletor negativo (laje tracionada) | 14 |
| 5.3.1 Seção da viga mista | 14 |
| 5.3.2 Largura efetiva da laje | 14 |
| 5.3.3 Interação completa e interação parcial | 15 |
| 5.3.4 Determinação de propriedades elásticas | 15 |
| 5.3.4.1 Ligação mista | 15 |
| 5.3.4.2 Seção transversal na região de momento negativo | 15 |
| 5.3.5 Determinação da resistência de cálculo da seção à plastificação pelo momento fletor | 16 |
| 5.3.5.1 Relações largura/espessura para que possa ser atingido o momento de plastificação total da seção | 16 |
| 5.3.5.2 Ligação mista | 16 |
| 5.3.5.3 Seção transversal na região de momento negativo | 16 |
| 5.4 Dimensionamento de vigas mistas que atendem as exigências do item 5.3.5.1 (5.2.4.1 para vigas biapoiadas) | 16 |
| 5.4.1 Estados limites últimos (ELU) | 17 |
| 5.4.1.1 Falha do perfil de aço sujeito às ações de cálculo aplicadas antes da cura do concreto | 17 |
| 5.4.1.2 Falha da viga mista sujeita a todas as ações de cálculo (aplicadas antes e depois da cura do concreto) | 17 |
| 5.4.2 Estados limites de serviço (ELS) | 20 |
| 5.4.2.1 Flecha excessiva | 20 |
| 5.4.2.2 Vibrações excessivas | 21 |
| 5.4.2.3 Fissuração do concreto sobre apoios intermediários de vigas mistas | 21 |

Capítulo 6

| | |
|---|----|
| Ligações mistas | 43 |
| 6.1 Campo de aplicação e requisitos gerais | 44 |
| 6.2 Propriedades principais | 45 |
| 6.2.1 Considerações gerais | 45 |
| 6.2.2 Largura efetiva da laje | 45 |
| 6.2.3 Propriedades fundamentais das ligações mistas | 45 |
| 6.2.4 Rigidez inicial(ou de serviço) | 46 |
| 6.2.5 Resistência de cálculo | 46 |
| 6.2.6 Capacidade de rotação | 46 |

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| Referências Bibliográficas | 75 |
|-----------------------------------|-----------|

O CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço tem a satisfação de oferecer aos profissionais envolvidos com o emprego do aço na construção civil o décimo sétimo manual de uma série cujo objetivo é a disseminação de informações técnicas e melhores práticas.

Este manual visa facilitar a difusão do uso de sistemas mistos em projetos de edificações por meio de uma linguagem acessível, resumos teóricos simplificados, tabelas e exemplos práticos de aplicação.

Totalmente baseado na edição de 2008 da norma ABNT NBR 8800, que passou a incorporar, além das vigas mistas (já contempladas na edição de 1986) os pilares mistos, as lajes mistas e as ligações mistas, este manual constitui complemento de grande valia para a utilização dessa norma, contendo seus pontos principais.

Evidentemente que, como qualquer bibliografia técnica, o seu uso não dispensa o julgamento profissional do engenheiro responsável pelo projeto.

O manual está dividido em dois volumes, conforme a seguir:

Volume I:

Capítulo 1 – Introdução

Capítulo 2 – Conectores de cisalhamento

Capítulo 3 – Pilares mistos

Capítulo 4 – Lajes mistas

Volume II:

Capítulo 5 – Vigas mistas

Capítulo 6 – Ligações mistas

Centro dinâmico de serviços, capacitado para conduzir e fomentar uma política de promoção do uso do aço na construção com foco exclusivamente técnico, o CBCA está seguro de que este manual enquadra-se no objetivo de contribuir para a difusão de competência técnica e empresarial no país.

Capítulo 5

Vigas mistas

5.1 - Campo de aplicação

Este capítulo aplica-se a vigas mistas de edificações, formadas por um perfil I de aço duplamente simétrico e uma laje de concreto moldada no local acima da face superior do perfil ou de uma forma de aço, havendo ligação mecânica por meio de conectores de cisalhamento entre o perfil e a laje de modo que ambos funcionem como um conjunto para resistir à flexão no plano que passa pelos centros geométricos das mesas do perfil. O concreto deve ter densidade normal.

(Para concretos de baixa densidade, consultar a NBR 8800).

Não constituem escopo deste capítulo vigas de pórticos, vigas sujeitas à fadiga e vigas em situação de incêndio.

São previstas vigas biapoiadas ou semicontínuas. No caso de vigas semicontínuas, este manual aborda apenas os casos onde a continuidade é obtida por meio das ligações mistas de resistência parcial descritas no capítulo 6.

A construção de vigas mistas pode ser feita com ou sem escoramento provisório. Neste Manual é prevista somente a construção não escorada.

Na região de momento positivo podem ocorrer duas situações relacionadas à interação entre o perfil de aço e o concreto: interação completa e interação parcial. A interação é considerada completa se os conectores situados nessa região tiverem resistência de cálculo igual ou superior à resistência de cálculo do componente de aço à tração ou da laje de concreto à compressão, a que for menor.

Para a região de momento negativo, só é prevista interação completa, ou seja, a resistência de cálculo dos conectores situados nessa região deve ser igual ou superior à resistência

de cálculo das barras de armadura que fazem parte da viga mista.

5.2 - Propriedades principais da viga mista - Região de momento fletor positivo (laje comprimida)

5.2.1 Largura efetiva da laje

A largura b da laje que pode ser considerada como parte da seção da viga mista é igual à soma das larguras à esquerda e à direita da linha de centro da viga analisada (tomada na linha de centro do perfil de aço), cada uma delas sendo tomada como o menor dos três valores a seguir:

- 1/8 do comprimento de referência L_c (igual ao vão L para vigas biapoiadas, 0,7L para vãos intermediários de vigas semicontínuas e 0,8L para vãos extremos de vigas semicontínuas);
- metade da distância da linha de centro da viga analisada até a linha de centro da viga paralela adjacente, situada no lado considerado (esquerdo ou direito);
- distância da linha de centro da viga analisada até a borda da laje, quando não houver viga adjacente no lado considerado.

5.2.2 Interação completa e interação parcial

Sendo F_{hRd} o menor valor dentre:

$$R_{cd} = \frac{0,85 f_{ck} b t_c}{1,4}$$

resistência de cálculo da laje à compressão

$$R_{td} = A \frac{f_y}{1,1}$$

resistência de cálculo do perfil à tração,

a interação é completa se:

$$\Sigma Q_{Rd} \geq F_{hRd}$$

a interação é parcial se:

$$\Sigma Q_{Rd} < F_{hRd}$$

Nas expressões anteriores:

t_c é a espessura da laje (acima da forma de aço, se existir)

A é a área da seção do perfil de aço

ΣQ_{Rd} é a soma das resistências de cálculo dos conectores entre a seção de momento nulo e a seção onde o momento positivo é máximo (para Q_{Rd} , disposições construtivas e posicionamento dos conectores ver Capítulo 2).

Chamando de η_i o grau de interação, tem-se:

$\eta_i = \Sigma Q_{Rd} / F_{hRd} < 1$, para interação parcial

$\eta_i = 1$ para interação completa (ainda que $\Sigma Q_{Rd} > F_{hRd}$)

O valor mínimo permitido para η_i é função do vão de referência L_c (item 5.2.1-a), como a seguir (L_c em metro):

Para $L_c > 25 \text{ m} \rightarrow \eta_i = 1$

Para $L_c \leq 25 \text{ m} \rightarrow \eta_i = 1 - \frac{E}{578 f_y} (0,75 - 0,03 L_c)$

ou 0,4 (o que for maior)

5.2.3 Determinação de propriedades elásticas

5.2.3.1 - Módulo de elasticidade do concreto para ações de curta duração

$$E_c = 4760 \sqrt{f_{ck}} \quad (\text{NBR 6118})$$

(E_c e f_{ck} em megapascal)

5.2.3.2 Interação completa

Na figura 5.1 mostram-se distribuições de deformações e tensões na seção transversal da viga mista, baseadas na permanência da seção plana, supondo que a linha neutra elástica (LNE) esteja fora da laje de concreto.

Razão modular:

- $n = E/E_c$ (para ações de curta duração)
- $n = 3E/E_c$ (para ações de longa duração)

Largura transformada: $b_{tr} = b/n$

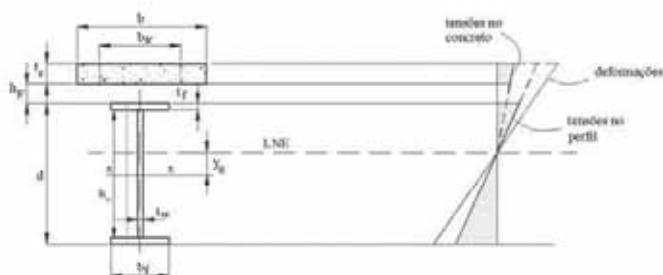


Figura 5.1 – Distribuições de deformações e tensões no regime elástico

Caso a linha neutra elástica (LNE) corte a laje, como na Figura 5.2, a espessura comprimida da laje (a) pode ser determinada igualando-se os momentos estáticos das áreas acima (concreto) e abaixo (aço) da LNE, como a seguir.

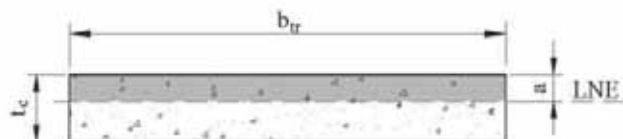


Figura 5.2 – LNE na laje

Sendo A a área da seção transversal do perfil de aço, tem-se (Figuras 5.1 e 5.2):

$$b_{tr} a \frac{a}{2} = A \left(\frac{d}{2} + h_f + t_c - a \right)$$

$$\frac{b_{tr}}{2} a^2 + Aa - Aw = 0 \quad \left(\text{com } w = \frac{d}{2} + h_f + t_c \right)$$

$$\Rightarrow a = \frac{-A + \sqrt{A^2 + 2b_{tr}Aw}}{b_{tr}}$$

Na tabela 5.1, tomar $a' = a$, se a for igual ou inferior a t_c , e $a' = t_c$ se a for superior a t_c .

Tabela 5.1 – Propriedades elásticas - região de momento positivo

| Elemento | A_i | y_i | $A_i y_i$ | $A_i y_i^2$ | I_{oi} |
|----------|----------------|------------|-----------|-------------|---------------------|
| Laje | $(b_{tr})(a')$ | $w - a'/2$ | calcular | calcular | $(b_{tr})(a')^3/12$ |
| Perfil | A | 0 | 0 | 0 | I_x |
| Σ | calcular | - | calcular | calcular | calcular |

Nota: y_i é a distância do cg do elemento ao eixo x-x do perfil

Posição da linha neutra elástica LNE (acima do eixo x-x do perfil)

$$y_0 = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i}$$

Momento de inércia da seção transformada

$$I_{tr} = \sum A_i y_i^2 + \sum I_{oi} - \left(\sum A_i \right) y_0^2$$

Módulo resistente elástico da seção transformada

$$W_{tr} = \frac{I_{tr}}{y_0 + \frac{d}{2}}$$

5.2.3.3 Interação parcial

Havendo interação parcial, as propriedades da seção transformada devem ser reduzidas como a seguir:

Momento de inércia efetivo

$$I_{ef} = I_a + (I_{tr} - I_a) \sqrt{\eta_i}$$

Módulo resistente elástico efetivo

$$W_{ef} = W_a + (W_{tr} - W_a) \sqrt{\eta_i}$$

Nas expressões anteriores, η_i é o grau de interação definido no item 5.2.2, I_a é o momento de inércia e W_a o módulo resistente elástico da seção de aço, ambos em relação ao eixo X.

5.2.4 Determinação da resistência de cálculo da seção à plastificação pelo momento fletor

5.2.4.1 Relação largura/espessura da alma para que possa ser atingido o momento de plastificação total da seção

$$\frac{h_w}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

5.2.4.2 Interação completa

a) Posição da linha neutra plástica (LNP)
Considerando os valores de R_{cd} e R_{td} calculados conforme o item 5.2.2:

- Se $R_{cd} \geq R_{td} \Rightarrow$ LNP corta a laje (Figura 5.3)

Por equilíbrio:

$$\frac{0,85 f_{ck}}{1,4} b a = A \frac{f_y}{1,1} \Rightarrow a = \frac{A \frac{f_y}{1,1}}{\frac{0,85 f_{ck}}{1,4} b}$$

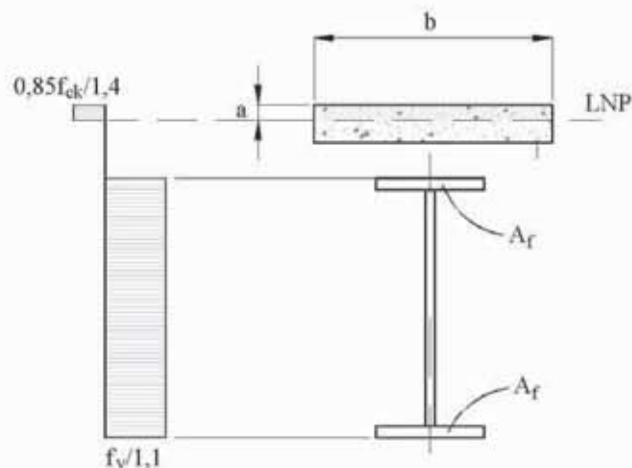


Figura 5.3 – LNP na laje

- Se $R_{cd} < R_{td} \Rightarrow$ LNP corta o perfil; neste caso:

$$\text{se } (A - A_f) \left(\frac{f_y}{1,1} \right) \geq A_f \frac{f_y}{1,1} + \frac{0,85 f_{ck}}{1,4} b t_c$$

LNP corta a alma (Figura 5.4);

$$\text{se } (A - A_f) \left(\frac{f_y}{1,1} \right) < A_f \frac{f_y}{1,1} + \frac{0,85 f_{ck}}{1,4} b t_c$$

LNP corta a mesa superior (Figura 5.5).

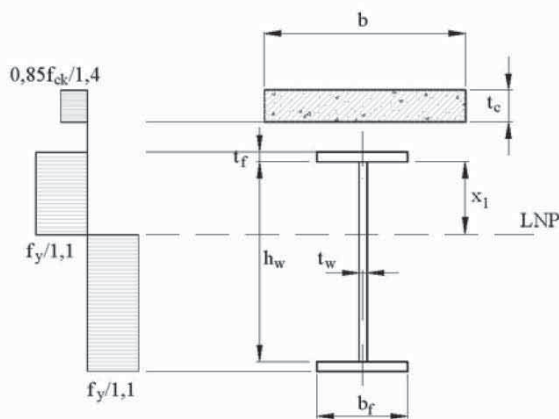


Figura 5.4 – LNP na alma

Por equilíbrio, no caso da figura 5.4:

$$\frac{0,85 f_{ck}}{1,4} b t_c + A_f \frac{f_y}{1,1} + x_1 t_w \frac{f_y}{1,1} = A_f \frac{f_y}{1,1} + (h_w - x_1) t_w \frac{f_y}{1,1} \Rightarrow x_1 =$$

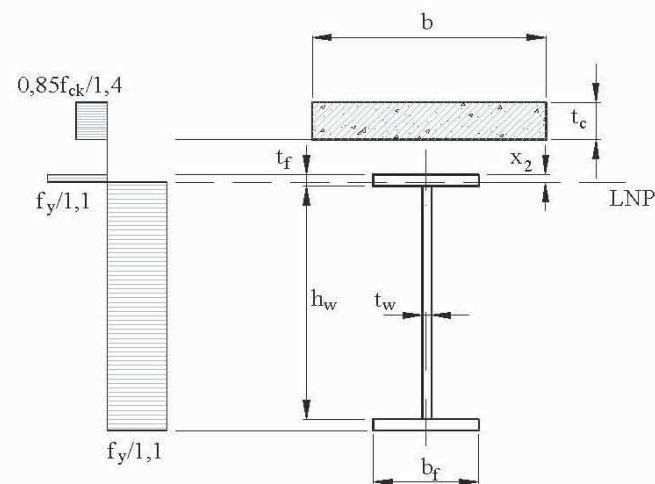


Figura 5.5 – LNP na mesa superior

Por equilíbrio, no caso da figura 5.5:

$$\frac{0,85 f_{ck}}{1,4} b t_c + b_f x_2 \frac{f_y}{1,1} = b_f (t_f - x_2) \frac{f_y}{1,1} + (A - A_f) \frac{f_y}{1,1} \Rightarrow x_2 =$$

Nas expressões anteriores, A_f é a área da mesa; as dimensões b_f , t_f , h_w , t_w são mostradas nas figuras 5.4 e 5.5.

b) Resistência de cálculo da seção à plastificação pelo momento fletor ($M_{pl,Rd}$)

Uma vez locada a LNP, tem-se

$$M_{pl,Rd} = \Sigma (F_{id} y_i), \text{ sendo}$$

F_{id} = força de cálculo no centro do elemento retangular i de aço ou concreto, sujeito a tensão constante, igual à área do elemento multiplicada pela tensão de cálculo aplicável ($f_y/1,1$ para o aço e $0,85 f_{ck}/1,4$ para o concreto comprimido)

y_i = distância de F_{id} até a LNP.

5.2.4.3 Interação parcial

Para interação parcial, a força de cálculo que passa da laje para o perfil é $C_{cd} = \Sigma Q_{Rd}$, conforme item 5.2.2.

a) Posições das linhas neutras plásticas

Há 2 linhas neutras plásticas, uma na laje e outra no perfil, porque C_{cd} é inferior a R_{cd} e R_{td} (Figura 5.6).

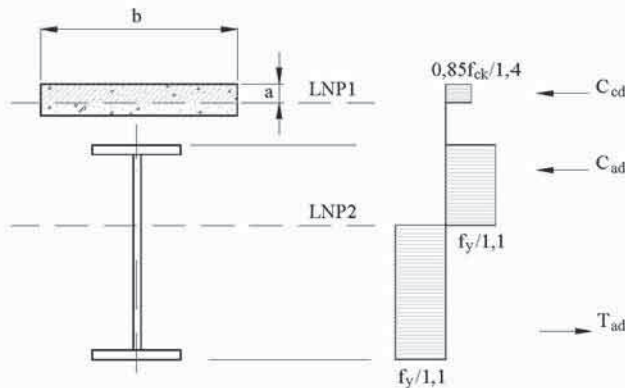


Figura 5.6 – Interação parcial

A posição da linha neutra plástica situada na laje (LNP1) é dada por:

$$a = \frac{C_{cd}}{\frac{0,85f_{ck}b}{1,4}}$$

A posição da linha neutra plástica situada no perfil (LNP2) é determinada como a seguir:

$$\text{se } (A - A_f) \frac{f_y}{1,1} \geq A_f \frac{f_y}{1,1} + C_{cd} \Rightarrow$$

LNP2 corta a alma (Figura 5.6)

Por equilíbrio:

$$C_{cd} + A_f \frac{f_y}{1,1} + x_1 t_w \frac{f_y}{1,1} = A_f \frac{f_y}{1,1} + (h_w - x_1) t_w \frac{f_y}{1,1} \Rightarrow x_1 =$$

$$\text{se } (A - A_f) \frac{f_y}{1,1} < A_f \frac{f_y}{1,1} + C_{cd} \Rightarrow$$

LNP2 corta a mesa superior

Por equilíbrio:

$$C_{cd} + b_f x_2 \frac{f_y}{1,1} = b_f (t_f - x_2) \frac{f_y}{1,1} + (A - A_f) \frac{f_y}{1,1} \Rightarrow x_2 =$$

Nas expressões anteriores, A_f é a área da mesa; as dimensões b_f , t_f , h_w , t_w , x_1 , x_2 são mostradas nas figuras 5.4 e 5.5.

b) Resistência de cálculo da seção à plastificação pelo momento fletor ($M_{pl,Rd}$)

Uma vez localizadas as linhas neutras plásticas, tem-se

$$M_{pl,Rd} = \Sigma(F_{id}y_i), \text{ sendo:}$$

F_{id} = força de cálculo no centro do elemento retangular i de aço ou concreto, sujeito a tensão constante, igual à área do elemento multiplicada pela tensão de cálculo aplicável ($f_y/1,1$ para o aço e $0,85f_{ck}/1,4$ para o concreto comprimido)

y_i = distância de F_{id} até a LNP2.

5.3 - Propriedades principais da viga mista - região de momento fletor negativo (laje tracionada)

5.3.1 Seção da viga mista

No caso da região de momento negativo, a viga deve ter continuidade sobre o apoio, proporcionada por uma ligação mista de resistência parcial (capítulo 6). A seção resistente a momento negativo da viga mista, a uma certa distância da extremidade (aproximadamente igual à altura total da viga mista), é formada pela seção do perfil de aço e pela armadura longitudinal situada dentro da largura efetiva da laje. Na seção extrema considera-se, simplificada, que a seção seja formada apenas pela mesa inferior da viga e por essa armadura longitudinal (como para a ligação mista).

5.3.2 Largura efetiva da laje

A largura b da laje sobre um apoio intermediário da viga mista, dentro da qual a armadura longitudinal pode ser considerada como parte da seção da viga mista, é igual à soma das larguras à esquerda e à direita da linha de centro da seção, cada uma delas sendo toma-

da como o menor dos três valores a seguir:

- a) 1/8 do comprimento de referência L_c (igual a 1/4 da soma dos vãos adjacentes ao apoio considerado);
- b) metade da distância do centro da viga analisada até o centro da viga paralela adjacente, situada no lado considerado (esquerdo ou direito);
- c) distância do centro da viga analisada até a borda da laje, quando não houver viga adjacente no lado considerado.

5.3.3 Interação completa e interação parcial

Na região de momento negativo só é permitida a interação completa, ou seja, a resistência de cálculo dos conectores situados entre a seção de maior momento negativo (extremidade da viga) e a seção de momento nulo deve ser igual ou superior à resistência de cálculo da armadura longitudinal que faz parte da seção mista (para mais detalhes ver o Capítulo 6 - Ligações Mistas). Assim, deve-se ter:

$$\Sigma Q_{Rd} \geq T_{ds}, \text{ onde}$$

ΣQ_{Rd} é a soma das resistências de cálculo dos conectores situados entre a seção de maior momento negativo e a seção de momento nulo (para Q_{Rd} ver Capítulo 2)

$$T_{ds} = \frac{A_{sl} f_{ys}}{1,15}$$

A_{sl} é a área da armadura longitudinal que faz parte da seção mista;

f_{ys} é a resistência ao escoamento do aço da armadura longitudinal.

5.3.4 Determinação de propriedades elásticas

5.3.4.1 Ligação mista

Considera-se a relação linear C entre momento e rotação da ligação mista, dada no item 6.2.4 do capítulo 6, desde que atendidas as exigências do item 6.1 daquele capítulo.

5.3.4.2 Seção transversal na região de momento negativo

Para determinar o momento de inércia da seção na região de momento negativo, pode-se utilizar a tabela 5.2.

Na Figura 5.7 mostram-se os significados dos termos.

Tabela 5.2 – Propriedades elásticas - região de momento negativo

| Elemento | A_i | y_i | $A_i y_i$ | $A_i y_i^2$ | I_o |
|----------|----------|-----------|-----------|-------------|-------|
| Armadura | A_{sl} | $y + d/2$ | calcular | calcular | 0 |
| Perfil | A | 0 | 0 | 0 | I_x |
| Σ | calcular | - | calcular | calcular | I_x |

Nota: y_i é a distância do cg do elemento ao eixo x-x do perfil

Posição da linha neutra elástica LNE (acima do eixo x-x do perfil)

$$y_0 = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i}$$

Momento de inércia da seção mista

$$I_{neg} = \sum A_i y_i^2 + I_x - (\sum A_i) y_0^2$$

Módulo resistente elástico inferior da seção mista

$$W_{neg} = \frac{I_{neg}}{y_0 + \frac{d}{2}}$$

5.3.5 Determinação da resistência de cálculo da seção à plastificação pelo momento fletor

5.3.5.1 Relações largura/espessura para que possa ser atingido o momento de plastificação total da seção

a) Mesa comprimida

$$\frac{b_f}{t_f} \leq 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

b) Alma

$$\frac{2h_{wc}}{t_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

h_{wc} é a altura da zona comprimida da alma na seção formada pelo perfil de aço e pela armadura longitudinal, plastificada pelo momento fletor (Figura 5.7).

5.3.5.2 Ligação mista

A resistência de cálculo M_{Rd}^* da ligação mista é dada no capítulo 6.

5.3.5.3 Seção transversal na região de momento negativo

a) Posição da linha neutra plástica (LNP)

$$\text{se } (A - A_f) \frac{f_y}{1,1} \geq A_f \frac{f_y}{1,1} + T_{ds} \Rightarrow$$

LNP corta a alma (Figura 5.7)

Por equilíbrio (notar que $h_{wc} = h_w - x_1$):

$$T_{ds} + A_f \frac{f_y}{1,1} + x_1 t_w \frac{f_y}{1,1} = A_f \frac{f_y}{1,1} + h_{wc} t_w \frac{f_y}{1,1} \Rightarrow x_1 =$$

$$\text{se } (A - A_f) \frac{f_y}{1,1} < A_f \frac{f_y}{1,1} + T_{ds} \Rightarrow$$

LNP corta a mesa superior

Por equilíbrio (notar que $h_{wc} = h_w$):

$$T_{ds} + b_f x_2 \frac{f_y}{1,1} = (t_f - x_2) b_f \frac{f_y}{1,1} + h_w t_w \frac{f_y}{1,1} + A_f \frac{f_y}{1,1} \Rightarrow x_2 =$$

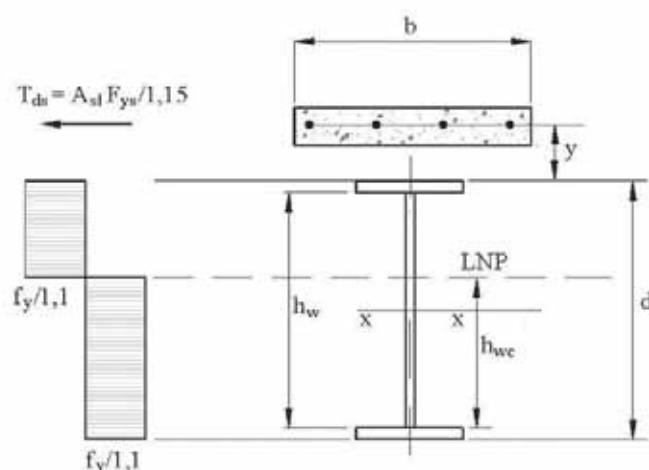


Figura 5.7 – LNP na alma

Nas expressões anteriores, A_f é a área da mesa; as dimensões b_f , t_f , t_w , x_1 , x_2 são mostradas nas figuras 5.4 e 5.5.

b) Resistência de cálculo da seção à plastificação pelo momento fletor (M_{Rd})

Uma vez locada a linha neutra plástica, tem-se

$$M_{Rd} = \sum (F_{id} y_i), \text{ sendo:}$$

F_{id} = força de cálculo no centro do elemento i (armadura longitudinal ou retângulo de aço), sujeito a tensão constante, igual à área do elemento multiplicada pela tensão de cálculo aplicável ($f_y/1,1$ para o perfil de aço e $f_{ys}/1,15$ para a armadura longitudinal);

y_i = distância de F_{id} até a LNP.

5.4 - Dimensionamento de vigas mistas que atendem as exigências do item 5.3.5.1 (5.2.4.1 para vigas biapoiadas)

5.4.1 Estados limites últimos (ELU)

As solicitações de cálculo não podem superar as resistências de cálculo correspondentes, considerando-se os estados limites últimos dados nos itens 5.4.1.1 e 5.4.1.2.

5.4.1.1 Falha do perfil de aço sujeito às ações de cálculo aplicadas antes da cura do concreto.

Devem ser verificados os seguintes estados limites associados ao momento fletor (NBR 8800 – item 5.4.2), considerando-se, simplificada, o perfil como biapoiado (mesmo para viga mista semicontínua):

- flambagem local da mesa (FLM)
- flambagem lateral com torção (FLT)

5.4.1.2 Falha da viga mista sujeita a todas as ações de cálculo (aplicadas antes e depois da cura do concreto).

Devem ser verificados os estados limites a seguir.

a) Falha devida à plastificação da seção pelo momento fletor na região de momento positivo

O momento fletor solicitante de cálculo M_{Sd} deve ser igual ou inferior a $\beta_{vm} M_{pl,Rd}$ sendo $M_{pl,Rd}$ o momento fletor resistente de cálculo determinado como no item 5.2.4 e β_{vm} um coeficiente que leva em conta o grau de plastificação da seção. Para vigas semicontínuas β_{vm} é tomado usualmente entre 0,85 e 0,95. Para vigas biapoiadas pode-se tomar $\beta_{vm} = 1$.

Nota - Caso a resistência de cálculo de uma viga semicontínua à flambagem por distorção (ver item 5.4.1.2-e), dividida por 1,55 (coeficiente de ajustamento), resulte em valor igual ou superior às resistências de cálculo M_{Rde}^- (extremidade esquerda do tramo) e M_{Rdd}^- (extremidade direita do tramo) das ligações mistas, o momento M_{Sd} pode ser determinado por análise rígido-plástica (M_{Rde}^- e M_{Rdd}^- em valor absoluto):

$$M_{Sd} = M_{Sd,q} - M_{Rde}^- \frac{L-x}{L} - M_{Rdd}^- \frac{x}{L} \quad \text{sendo:}$$

M_{Sd} = maior momento fletor de cálculo – deve-se determinar a abscissa x , a partir do apoio esquerdo, da seção onde ocorre M_{Sd} ;

$M_{Sd,q}$ = momento fletor de cálculo na seção de abscissa x , considerando-se o tramo como biapoiado;

L = comprimento do tramo analisado.

b) Falha devida à flambagem ou plastificação da alma do perfil de aço pela força cortante

A verificação é feita da mesma forma aplicável a vigas de aço (item 5.4.3 da NBR 8800).

Nota - Caso a resistência de cálculo de uma viga semicontínua à flambagem por distorção (ver item 5.4.1.2-e), dividida por 1,55 (coeficiente de ajustamento), resulte em valor igual ou superior às resistências de cálculo M_{Rde}^- (extremidade esquerda) e M_{Rdd}^- (extremidade direita) das ligações mistas, a força cortante de cálculo V_{Sd} pode ser determinada por análise rígido-plástica (M_{Rde}^- e M_{Rdd}^- em valor absoluto):

$$V_{Sd} = V_{Sd,q} + \frac{M_{Rde}^- - M_{Rdd}^-}{L}$$

respeitada a convenção usual de sinais da força cortante, sendo:

V_{Sd} = força cortante de cálculo – ocorre em uma das extremidades do tramo analisado;

$V_{Sd,q}$ = força cortante de cálculo na extremidade onde ocorre V_{Sd} , considerando-se o tramo como biapoiado;

L = comprimento do tramo analisado.

c) Falha dos conectores de cisalhamento entre uma seção de momento nulo e uma seção com carga concentrada

Na região de momento positivo, deve ser verificada a soma das resistências de cálculo dos conectores situados entre uma seção S_1 de momento nulo e uma seção S_2 com carga concentrada, ambas do mesmo lado da seção onde ocorre o maior momento de cálculo M_{Sd} . Deve-se ter (Figura 5.8):

$$(\sum Q_{Rd})_{(região A)} \geq \frac{M_{PSd} - M_{aRd}}{M_{Sd} - M_{aRd}} (\sum Q_{Rd})_{(regiões A e B)}$$

sendo:

M_{aRd} o momento fletor resistente de cálculo do perfil de aço isolado, considerando-se apenas o estado limite FLA (no caso em questão $M_{aRd} = M_{apl,Rd}$);

M_{PSd} o momento fletor atuante de cálculo na seção S_2 .

Para atender a condição anterior, conectores situados na região B podem ser transferidos para a região A, somente até se obter a resistência necessária, desde que não se reduza o valor de $(\sum Q_{Rd})_{(regiões A e B)}$

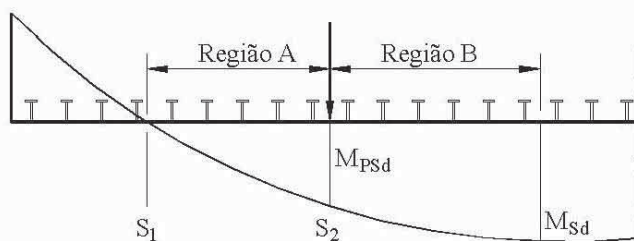


Figura 5.8 – Falha dos conectores adjacentes a uma carga concentrada

d) Ruptura da laje por cisalhamento nas seções longitudinais próximas do perfil de aço

Para evitar que a laje sofra ruptura nas seções longitudinais próximas do perfil de aço, como nos planos do tipo a-a mostrados na figura 5.9, é necessário prever uma armadura transversal à viga, determinada como a seguir.

A força total de cisalhamento de cálculo por unidade de comprimento, no comprimento L_m entre a seção de momento nulo e a seção de máximo momento positivo ou máximo momento negativo, é igual à soma das resistências de cálculo que os conectores devem ter nesse comprimento, dividida por L_m :

$$(V_{Sd})_{total} = \frac{\sum Q_{m,Rd}}{L_m}$$

Essa força é repartida entre os planos longitudinais da laje que ficam à esquerda e à direita do perfil de aço, proporcionalmente às larguras efetivas correspondentes. Pode-se considerar que a força V_{Sd} que atua em um dos planos longitudinais varia linearmente de um valor máximo, na seção longitudinal adjacente ao perfil, até zero, na seção onde termina a largura efetiva.

A resistência de cálculo V_{Rd} por unidade de comprimento, em cada plano de cisalhamento, é dada por:

$$V_{Rd} = \frac{0,6\eta A_{cv} f_{ctk,inf}}{1,4} + \frac{A_s f_{ys}}{1,15} + \frac{A_F f_{yF}}{1,1} \leq \frac{0,2\eta A_{cv} f_{ck}}{1,4} + \frac{0,6A_F f_{yF}}{1,1}$$

onde:

$\eta = 0,3 + 0,7(\rho / 2400)$, sendo ρ a massa específica do concreto, em quilograma por metro cúbico;

$f_{ctk,inf} = 0,21 f_{ck}^{2/3}$, com $f_{ctk,inf}$ e f_{ck} em megapascal.

A_{cv} é a área de cisalhamento do concreto no plano considerado, por unidade de comprimento da viga;

A_F é a área da forma de aço no plano de cisalhamento, por unidade de comprimento da viga, caso a forma seja contínua sobre a viga e as nervuras transversais à viga (nos demais casos, tomar $A_F = 0$);

A_s é a área da armadura transversal cortada pelo plano de cisalhamento, devidamente ancorada

conforme a NBR 6118, por unidade de comprimento da viga (no caso de viga de borda a ancoragem da armadura requer detalhes especiais);

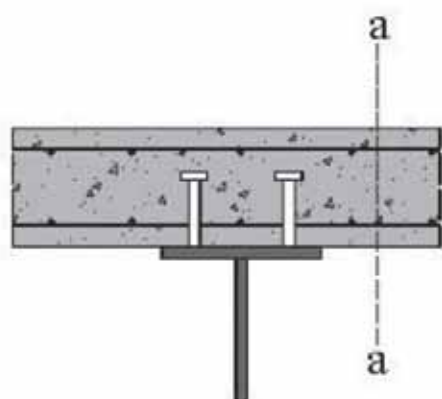
f_{yF} e f_{yS} são as resistências ao escoamento dos aços da forma e da armadura, respectivamente.

Deve-se ter:

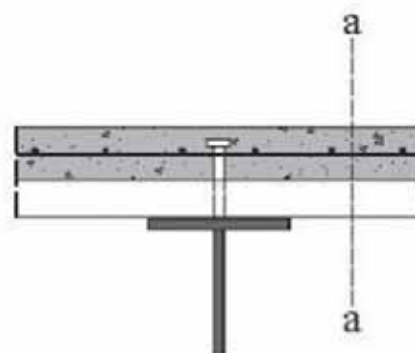
$$V_{sd} \leq V_{Rd} \quad (V_{sd} \text{ e } V_{Rd} \text{ no mesmo plano longitudinal})$$

Em qualquer caso, a área mínima da armadura transversal deve ser de 0,2% da área A_{cv} , exceto quando houver forma contínua sobre a viga com nervuras transversais à viga, quando a área mínima pode ser de 0,1% de A_{cv} . Adicionalmente, deve-se ter $A_s \geq 1,5 \text{ cm}^2/\text{m}$, podendo-se incluir em A_s o valor de A_F para atender essa exigência, desde que a forma seja contínua sobre a viga e as nervuras transversais à viga.

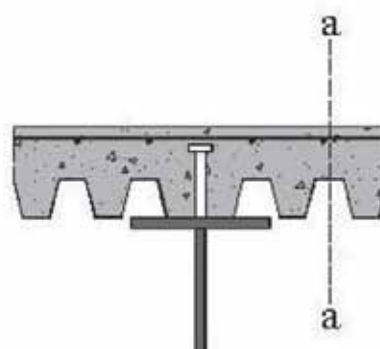
Observação: outras armaduras da laje, transversais à viga e devidamente ancoradas, também podem ser consideradas para evitar o estado limite em epígrafe.



a) Laje maciça



b) Laje com forma de aço com nervuras perpendiculares ao eixo da viga



c) Laje com forma de aço com nervuras paralelas ao eixo da viga

Figura 5.9 – Superfícies típicas de falha por cisalhamento

e) Flambagem com distorção da seção transversal

Na região de momento negativo de uma viga mista pode ocorrer flambagem com distorção da seção transversal, a alma perdendo sua planicidade e a mesa inferior sofrendo deslocamento lateral. O momento fletor resistente de cálculo para este caso é dado por:

$$M_{Rd, dist} = \chi_{dist} M_{Rd}, \text{ onde}$$

M_{Rd} é a resistência de cálculo da seção à plastificação pelo momento fletor, dada em 5.3.5.3;

χ_{dist} é o fator de redução, função do parâmetro de esbeltez λ_{dist} definido a seguir, usando-se a mesma curva das barras sujeitas à compressão (ver item 5.3.3 da NBR 8800).

$$\lambda_{dist} = 5,0 \left(1 + \frac{t_w h_0}{4 b_f t_f} \right) \left[\left(\frac{f_y}{E C_{dist}} \right)^2 \left(\frac{h_0}{t_w} \right)^3 \frac{t_f}{b_f} \right]^{0,25}$$

onde

h_0 é a distância entre centros das mesas do perfil;

C_{dist} é um coeficiente dado nas tabelas O.2 e O.3 da NBR 8800;

demais termos têm seus significados usuais.

f) Falha devida a excesso de rotação nos apoios de vigas semicontínuas

As ligações mistas consideradas neste manual têm resistência de cálculo a momento inferior à resistência das vigas que elas interligam. Assim, durante o processo de redistribuição plástica de momentos em uma análise rígido plástica, a rotação plástica necessária nos apoios ocorre nas ligações e não nas vigas. A capacidade de rotação de uma ligação mista, sem perda de resistência, é dada no Capítulo 6. Essa capacidade não pode ser superada pela rotação plástica necessária definida no item R.4 da NBR 8800.

g) Falha devida a problemas locais na região da ligação

No caso de vigas biapoiadas, utilizam-se ligações metálicas tradicionais, cuja análise foge do escopo deste manual. Para as ligações mistas previstas, ver Capítulo 6.

5.4.2 Estados limites de serviço (ELS)

5.4.2.1 Flecha excessiva

A soma da flecha δ_{pa} do perfil de aço isolado, considerado biapoiado e sujeito à carga permanente nominal aplicada antes da cura, com a flecha δ_{vm} da viga mista sujeita à combinação rara (item 4.7.7.3 da NBR 8800) de ações aplicadas após a cura do concreto, não deve exceder $L/350$, sendo L o vão da viga. Além disso, a parcela δ_{vm} não deve exceder 15 mm, quando houver paredes de alvenaria sobre ou sob o piso analisado.

Na determinação do momento de inércia da viga mista na região de momento positivo (item 5.2.3), deve-se utilizar a razão modular $3 E/E_c$ para calcular a flecha devida às ações permanentes e às ações variáveis de longa duração; para calcular a flecha devida às ações variáveis de curta duração utiliza-se a razão modular E/E_c .

Uma contra flecha de valor máximo igual à soma da flecha δ_{ac} do perfil com a flecha da viga mista devida à carga permanente aplicada após a cura, calculada com razão modular E/E_c (apenas efeito de curta duração), pode ser usada para reduzir a flecha final a ser comparada com $L/350$.

A determinação da flecha pode ser feita considerando regime elástico, desde que a soma das tensões máximas de tração no perfil de aço isolado e na viga mista, determinadas com as mesmas ações e com os mesmos critérios utilizados para as flechas, seja inferior a f_y .

Na análise de vigas mistas semicontínuas, pode-se considerar uma mola rotacional entre um tramo da viga e um suporte intermediário, conforme item 5.3.4.1. O momento de inércia na região de momento negativo deve ser determinado como em 5.3.4.2. O comprimento da região de momento negativo pode ser tomado igual a $0,15L_i$ de cada lado do suporte intermediário, sendo L_i o comprimento do tramo desse lado.

5.4.2.2 Vibrações excessivas

As recomendações aplicáveis encontram-se no Anexo L da NBR 8800.

A seguir apresenta-se uma orientação prática, nem sempre adequada como a própria NBR 8800 alerta.

a) Determinar a flecha da viga mista, considerando-a biapoiada (mesmo que não seja) e sujeita às combinações freqüentes (item 4.7.7.3 da NBR 8800) das ações permanentes (aplicadas antes e após a cura) e variáveis, excluindo a parcela dependente do tempo (usar razão modular E/E_c para determinar o momento de inércia na região de momento positivo);

b) Essa flecha deve ser inferior a:
20 mm – para pisos onde as pessoas apenas caminham;
5 mm – para pisos onde haja atividades rítmicas (dança, ginástica etc.) ou práticas de esportes, muito repetitivas;
9 mm – idem, pouco repetitivas.

5.4.2.3 Fissuração do concreto sobre apoios intermediários de vigas mistas

As recomendações aplicáveis encontram-se no item O.5 da NBR 8800. A seguir apresenta-se um extrato desse item.

a) Vigas mistas biapoiadas

As rotações de apoio das vigas provocam fissuras na laje, uma vez que a mesma é contínua sobre o apoio. Para controle da fissuração, deve-se prever uma armadura longitudinal às vigas, situada dentro da largura efetiva da laje (item 5.3.2) e ancorada conforme prescrições da NBR 6118, com área mínima A_s determinada como a seguir.

$$A_s = \frac{0,72 f_{ct,ef} A_{ct}}{\sigma_{st}},$$

onde

$f_{ct,ef}$ é a resistência média do concreto à tração, podendo ser tomada igual a 3 MPa;

A_{ct} é o produto da largura efetiva da laje por sua espessura total (laje maciça) ou pela espessura acima da forma metálica (laje mista);

σ_{st} é a máxima tensão de tração permitida na armadura, dada por

$$\sigma_{st} = 810 \left(\frac{w_k f_{ck}^3}{\phi} \right)^{0,5} \leq f_{ys}$$

(σ_{st} e f_{ck} em MPa, w_k e ϕ em mm)

ϕ é o diâmetro das barras da armadura longitudinal

w_k é a abertura característica das fissuras, igual a 0,3 mm para agressividade ambiental moderada e 0,2 mm para agressividade ambiental muito forte

b) Vigas mistas semicontínuas

Determina-se a maior tensão de tração σ_{si} nas barras da armadura longitudinal da ligação mista, usando-se combinações freqüentes (item 4.7.7.3 da NBR 8800) das ações aplicadas após a cura. A aplicação de análise elástica deve atender aos critérios descritos no item 5.4.2.1. Em função de σ_{si} determinam-se o diâmetro máximo ϕ_{max} das barras da armadura longitudinal e o espaçamento máximo s_{max} entre elas:

-para $\sigma_{si} = 280$ MPa, $\phi_{max} = 16$ mm e $s_{max} = 150$ mm

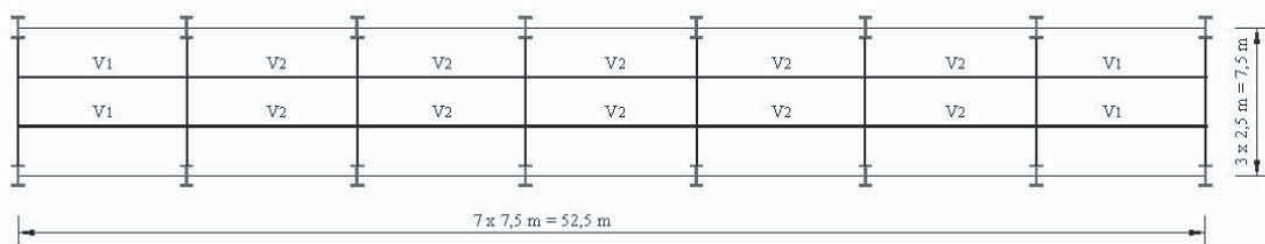
-para $\sigma_{si} = 320$ MPa, $\phi_{max} = 12,5$ mm e $s_{max} = 100$ mm

-para $\sigma_{si} = 360$ MPa, $\phi_{max} = 10$ mm e $s_{max} = 50$ mm

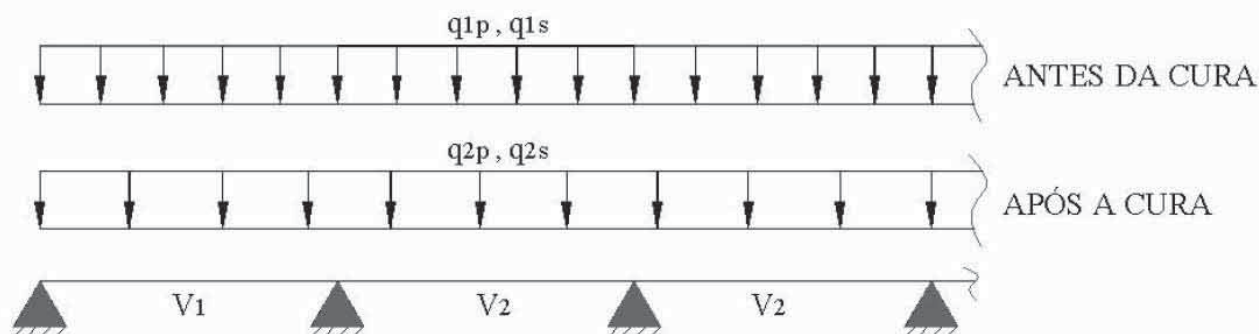
Observação: para informações completas sobre controle de fissuração em todas as direções, ver a NBR 6118.

VIGAS MISTAS - EXEMPLO 1

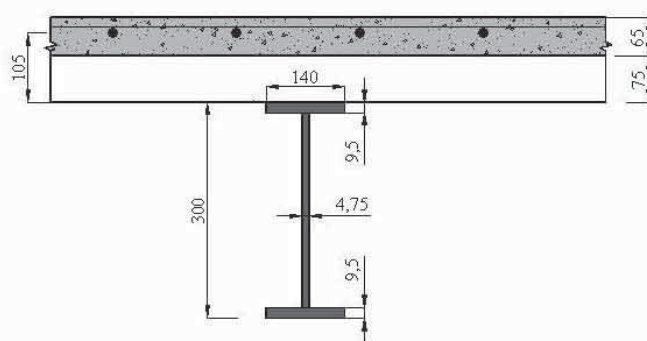
As vigas V_1 e V_2 da Figura 5.10 pertencem a um sistema de piso misto. Nessa mesma figura mostram-se as cargas atuantes nas vigas V_1 e V_2 e a seção transversal dessas vigas.



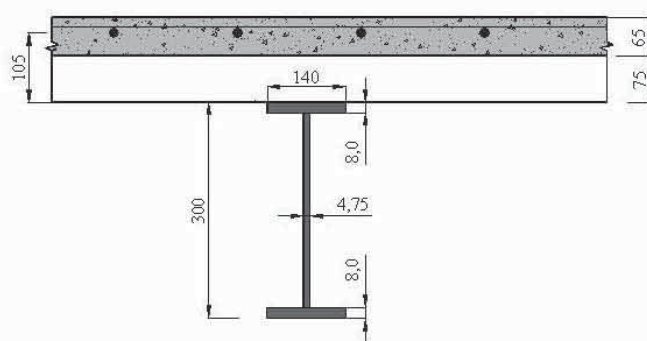
(a)



(b)



Seção A



Seção B

(c)

Figura 5.10 - Piso misto

VIGAS MISTAS - EXEMPLO 1 (Continuação)

Verificar as vigas V_1 e V_2 considerando-as simplesmente apoiadas, com a seção A (Figura 5.10-c). Em seguida verificá-las como semicontínuas, com a seção A para V_1 e a seção B para V_2 (Figura 5.10-c). Considerar interação parcial de 60 %, nas regiões de momento positivo (*mínimo permitido para vão de 7,5 m é de 48%, para perfil duplamente simétrico, conforme item 5.2.2.*).

$$F_y = 350 \text{ MPa}$$

Observação: informações sobre as ligações mistas e determinação de suas propriedades encontram-se no exemplo 1 do capítulo 6.

Dados:

- q_{1p} = carga permanente aplicada antes da cura = $6,25 \text{ kN/m}$;
- q_{1s} = sobrecarga de construção aplicada antes da cura = $2,5 \text{ kN/m}$;
- q_{2p} = carga permanente aplicada depois da cura = $5,0 \text{ kN/m}$;
- q_{2s} = sobrecarga de utilização aplicada depois da cura = $15,0 \text{ kN/m}$;
- construção não-escorada;
- concreto de densidade normal, com $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$;
- aço das vigas com $f_y = 350 \text{ MPa}$ e $f_u = 460 \text{ MPa}$;
- a deformação das vigas principais é desprezável, neste caso;
- forma metálica (ver Capítulo 4), com 75 mm de altura.

Para as vigas semicontínuas prever:

- armadura negativa, dentro da largura efetiva, composta de 4 barras $\phi 12,5 \text{ mm}$, aço CA 50, com $\varepsilon_{su} = 8\%$;
- conectores de cisalhamento de diâmetro 19 mm , com interação total na zona de momento negativo;

SOLUÇÃO

A. VIGAS MISTAS BIAPOIADAS

A.1. Verificação da viga para as cargas antes da cura - considerando-se que a fôrma de aço impeça a flambagem lateral com torção

- Propriedades da seção A de aço:

$$A = 39,95 \text{ cm}^2$$

$$I_a = 6492 \text{ cm}^4$$

$$W_a = 433 \text{ cm}^3$$

$$Z = 480 \text{ cm}^3$$

- Estado limite FLM:

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{140}{2 \times 9,5} = 7,37$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{20000}{35}} = 9,08 > \lambda_f$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{1,1} = \frac{480 \times 35}{1,1} = 15272 \text{ kNcm}$$

- Estado limite FLA:

$$\lambda_w = \frac{h_w}{t_w} = \frac{281}{4,75} = 59,16$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{20000}{35}} = 89,88 > \lambda_w$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{1,1} = \frac{480 \times 35}{1,1} = 15272 \text{ kNcm}$$

Limitação:

$$M_{Rd} \leq \frac{1,5Wf_y}{1,1} = \frac{1,5 \times 433 \times 35}{1,1} = 20666 \text{ kNcm}$$

Finalmente:

$$M_{Rd} = 15272 \text{ kNcm}$$

$$M_{sd} = \frac{(6,25 \times 1,25 + 2,5 \times 1,3)7,5^2}{8} = 77,78 \text{ kNm} = 7778 \text{ kNcm} < M_{Rd}$$

→ a viga é adequada para as cargas aplicadas antes da cura

A.2. Verificação da viga mista

A.2.1. Cálculo da largura efetiva - viga interna simplesmente apoiada

$$b = \text{menor entre} \left(2500 ; \frac{7500}{4} \right) = 1875 \text{ mm}$$

Como $\lambda_w < \lambda_p$, pode-se utilizar-se distribuição plástica de tensões na seção mista.

A.2.2. Resistência de cálculo ao momento fletor

- Número de conectores

F_{hRd} é o menor valor dentre:

$$R_{cd} = \frac{0,85 f_{ck} b t_c}{1,4} = \frac{0,85 \times 2,0 \times 187,5 \times 6,5}{1,4} = 1480 \text{ kN}$$

$$R_{td} = \frac{A f_y}{1,1} = \frac{39,95 \times 35}{1,1} = 1271 \text{ kN}$$

$$\rightarrow F_{hRd} = 1271 \text{ kN}$$

Para interação parcial de 60%:

$$\Sigma Q_{Rd} = 0,60 \times 1271 = 763 \text{ kN}$$

Considerando-se um conector por nervura, na posição de maior resistência, obtém-se $R_g = 1$ e $R_p = 0,75$ para a forma em questão (capítulo 2), donde:

$$Q_{Rd} = 70,7 \text{ kN (capítulo 2)}$$

O número de conectores entre o apoio e a seção de maior momento positivo (centro do vão, neste caso) deve ser, então:

$$n = \frac{763}{70,7} = 10,79 \rightarrow 11 \text{ conectores (total de 22 conectores)}$$

$$C_{cd} = 11 \times 70,7 = 778 \text{ kN}$$

A quantidade de nervuras da forma na metade do vão é:

$$\frac{7500}{\frac{2}{274}} = 13,7 > 11 \quad OK$$

- Posições das linhas neutras plásticas

Linha neutra plástica situada na laje (LNP1):

$$a = \frac{C_{cd}}{0,85 f_{ck} b} = \frac{778}{0,85 \times 2 \times 187,5} = 3,42 \text{ cm}$$

Linha neutra plástica situada no perfil (LNP2):

$$A_f = 14 \times 0,95 = 13,30 \text{ cm}^2$$

$$(A - A_f) \frac{f_y}{1,1} = (39,95 - 13,30) \frac{35}{1,1} = 848 \text{ kN}$$

$$A_f \frac{f_y}{1,1} + C_{cd} = 13,30 \frac{35}{1,1} + 778 = 1201 \text{ kN} > 848 \text{ kN}$$

- LNP2 corta a mesa superior

Por equilíbrio:

$$C_{cd} + b_f x_2 \frac{f_y}{1,1} = b_f (t_f - x_2) \frac{f_y}{1,1} + (A - A_f) \frac{f_y}{1,1}$$

$$778 + 14 x_2 \frac{35}{1,1} = 14(0,95 - x_2) \frac{35}{1,1} + (39,95 - 13,30) \frac{35}{1,1}$$

$$\Rightarrow x_2 = 0,554 \text{ cm}$$

- Resistência de cálculo da seção à plastificação pelo momento fletor (M_{Rd})

$$M_{Rd} = \sum (F_{id} y_i)$$

$$M_{Rd} = 778 \times 12,844 +$$

$$\left[14 \left(\frac{0,554^2}{2} + \frac{0,396^2}{2} \right) + 28,1 \times 0,475 \times 14,446 + 14 \times 0,95 \times 28,971 \right] \frac{35}{1,1}$$

$$M_{Rd} = 28491 \text{ kNcm}$$

- Momento fletor solicitante de cálculo

$$M_{sd} = \left[(6,25 \times 1,35 + 5,0 \times 1,5) + 15,0 \times 1,5 \right] \frac{7,5^2}{8} =$$

$$270,26 \text{ kN.m} = 27026 \text{ kNcm} < M_{Rd}$$

⇒ viga mista com interação parcial de 60% é adequada.

A.3. Resistência de cálculo a força cortante

$$q_d = 6,25 \times 1,35 + 5,0 \times 1,5 + 15 \times 1,5 = 38,4 \text{ kN/m}$$

$$\rightarrow V_{sd,q} = \pm 38,4 \times 3,75 = \pm 144,0 \text{ kN (positiva à esquerda e negativa à direita)}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{281}{4,75} = 59,2 \cong \lambda_p = 1,1 \sqrt{\frac{k_y E}{f_y}} = 58,8$$

$$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}} = \frac{0,6 \times 35 \times 0,475 \times 28,1}{1,1} =$$

$$254,8 \text{ kN} > 144,0 \text{ kN} \quad OK$$

A.4. Verificação da tensão de serviço na mesa inferior (combinação rara de ações)

$$\frac{M_{e'}}{W_a} + \frac{M_l}{W_{ef}} \leq f_y$$

$$M_{e'} = \frac{100 \times 6,25 \times 7,5^2}{8} = 4395 \text{ kNcm}$$

$$M_l = \frac{100(5,0 + 15)7,5^2}{8} = 14063 \text{ kNcm}$$

$$(3515 \text{ kNcm devidos à CP e } 10548 \text{ kNcm à SC})$$

$$\text{Para a seção A: } W_a = 433 \text{ cm}^3$$

- Propriedades elásticas da seção transformada

a) ações de curta duração

$$E_{cr} = E_c = 4760 \sqrt{f_{ck}} = 21290 \text{ MPa}$$

Razão modular:

$$\frac{200000}{21290} = 9,39$$

Largura transformada:

$$b_{tr} = \frac{187,5}{9,39} = 19,97 \text{ cm}$$

$$w = \frac{d}{2} + h_F + t_c = \frac{30}{2} + 7,5 + 6,5 = 29,0 \text{ cm}$$

$$a = \frac{\sqrt{A^2 + 2b_{tr}Aw} - A}{b_{tr}} =$$

$$\frac{\sqrt{39,95^2 + 2 \times 19,97 \times 39,95 \times 29,0} - 39,95}{19,97} = 9,0 \text{ cm} > t_c$$

$$\text{- Área transformada: } 19,97 \times 6,5 = 129,8 \text{ cm}^2$$

A determinação das propriedades é feita usando-se a tabela 5.3

Tabela 5.3 - Propriedades elásticas da seção transformada - viga biapoiada - ações de curta duração

| | A cm ² | y cm | A · y cm ³ | A · y ² cm ⁴ | I _{ox} cm ⁴ |
|--------|----------------------|---------|--------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| Laje | 129,8 | 25,75 | 3342 | 86066 | 457 |
| Perfil | 39,95 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6492 |
| Total | 169,75 | - | 3342 | 86066 | 6949 |

Distância da linha neutra elástica da viga mista ao CG do perfil

$$y_e = \frac{3342}{169,75} = 19,69 \text{ cm}$$

$$I_{tr} = 86066 + 6949 - 169,75 \times 19,69^2 = 27204 \text{ cm}^4$$

$$I_{ef} = I_a + (I_{tr} - I_a) \sqrt{\eta_i} =$$

$$6492 + (27204 - 6492) \sqrt{\frac{778}{1271}} = 22697 \text{ cm}^4$$

$$W_{tr} = \frac{27204}{(19,69 + 15,0)} = 784 \text{ cm}^3$$

$$W_{ef} = W_a + (W_{tr} - W_a) \sqrt{\eta_i} =$$

$$433 + (784 - 433) \sqrt{\frac{778}{1271}} = 708 \text{ cm}^3$$

b) ações de longa duração

$$E_{cr} = \frac{E_c}{3} = \frac{21290}{3} = 7097 \text{ MPa}$$

Razão modular:

$$\frac{200000}{7097} = 28,2$$

Largura transformada:

$$b_{tr} = \frac{187,5}{28,2} = 6,65 \text{ cm}$$

$$a = \frac{\sqrt{A^2 + 2b_{tr}Aw} - A}{b_{tr}} =$$

$$\frac{\sqrt{39,95^2 + 2 \times 6,65 \times 39,95 \times 29,0} - 39,95}{6,65} = 13,6 \text{ cm} > t_c$$

- Área transformada: $6,65 \times 6,5 = 43,23 \text{ cm}^2$

A determinação das propriedades é feita usando-se a tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Propriedades elásticas da seção transformada - viga biapoiada - ações de longa duração

| | A cm ² | y cm | A y cm ³ | A y ² cm ⁴ | I _{0x} cm ⁴ |
|--------|----------------------|---------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Laje | 43,23 | 25,75 | 1113 | 28664 | 152 |
| Perfil | 39,95 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6492 |
| Total | 83,18 | - | 1113 | 28664 | 6644 |

Distância da linha neutra elástica da viga mista ao CG do perfil:

$$y_g = \frac{1113}{83,18} = 13,38 \text{ cm}$$

$$I_{tr} = 28664 + 6644 - 83,18 \times 13,38^2 = 20417 \text{ cm}^4$$

$$I_{ef} = I_a + (I_{tr} - I_a) \sqrt{\eta_i} =$$

$$6492 + (20417 - 6492) \sqrt{\frac{778}{1271}} = 17387 \text{ cm}^4$$

$$W_{tr} = \frac{20417}{(13,38 + 15,0)} = 719 \text{ cm}^3$$

$$W_{ef} = W_a + (W_{tr} - W_a) \sqrt{\eta_i} =$$

$$433 + (719 - 433) \sqrt{\frac{778}{1271}} = 657 \text{ cm}^3$$

- tensão de serviço na mesa inferior

$$\frac{4395}{433} + \frac{10548}{708} + \frac{3515}{657} =$$

$$30,4 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 35,0 \text{ kN} / \text{cm}^2 \quad \text{OK}$$

A.5. Estado limite de deslocamento excessivo (combinação rara de ações)

$$\delta = \frac{5qL^4}{384EI}$$

$$I_a = 6492 \text{ cm}^4$$

$$I_{ef} = 22697 \text{ cm}^4 \text{ (ações de curta duração)}$$

$$I_{ef} = 17387 \text{ cm}^4 \text{ (ações de longa duração)}$$

- Cálculo da flecha antes da cura - só carga permanente

$$\delta_{ac} = \frac{5 \times 0,0625 \times 750^4}{384 \times 20000 \times 6492} = 1,98 \text{ cm}$$

- Cálculo da flecha depois da cura - ações de longa duração

$$\delta_{dp} = \frac{5 \times 0,05 \times 750^4}{384 \times 20000 \times 17387} = 0,59 \text{ cm}$$

- Cálculo da flecha depois da cura - (ações de curta duração)

$$\delta_{ds} = \frac{5 \times 0,15 \times 750^4}{384 \times 20000 \times 22697} = 1,36 \text{ cm}$$

- Verificação

$$1,98 + 0,59 + 1,36 = 3,93 \text{ cm} > L/350 = 750/350 = 2,14 \text{ cm}$$

aplicar contra flecha igual ou superior à flecha antes da cura

$$0,59 + 1,36 = 1,95 \text{ cm} = L/384 < L/350 \quad \text{OK}$$

A.6. Armadura necessária para o controle de fissuração nos apoios internos das vigas V_1 e V_2

(Serão consideradas barras com diâmetro $d = 12,5 \text{ mm}$)

- Cálculo da armadura mínima para controle de fissuração

$$A_s = \frac{0,72 f_{ct,ef} A_{ct}}{\sigma_{st}}$$

Será considerada uma largura efetiva igual à usada para a região de momento negativo sobre o apoio:

$$b_{ef} = \frac{L}{8} = \frac{750}{8} = 93,75 \text{ cm}$$

$$A_{ct} = 93,75 \times 6,5 = 609,38 \text{ cm}^2$$

$$f_{ct,ef} = 3,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{st} = 810 \sqrt{\frac{w_k \sqrt[3]{f_{ck}^2}}{\phi}} \leq f_{ys}$$

Considerando agressividade moderada:
 $w_k = 0,3 \text{ mm}$

$$\sigma_{st} = 810 \sqrt{\frac{0,3 \sqrt[3]{20^2}}{12,5}} = 341 \text{ MPa} < f_{ys} = 500 \text{ MPa}$$

$$A_s = \frac{0,72 \times 3 \times 609,38}{341} = 3,86 \text{ cm}^2$$

prever 4 barras de $12,5 \text{ mm}$ c/ 200 mm - $A_s = 4,91 \text{ cm}^2$

B. VIGAS MISTAS SEMICONTÍNUAS

B.1. Verificação das vigas para as cargas antes da cura (biapoiadas) - considerando-se que a fôrma de aço impeça a flambagem lateral com torção

Viga V_1 (Seção A): já verificada no item A.1

Viga V_2 (Seção B)

- Propriedades da seção B de aço:

$$A = 35,89 \text{ cm}^2$$

$$I_a = 5683 \text{ cm}^4$$

$$W_a = 379 \text{ cm}^3$$

$$Z = 423 \text{ cm}^3$$

- Estado limite FLM:

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{140}{2 \times 8,0} = 8,75$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{20000}{35}} = 9,08 > \lambda_f$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{1,1} = \frac{423 \times 35}{1,1} = 13459 \text{ kNcm}$$

- Estado limite FLA:

$$\lambda_w = \frac{h_w}{t_w} = \frac{284}{4,75} = 59,79$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{20000}{35}} = 89,88 > \lambda_w$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{1,1} = \frac{423 \times 35}{1,1} = 13459 \text{ kNcm}$$

- Limitação:

$$M_{Rd} \leq \frac{1,5 W f_y}{1,1} = \frac{1,5 \times 379 \times 35}{1,1} = 18089 \text{ kNcm}$$

- Finalmente

$$M_{Rd} = 13459 \text{ kNcm}$$

$$M_{zd} = \frac{(6,25 \times 1,25 + 2,5 \times 1,3)7,5^2}{8} =$$

$$77,78 \text{ kNm} = 7778 \text{ kNcm} < M_{Rd}$$

→ a viga é adequada para as cargas aplicadas antes da cura

B.2. Classe da seção para viga mista sujeita a momento negativo

Viga V₁ (Seção A):

- mesas

$$\lambda_f = 7,37 < \lambda_p = 9,08$$

- alma

$$(A - A_f) \frac{f_y}{1,1} = 848 \text{ kN}$$

$$A_{st} = 4,91 \text{ cm}^2 \text{ (área da armadura - } 4\phi 12,5)$$

$$T_{ds} = \frac{A_{st} f_{ys}}{1,15} = \frac{4,91 \times 50}{1,15} = 213 \text{ kN}$$

$$A_f \frac{f_y}{1,1} + T_{ds} = 13,3 \frac{35}{1,1} + 213 = 636 \text{ kN} < 848 \text{ kN}$$

→ LNP corta a alma

Por equilíbrio:

$$T_{ds} + A_f \frac{f_y}{1,1} + x_1 t_w \frac{f_y}{1,1} = A_f \frac{f_y}{1,1} + h_{wc} t_w \frac{f_y}{1,1}$$

$$213 + 0,475 x_1 \frac{35}{1,1} = (28,1 - x_1) 0,475 \frac{35}{1,1}$$

$$\rightarrow x_1 = 7,0 \text{ cm} ; h_{wc} = 28,1 - 7,0 = 21,1 \text{ cm}$$

$$\frac{2h_{wc}}{t_w} = \frac{2 \times 21,1}{0,475} = 88,8 < \lambda_p = 89,88$$

→ a seção mista atende às exigências do item 5.3.5.1

Viga V₂ (Seção B):

- mesas

$$\lambda_f = 8,75 < \lambda_p = 9,08$$

- alma

$$(A - A_f) \frac{f_y}{1,1} = 786 \text{ kN}$$

$$A_{st} = 4,91 \text{ cm}^2 \text{ (área da armadura - } 4\phi 12,5)$$

$$T_{ds} = \frac{A_{st} f_{ys}}{1,15} = \frac{4,91 \times 50}{1,15} = 213 \text{ kN}$$

$$A_f \frac{f_y}{1,1} + T_{ds} = 11,2 \frac{35}{1,1} + 213 = 569 \text{ kN} < 786 \text{ kN}$$

→ LNP corta a alma

Por equilíbrio:

$$T_{ds} + A_f \frac{f_y}{1,1} + x_1 t_w \frac{f_y}{1,1} = A_f \frac{f_y}{1,1} + h_{wc} t_w \frac{f_y}{1,1}$$

$$213 + 0,475 x_1 \frac{35}{1,1} = (28,4 - x_1) 0,475 \frac{35}{1,1}$$

$$\rightarrow x_1 = 7,1 \text{ cm} ; h_{wc} = 28,4 - 7,1 = 21,3 \text{ cm}$$

$$\frac{2h_{wc}}{t_w} = \frac{2 \times 21,3}{0,475} = 89,7 < \lambda_p = 89,88$$

→ a seção mista atende às exigências do item 5.3.5.1.

B.3. Larguras efetivas da laje

- Região de momento positivo

Viga V₁ (Seção A):

$$\frac{2 \times 0,8 \times 750}{8} = 150 \text{ cm} < 250 \text{ cm}$$

Viga V_2 (Seção B):

$$\frac{2 \times 0,7 \times 750}{8} = 131,3 \text{ cm} < 250 \text{ cm}$$

- Região de momento negativo

$$2 \frac{2 \times 750}{8} = 93,75 \text{ cm}$$

B.4. Resistências de cálculo

Viga V_1 (Seção A), região de momento positivo

F_{hRd} é o menor valor dentre:

$$R_{cd} = \frac{0,85 f_{ck} b t_c}{1,4} = \frac{0,85 \times 2,0 \times 150 \times 6,5}{1,4} = 1184 \text{ kN}$$

$$R_{td} = \frac{A f_y}{1,1} = \frac{39,95 \times 35}{1,1} = 1271 \text{ kN}$$

$$\rightarrow F_{hRd} = 1184 \text{ kN}$$

Para interação parcial de 60%:

$$\Sigma Q_{Rd} = 0,60 \times 1184 = 710 \text{ kN}$$

Considerando-se um conector por nervura, na posição de maior resistência, obtém-se $R_g = 1$ e $R_p = 0,75$ para a forma em questão (capítulo 2), donde:

$$Q_{Rd} = 70,7 \text{ kN (capítulo 2)}$$

O número de conectores entre a seção de momento nulo e a seção de maior momento positivo deve ser, então:

$$n = \frac{710}{70,7} = 10,04 \rightarrow 10 \text{ conectores}$$

(total de 20 conectores)

$$C_{cd} = 10 \times 70,7 = 707 \text{ kN}$$

A quantidade de nervuras da forma na região de momento positivo é dada aproximadamente por:

$$\frac{7500(1 - 0,15)}{274} = 23,3 > 20$$

(tomando 15% do vão para a região de momento negativo) OK

- Posições das linhas neutras plásticas

Linha neutra plástica situada na laje (LNP1):

$$a = \frac{C_{cd}}{0,85 f_{ck} b} = \frac{707}{0,85 \times 2 \times 150,0} = 3,88 \text{ cm}$$

Linha neutra plástica situada no perfil (LNP2):

$$A_f = 14 \times 0,95 = 13,30 \text{ cm}^2$$

$$(A - A_f) \frac{f_y}{1,1} = (39,95 - 13,30) \frac{35}{1,1} = 848 \text{ kN}$$

$$A_f \frac{f_y}{1,1} + C_{cd} = 13,30 \frac{35}{1,1} + 707 = 1130 \text{ kN} > 848 \text{ kN}$$

\Rightarrow LNP2 corta a mesa superior

Por equilíbrio:

$$C_{cd} + b_f x_2 \frac{f_y}{1,1} = b_f (t_f - x_2) \frac{f_y}{1,1} + (A - A_f) \frac{f_y}{1,1}$$

$$707 + 14 x_2 \frac{35}{1,1} = 14(0,95 - x_2) \frac{35}{1,1} + (39,95 - 13,30) \frac{35}{1,1}$$

$$\Rightarrow x_2 = 0,633 \text{ cm}$$

- Resistência de cálculo da seção à plastificação pelo momento fletor (M_{Rd})

$$M_{Rd} = \sum (F_{id} y_i)$$

$$M_{Rd} = 707 \times 1,2693 +$$

$$\left[14 \left(\frac{0,633^2}{2} + \frac{0,317^2}{2} \right) + 28,1 \times 0,475 \times 1,4367 + 14 \times 0,95 \times 28,892 \right] \frac{35}{1,1}$$

$$M_{Rd} = 27414 \text{ kNcm}$$

Viga V₂ (Seção B), região de momento positivo

F_{hRd} é o menor valor dentre:

$$R_{cd} = \frac{0,85 f_{ck} b t_c}{1,4} = \frac{0,85 \times 2,0 \times 131,3 \times 6,5}{1,4} = 1036 \text{ kN}$$

$$R_{td} = \frac{A f_y}{1,1} = \frac{35,89 \times 35}{1,1} = 1142 \text{ kN}$$

$$\rightarrow F_{hRd} = 1036 \text{ kN}$$

Para interação parcial de 60%:

$$\Sigma Q_{Rd} = 0,60 \times 1036 = 622 \text{ kN}$$

Considerando-se um conector por nervura, na posição de maior resistência, obtém-se $R_g = 1$ e $R_p = 0,75$ para a forma em questão (capítulo 2), donde:

$$Q_{Rd} = 70,7 \text{ kN (capítulo 2)}$$

O número de conectores entre a seção de momento nulo e a seção de maior momento positivo deve ser, então:

$$n = \frac{622}{70,7} = 8,80 \rightarrow 9 \text{ conectores}$$

(total de 18 conectores)

$$C_{cd} = 9 \times 70,7 = 636 \text{ kN}$$

A quantidade de nervuras da forma na região de momento positivo é dada aproximadamente por:

$$\frac{7500(1 - 2 \times 0,15)}{274} = 19,2 > 18$$

(tomando 15% do vão para a região de momento negativo) OK.

- Posições das linhas neutras plásticas

Linha neutra plástica situada na laje (LNP1):

$$a = \frac{C_{cd}}{0,85 f_{ck} b} = \frac{636}{0,85 \times 2,0 \times 131,3} = 3,99 \text{ cm}$$

Linha neutra plástica situada no perfil (LNP2):

$$A_f = 14 \times 0,8 = 11,20 \text{ cm}^2$$

$$(A - A_f) \frac{f_y}{1,1} = (35,89 - 11,20) \frac{35}{1,1} = 786 \text{ kN}$$

$$A_f \frac{f_y}{1,1} + C_{cd} = 11,20 \frac{35}{1,1} + 636 = 992 \text{ kN} > 786 \text{ kN}$$

- LNP2 corta a mesa superior

Por equilíbrio:

$$C_{cd} + b_f x_2 \frac{f_y}{1,1} = b_f (t_f - x_2) \frac{f_y}{1,1} + (A - A_f) \frac{f_y}{1,1}$$

$$636 + 14 x_2 \frac{35}{1,1} = 14(0,8 - x_2) \frac{35}{1,1} + (35,89 - 11,20) \frac{35}{1,1}$$

$$\Rightarrow x_2 = 0,568 \text{ cm}$$

- Resistência de cálculo da seção à plastificação pelo momento fletor (M_{Rd})

$$M_{Rd} = \Sigma (F_{td} y_i)$$

$$M_{Rd} = 636 \times 12,573 +$$

$$\left[14 \left(\frac{0,568^2}{2} + \frac{0,232^2}{2} \right) + 28,4 \times 0,475 \times 14,432 + 14 \times 0,8 \times 29,032 \right] \frac{35}{1,1}$$

$$M_{Rd} = 24620 \text{ kNcm}$$

Viga V₁, região de momento negativo (armadura dentro da largura efetiva)

Com base nos cálculos realizados no item B.2, determina-se o momento fletor resistente de cálculo da seção constituída pelo perfil metálico e pelas barras de armadura em relação à linha neutra plástica:

$$M_{Rd} = \sum F_{id} y_i$$

$$M_{Rd} = 213 \times 18,45 + 423 \times 7,475 +$$

$$\left(0,475 \frac{35}{1,1} \right) \left(\frac{7,0^2}{2} + \frac{21,1^2}{2} \right) + 423 \times 21,575$$

$$M_{Rd} = 19953 \text{ kNcm}$$

Viga V₂, região de momento negativo (armadura dentro da largura efetiva)

Com base nos cálculos realizados no item B.2, determina-se o momento fletor resistente de cálculo da seção constituída pelo perfil metálico e pelas barras de armadura em relação à linha neutra plástica:

$$M_{Rd} = \sum F_{id} y_i$$

$$M_{Rd} = 213 \times 18,4 + 356 \times 7,5 +$$

$$\left(0,475 \frac{35}{1,1} \right) \left(\frac{7,1^2}{2} + \frac{21,3^2}{2} \right) + 356 \times 21,7$$

$$M_{Rd} = 18124 \text{ kNcm}$$

B.5. Propriedades elásticas das seções mistas na região de momento positivo (ver item A.4)

Viga V₁ (Seção A):

a) ações de curta duração

Largura transformada:

$$b_{tr} = \frac{150}{9,39} = 15,97 \text{ cm}$$

$$w = \frac{d}{2} + h_f + t_c = \frac{30}{2} + 7,5 + 6,5 = 29,0 \text{ cm}$$

$$a = \frac{\sqrt{A^2 + 2b_{tr}Aw} - A}{b_{tr}} =$$

$$\frac{\sqrt{39,95^2 + 2 \times 15,97 \times 39,95 \times 29,0} - 39,95}{15,97} = 9,8 \text{ cm} > t_c$$

- Área transformada: $15,97 \times 6,5 = 103,81 \text{ cm}^2$

A determinação das propriedades é feita usando-se a tabela 5.5

Tabela 5.5 - Propriedades elásticas na região de momento positivo – V₁ - ações de curta duração

| | A cm ² | y cm | A y cm ³ | A y ² cm ⁴ | I _{ox} cm ⁴ |
|--------|----------------------|---------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Laje | 103,81 | 25,75 | 2673 | 68833 | 365 |
| Perfil | 39,95 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6492 |
| Total | 143,76 | - | 2673 | 68833 | 6857 |

Distância da linha neutra elástica da viga mista ao CG do perfil

$$y_{\bar{e}} = \frac{2673}{143,76} = 18,59 \text{ cm}$$

$$I_{tr} = 68833 + 6857 - 143,76 \times 18,59^2 = 26008 \text{ cm}^4$$

$$I_{ef} = I_a + (I_{tr} - I_a) \sqrt{\eta_i} = 6492 +$$

$$(26008 - 6492) \sqrt{\frac{707}{1184}} = 21573 \text{ cm}^4$$

$$W_{tr} = \frac{26008}{(18,59 + 15,0)} = 774 \text{ cm}^3$$

$$W_{ef} = W_a + (W_{tr} - W_a) \sqrt{\eta_i} = 433 +$$

$$(774 - 433) \sqrt{\frac{707}{1184}} = 697 \text{ cm}^3$$

a) ações de longa duração

Largura transformada:

$$b_{tr} = \frac{150}{28,2} = 5,32 \text{ cm}$$

$$a = \frac{\sqrt{A^2 + 2b_{tr}Aw} - A}{b_{tr}} =$$

$$\frac{\sqrt{39,95^2 + 2 \times 5,32 \times 39,95 \times 29,0} - 39,95}{5,32} = 14,7 \text{ cm} > t_c$$

- Área transformada: $5,32 \times 6,5 = 34,58 \text{ cm}^2$

A determinação das propriedades é feita usando-se a tabela 5.6

Tabela 5.6 - Propriedades elásticas na região de momento positivo – V_1 – ações de longa duração

| | A cm^2 | y cm | $A y$ cm^3 | $A y^2$ cm^4 | I_{ax} cm^4 |
|---------------|----------------------|--------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Laje | 34,58 | 25,75 | 890 | 22929 | 122 |
| Perfil | 39,95 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6492 |
| Total | 74,53 | - | 890 | 22929 | 6614 |

Distância da linha neutra elástica da viga mista ao CG do perfil

$$y_g = \frac{890}{74,53} = 11,94 \text{ cm}$$

$$I_{tr} = 22929 + 6614 - 74,53 \times 11,94^2 = 18918 \text{ cm}^4$$

$$I_{ef} = I_a + (I_{tr} - I_a) \sqrt{\eta_i} = 6492 +$$

$$(18918 - 6492) \sqrt{\frac{707}{1184}} = 16094 \text{ cm}^4$$

$$W_{tr} = \frac{18918}{(11,94 + 15,0)} = 702 \text{ cm}^3$$

$$W_{ef} = W_a + (W_{tr} - W_a) \sqrt{\eta_i} = 433 +$$

$$(702 - 433) \sqrt{\frac{707}{1184}} = 641 \text{ cm}^3$$

Viga V_2 (Seção B):

a) ações de curta duração

Largura transformada:

$$b_{tr} = \frac{131,3}{9,39} = 13,98 \text{ cm}$$

$$w = \frac{d}{2} + h_F + t_c = \frac{30}{2} + 7,5 + 6,5 = 29,0 \text{ cm}$$

$$a = \frac{\sqrt{A^2 + 2b_{tr}Aw} - A}{b_{tr}} =$$

$$\frac{\sqrt{35,89^2 + 2 \times 13,98 \times 35,89 \times 29,0} - 35,89}{13,98} = 9,9 \text{ cm} > t_c$$

- Área transformada: $13,98 \times 6,5 = 90,87 \text{ cm}^2$

A determinação das propriedades é feita usando-se a tabela 5.7

Tabela 5.7 - Propriedades elásticas na região de momento positivo – V_2 - ações de curta duração

| | A cm^2 | y cm | $A y$ cm^3 | $A y^2$ cm^4 | I_{ox} cm^4 |
|---------------|----------------------|--------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Laje | 90,87 | 25,75 | 2340 | 60252 | 320 |
| Perfil | 35,89 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5683 |
| Total | 126,76 | - | 2340 | 60252 | 6003 |

Distância da linha neutra elástica da viga mista ao CG do perfil

$$y_g = \frac{2340}{126,76} = 18,46 \text{ cm}$$

$$I_{tr} = 60252 + 6003 - 126,76 \times 18,46^2 = 23059 \text{ cm}^4$$

$$I_{ef} = I_a + (I_{tr} - I_a) \sqrt{\eta_i} = 5683 +$$

$$(23059 - 5683) \sqrt{\frac{636}{1036}} = 19297 \text{ cm}^4$$

$$W_{tr} = \frac{23059}{(18,46 + 15,0)} = 689 \text{ cm}^3$$

$$W_{ef} = W_a + (W_{tr} - W_a) \sqrt{\eta_i} = 379 +$$

$$(689 - 379) \sqrt{\frac{636}{1036}} = 622 \text{ cm}^3$$

b) ações de longa duração

Largura transformada:

$$b_{tr} = \frac{131,3}{28,2} = 4,66 \text{ cm}$$

$$w = \frac{d}{2} + h_F + t_c = \frac{30}{2} + 7,5 + 6,5 = 29,0 \text{ cm}$$

$$a = \frac{\sqrt{A^2 + 2b_{tr}Aw} - A}{b_{tr}} =$$

$$\frac{\sqrt{35,89^2 + 2 \times 4,66 \times 35,89 \times 29,0} - 35,89}{4,66} = 14,8 \text{ cm} > t_c$$

- Área transformada: $4,66 \times 6,5 = 30,29 \text{ cm}^2$

A determinação das propriedades é feita usando-se a tabela 5.8

Tabela 5.8 - Propriedades elásticas na região de momento positivo – V_2 - ações de longa duração

| | A cm ² | y cm | A y cm ³ | A y ² cm ⁴ | I _{0x} cm ⁴ |
|--------|----------------------|---------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Laje | 30,29 | 25,75 | 780 | 20084 | 107 |
| Perfil | 35,89 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5683 |
| Total | 66,18 | - | 780 | 20084 | 5790 |

Distância da linha neutra elástica da viga mista ao CG do perfil

$$y_g = \frac{780}{66,18} = 11,79 \text{ cm}$$

$$I_{tr} = 20084 + 5790 - 66,18 \times 11,79^2 = 16675 \text{ cm}^4$$

$$I_{ef} = I_a + (I_{tr} - I_a) \sqrt{\eta_i} = 5683 +$$

$$(16675 - 5683) \sqrt{\frac{636}{1036}} = 14295 \text{ cm}^4$$

$$W_{tr} = \frac{16675}{(11,79 + 15,0)} = 622 \text{ cm}^3$$

$$W_{ef} = W_a + (W_{tr} - W_a) \sqrt{\eta_i} = 379 +$$

$$(622 - 379) \sqrt{\frac{636}{1036}} = 569 \text{ cm}^3$$

B.6. Propriedades elásticas das seções mistas na região de momento negativo

Viga V_1 (Seção A):

Armadura sem concreto ($4 \phi 12,5 - A_{sl} = 4,91 \text{ cm}^2$)

A determinação das propriedades é feita usando-se a tabela 5.9.

Tabela 5.9 - Propriedades elásticas na região de momento negativo – V_1 – armadura sem concreto

| | A cm ² | y cm | A y cm ³ | A y ² cm ⁴ | I _{0x} cm ⁴ |
|----------|----------------------|---------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Armadura | 4,91 | 25,50 | 125 | 3193 | - |
| Perfil | 39,95 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6492 |
| Total | 44,86 | - | 125 | 3193 | 6492 |

Distância da linha neutra elástica da viga mista ao CG do perfil metálico

$$y_g = \frac{125}{44,86} = 2,79 \text{ cm}$$

linha neutra a 17,79 cm da face inferior da viga

$$I_{tr(-)} = 6492 + 3193 - 44,86 \times 2,79^2 = 9336 \text{ cm}^4$$

Viga V_2 (Seção B):

Armadura sem concreto ($4 \phi 12,5 - A_{sl} = 4,91 \text{ cm}^2$)

A determinação das propriedades é feita usando-se a tabela 5.10.

Tabela 5.10 - Propriedades elásticas na região de momento negativo – V_2 – armadura sem concreto

| | A cm ² | y cm | A y cm ³ | A y ² cm ⁴ | I _{0x} cm ⁴ |
|----------|----------------------|---------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Armadura | 4,91 | 25,50 | 125 | 3193 | - |
| Perfil | 35,89 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5683 |
| Total | 40,80 | - | 125 | 3193 | 5683 |

Distância da linha neutra elástica da viga mista ao CG do perfil metálico

$$y_g = \frac{125}{40,80} = 3,06 \text{ cm}$$

linha neutra a 18,06 cm da face inferior da viga

$$I_{tr(-)} = 5683 + 3193 - 40,80 \times 3,06^2 = 8494 \text{ cm}^4$$

B.7. Propriedades da ligação mista (Ver Exemplo 1 - Cap. 6)

Observar que, conforme o item c do Exemplo 1 - Capítulo 6, pode-se desprezar o momento na ligação metálica na fase de concretagem e desprezar a contribuição das cantoneiras da alma na ligação mista.

- Rigidez inicial

Viga V_1 (Seção A):

$$C_1 = 1308382 \text{ kNcm/rad}$$

Viga V_2 (Seção B):

$$C_2 = 1279593 \text{ kNcm/rad}$$

- Resistência de cálculo a momento

$$M_{Rd}^- = 213(30 + 10,5) = 8627 \text{ kNcm} = 86,27 \text{ kNm}$$

- Capacidade de rotação disponível no estado limite último

Viga V_1 (Seção A):

$$\theta_u = 27,4 \text{ mrad}$$

Viga V_2 (Seção B):

$$\theta_u = 27,2 \text{ mrad}$$

Observação: pode-se aumentar a capacidade de rotação disponível em 10%, porque a construção é não-escorada)

$$\theta_u = 1,1 \times 27,4 = 30,1 \text{ mrad (viga } V_1)$$

$$\theta_u = 1,1 \times 27,2 = 29,9 \text{ mrad (viga } V_2)$$

B.8. Estado limite de deslocamento excessivo (combinação rara de ações)

- antes da cura (viga biapoiada)

Viga V_1 (Seção A):

$$\delta_l = \frac{5 \times 6,25 \times 10^{-2} \times 750^4}{384 \times 20000 \times 6492} = 2,0 \text{ cm}$$

Viga V_2 (Seção B):

$$\delta_l = \frac{5 \times 6,25 \times 10^{-2} \times 750^4}{384 \times 20000 \times 5683} = 2,3 \text{ cm}$$

- após a cura (viga semicontinua)

O modelo para análise é dado na Figura 5.11. Os comprimentos dos trechos de momento negativo são considerados iguais a 15% dos tramos. Os momentos de inércia são:

- regiões de momento positivo, ações de curta duração (sobrecarga após a cura – 15,0 kN/m) 21573 cm⁴ (V_1) e 19297 cm⁴ (V_2)

- regiões de momento positivo, ações de longa duração (carga permanente após a cura – 5,0 kN/m)

$$16094 \text{ cm}^4 (V_1) \text{ e } 14295 \text{ cm}^4 (V_2)$$

- regiões de momento negativo (todas as ações) 9336 cm⁴ (V_1) e 8494 cm⁴ (V_2)

As ligações entre os nós das extremidades das vigas e o nó de apoio (Figura 5.12) não permitem deslocamentos relativos nas direções vertical e horizontal; rotações relativas podem ocorrer em função das rigidezes C_1 e C_2 dadas no item B.7.

Apenas 50% da sobrecarga serão aplicados nos vãos 2-4-6 para se obter a maior flecha das vigas V_1 e, em outro carregamento, 50% da sobrecarga nos vãos 1-3-5-7 para se obter a maior flecha das vigas V_2 ; nos demais vãos a sobrecarga será aplicada integralmente em ambos os casos.

(Obs.: usar 100% da sobrecarga em todos os vãos para verificar fissuração - item B.11)

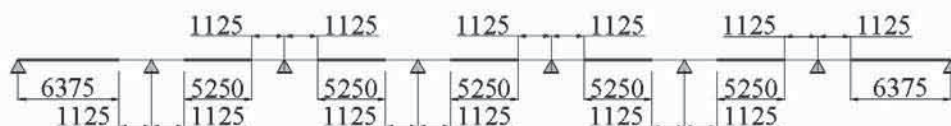


Figura 5.11. Modelo para análise

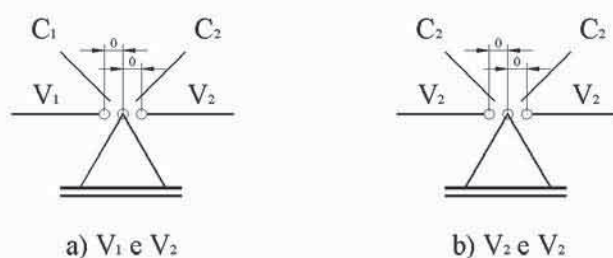


Figura 5.12. Rigidezes das ligações

Após análise, obtém-se:

- flechas devidas à carga permanente após a cura:

$$\delta_{II} = 0,34 \text{ cm (V}_1\text{)} \text{ e } \delta_{II} = 0,19 \text{ cm (V}_2\text{)}$$

- flechas devidas à sobrecarga após a cura:

$$\delta_{III} = 0,93 \text{ cm (V}_1\text{)} \text{ e } \delta_{III} = 0,69 \text{ cm (V}_2\text{)}$$

Flecha total

Viga V₁ (Seção A):

$$\delta = \delta_I + \delta_{II} + \delta_{III} = 2,0 + 0,34 + 0,93 = 3,27 \text{ cm} > L/350 \\ = 2,14 \text{ cm}$$

Aplicando contra flecha igual ou superior a

$$\delta_I: \delta_{II} + \delta_{III} = 1,27 \text{ cm} < L/350 \text{ OK}$$

Viga V₂ (Seção B):

$$\delta = \delta_I + \delta_{II} + \delta_{III} = 2,3 + 0,19 + 0,69 = \\ 3,18 \text{ cm} > L/350 = 2,14 \text{ cm}$$

Aplicando contra flecha igual ou superior a

$$\delta_I: \delta_{II} + \delta_{III} = 0,88 \text{ cm} < L/350 \text{ OK}$$

B.9. Limitação das tensões de serviço (combinação rara de ações)

- região de momento positivo da viga V₁ (Seção A):

$$\frac{M_{g'}'}{W_a} + \frac{M_l}{W_{ef}} \leq f_y$$

$$M_{g'}' = \frac{100 \times 6,25 \times 7,5^2}{8} = 4395 \text{ kNcm}$$

$$W_a = 433 \text{ cm}^3$$

Da resolução da viga semicontínua:

$M_l = 10164 \text{ kNcm}$ (**2319 kNcm** devidos à CP e **7845 kNcm** à SC)

$$\frac{4395}{433} + \frac{2319}{641} + \frac{7845}{697} =$$

$$25,0 \text{ kN/cm}^2 < 35,0 \text{ kN/cm}^2 \text{ OK}$$

- região de momento positivo da viga V₂ (Seção B):

$$M_{g'}' = \frac{100 \times 6,25 \times 7,5^2}{8} = 4395 \text{ kNcm}$$

$$W_a = 379 \text{ cm}^3$$

Da resolução da viga semicontínua:

$M_l = 7096 \text{ kNcm}$ (**1402 kNcm** devidos à CP e **5694 kNcm** à SC)

$$\frac{4395}{379} + \frac{1402}{569} + \frac{5694}{622} =$$

$$23,2 \text{ kN/cm}^2 < 35 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{OK}$$

- região de momento negativo - basta verificar a viga V_2 (Seção B):

$$M_{g'} = 0$$

Da resolução da viga semicontínua:

$M_l = 8442 \text{ kNcm}$ (**2641 kNcm** devidos à CP e **5801 kNcm** à SC)

Força de tração na armadura e de compressão na mesa inferior:

$$\frac{8442}{30 + 10,5} = 208 \text{ kN}$$

Tensão na armadura:

$$\frac{208}{4,91} = 42,4 \text{ kN/cm}^2 < 50 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{OK}$$

Tensão na mesa inferior:

$$\frac{208}{14 \times 0,8} = 18,6 \text{ kN/cm}^2 < 35 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{OK}$$

B.10. Estado limite de vibrações excessivas

Para a situação biapoiada, a viga mista V_2 é crítica. A combinação freqüente das ações aplicadas antes e depois da cura resulta em:

$$q = 6,25 + 5,0 + 15 \times 0,4 = 17,25 \text{ kN/m}$$

(considerando local onde não há predominância de cargas que permanecem fixas por longos períodos de tempo nem de elevadas concentrações de pessoas).

A largura efetiva da laje é de 187,5 cm (conforme item A.2.1)

Largura transformada (ações de curta duração):

$$b_{tr} = \frac{187,5}{9,39} = 19,97 \text{ cm}$$

$$w = \frac{d}{2} + h_F + t_c = \frac{30}{2} + 7,5 + 6,5 = 29,0 \text{ cm}$$

$$a = \frac{\sqrt{A^2 + 2b_{tr}Aw} - A}{b_{tr}} =$$

$$\frac{\sqrt{35,89^2 + 2 \times 19,97 \times 35,89 \times 29,0} - 35,89}{19,97} = 8,6 \text{ cm} > t_c$$

- Área transformada: $19,97 \times 6,5 = 129,8 \text{ cm}^2$

A determinação das propriedades é feita usando-se a tabela 5.11

Tabela 5.11 - Propriedades elásticas da viga mista V_2 biapoiada – ações de curta duração

| | A cm ² | y cm | A y cm ³ | A y ² cm ⁴ | I _{0x} cm ⁴ |
|--------|----------------------|---------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Laje | 129,80 | 25,75 | 3342 | 86066 | 457 |
| Perfil | 35,89 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5683 |
| Total | 165,69 | - | 3342 | 86066 | 6140 |

Distância da linha neutra elástica da viga mista ao CG do perfil

$$y_g = \frac{3342}{165,69} = 20,17 \text{ cm}$$

$$I_{tr} = 86066 + 6140 - 165,69 \times 20,17^2 = 24799 \text{ cm}^4$$

$$I_{ef} = I_a + (I_{tr} - I_a) \sqrt{\eta_i} =$$

$$5683 + (24799 - 5683) \sqrt{\frac{636}{1142}} = 19949 \text{ cm}^4$$

Flecha da viga biapoiada:

$$\frac{5 \times 0,1725 \times 750^4}{384 \times 20000 \times 19949} = 1,8 \text{ cm} < 2,0 \text{ cm}$$

O sistema é adequado para pisos onde as pessoas apenas caminham, conforme orientação aproximada da NBR 8800.

B.11. Estado limite de fissuração excessiva

Controle da fissuração através da limitação da abertura estimada das fissuras conforme item O.5.3.1 da NBR 8800.

$$w = \text{menor} \left\{ \begin{array}{l} \frac{\phi_i}{12,5\eta_1} \frac{\sigma_{ei}}{E_x} \frac{3\sigma_{ei}}{f_{ctm}} = \\ \frac{1,25}{12,5 \times 2,25} \frac{24,9}{21000} \frac{3 \times 24,9}{0,22} = 0,02 \text{ cm} = 0,2 \text{ mm} \\ \frac{\phi_i}{12,5\eta_1} \frac{\sigma_{ei}}{E_x} \left(\frac{4}{\rho_{ri}} + 45 \right) = \\ \frac{1,25}{12,5 \times 2,25} \frac{24,9}{21000} \left(\frac{4}{0,01} + 45 \right) = 0,02 \text{ cm} = 0,2 \text{ mm} \end{array} \right.$$

$$\rho_{ri} = \frac{A_s}{A_{cri}} = \frac{1,227}{(15 \times 1,25) \times 6,5} = 0,01$$

$$f_{ctm} = 0,3\eta(f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0,3 \times 1,0 \times 20^{\frac{2}{3}} = 2,2 \text{ MPa} = 0,22 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{ei} = \frac{\frac{2641 + 0,4 \times 5801}{(30 + 10,5)}}{4,91} = 24,9 \text{ kN/cm}^2$$

De acordo com a tabela O.4 da NBR 8800 o valor limite de w_k para classe ambiental II (ambiente urbano) é de 0,3 mm. OK

B.12. Verificação de resistência das vigas mistas V_1 e V_2

B.12.1 Flambagem com distorção da viga V_2 (mais crítica do que a V_1)

$$M_{dist, Rd} = \chi_{dist} M_{Rd}, \text{ onde}$$

$$M_{Rd} = 18124 \text{ kNcm (item B.4)}$$

χ_{dist} é o fator de redução, função do parâmetro de esbeltez λ_{dist}

$$\lambda_{dist} = 5,0 \left(1 + \frac{t_w h_o}{4b_f t_f} \right) \left[\left(\frac{f_y}{EC_{dist}} \right)^2 \left(\frac{h_o}{t_w} \right)^3 \left(\frac{t_f}{b_f} \right) \right]^{0,25}$$

onde

h_o é a distância entre centros das mesas do perfil;

C_{dist} é um coeficiente dado na tabela O.3 da NBR 8800, função de

$$M_{Ed}^- = 1,35 \times 4,91 \times 50(30 + 10,5) =$$

$$13422 \text{ kNcm} < M_{Rd}^- = 18124 \text{ kNcm}$$

$$\Rightarrow M_{Ed}^- = 13422 \text{ kNcm}$$

$$\psi_1 = \frac{M_{Rd}^-}{\beta_{vm} M_{Rd}^+} = \frac{134,22}{0,85 \times 246,20} = (*)$$

$$0,64 \text{ (com } \beta_{vm} = 0,85 - \text{ver item 5.4.1.2 -a)}$$

$$\psi_2 = \frac{M_{Rd}^-}{M_{Rd}^+} = \frac{134,22}{134,22} = 1,0$$

$$C_{bdist} = 26,2$$

$$\lambda_{dist} = 5,0 \left(1 + \frac{4,75 \times 292}{4 \times 140 \times 8,0} \right) \left[\left(\frac{35}{20000 \times 26,2} \right)^2 \left(\frac{292}{4,75} \right)^3 \left(\frac{8,0}{140} \right) \right]^{0,25} = 0,574$$

Conforme o item R.2.5.1 da NBR 8800, permite-se desprezar a contribuição da ligação da alma da viga desde que λ_{dist} não supere 0,4. Uma vez que esse item não foi atendido, têm-se as seguintes alternativas:

a) alterar a espessura da alma da viga para 6,3 mm obtendo-se λ_{dist} igual a 0,39 por meio da equação:

$$\lambda_{dist} = \sqrt{\frac{M_{Rd}^-}{M_{cr}}}$$

(item O.2.5.2 da NBR 8800)

(*) Para esta verificação β_{vm} poderia ser tomado igual a 1,0 conforme tabela O.3 da NBR 8800.

b) considerar a contribuição das cantoneiras da alma da viga para a resistência a momento da ligação mista.

Mesmo a viga não tendo atendido a esse critério, apresentam-se a seguir as demais verificações.

B.12.2 Flambagem ou plastificação da alma devida à força cortante

$$V_{sd} = V_{sd,q} + \frac{M_{Rde}^- - M_{Rdd}^-}{L}$$

$$\frac{M_{Rde}^- - M_{Rdd}^-}{L} = 0 \text{ para } V_2$$

$$\frac{M_{Rde}^- - M_{Rdd}^-}{L} = \frac{-86,27}{7,5} =$$

$$-11,50 \text{ kN para } V_1$$

Ação de cálculo nas vigas V_1 e V_2 (superposição das ações de cálculo aplicadas antes e após a cura)

$$q_d = 6,25 \times 1,35 + 5,0 \times 1,5 + 15 \times 1,5 = 38,4 \text{ kN/m}$$

$$\rightarrow V_{sd,q} = \pm 38,4 \times 3,75 = \pm 144,0 \text{ kN (positiva à esquerda e negativa à direita)}$$

Viga V_1 (Seção A)

$$V_{sd} = 155,5 \text{ kN (valor absoluto)}$$

$$\lambda_r = 1,37 \sqrt{\frac{k_v E}{f_y}} = 73,2 > \frac{h}{t_w} = \frac{281}{4,75} =$$

$$59,2 > \lambda_p = 1,1 \sqrt{\frac{k_v E}{f_y}} = 58,8$$

$$V_{Rd} = \frac{\lambda_p}{\lambda} \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}} = \frac{58,8}{59,2} \frac{0,6 \times 35 \times 0,475 \times 28,1}{1,1} =$$

$$253,1 \text{ kN} > 155,5 \text{ kN} \quad OK$$

Viga V_2 (Seção B)

$$V_{sd} = 144,0 \text{ kN (valor absoluto)}$$

$$\lambda_r = 1,37 \sqrt{\frac{k_v E}{f_y}} = 73,2 > \frac{h}{t_w} = \frac{284}{4,75} =$$

$$59,8 > \lambda_p = 1,1 \sqrt{\frac{k_v E}{f_y}} = 58,8$$

$$V_{Rd} = \frac{\lambda_p}{\lambda} \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}} = \frac{58,8}{59,8} \frac{0,6 \times 35 \times 0,475 \times 28,4}{1,1} =$$

$$253,2 \text{ kN} > 144,0 \text{ kN} \quad OK$$

B.12.3 Plastificação da seção pelo momento fletor positivo

$$M_{sd} = M_{sd,q} - M_{Rde}^- \frac{L-x}{L} - M_{Rd,d}^- \frac{x}{L}$$

$$M_{Rd,e}^- = M_{Rd,d}^- = 86,27 \text{ kNm para } V_2$$

$$M_{Rd,e}^- = 0 \text{ e } M_{Rd,d}^- = 86,27 \text{ kNm para } V_1$$

$$M_{sd,q} = 144,0x - 38,4 \frac{x^2}{2}$$

Viga V_1 (Seção A)

$$M_{sd} = 144,0x - 38,4 \frac{x^2}{2} - 11,5x = 132,5x - 38,4 \frac{x^2}{2}$$

$$\frac{dM_{sd}}{dx} = 132,5 - 38,4x = 0 \rightarrow x = 3,451 \text{ m}$$

$$M_{sd} = 228,6 \text{ kN.m} < 0,85M_{Rd} = 0,85 \times 274,14 = 233,0 \text{ kNm (com } \beta_{vm} = 0,85) \quad OK$$

Notar que a região de momento negativo tem comprimento inferior a 15% do vão.

Viga V_2 (Seção B)

$$M_{sd} = 144,0x - 38,4 \frac{x^2}{2} - 86,27$$

$$\frac{dM_{sd}}{dx} = 144,0 - 38,4x = 0 \rightarrow x = 3,75 \text{ m}$$

$$M_{sd} = 183,73 \text{ kN.m} < 0,85M_{Rd} = 0,85 \times 246,20 = 209,27 \text{ kNm (com } \beta_{vm} = 0,85) \quad OK$$

B.12.4 Cisalhamento longitudinal da laje

$$V_{sd} = \frac{\sum Q_{m,Rd} \frac{b_1}{b_1 + b_2}}{L_m}$$

Viga V₁ (Seção A)

Prevendo que um conector da região de momento negativo passe para a de momento positivo (para manter um por nervura), obtém-se

Região de momento positivo:

$$(V_{sd})_{total} = \frac{2 \times 707 + 70,7}{2 \times 3,451} = 215,1 \text{ kN/m}$$

Região de momento negativo:

$$(V_{sd})_{total} = \frac{213 \times \frac{2}{3}}{7,5 - 2 \times 3,451} = 237,5 \text{ kN/m}$$

Observar que a ancoragem das barras de armadura longitudinal deve ser feita a partir do último conector necessários para transmitir a força resistente das mesmas.

Viga V₂ (Seção B)

Prevendo que um conector da região de momento negativo passe para a de momento positivo (para manter um por nervura), obtém-se

Região de momento positivo:

$$(V_{sd})_{total} = \frac{2 \times 636 + 2 \times 70,7}{7,5 - 2 \times 0,657} = 228,5 \text{ kN/m}$$

(0,657 m é o comprimento da região de momento negativo)

Região de momento negativo:

$$(V_{sd})_{total} = \frac{213 \times \frac{2}{3}}{0,657} = 216,1 \text{ kN/m}$$

Usando uma solução única, prevalece, por plano de cisalhamento

$$V_{sd} = \frac{(V_{sd})_{total}}{2} = \frac{237,5}{2} = 118,8 \text{ kN/m}$$

$$V_{Rd} = \text{menor} \left(\frac{0,6 \eta A_{cv} f_{ctk,inf}}{1,4} + \frac{A_s f_{ys}}{1,15} + \frac{A_F f_{yF}}{1,1}; \frac{0,2 \eta A_{cv} f_{ck}}{1,4} + \frac{0,6 A_F f_{yF}}{1,1} \right)$$

Considerando-se contribuição integral da forma, isto é, sem interrupção da mesma sobre a viga ($A_F = 11,12 \text{ cm}^2/\text{m}$ para espessura de 0,8 mm e $f_{yF} = 280 \text{ MPa}$, conforme catálogo do fabricante) e adotando-se uma tela mínima corresponde a 0,1% da área da seção de cisalhamento do concreto, obtém-se:

$$V_{Rd} = \text{menor} \left\{ \frac{0,6 \times 1 \times 6,5 \times 100 \left(\frac{0,21 \times 20^{\frac{2}{3}}}{10} \right)}{1,4} + \frac{0,65 \times 50}{1,15} + \frac{11,12 \times 28}{1,1} = 354,4 \text{ kN/m} \leftarrow OK \right.$$

$$\left. \frac{0,2 \times 1 \times 6,5 \times 100 \times 2,0}{1,4} + \frac{0,6 \times 11,12 \times 28}{1,1} = 355,5 \text{ kN/m} \right\}$$

Observações:

- a taxa de 0,65 cm^2/m é normalmente proporcionada pela armadura de distribuição da laje;

- caso se desprezasse a contribuição da forma, obter-se-ia uma área necessária de armadura $A_s = 1,74 \text{ cm}^2/\text{m}$ (observar que o mínimo seria 1,5 cm^2/m , conforme item 0.1.3.4 da NBR8800).

B.12.5 Capacidade de rotação necessária da ligação mista

Rotação plástica necessária, definida no item R.4 da NBR 8800:

Resistência de cálculo da ligação mista: $86,27 \text{ kNm}$

Resistência de cálculo da viga V_1 na região de momento positivo: $274,14 \text{ kNm}$

$$\frac{86,27}{274,14} = 0,31 > 0,3 \quad \text{OK}$$

Pela tabela R.3 da NBR 8800, a rotação necessária para

$$\beta_{vm} = 0,85 \text{ e } L/d_t = 7500/(300 + 75 + 65) = 17,0 \text{ é igual a } 18,2 \text{ mrad};$$

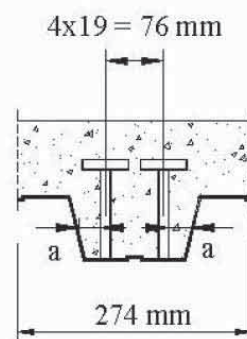
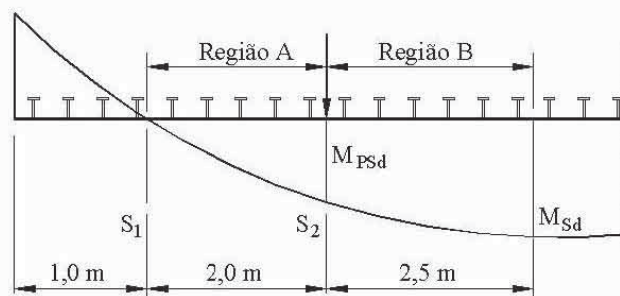
$$18,2 < 29,9 \text{ (item B.7) OK}$$

VIGAS MISTAS - EXEMPLO 2

Uma viga mista está sujeita a ações de cálculo que incluem uma carga concentrada, conforme Figura 5.13. A solicitação de cálculo determinada para os conectores entre a seção de momento nulo (do lado esquerdo) e a seção de maior momento positivo foi de 1100 kN . Determinar os conectores $\varnothing 19 \text{ mm}$ a serem instalados entre o referido ponto de momento nulo e a carga concentrada, indicando seu posicionamento. A laje é mista com forma transversal à viga, tendo a forma as dimensões indicadas na Figura 5.13 (a resistência de cálculo de um conector é de $70,7 \text{ kN}$, havendo um por nervura na posição favorável, e de $54,1 \text{ kN}$, havendo dois por nervura nas posições mostradas na figura 5.13, conforme capítulo 2 deste Manual).

$$\text{Dados: } M_{Sd} = 300 \text{ kNm} \quad M_{PSd} = 250 \text{ kNm}$$

$$M_{aRd} = 150 \text{ kNm}$$



$a = 21 \text{ mm}$ (distância livre entre o conector e a face da fôrma de aço)

Figura 5.13 - Viga com carga concentrada

SOLUÇÃO

Resistência de cálculo necessária para os conectores situados na região A (entre S_1 e S_2) (item 5.4.1.2-c):

$$[(250 - 150)/(300 - 150)] \times 1100 = 733 \text{ kN}$$

$$\text{Número de nervuras da forma na região A} = 2000/274 = 7,3 = 7$$

$$\text{Número de nervuras da forma nas regiões A e B} = 4500/274 = 16,4 = 16$$

Instalando um conector por nervura nas regiões A e B, ter-se-ia:

$$70,7 \times 16 = 1131 \text{ kN} > 1100 \text{ kN} \quad \text{- OK para regiões A e B}$$

$$70,7 \times 7 = 495 \text{ kN} < 733 \text{ kN} \quad \text{- não OK para região A}$$

Instalando dois por nervura na região A:

$2 \times 54,1 \times 7 = 757 \text{ kN} > 733 \text{ kN}$ - OK para região A

Na região B (com 9 nervuras) a resistência de cálculo necessária passa a ser:

$1100 - 733 = 367 \text{ kN}$

Devem ser instalados nove conectores ($9 \times 70,7 = 636 \text{ kN}$), um por nervura, para não violar o espaçamento máximo entre conectores conforme item O.2.6.2 da NBR 8800 (450 mm).

Capítulo 6

Ligações mistas

6.1 - Campo de aplicação e requisitos gerais

Este capítulo aplica-se a ligações mistas de edificações, dos tipos mostrados nas figuras 6.1-a e 6.1-b, utilizadas para dar continuidade parcial entre duas vigas mistas, sem transmissão de momento para o elemento suporte, que pode ser uma viga ou um pilar, ambos com seção de aço em I, podendo ser mistos ou não. Considera-se que a força normal nas vigas apoiadas seja desprezível.

A parte metálica da ligação mista é feita com a alma do elemento suporte, podendo, no caso desse ser um pilar, ser feita com as mesas. Quando a ligação for feita com as mesas de um pilar, as formulações apresentadas pressupõem a existência de um par de enrijecedores na alma do pilar, no nível da mesa inferior da viga (figura 6.1-a) ou no nível da aba horizontal da cantoneira inferior (figura 6.1-b). A área desses enrijecedores deve ser igual ou superior à da mesa inferior da viga apoiada e seu dimensionamento deve ser feito conforme a NBR 8800.

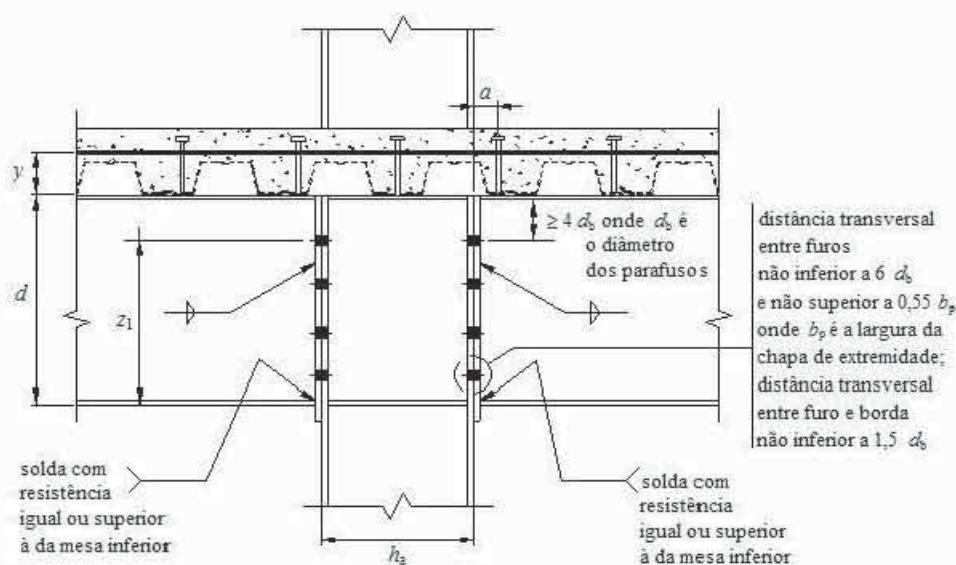
Também nas formulações apresentadas, despreza-se a contribuição da ligação da alma e da mesa superior da viga para a resistência a

momento e, para isto, é necessário que:

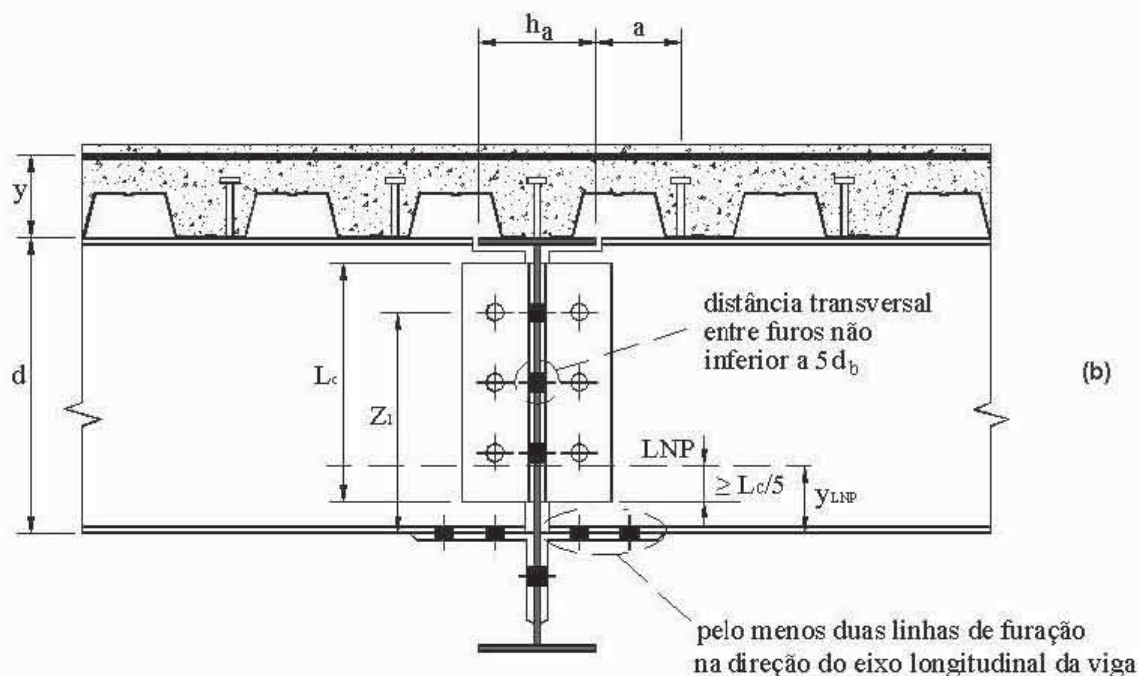
- as espessuras da chapa de ligação na figura 6.1-a e das cantoneiras da alma na figura 6.1-b sejam inferiores a 50% do diâmetro dos parafusos que as ligam ao elemento suporte;
- no caso da figura 6.1-b, seja respeitada a limitação indicada, com y_{LNP} determinado conforme item 6.2.6 (o elemento suporte podendo ser um pilar)
- o parâmetro λ_{dist} definido no item e) do capítulo 5.4.1.2 (capítulo 5) seja inferior ou igual a 0,4.

As relações largura/espessura da alma e da mesa do perfil de aço da viga, na região junto ao apoio, devem atender ao item 5.3.5.1 do capítulo 5. Se a viga for de perfil soldado, a solda de composição deve ter resistência de cálculo ao cisalhamento igual ou superior à da alma.

Antes da cura do concreto despreza-se o momento na ligação metálica. Para que esta consideração não acarrete solicitação excessiva da mesa inferior, dos parafusos da alma (figuras 6.1-a e 6.1-b) e dos parafusos de ligação entre a cantoneira de assento e a mesa inferior (figura 6.1-b), o produto da rotação de apoio da viga, antes da cura, pela distância Z_1 indicada nas figuras deve ser igual ou inferior a 2 mm (figura 6.1-a) e 3 mm (figura 6.1-b).



(a) – Ligação com chapa de extremidade)
Figura 6.1 - a



(b) – Ligação com cantoneiras
Figura 6.1 – Ligações mistas

A resistência das ligações à força cortante não é escopo deste capítulo, por se tratar de casos clássicos de estruturas de aço. Também não constituem escopo deste capítulo ligações sujeitas à fadiga nem ligações em situação de incêndio.

6.2 - Propriedades Principais

6.2.1 Considerações gerais

O efeito do momento na ligação mista é determinado considerando-a formada por três componentes: as barras da armadura situadas dentro da largura efetiva (item 6.2.2), os conectores de cisalhamento situados na região de momentos negativos e a ligação da mesa inferior da viga apoiada. Os três componentes são sujeitos a uma força horizontal igual ao momento na ligação dividido pelo braço de alavanca ($d + y$) (figuras 6.1-a e 6.1-b). As resistências de cálculo dos conectores e da ligação da mesa inferior a essa força horizontal devem ser iguais ou superiores à das barras da armadura.

6.2.2 Largura efetiva da laje

A largura b da laje sobre um apoio intermediário da viga mista, dentro da qual a armadura longitudinal pode ser considerada como parte da ligação mista, é a mesma definida para as vigas mistas no item 5.3.2 (capítulo 5). Adicionalmente, caso o elemento suporte seja um pilar, as barras da armadura devem ficar a uma distância máxima de $2,5b_c$ da linha de centro desse pilar, sendo b_c a largura do pilar na direção transversal às barras. Devem também ser previstas barras de armadura transversal, de cada lado do pilar, com área mínima de 50% da área das barras da armadura longitudinal e a uma distância máxima de $2,5b_c$ da linha de centro do pilar.

6.2.3 Propriedades fundamentais das ligações mistas

As propriedades fundamentais das ligações mistas são a **rigidez inicial (ou de serviço)**, a **resistência de cálculo** e a **capacidade de rotação (sem queda do momento resis-**

tente). A rigidez inicial, determinada como no item 6.2.4, é utilizada para a realização de análise elástica das vigas semicontínuas e verificação de estados limites de serviço (capítulo 5). A resistência de cálculo, determinada como no item 6.2.5, é utilizada para a realização de análise plástica das vigas semicontínuas e verificação de estados limites últimos (capítulo 5). A capacidade de rotação, determinada como no item 6.2.6, deve ser igual ou superior à rotação necessária para que o momento de cálculo no vão da viga semicontínua atinja um valor entre 0,85 e 0,95 da resistência de cálculo da viga a momento positivo (capítulo 5). A resistência de cálculo da ligação mista a momento é inferior à da viga junto ao apoio e, portanto, a rotação plástica no apoio não ocorre na viga e sim na ligação; daí a exigência da capacidade de rotação

6.2.4 Rigidez inicial (ou de serviço)

Considera-se a relação linear C entre momento e rotação da ligação mista válida para tensões de serviço inferiores às tensões de escoamento dos aços do perfil e da armadura, respectivamente, na região da ligação. O valor de C é função das rigidezes dos componentes da ligação sujeitos à força horizontal mencionada em 6.2.1:

$$C = \frac{(d+y)^2}{\frac{1}{k_s} + \frac{1}{k_{cs}} + \frac{1}{k_i}}$$

onde:

d e y são a altura do perfil de aço e a distância do topo do perfil ao centro da armadura, respectivamente, conforme figuras 6.1-a e 6.1-b;

k_s é a rigidez inicial das barras da armadura, dada no item R.2.3.1 da NBR 8800;

k_{cs} é a rigidez inicial dos conectores, dada no item R.2.4.1 da NBR 8800;

k_i é a rigidez inicial da ligação inferior, dada nos itens R.2.5.2.2.1 e R.2.5.2.3.1 da NBR 8800, para os casos das figuras 6.1-a e 6.1-b, respectivamente.

6.2.5 Resistência de cálculo

A resistência de cálculo M_{Rd}^- é dada por:

$$M_{Rd}^- = \frac{f_{ys} A_{sl} (d+y)}{1,15}$$

f_{ys} é a resistência ao escoamento do aço da armadura;

A_{sl} é a área da armadura longitudinal dentro da largura efetiva da laje.

Como já mencionado em 6.2.1, as resistências de cálculo dos conectores e da ligação da mesa inferior devem ser iguais ou superiores à das barras da armadura. Assim:

$$\sum Q_{Rd} \geq \frac{A_{sl} f_{ys}}{1,15}, \text{ onde}$$

$\sum Q_{Rd}$ é a soma das resistências de cálculo dos conectores situados entre a seção de maior momento negativo e a seção de momento nulo (para Q_{Rd} ver Capítulo 2).

$$F_{i,Rd} \geq \frac{A_{sl} f_{ys}}{1,15}, \text{ onde}$$

$F_{i,Rd}$ é a resistência de cálculo da ligação inferior, dada nos itens R.2.5.2.2.2 e R.2.5.2.3.2 da NBR 8800, para os casos das figuras 6.1-a e 6.1-b, respectivamente. Deve ser atendido o item 5.3.5.1

6.2.6 Capacidade de rotação

A capacidade de rotação θ_u é função dos deslocamentos máximos que os componentes

podem sofrer, quando sujeitos à força horizontal mencionada em 6.2.1, sem perda de resistência da ligação:

$$\theta_u = \frac{\Delta_{us} + s^{(B)} + \Delta_{ul}}{(d + v)}$$

\bar{A}_{LS} é a capacidade de alongamento das barras da armadura (item R.2.3.3 da NBR 8800);

$s^{(B)}$ é a capacidade de escorregamento associada à deformação dos conectores (item R.2.4.3 da NBR 8800);

\ddot{A}_{ul} é a capacidade de deslocamento da ligação inferior, dada nos itens R.2.5.2.2.3 e R.2.5.2.3.3 da NBR 8800, para os casos das figuras 6.1-a e 6.1-b, respectivamente.

A posição da linha neutra plástica da ligação mista, a partir da face inferior da viga apoiada (figura 6.1-a), com base nos deslocamentos máximos anteriores, é dada por:

$$y_{LNP} = \frac{(d+y)\Delta_{ul}}{\Delta_{ur} + s^{(B)} + \Delta_{ul}}$$

LIGACÕES MISTAS - EXEMPLO 1

As ligações mistas da figura 6.2 são as mesmas utilizadas no exemplo 1 do capítulo 5. Repetem-se a seguir alguns dados daquele exemplo e apresentam-se dados adicionais. Determinar as propriedades principais das ligações conforme itens 6.2.4, 6.2.5 e 6.2.6.

- construção não-escorada;
- concreto de densidade normal, com $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$;
- aço das vigas com $f_y = 350 \text{ MPa}$ e $f_u = 460 \text{ MPa}$;
- a deformação das vigas principais é desprezável, neste caso;

- mesa inferior ligada a uma cantoneira com 9,5 mm de espessura por meio de 4 parafusos Ø19 mm, ASTM A325, com o plano de corte passando pela rosca; o espaçamento entre parafusos na direção da força é de 75 mm e o aço da cantoneira tem $f_y = 345 \text{ MPa}$ e $f_u = 450 \text{ MPa}$;
- forma metálica (ver capítulo 4), com 75 mm de altura;
- armadura negativa, dentro da largura efetiva, composta de 4 barras $\phi 12,5 \text{ mm}$, aço CA 50, com $\varepsilon_{su} = 8\%$;
- conectores de cisalhamento de diâmetro 19 mm, com interação total na zona de momento negativo;
- o primeiro conector fica a 100 mm da face da viga de apoio;
- as vigas de apoio têm uma largura de 250 mm ($h_s = 250 \text{ mm}$, ver figura 6.1-b).

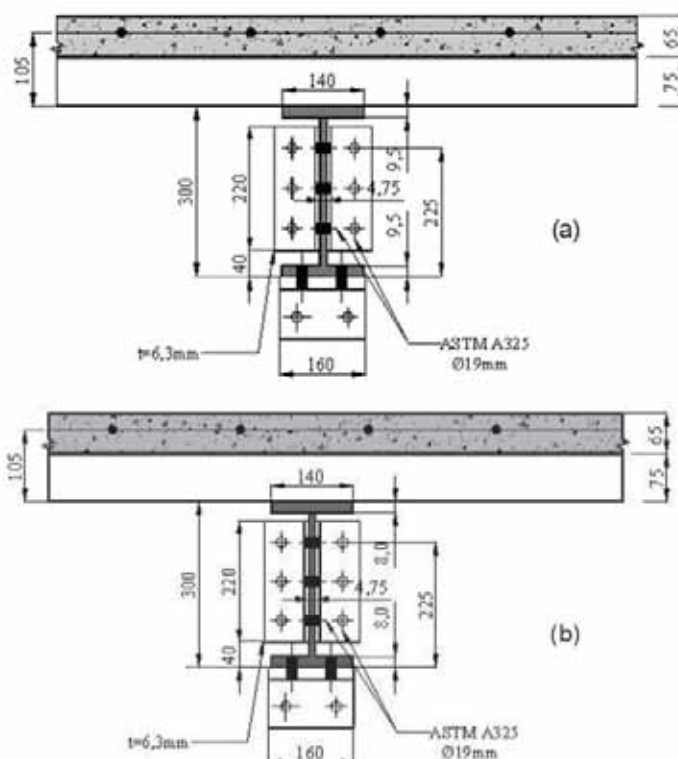


Figura 6.2 - Ligações mistas

SOLUÇÃO

Propriedades dos componentes

a) Barras da armadura (NBR 8800 – item R.2.3)

- rigidez inicial

$$k_s = \frac{2A_{sl}E_s}{h_a} = \frac{2 \times 4,91 \times 21000}{25} = 8249 \text{ kN/cm}$$

- resistência de cálculo

$$F_{sRd} = \frac{f_{ys}A_{sl}}{1,15} = \frac{50 \times 4,91}{1,15} = 213 \text{ kN}$$

- capacidade de deformação

$$\Delta_{us} = L\varepsilon_{smu}$$

$$\varepsilon_{smu} = \varepsilon_{sy} - \beta_t \Delta \varepsilon_{sr} + \delta_0 \left(1 - \frac{\sigma_{sr1}}{f_{ys}} \right) (\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sy})$$

$$\varepsilon_{sy} = \frac{f_{ys}}{E_s} = \frac{50}{21000} = 2,38 \times 10^{-3}$$

$$\beta_t = 0,4$$

$$\Delta \varepsilon_{sr} = \frac{f_{ctm} k_c}{\rho E_s}$$

$$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 0,3 \times 20^{\frac{2}{3}} = 2,21 \text{ MPa} = 0,221 \text{ kN/cm}^2$$

$$\rho = \frac{4,91}{93,75 \times 6,5 - 4,91} =$$

$$0,81 \times 10^{-2} \quad (93,75 \text{ cm} = \text{largura efetiva})$$

Observação: para determinação da largura efetiva ver o exemplo 1 do capítulo 5.

$$k_c = \frac{1}{1 + \frac{t_c}{2y_0}} + 0,3 \leq 1,0$$

$$t_c = 6,5 \text{ cm}$$

y_0 é a distância entre os centros geométricos da seção transformada e da laje de concreto na região de momento negativo (laje não fissurada - largura efetiva de 93,75 cm)

$$E_{cr} = E_c = 4760 \sqrt{f_{ck}} = 21290 \text{ MPa}$$

Razão modular:

$$\frac{200000}{21290} = 9,39$$

Largura transformada:

$$\frac{93,75}{9,39} = 9,98 \text{ cm}$$

$$\text{Área transformada: } 9,98 \times 6,5 = 64,87 \text{ cm}^2$$

Viga V_1 (Seção A) – tabela 6.1

Tabela 6.1. Propriedades elásticas da seção transformada – V_1

| | A cm ² | y cm | A y cm ³ | A y ² cm ⁴ | I _{0x} cm ⁴ |
|--------|----------------------|---------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Laje | 64,87 | 25,75 | 1670 | 43013 | 228 |
| Perfil | 39,95 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6492 |
| Total | 104,82 | - | 1670 | 43013 | 6720 |

Distância da linha neutra elástica da seção transformada ao CG do perfil metálico

$$y_g = \frac{1670}{104,82} = 15,93 \text{ cm}$$

$$y_0 = 15 - 15,93 + 10,75 = 9,82 \text{ cm}$$

$$k_c = \frac{1}{1 + \frac{6,5}{2 \times 9,82}} + 0,3 = 1,051 \Rightarrow k_c = 1,0$$

Viga V_2 (Seção B) – tabela 6.2

Tabela 6.2. Propriedades elásticas da seção transformada – V_2

| | A cm ² | y cm | A y cm ³ | A y ² cm ⁴ | I _{0x} cm ⁴ |
|--------|----------------------|---------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Laje | 64,87 | 25,75 | 1670 | 43013 | 228 |
| Perfil | 35,89 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5683 |
| Total | 100,76 | - | 1670 | 43013 | 5911 |

Distância da linha neutra elástica da seção transformada ao CG do perfil metálico

$$y_g = \frac{1670}{100,70} = 16,58 \text{ cm}$$

$$y_0 = 15 - 16,58 + 10,75 = 9,17 \text{ cm}$$

$$k_c = \frac{1}{1 + \frac{6,5}{2 \times 9,17}} + 0,3 = 1,038 \Rightarrow k_c = 1,0$$

$$L = 200 \text{ mm}$$

(Atendidas as distâncias mínimas do 1º conector até a face e até o centro do elemento de apoio)

Resulta:

$$\Delta \varepsilon_{ar} = \frac{0,221 \times 1,0}{0,81 \times 10^{-2} \times 21000} = 1,3 \times 10^{-3}$$

$$\delta_0 = 0,8$$

$$\sigma_{sr1} = \left(\frac{f_{cm} k_c}{\rho} \right) \left(1 + \frac{\rho E_s}{E_c} \right) =$$

$$\left(\frac{0,221 \times 1.000}{0,81 \times 10^{-2}} \right) \left(1 + \frac{0,81 \times 10^{-2} \times 21000}{2129} \right) = 29,46 \text{ kN/cm}^2$$

$$\varepsilon_{pmu} = 2,38 \times 10^{-3} - 0,4 \times 1,3 \times 10^{-3} +$$

$$0,8 \left(1 - \frac{29,46}{50} \right) (0,08 - 2,38 \times 10^{-3}) = 0,027$$

$$\Delta_{us} = 200 \times 0,027 = 5,47 \text{ mm}$$

b) Conectores de cisalhamento (NBR 8800 – item R.2.4)

- Rigidez inicial

$$k_{cs} = \frac{nk_r}{\alpha}$$

Considerando-se um conector por nervura, na posição de maior resistência, obtém-se $R_g = 1$ e $R_p = 0,75$ para a forma em questão (capítulo 2), donde:

$$k_r = 100 \text{ kN/mm} = 1000 \text{ kN/cm}.$$

O número de conectores n , na região de momento negativo, é definido de forma que a resistência de cálculo dos conectores nessa região seja igual ou superior à das barras da armadura. Conforme capítulo 2, a resistência de cálculo de um conector na situação já definida é $Q_{Rd} = 70,7 \text{ kN}$. Portanto:

$$70,7n \geq 213 \text{ kN} \rightarrow n \geq 3,01$$

→ adotar $n = 3$ conectores $\phi 19 \text{ mm}$

$$\alpha = v - \frac{(v-1)(d+y)}{[d_s(\xi+1)]}$$

$$v = \left[\frac{(\xi+1)nk_r L_1 (d_s)^2}{(E_s I_a)} \right]^{1/2}$$

$L_1 \cong 0,15 \times 750 = 112,5 \text{ cm}$ (esse comprimento é suficiente para instalar 3 conectores com um por nervura)

$$d_s = \frac{30}{2} + 10,5 = 25,5 \text{ cm}$$

$$\xi = \frac{I_a}{d_s^2 A_{ul}}$$

Viga V₁ (Seção A):

$$\xi = \frac{6492}{(25,5^2 \times 4,91)} = 2,03$$

$$v = \sqrt{\frac{(2,03+1)3 \times 1000 \times 112,5 \times 25,5^2}{20000 \times 6492}} = 2,263$$

$$\alpha = 2,263 - \frac{(2,263-1)(30+10,5)}{25,5(2,03+1)} = 1,601$$

$$k_{cs} = \frac{3 \times 1000}{1,601} = 1874 \text{ kN/cm}$$

Viga V₂ (Seção B):

$$\xi = \frac{5683}{(25,5^2 \times 4,91)} = 1,78$$

$$v = \sqrt{\frac{(1,78+1)3 \times 1000 \times 112,5 \times 25,5^2}{20000 \times 5683}} = 2,317$$

$$\alpha = 2,317 - \frac{(2,317-1)(30+10,5)}{25,5(1,78+1)} = 1,565$$

$$k_{cs} = \frac{3 \times 1000}{1,565} = 1917 \text{ kN/cm}$$

- Resistência de cálculo

$$F_{crd} = 70,7 \times 3 = 212,1 \text{ kN} \approx 213 \text{ kN (resistência de cálculo das barras da armadura) OK}$$

- Capacidade de deformação

$$s^{(B)} = \frac{2s^{(A)}F_s^{(B)}}{F_s^{(A)}}$$

$$s^{(A)} = \frac{0,7Q_{rk}}{k_r} = \frac{0,7 \times 1,25 \times 70,7}{1000} = 0,0619 \text{ cm}$$

$$F_s^{(B)} = f_{ys} A_{sl} = 50 \times 4,91 = 245,5 \text{ kN}$$

Viga V₁ (Seção A):

$$F_s^{(A)} = k_{cs} s^{(A)} = 1874 \times 0,0619 = 116 \text{ kN}$$

$$\rightarrow s^{(B)} = \frac{2 \times 0,0619 \times 245,5}{116} = 0,262 \text{ cm} = 2,62 \text{ mm}$$

Viga V₂ (Seção B):

$$F_s^{(A)} = k_{cs} s^{(A)} = 1917 \times 0,0619 = 119 \text{ kN}$$

$$\rightarrow s^{(B)} = \frac{2 \times 0,0619 \times 245,5}{119} = 0,255 \text{ cm} = 2,55 \text{ mm}$$

c) Ligação da alma da viga apoiada (NBR 8800 – item R.2.5.1)

Rotação de apoio da viga V₂ (menos rígida) antes da cura:

$$\varphi = \frac{16\delta_{ac}}{5L} = \frac{16 \times 2,3}{5 \times 750} = 9,81 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

$$\varphi(z_1) = 9,81 \times 10^{-3} \times 225 = 2,2 \text{ mm} < 3,0 \text{ mm}$$

- pode-se desprezar o momento na ligação metálica na fase de concretagem (item R.5.1 da NBR 8800)

Espessura das cantoneiras da alma:
6,3 mm < 0,5x19 = 9,5 mm OK

Distância da LNP da ligação à borda inferior das cantoneiras da alma (ver “Propriedades da ligação mista” à frente):

$$y_{LNP} - 40 = 110 - 40 = 70 \text{ mm} > \frac{L_c}{5} = \frac{220}{5} = 44 \text{ mm OK}$$

- pode-se desprezar a contribuição das cantoneiras da alma na ligação mista

d) Ligação da mesa inferior da viga apoiada (NBR 8800 – item R.2.5.2.3)

- rigidez inicial

$$k_i = \frac{n_l}{\left(\frac{1}{k_{p1}} + \frac{1}{k_{p2}} + \frac{1}{k_b} \right)}$$

$$n_l = 2$$

$$k_{p1} = 24 k_s k_{t1} d_b f_{u1}$$

$$k_s = \left[\frac{S}{4d_b} + 0,375 \right] \leq 1,25$$

$$S = 75 \text{ mm}$$

$$d_b = 3/4" = 19,05 \text{ mm}$$

$$\therefore k_s = \left[\frac{75}{(4 \times 19,05)} + 0,375 \right] = 1,359 > 1,25$$

$$\Rightarrow k_s = 1,25$$

$$k_{t1} = \frac{1,5t_{p1}}{d_m} \leq 2,5$$

$$t_{p1} = 9,5 \text{ mm}$$

$$d_m = 1,6 \text{ cm} = 16 \text{ mm}$$

$$\therefore k_{t1} = \frac{1,5 \times 9,5}{16} = 0,891 < 2,5$$

$$f_{u1} = 450 \text{ MPa} = 45 \text{ kN/cm}^2$$

$$\therefore k_{p1} = 24 \times 1,25 \times 0,891 \times 1,905 \times 45 = 2291 \text{ kN/cm}$$

$$k_{p2} = 24 k_s k_{t2} d_b f_{u2}$$

$$k_{t2} = \frac{1,5 t_{p2}}{d_m} \leq 2,5$$

$$f_{u2} = 460 \text{ MPa} = 46,0 \text{ kN/cm}^2$$

Viga V₁ (Seção A):

$$t_{p2} = 9,5 \text{ mm}$$

$$\therefore k_{t2} = \frac{1,5 \times 9,5}{16} = 0,891 < 2,5$$

$$\therefore k_{p2} = 24 \times 1,25 \times 0,891 \times 1,905 \times 46,0 = 2342 \text{ kN/cm}$$

Viga V₂ (Seção B):

$$t_{p2} = 8 \text{ mm}$$

$$\therefore k_{t2} = \frac{1,5 \times 8}{16} = 0,75 < 2,5$$

$$\therefore k_{p2} = 24 \times 1,25 \times 0,75 \times 1,905 \times 46,0 = 1972 \text{ kN/cm}$$

$$k_b = \frac{16 f_{ub} (d_b)^2}{d_m}$$

$$f_{ub} = 825 \text{ MPa} = 82,5 \text{ kN/cm}^2$$

(ASTM A325, diâmetro 3/4")

$$\therefore k_b = \frac{16 \times 82,5 \times 1,905^2}{1,6} = 2994 \text{ kN/cm}$$

Finalmente,

Viga V₁ (Seção A):

$$k_t = \frac{2}{\left(\frac{1}{2291} + \frac{1}{2342} + \frac{1}{2994} \right)} = 1670 \text{ kN/cm}$$

Viga V₂ (Seção B):

$$k_t = \frac{2}{\left(\frac{1}{2291} + \frac{1}{1972} + \frac{1}{2994} \right)} = 1565 \text{ kN/cm}$$

- resistência de cálculo

$$F_{t,Rd} \leq n_b F_{b,Rd}$$

$$F_{t,Rd} \leq \frac{1,25 f_y A_{f1}}{1,1}$$

$$F_{t,Rd} \leq (f_{L,yd}) A_L \quad (*)$$

(Observação: a solda de composição dos perfis soldados deve ter resistência de cálculo ao cisalhamento igual ou superior à da alma)

$$F_{b,Rd} \leq F_{v,Rd} = \frac{0,4 A_b f_{ub}}{1,35} = \frac{0,4 \times \frac{\pi 1,905^2}{4} \times 82,5}{1,35} = 70 \text{ kN}$$

(NBR 8800, item 6.3.3.2)

$$F_{b,Rd} \leq F_{c,Rd} \leq \frac{1,2 l_f t_f^2}{1,35}$$

(NBR 8800, item 6.3.3.3)

$$F_{b,Rd} \leq F_{c,Rd} \leq \frac{2,4 d_b t_f^2}{1,35}$$

(NBR 8800, item 6.3.3.3)

$$l_f = 75 - 21 = 54 \text{ mm}$$

(21 é o diâmetro do furo; não há rasgamento do furo à borda)

(*) Não foram verificados as resistências de cálculo da cantoneira inferior à tração e ao esmagamento com rasgamento. Pode-se mostrar que o valor final de $F_{t,Rd}$ não seria alterado, caso essas verificações fossem feitas.

Viga V₁ (Seção A):

$$F_{c,Rd} \leq \frac{1,2 \times 5,4 \times 0,95 \times 46}{1,35} = 210 \text{ kN}$$

$$F_{c,Rd} \leq \frac{2,4 \times 1,905 \times 0,95 \times 46}{1,35} = 148 \text{ kN}$$

Viga V₂ (Seção B):

$$F_{c,Rd} \leq \frac{1,2 \times 5,4 \times 0,8 \times 46}{1,35} = 177 \text{ kN}$$

$$F_{c,Rd} \leq \frac{2,4 \times 1,905 \times 0,8 \times 46}{1,35} = 125 \text{ kN}$$

Prevalece, portanto,

$$F_{b,Rd} = 70 \text{ kN (para ambas as vigas)}$$

$$\rightarrow F_{i,Rd} \leq 4 \times 70 = 280 \text{ kN}$$

Viga V₁ (Seção A):

$$F_{i,Rd} \leq \frac{1,25 \times 35 \times 0,95 \times 14}{1,1} = 529 \text{ kN}$$

Viga V₂ (Seção B):

$$F_{i,Rd} \leq \frac{1,25 \times 35 \times 0,8 \times 14}{1,1} = 445 \text{ kN}$$

Finalmente

$F_{i,Rd} = 280 \text{ kN} > 213 \text{ kN}$ (resistência de cálculo das barras da armadura) OK.

- capacidade de deformação

$$\Delta_{ui} = 3 \text{ mm}$$

Propriedades da ligação mista

- Rigidez inicial

$$\frac{M}{\theta} = \frac{(d+y)^2}{\left(\frac{1}{k_s} + \frac{1}{k_{cs}} + \frac{1}{k_i} \right)}$$

Viga V₁ (Seção A):

$$C_1 = \frac{M}{\theta} = \frac{(30+10,5)^2}{\left(\frac{1}{8249} + \frac{1}{1874} + \frac{1}{1670} \right)} = 1308382 \text{ kNcm/rad}$$

Viga V₂ (Seção B):

$$C_2 = \frac{M}{\theta} = \frac{(30+10,5)^2}{\left(\frac{1}{8249} + \frac{1}{1917} + \frac{1}{1565} \right)} = 1279593 \text{ kNcm/rad}$$

- Resistência de cálculo a momento

$$M_{Rd}^+ = 213 \times (30+10,5) = 8627 \text{ kNcm} = 86,27 \text{ kNm}$$

- Capacidade de rotação disponível no estado limite último

$$\theta_u = \frac{(\Delta_{us} + \Delta_{ui} + s^{(B)})}{(d+y)}$$

Viga V₁ (Seção A):

$$\theta_u = \frac{(5,47 + 3 + 2,62)}{(300 + 105)} = 0,0274 \text{ rad} = 27,4 \text{ mrad}$$

Viga V₂ (Seção B):

$$\theta_u = \frac{(5,47 + 3 + 2,55)}{(300 + 105)} = 0,0272 \text{ rad} = 27,2 \text{ mrad}$$

Observação: pode-se aumentar a capacidade de rotação disponível em 10%, porque a construção é não-escorada)

$$\theta_u = 1,1 \times 27,4 = 30,1 \text{ mrad (viga V}_1\text{)}$$

$$\theta_u = 1,1 \times 27,2 = 29,9 \text{ mrad (viga V}_2\text{)}$$

- Posição da linha neutra plástica da ligação mista, a partir da face inferior da viga

$$y_{LNP} = \frac{(d + y)\Delta_{ui}}{\Delta_{us} + \Delta_{ui} + s^{(B)}}$$

Viga V₁ (Seção A):

$$y_{LNP} = \frac{(300 + 105) \times 3,0}{5,47 + 3,0 + 2,62} = 110 \text{ mm}$$

Viga V₂ (Seção B):

$$y_{LNP} = \frac{(300 + 105) \times 3,0}{5,47 + 3,0 + 2,55} = 110 \text{ mm}$$

TABELAS DE RESISTÊNCIA PARA VIGAS MISTAS BIAPOIADAS E SEMICONTÍNUAS

As tabelas a seguir apresentam as propriedades de vigas mistas biapoiadas e semicontínuas nas regiões de momento fletor positivo e negativo para as construções não-escoradas. Foram utilizados os seguintes materiais:

- perfis laminados e soldados com $f_y = 345 \text{ MPa}$;
- laje de concreto ou laje mista com fôrma de aço incorporada com $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$;
- barras de armadura $\phi = 12,5 \text{ mm}$ aço CA 50, posicionada 35 mm abaixo do topo da laje;
- cantoneiras de ligação da alma do perfil com $f_y = 250 \text{ MPa}$, 4"x4"x1/4" com comprimento no mínimo igual a 75% da altura da viga. A cantoneira deve ser posicionada de maneira que o item R.2.5 da NBR 8800 seja atendido;
- cantoneira de ligação da mesa inferior com $f_y = 345 \text{ MPa}$;
- parafusos de ligação ASTM A325.

Na região de momento fletor positivo, além do momento fletor positivo resistente de cálculo (R^+), é fornecido também o momento de inércia efetivo da viga mista (I^+). Considerou-se que 50% da carga total atuante é proveniente da carga permanente, adotando-se um módulo de elasticidade do concreto igual a E_c dividido por 2 para todas as ações.

Na região de momento fletor negativo são fornecidas as seguintes informações:

- o momento fletor resistente de cálculo da ligação mista (R^-);
- a capacidade de rotação da ligação mista (q_u);
- a rigidez inicial da ligação mista (S_i);
- o momento de inércia da seção composta pelo perfil metálico e pelas barras de armadura (I^-).

A resistência à flexão das cantoneiras da alma do perfil de aço não foi considerada no momento fletor resistente de cálculo da ligação mista (R^-), devendo as cantoneiras serem dimensionada para a força cortante solicitante de cálculo. **Porém, a resistência à flexão dessas cantoneiras foi considerada no momento fletor negativo solicitante de cálculo (M_{sd}^-) para a verificação da flambagem lateral com distorção.**

A NBR 8800 estabelece que o momento fletor resistente da ligação mista seja igual ou superior a 30% do momento fletor positivo resistente da viga mista. Conforme comentado anteriormente, a resistência à flexão das cantoneiras da alma não foi considerada no momento fletor resistente de cálculo da ligação mista (R^-). No entanto, essa resistência pode ser considerada para que a condição anterior seja atendida. Isso é feito por meio da coluna (%),

presente entre as regiões de momento fletor positivo e negativo nas tabelas a seguir. Essa coluna representa a porcentagem que o momento fletor negativo resistente de cálculo da ligação mista (R^-) deve ter em relação ao momento fletor positivo resistente de cálculo da viga mista (R^+), considerando-se que a resistência à flexão da cantoneira da alma foi desprezada.

Para a laje mista com fôrma de aço incorporada, considerou-se do lado da segurança que a fôrma de aço encontra-se posicionada perpendicularmente ao eixo longitudinal da viga. A largura do elemento de apoio, paralelamente à armadura, foi considerada igual a 25 cm. Devem ser dispostos conectores de cisalhamento tipo pino com cabeça na região de momento fletor negativo de maneira que a força resistente de cálculo dos mesmos seja igual ou superior à força resistente de cálculo das barras de armadura.

Na tabela A apresentam-se as ligações consideradas.

Tabela A – Ligações Mistas Consideradas

| Ligação | Nº de Barras de Armadura | Cantoneira Inferior ^(a) | | |
|---------|--------------------------|------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | Espessura Mínima [mm] | Largura Mínima [mm] | φ do parafuso [polegadas] |
| L3 | 3 | 9,5 | 120 | 3/4 |
| L4 | 4 | 9,5 | 120 | 3/4 |
| L5 | 5 | 9,5 | 120 | 3/4 |
| L6 | 6 | 9,5 | 120 | 3/4 ^(a) |
| L8 | 8 | 9,5 | 160 | 7/8 ^(b) |
| L10 | 10 | 12,5 | 160 | 1 ^(b) |
| L12 | 12 | 12,5 | 200 | 1 1/4 |

a) considerou-se que a distância entre parafusos na ligação da mesa inferior é igual a 70mm na direção do eixo longitudinal da viga;
b) o plano de corte do parafuso não passa pela área rosqueada.

EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DA TABELA:

Pré-dimensionar uma viga semicontínua, considerando uma laje mista com fôrma de aço incorporada de altura total igual a 140 mm e al-

tura de fôrma de 75 mm, concreto estrutural de densidade normal com $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ e sujeita ao seguinte carregamento:

- peso próprio da laje = 6,25 kN/m;
- revestimento = 2,50 kN/m;
- sobrecarga = 15,0 kN/m.

Dados:

- vão da viga = 8,0 m;
- distância entre vigas = 2,5 m;
- ligação mista nas duas extremidades da viga;
- considerar 75% de interação para a viga mista na região de momento fletor positivo.

SOLUÇÃO:

A carga solicitante de cálculo é:

$$q_{sd} = 1,4(6,25 + 2,50) + 1,5 \times 15,0 = 34,75 \text{ kN/m}$$

Para a viga em questão, a largura colaborante de laje na região de momento fletor positivo é dada pela seguinte equação:

$$b = \frac{7}{10} \left(\frac{1}{8} 8000 \right) 2 = 1400 \text{ mm}$$

Adotando o perfil laminado W310x23,8 e tomando-se o coeficiente $\beta_{vm} = 0,85$, tem-se a seguinte capacidade de rotação necessária conforme a Tabela R.3 do anexo R da NBR 8800):

$$\frac{L}{d_t} = \frac{8000}{309 + 140} \cong 18 \Rightarrow$$

capacidade de rotação necessária = 20 mrad

De acordo com as tabelas de resistência de vigas mistas biapoiadas e semicontínuas para o perfil W310x28,3 com ligação mista L4, interpolando linearmente os valores entre $L/d_t = 15$ e $L/d_t = 20$, tem-se:

- Capacidade de rotação disponível (θ_y):
28 mrad > 20 mrad OK!
- Momento fletor resistente de cálculo da ligação mista (R^-): 8836 kNcm;

Interpolando o valor do momento fletor positivo resistente de cálculo para $b_c = 1400 \text{ mm}$ e $\eta = 0,75$, tem-se: $R^+ = 26637 \text{ kNcm}$. Deve-se verificar se a relação entre os momentos fletores negativo e positivo estão de acordo com o mínimo estabelecido, logo:

$$\frac{R^-}{R^+} 100 = \frac{8836}{26637} 100 = 33\% > 27\%$$

[ver coluna (%)] OK!

Para uma viga semicontínua com ligação mista nas duas extremidades, sujeita a uma carga uniformemente distribuída em todo o vão, tem-se a seguinte capacidade resistente de cálculo:

$$\frac{q_{Rd} l^2}{8} = \beta_{vm} R^+ + R^- \Rightarrow q_{Rd} = \frac{8(\beta_{vm} R^+ + R^-)}{l^2}$$

$$q_{Rd} = \frac{8(0,85 \times 26637 + 8836)}{800^2}$$

$$q_{Rd} = 0,393 \text{ kN/cm} = 39,3 \text{ kN/m} > q_{sd} = 34,2 \text{ kN/m} \quad \text{OK!}$$

Obs.: devem-se verificar ainda os demais estados limites últimos aplicáveis, na fase final e na fase de construção, bem como os estados limites de serviço.

| W 310x21 | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|--------------------------------------|------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------------------|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | |
| L/d _i | Lig. | h _t [mm] | R ⁺ [KNcm] | θ _u [mrad] | [KNcm/ rad] | I ⁺ [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _t [mm] | η [%] | R ⁺ [KNcm] | I ⁺ [cm ⁴] | |
| Laje Maciça | 15 | L3 | 100 | 5890 | 27 | 939368 | 5296 | 1000 | 100 | 100 | 18708 | 11536 | |
| | | | 120 | 6211 | 22 | 1045851 | 5590 | | | 75 | 18106 | 10496 | |
| | | L4 | 100 | --- | --- | --- | --- | | 120 | 50 | 16849 | 9263 | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 20442 | 13085 | |
| | | L5 | 100 | --- | --- | --- | --- | | 120 | 75 | 19490 | 11838 | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 17771 | 10358 | |
| | 20 | L3 | 100 | 5890 | 21 | 904333 | 5296 | 2000 | 100 | 100 | 20255 | 13470 | |
| | | | 120 | 6211 | 16 | 1008611 | 5590 | | | 75 | 19091 | 12171 | |
| | | L4 | 100 | --- | --- | --- | --- | | 120 | 50 | 17287 | 10631 | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 21989 | 15353 | |
| | | L5 | 100 | --- | --- | --- | --- | | 120 | 75 | 20475 | 13802 | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 18210 | 11962 | |
| Laje Mista nF = 50 mm | 15 | L3 | 125 | 6291 | 26 | 1073570 | 5667 | 1000 | 125 | 100 | 20875 | 13212 | |
| | | | 145 | 6611 | 20 | 1188956 | 5993 | | | 75 | 19836 | 11948 | |
| | | L4 | 125 | --- | --- | --- | --- | | 145 | 50 | 18002 | 10448 | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 22609 | 15133 | |
| | | L5 | 125 | --- | --- | --- | --- | | 145 | 75 | 21219 | 13611 | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 18925 | 11806 | |
| | 20 | L3 | 125 | 6291 | 20 | 1035800 | 5667 | 2000 | 125 | 100 | 22423 | 15753 | |
| | | | 145 | 6611 | 14 | 1149164 | 5993 | | | 75 | 20821 | 14148 | |
| | | L4 | 125 | --- | --- | --- | --- | | 145 | 50 | 18440 | 12245 | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 24156 | 17843 | |
| | | L5 | 125 | --- | --- | --- | --- | | 145 | 75 | 22205 | 15958 | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 19363 | 13723 | |
| Laje Mista nF = 75 mm | 15 | L3 | 140 | 6531 | 26 | 1159425 | 5909 | 1000 | 140 | 100 | 21634 | 14121 | |
| | | | 160 | 6851 | 20 | 1280339 | 6255 | | | 75 | 20420 | 12735 | |
| | | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 160 | 50 | 18258 | 11091 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 23910 | 16352 | |
| | | L5 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 160 | 75 | 22257 | 14667 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 19617 | 12669 | |
| | 20 | L3 | 140 | 6531 | 20 | 1120124 | 5909 | 2000 | 140 | 100 | 23723 | 17132 | |
| | | | 160 | 6851 | 14 | 1239142 | 6255 | | | 75 | 21859 | 15342 | |
| | | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 160 | 50 | 19132 | 13220 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 25457 | 19472 | |
| | | L5 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 160 | 75 | 23243 | 17369 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 20055 | 14875 | |
| Laje Mista nF = 50 mm | 15 | L3 | 125 | 6291 | 15 | 1004660 | 5667 | 3000 | 125 | 100 | 22938 | 17015 | |
| | | | 145 | 6611 | --- | 1116251 | 5993 | | | 75 | 21150 | 15241 | |
| | | L4 | 125 | --- | --- | --- | --- | | 145 | 50 | 18586 | 13137 | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 24672 | 19236 | |
| | | L5 | 125 | --- | --- | --- | --- | | 145 | 75 | 22534 | 17165 | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 19509 | 14708 | |
| Laje Mista nF = 75 mm | 15 | L3 | 140 | 6531 | 26 | 1200552 | 6526 | 1000 | 140 | 100 | 23411 | 15467 | |
| | | | 160 | 6883 | 19 | 1323410 | 6877 | | | 75 | 22170 | 13977 | |
| | | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 160 | 50 | 19854 | 12210 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 26614 | 17956 | |
| | | L5 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 160 | 75 | 24560 | 16133 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 21784 | 13970 | |
| | 20 | L3 | 140 | 6563 | 20 | 1154687 | 6526 | 2000 | 140 | 100 | 26626 | 18971 | |
| | | | 160 | 6883 | --- | 1274927 | 6877 | | | 75 | 24213 | 17012 | |
| | | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 160 | 50 | 21279 | 14688 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 28582 | 21610 | |
| | | L5 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 160 | 75 | 25703 | 19297 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 22273 | 16553 | |
| Laje Mista nF = 75 mm | 15 | L3 | 140 | 6563 | 15 | 1117089 | 6526 | 3000 | 140 | 100 | 27282 | 20736 | |
| | | | 160 | 6883 | --- | 1235064 | 6877 | | | 75 | 24594 | 18540 | |
| | | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 160 | 50 | 21448 | 15935 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 29237 | 23426 | |
| | | L5 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 160 | 75 | 26084 | 20869 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 22442 | 17837 | |
| Laje Mista nF = 75 mm | 15 | L3 | 140 | 6627 | 26 | 1268702 | 7752 | 1000 | 140 | 100 | 23411 | 15467 | |
| | | | 160 | 6947 | 18 | 1394355 | 8113 | | | 75 | 22170 | 13977 | |
| | | L4 | 140 | 8836 | 31 | 1501289 | 8414 | | 160 | 50 | 19854 | 12210 | |
| | | | 160 | 9263 | 25 | 1654367 | 8880 | | | 100 | 26614 | 17956 | |
| | | L5 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 160 | 75 | 24560 | 16133 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 21784 | 13970 | |
| | 20 | L3 | 140 | 6627 | 20 | 1211701 | 7752 | 2000 | 140 | 100 | 26626 | 18971 | |
| | | | 160 | 6947 | --- | 1333542 | 8113 | | | 75 | 24213 | 17012 | |
| | | L4 | 140 | 8836 | 27 | 1450684 | 8414 | | 160 | 50 | 21279 | 14688 | |
| | | | 160 | 9263 | 20 | 1601159 | 8880 | | | 100 | 28582 | 21610 | |
| | | L5 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 160 | 75 | 25703 | 19297 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 22273 | 16553 | |
| Laje Mista nF = 75 mm | 15 | L3 | 140 | 6627 | 14 | 1165565 | 7752 | 3000 | 140 | 100 | 27282 | 20736 | |
| | | | 160 | 6947 | --- | 1284197 | 8113 | | | 75 | 24594 | 18540 | |
| | | L4 | 140 | 8836 | 22 | 1408845 | 8414 | | 160 | 50 | 21448 | 15935 | |
| | | | 160 | 9263 | 15 | 1557040 | 8880 | | | 100 | 29237 | 23426 | |
| | | L5 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 160 | 75 | 26084 | 20869 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 22442 | 17837 | |

| W 310x23,8 | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|-------|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _i [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _x [kNcm/rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _i [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | |
| Laje Maciça | 15 | L3 | 100 | 5922 | 26 | 976322 | 5901 | 1000 | 100 | 100 | 20749 | 12777 | |
| | | | 120 | 6243 | 21 | 1084939 | 6200 | | | 26 | 75 | 20089 | 11647 |
| | | L4 | 100 | --- | --- | --- | --- | | 120 | 50 | 18784 | 10307 | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 22704 | 14479 | |
| | | L5 | 100 | --- | --- | --- | --- | | 120 | 75 | 21579 | 13122 | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 19777 | 11511 | |
| | 20 | L3 | 100 | 5922 | 20 | 936028 | 5901 | 2000 | 100 | 100 | 22716 | 15009 | |
| | | | 120 | 6243 | 14 | 1041810 | 6200 | | | 26 | 75 | 21232 | 13581 |
| | | L4 | 100 | --- | --- | --- | --- | | 120 | 50 | 19292 | 11886 | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 24671 | 17062 | |
| | | L5 | 100 | --- | --- | --- | --- | | 120 | 75 | 22722 | 15358 | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 20285 | 13337 | |
| 25 | L3 | 100 | 5922 | 14 | 903187 | 5901 | 3000 | 100 | 100 | 23372 | 16242 | | |
| | | 120 | 6243 | --- | 1006558 | 6200 | | | 26 | 75 | 21613 | 14648 | |
| | L4 | 100 | --- | --- | --- | --- | | 120 | 50 | 19461 | 12757 | | |
| | | 120 | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 25327 | 18601 | | |
| | L5 | 100 | --- | --- | --- | --- | | 120 | 75 | 23103 | 16691 | | |
| | | 120 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 20455 | 14426 | | |
| Laje Mista hF = 50 mm | 15 | L3 | 125 | 6323 | 25 | 1113176 | 6279 | 1000 | 125 | 100 | 22888 | 14532 | |
| | | | 145 | 6643 | 20 | 1230578 | 6611 | | | 26 | 75 | 21595 | 13168 |
| | | L4 | 125 | --- | --- | --- | --- | | 145 | 50 | 19643 | 11549 | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 25148 | 16670 | |
| | | L5 | 125 | --- | --- | --- | --- | | 145 | 75 | 23442 | 15019 | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 21019 | 13060 | |
| | 20 | L3 | 125 | 6323 | 20 | 1069353 | 6279 | 2000 | 125 | 100 | 25160 | 17498 | |
| | | | 145 | 6643 | --- | 1184047 | 6611 | | | 26 | 75 | 23095 | 15736 |
| | | L4 | 125 | --- | --- | --- | --- | | 145 | 50 | 20534 | 13646 | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 27115 | 19833 | |
| | | L5 | 125 | --- | --- | --- | --- | | 145 | 75 | 24585 | 17758 | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 21527 | 15297 | |
| 25 | L3 | 125 | 6323 | 14 | 1033508 | 6279 | 3000 | 125 | 100 | 25816 | 18990 | | |
| | | 145 | 6643 | --- | 1145874 | 6611 | | | 26 | 75 | 23476 | 17028 | |
| | L4 | 125 | --- | --- | --- | --- | | 145 | 50 | 20703 | 14701 | | |
| | | 145 | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 27771 | 21454 | | |
| | L5 | 125 | --- | --- | --- | --- | | 145 | 75 | 24966 | 19162 | | |
| | | 145 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 21697 | 16443 | | |
| Laje Mista hF = 75 mm | 15 | L3 | 140 | 6563 | 26 | 1200552 | 6526 | 1000 | 140 | 100 | 23411 | 15467 | |
| | | | 160 | 6883 | 19 | 1323410 | 6877 | | | 26 | 75 | 22170 | 13977 |
| | | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 160 | 50 | 19854 | 12210 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 26614 | 17956 | |
| | | L5 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 160 | 75 | 24560 | 16133 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 21764 | 13970 | |
| | 20 | L3 | 140 | 6563 | 20 | 1154687 | 6526 | 2000 | 140 | 100 | 26626 | 18971 | |
| | | | 160 | 6883 | --- | 1274927 | 6877 | | | 26 | 75 | 24213 | 17012 |
| | | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 160 | 50 | 21279 | 14688 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 28582 | 21610 | |
| | | L5 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 160 | 75 | 25703 | 19297 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 22737 | 16553 | |
| 25 | L3 | 140 | 6563 | 15 | 1117089 | 6526 | 3000 | 140 | 100 | 27282 | 20736 | | |
| | | 160 | 6883 | --- | 1235064 | 6877 | | | 26 | 75 | 24594 | 18540 | |
| | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 160 | 50 | 21448 | 15935 | | |
| | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 29237 | 23426 | | |
| | L5 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 160 | 75 | 26084 | 20869 | | |
| | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 22442 | 17837 | | |

| W 310x32,7 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|---------------|----------------|----------------------|---------------------|----------------------------|-------|---------------|---------------|-------------------------|-----------------|-----------------------------|--|--|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | |
| L/d | Lig. | h_t [mm] | R' [KNcm] | θ_u [mrad] | S_x [KNcm/rad] | I' [cm ⁴] | % | b_c [mm] | h_t [mm] | η [%] | R^* [KNcm] | I^* [cm ⁴] | | | |
| Laje Maciça | 15 | L3 | 100 | 6051 | 23 | 1082176 | 8231 | 25 | 1000 | 100 | 27057 | 17040 | | | |
| | | | 120 | 6371 | 18 | 1195873 | 8545 | 25 | | 100 | 26736 | 15638 | | | |
| | | L4 | 100 | 8067 | 30 | 1278950 | 8727 | 26 | | 50 | 25455 | 13974 | | | |
| | | | 120 | 8494 | 26 | 1417157 | 9134 | 26 | | 100 | 29663 | 19234 | | | |
| | | L5 | 100 | 10084 | 34 | 1363558 | 9198 | 27 | | 120 | 28877 | 17537 | | | |
| | 20 | | 120 | 10618 | 30 | 1512403 | 9694 | 27 | 2000 | 50 | 26994 | 15525 | | | |
| | | L3 | 100 | 6051 | 16 | 1026507 | 8231 | 25 | | 100 | 30681 | 20327 | | | |
| | | | 120 | 6371 | --- | 1135600 | 8545 | 25 | | 75 | 28961 | 18484 | | | |
| | | L4 | 100 | 8067 | 25 | 1226577 | 8727 | 26 | | 50 | 26581 | 16298 | | | |
| | | | 120 | 8494 | 20 | 1360967 | 9134 | 26 | | 100 | 33361 | 22951 | | | |
| | 25 | L5 | 100 | 10084 | 30 | 1316210 | 9198 | 27 | 3000 | 120 | 30983 | 20756 | | | |
| | | | 120 | 10618 | 26 | 1462308 | 9694 | 27 | | 50 | 27930 | 18153 | | | |
| | | L3 | 100 | 6051 | --- | 982002 | 8231 | 25 | | 100 | 31914 | 22114 | | | |
| | | | 120 | 6371 | --- | 1087318 | 8545 | 25 | | 75 | 29662 | 20031 | | | |
| | | L4 | 100 | 8067 | 21 | 1183865 | 8727 | 26 | | 50 | 26893 | 17561 | | | |
| Laje Mista hF = 50 mm | 15 | | 120 | 8494 | 16 | 1315030 | 9134 | 26 | 1000 | 100 | 34594 | 25055 | | | |
| | | L5 | 100 | 10084 | 27 | 1277139 | 9198 | 27 | | 120 | 31685 | 22579 | | | |
| | | | 120 | 10618 | 22 | 1420845 | 9694 | 27 | | 50 | 28242 | 19641 | | | |
| | 20 | L3 | 125 | 6451 | 24 | 1225314 | 8627 | 26 | 2000 | 100 | 28885 | 18959 | | | |
| | | | 145 | 6771 | 18 | 1347240 | 8975 | 26 | | 125 | 27466 | 17299 | | | |
| | | L4 | 125 | 8601 | 30 | 1453022 | 9242 | 27 | | 50 | 25119 | 15330 | | | |
| | | | 145 | 9028 | 25 | 1601863 | 9693 | 27 | | 100 | 32229 | 21775 | | | |
| | | L5 | 125 | 10751 | 33 | 1551077 | 9825 | 28 | | 145 | 30662 | 19738 | | | |
| | 25 | | 145 | 11285 | 28 | 1711774 | 10374 | 28 | 3000 | 50 | 27953 | 17322 | | | |
| | | L3 | 125 | 6451 | 18 | 1163885 | 8627 | 26 | | 100 | 34031 | 23361 | | | |
| | | | 145 | 6771 | --- | 1281178 | 8975 | 26 | | 75 | 31489 | 21111 | | | |
| | | L4 | 125 | 8601 | 25 | 1395891 | 9242 | 27 | | 50 | 28267 | 18443 | | | |
| | | | 145 | 9028 | 19 | 1541029 | 9693 | 27 | | 100 | 36712 | 26515 | | | |
| Laje Mista hF = 75 mm | 15 | L5 | 125 | 10751 | 29 | 1500326 | 9825 | 28 | 1000 | 145 | 33512 | 23843 | | | |
| | | | 145 | 11285 | 24 | 1658535 | 10374 | 28 | | 50 | 29615 | 20674 | | | |
| | 20 | L3 | 125 | 6451 | --- | 1114652 | 8627 | 26 | 2000 | 100 | 35264 | 25684 | | | |
| | | | 145 | 6771 | --- | 1228122 | 8975 | 26 | | 75 | 32191 | 23123 | | | |
| | | L4 | 125 | 8601 | 21 | 1349155 | 9242 | 27 | | 50 | 28579 | 20086 | | | |
| | 25 | | 145 | 9028 | 15 | 1491138 | 9693 | 27 | | 100 | 37945 | 28981 | | | |
| | | L5 | 125 | 10751 | 26 | 1458289 | 9825 | 28 | 3000 | 145 | 34213 | 25978 | | | |
| | | | 145 | 11285 | 20 | 1614302 | 10374 | 28 | | 50 | 29927 | 22417 | | | |
| | 15 | L3 | 140 | 6691 | 26 | 1316127 | 8885 | 27 | 1000 | 100 | 29338 | 19930 | | | |
| | | | 160 | 7011 | 18 | 1443152 | 9253 | 27 | | 140 | 28010 | 18140 | | | |
| | | L4 | 140 | 8921 | 31 | 1563837 | 9577 | 27 | | 50 | 25250 | 16017 | | | |
| | | | 160 | 9348 | 24 | 1719265 | 10054 | 27 | | 100 | 33087 | 23218 | | | |
| | | L5 | 140 | 11151 | 34 | 1670690 | 10233 | 28 | 2000 | 160 | 31008 | 20988 | | | |
| | 20 | | 160 | 11685 | 28 | 1838731 | 10814 | 28 | | 50 | 27876 | 18342 | | | |
| | | L3 | 140 | 6691 | 20 | 1251224 | 8885 | 27 | | 100 | 36042 | 25062 | | | |
| | | | 160 | 7011 | --- | 1373611 | 9253 | 27 | | 75 | 33006 | 22585 | | | |
| | | L4 | 140 | 8921 | 26 | 1503918 | 9577 | 27 | | 50 | 29278 | 19646 | | | |
| Laje Mista hF = 75 mm | 15 | | 160 | 9348 | 19 | 1655728 | 10054 | 27 | 1000 | 100 | 38723 | 28693 | | | |
| | | L5 | 140 | 11151 | 30 | 1618052 | 10233 | 28 | | 160 | 35029 | 25729 | | | |
| | | | 160 | 11685 | 24 | 1783782 | 10814 | 28 | | 50 | 30627 | 22214 | | | |
| | 20 | L3 | 140 | 6691 | --- | 1199127 | 8885 | 27 | 2000 | 100 | 37275 | 27818 | | | |
| | | | 160 | 7011 | --- | 1317671 | 9253 | 27 | | 140 | 33708 | 24971 | | | |
| | | L4 | 140 | 8921 | 22 | 1454809 | 9577 | 27 | | 50 | 29590 | 21595 | | | |
| | 25 | | 160 | 9348 | 14 | 1603520 | 10054 | 27 | | 100 | 39955 | 31521 | | | |
| | | L5 | 140 | 11151 | 26 | 1574351 | 10233 | 28 | 3000 | 160 | 35730 | 28179 | | | |
| | | | 160 | 11685 | 20 | 1738022 | 10814 | 28 | | 50 | 30939 | 24213 | | | |

| W 310x38,7 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|-------|-------|-------|--|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | | | | |
| L/d | Lig. | h _t [mm] | R' [KNcm] | θ _u [mrad] | S _x [KNcm/ rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _t [mm] | η [%] | R' [KNcm] | I' [cm ⁴] | | | | | |
| Laje Maciça | 15 | L3 | 100 | 6003 | 23 | 1037169 | 10240 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 30587 | 19828 | | | | |
| | | | 120 | 6323 | 17 | 1144816 | 10556 | 26 | | 75 | 100 | 30244 | 18321 | | | | |
| | | L4 | 100 | 8003 | 30 | 1219257 | 10744 | 26 | | 50 | 100 | 28986 | 16534 | | | | |
| | | | 120 | 8430 | 25 | 1349046 | 11155 | 27 | | 100 | 33276 | 22271 | | | | | |
| | | L5 | 100 | 10004 | 34 | 1297806 | 11225 | 27 | | 120 | 75 | 32763 | 20437 | | | | |
| | | | 120 | 10538 | 30 | 1437046 | 11727 | 27 | 50 | 30998 | 18261 | | | | | | |
| | 20 | L3 | 100 | 6003 | 16 | 980978 | 10240 | 25 | 2000 | 100 | 100 | | | 35191 | 23711 | | |
| | | | 120 | 6323 | --- | 1083559 | 10556 | 26 | | 75 | 100 | | | 33674 | 21684 | | |
| | | L4 | 100 | 8003 | 25 | 1165293 | 10744 | 26 | | 50 | 100 | | | 31170 | 19280 | | |
| | | | 120 | 8430 | 20 | 1290548 | 11155 | 27 | | 100 | 38356 | | | 26658 | | | |
| | | L5 | 100 | 10004 | 30 | 1247484 | 11225 | 27 | | 120 | 75 | 36122 | 24237 | | | | |
| | | | 120 | 10538 | 25 | 1383003 | 11727 | 27 | 50 | 32802 | 21364 | | | | | | |
| | 25 | L3 | 100 | 6003 | --- | 936288 | 10240 | 25 | 3000 | 100 | 100 | | | 36909 | 25846 | | |
| | | | 120 | 6323 | --- | 1034778 | 10556 | 26 | | 75 | 100 | | | 34702 | 23533 | | |
| | | L4 | 100 | 8003 | 21 | 1121559 | 10744 | 26 | | 50 | 100 | | | 31627 | 20789 | | |
| | | 120 | 8430 | 15 | 1243060 | 11155 | 27 | 100 | | 40073 | 29129 | | | | | | |
| L5 | | 100 | 10004 | 26 | 1206276 | 11225 | 27 | 120 | | 75 | 37151 | 26376 | | | | | |
| | | 120 | 10538 | 21 | 1338651 | 11727 | 27 | 50 | 33259 | 23111 | | | | | | | |
| Laje Mista hF = 50 mm | 15 | L3 | 125 | 6403 | 25 | 1172626 | 10639 | 26 | 1000 | 100 | | | 100 | 32392 | 21789 | | |
| | | | 145 | 6723 | 17 | 1287528 | 10989 | 27 | | 75 | | | 100 | 30989 | 20019 | | |
| | | L4 | 125 | 8537 | 31 | 1382646 | 11263 | 27 | | 50 | | | 100 | 28907 | 17920 | | |
| | | | 145 | 8964 | 25 | 1521750 | 11719 | 27 | | 100 | | | 35750 | 24945 | | | |
| | | L5 | 125 | 10671 | 34 | 1473131 | 11860 | 28 | | 120 | 75 | 34170 | 22752 | | | | |
| | | | 145 | 11205 | 29 | 1622690 | 12417 | 28 | 50 | 31505 | 20152 | | | | | | |
| | 20 | L3 | 125 | 6403 | 17 | 1110088 | 10639 | 26 | 2000 | 100 | 100 | | | 39147 | 26973 | | |
| | | | 145 | 6723 | --- | 1219814 | 10989 | 27 | | 75 | 100 | | | 36734 | 24509 | | |
| | | L4 | 125 | 8537 | 26 | 1323012 | 11263 | 27 | | 50 | 100 | | | 33210 | 21587 | | |
| | | | 145 | 8964 | 19 | 1457571 | 11719 | 27 | | 100 | 42311 | | | 30594 | | | |
| | | L5 | 125 | 10671 | 30 | 1418170 | 11860 | 28 | | 120 | 75 | 39183 | 27645 | | | | |
| | | | 145 | 11205 | 24 | 1564111 | 12417 | 28 | 50 | 34842 | 24146 | | | | | | |
| | 25 | L3 | 125 | 6403 | --- | 1060270 | 10639 | 26 | 3000 | 100 | 100 | | | 40865 | 29804 | | |
| | | | 145 | 6723 | --- | 1165798 | 10989 | 27 | | 75 | 100 | | | 37763 | 26961 | | |
| | | L4 | 125 | 8537 | 21 | 1274579 | 11263 | 27 | | 50 | 100 | | | 33667 | 23588 | | |
| | | 145 | 8964 | 14 | 1405354 | 11719 | 27 | 100 | | 44029 | 33597 | | | | | | |
| L5 | | 125 | 10671 | 26 | 1373038 | 11860 | 28 | 120 | | 75 | 40211 | 30246 | | | | | |
| | | 145 | 11205 | 20 | 1515898 | 12417 | 28 | 50 | 35299 | 26270 | | | | | | | |
| Laje Mista hF = 75 mm | 15 | L3 | 140 | 6643 | 27 | 1258248 | 10899 | 26 | 1000 | 100 | | | 100 | 32850 | 22760 | | |
| | | | 160 | 6963 | 18 | 1377624 | 11269 | 27 | | 75 | | | 100 | 31541 | 20861 | | |
| | | L4 | 140 | 8857 | 32 | 1486261 | 11602 | 27 | | 50 | | | 100 | 29092 | 18607 | | |
| | | | 160 | 9284 | 25 | 1631117 | 12084 | 27 | | 100 | | | 36597 | 26443 | | | |
| | | L5 | 140 | 11071 | 34 | 1584509 | 12274 | 28 | | 120 | 75 | 34520 | 24050 | | | | |
| | | | 160 | 11605 | 28 | 1740450 | 12864 | 28 | 50 | 31545 | 21211 | | | | | | |
| | 20 | L3 | 140 | 6643 | 20 | 191836 | 10899 | 26 | 2000 | 100 | 100 | | | 41493 | 28760 | | |
| | | | 160 | 6963 | --- | 1305978 | 11269 | 27 | | 75 | 100 | | | 38571 | 26057 | | |
| | | L4 | 140 | 8857 | 27 | 1423218 | 11602 | 27 | | 50 | 100 | | | 34434 | 22850 | | |
| | | | 160 | 9284 | 19 | 1563535 | 12084 | 27 | | 100 | 44684 | | | 32954 | | | |
| | | L5 | 140 | 11071 | 31 | 1526826 | 12274 | 28 | | 120 | 75 | 41019 | 29688 | | | | |
| | | | 160 | 11605 | 24 | 1679223 | 12864 | 28 | 50 | 36067 | 25815 | | | | | | |
| | 25 | L3 | 140 | 6643 | 14 | 1138876 | 10899 | 26 | 3000 | 100 | 100 | | | 43238 | 32111 | | |
| | | | 160 | 6963 | --- | 1248761 | 11269 | 27 | | 75 | 100 | | | 39599 | 28959 | | |
| | | L4 | 140 | 8857 | 23 | 1371948 | 11602 | 27 | | 50 | 100 | | | 34891 | 25219 | | |
| | | 160 | 9284 | 14 | 1508471 | 12084 | 27 | 100 | | 46402 | 36421 | | | | | | |
| L5 | | 140 | 11071 | 27 | 1479377 | 12274 | 28 | 120 | | 75 | 42048 | 32691 | | | | | |
| | | 160 | 11605 | 20 | 1628743 | 12864 | 28 | 50 | 36524 | 28267 | | | | | | | |

| W 360x39 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------|--------------------------|-------|--|--|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _i [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _i [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | | | |
| Laje Maciça | 15 | L4 | 100 | 8921 | 25 | 1519916 | 12939 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 34261 | 24025 | | | |
| | | L6 | 120 | 9348 | 21 | 1665403 | 13389 | 25 | | 75 | 33909 | 22190 | | | | |
| | | | 100 | 13382 | 32 | 1791878 | 14076 | 26 | | 50 | 32538 | 20014 | | | | |
| | | | 120 | 14022 | 28 | 1968245 | 14722 | 26 | | 100 | 36946 | 26815 | | | | |
| | 20 | L4 | 100 | 8921 | 20 | 1449776 | 12939 | 25 | 2000 | 120 | 75 | 36435 | 24607 | | | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 34648 | 21987 | | | | |
| | | L6 | 100 | 8921 | 15 | 1497078 | 12939 | 25 | | 100 | 38901 | 28714 | | | | |
| | | | 120 | 9348 | 20 | 1550003 | 13389 | 25 | | 75 | 37348 | 26251 | | | | |
| | 25 | L6 | 100 | 13382 | 29 | 1732055 | 14076 | 26 | 3000 | 50 | 34826 | 23330 | | | | |
| | | | 120 | 14022 | 25 | 1904996 | 14722 | 26 | | 100 | 42095 | 32015 | | | | |
| | | L8 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | | 75 | 39796 | 29110 | | | | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 36458 | 25664 | | | | |
| | 25 | L4 | 100 | 8921 | 15 | 1393135 | 12939 | 25 | 3000 | 100 | 100 | 40651 | 31250 | | | |
| | | L6 | 120 | 9348 | --- | 1529023 | 13389 | 25 | | 75 | 38376 | 28447 | | | | |
| | | | 100 | 13382 | 25 | 1682564 | 14076 | 26 | | 50 | 35283 | 25123 | | | | |
| | | L8 | 120 | 14022 | 21 | 1852549 | 14722 | 26 | | 100 | 43845 | 34873 | | | | |
| Laje Mista hF = 50 mm | 15 | L4 | 125 | 9455 | 27 | 1702962 | 13507 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 36055 | 26013 | | | |
| | | L6 | 145 | 9882 | 20 | 1858046 | 14001 | 25 | | 75 | 34621 | 23912 | | | | |
| | | | 125 | 14182 | 32 | 2013875 | 14891 | 26 | | 50 | 31850 | 21420 | | | | |
| | | | 145 | 14822 | 27 | 2202681 | 15602 | 26 | | 100 | 39423 | 29619 | | | | |
| | 20 | L4 | 125 | 9455 | 21 | 1626251 | 13507 | 25 | 2000 | 145 | 75 | 37832 | 27035 | | | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 34967 | 23970 | | | | |
| | | L6 | 125 | 9455 | 15 | 1626251 | 13507 | 25 | | 100 | 42893 | 32181 | | | | |
| | | | 145 | 9882 | 15 | 1776072 | 14001 | 25 | | 75 | 40909 | 29254 | | | | |
| | 25 | L6 | 125 | 14182 | 28 | 1949798 | 14891 | 26 | 3000 | 50 | 36866 | 25781 | | | | |
| | | | 145 | 14822 | 24 | 2135410 | 15602 | 26 | | 100 | 46087 | 36271 | | | | |
| | | L8 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | | 75 | 42857 | 32796 | | | | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 38498 | 28673 | | | | |
| | 25 | L4 | 125 | 9455 | 16 | 1564176 | 13507 | 25 | 3000 | 125 | 100 | 44643 | 35539 | | | |
| | | L6 | 145 | 9882 | --- | 1709621 | 14001 | 25 | | 75 | 41437 | 32162 | | | | |
| | | | 125 | 14182 | 25 | 1896631 | 14891 | 26 | | 50 | 37323 | 28156 | | | | |
| | | L8 | 145 | 14822 | 20 | 2079458 | 15602 | 26 | | 100 | 47837 | 39781 | | | | |
| Laje Mista hF = 75 mm | 15 | L4 | 140 | 9775 | 28 | 1818541 | 13874 | 25 | 1000 | 140 | 100 | 36504 | 26969 | | | |
| | | L6 | 160 | 10202 | 21 | 1979545 | 14396 | 25 | | 75 | 35093 | 24740 | | | | |
| | | | 140 | 14662 | 32 | 2154528 | 15419 | 26 | | 50 | 31909 | 22096 | | | | |
| | | L8 | 160 | 15302 | 27 | 2351006 | 16168 | 26 | | 100 | 40266 | 31167 | | | | |
| | 20 | L4 | 140 | 9775 | 23 | 1737883 | 13874 | 25 | 2000 | 160 | 75 | 38175 | 28376 | | | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 34750 | 25064 | | | | |
| | | L6 | 140 | 9775 | 15 | 1893631 | 14396 | 25 | | 100 | 45157 | 34034 | | | | |
| | | | 160 | 10202 | 15 | 1893631 | 14396 | 25 | | 75 | 42245 | 30859 | | | | |
| | 25 | L6 | 140 | 14662 | 29 | 2088036 | 15419 | 26 | 3000 | 160 | 50 | 38090 | 27092 | | | |
| | | | 160 | 15302 | 23 | 2281477 | 16168 | 26 | | 100 | 48482 | 38777 | | | | |
| | | L8 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | | 75 | 44693 | 34966 | | | | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 39723 | 30445 | | | | |
| | 25 | L4 | 140 | 9775 | 18 | 1672527 | 13874 | 25 | 3000 | 140 | 100 | 47038 | 37979 | | | |
| | | L6 | 160 | 10202 | --- | 1823890 | 14396 | 25 | | 75 | 43273 | 34275 | | | | |
| | | | 140 | 14662 | 26 | 2032767 | 15419 | 26 | | 50 | 38547 | 29881 | | | | |
| | | L8 | 160 | 15302 | 20 | 2223542 | 16168 | 26 | | 100 | 50232 | 42815 | | | | |
| 25 | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 3000 | 160 | 75 | 45722 | 38463 | | | | |
| | L6 | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 40180 | 33301 | | | | | |
| | | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | | --- | --- | | | | | | |
| | L8 | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | --- | --- | | | | | | |

| W 360x44 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------|--------------------------|-------|--|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _t [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/ rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _t [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | | |
| Laje Maciça | 15 | L4 | 100 | 8900 | 25 | 1479005 | 14885 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 38343 | 26840 | | |
| | | L6 | 120 | 9327 | 20 | 1619146 | 15339 | 25 | | 75 | 37973 | 24886 | | | |
| | | L6 | 100 | 13350 | 32 | 1736938 | 16050 | 26 | | 50 | 36502 | 22569 | | | |
| | | L8 | 120 | 13990 | 28 | 1905810 | 16706 | 26 | | 100 | 41064 | 29905 | | | |
| | 20 | L4 | 100 | 8900 | 19 | 1408485 | 14885 | 25 | 2000 | 100 | 100 | 43725 | 32253 | | |
| | | L6 | 120 | 9327 | 14 | 1543017 | 15339 | 25 | | 75 | 42207 | 29574 | | | |
| | | L6 | 100 | 13350 | 28 | 1675209 | 16050 | 26 | | 50 | 39628 | 26392 | | | |
| | | L8 | 120 | 13990 | 24 | 1840006 | 16706 | 26 | | 100 | 47397 | 35924 | | | |
| | 25 | L4 | 100 | 8900 | 14 | 1351703 | 14885 | 25 | 3000 | 100 | 100 | 46038 | 35233 | | |
| | | L6 | 120 | 9327 | --- | 1481642 | 15339 | 25 | | 75 | 43522 | 32155 | | | |
| | | L6 | 100 | 13350 | 25 | 1623449 | 16050 | 26 | | 50 | 40122 | 28503 | | | |
| | | L8 | 120 | 13990 | 21 | 1785686 | 16706 | 26 | | 100 | 49709 | 39252 | | | |
| Laje Mista hF = 50 mm | 15 | L4 | 125 | 9433 | 27 | 1655276 | 15458 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 40117 | 28825 | | |
| | | L6 | 145 | 9860 | 20 | 1804260 | 15958 | 25 | | 75 | 38631 | 26605 | | | |
| | | L6 | 125 | 14150 | 32 | 1949438 | 16878 | 26 | | 50 | 35689 | 23972 | | | |
| | | L8 | 145 | 14790 | 27 | 2129706 | 17599 | 26 | | 100 | 43500 | 32793 | | | |
| | 20 | L4 | 125 | 9433 | 21 | 1577735 | 15458 | 25 | 2000 | 100 | 100 | 48247 | 35884 | | |
| | | L6 | 145 | 9860 | 15 | 1721037 | 15958 | 25 | | 75 | 45667 | 32718 | | | |
| | | L6 | 125 | 14150 | 29 | 1882631 | 16878 | 26 | | 50 | 41934 | 28964 | | | |
| | | L8 | 145 | 14790 | 24 | 2058952 | 17599 | 26 | | 100 | 51985 | 40945 | | | |
| | 25 | L4 | 125 | 9433 | 16 | 1515201 | 15458 | 25 | 3000 | 100 | 100 | 48247 | 35884 | | |
| | | L6 | 145 | 9860 | --- | 1653830 | 15958 | 25 | | 75 | 45667 | 32718 | | | |
| | | L6 | 125 | 14150 | 25 | 1827455 | 16878 | 26 | | 50 | 42518 | 31769 | | | |
| | | L8 | 145 | 14790 | 20 | 2000402 | 17599 | 26 | | 100 | 54298 | 44661 | | | |
| Laje Mista hF = 75 mm | 15 | L4 | 140 | 9753 | 28 | 1766339 | 15830 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 40565 | 29760 | | |
| | | L6 | 160 | 10180 | 21 | 1920763 | 16356 | 25 | | 140 | 75 | 39057 | 27415 | | |
| | | L6 | 140 | 14630 | 32 | 2083768 | 17413 | 26 | | 50 | 35728 | 24634 | | | |
| | | L8 | 160 | 15270 | 27 | 2271056 | 18174 | 26 | | 100 | 44333 | 34371 | | | |
| | 20 | L4 | 140 | 9753 | 23 | 1684541 | 15830 | 25 | 2000 | 100 | 100 | 42336 | 31408 | | |
| | | L6 | 160 | 10180 | 15 | 1833250 | 16356 | 25 | | 140 | 50 | 38633 | 27894 | | |
| | | L6 | 140 | 14630 | 30 | 2013990 | 17413 | 26 | | 160 | 100 | 49299 | 37785 | | |
| | | L8 | 160 | 15270 | 23 | 2197422 | 18174 | 26 | | 160 | 75 | 46328 | 34365 | | |
| | 25 | L4 | 140 | 9753 | 19 | 1618508 | 15830 | 25 | 3000 | 100 | 100 | 50627 | 39851 | | |
| | | L6 | 160 | 10180 | --- | 1762503 | 16356 | 25 | | 125 | 75 | 46982 | 36154 | | |
| | | L6 | 140 | 14630 | 26 | 1956276 | 17413 | 26 | | 50 | 42518 | 31769 | | | |
| | | L8 | 160 | 15270 | 20 | 2136396 | 18174 | 26 | | 100 | 54298 | 44661 | | | |
| Laje Mista hF = 90 mm | 15 | L4 | 140 | 9753 | 28 | 1766339 | 15830 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 40565 | 29760 | | |
| | | L6 | 160 | 10180 | 21 | 1920763 | 16356 | 25 | | 140 | 75 | 39057 | 27415 | | |
| | | L6 | 140 | 14630 | 32 | 2083768 | 17413 | 26 | | 50 | 35728 | 24634 | | | |
| | | L8 | 160 | 15270 | 27 | 2271056 | 18174 | 26 | | 100 | 44333 | 34371 | | | |
| | 20 | L4 | 140 | 9753 | 23 | 1684541 | 15830 | 25 | 2000 | 100 | 100 | 42336 | 31408 | | |
| | | L6 | 160 | 10180 | 15 | 1833250 | 16356 | 25 | | 140 | 50 | 38633 | 27894 | | |
| | | L6 | 140 | 14630 | 30 | 2013990 | 17413 | 26 | | 160 | 100 | 49299 | 37785 | | |
| | | L8 | 160 | 15270 | 23 | 2197422 | 18174 | 26 | | 160 | 75 | 46328 | 34365 | | |
| | 25 | L4 | 140 | 9753 | 19 | 1618508 | 15830 | 25 | 3000 | 100 | 100 | 50627 | 39851 | | |
| | | L6 | 160 | 10180 | --- | 1762503 | 16356 | 25 | | 125 | 75 | 46982 | 36154 | | |
| | | L6 | 140 | 14630 | 26 | 1956276 | 17413 | 26 | | 50 | 42518 | 31769 | | | |
| | | L8 | 160 | 15270 | 20 | 2136396 | 18174 | 26 | | 100 | 54298 | 44661 | | | |

| W 360x57,8 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|----|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------|--------------------------|--|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _i [mm] | R' [KNcm] | θ _u [mrad] | S _i [KNcm/rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _i [mm] | η [%] | R' [KNcm] | I' [cm ⁴] | | |
| 15 | L4 | 100 | 9028 | 23 | 1574209 | 18880 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 47044 | 32682 | | |
| | L6 | 120 | 9455 | 19 | 1718692 | 19347 | 25 | | 100 | 75 | 46558 | 30466 | | |
| | L8 | 100 | 13542 | 31 | 1862444 | 20122 | 26 | | 100 | 50 | 44599 | 27838 | | |
| | L8 | 120 | 14182 | 27 | 2037646 | 20802 | 26 | | 100 | 100 | 49872 | 36306 | | |
| | L8 | 100 | 18056 | 35 | 2387181 | 21291 | 27 | | 120 | 75 | 49166 | 33604 | | |
| 20 | L4 | 120 | 18909 | 31 | 2617267 | 22169 | 27 | 2000 | 120 | 50 | 47039 | 30400 | | |
| | L4 | 100 | 9028 | 18 | 1491243 | 18880 | 25 | | 100 | 100 | 53413 | 39648 | | |
| | L6 | 120 | 9455 | --- | 1628861 | 19347 | 25 | | 100 | 75 | 52471 | 36499 | | |
| | L6 | 100 | 13542 | 27 | 1786039 | 20122 | 26 | | 100 | 50 | 49826 | 32763 | | |
| | L8 | 120 | 14182 | 23 | 1955612 | 20802 | 26 | | 120 | 100 | 58027 | 44096 | | |
| 25 | L4 | 100 | 18056 | 32 | 2305205 | 21291 | 27 | 3000 | 120 | 75 | 55984 | 40351 | | |
| | L4 | 120 | 18909 | 28 | 2530066 | 22169 | 27 | | 120 | 50 | 52168 | 35909 | | |
| | L4 | 100 | 9028 | --- | 1425074 | 18880 | 25 | | 100 | 100 | 57066 | 43623 | | |
| | L6 | 120 | 9455 | --- | 1557156 | 19347 | 25 | | 100 | 75 | 54588 | 39942 | | |
| | L6 | 100 | 13542 | 24 | 1723737 | 20122 | 26 | | 100 | 50 | 50768 | 35575 | | |
| Laje Mista hF = 50 mm | L8 | 120 | 14182 | 19 | 1888623 | 20802 | 26 | 1000 | 120 | 100 | 61681 | 48490 | | |
| | L8 | 100 | 18056 | 30 | 2237511 | 21291 | 27 | | 120 | 75 | 58101 | 44156 | | |
| | L8 | 120 | 18909 | 26 | 2457918 | 22169 | 27 | | 120 | 50 | 53110 | 39016 | | |
| | L4 | 125 | 9561 | 26 | 1755867 | 19470 | 25 | 2000 | 125 | 100 | 48681 | 34614 | | |
| | L6 | 145 | 9988 | 20 | 1908852 | 19983 | 25 | | 125 | 75 | 46844 | 32139 | | |
| 20 | L6 | 125 | 14342 | 32 | 2082817 | 19980 | 26 | | 145 | 50 | 43460 | 29204 | | |
| | L8 | 145 | 14982 | 27 | 2269084 | 21726 | 26 | | 145 | 100 | 52173 | 39297 | | |
| | L8 | 125 | 19123 | 35 | 2672706 | 22400 | 27 | | 145 | 75 | 50455 | 36195 | | |
| | L8 | 145 | 19976 | 31 | 2922283 | 23365 | 27 | | 145 | 50 | 46926 | 32515 | | |
| 25 | L4 | 125 | 9561 | 21 | 1664298 | 19470 | 25 | 3000 | 125 | 100 | 57214 | 43504 | | |
| | L6 | 145 | 9988 | --- | 1810251 | 19983 | 25 | | 125 | 75 | 54443 | 39838 | | |
| | L6 | 125 | 14342 | 29 | 1999375 | 20980 | 26 | | 125 | 50 | 50504 | 35490 | | |
| | L8 | 145 | 14982 | 23 | 2180024 | 21726 | 26 | | 145 | 100 | 63795 | 49189 | | |
| | L8 | 125 | 19123 | 32 | 2588222 | 22400 | 27 | | 145 | 75 | 60375 | 44761 | | |
| Laje Mista hF = 75 mm | L8 | 145 | 19976 | 28 | 2828769 | 23365 | 27 | 1000 | 145 | 50 | 55096 | 39510 | | |
| | L4 | 125 | 9561 | 16 | 1591189 | 19470 | 25 | | 125 | 100 | 62835 | 48780 | | |
| | L6 | 145 | 9988 | --- | 1731455 | 19983 | 25 | | 125 | 75 | 58980 | 44408 | | |
| | L6 | 125 | 14342 | 25 | 1931213 | 20980 | 26 | | 125 | 50 | 53695 | 39221 | | |
| | L8 | 145 | 14982 | 19 | 2107159 | 21726 | 26 | | 145 | 100 | 67449 | 54790 | | |
| 20 | L8 | 125 | 19123 | 30 | 2514976 | 22400 | 27 | 2000 | 145 | 75 | 62493 | 49613 | | |
| | L8 | 145 | 19976 | 25 | 2751205 | 23365 | 27 | | 145 | 50 | 56037 | 43471 | | |
| | L4 | 140 | 9882 | 28 | 1869959 | 19851 | 25 | 3000 | 140 | 100 | 49006 | 35488 | | |
| | L6 | 160 | 10308 | 21 | 2028157 | 20392 | 25 | | 140 | 75 | 47154 | 32896 | | |
| | L6 | 140 | 14822 | 32 | 2221673 | 21534 | 26 | | 160 | 50 | 43445 | 29822 | | |
| 15 | L8 | 160 | 15463 | 27 | 2414745 | 22320 | 27 | 1000 | 160 | 100 | 52952 | 40905 | | |
| | L8 | 140 | 19763 | 35 | 2859706 | 23117 | 27 | | 160 | 75 | 50694 | 37588 | | |
| | L8 | 160 | 20617 | 30 | 3114819 | 24134 | 27 | | 160 | 50 | 46524 | 33653 | | |
| | L4 | 140 | 9882 | 23 | 1773127 | 19851 | 25 | | 140 | 100 | 58160 | 45448 | | |
| | L6 | 160 | 10308 | 15 | 1924203 | 20392 | 25 | | 140 | 75 | 55033 | 41522 | | |
| 20 | L6 | 140 | 14822 | 29 | 2134015 | 21534 | 26 | 2000 | 160 | 50 | 50640 | 36864 | | |
| | L8 | 160 | 15463 | 23 | 2321487 | 22320 | 27 | | 160 | 100 | 65568 | 52074 | | |
| | L8 | 140 | 19763 | 33 | 2767433 | 23117 | 27 | | 160 | 75 | 61498 | 47260 | | |
| | L8 | 160 | 20617 | 28 | 3017653 | 24134 | 27 | | 160 | 50 | 55552 | 41550 | | |
| | L4 | 140 | 9882 | 19 | 1695763 | 19851 | 25 | | 140 | 100 | 66295 | 51546 | | |
| 25 | L6 | 160 | 10308 | --- | 1841067 | 20392 | 25 | 3000 | 140 | 75 | 61614 | 46803 | | |
| | L6 | 140 | 14822 | 26 | 2062326 | 21534 | 26 | | 160 | 50 | 55452 | 41177 | | |
| | L8 | 160 | 15463 | 19 | 2245098 | 22320 | 27 | | 160 | 100 | 70910 | 58508 | | |
| | L8 | 140 | 19763 | 31 | 2690936 | 23117 | 27 | | 160 | 75 | 65127 | 52832 | | |
| | L8 | 160 | 20617 | 25 | 2936938 | 24134 | 27 | | 160 | 50 | 57794 | 46100 | | |

| W 410x38,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|---------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _i [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/ rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c | h _i [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | | | | | | |
| Laje Maciça | 15 | L4 | 100 | 9903 | 20 | 1781557 | 15906 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 38019 | 29316 | | | | | | |
| | | L6 | 120 | 10330 | 16 | 1935363 | 16397 | 25 | | 75 | 37691 | 27100 | | | | | | | |
| | | | 100 | 14854 | 27 | 2096567 | 17271 | 26 | | 50 | 36075 | 24472 | | | | | | | |
| | | | 120 | 15495 | 24 | 2282750 | 17976 | 26 | | 100 | 40690 | 32489 | | | | | | | |
| | L8 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 120 | | 75 | 40201 | 29848 | | | | | | | |
| | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | | 38397 | 26716 | | | | | | | | |
| | | 20 | L4 | 100 | 9903 | 15 | 1699230 | 15906 | | 25 | 2000 | 100 | 100 | | | 42651 | 34924 | | |
| | | | L6 | 120 | 10330 | --- | 1847428 | 16397 | | 25 | | 75 | 41105 | | | 31957 | | | |
| | 100 | | | 14854 | 24 | 2026529 | 17271 | 26 | 50 | 38625 | | 28438 | | | | | | | |
| | 120 | | | 15495 | 20 | 2209053 | 17976 | 26 | 100 | 45851 | | 38608 | | | | | | | |
| | L8 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 120 | 75 | 43554 | | 35147 | | | | | | | |
| | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | 40257 | 31042 | | | | | | | | | |
| | | 25 | L4 | 100 | 9903 | --- | 1632757 | 15906 | 25 | 3000 | | 100 | 100 | 44408 | 37914 | | | | |
| | | | L6 | 120 | 10330 | --- | 1776322 | 16397 | 25 | | | 75 | 42134 | 34546 | | | | | |
| | 100 | | | 14854 | 21 | 1968591 | 17271 | 26 | 50 | | 39082 | 30552 | | | | | | | |
| | 120 | | | 15495 | 17 | 2147959 | 17976 | 26 | 100 | | 47608 | 41900 | | | | | | | |
| L8 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 120 | 75 | 44582 | | 37998 | | | | | | | | |
| | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | 40714 | 33370 | | | | | | | | | | |
| | Laje Mista hF = 50 mm | 15 | L4 | 125 | 10436 | 23 | 1974956 | 16526 | 25 | | 1000 | 125 | 100 | 39842 | 31293 | | | | |
| | | | L6 | 145 | 10863 | 17 | 2137981 | 17061 | 26 | | | 75 | 38267 | 28813 | | | | | |
| 125 | | | | 15655 | 28 | 2330771 | 18160 | 27 | 50 | 35017 | | 25870 | | | | | | | |
| 145 | | | | 16295 | 24 | 2528874 | 18930 | 27 | 100 | 43186 | | 35396 | | | | | | | |
| L8 | | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | 145 | 75 | 41620 | | 32366 | | | | | | | |
| | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | 38430 | 28771 | | | | | | | | | |
| | | 20 | L4 | 125 | 10436 | 17 | 1885616 | 16526 | 25 | 2000 | | 125 | 100 | 46651 | 38564 | | | | |
| | | | L6 | 145 | 10863 | --- | 2043018 | 17061 | 26 | | | 75 | 44166 | 35110 | | | | | |
| 125 | | | | 15655 | 24 | 2256186 | 18160 | 27 | 50 | | 40665 | 31012 | | | | | | | |
| 145 | | | | 16295 | 20 | 2450850 | 18930 | 27 | 100 | | 49851 | 43163 | | | | | | | |
| L8 | | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | 145 | 75 | | 46614 | 39092 | | | | | | | |
| | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | 42297 | | 34263 | | | | | | | | |
| | | 25 | L4 | 125 | 10436 | --- | 1813346 | 16526 | 25 | | 3000 | 125 | 100 | 48408 | 42510 | | | | |
| | | | L6 | 145 | 10863 | --- | 1966081 | 17061 | 26 | | | 75 | 45195 | 38526 | | | | | |
| 125 | | | | 15655 | 21 | 2194322 | 18160 | 27 | 50 | 41122 | | 33801 | | | | | | | |
| 145 | | | | 16295 | 17 | 2385994 | 18930 | 27 | 100 | 51608 | | 47231 | | | | | | | |
| L8 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | 145 | 75 | 47643 | 42615 | | | | | | | | | |
| | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | 42754 | 37140 | | | | | | | | | | |
| | Laje Mista hF = 75 mm | 15 | L4 | 140 | 10757 | 24 | 2096521 | 16924 | 26 | 1000 | | 140 | 100 | 40298 | 32215 | | | | |
| | | | L6 | 160 | 11183 | 18 | 2265221 | 17487 | 26 | | | 75 | 38630 | 29611 | | | | | |
| 140 | | | | 16135 | 29 | 2478438 | 18733 | 27 | 50 | | 35001 | 26522 | | | | | | | |
| 160 | | | | 16775 | 24 | 2683877 | 19541 | 27 | 100 | | 44040 | 36980 | | | | | | | |
| L8 | | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 160 | 75 | | 41972 | 33738 | | | | | | | |
| | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | 38066 | | 29891 | | | | | | | | |
| | | 20 | L4 | 140 | 10757 | 19 | 2002964 | 16924 | 26 | | 2000 | 140 | 100 | 48896 | 40467 | | | | |
| | | | L6 | 160 | 11183 | --- | 2166042 | 17487 | 26 | | | 75 | 46002 | 36757 | | | | | |
| 140 | | | | 16135 | 25 | 2401256 | 18733 | 27 | 50 | 41889 | | 32357 | | | | | | | |
| 160 | | | | 16775 | 20 | 2603405 | 19541 | 27 | 100 | 52252 | | 45802 | | | | | | | |
| L8 | | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 160 | 75 | 48451 | | 41378 | | | | | | | |
| | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | 43522 | 36129 | | | | | | | | | |
| | | 25 | L4 | 140 | 10757 | 15 | 1927195 | 16924 | 26 | 3000 | | 140 | 100 | 50808 | 45068 | | | | |
| | | | L6 | 160 | 11183 | --- | 2085593 | 17487 | 26 | | | 75 | 47031 | 40742 | | | | | |
| 140 | | | | 16135 | 22 | 2337134 | 18733 | 27 | 50 | | 42346 | 35610 | | | | | | | |
| 160 | | | | 16775 | 17 | 2536403 | 19541 | 27 | 100 | | 54009 | 50465 | | | | | | | |
| L8 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 160 | 75 | 49479 | | 45416 | | | | | | | | |
| | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | 43979 | 39442 | | | | | | | | | | |

| W 410x53 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|-------|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _i [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/ rad] | I' [cm ⁴] | % | b _m [mm] | h _i [mm] | η [%] | R* [kNcm] | I* [cm ⁴] | | |
| Laje Maciça | 15 | L4 | 100 | 9988 | 19 | 1848090 | 21987 | 24 | 1000 | 100 | 100 | 49749 | 38111 | |
| | | | 120 | 10415 | 15 | 2001979 | 22494 | 25 | | 75 | 49313 | 35515 | | |
| | | L6 | 100 | 14982 | 27 | 2185016 | 23455 | 26 | | 50 | 46971 | 32436 | | |
| | | | 120 | 15623 | 23 | 2371722 | 24191 | 26 | | 100 | 52534 | 42087 | | |
| | | L8 | 100 | 19976 | 30 | 2797364 | 24832 | 27 | | 75 | 51889 | 38958 | | |
| | | | 120 | 20830 | 27 | 3042478 | 25781 | 27 | | 50 | 49573 | 35247 | | |
| | 20 | L4 | 100 | 9988 | 14 | 1751262 | 21987 | 24 | 2000 | 100 | 100 | 55875 | 45963 | |
| | | | 120 | 10415 | --- | 1897944 | 22494 | 25 | | 75 | 54745 | 42315 | | |
| | | L6 | 100 | 14982 | 23 | 2096527 | 23455 | 26 | | 50 | 52118 | 37988 | | |
| | | | 120 | 15623 | 19 | 2277426 | 24191 | 26 | | 100 | 60229 | 50732 | | |
| | | L8 | 100 | 19976 | 28 | 2703341 | 24832 | 27 | | 75 | 58045 | 46445 | | |
| | | | 120 | 20830 | 24 | 2943209 | 25781 | 27 | | 50 | 54318 | 41360 | | |
| | 25 | L4 | 100 | 9988 | --- | 1673990 | 21987 | 24 | 3000 | 100 | 100 | 59127 | 50357 | |
| | | | 120 | 10415 | --- | 1814855 | 22494 | 25 | | 75 | 56614 | 46121 | | |
| | | L6 | 100 | 14982 | 19 | 2024302 | 23455 | 26 | | 50 | 52949 | 41095 | | |
| | | | 120 | 15623 | 15 | 2200352 | 24191 | 26 | | 100 | 63481 | 55506 | | |
| | | L8 | 100 | 19976 | 25 | 2625591 | 24832 | 27 | | 75 | 59914 | 50580 | | |
| | | | 120 | 20830 | 22 | 2860968 | 25781 | 27 | | 50 | 55149 | 44736 | | |
| Laje Mista hF = 50 mm | 15 | L4 | 125 | 10522 | 23 | 2041489 | 22626 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 51430 | 39975 | |
| | | | 145 | 10949 | 16 | 2203747 | 23178 | 26 | | 125 | 75 | 49298 | 37129 | |
| | | L6 | 125 | 15783 | 28 | 2419749 | 24383 | 27 | | 50 | 45535 | 33753 | | |
| | | | 145 | 16423 | 23 | 2617354 | 25184 | 27 | | 100 | 54890 | 45106 | | |
| | | L8 | 125 | 21044 | 31 | 3105644 | 26029 | 27 | | 75 | 53201 | 41573 | | |
| | | | 145 | 21897 | 27 | 3365997 | 27065 | 28 | | 145 | 50 | 49242 | 37382 | |
| | 20 | L4 | 125 | 10522 | 17 | 1935633 | 22626 | 25 | 2000 | 100 | 100 | 59816 | 49878 | |
| | | | 145 | 10949 | --- | 2090532 | 23178 | 26 | | 125 | 75 | 57117 | 45706 | |
| | | L6 | 125 | 15783 | 25 | 2324003 | 24383 | 27 | | 50 | 53258 | 40756 | | |
| | | | 145 | 16423 | 19 | 2515830 | 25184 | 27 | | 100 | 65671 | 55975 | | |
| | | L8 | 125 | 21044 | 29 | 3005090 | 26029 | 27 | | 75 | 62170 | 50986 | | |
| | | | 145 | 21897 | 24 | 3260422 | 27065 | 28 | | 145 | 50 | 57069 | 45067 | |
| | 25 | L4 | 125 | 10522 | --- | 1851071 | 22626 | 25 | 3000 | 100 | 100 | 64569 | 55659 | |
| | | | 145 | 10949 | --- | 2000010 | 23178 | 26 | | 125 | 75 | 60739 | 50712 | |
| | | L6 | 125 | 15783 | 21 | 2245717 | 24383 | 27 | | 50 | 55699 | 44844 | | |
| | | | 145 | 16423 | 16 | 2432697 | 25184 | 27 | | 100 | 68923 | 62025 | | |
| | | L8 | 125 | 21044 | 26 | 2921746 | 26029 | 27 | | 75 | 64039 | 56225 | | |
| | | | 145 | 21897 | 21 | 3172749 | 27065 | 28 | | 145 | 50 | 57899 | 49346 | |
| Laje Mista hF = 75 mm | 15 | L4 | 140 | 10842 | 24 | 2162545 | 23037 | 26 | 1000 | 100 | 100 | 51603 | 40793 | |
| | | | 160 | 11269 | 18 | 2329930 | 23617 | 26 | | 140 | 75 | 49526 | 37837 | |
| | | L6 | 140 | 16263 | 29 | 2567122 | 24979 | 27 | | 50 | 45457 | 34332 | | |
| | | | 160 | 16903 | 24 | 2771420 | 25821 | 27 | | 100 | 55692 | 46717 | | |
| | | L8 | 140 | 21684 | 31 | 3299746 | 26799 | 28 | | 75 | 53305 | 42968 | | |
| | | | 160 | 22538 | 27 | 3569464 | 27886 | 28 | | 160 | 50 | 48722 | 38521 | |
| | 20 | L4 | 140 | 10842 | 20 | 2051181 | 23037 | 26 | 2000 | 100 | 100 | 60801 | 51822 | |
| | | | 160 | 11269 | --- | 2211125 | 23617 | 26 | | 140 | 75 | 57737 | 47389 | |
| | | L6 | 140 | 16263 | 26 | 2467039 | 24979 | 27 | | 50 | 53276 | 42131 | | |
| | | | 160 | 16903 | 20 | 2665589 | 25821 | 27 | | 100 | 68134 | 58921 | | |
| | | L8 | 140 | 21684 | 29 | 3195408 | 26799 | 28 | | 75 | 64136 | 53537 | | |
| | | | 160 | 22538 | 24 | 3460260 | 27886 | 28 | | 160 | 50 | 58286 | 47150 | |
| | 25 | L4 | 140 | 10842 | 15 | 1962159 | 23037 | 26 | 3000 | 100 | 100 | 67835 | 58468 | |
| | | | 160 | 11269 | --- | 2116063 | 23617 | 26 | | 140 | 75 | 63214 | 53145 | |
| | | L6 | 140 | 16263 | 23 | 2385116 | 24979 | 27 | | 50 | 57349 | 46830 | | |
| | | | 160 | 16903 | 16 | 2578830 | 25821 | 27 | | 100 | 72188 | 65836 | | |
| | | L8 | 140 | 21684 | 27 | 3108803 | 26799 | 28 | | 75 | 66514 | 59526 | | |
| | | | 160 | 22538 | 21 | 3369440 | 27886 | 28 | | 160 | 50 | 59549 | 52040 | |

| W 410x60 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|---------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|-------|-------|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _i [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/ rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _i [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | |
| Laje Maciça | 15 | L4 | 100 | 10074 | 19 | 1912839 | 25031 | 24 | 1000 | 100 | 100 | 55014 | 42283 | |
| | | L6 | 120 | 10500 | 14 | 2069340 | 25545 | 25 | | 75 | 100 | 54518 | 39527 | |
| | | L8 | 100 | 15110 | 26 | 2270642 | 26547 | 26 | | 50 | 100 | 51974 | 36257 | |
| | | L8 | 120 | 15751 | 22 | 2461168 | 27295 | 26 | | 100 | 100 | 57853 | 46593 | |
| | 20 | L4 | 100 | 10074 | --- | 1807668 | 25031 | 24 | 2000 | 100 | 100 | 61466 | 51125 | |
| | | L6 | 120 | 10500 | --- | 1956238 | 25545 | 25 | | 75 | 100 | 60774 | 47184 | |
| | | L8 | 100 | 15110 | 22 | 2172198 | 26547 | 26 | | 50 | 100 | 58208 | 42509 | |
| | | L8 | 120 | 15751 | 18 | 2355998 | 27295 | 26 | | 100 | 100 | 66313 | 56370 | |
| | 25 | L4 | 100 | 10074 | --- | 1724151 | 25031 | 24 | 3000 | 100 | 100 | 64500 | 51726 | |
| | | L6 | 120 | 10500 | --- | 1866367 | 25545 | 25 | | 75 | 100 | 60692 | 46217 | |
| | | L8 | 100 | 15110 | 19 | 2092280 | 26547 | 26 | | 50 | 100 | 65497 | 56177 | |
| | | L8 | 120 | 15751 | 15 | 2270518 | 27295 | 26 | | 75 | 100 | 63156 | 51559 | |
| | Laje Mista hF = 50 mm | 15 | L4 | 125 | 10607 | 22 | 2109482 | 25679 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 56602 | 44072 |
| | | | L6 | 145 | 11034 | 16 | 2274177 | 26239 | 25 | | 75 | 100 | 54331 | 41076 |
| | | | L8 | 125 | 15911 | 28 | 2510129 | 27490 | 27 | | 50 | 100 | 50449 | 37521 |
| | | | L8 | 145 | 16551 | 23 | 2711379 | 28305 | 27 | | 100 | 100 | 60141 | 49619 |
| | | 20 | L4 | 125 | 10607 | 17 | 1994372 | 25679 | 25 | 2000 | 100 | 100 | 58369 | 45879 |
| | | | L6 | 145 | 11034 | --- | 2150938 | 26239 | 25 | | 50 | 100 | 54226 | 41444 |
| L8 | | | 125 | 15911 | 25 | 2403272 | 27490 | 27 | 100 | | 100 | 65215 | 55089 | |
| L8 | | | 145 | 16551 | 19 | 2597762 | 28305 | 27 | 75 | | 100 | 62420 | 50616 | |
| 25 | | L4 | 125 | 10607 | --- | 1902890 | 25679 | 25 | 3000 | 100 | 100 | 58439 | 45311 | |
| | | L6 | 145 | 11034 | --- | 2052925 | 26239 | 25 | | 100 | 100 | 71831 | 61829 | |
| | | L8 | 125 | 15911 | 21 | 2316395 | 27490 | 27 | | 75 | 100 | 68372 | 56453 | |
| | | L8 | 145 | 16551 | 15 | 2505272 | 28305 | 27 | | 50 | 100 | 63065 | 50077 | |
| Laje Mista hF = 75 mm | | 15 | L4 | 140 | 10927 | 24 | 2232380 | 26095 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 71556 | 61693 |
| | | | L6 | 160 | 11354 | 17 | 2402087 | 26683 | 26 | | 75 | 100 | 67813 | 56336 |
| | | | L8 | 140 | 16391 | 28 | 2860249 | 28097 | 27 | | 50 | 100 | 50355 | 38062 |
| | | | L8 | 160 | 17031 | 24 | 2868078 | 28952 | 27 | | 100 | 100 | 60916 | 51223 |
| | | 20 | L4 | 160 | 121855 | 31 | 3426259 | 29983 | 28 | 2000 | 100 | 100 | 75840 | 62769 |
| | | | L6 | 160 | 12708 | 27 | 3701010 | 31091 | 28 | | 50 | 100 | 53670 | 42578 |
| | L8 | | 140 | 10927 | 19 | 2111187 | 26095 | 25 | 100 | | 100 | 86147 | 57017 | |
| | L8 | | 160 | 11354 | --- | 2272654 | 26683 | 26 | 75 | | 100 | 63004 | 52286 | |
| | 25 | L4 | 140 | 16391 | 26 | 2548324 | 28097 | 27 | 3000 | 100 | 100 | 58385 | 46675 | |
| | | L6 | 160 | 17031 | 20 | 2749384 | 28952 | 27 | | 50 | 100 | 73586 | 64674 | |
| | | L8 | 140 | 21855 | 29 | 3306483 | 29983 | 28 | | 75 | 100 | 69486 | 59082 | |
| | | L8 | 160 | 22708 | 24 | 3574998 | 31091 | 28 | | 50 | 100 | 63517 | 52223 | |
| | 25 | L4 | 140 | 10927 | 15 | 2014820 | 26095 | 25 | 160 | 100 | 100 | 74785 | 64561 | |
| | | L6 | 160 | 11354 | --- | 2169655 | 26683 | 26 | | 75 | 100 | 70114 | 58819 | |
| | | L8 | 140 | 16391 | 23 | 2457240 | 28097 | 27 | | 50 | 100 | 63829 | 52009 | |
| | | L8 | 160 | 17031 | 16 | 2652667 | 28952 | 27 | | 100 | 100 | 80039 | 72796 | |
| | | L8 | 140 | 21855 | 27 | 3207689 | 29983 | 28 | | 75 | 100 | 74334 | 65951 | |
| | | L8 | 160 | 22708 | 21 | 3470883 | 31091 | 28 | | 50 | 100 | 66718 | 57832 | |

| W 460x52 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|-------|-------|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _t [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/ rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _t [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | |
| Laje Maciça | 15 | L4 | 100 | 10991 | 16 | 2204380 | 25215 | 24 | 1000 | 100 | 100 | 53589 | 44188 | |
| | | | 120 | 11418 | --- | 2371793 | 25763 | 24 | | | 75 | 53001 | 41131 | |
| | | L6 | 100 | 16487 | 23 | 2616645 | 26946 | 25 | | | 50 | 49847 | 37505 | |
| | | | 120 | 17127 | 20 | 2820937 | 27742 | 26 | | | 100 | 56381 | 48622 | |
| | | L8 | 100 | 21983 | 27 | 3359165 | 28566 | 26 | | | 75 | 55724 | 44971 | |
| | | | 120 | 22836 | 24 | 3628554 | 29593 | 27 | | | 50 | 52717 | 40640 | |
| | 20 | L4 | 100 | 10991 | --- | 2087138 | 25215 | 24 | 2000 | 100 | 100 | 59647 | 53246 | |
| | | | 120 | 11418 | --- | 2246693 | 25763 | 24 | | | 75 | 58403 | 48975 | |
| | | L6 | 100 | 16487 | 19 | 2509471 | 26946 | 25 | | | 50 | 55730 | 43910 | |
| | | | 120 | 17127 | 16 | 2707499 | 27742 | 26 | | | 100 | 63887 | 58468 | |
| | | L8 | 100 | 21983 | 24 | 3245682 | 28566 | 26 | | | 75 | 61597 | 53498 | |
| | | | 120 | 22836 | 21 | 3509552 | 29593 | 27 | | | 50 | 57859 | 47602 | |
| | 25 | L4 | 100 | 10991 | --- | 1993717 | 25215 | 24 | 3000 | 100 | 100 | 62731 | 58252 | |
| | | | 120 | 11418 | --- | 2146927 | 25763 | 24 | | | 75 | 60153 | 53310 | |
| | | L6 | 100 | 16487 | 16 | 2422070 | 26946 | 25 | | | 50 | 56507 | 47449 | |
| | | | 120 | 17127 | --- | 2614858 | 27742 | 26 | | | 100 | 66971 | 63823 | |
| | | L8 | 100 | 21983 | 22 | 3151872 | 28566 | 26 | | | 75 | 63347 | 58136 | |
| | | | 120 | 22836 | 18 | 3410994 | 29593 | 27 | | | 50 | 58636 | 51389 | |
| Laje Mista hF = 50 mm | 15 | L4 | 125 | 11525 | 19 | 2414698 | 25906 | 24 | 1000 | 125 | 100 | 54996 | 45933 | |
| | | | 145 | 11952 | --- | 2590593 | 26501 | 24 | | | 75 | 52308 | 42642 | |
| | | L6 | 125 | 17287 | 25 | 2873390 | 27949 | 26 | | | 50 | 47972 | 38738 | |
| | | | 145 | 17928 | 20 | 3088818 | 28811 | 26 | | | 100 | 58727 | 51647 | |
| | | L8 | 125 | 23050 | 28 | 3697841 | 29860 | 27 | | | 145 | 75 | 56752 | 47591 |
| | | | 145 | 23903 | 24 | 3982885 | 30972 | 27 | | | 50 | 52029 | 42779 | |
| | 20 | L4 | 125 | 11525 | 14 | 2287615 | 25906 | 24 | 2000 | 125 | 100 | 63660 | 57209 | |
| | | | 145 | 11952 | --- | 2455509 | 26501 | 24 | | | 75 | 60963 | 52408 | |
| | | L6 | 125 | 17287 | 21 | 2758391 | 27949 | 26 | | | 50 | 56855 | 46712 | |
| | | | 145 | 17928 | 16 | 2967606 | 28811 | 26 | | | 100 | 69187 | 63903 | |
| | | L8 | 125 | 23050 | 25 | 3577491 | 29860 | 27 | | | 145 | 75 | 65589 | 58204 |
| | | | 145 | 23903 | 21 | 3857287 | 30972 | 27 | | | 50 | 60520 | 51445 | |
| | 25 | L4 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | 3000 | 125 | 100 | 68031 | 63736 | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 64145 | 58060 | |
| | | L6 | 125 | 17287 | 18 | 2664442 | 27949 | 26 | | | 50 | 59169 | 51327 | |
| | | | 145 | 17928 | --- | 2868435 | 28811 | 26 | | | 100 | 72271 | 70658 | |
| | | L8 | 125 | 23050 | 23 | 3477771 | 29860 | 27 | | | 145 | 75 | 67339 | 64054 |
| | | | 145 | 23903 | 18 | 3753019 | 30972 | 27 | | | 50 | 61298 | 56222 | |
| Laje Mista hF = 75 mm | 15 | L4 | 140 | 11845 | 21 | 2545974 | 26349 | 24 | 1000 | 140 | 100 | 54859 | 46665 | |
| | | | 160 | 12272 | 15 | 2727065 | 26970 | 24 | | | 75 | 52402 | 43276 | |
| | | L6 | 140 | 17767 | 25 | 3034113 | 28590 | 26 | | | 50 | 47807 | 39257 | |
| | | | 160 | 18408 | 21 | 3256374 | 29492 | 26 | | | 100 | 59504 | 53248 | |
| | | L8 | 140 | 23690 | 28 | 3910431 | 30688 | 27 | | | 160 | 75 | 56584 | 48977 |
| | | | 160 | 24544 | 24 | 4205085 | 31852 | 27 | | | 50 | 51333 | 43911 | |
| | 20 | L4 | 140 | 11845 | 16 | 2412900 | 26349 | 24 | 2000 | 140 | 100 | 64649 | 59137 | |
| | | | 160 | 12272 | --- | 2585912 | 26970 | 24 | | | 75 | 61577 | 54078 | |
| | | L6 | 140 | 17767 | 23 | 2914448 | 28590 | 26 | | | 50 | 56600 | 48076 | |
| | | | 160 | 18408 | 17 | 3130540 | 29492 | 26 | | | 100 | 71966 | 66925 | |
| | | L8 | 140 | 23690 | 26 | 3786122 | 30688 | 27 | | | 160 | 75 | 67984 | 60822 |
| | | | 160 | 24544 | 21 | 4075712 | 31852 | 27 | | | 50 | 62117 | 53582 | |
| | 25 | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 3000 | 140 | 100 | 71211 | 66595 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 66541 | 60536 | |
| | | L6 | 140 | 17767 | 20 | 2816581 | 28590 | 26 | | | 50 | 60766 | 53349 | |
| | | | 160 | 18408 | --- | 3027470 | 29492 | 26 | | | 100 | 75451 | 74609 | |
| | | L8 | 140 | 23690 | 24 | 3682974 | 30688 | 27 | | | 160 | 75 | 69734 | 67476 |
| | | | 160 | 24544 | 18 | 3968154 | 31852 | 27 | | | 50 | 62895 | 59015 | |

| W 460x60 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|--------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|---------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _t [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _t [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | | | | |
| Laje Maciça | 15 | L4 | 100 | 11098 | 15 | 2295810 | 29598 | 24 | 1000 | 100 | 100 | 60780 | 50226 | | | | |
| | | L6 | 120 | 11525 | — | 2466385 | 30156 | 24 | | | 75 | 59968 | 46934 | | | | |
| | | L8 | 100 | 16647 | 22 | 2738800 | 31397 | 25 | | | 50 | 56474 | 43028 | | | | |
| | | L8 | 120 | 17287 | 19 | 2947834 | 32209 | 26 | | | 100 | 63650 | 55138 | | | | |
| | 20 | L4 | 100 | 22196 | 26 | 3525432 | 33093 | 26 | 2000 | 100 | 75 | 62883 | 51187 | | | | |
| | | L4 | 120 | 23050 | 23 | 3801513 | 34145 | 27 | | | 50 | 59445 | 46502 | | | | |
| | | L6 | 100 | 11098 | — | 2166028 | 29598 | 24 | | | 100 | 67307 | 60738 | | | | |
| | | L6 | 120 | 11525 | — | 2327746 | 30156 | 24 | | | 75 | 66605 | 56037 | | | | |
| | 25 | L6 | 100 | 16647 | 18 | 2616417 | 31397 | 25 | 3000 | 100 | 50 | 63978 | 50461 | | | | |
| | | L8 | 120 | 17287 | 15 | 2817893 | 32209 | 26 | | | 100 | 72157 | 66636 | | | | |
| | | L8 | 100 | 22196 | 24 | 3392028 | 33093 | 26 | | | 75 | 70331 | 61145 | | | | |
| | | L8 | 120 | 23050 | 20 | 3660835 | 34145 | 27 | | | 50 | 66462 | 54632 | | | | |
| | Laje Mista hF = 50 mm | 15 | L4 | 100 | — | — | — | — | 1000 | 125 | 100 | 100 | 71342 | 66706 | | | |
| | | | L4 | 120 | — | — | — | — | | | | 75 | 68987 | 61206 | | | |
| | | | L6 | 100 | 16647 | 15 | 2517315 | 31397 | | | | 25 | 50 | 65036 | 54682 | | |
| | | | L8 | 120 | 17287 | — | 2712550 | 32209 | | | | 26 | 100 | 76192 | 73016 | | |
| | | 20 | L8 | 100 | 22196 | 21 | 3282592 | 33093 | 26 | 2000 | 145 | 75 | 72713 | 66671 | | | |
| | | | L8 | 120 | 23050 | 18 | 3545249 | 34145 | 27 | | | | 50 | 67520 | 59144 | | |
| L4 | | | 125 | 11632 | 19 | 2510051 | 30301 | 24 | 100 | | | | 61906 | 51831 | | | |
| L6 | | | 145 | 12058 | — | 2688865 | 30905 | 24 | 75 | | | | 58984 | 48323 | | | |
| 25 | | L6 | 125 | 17447 | 25 | 3001441 | 32421 | 26 | 3000 | 125 | 50 | 54455 | 44163 | | | | |
| | | L8 | 145 | 18088 | 20 | 3221357 | 33300 | 26 | | | | 100 | 65988 | 58136 | | | |
| | | L8 | 125 | 23263 | 28 | 3872438 | 34419 | 27 | | | | 75 | 63655 | 53784 | | | |
| | | L8 | 145 | 24117 | 24 | 4163892 | 35559 | 27 | | | | 50 | 58624 | 48621 | | | |
| Laje Mista hF = 75 mm | 15 | L4 | 125 | 11632 | 14 | 2369172 | 30301 | 24 | 1000 | 140 | 100 | 71043 | 64712 | | | | |
| | | L4 | 145 | 12058 | — | 2538924 | 30905 | 24 | | | | 75 | 68208 | 59479 | | | |
| | | L6 | 125 | 17447 | 21 | 2869606 | 32421 | 26 | | | | 50 | 63779 | 53272 | | | |
| | | L6 | 145 | 18088 | 16 | 3081932 | 33300 | 26 | | | | 100 | 77675 | 72313 | | | |
| | 20 | L8 | 125 | 23263 | 25 | 3729959 | 34419 | 27 | 2000 | 160 | 75 | 74196 | 66062 | | | | |
| | | L8 | 145 | 24117 | 21 | 4014292 | 35559 | 27 | | | | 50 | 68824 | 58646 | | | |
| | | L4 | 125 | — | — | — | — | 3000 | | | | 125 | 100 | 77404 | 72422 | | |
| | | L4 | 145 | — | — | — | — | | | | | | | 75 | 73644 | 66156 | |
| | L6 | 125 | 17447 | 18 | 2762696 | 32421 | 26 | | 50 | 68141 | 58723 | | | | | | |
| | L8 | 145 | 18088 | — | 2968729 | 33300 | 26 | | 100 | 82254 | 80368 | | | | | | |
| | 25 | L8 | 125 | 23263 | 23 | 3612847 | 34419 | 27 | 1400 | 160 | 75 | 77370 | 73038 | | | | |
| | | L8 | 145 | 24117 | 18 | 3891125 | 35559 | 27 | | | | 50 | 70625 | 64342 | | | |
| 15 | | L4 | 140 | 11952 | 21 | 2643535 | 30751 | 24 | | | | 1000 | 140 | 100 | 61633 | 52475 | |
| | | L6 | 160 | 12379 | 15 | 2827385 | 31382 | 24 | | | | | | | 75 | 59029 | 48881 |
| | L8 | 140 | 17928 | 25 | 3165549 | 33075 | 26 | 50 | 54285 | 44619 | | | | | | | |
| | L8 | 160 | 18568 | 21 | 3392135 | 33995 | 26 | 100 | 66564 | 59711 | | | | | | | |
| 20 | L4 | 140 | 23903 | 28 | 4089857 | 35267 | 27 | 2000 | 160 | 100 | 75 | 63367 | 55148 | | | | |
| | L6 | 160 | 24757 | 24 | 4390745 | 36459 | 27 | | | | 50 | 57870 | 49735 | | | | |
| | L4 | 140 | 11952 | 16 | 2495875 | 30751 | 24 | | | | 100 | 71956 | 66592 | | | | |
| | L6 | 160 | 12379 | — | 2670548 | 31382 | 24 | | | | 75 | 68771 | 61107 | | | | |
| 25 | L8 | 140 | 17928 | 22 | 3208203 | 33075 | 26 | 1400 | 160 | 100 | 63402 | 54601 | | | | | |
| | L8 | 160 | 18568 | 17 | 3247011 | 33995 | 26 | | | | 75 | 79426 | 75431 | | | | |
| | L8 | 140 | 23903 | 26 | 3942024 | 35267 | 27 | | | | 50 | 75297 | 68762 | | | | |
| | L8 | 160 | 24757 | 21 | 4235901 | 36459 | 27 | | | | 100 | 69220 | 60851 | | | | |
| 25 | L4 | 140 | — | — | — | — | 1400 | 140 | 100 | 80628 | 75330 | | | | | | |
| | L4 | 160 | — | — | — | — | | | | 75 | 75942 | 68674 | | | | | |
| | L6 | 140 | 17928 | 20 | 2913696 | 33075 | | | | 26 | 50 | 69594 | 60779 | | | | |
| | L8 | 160 | 18568 | — | 3129069 | 33995 | | | | 26 | 100 | 85891 | 84556 | | | | |
| 25 | L8 | 140 | 23903 | 24 | 3820362 | 35267 | 27 | 1400 | 160 | 75 | 80165 | 76665 | | | | | |
| | L8 | 160 | 24757 | 18 | 4108258 | 36459 | 27 | | | | 50 | 72488 | 67300 | | | | |

| W 460x74 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|-------------------------------|-------------|-------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------|-------------|--|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _i [mm] | R' [KNcm] | θ _u [mrad] | S _i [KNcm/ rad] | I' [cm4] | % | b _c [mm] | h _i [mm] | η [%] | R' [KNcm] | I' [cm4] | | |
| Laje Maciça | 15 | L4 | 100 | 11141 | 15 | 2316585 | 37436 | 24 | 1000 | 100 | 74049 | 60301 | | |
| | | L6 | 100 | 11568 | --- | 2485470 | 38002 | 24 | | 75 | 72679 | 56699 | | |
| | | L8 | 100 | 16711 | 22 | 2765968 | 39301 | 25 | | 50 | 68607 | 52426 | | |
| | | L10 | 100 | 22281 | 26 | 3556398 | 41079 | 26 | | 100 | 77012 | 65949 | | |
| | 20 | L4 | 100 | 11141 | --- | 2179073 | 37436 | 24 | 2000 | 100 | 81063 | 73205 | | |
| | | L6 | 100 | 11568 | --- | 2338282 | 38002 | 24 | | 75 | 80111 | 67875 | | |
| | | L8 | 100 | 16711 | 18 | 2632708 | 39301 | 25 | | 50 | 77271 | 61551 | | |
| | | L10 | 100 | 22281 | 23 | 3407379 | 41079 | 26 | | 100 | 86464 | 80253 | | |
| | 25 | L4 | 100 | 11141 | --- | 2179073 | 37436 | 24 | 3000 | 100 | 81063 | 73205 | | |
| | | L6 | 100 | 11568 | --- | 2338282 | 38002 | 24 | | 75 | 80111 | 67875 | | |
| | | L8 | 100 | 16711 | 14 | 2830617 | 40131 | 26 | | 50 | 77271 | 61551 | | |
| | | L10 | 100 | 22281 | 21 | 3286070 | 41079 | 26 | | 100 | 86464 | 80253 | | |
| Laje Mista hf = 50 mm | 15 | L4 | 125 | 11674 | 19 | 2528644 | 38150 | 24 | 1000 | 100 | 74518 | 61655 | | |
| | | L6 | 125 | 12101 | --- | 2705190 | 38763 | 24 | | 75 | 71198 | 57872 | | |
| | | L8 | 125 | 17511 | 25 | 3025615 | 40347 | 26 | | 50 | 66364 | 53384 | | |
| | | L10 | 125 | 23349 | 28 | 3898032 | 42440 | 27 | | 100 | 79068 | 68845 | | |
| | 20 | L4 | 125 | 11674 | 14 | 2379002 | 38150 | 24 | 2000 | 100 | 84533 | 77075 | | |
| | | L6 | 125 | 12101 | --- | 2545598 | 38763 | 24 | | 75 | 81548 | 71226 | | |
| | | L8 | 125 | 17511 | 21 | 2881328 | 40347 | 26 | | 50 | 76415 | 64288 | | |
| | | L10 | 125 | 23349 | 25 | 3737589 | 42440 | 27 | | 100 | 91372 | 86191 | | |
| | 25 | L4 | 125 | 11674 | 14 | 2379002 | 38150 | 24 | 3000 | 100 | 84533 | 77075 | | |
| | | L6 | 125 | 12101 | --- | 2545598 | 38763 | 24 | | 75 | 81548 | 71226 | | |
| | | L8 | 125 | 17511 | 18 | 2765151 | 40347 | 26 | | 50 | 76415 | 64288 | | |
| | | L10 | 125 | 23349 | 23 | 3606797 | 42440 | 27 | | 100 | 91372 | 86191 | | |
| Laje Mista hf = 75 mm | 15 | L4 | 140 | 11994 | 21 | 2660473 | 38606 | 24 | 1000 | 100 | 74011 | 62154 | | |
| | | L6 | 140 | 12421 | 15 | 2841684 | 39248 | 24 | | 75 | 71162 | 58304 | | |
| | | L8 | 140 | 17992 | 25 | 3187452 | 41015 | 26 | | 50 | 66137 | 53737 | | |
| | | L10 | 140 | 23889 | 28 | 4111515 | 43310 | 27 | | 100 | 79441 | 70356 | | |
| | 20 | L4 | 140 | 11994 | 16 | 2503388 | 38606 | 24 | 2000 | 100 | 85358 | 78824 | | |
| | | L6 | 140 | 12421 | --- | 2674493 | 39248 | 24 | | 75 | 82051 | 72740 | | |
| | | L8 | 140 | 17992 | 23 | 3036462 | 41015 | 26 | | 50 | 75830 | 65524 | | |
| | | L10 | 140 | 23889 | 26 | 3944206 | 43310 | 27 | | 100 | 93014 | 89396 | | |
| | 25 | L4 | 140 | 11994 | 16 | 2503388 | 38606 | 24 | 3000 | 100 | 85358 | 78824 | | |
| | | L6 | 140 | 12421 | --- | 2674493 | 39248 | 24 | | 75 | 82051 | 72740 | | |
| | | L8 | 140 | 17992 | 20 | 2914816 | 41015 | 26 | | 50 | 82854 | 73236 | | |
| | | L10 | 140 | 23889 | 24 | 3807696 | 43310 | 27 | | 100 | 104754 | 101072 | | |

| W 530x66 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|-------------------------------|-------------|-------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------|-------------|--|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _i [mm] | R' [KNcm] | θ _u [mrad] | S _i [KNcm/ rad] | I' [cm4] | % | b _c [mm] | h _i [mm] | η [%] | R' [KNcm] | I' [cm4] | | |
| Laje Maciça | 15 | L6 | 100 | 18888 | 18 | 3367360 | 42229 | 24 | 1000 | 100 | 74732 | 67164 | | |
| | | L8 | 100 | 25184 | 22 | 4329513 | 44394 | 26 | | 75 | 72552 | 62851 | | |
| | | L10 | 100 | 31480 | 24 | 5331490 | 46448 | 26 | | 50 | 67453 | 57735 | | |
| | | L12 | 100 | 37784 | 26 | 6333467 | 48502 | 26 | | 100 | 78143 | 73384 | | |
| | 20 | L6 | 100 | 18888 | 14 | 3211972 | 42229 | 24 | 2000 | 100 | 81952 | 81570 | | |
| | | L8 | 100 | 25184 | 19 | 4159257 | 44394 | 26 | | 75 | 81152 | 75327 | | |
| | | L10 | 100 | 31480 | 16 | 4448712 | 45580 | 26 | | 50 | 78042 | 67921 | | |
| | | L12 | 100 | 37784 | 22 | 5137580 | 46448 | 26 | | 100 | 87138 | 89038 | | |
| | 25 | L6 | 100 | 18888 | --- | 3086492 | 42229 | 24 | 3000 | 100 | 86671 | 89865 | | |
| | | L8 | 100 | 25184 | 16 | 4019983 | 44394 | 26 | | 75 | 84347 | 82511 | | |
| | | L10 | 100 | 31480 | 20 | 4978067 | 46448 | 26 | | 50 | 80187 | 73787 | | |
| | | L12 | 100 | 37784 | 17 | 5336026 | 47892 | 26 | | 100 | 91988 | 97782 | | |
| Laje Mista hf = 50 mm | 15 | L6 | 125 | 19688 | 21 | 3651038 | 43379 | 25 | 1000 | 100 | 74240 | 68246 | | |
| | | L8 | 125 | 26251 | 24 | 4703817 | 45887 | 26 | | 75 | 70217 | 63788 | | |
| | | L10 | 125 | 32814 | 25 | 5800532 | 48267 | 26 | | 50 | 64631 | 58500 | | |
| | | L12 | 125 | 38881 | 22 | 6193176 | 49818 | 27 | | 100 | 79561 | 76173 | | |
| | 20 | L6 | 125 | 19688 | 17 | 3484781 | 43379 | 25 | 2000 | 100 | 85584 | 85355 | | |
| | | L8 | 125 | 26251 | 21 | 4522898 | 45887 | 26 | | 75 | 82643 | 78605 | | |
| | | L10 | 125 | 32814 | 23 | 5596331 | 48267 | 26 | | 50 | 76175 | 70598 | | |
| | | L12 | 125 | 38881 | 20 | 5981054 | 49818 | 27 | | 100 | 92296 | 95023 | | |
| | 25 | L6 | 125 | 19688 | 14 | 3350369 | 43379 | 25 | 3000 | 100 | 93318 | 95819 | | |
| | | L8 | 125 | 26251 | 19 | 4374658 | 45887 | 26 | | 75 | 89403 | 87667 | | |
| | | L10 | 125 | 32814 | 21 | 5427982 | 48267 | 26 | | 50 | 83558 | 77997 | | |
| | | L12 | 125 | 38881 | 17 | 5805857 | 49818 | 27 | | 100 | 98635 | 105934 | | |
| Laje Mista hf = 75 mm | 15 | L6 | 140 | 20169 | 22 | 3827448 | 44110 | 25 | 1000 | 100 | 73343 | 68584 | | |
| | | L8 | 140 | 26891 | 24 | 4937152 | 46836 | 26 | | 75 | 70008 | 64081 | | |
| | | L10 | 140 | 33614 | 25 | 6093543 | 49423 | 27 | | 50 | 64288 | 58739 | | |
| | | L12 | 140 | 34681 | 22 | 6498041 | 51038 | 27 | | 100 | 79550 | 77621 | | |
| | 20 | L6 | 140 | 20169 | 19 | 3654630 | 44110 | 25 | 2000 | 100 | 86464 | 87027 | | |
| | | L8 | 140 | 26891 | 22 | 4749894 | 46836 | 26 | | 75 | 82766 | 80053 | | |
| | | L10 | 140 | 33614 | 24 | 5883373 | 49423 | 27 | | 50 | 75249 | 71780 | | |
| | | L12 | 140 | 34681 | 20 | 6280179 | 51038 | 27 | | 100 | 94005 | 98240 | | |
| | 25 | L6 | 140 | 20169 | 16 | 3514811 | 44110 | 25 | 3000 | 100 | 95261 | 98703 | | |
| | | L8 | 140 | 26891 | 20 | 4596305 | 46836 | 26 | | 75 | 90482 | 90165 | | |
| | | L10 | 140 | 33614 | 22 | 5709868 | 49423 | 27 | | 50 | 83513 | 80036 | | |
| | | L12 | 140 | 34681 | 18 | 6099996 | 51038 | 27 | | 100 | 102622 | 110463 | | |

| W 530x74 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|-------|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _i [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/ rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _i [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | |
| Laje Maciça | 15 | L6 | 100 | 19016 | 18 | 3485163 | 48388 | 24 | 1000 | 100 | 83889 | 75159 | | |
| | | L8 | 120 | 19656 | 14 | 3714890 | 49316 | 25 | | 75 | 81259 | 70578 | | |
| | | L10 | 100 | 25355 | 22 | 4490584 | 50630 | 26 | | 50 | 75732 | 65145 | | |
| | | L12 | 120 | 26208 | 19 | 4793910 | 51838 | 26 | | 100 | 87814 | 81960 | | |
| | 20 | L6 | 100 | 31693 | 24 | 5552742 | 52769 | 26 | 2000 | 120 | 75 | 85322 | 76468 | |
| | | L8 | 120 | 32760 | 21 | 5933701 | 54245 | 27 | | 50 | 79342 | 69954 | | |
| | | L10 | 100 | 19016 | --- | 3313896 | 48388 | 24 | | 100 | 92095 | 81524 | | |
| | | L12 | 120 | 19656 | --- | 3533750 | 49316 | 25 | | 75 | 91098 | 84751 | | |
| | 25 | L6 | 100 | 25355 | 19 | 4299157 | 50630 | 26 | 3000 | 100 | 50 | 87253 | 76716 | |
| | | L8 | 120 | 26208 | 16 | 4592297 | 51838 | 26 | | 100 | 97505 | 99891 | | |
| | | L10 | 100 | 31693 | 21 | 5329151 | 52769 | 26 | | 75 | 96405 | 91997 | | |
| | | L12 | 120 | 32760 | 19 | 5699544 | 54245 | 27 | | 50 | 92480 | 82633 | | |
| 30 | L6 | 100 | 19016 | --- | 3176375 | 48388 | 24 | 1000 | 100 | 97696 | 101235 | | | |
| | L8 | 120 | 19656 | --- | 3388197 | 49316 | 25 | | 75 | 95592 | 93161 | | | |
| | L10 | 100 | 25355 | 16 | 4143540 | 50630 | 26 | | 50 | 91316 | 83584 | | | |
| | L12 | 120 | 26208 | --- | 4428222 | 51838 | 26 | | 100 | 103745 | 110173 | | | |
| 35 | L6 | 100 | 31693 | 19 | 5146573 | 52769 | 26 | 2000 | 120 | 75 | 100169 | 100902 | | |
| | L8 | 120 | 32760 | 16 | 5500846 | 54245 | 27 | | 50 | 94367 | 89904 | | | |
| | L10 | 120 | 32760 | 21 | 5500846 | 54245 | 27 | | | | | | | |
| | L12 | 120 | 32760 | 21 | 5500846 | 54245 | 27 | | | | | | | |
| Laje Mista hf = 50 mm | 15 | L6 | 125 | 19816 | 21 | 3773578 | 49557 | 25 | 1000 | 100 | 82873 | 75987 | | |
| | | L8 | 145 | 20457 | 16 | 4013418 | 50553 | 25 | | 75 | 78557 | 71295 | | |
| | | L10 | 125 | 26422 | 24 | 4871517 | 52152 | 26 | | 50 | 72738 | 65730 | | |
| | | L12 | 145 | 27276 | 20 | 5189145 | 53449 | 26 | | 100 | 88601 | 84600 | | |
| | 20 | L6 | 125 | 33027 | 25 | 6031295 | 54628 | 27 | 2000 | 145 | 75 | 84583 | 78755 | |
| | | L8 | 145 | 34094 | 22 | 6431239 | 56212 | 27 | | 50 | 77679 | 71821 | | |
| | | L10 | 125 | 19816 | 17 | 3589952 | 49557 | 25 | | 100 | 95515 | 95107 | | |
| | | L12 | 145 | 20457 | --- | 3819785 | 50553 | 25 | | 75 | 92150 | 87854 | | |
| | 25 | L6 | 125 | 26422 | 21 | 4667356 | 52152 | 26 | 3000 | 100 | 50 | 84827 | 79250 | |
| | | L8 | 145 | 27276 | 17 | 4974799 | 53449 | 26 | | 100 | 102397 | 105939 | | |
| | | L10 | 125 | 33027 | 23 | 5794519 | 54628 | 27 | | 75 | 98637 | 97234 | | |
| | | L12 | 145 | 34094 | 20 | 6184100 | 56212 | 27 | | 50 | 91650 | 86910 | | |
| 30 | L6 | 125 | 19816 | 14 | 3442373 | 49557 | 25 | 1000 | 100 | 100325 | 107191 | | | |
| | L8 | 145 | 20457 | --- | 3664042 | 50553 | 25 | | 75 | 99807 | 98318 | | | |
| | L10 | 125 | 26422 | 19 | 4501161 | 52152 | 26 | | 50 | 93464 | 87795 | | | |
| | L12 | 145 | 27276 | 14 | 4800113 | 53449 | 26 | | 100 | 111307 | 118689 | | | |
| 35 | L6 | 125 | 33027 | 21 | 5600805 | 54628 | 27 | 2000 | 145 | 75 | 105891 | 108276 | | |
| | L8 | 145 | 34094 | 17 | 5981589 | 56212 | 27 | | 50 | 98182 | 95925 | | | |
| | L10 | 125 | 19816 | 22 | 3952690 | 50299 | 25 | | 100 | 81805 | 76189 | | | |
| | L12 | 140 | 20937 | 17 | 4198705 | 51336 | 25 | | 75 | 78287 | 71470 | | | |
| Laje Mista hf = 75 mm | 15 | L8 | 140 | 27062 | 24 | 5108651 | 53118 | 26 | 1000 | 100 | 50 | 72365 | 65873 | |
| | | L10 | 160 | 27916 | 21 | 5435029 | 54469 | 26 | | 100 | 88376 | 85968 | | |
| | | L12 | 140 | 33828 | 25 | 6329807 | 55808 | 27 | | 75 | 83598 | 79939 | | |
| | | L14 | 160 | 34895 | 22 | 6741391 | 57458 | 27 | | 50 | 76530 | 72788 | | |
| | 20 | L6 | 140 | 20937 | 19 | 3761586 | 50299 | 25 | 2000 | 100 | 96309 | 96625 | | |
| | | L8 | 160 | 20937 | --- | 3997504 | 51336 | 25 | | 75 | 91941 | 89169 | | |
| | | L10 | 140 | 27062 | 22 | 4986849 | 53118 | 26 | | 50 | 83747 | 80324 | | |
| | | L12 | 160 | 27916 | 18 | 5213057 | 54469 | 26 | | 100 | 104021 | 109158 | | |
| | 25 | L6 | 140 | 33828 | 24 | 6085242 | 55808 | 27 | 1600 | 75 | 99660 | 100022 | | |
| | | L8 | 160 | 34895 | 20 | 6486606 | 57458 | 27 | | 50 | 91267 | 89186 | | |
| | | L10 | 140 | 20937 | 16 | 3607875 | 50299 | 25 | | 100 | 105383 | 109993 | | |
| | | L12 | 160 | 20937 | --- | 3835574 | 51336 | 25 | | 75 | 100409 | 100746 | | |
| 30 | L8 | 140 | 27062 | 20 | 4724288 | 53118 | 26 | 3000 | 100 | 50 | 92654 | 89776 | | |
| | L10 | 160 | 27916 | 15 | 5031997 | 54469 | 26 | | 100 | 115845 | 123363 | | | |
| | L12 | 140 | 33828 | 22 | 5884919 | 55808 | 27 | | 75 | 109325 | 112324 | | | |
| | L14 | 160 | 34895 | 18 | 6277579 | 57458 | 27 | | 50 | 100471 | 99230 | | | |

| W 530x85 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|--------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|---------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|--------|--------|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | | |
| L/d _t | Lig. | h _t [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/rad] | Γ' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _t [mm] | η [%] | R* [kNcm] | Γ* [cm ⁴] | | | |
| Laje Maciça | 15 | L6 | 100 | 19208 | 18 | 3623530 | 56072 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 94336 | 84804 | | |
| | | L8 | 120 | 19848 | 14 | 3857537 | 57016 | 25 | | | 75 | 91370 | 79934 | | |
| | | L10 | 100 | 25611 | 22 | 4678768 | 58400 | 26 | | | 50 | 85511 | 74157 | | |
| | | L10 | 120 | 26465 | 18 | 4988015 | 59632 | 26 | | | 100 | 98637 | 92222 | | |
| | 20 | L6 | 100 | 19208 | --- | 3434990 | 56072 | 25 | 2000 | 100 | 100 | 103538 | 103310 | | |
| | | L8 | 120 | 19848 | --- | 3657916 | 57016 | 25 | | | 75 | 102321 | 95960 | | |
| | | L10 | 100 | 25611 | 18 | 4464332 | 58400 | 26 | | | 50 | 97740 | 87242 | | |
| | | L10 | 120 | 26465 | 15 | 4761706 | 59632 | 26 | | | 100 | 109135 | 112663 | | |
| | 25 | L6 | 100 | 19208 | --- | 3284427 | 56072 | 25 | 3000 | 100 | 100 | 109839 | 114625 | | |
| | | L8 | 120 | 19848 | --- | 3498419 | 57016 | 25 | | | 75 | 108258 | 105760 | | |
| | | L10 | 100 | 25611 | 15 | 4291065 | 58400 | 26 | | | 50 | 103916 | 95244 | | |
| | | L10 | 120 | 26465 | --- | 4578686 | 59632 | 26 | | | 100 | 116694 | 124708 | | |
| | Laje Mista hf = 50 mm | 15 | L6 | 125 | 20008 | 21 | 3917264 | 57261 | 25 | 1000 | 125 | 100 | 92929 | 85342 | |
| | | | L8 | 145 | 20649 | 16 | 4161138 | 58274 | 25 | | | 75 | 88384 | 80400 | |
| | | | L10 | 125 | 26678 | 24 | 5067062 | 59952 | 26 | | | 50 | 82374 | 74537 | |
| | | | L10 | 145 | 27532 | 20 | 5390282 | 61275 | 26 | | | 100 | 98964 | 94674 | |
| | | 20 | L6 | 125 | 20008 | 17 | 3714848 | 57261 | 25 | 2000 | 125 | 100 | 106723 | 106610 | |
| | | | L8 | 145 | 20649 | --- | 3947441 | 58274 | 25 | | | 75 | 102854 | 98818 | |
| L10 | | | 125 | 26678 | 21 | 4837771 | 59952 | 26 | 50 | | | 94897 | 89576 | | |
| L10 | | | 145 | 27532 | 17 | 5149021 | 61275 | 26 | 100 | | | 113793 | 118700 | | |
| 25 | | L6 | 125 | 20008 | 14 | 3553094 | 57261 | 25 | 3000 | 125 | 100 | 109819 | 109289 | | |
| | | L8 | 145 | 20649 | --- | 3776570 | 58274 | 25 | | | 75 | 102036 | 98125 | | |
| | | L10 | 125 | 26678 | 19 | 4652298 | 59952 | 26 | | | 100 | 115485 | 120480 | | |
| | | L10 | 145 | 27532 | 14 | 4953682 | 61275 | 26 | | | 75 | 111114 | 110830 | | |
| Laje Mista hf = 75 mm | | 15 | L6 | 140 | 20489 | 21 | 4099421 | 58016 | 25 | 1000 | 140 | 100 | 102563 | 133509 | |
| | | | L8 | 160 | 21129 | 17 | 4349310 | 59070 | 25 | | | 75 | 119995 | 122113 | |
| | | | L10 | 140 | 27318 | 24 | 5308415 | 60937 | 26 | | | 50 | 117400 | 108596 | |
| | | | L10 | 160 | 28172 | 21 | 5640174 | 62314 | 26 | | | 100 | 125263 | 133509 | |
| | | 20 | L6 | 140 | 20489 | 19 | 3888558 | 58016 | 25 | 2000 | 140 | 100 | 91729 | 85395 | |
| | | | L8 | 160 | 21129 | --- | 4127056 | 59070 | 25 | | | 75 | 88066 | 80446 | |
| | L10 | | 140 | 27318 | 22 | 5070153 | 60937 | 26 | 50 | | | 81976 | 74575 | | |
| | L10 | | 160 | 28172 | 18 | 5389896 | 62314 | 26 | 100 | | | 98579 | 95946 | | |
| | 25 | L6 | 140 | 20489 | 16 | 3719980 | 58016 | 25 | 3000 | 140 | 100 | 107341 | 107939 | | |
| | | L8 | 160 | 21129 | --- | 3949256 | 59070 | 25 | | | 75 | 102403 | 99969 | | |
| | | L10 | 140 | 27318 | 20 | 4877288 | 60937 | 26 | | | 50 | 93698 | 90516 | | |
| | | L10 | 160 | 28172 | 15 | 5187108 | 62314 | 26 | | | 100 | 115323 | 121885 | | |

| W 610x101 | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|--------|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | |
| L/d _t | Lig. | h _t [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/ rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _t [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | |
| Laje Maciça | 15 | L6 | 100 | 21385 | 15 | 4315509 | 86365 | 23 | 1000 | 100 | 100 | 124986 | 124135 |
| | | | 120 | 22025 | — | 4562428 | 87414 | 23 | | | 75 | 120999 | 117821 |
| | | L8 | 100 | 28513 | 19 | 5561605 | 89267 | 25 | | 50 | 113893 | 110330 | |
| | | | 120 | 29367 | 15 | 5886553 | 90642 | 25 | | 100 | 130272 | 133781 | |
| | L10 | 100 | 35642 | 21 | 6873081 | 92069 | 26 | 75 | 125899 | 126174 | | | |
| | | 120 | 36709 | 18 | 7279254 | 93758 | 26 | 50 | 118015 | 117151 | | | |
| | 20 | L6 | 100 | 21385 | — | 4077462 | 86365 | 23 | 2000 | 100 | 100 | 136708 | 150279 |
| | | | 120 | 22025 | — | 4311270 | 87414 | 23 | | | 75 | 135409 | 140462 |
| | | L8 | 100 | 28513 | 15 | 5287076 | 89267 | 25 | | 50 | 128501 | 128817 | |
| | | | 120 | 29367 | — | 5597448 | 90642 | 25 | | 100 | 142362 | 162836 | |
| | L10 | 100 | 35642 | 18 | 6542237 | 92069 | 26 | 75 | 140940 | 151336 | | | |
| | | 120 | 36709 | 15 | 6931874 | 93758 | 26 | 50 | 135130 | 137696 | | | |
| | 25 | L6 | 100 | — | — | — | — | — | 3000 | 100 | 100 | 143295 | 166989 |
| | | | 120 | — | — | — | — | 75 | | | 141961 | 154933 | |
| | | L8 | 100 | 28513 | — | 5066733 | 89267 | 25 | | 50 | 137650 | 140633 | |
| | | | 120 | 29367 | — | 5365296 | 90642 | 25 | | 100 | 151189 | 180667 | |
| | L10 | 100 | 35642 | 16 | 6276076 | 92069 | 26 | 75 | 149123 | 166779 | | | |
| | | 120 | 36709 | — | 6652191 | 93758 | 26 | 50 | 143378 | 150304 | | | |
| Laje Mista hf = 50 mm | 15 | L6 | 125 | 22185 | 18 | 4625269 | 87685 | 24 | 1000 | 125 | 100 | 123271 | 123428 |
| | | | 145 | 22826 | 14 | 4881117 | 88805 | 24 | | | 75 | 116972 | 117208 |
| | | L8 | 125 | 29580 | 21 | 5969351 | 90997 | 25 | | 50 | 110073 | 109831 | |
| | | | 145 | 30434 | 17 | 6306852 | 92463 | 25 | | 100 | 129370 | 135376 | |
| | | L10 | 125 | 36976 | 22 | 7382844 | 94194 | 26 | | 75 | 124051 | 127555 | |
| | | | 145 | 38043 | 19 | 7805497 | 95995 | 26 | | 50 | 115671 | 118279 | |
| | 20 | L6 | 125 | 22185 | 14 | 4370797 | 87685 | 24 | 2000 | 125 | 100 | 139730 | 152290 |
| | | | 145 | 22826 | — | 4613250 | 88805 | 24 | | | 75 | 134190 | 142203 |
| | | L8 | 125 | 29580 | 18 | 5676571 | 90997 | 25 | | 50 | 124385 | 130239 | |
| | | | 145 | 30434 | 14 | 5999260 | 92463 | 25 | | 100 | 146960 | 168412 | |
| | | L10 | 125 | 36976 | 20 | 7031311 | 94194 | 26 | | 75 | 142652 | 156166 | |
| | | | 145 | 38043 | 17 | 7437283 | 95995 | 26 | | 50 | 132512 | 141639 | |
| | 25 | L6 | 125 | — | — | — | — | — | 3000 | 125 | 100 | 148682 | 171998 |
| | | | 145 | — | — | — | — | 75 | | | 144287 | 159271 | |
| | | L8 | 125 | 29580 | 16 | 5441439 | 90997 | 25 | | 50 | 135504 | 144175 | |
| | | | 145 | 30434 | — | 5752103 | 92463 | 25 | | 100 | 158802 | 189740 | |
| | | L10 | 125 | 36976 | 19 | 6748226 | 94194 | 26 | | 75 | 153178 | 174636 | |
| | | | 145 | 38043 | 14 | 7140516 | 95995 | 26 | | 50 | 144516 | 156720 | |
| Laje Mista hf = 75 mm | 15 | L6 | 140 | 22666 | 19 | 4816480 | 88520 | 24 | 1000 | 140 | 100 | 120695 | 122854 |
| | | | 160 | 23306 | 15 | 5077750 | 89681 | 24 | | | 75 | 116448 | 116711 |
| | | L8 | 140 | 30221 | 21 | 6221525 | 92090 | 25 | | 50 | 109541 | 109424 | |
| | | | 160 | 31074 | 18 | 6566667 | 93611 | 25 | | 100 | 128501 | 136230 | |
| | | L10 | 140 | 37776 | 23 | 7898583 | 95537 | 26 | | 75 | 122533 | 128295 | |
| | | | 160 | 38843 | 20 | 8131295 | 97405 | 26 | | 50 | 114191 | 118883 | |
| | 20 | L6 | 140 | 22666 | 16 | 4551982 | 88520 | 24 | 2000 | 140 | 100 | 139474 | 152847 |
| | | | 160 | 23306 | — | 4799693 | 89681 | 24 | | | 75 | 133093 | 142686 |
| | | L8 | 140 | 30221 | 19 | 5917654 | 92090 | 25 | | 50 | 122769 | 130633 | |
| | | | 160 | 31074 | 15 | 6247852 | 93611 | 25 | | 100 | 148497 | 171301 | |
| | | L10 | 140 | 37776 | 21 | 7334548 | 95537 | 26 | | 75 | 142932 | 158667 | |
| | | | 160 | 38843 | 18 | 7750505 | 97405 | 26 | | 50 | 131562 | 143682 | |
| | 25 | L6 | 140 | 22666 | — | 4341916 | 88520 | 24 | 3000 | 140 | 100 | 149971 | 174013 |
| | | | 160 | 23306 | — | 4578791 | 89681 | 24 | | | 75 | 144592 | 160106 |
| | | L8 | 140 | 30221 | 17 | 5673519 | 92090 | 25 | | 50 | 133709 | 145600 | |
| | | | 160 | 31074 | — | 5991569 | 93611 | 25 | | 100 | 161341 | 194538 | |
| | | L10 | 140 | 37776 | 20 | 7041214 | 95537 | 26 | | 75 | 154439 | 178791 | |
| | | | 160 | 38843 | 16 | 7443403 | 97405 | 26 | | 50 | 144015 | 160113 | |

| PS 300x120x8,0x4,75 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|-------------------------|--------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------|------|-------------------------|-------------------------|----------|--------------|--------------------------|-------|-------|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _{mi} [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/rad] | Γ [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _{mi} [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | | |
| Laje Maciça | 15 | L3 | 100 | 5842 | 26 | 976225 | 6530 | 26 | 1000 | 100 | 100 | 21549 | 13544 | | |
| | | | 120 | 6163 | 21 | 1084471 | 6828 | 26 | | | 75 | 20923 | 12400 | | |
| | | L4 | 100 | 7790 | 33 | 1144568 | 6973 | 27 | | | 50 | 19589 | 11042 | | |
| | | | 120 | 8217 | 28 | 1275089 | 7357 | 27 | | | 100 | 23629 | 15302 | | |
| | 20 | L5 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | | 2000 | 120 | 75 | 22520 | 13922 | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | 50 | | | | 20654 | 12285 | | |
| | | L3 | 100 | 5842 | 20 | 931815 | 6530 | 26 | | | | 100 | 23776 | 15891 | |
| | | | 120 | 6163 | 15 | 1036561 | 6828 | 26 | | | | 75 | 22236 | 14432 | |
| | 25 | L4 | 100 | 7790 | 29 | 1104728 | 6973 | 27 | | 3000 | 100 | 50 | 20173 | 12701 | |
| | | | 120 | 8217 | 24 | 1232710 | 7357 | 27 | | | | 100 | 25856 | 18012 | |
| | | L5 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | | | | 75 | 23832 | 16268 | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | 50 | | | | 21237 | 14201 | | |
| Laje Mista hf = 50 mm | 15 | L3 | 100 | 5842 | 15 | 895908 | 6530 | 26 | 1000 | 100 | 100 | 24518 | 17185 | | |
| | | | 120 | 6163 | --- | 997727 | 6828 | 26 | | | 75 | 22673 | 15552 | | |
| | | L4 | 100 | 7790 | 24 | 1071857 | 6973 | 27 | | | 50 | 20367 | 13616 | | |
| | | | 120 | 8217 | 19 | 1197641 | 7357 | 27 | | | 100 | 26599 | 19614 | | |
| | 20 | L5 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | | 2000 | 120 | 75 | 24270 | 17657 | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | 50 | | | | 21432 | 15334 | | |
| | | L3 | 125 | 6243 | 26 | 1112581 | 6906 | 26 | | | | 100 | 23560 | 15324 | |
| | | | 145 | 6563 | 20 | 1229324 | 7237 | 26 | | | | 75 | 22201 | 13941 | |
| | 25 | L4 | 125 | 8324 | 32 | 1309052 | 7459 | 27 | | 3000 | 125 | 50 | 20273 | 12301 | |
| | | | 145 | 8750 | 27 | 1450370 | 7885 | 27 | | | | 100 | 26229 | 17542 | |
| | | L5 | 125 | --- | --- | --- | --- | 75 | | | | 24516 | 15862 | | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | 50 | | | | 21985 | 13869 | | |
| Laje Mista hf = 75 mm | 15 | L3 | 125 | 6243 | 20 | 1063801 | 6906 | 26 | 1000 | 125 | 100 | 26376 | 18457 | | |
| | | | 145 | 6563 | 14 | 1177100 | 7237 | 26 | | | 75 | 24232 | 16654 | | |
| | | L4 | 125 | 8324 | 28 | 1266063 | 7459 | 27 | | | 50 | 21503 | 14515 | | |
| | | | 145 | 8750 | 22 | 1405059 | 7885 | 27 | | | 100 | 28457 | 20893 | | |
| | 20 | L5 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | | 2000 | 145 | 75 | 25828 | 18764 | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | 50 | | | | 22568 | 16238 | | |
| | | L3 | 125 | 6243 | 15 | 1024238 | 6906 | 26 | | | | 100 | 27119 | 20046 | |
| | | | 145 | 6563 | --- | 1134633 | 7237 | 26 | | | | 75 | 24669 | 18031 | |
| | 25 | L4 | 125 | 8324 | 24 | 1230464 | 7459 | 27 | | 3000 | 125 | 50 | 21698 | 15640 | |
| | | | 145 | 8750 | 18 | 1367422 | 7885 | 27 | | | | 100 | 29199 | 22615 | |
| | | L5 | 125 | --- | --- | --- | --- | 75 | | | | 26266 | 20255 | | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | 50 | | | | 22762 | 17456 | | |
| Laje Mista hf = 75 mm | 15 | L3 | 140 | 6483 | 27 | 1199486 | 7152 | 26 | 1000 | 140 | 100 | 24046 | 16266 | | |
| | | | 160 | 6803 | 20 | 1321505 | 7503 | 26 | | | 75 | 22759 | 14757 | | |
| | | L4 | 140 | 8644 | 32 | 1414211 | 7776 | 27 | | | 50 | 20570 | 12967 | | |
| | | | 160 | 9070 | 26 | 1562219 | 8228 | 27 | | | 100 | 27730 | 18852 | | |
| | 20 | L5 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | | 2000 | 160 | 75 | 25714 | 16996 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | 50 | | | | 22783 | 14795 | | |
| | | L3 | 140 | 6483 | 21 | 1148117 | 7152 | 26 | | | | 100 | 27937 | 19964 | |
| | | | 160 | 6803 | --- | 1266737 | 7503 | 26 | | | | 75 | 25429 | 17959 | |
| | 25 | L4 | 140 | 8644 | 27 | 1369463 | 7776 | 27 | | 3000 | 140 | 50 | 22302 | 15581 | |
| | | | 160 | 9070 | 21 | 1515297 | 8228 | 27 | | | | 100 | 30017 | 22728 | |
| | | L5 | 140 | --- | --- | --- | --- | 75 | | | | 27026 | 20353 | | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | 50 | | | | 23366 | 17536 | | |
| 25 | L3 | 140 | 6483 | 15 | 1106373 | 7152 | 26 | 3000 | 140 | 100 | 28679 | 21849 | | | |
| | | 160 | 6803 | --- | 1222114 | 7503 | 26 | | | 75 | 25867 | 19592 | | | |
| | L4 | 140 | 8644 | 23 | 1332322 | 7776 | 27 | | | 50 | 22496 | 16914 | | | |
| | | 160 | 9070 | 17 | 1476232 | 8228 | 27 | | | 100 | 30759 | 24668 | | | |
| Laje Mista hf = 75 mm | 25 | L5 | 140 | --- | --- | --- | --- | 3000 | 160 | 75 | 27464 | 22033 | | | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 23561 | 18908 | | | |

| PS 300x120x9,5x4,75 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|---------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------|------------------------|------------------------|-------------------------|---------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _i [mm] | R' [KN/cm] | θ _u [mrad] | S _i [KN/cm/rad] | Γ' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _i [mm] | η [%] | R' [KN/cm] | I' [cm ⁴] | | | | |
| Laje Maciça | 15 | L3 | 100 | 5842 | 26 | 998695 | 7235 | 26 | 1000 | 100 | 100 | 23307 | 14744 | | | |
| | | | 120 | 6163 | 20 | 1108086 | 7535 | 26 | | | 75 | 22890 | 13531 | | | |
| | | | 100 | 7790 | 33 | 1175577 | 7688 | 27 | | | 50 | 21590 | 12092 | | | |
| | | L4 | 120 | 8217 | 28 | 1307989 | 8077 | 27 | | | 100 | 25607 | 16636 | | | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 24700 | 15169 | | | |
| | 20 | L3 | 100 | 5842 | 19 | 949877 | 7235 | 26 | | | 2000 | 100 | 100 | 26030 | 17371 | |
| | | | 120 | 6163 | 14 | 1055199 | 7535 | 26 | | 75 | | | 24576 | 15806 | | |
| | | | 100 | 7790 | 28 | 1130490 | 7688 | 27 | | 50 | | | 22340 | 13950 | | |
| | | L4 | 120 | 8217 | 23 | 1259675 | 8077 | 27 | | 100 | | | 28330 | 19648 | | |
| | 120 | | --- | --- | --- | --- | --- | 75 | | 26386 | | | 17778 | | | |
| | 25 | L3 | 100 | 5842 | 14 | 910658 | 7235 | 26 | | 3000 | | | 100 | 100 | 26938 | 18810 |
| | | | 120 | 6163 | --- | 1012619 | 7535 | 26 | | | | 75 | | 25138 | 17053 | |
| | | | 100 | 7790 | 24 | 1093539 | 7688 | 27 | 50 | | | 22589 | | 14968 | | |
| | | L4 | 120 | 8217 | 19 | 1219974 | 8077 | 27 | 100 | | | 29238 | | 21400 | | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | 75 | | | 26948 | | 19295 | | |
| | L5 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 120 | | | 75 | | 23796 | 16799 | |
| | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | | | --- | --- | --- | | |
| | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | | --- | --- | --- | | | |
| | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | | --- | --- | --- | | | |
| | | Laje Mista hf = 50 mm | 15 | L3 | 125 | 6243 | 26 | 1136459 | 7615 | | 26 | 1000 | 125 | 100 | 25183 | 16577 |
| | 145 | | | | 6563 | 20 | 1254161 | 7949 | 26 | | 75 | | | 23793 | 15118 | |
| | L4 | | | 125 | 8324 | 32 | 1342408 | 8180 | 27 | | 145 | | | 50 | 21832 | 13388 |
| | | | | 145 | 8750 | 27 | 1485480 | 8612 | 27 | 100 | | | | 28482 | 18982 | |
| | L5 | | | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | 75 | | | | 26962 | 17201 | |
| 145 | | | | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | | | | | 24305 | 15089 | |
| 20 | L3 | | | 125 | 6243 | 20 | 1082555 | 7615 | 26 | 2000 | | | 125 | 100 | 28906 | 20099 |
| | | | | 145 | 6563 | --- | 1196193 | 7949 | 26 | | | | | 75 | 26838 | 18168 |
| | L4 | | | 125 | 8324 | 27 | 1293305 | 8180 | 27 | | 145 | | | 50 | 23848 | 15879 |
| | | | | 145 | 8750 | 22 | 1433302 | 8612 | 27 | | | | | 100 | 31206 | 22762 |
| L5 | 125 | | --- | --- | --- | --- | --- | 75 | 28648 | | | | | 20475 | | |
| | 145 | | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | | | | | 25054 | 17762 | |
| 25 | L3 | | 125 | 6243 | 14 | 1039132 | 7615 | 26 | 3000 | | | 125 | 100 | 29813 | 21913 | |
| | | | 145 | 6563 | --- | 1149389 | 7949 | 26 | | | | | 75 | 27400 | 19740 | |
| | L4 | | 125 | 8324 | 23 | 1252928 | 8180 | 27 | | | 145 | | 50 | 24098 | 17162 | |
| | | | 145 | 8750 | 17 | 1390278 | 8612 | 27 | | | | | 100 | 32114 | 24712 | |
| | L5 | | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | | | | | 75 | 29210 | 22164 | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | | | | | 50 | 25304 | 19141 |
| Laje Mista hf = 75 mm | 15 | | L3 | 140 | 6483 | 27 | 1224097 | 7863 | | 26 | | 1000 | 140 | 100 | 25652 | 17533 |
| | | | | 160 | 6803 | 19 | 1346956 | 8217 | | 26 | | | | 75 | 24343 | 15946 |
| | | | | 140 | 8644 | 32 | 1448894 | 8501 | | 27 | 50 | | | 22124 | 14064 | |
| | | | L4 | 160 | 9070 | 26 | 1598573 | 8959 | | 27 | 100 | | | 29371 | 20340 | |
| | | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | --- | | | | 75 | 27321 | 18377 |
| | 20 | | L3 | 140 | 6483 | 21 | 1167144 | 7863 | | 26 | 2000 | | | 140 | 100 | 30631 |
| | | 160 | | 6803 | --- | 1285952 | 8217 | 26 | 75 | 28195 | | | 19535 | | | |
| | | 140 | | 8644 | 28 | 1397471 | 8501 | 27 | 50 | 24753 | | | 16994 | | | |
| | | L4 | 160 | 9070 | 21 | 1544183 | 8959 | 27 | 100 | 32931 | | | 24717 | | | |
| | 160 | | --- | --- | --- | --- | --- | 75 | | 30005 | | | 22167 | | | |
| | 25 | L3 | 140 | 6483 | 15 | 1121186 | 7863 | 26 | 3000 | 140 | | | 100 | | 31539 | 23832 |
| | | | 160 | 6803 | --- | 1236610 | 8217 | 26 | | | | | 75 | 28757 | 21401 | |
| | | | 140 | 8644 | 23 | 1355100 | 8501 | 27 | | | | 50 | 25002 | 18518 | | |
| | | L4 | 160 | 9070 | 17 | 1499242 | 8959 | 27 | | | | 100 | 33839 | 26933 | | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | | | | 75 | 30567 | 24087 | |
| | L5 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 160 | | | | 50 | 26209 | 20711 | | |
| | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | | --- | | --- | --- | --- | | |
| | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | | --- | --- | --- | --- | | | |
| | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | | --- | --- | --- | --- | | | |

| PS 300x140x9,5x4,75 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|------|-------------------------|------------------------|-----|--------------|--------------------------|-------|--|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _i [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/ rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _i [mm] | η | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | | |
| Laje Maciça | 15 | L3 | 100 | 5842 | 25 | 992496 | 8050 | 26 | 1000 | 100 | 100 | 25135 | 16063 | | |
| | | L4 | 120 | 6163 | 20 | 1100043 | 8354 | 26 | | | 75 | 24812 | 14781 | | |
| | | L5 | 100 | 7790 | 32 | 1166956 | 8513 | 27 | | | 50 | 23549 | 13260 | | |
| | | L3 | 120 | 8217 | 28 | 1296851 | 8906 | 27 | | | 100 | 27666 | 18096 | | |
| | | L4 | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 26728 | 16542 | | |
| | 20 | L3 | 100 | 5842 | 19 | 942089 | 8050 | 26 | 2000 | 100 | 100 | 28450 | 18998 | | |
| | | L4 | 120 | 6163 | --- | 1045239 | 8354 | 26 | | | 75 | 26702 | 17322 | | |
| | | L5 | 100 | 7790 | 28 | 1119677 | 8513 | 27 | | | 50 | 24389 | 15335 | | |
| | | L3 | 120 | 8217 | 23 | 1245889 | 8906 | 27 | | | 100 | 30992 | 21445 | | |
| | | L4 | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 28618 | 19441 | | |
| | 25 | L3 | 100 | 5842 | --- | 901740 | 8050 | 26 | 3000 | 100 | 100 | 29559 | 20604 | | |
| | | L4 | 120 | 6163 | --- | 1001291 | 8354 | 26 | | | 75 | 27332 | 18713 | | |
| | | L5 | 100 | 7790 | 23 | 1081088 | 8513 | 27 | | | 50 | 24669 | 16471 | | |
| | | L3 | 120 | 8217 | 18 | 1204199 | 8906 | 27 | | | 100 | 32101 | 23369 | | |
| | | L4 | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 29248 | 21108 | | |
| Laje Mista hF = 50 mm | 15 | L3 | 125 | 6243 | 26 | 1127902 | 8434 | 26 | 1000 | 125 | 100 | 26962 | 17941 | | |
| | | L4 | 145 | 6563 | 19 | 1243326 | 8771 | 26 | | | 75 | 25556 | 16407 | | |
| | | L5 | 125 | 8324 | 32 | 1330572 | 9010 | 27 | | | 50 | 23588 | 14588 | | |
| | | L3 | 145 | 8750 | 26 | 1470569 | 9447 | 27 | | | 100 | 30305 | 20542 | | |
| | | L4 | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 28740 | 18660 | | |
| | 20 | L3 | 125 | 6243 | 19 | 1071994 | 8434 | 26 | 2000 | 125 | 100 | 31628 | 21884 | | |
| | | L4 | 145 | 6563 | --- | 1182979 | 8771 | 26 | | | 75 | 29097 | 19822 | | |
| | | L5 | 125 | 8324 | 27 | 1278699 | 9010 | 27 | | | 50 | 25986 | 17376 | | |
| | | L3 | 145 | 8750 | 21 | 1415100 | 9447 | 27 | | | 100 | 34170 | 24793 | | |
| | | L4 | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 31013 | 22341 | | |
| | 25 | L3 | 125 | 6243 | 14 | 1027137 | 8434 | 26 | 3000 | 125 | 100 | 32737 | 23950 | | |
| | | L4 | 145 | 6563 | --- | 1134468 | 8771 | 26 | | | 75 | 29727 | 21611 | | |
| | | L5 | 125 | 8324 | 23 | 1236239 | 9010 | 27 | | | 50 | 26266 | 18836 | | |
| | | L3 | 145 | 8750 | 17 | 1369586 | 9447 | 27 | | | 100 | 35279 | 27002 | | |
| | | L4 | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 31643 | 24254 | | |
| Laje Mista hF = 75 mm | 15 | L3 | 140 | 6483 | 28 | 1213866 | 8684 | 26 | 1000 | 140 | 100 | 27420 | 18906 | | |
| | | L4 | 160 | 6803 | 19 | 1334167 | 9041 | 26 | | | 75 | 26104 | 17243 | | |
| | | L5 | 140 | 8644 | 33 | 1434795 | 9335 | 27 | | | 50 | 23880 | 15270 | | |
| | | L3 | 160 | 9070 | 26 | 1581047 | 9798 | 27 | | | 100 | 31161 | 21944 | | |
| | | L4 | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 29090 | 19874 | | |
| | 20 | L3 | 140 | 6483 | 21 | 1154631 | 8684 | 26 | 2000 | 140 | 100 | 33534 | 23528 | | |
| | | L4 | 160 | 6803 | --- | 1270479 | 9041 | 26 | | | 75 | 30534 | 21245 | | |
| | | L5 | 140 | 8644 | 28 | 1380217 | 9335 | 27 | | | 50 | 26944 | 18538 | | |
| | | L3 | 160 | 9070 | 21 | 1522939 | 9798 | 27 | | | 100 | 36077 | 26866 | | |
| | | L4 | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 32451 | 24137 | | |
| | 25 | L3 | 140 | 6483 | 15 | 1107037 | 8684 | 26 | 3000 | 140 | 100 | 34643 | 25983 | | |
| | | L4 | 160 | 6803 | --- | 1219204 | 9041 | 26 | | | 75 | 31164 | 23372 | | |
| | | L5 | 140 | 8644 | 23 | 1335462 | 9335 | 27 | | | 50 | 27224 | 20274 | | |
| | | L3 | 160 | 9070 | 16 | 1475172 | 9798 | 27 | | | 100 | 37185 | 29393 | | |
| | | L4 | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 33081 | 26325 | | |

| PS 300x160x9,5x4,75 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|---------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|-------|-------|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _i [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/ rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _i [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | |
| Laje Maciça | 15 | L3 | 100 | 5842 | 25 | 987733 | 8864 | 26 | 1000 | 100 | 100 | 26935 | 17342 | |
| | | L4 | 120 | 6163 | 19 | 1093855 | 9170 | 26 | | | 75 | 26588 | 15996 | |
| | | L4 | 100 | 7790 | 32 | 1160325 | 9334 | 27 | | | 50 | 25308 | 14399 | |
| | | L5 | 120 | 8217 | 27 | 1288263 | 9732 | 27 | | | 100 | 29605 | 19510 | |
| | 20 | L3 | 100 | 5842 | 18 | 936068 | 8864 | 26 | 2000 | 100 | 100 | 30810 | 20583 | |
| | | L4 | 120 | 6163 | --- | 1037532 | 9170 | 26 | | | 75 | 29139 | 18803 | |
| | | L4 | 100 | 7790 | 27 | 1111308 | 9334 | 27 | | | 50 | 26711 | 16691 | |
| | | L5 | 120 | 8217 | 22 | 1235201 | 9732 | 27 | | | 100 | 33594 | 23197 | |
| | 25 | L3 | 100 | 5842 | --- | 984832 | 8864 | 26 | 3000 | 100 | 100 | 32140 | 22360 | |
| | | L4 | 120 | 6163 | --- | 992509 | 9170 | 26 | | | 75 | 29917 | 20342 | |
| | | L4 | 100 | 7790 | 23 | 1071432 | 9334 | 27 | | | 50 | 27057 | 17947 | |
| | | L5 | 120 | 8217 | 17 | 1191949 | 9732 | 27 | | | 100 | 34924 | 25299 | |
| | Laje Mista hF = 50 mm | 15 | L3 | 125 | 6243 | 26 | 1121317 | 9250 | 26 | 1000 | 125 | 100 | 28735 | 19254 |
| | | | L4 | 145 | 6563 | 19 | 1234972 | 9590 | 26 | | | 75 | 27317 | 17652 |
| | | | L4 | 125 | 8324 | 32 | 1321440 | 9836 | 27 | | | 50 | 25344 | 15751 |
| L5 | | | 145 | 8750 | 26 | 1459036 | 10278 | 27 | 100 | | | 32099 | 22041 | |
| 20 | | L3 | 125 | 6243 | 19 | 1063819 | 9250 | 26 | 2000 | 125 | 100 | 34290 | 23609 | |
| | | L4 | 145 | 6563 | --- | 1172739 | 9590 | 26 | | | 75 | 31801 | 21423 | |
| | | L4 | 125 | 8324 | 27 | 1267371 | 9836 | 27 | | | 50 | 28485 | 18830 | |
| | | L5 | 145 | 8750 | 21 | 1400956 | 10278 | 27 | | | 100 | 37074 | 26760 | |
| 25 | | L3 | 125 | 6243 | --- | 1017837 | 9250 | 26 | 3000 | 125 | 100 | 35620 | 25929 | |
| | | L4 | 145 | 6563 | --- | 1122887 | 9590 | 26 | | | 75 | 32578 | 23432 | |
| | | L4 | 125 | 8324 | 23 | 1223274 | 9836 | 27 | | | 50 | 28831 | 20471 | |
| | | L5 | 145 | 8750 | 16 | 1353488 | 10278 | 27 | | | 100 | 38404 | 29234 | |
| Laje Mista hF = 75 mm | | 15 | L3 | 140 | 6483 | 28 | 1205981 | 9502 | 26 | 1000 | 140 | 100 | 29186 | 20225 |
| | | | L4 | 160 | 6803 | 19 | 1324291 | 9862 | 26 | | | 75 | 27863 | 18492 |
| | | | L4 | 140 | 8644 | 33 | 1423897 | 10164 | 27 | | | 50 | 25636 | 16437 |
| | L5 | | 160 | 9070 | 26 | 1567464 | 10632 | 27 | 100 | | | 32944 | 23480 | |
| | 20 | L3 | 140 | 6483 | 21 | 1144937 | 9502 | 26 | 2000 | 160 | 100 | 36378 | 25308 | |
| | | L4 | 160 | 6803 | --- | 1258475 | 9862 | 26 | | | 75 | 33397 | 22895 | |
| | | L4 | 140 | 8644 | 28 | 1366816 | 10164 | 27 | | | 50 | 29550 | 20032 | |
| | | L5 | 160 | 9070 | 21 | 1506406 | 10632 | 27 | | | 100 | 39162 | 28940 | |
| | 25 | L3 | 140 | 6483 | 15 | 1096058 | 9502 | 26 | 3000 | 160 | 100 | 35527 | 26040 | |
| | | L4 | 160 | 6803 | --- | 1205683 | 9862 | 26 | | | 75 | 30969 | 22600 | |
| | | L4 | 140 | 8644 | 23 | 1320189 | 10164 | 27 | | | 50 | 37708 | 28065 | |
| | | L5 | 160 | 9070 | 16 | 1456424 | 10632 | 27 | | | 75 | 34175 | 25282 | |
| | 25 | L3 | 140 | 8644 | 23 | 1320189 | 10164 | 27 | 3000 | 160 | 100 | 29895 | 21981 | |
| | | L4 | 160 | 9070 | 16 | 1456424 | 10632 | 27 | | | 50 | 40492 | 31784 | |
| | | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 36304 | 28503 | |
| L5 | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | | | 31315 | 24611 | | |

| PS 350x140x9,5x6,3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _t [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _t [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | | | |
| Laje Maciça | 15 | L4 | 100 | 8857 | 26 | 1473260 | 12178 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 32445 | 22759 | | | |
| | | | 120 | 9284 | 21 | 1616018 | 12623 | 26 | | | 75 | 32053 | 20998 | | | |
| | | L6 | 100 | 13286 | 32 | 1730731 | 13287 | 27 | | | 50 | 30697 | 18909 | | | |
| | | | 120 | 13926 | 29 | 1903153 | 13925 | 27 | | | 100 | 35164 | 25417 | | | |
| | 20 | L8 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 2000 | 120 | 75 | 34605 | 23300 | | | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 32750 | 20789 | | | |
| | | L4 | 100 | 8857 | 20 | 1407925 | 12178 | 25 | | | 100 | 36828 | 27118 | | | |
| | | | 120 | 9284 | 16 | 1545860 | 12623 | 26 | | | 75 | 35245 | 24773 | | | |
| | 25 | L6 | 100 | 13286 | 29 | 1676125 | 13287 | 27 | 3000 | 100 | 50 | 32676 | 21992 | | | |
| | | | 120 | 13926 | 25 | 1845592 | 13925 | 27 | | | 100 | 39848 | 30256 | | | |
| | | L8 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 120 | 75 | 37587 | | | 27491 |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | | | 50 | 34238 | | | 24210 |
| Laje Mista hF = 50 mm | 15 | L4 | 100 | 8857 | 16 | 1354984 | 12178 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 38392 | 29465 | | | |
| | | | 120 | 9284 | --- | 1488912 | 12623 | 26 | | | 75 | 36186 | 26806 | | | |
| | | L6 | 100 | 13286 | 26 | 1630794 | 13287 | 27 | | | 50 | 33095 | 23652 | | | |
| | | | 120 | 13926 | 22 | 1797690 | 13925 | 27 | | | 100 | 41412 | 32919 | | | |
| | 20 | L8 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 2000 | 120 | 75 | 38528 | 29797 | | | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 34656 | 26093 | | | |
| | | L4 | 125 | 9391 | 27 | 1652894 | 12740 | 26 | | | 125 | 100 | 34190 | | | 24741 |
| | | | 145 | 9817 | 21 | 1805247 | 13229 | 26 | | | | 75 | 32725 | | | 22715 |
| | 25 | L6 | 125 | 14086 | 32 | 1947787 | 14092 | 27 | 145 | 50 | 30209 | 20311 | | | | |
| | | | 145 | 14726 | 28 | 2132568 | 14793 | 27 | | 100 | 37599 | 28173 | | | | |
| | | Laje Mista hF = 75 mm | 15 | L8 | 125 | --- | --- | --- | --- | 1000 | 145 | 75 | 35966 | 25687 | | |
| | | | | | 145 | --- | --- | --- | --- | | | --- | 50 | 33167 | | |
| L4 | 125 | | | 9391 | 21 | 1581532 | 12740 | 26 | 125 | | | 100 | 40603 | 30498 | | |
| | 145 | | | 9817 | 16 | 1729082 | 13229 | 26 | | | | 75 | 38173 | 27700 | | |
| 20 | L6 | | 125 | 14086 | 29 | 1889518 | 14092 | 27 | 2000 | 145 | 50 | 34628 | 24382 | | | |
| | | | 145 | 14726 | 24 | 2071602 | 14793 | 27 | | | 100 | 43622 | 34358 | | | |
| | L8 | | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 145 | 75 | 40515 | 31044 | | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | | | 50 | 36189 | 27112 | | |
| 25 | L4 | | 125 | 9391 | 17 | 1523580 | 12740 | 26 | 3000 | 125 | 100 | 42167 | 33595 | | | |
| | | | 145 | 9817 | --- | 1667113 | 13229 | 26 | | | 75 | 39114 | 30382 | | | |
| | L6 | | 125 | 14086 | 26 | 1840997 | 14092 | 27 | | | 145 | 50 | 35046 | 26572 | | |
| | | | 145 | 14726 | 21 | 2020708 | 14793 | 27 | | | | 100 | 45187 | 37596 | | |
| Laje Mista hF = 90 mm | 15 | L8 | 125 | --- | --- | --- | --- | 1000 | 160 | 75 | 41456 | 33848 | | | | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | | | --- | 50 | 36608 | | | 29401 | |
| | | L4 | 140 | 9711 | 28 | 1766425 | 13104 | | | 26 | 140 | 100 | | | 34616 | 25705 |
| | | | 160 | 10138 | 21 | 1924700 | 13620 | | | 26 | | 75 | | | 33252 | 23549 |
| | 20 | L6 | 140 | 14566 | 32 | 2085428 | 14613 | 27 | 2000 | 160 | 50 | 30305 | 20992 | | | |
| | | | 160 | 15206 | 27 | 2277829 | 15353 | 27 | | | 100 | 38422 | 29702 | | | |
| | | L8 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 140 | 75 | 36288 | 27011 | | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | | | 50 | 33031 | 23819 | | |
| | 25 | L4 | 140 | 9711 | 23 | 1691458 | 13104 | 26 | 3000 | 140 | 100 | 42867 | 32323 | | | |
| | | | 160 | 10138 | 16 | 1844952 | 13620 | 26 | | | 75 | 39929 | 29280 | | | |
| | | L6 | 140 | 14566 | 29 | 2025115 | 14613 | 27 | | | 160 | 50 | 35799 | 25672 | | |
| | | | 160 | 15206 | 24 | 2214993 | 15353 | 27 | | | | 100 | 45887 | 36792 | | |
| Laje Mista hF = 100 mm | 15 | L8 | 140 | --- | --- | --- | --- | 1000 | 160 | 75 | 42271 | 33151 | | | | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | --- | 50 | 37360 | | | 28832 | |
| | | L4 | 140 | 9711 | 18 | 1630493 | 13104 | | | 26 | 140 | 100 | | | 44432 | 35969 |
| | | | 160 | 10138 | --- | 1779976 | 13620 | | | 26 | | 75 | | | 40870 | 32438 |
| | 20 | L6 | 140 | 14566 | 26 | 1974798 | 14613 | 27 | 160 | 50 | 36217 | 28250 | | | | |
| | | | 160 | 15206 | 20 | 2162438 | 15353 | 27 | | 100 | 47452 | 40514 | | | | |
| Laje Mista hF = 110 mm | 15 | L8 | 140 | --- | --- | --- | --- | 1000 | 160 | 75 | 43212 | 36374 | | | | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | --- | 50 | 37779 | | | 31464 | |
| | | L4 | 140 | 9711 | 18 | 1630493 | 13104 | | | 26 | 140 | 100 | | | 44432 | 35969 |
| | | | 160 | 10138 | --- | 1779976 | 13620 | | | 26 | | 75 | | | 40870 | 32438 |
| | 20 | L6 | 140 | 14566 | 26 | 1974798 | 14613 | 27 | 160 | 50 | 36217 | 28250 | | | | |
| | | | 160 | 15206 | 20 | 2162438 | 15353 | 27 | | 100 | 47452 | 40514 | | | | |

| PS 350x160x9,5x6,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|---------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _t [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/ rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _t [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | | | | | | |
| Laje Maciça | 15 | L4 | 100 | 8857 | 25 | 1465571 | 13298 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 34525 | 24379 | | | | | | |
| | | | 120 | 9284 | 21 | 1606380 | 13746 | 26 | | | 75 | 34118 | 22548 | | | | | | |
| | | L6 | 100 | 13286 | 32 | 1720431 | 14426 | 27 | | | 50 | 32755 | 20377 | | | | | | |
| | | | 120 | 13926 | 28 | 1890200 | 15070 | 27 | | | 100 | 37267 | 27186 | | | | | | |
| | 20 | L8 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | | 2000 | 120 | 75 | 36678 | 24980 | | | | | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | | | 50 | 34809 | 22363 | | | | | |
| | | L4 | 100 | 8857 | 20 | 1398415 | 13298 | 25 | | | | 100 | 39371 | 29118 | | | | | |
| | | | 120 | 9284 | 15 | 1534061 | 13746 | 26 | | | | 75 | 37614 | 26653 | | | | | |
| | 25 | L6 | 100 | 13286 | 29 | 1663039 | 14426 | 27 | 3000 | | 100 | 50 | 35003 | 23729 | | | | | |
| | | | 120 | 13926 | 25 | 1829343 | 15070 | 27 | | | | 100 | 42633 | 32449 | | | | | |
| | | L8 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | | | | 120 | 75 | 40063 | | 29538 | | | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | | | | 50 | 36635 | | 26084 | | | |
| | 25 | L4 | 100 | 8857 | 15 | 1344152 | 13298 | 25 | | 100 | 100 | | 100 | 41196 | 31690 | | | | |
| | | | 120 | 9284 | --- | 1475536 | 13746 | 26 | | | | | 75 | 38643 | 28880 | | | | |
| | | L6 | 100 | 13286 | 26 | 1615558 | 14426 | 27 | | | | 50 | 35460 | 25547 | | | | | |
| | | | 120 | 13926 | 22 | 1778884 | 15070 | 27 | | | | 100 | 44458 | 35347 | | | | | |
| | 25 | L8 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 120 | | 75 | 41091 | 32048 | | | | | | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 37092 | 28133 | | | | | | |
| | | Laje Mistá hf = 50 mm | 15 | L4 | 125 | 9391 | 27 | 1642721 | | | 13864 | 26 | 1000 | | 125 | 100 | 36253 | 26367 | |
| | | | | | 145 | 9817 | 21 | 1792733 | | | 14356 | 26 | | | | 75 | 34784 | 24270 | |
| | L6 | | | 125 | 14086 | 32 | 1934108 | 15239 | 27 | 50 | 32267 | 21783 | | | | | | | |
| | | | | 145 | 14726 | 28 | 2115725 | 15947 | 27 | 100 | 39674 | 29997 | | | | | | | |
| | 20 | | L8 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | 2000 | 145 | 75 | | | 38029 | 27414 | | | |
| | | | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 50 | | | 35225 | 24350 | | | |
| L4 | | | 125 | 9391 | 21 | 1569107 | 13864 | 26 | 125 | | | 100 | | 43448 | 32599 | | | | |
| | | | 145 | 9817 | 15 | 1713929 | 14356 | 26 | | | | 75 | | 40675 | 29668 | | | | |
| 25 | L6 | | 125 | 14086 | 29 | 1872408 | 15239 | 27 | | | 3000 | 145 | 50 | 37043 | 26190 | | | | |
| | | | 145 | 14726 | 24 | 2050753 | 15947 | 27 | | | | | 100 | 46710 | 36735 | | | | |
| | L8 | | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | 100 | | | | 75 | 43123 | 33249 | | | | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | | | | 50 | 38676 | 29114 | | | | |
| Laje Mistá hf = 75 mm | 15 | L4 | 125 | 9391 | 17 | 1509511 | 13864 | 26 | | 1000 | | 140 | 100 | 45273 | 36010 | | | | |
| | | | 145 | 9817 | --- | 1650029 | 14356 | 26 | | | | | 75 | 41703 | 32621 | | | | |
| | | L6 | 125 | 14086 | 26 | 1821221 | 15239 | 27 | 160 | | | | 50 | 37500 | 28602 | | | | |
| | | | 145 | 14726 | 21 | 1996731 | 15947 | 27 | | | | | 100 | 48535 | 40304 | | | | |
| | 20 | L8 | 125 | --- | --- | --- | --- | 2000 | | | 160 | 75 | 44152 | 36341 | | | | | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | | | | | --- | 50 | 39133 | | | 31639 | | |
| | | L4 | 140 | 9711 | 28 | 1754526 | 14230 | | 26 | | | 1000 | 140 | 100 | | 36676 | 27322 | | |
| | | | 160 | 10138 | 21 | 1910209 | 14749 | | 26 | | | | | 75 | | 35310 | 25097 | | |
| | L6 | 140 | 14566 | 33 | 2069415 | 15765 | 27 | | 160 | 50 | 32364 | | | 22458 | | | | | |
| | | 160 | 15206 | 27 | 2258335 | 16512 | 27 | | | 100 | 40490 | | | 31548 | | | | | |
| | 25 | L8 | 140 | --- | --- | --- | --- | | | 2000 | 160 | | 75 | 38348 | | 28757 | | | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | | | | --- | 50 | | 35090 | | 25447 | |
| L4 | | 140 | 9711 | 23 | 1677021 | 14230 | 26 | 140 | 100 | | | | 45507 | 34458 | | | | | |
| | | 160 | 10138 | 15 | 1827510 | 14749 | 26 | | 75 | | | | 42511 | 31277 | | | | | |
| 25 | L6 | 140 | 14566 | 30 | 2005245 | 15765 | 27 | | 3000 | | 160 | 50 | 32668 | 27504 | | | | | |
| | | 160 | 15206 | 24 | 2191026 | 16512 | 27 | | | | | 100 | 49156 | 39255 | | | | | |
| | L8 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 160 | | | | 75 | 44960 | 35431 | | | | | |
| | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | | | | 50 | 39900 | 30896 | | | | | |
| 25 | L4 | 140 | 9711 | 19 | 1614199 | 14230 | 26 | | | 1000 | 140 | 100 | 47719 | 38463 | | | | | |
| | | 160 | 10138 | --- | 1760366 | 14749 | 26 | | | | | 75 | 43540 | 34746 | | | | | |
| | L6 | 140 | 14566 | 26 | 1951920 | 15765 | 27 | 160 | | | | 50 | 38725 | 30337 | | | | | |
| | | 160 | 15206 | 20 | 2134965 | 16512 | 27 | | | | | 100 | 50981 | 43364 | | | | | |
| 25 | L8 | 140 | --- | --- | --- | --- | 2000 | | 160 | | 75 | 45988 | 38990 | | | | | | |
| | | 160 | --- | --- | --- | --- | | | | | --- | 50 | 40357 | | | 33807 | | | |

| PS 400x140x8,0x6,3 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|-------|-------|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | | |
| L/d _t | Lig. | h _t [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _y [kNcm/rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _t [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | | |
| Laje Maciça | 15 | L3 | 100 | 7443 | --- | 1497566 | 13975 | 23 | 1000 | 100 | 100 | 35681 | 27549 | | |
| | | | 120 | 7763 | --- | 1624229 | 14350 | 24 | | | 75 | 35296 | 25410 | | |
| | | L4 | 100 | 9924 | 21 | 1765000 | 14698 | 25 | | | 50 | 33753 | 22872 | | |
| | | | 120 | 10351 | 17 | 1918424 | 15186 | 25 | | | 100 | 38392 | 30556 | | |
| | | L5 | 100 | 12405 | 24 | 1882214 | 15387 | 26 | | | 75 | 37843 | 28013 | | |
| | | | 120 | 12939 | 21 | 2047532 | 15983 | 26 | | | 50 | 35993 | 24998 | | |
| | 20 | L3 | 100 | 7443 | --- | 1416159 | 13975 | 23 | 2000 | 100 | 100 | 39949 | 32720 | | |
| | | | 120 | 7763 | --- | 1537010 | 14350 | 24 | | | 75 | 38180 | 29888 | | |
| | | L4 | 100 | 9924 | 16 | 1687378 | 14698 | 25 | | | 50 | 35646 | 26528 | | |
| | | | 120 | 10351 | --- | 1835735 | 15186 | 25 | | | 100 | 42914 | 36190 | | |
| | | L5 | 100 | 12405 | 20 | 1810554 | 15387 | 26 | | | 75 | 40416 | 32892 | | |
| | | | 120 | 12939 | 17 | 1971881 | 15983 | 26 | | | 50 | 37136 | 28981 | | |
| | 25 | L3 | 100 | 7443 | --- | 1351436 | 13975 | 23 | 3000 | 100 | 100 | 41458 | 35451 | | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | 24 | | | 75 | 39038 | 32253 | | |
| | | L4 | 100 | 9924 | --- | 1624439 | 14698 | 25 | | | 50 | 36027 | 28459 | | |
| | | | 120 | 10351 | --- | 1768575 | 15186 | 25 | | | 100 | 44423 | 39213 | | |
| | | L5 | 100 | 12405 | 17 | 1751795 | 15387 | 26 | | | 75 | 41273 | 35511 | | |
| | | | 120 | 12939 | --- | 1909716 | 15983 | 26 | | | 50 | 37517 | 31119 | | |
| Laje Mista hF = 50 mm | 15 | L3 | 125 | 7843 | 17 | 1656798 | 14449 | 24 | 1000 | 125 | 100 | 37435 | 29535 | | |
| | | | 145 | 8163 | --- | 1790762 | 14858 | 24 | | | 75 | 35905 | 27130 | | |
| | | L4 | 125 | 10458 | 22 | 1957945 | 15314 | 25 | | | 50 | 32821 | 24276 | | |
| | | | 145 | 10885 | 17 | 2120779 | 15847 | 26 | | | 100 | 40836 | 33419 | | |
| | | L5 | 125 | 13072 | 25 | 2090160 | 16139 | 26 | | | 145 | 75 | 39211 | 30493 | |
| | | | 145 | 13606 | 21 | 2265973 | 16790 | 26 | | | 50 | 36134 | 27022 | | |
| | 20 | L3 | 125 | 7843 | --- | 1568115 | 14449 | 24 | 2000 | 125 | 100 | 43656 | 36271 | | |
| | | | 145 | 8163 | --- | 1696180 | 14858 | 24 | | | 75 | 40975 | 32963 | | |
| | | L4 | 125 | 10458 | 17 | 1873992 | 15314 | 25 | | | 50 | 37509 | 29039 | | |
| | | | 145 | 10885 | --- | 2031790 | 15847 | 26 | | | 100 | 46621 | 40569 | | |
| | | L5 | 125 | 13072 | 21 | 2013529 | 16139 | 26 | | | 145 | 75 | 43210 | 36685 | |
| | | | 145 | 13606 | 16 | 2185509 | 16790 | 26 | | | 50 | 38999 | 32078 | | |
| | 25 | L3 | 125 | 7843 | --- | 1497496 | 14449 | 24 | 3000 | 125 | 100 | 45164 | 39864 | | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | 24 | | | 75 | 41832 | 36075 | | |
| | | L4 | 125 | 10458 | --- | 1805776 | 15314 | 25 | | | 50 | 37890 | 31580 | | |
| | | | 145 | 10885 | --- | 1959356 | 15847 | 26 | | | 100 | 48129 | 44266 | | |
| | | L5 | 125 | 13072 | 17 | 1950526 | 16139 | 26 | | | 145 | 75 | 44068 | 39887 | |
| | | | 145 | 13606 | --- | 2119211 | 16790 | 26 | | | 50 | 39380 | 34692 | | |
| Laje Mista hF = 75 mm | 15 | L3 | 140 | 8083 | 19 | 1756714 | 14753 | 24 | 1000 | 140 | 100 | 37865 | 30473 | | |
| | | | 160 | 8404 | --- | 1895171 | 15183 | 25 | | | 75 | 36308 | 27941 | | |
| | | L4 | 140 | 10778 | 24 | 2079352 | 15710 | 26 | | | 50 | 32829 | 24939 | | |
| | | | 160 | 11205 | 17 | 2247982 | 16270 | 26 | | | 100 | 41663 | 34988 | | |
| | | L5 | 140 | 13472 | 26 | 2221217 | 16623 | 26 | | | 75 | 39537 | 31852 | | |
| | | | 160 | 14006 | 21 | 2403498 | 17306 | 26 | | | 50 | 35821 | 28132 | | |
| | 20 | L3 | 140 | 8083 | --- | 1663612 | 14753 | 24 | 2000 | 140 | 100 | 45879 | 38149 | | |
| | | | 160 | 8404 | --- | 1796126 | 15183 | 25 | | | 75 | 42651 | 34589 | | |
| | | L4 | 140 | 10778 | 19 | 1991618 | 15710 | 26 | | | 50 | 38627 | 30367 | | |
| | | | 160 | 11205 | --- | 2155241 | 16270 | 26 | | | 100 | 48844 | 43126 | | |
| | | L5 | 140 | 13472 | 23 | 2141699 | 16623 | 26 | | | 75 | 44887 | 38899 | | |
| | | | 160 | 14006 | 16 | 2320256 | 17306 | 26 | | | 50 | 40117 | 33886 | | |
| | 25 | L3 | 140 | 8083 | --- | 1589400 | 14753 | 24 | 3000 | 140 | 100 | 47388 | 42349 | | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | 25 | | | 75 | 43509 | 38227 | | |
| | | L4 | 140 | 10778 | 14 | 1920237 | 15710 | 26 | | | 50 | 39008 | 33337 | | |
| | | | 160 | 11205 | --- | 2079653 | 16270 | 26 | | | 100 | 50353 | 47360 | | |
| | | L5 | 140 | 13472 | 19 | 2076215 | 16623 | 26 | | | 75 | 45745 | 42566 | | |
| | | | 160 | 14006 | --- | 2251555 | 17306 | 26 | | | 50 | 40498 | 36880 | | |

| PS 400x140x9,5x6,3 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|-------|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | |
| L/d _t | Lig. | h _t [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _y [kNcm/ rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _t [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | |
| Laje Maciça | 15 | L4 | 100 | 9924 | 20 | 1812603 | 16189 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 38185 | 29701 | |
| | | | 120 | 10351 | 16 | 1968498 | 16681 | 25 | | | 75 | 37765 | 27470 | |
| | | L6 | 100 | 14886 | 27 | 2138417 | 17560 | 26 | | | 50 | 36194 | 24823 | |
| | | | 120 | 15527 | 24 | 2327654 | 18267 | 26 | | | 100 | 40932 | 32898 | |
| | | L8 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 40335 | 30238 | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 38434 | 27083 | |
| | 20 | L4 | 100 | 9924 | 15 | 1727238 | 16189 | 25 | 2000 | 100 | 100 | 42966 | 35369 | |
| | | | 120 | 10351 | --- | 1877298 | 16681 | 25 | | | 75 | 41275 | 32378 | |
| | | L6 | 100 | 14886 | 24 | 2065165 | 17560 | 26 | | | 50 | 38638 | 28831 | |
| | | | 120 | 15527 | 20 | 2250519 | 18267 | 26 | | | 100 | 46186 | 39080 | |
| | | L8 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 43724 | 35592 | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 40271 | 31455 | |
| | 25 | L4 | 100 | 9924 | --- | 1658426 | 16189 | 25 | 3000 | 100 | 100 | 44745 | 38392 | |
| | | | 120 | 10351 | --- | 1803677 | 16681 | 25 | | | 75 | 42304 | 34996 | |
| | | L6 | 100 | 14886 | 21 | 2004664 | 17560 | 26 | | | 50 | 39096 | 30968 | |
| | | | 120 | 15527 | 17 | 2186678 | 18267 | 26 | | | 100 | 47965 | 42406 | |
| | | L8 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 44752 | 38472 | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 40728 | 33806 | |
| Laje Mista hF = 50 mm | 15 | L4 | 125 | 10458 | 23 | 2008624 | 16809 | 25 | 1000 | 125 | 100 | 39896 | 31677 | |
| | | | 145 | 10885 | 17 | 2173822 | 17346 | 26 | | | 75 | 38345 | 29181 | |
| | | L6 | 125 | 15687 | 28 | 2376458 | 18452 | 27 | | | 50 | 35262 | 26220 | |
| | | | 145 | 16327 | 24 | 2577775 | 19223 | 27 | | | 100 | 43332 | 35810 | |
| | | L8 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 41672 | 32760 | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 38575 | 29142 | |
| | 20 | L4 | 125 | 10458 | 17 | 1915961 | 16809 | 25 | 2000 | 125 | 100 | 46991 | 39020 | |
| | | | 145 | 10885 | --- | 2075300 | 17346 | 26 | | | 75 | 44336 | 35540 | |
| | | L6 | 125 | 15687 | 24 | 2298378 | 18452 | 27 | | | 50 | 40679 | 31412 | |
| | | | 145 | 16327 | 20 | 2496027 | 19223 | 27 | | | 100 | 50211 | 43656 | |
| | | L8 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 46784 | 39555 | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 42311 | 34690 | |
| | 25 | L4 | 125 | 10458 | --- | 1841131 | 16809 | 25 | 3000 | 125 | 100 | 48770 | 43009 | |
| | | | 145 | 10885 | --- | 1995617 | 17346 | 26 | | | 75 | 45364 | 38995 | |
| | | L6 | 125 | 15687 | 21 | 2233720 | 18452 | 27 | | | 50 | 41136 | 34233 | |
| | | 145 | 16327 | 17 | 2428185 | 19223 | 27 | 100 | 51990 | 47769 | | | | |
| | | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | 75 | 47813 | 43117 | | | | |
| | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | 42768 | 37599 | | | | |
| Laje Mista hF = 75 mm | 15 | L4 | 140 | 10778 | 24 | 2131812 | 17209 | 26 | 1000 | 140 | 100 | 40309 | 32596 | |
| | | | 160 | 11205 | 17 | 2302735 | 17773 | 26 | | | 75 | 38749 | 29977 | |
| | | L6 | 140 | 16167 | 28 | 2526523 | 19026 | 27 | | | 50 | 35270 | 26870 | |
| | | | 160 | 16807 | 24 | 2735275 | 19836 | 27 | | | 100 | 40142 | 37396 | |
| | | L8 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 41982 | 34133 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 38262 | 30264 | |
| | 20 | L4 | 140 | 10778 | 19 | 2034756 | 17209 | 26 | 2000 | 140 | 100 | 49171 | 40925 | |
| | | | 160 | 11205 | --- | 2199817 | 17773 | 26 | | | 75 | 46172 | 37190 | |
| | | L6 | 140 | 16167 | 25 | 2445675 | 19026 | 27 | | | 50 | 41903 | 32759 | |
| | | | 160 | 16807 | 20 | 2650904 | 19836 | 27 | | | 100 | 52626 | 46304 | |
| | | L8 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 48621 | 41849 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 43535 | 36563 | |
| | 25 | L4 | 140 | 10778 | 15 | 1956288 | 17209 | 26 | 3000 | 140 | 100 | 51185 | 45576 | |
| | | | 160 | 11205 | --- | 2116479 | 17773 | 26 | | | 75 | 47201 | 41218 | |
| | | L6 | 140 | 16167 | 22 | 2378616 | 19026 | 27 | | | 50 | 42360 | 36048 | |
| | | | 160 | 16807 | 17 | 2580770 | 19836 | 27 | | | 100 | 54405 | 51019 | |
| | | L8 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 49649 | 45932 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 43992 | 39897 | |

| PS 400x180x12 5x6,3 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|-------|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | |
| L/d | Lig. | h _i [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _i [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | |
| Laje Maciça | 15 | L4 | 100 | 9924 | 20 | 1859701 | 22884 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 49332 | 38844 | |
| | | L6 | 120 | 10351 | 15 | 2014818 | 23388 | 25 | | 75 | 48816 | 36275 | | |
| | | | 100 | 14886 | 27 | 2205691 | 24337 | 26 | | 50 | 47183 | 33227 | | |
| | | L8 | 120 | 15527 | 23 | 2394443 | 25068 | 26 | | 100 | 100 | 52183 | 42795 | |
| | 20 | | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 120 | 75 | 51443 | 39696 | | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | 49423 | 36021 | | | |
| | | L4 | 100 | 9924 | 14 | 1759413 | 22884 | 25 | 100 | 100 | 55690 | 46631 | | |
| | | L6 | 120 | 10351 | --- | 1906945 | 23388 | 25 | 75 | 54441 | 43019 | | | |
| | 25 | | 100 | 14886 | 23 | 2112735 | 24337 | 26 | 50 | 51667 | 38734 | | | |
| | | L8 | 120 | 15527 | 19 | 2295201 | 25068 | 26 | 100 | 100 | 60057 | 51376 | | |
| | | | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 120 | 75 | 57741 | 47128 | | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | 53867 | 42089 | | | |
| 3000 | L4 | 100 | 9924 | --- | 1679613 | 22884 | 25 | 100 | 100 | 58962 | 50994 | | | |
| | | 120 | 10351 | --- | 1821047 | 23388 | 25 | 75 | 56310 | 46797 | | | | |
| | L6 | 100 | 14886 | 20 | 2037099 | 24337 | 26 | 50 | 52498 | 41819 | | | | |
| | | 120 | 15527 | 16 | 2214344 | 25068 | 26 | 100 | 100 | 63329 | 56122 | | | |
| | L8 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 120 | 75 | 59610 | 51238 | | | |
| | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | 54698 | 45445 | | | | |
| Laje Mista hF = 50 mm | 15 | L4 | 125 | 10458 | 23 | 2054635 | 23520 | 25 | 1000 | 125 | 100 | 50932 | 40713 | |
| | | | 145 | 10885 | 16 | 2218118 | 24069 | 26 | | 75 | 49334 | 37894 | | |
| | | L6 | 125 | 15687 | 28 | 2442987 | 25259 | 27 | | 50 | 46251 | 34549 | | |
| | | | 145 | 16327 | 24 | 2642680 | 26057 | 27 | | 100 | 100 | 54455 | 45812 | |
| | 20 | | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | 145 | 75 | 52706 | 42309 | | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | 49564 | 38154 | | | |
| | | L4 | 125 | 10458 | 18 | 1944843 | 23520 | 25 | 100 | 100 | 59551 | 50543 | | |
| | | | 145 | 10885 | --- | 2100565 | 24069 | 26 | 125 | 75 | 56747 | 46406 | | |
| | 25 | L6 | 125 | 15687 | 25 | 2342173 | 25259 | 27 | 100 | 50 | 52757 | 41500 | | |
| | | | 145 | 16327 | 20 | 2535580 | 26057 | 27 | 100 | 100 | 65516 | 56609 | | |
| | | | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | 145 | 75 | 61867 | 51660 | | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | 56617 | 45789 | | | |
| 3000 | L4 | 125 | 10458 | --- | 1857400 | 23520 | 25 | 100 | 100 | 64420 | 56286 | | | |
| | | 145 | 10885 | --- | 2006863 | 24069 | 26 | 125 | 75 | 60435 | 51380 | | | |
| | L6 | 125 | 15687 | 22 | 2260006 | 25259 | 27 | 100 | 50 | 55248 | 45561 | | | |
| | | 145 | 16327 | 16 | 2448168 | 26057 | 27 | 100 | 100 | 68788 | 62625 | | | |
| | L8 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | 145 | 75 | 63735 | 56870 | | | |
| | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | 57448 | 50043 | | | | |
| Laje Mista hF = 75 mm | 15 | L4 | 140 | 10778 | 24 | 2176611 | 23929 | 26 | 1000 | 140 | 100 | 51307 | 41536 | |
| | | | 160 | 11205 | 18 | 2345217 | 24506 | 26 | | 75 | 49738 | 38606 | | |
| | | L6 | 140 | 16167 | 29 | 2591922 | 25853 | 27 | | 100 | 50 | 46259 | 35130 | |
| | | | 160 | 16807 | 24 | 2798335 | 26691 | 27 | | 100 | 100 | 55219 | 47423 | |
| | 20 | | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 160 | 75 | 52983 | 43705 | | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | 49251 | 39294 | | | |
| | | L4 | 140 | 10778 | 20 | 2061011 | 23929 | 26 | 100 | 100 | 60480 | 52487 | | |
| | | | 160 | 11205 | --- | 2221759 | 24506 | 26 | 140 | 75 | 57322 | 42890 | | |
| | 25 | L6 | 140 | 16167 | 26 | 2486393 | 25853 | 27 | 100 | 50 | 52909 | 42874 | | |
| | | | 160 | 16807 | 20 | 2686531 | 26691 | 27 | 100 | 100 | 67920 | 59550 | | |
| | | | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 160 | 75 | 63820 | 54207 | | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | 57824 | 47869 | | | |
| 3000 | L4 | 140 | 10778 | 15 | 1968885 | 23929 | 26 | 100 | 100 | 67696 | 59092 | | | |
| | | 160 | 11205 | --- | 2123283 | 24506 | 26 | 140 | 75 | 62910 | 53810 | | | |
| | L6 | 140 | 16167 | 23 | 2400293 | 25853 | 27 | 100 | 50 | 56898 | 47545 | | | |
| | | 160 | 16807 | 16 | 2595181 | 26691 | 27 | 100 | 100 | 72063 | 66429 | | | |
| | L8 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 160 | 75 | 66210 | 60164 | | | |
| | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | 59098 | 52733 | | | | |

| PS 400x200x12,5x6,3 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|-------------------------|------------------------|-----|--------------|--------------------------|-------|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _t [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/ rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _t [mm] | η | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | |
| Laje Maciça | 15 | L4 | 100 | 9924 | 19 | 1853920 | 24776 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 52424 | 41294 | |
| | | L6 | 120 | 10351 | 15 | 2007744 | 25283 | 25 | | | 75 | 51900 | 38648 | |
| | | | 100 | 14886 | 27 | 2197845 | 26245 | 26 | | | 50 | 50265 | 35510 | |
| | | L8 | 120 | 15527 | 23 | 2384785 | 26982 | 26 | | | 100 | 55287 | 45429 | |
| | 20 | L4 | 100 | 9924 | 14 | 1752359 | 24776 | 25 | 2000 | 100 | 100 | 58980 | 49632 | |
| | | L6 | 120 | 10351 | --- | 1898379 | 25283 | 25 | | | 75 | 58095 | 45869 | |
| | | | 100 | 14886 | 23 | 2102801 | 26245 | 26 | | | 50 | 55413 | 41405 | |
| | | L8 | 120 | 15527 | 19 | 2283102 | 26982 | 26 | | | 100 | 63665 | 54649 | |
| | 25 | L4 | 100 | 9924 | --- | 1671678 | 24776 | 25 | 3000 | 100 | 100 | 62746 | 54368 | |
| | | L6 | 120 | 10351 | --- | 1811447 | 25283 | 25 | | | 75 | 60343 | 49970 | |
| | | | 100 | 14886 | 20 | 2025626 | 26245 | 26 | | | 50 | 56412 | 44754 | |
| | | L8 | 120 | 15527 | 15 | 2200442 | 26982 | 26 | | | 100 | 67431 | 59797 | |
| Laje Mista hF = 50 mm | 15 | L4 | 125 | 10458 | 23 | 2047207 | 25415 | 25 | 1000 | 125 | 100 | 54016 | 43125 | |
| | | | 145 | 10885 | 16 | 2209152 | 25967 | 26 | | | 75 | 52417 | 40234 | |
| | | | 125 | 15687 | 28 | 2432834 | 27174 | 27 | | | 50 | 49333 | 36804 | |
| | | L8 | 145 | 16327 | 24 | 2630375 | 27977 | 27 | | | 100 | 57544 | 48454 | |
| | 20 | L4 | 125 | 10458 | 18 | 1935866 | 25415 | 25 | 2000 | 125 | 100 | 62683 | 53577 | |
| | | | 145 | 10885 | --- | 2089806 | 25967 | 26 | | | 75 | 59847 | 49285 | |
| | | L6 | 125 | 15687 | 25 | 2329485 | 27174 | 27 | | | 50 | 55840 | 44195 | |
| | | | 145 | 16327 | 19 | 2520347 | 27977 | 27 | | | 100 | 69346 | 60012 | |
| | 25 | L4 | 125 | 10458 | --- | 1847349 | 25415 | 25 | 3000 | 125 | 100 | 68603 | 59791 | |
| | | | 145 | 10885 | --- | 1994859 | 25967 | 26 | | | 75 | 64867 | 54667 | |
| | | L6 | 125 | 15687 | 22 | 2245446 | 27174 | 27 | | | 50 | 59429 | 48589 | |
| | | | 145 | 16327 | 16 | 2430766 | 27977 | 27 | | | 100 | 73288 | 66553 | |
| Laje Mista hF = 75 mm | 15 | L4 | 140 | 10778 | 24 | 2168049 | 25826 | 26 | 1000 | 140 | 100 | 54389 | 43920 | |
| | | | 160 | 11205 | 18 | 2334960 | 26405 | 26 | | | 75 | 52820 | 40922 | |
| | | | 140 | 16167 | 29 | 2580182 | 27771 | 27 | | | 50 | 49341 | 37366 | |
| | | L8 | 160 | 16807 | 24 | 2784226 | 28615 | 27 | | | 100 | 58305 | 50063 | |
| | 20 | L4 | 140 | 10778 | 20 | 2050718 | 25826 | 26 | 2000 | 140 | 100 | 63593 | 55514 | |
| | | | 160 | 11205 | --- | 2209511 | 26405 | 26 | | | 75 | 60415 | 50963 | |
| | | L6 | 140 | 16167 | 26 | 2471826 | 27771 | 27 | | | 50 | 55992 | 45505 | |
| | | | 160 | 16807 | 20 | 2669177 | 28615 | 27 | | | 100 | 71077 | 63668 | |
| | 25 | L4 | 140 | 10778 | 15 | 1957392 | 25826 | 26 | 3000 | 140 | 100 | 72172 | 62135 | |
| | | | 160 | 11205 | --- | 2109652 | 26405 | 26 | | | 75 | 67582 | 57130 | |
| | | L6 | 140 | 16167 | 23 | 2383634 | 27771 | 27 | | | 50 | 61238 | 50600 | |
| | | | 160 | 16807 | 16 | 2755419 | 28615 | 27 | | | 100 | 76802 | 70477 | |

| PS 450x150x12,5x6,3 | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|-------|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | |
| L/d _t | Lig. | h _t [mm] | R' [KNcm] | θ _u [mrad] | S _y [KNcm/rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _t [mm] | η [%] | R' [KNcm] | I' [cm ⁴] | |
| Laje Maciça | 15 | L3 | 100 | 8243 | --- | 1885664 | 24908 | 22 | 1000 | 100 | 100 | 51725 | 44440 |
| | | | 120 | 8564 | --- | 2024800 | 25326 | 22 | | | 75 | 51197 | 41431 |
| | | L4 | 100 | 10991 | 16 | 2249437 | 25815 | 24 | | | 50 | 49143 | 37861 |
| | | | 120 | 11418 | --- | 2419777 | 26362 | 24 | | | 100 | 54577 | 48765 |
| | | L5 | 100 | 13739 | 20 | 2414288 | 26690 | 25 | | | 75 | 53833 | 45177 |
| | 20 | | 120 | 14273 | 16 | 2598810 | 27362 | 25 | | | 50 | 51650 | 40920 |
| | | L3 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 2000 | 100 | 100 | 57855 | 53173 |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 56414 | 48994 |
| | | L4 | 100 | 10991 | --- | 2126661 | 25815 | 24 | | | 50 | 53585 | 44037 |
| | | | 120 | 11418 | --- | 2288741 | 26362 | 24 | | | 100 | 61945 | 58242 |
| | | L5 | 100 | 13739 | 15 | 2294866 | 26690 | 25 | | | 75 | 59501 | 53384 |
| | 25 | | 120 | 14273 | --- | 2471907 | 27362 | 25 | | | 50 | 55643 | 47621 |
| | | L3 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 3000 | 100 | 100 | 60726 | 57966 |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 58049 | 53145 |
| | | L4 | 100 | 10991 | --- | 2029089 | 25815 | 24 | | | 50 | 54312 | 47426 |
| | | | 120 | 11418 | --- | 2184519 | 26362 | 24 | | | 100 | 64816 | 63371 |
| | | L5 | 100 | 13739 | --- | 2199033 | 26690 | 25 | | | 75 | 61136 | 57825 |
| | | | 120 | 14273 | --- | 2369948 | 27362 | 25 | | | 50 | 56370 | 51248 |
| Laje Mista hF = 50 mm | 15 | L3 | 125 | 8644 | --- | 2060397 | 25435 | 22 | 1000 | 125 | 100 | 53310 | 46213 |
| | | | 145 | 8964 | --- | 2206075 | 25887 | 22 | | | 75 | 51428 | 42966 |
| | | L4 | 125 | 11525 | 19 | 2463427 | 26505 | 24 | | | 50 | 47768 | 39115 |
| | | | 145 | 11952 | --- | 2642348 | 27097 | 24 | | | 100 | 56846 | 51792 |
| | | L5 | 125 | 14406 | 22 | 2646133 | 27537 | 25 | | | 75 | 55083 | 47798 |
| | 20 | | 145 | 14940 | 17 | 2840279 | 28265 | 25 | | | 50 | 51436 | 43060 |
| | | L3 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | 2000 | 125 | 100 | 61926 | 57125 |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 59142 | 52416 |
| | | L4 | 125 | 11525 | 14 | 2330304 | 26505 | 24 | | | 50 | 55135 | 46831 |
| | | | 145 | 11952 | --- | 2500806 | 27097 | 24 | | | 100 | 67058 | 63610 |
| | | L5 | 125 | 14406 | 18 | 2517352 | 27537 | 25 | | | 75 | 63360 | 58033 |
| | 25 | | 145 | 14940 | --- | 2703960 | 28265 | 25 | | | 50 | 58216 | 51417 |
| | | L3 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | 3000 | 125 | 100 | 65838 | 63385 |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 61908 | 57838 |
| | | L4 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 56884 | 51257 |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 69929 | 70073 |
| | | L5 | 125 | 14406 | 14 | 2413852 | 27537 | 25 | | | 75 | 64995 | 63629 |
| | | | 145 | 14940 | --- | 2594263 | 28265 | 25 | | | 50 | 58942 | 55987 |
| Laje Mista hF = 75 mm | 15 | L3 | 140 | 8884 | 16 | 2169159 | 25771 | 22 | 1000 | 140 | 100 | 53627 | 46964 |
| | | | 160 | 9204 | --- | 2318834 | 26245 | 23 | | | 75 | 51698 | 43617 |
| | | L4 | 140 | 11845 | 21 | 2569665 | 26946 | 24 | | | 50 | 47687 | 39646 |
| | | | 160 | 12272 | 15 | 2781143 | 27566 | 24 | | | 100 | 57605 | 53397 |
| | | L5 | 140 | 14806 | 23 | 2791009 | 28079 | 25 | | | 75 | 55317 | 49188 |
| | 20 | | 160 | 15340 | 18 | 2991061 | 28841 | 25 | | | 50 | 50945 | 44195 |
| | | L3 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 2000 | 140 | 100 | 62871 | 59060 |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 59716 | 54092 |
| | | L4 | 140 | 11845 | 16 | 2457539 | 26946 | 24 | | | 50 | 55264 | 48199 |
| | | | 160 | 12272 | --- | 2633208 | 27566 | 24 | | | 100 | 70126 | 66605 |
| | | L5 | 140 | 14806 | 20 | 2656578 | 28079 | 25 | | | 75 | 65675 | 60627 |
| | 25 | | 160 | 15340 | --- | 2849069 | 28841 | 25 | | | 50 | 59759 | 53535 |
| | | L3 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 3000 | 140 | 100 | 68906 | 66228 |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 64223 | 60298 |
| | | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 58428 | 53267 |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 72996 | 73672 |
| | | L5 | 140 | 14806 | 16 | 2548435 | 28079 | 25 | | | 75 | 67311 | 66997 |
| | | | 160 | 15340 | --- | 2734694 | 28841 | 25 | | | 50 | 60486 | 58736 |

| PS 450x200x12,5x6,3 | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|---------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|------------------------|------------------------|-------------------------|---------------|--------------------------|-------|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | |
| L/d _t | Lig. | h _t [mm] | R' [K[Ncm] | θ _u [mrad] | S _y [K[Ncm/rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _t [mm] | η [%] | R' [K[Ncm] | I' [cm ⁴] | |
| Laje Maciça | 15 | L3 | 100 | 8243 | --- | 1871110 | 30917 | 22 | 1000 | 100 | 100 | 60442 | 52176 |
| | | | 120 | 8564 | --- | 2007373 | 31339 | 22 | | | 75 | 59899 | 48932 |
| | | L4 | 100 | 10991 | 15 | 2228854 | 31843 | 24 | | | 50 | 57844 | 45084 |
| | | | 120 | 11418 | --- | 2395115 | 32396 | 24 | | | 100 | 63325 | 57046 |
| | | L5 | 100 | 13739 | 19 | 2391459 | 32741 | 25 | | | 75 | 62543 | 53150 |
| | | 120 | 14273 | 16 | 2571287 | 33423 | 25 | 50 | | | 60350 | 48528 | |
| | 20 | L3 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 2000 | 100 | 100 | 67107 | 62580 |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 66316 | 57942 |
| | | L4 | 100 | 10991 | --- | 2102057 | 31843 | 24 | | | 50 | 63641 | 52441 |
| | | | 120 | 11418 | --- | 2259431 | 32396 | 24 | | | 100 | 71992 | 68444 |
| | | L5 | 100 | 13739 | 15 | 2266492 | 32741 | 25 | | | 75 | 70042 | 63020 |
| | | 120 | 14273 | --- | 2437991 | 33423 | 25 | 50 | | | 66125 | 56587 | |
| | 25 | L3 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 3000 | 100 | 100 | 71202 | 68500 |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 68698 | 63069 |
| | | L4 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 64700 | 56627 |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 76087 | 74781 |
| | | L5 | 100 | 13739 | --- | 2166740 | 32741 | 25 | | | 75 | 72424 | 68509 |
| | | 120 | 14273 | --- | 2331507 | 33423 | 25 | 50 | | | 67184 | 61068 | |
| Laje Mista hF = 50 mm | 15 | L3 | 125 | 8644 | 14 | 2042192 | 31448 | 22 | 1000 | 125 | 100 | 62010 | 53795 |
| | | | 145 | 8964 | --- | 2184508 | 31905 | 22 | | | 75 | 60128 | 50334 |
| | | L4 | 125 | 11525 | 20 | 2437662 | 32540 | 24 | | | 50 | 56468 | 46229 |
| | | | 145 | 11952 | --- | 2611822 | 33140 | 24 | | | 100 | 65558 | 60048 |
| | | L5 | 125 | 14406 | 23 | 2617338 | 33600 | 25 | | | 75 | 63784 | 55749 |
| | | 145 | 14940 | 17 | 2805981 | 34339 | 25 | 50 | | | 60136 | 50650 | |
| | 20 | L3 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | 2000 | 125 | 100 | 70750 | 66555 |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 67879 | 61385 |
| | | L4 | 125 | 11525 | 14 | 2299726 | 32540 | 24 | | | 50 | 63836 | 55252 |
| | | | 145 | 11952 | --- | 2464771 | 33140 | 24 | | | 100 | 77451 | 74111 |
| | | L5 | 125 | 14406 | 18 | 2481941 | 33600 | 25 | | | 75 | 73896 | 67928 |
| | | 145 | 14940 | --- | 2662112 | 34339 | 25 | 50 | | | 68485 | 60595 | |
| | 25 | L3 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | 3000 | 125 | 100 | 77309 | 74208 |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 73355 | 68012 |
| | | L4 | 125 | 11525 | --- | 2190523 | 32540 | 24 | | | 50 | 67805 | 60663 |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 82194 | 82118 |
| | | L5 | 125 | 14406 | 14 | 2373756 | 33600 | 25 | | | 75 | 77081 | 74863 |
| | | 145 | 14940 | --- | 2547057 | 34339 | 25 | 50 | | | 70289 | 66256 | |
| Laje Mista hF = 75 mm | 15 | L3 | 140 | 8884 | 16 | 2148471 | 31788 | 22 | 1000 | 140 | 100 | 62327 | 54449 |
| | | | 160 | 9204 | --- | 2294472 | 32266 | 23 | | | 75 | 60399 | 50900 |
| | | L4 | 140 | 11845 | 21 | 2567682 | 32987 | 24 | | | 50 | 56387 | 46691 |
| | | | 160 | 12272 | 15 | 2746663 | 33614 | 24 | | | 100 | 66310 | 61625 |
| | | L5 | 140 | 14806 | 24 | 2758150 | 34150 | 25 | | | 75 | 64017 | 57115 |
| | | 160 | 15340 | 18 | 2952185 | 34923 | 25 | 50 | | | 59646 | 51766 | |
| | 20 | L3 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 2000 | 140 | 100 | 71640 | 68439 |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 68434 | 65016 |
| | | L4 | 140 | 11845 | 17 | 2422927 | 32987 | 24 | | | 50 | 63964 | 56383 |
| | | | 160 | 12272 | --- | 2592662 | 33614 | 24 | | | 100 | 79163 | 77226 |
| | | L5 | 140 | 14806 | 20 | 2616409 | 34150 | 25 | | | 75 | 74982 | 70626 |
| | | 160 | 15340 | 14 | 2801894 | 34923 | 25 | 50 | | | 68917 | 62797 | |
| | 25 | L3 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 3000 | 140 | 100 | 80416 | 77114 |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 75648 | 70529 |
| | | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 50 | 69257 | 62718 |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 100 | 85859 | 86300 |
| | | L5 | 140 | 14806 | 16 | 2503081 | 34150 | 25 | | | 75 | 79876 | 78484 |
| | | 160 | 15340 | --- | 2681620 | 34923 | 25 | 50 | | | 72152 | 69294 | |

| PS 500x150x9,5x8,0 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|-------|--|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _t [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _t [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | | |
| Laje Maciça | 15 | L4 | 100 | 12058 | --- | 2562739 | 29101 | 23 | 1000 | 100 | 100 | 58910 | 51697 | | |
| | | | 120 | 12485 | --- | 2740880 | 29696 | 23 | | | 75 | 57701 | 48062 | | |
| | | L6 | 100 | 18088 | 19 | 3042823 | 31146 | 25 | | | 50 | 53632 | 43750 | | |
| | | | 120 | 18728 | 16 | 3260524 | 32008 | 25 | | | 100 | 61784 | 56746 | | |
| | | L8 | 100 | 24117 | 23 | 3904918 | 33059 | 26 | | | 75 | 60905 | 52435 | | |
| | | | 120 | 24971 | 21 | 4192132 | 34172 | 26 | | | 50 | 56794 | 47320 | | |
| | 20 | L4 | 100 | 12058 | --- | 2426717 | 29101 | 23 | 2000 | 100 | 100 | 65240 | 62449 | | |
| | | | 120 | 12485 | --- | 2596588 | 29696 | 23 | | | 75 | 64053 | 57373 | | |
| | | L6 | 100 | 18088 | 16 | 2919203 | 31146 | 25 | | | 50 | 61088 | 51353 | | |
| | | | 120 | 18728 | --- | 3130415 | 32008 | 25 | | | 100 | 69503 | 68321 | | |
| | | L8 | 100 | 24117 | 21 | 3775094 | 33059 | 26 | | | 75 | 67354 | 62458 | | |
| | | | 120 | 24971 | 18 | 4056755 | 34172 | 26 | | | 50 | 63288 | 55504 | | |
| | 25 | L4 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 3000 | 100 | 100 | 68357 | 68360 | | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 65922 | 62492 | | |
| | | L6 | 100 | 18088 | --- | 2818328 | 31146 | 25 | | | 50 | 61918 | 55532 | | |
| | | | 120 | 18728 | --- | 3024098 | 32008 | 25 | | | 100 | 72620 | 74556 | | |
| | | L8 | 100 | 24117 | 18 | 3667667 | 33059 | 26 | | | 75 | 69222 | 67858 | | |
| | | | 120 | 24971 | 15 | 3944529 | 34172 | 26 | | | 50 | 64119 | 59913 | | |
| Laje Mistá hF = 50 mm | 15 | L4 | 125 | 12592 | 16 | 2786458 | 29850 | 23 | 1000 | 125 | 100 | 59553 | 53238 | | |
| | | | 145 | 13019 | --- | 2972999 | 30491 | 24 | | | 75 | 56237 | 49397 | | |
| | | L6 | 125 | 18888 | 22 | 3316319 | 32232 | 25 | | | 50 | 51295 | 44840 | | |
| | | | 145 | 19528 | 17 | 3545064 | 33161 | 25 | | | 100 | 63980 | 59734 | | |
| | | L8 | 125 | 25184 | 25 | 4265860 | 34461 | 26 | | | 75 | 61292 | 55022 | | |
| | | | 145 | 26038 | 21 | 4568595 | 35660 | 26 | | | 50 | 55719 | 49433 | | |
| | 20 | L4 | 125 | 12592 | --- | 2640080 | 29850 | 23 | 2000 | 125 | 100 | 69167 | 66423 | | |
| | | | 145 | 13019 | --- | 2818217 | 30491 | 24 | | | 75 | 66343 | 60815 | | |
| | | L6 | 125 | 18888 | 18 | 3184595 | 32232 | 25 | | | 50 | 61448 | 54163 | | |
| | | | 145 | 19528 | --- | 3406918 | 33161 | 25 | | | 100 | 74831 | 73977 | | |
| | | L8 | 125 | 25184 | 22 | 4129130 | 34461 | 26 | | | 75 | 71479 | 67357 | | |
| | | | 145 | 26038 | 18 | 4426613 | 35660 | 26 | | | 50 | 66038 | 59504 | | |
| | 25 | L4 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | 3000 | 125 | 100 | 73685 | 74051 | | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 70047 | 67421 | | |
| | | L6 | 125 | 18888 | 15 | 3076921 | 32232 | 25 | | | 50 | 64669 | 59556 | | |
| | | | 145 | 19528 | --- | 3293835 | 33161 | 25 | | | 100 | 77948 | 81810 | | |
| | | L8 | 125 | 25184 | 20 | 4015732 | 34461 | 26 | | | 75 | 73347 | 74140 | | |
| | | | 145 | 26038 | 15 | 4308642 | 35660 | 26 | | | 50 | 66869 | 65043 | | |
| Laje Mistá hF = 75 mm | 15 | L4 | 140 | 12912 | 18 | 2925725 | 30327 | 24 | 1000 | 140 | 100 | 59061 | 53839 | | |
| | | | 160 | 13339 | --- | 3117406 | 30995 | 24 | | | 75 | 56186 | 49917 | | |
| | | L6 | 140 | 19368 | 23 | 3487037 | 32923 | 25 | | | 50 | 51042 | 45264 | | |
| | | | 160 | 20008 | 18 | 3722550 | 33892 | 26 | | | 100 | 64431 | 61301 | | |
| | | L8 | 140 | 25824 | 25 | 4491729 | 35354 | 26 | | | 75 | 60812 | 56379 | | |
| | | | 160 | 26678 | 22 | 4803980 | 36604 | 27 | | | 50 | 54837 | 50541 | | |
| | 20 | L4 | 140 | 12912 | 14 | 2773053 | 30327 | 24 | 2000 | 140 | 100 | 70089 | 68302 | | |
| | | | 160 | 13339 | --- | 2965258 | 30995 | 24 | | | 75 | 66902 | 62442 | | |
| | | L6 | 140 | 19368 | 20 | 3350490 | 32923 | 25 | | | 50 | 60879 | 55491 | | |
| | | | 160 | 20008 | 14 | 3579635 | 33892 | 26 | | | 100 | 77533 | 77086 | | |
| | | L8 | 140 | 25824 | 23 | 4351036 | 35354 | 26 | | | 75 | 73430 | 70050 | | |
| | | | 160 | 26678 | 19 | 4658235 | 36604 | 27 | | | 50 | 67146 | 61703 | | |
| | 25 | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 3000 | 140 | 100 | 76882 | 76954 | | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | | 75 | 72522 | 69935 | | |
| | | L6 | 140 | 19368 | 17 | 3238756 | 32923 | 25 | | | 50 | 66319 | 61609 | | |
| | | | 160 | 20008 | --- | 3462520 | 33892 | 26 | | | 100 | 81144 | 85947 | | |
| | | L8 | 140 | 25824 | 21 | 4234190 | 35354 | 26 | | | 75 | 75822 | 77723 | | |
| | | | 160 | 26678 | 16 | 4536968 | 36604 | 27 | | | 50 | 68519 | 67968 | | |

| PS 500x200x12,5x8,0 | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------|--------------------------|--------|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | |
| L/d _i | Lig. | h _t [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _t [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | |
| Laje Maciça | 15 | L6 | 100 | 18088 | --- | 3137601 | 43600 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 75084 | 67148 |
| | | | 120 | 18728 | --- | 3355215 | 44484 | 25 | | | 75 | 73874 | 63090 |
| | | L8 | 100 | 24117 | 19 | 4031781 | 45622 | 26 | | | 50 | 69805 | 58277 |
| | | | 120 | 24971 | 16 | 4318131 | 46770 | 26 | | | | 100 | 78034 |
| | | L10 | 100 | 30146 | 24 | 4970383 | 47545 | 27 | | | 75 | 77078 | 68321 |
| | | | 120 | 31213 | 21 | 5328678 | 48945 | 27 | | | | 50 | 72968 |
| | 20 | L6 | 100 | 18088 | --- | 2987845 | 43600 | 25 | 2000 | 100 | 100 | 82089 | 81100 |
| | | | 120 | 18728 | --- | 3196404 | 44484 | 25 | | | 75 | 81139 | 75173 |
| | | L8 | 100 | 24117 | 15 | 3865428 | 45622 | 26 | | | 50 | 78290 | 68142 |
| | | | 120 | 24971 | --- | 4142519 | 46770 | 26 | | | | 100 | 87459 |
| | | L10 | 100 | 30146 | 20 | 4777372 | 47545 | 27 | | | 75 | 86040 | 81548 |
| | | | 120 | 31213 | 17 | 5126163 | 48945 | 27 | | | | 50 | 82136 |
| | 25 | L6 | 100 | 18088 | --- | 2867275 | 43600 | 25 | 3000 | 100 | 100 | 87239 | 89246 |
| | | | 120 | 18728 | --- | 3068447 | 44484 | 25 | | | 75 | 84892 | 82228 |
| | | L8 | 100 | 24117 | --- | 3729844 | 45622 | 26 | | | 50 | 80680 | 73902 |
| | | | 120 | 24971 | --- | 3999229 | 46770 | 26 | | | | 100 | 92839 |
| | | L10 | 100 | 30146 | 18 | 4619336 | 47545 | 27 | | | 75 | 89151 | 89036 |
| | | | 120 | 31213 | 15 | 4960086 | 48945 | 27 | | | | 50 | 83519 |
| Laje Mista hF = 50 mm | 15 | L6 | 125 | 18888 | 17 | 3410863 | 44713 | 25 | 1000 | 125 | 100 | 75727 | 68323 |
| | | | 145 | 19528 | --- | 3638499 | 45664 | 25 | | | 75 | 72411 | 64108 |
| | | L8 | 125 | 25184 | 22 | 4391468 | 47068 | 26 | | | 50 | 67469 | 59107 |
| | | | 145 | 26038 | 18 | 4691920 | 48305 | 26 | | | | 100 | 80153 |
| | | L10 | 125 | 31480 | 25 | 5420559 | 49308 | 27 | | | 75 | 77466 | 70767 |
| | | | 145 | 32547 | 22 | 5797466 | 50816 | 27 | | | | 50 | 71892 |
| | 20 | L6 | 125 | 18888 | --- | 3249772 | 44713 | 25 | 2000 | 125 | 100 | 85561 | 84911 |
| | | | 145 | 19528 | --- | 3468231 | 45664 | 25 | | | 75 | 82568 | 78473 |
| | | L8 | 125 | 25184 | 19 | 4213542 | 47068 | 26 | | | 50 | 77622 | 70837 |
| | | | 145 | 26038 | --- | 4504748 | 48305 | 26 | | | | 100 | 92399 |
| | | L10 | 125 | 31480 | 23 | 5215693 | 49308 | 27 | | | 75 | 88690 | 86722 |
| | | | 145 | 32547 | 18 | 5583307 | 50816 | 27 | | | | 50 | 83100 |
| | 25 | L6 | 125 | 18888 | --- | 3119953 | 44713 | 25 | 3000 | 125 | 100 | 93904 | 95196 |
| | | | 145 | 19528 | --- | 3330904 | 45664 | 25 | | | 75 | 89828 | 87380 |
| | | L8 | 125 | 25184 | 15 | 4068322 | 47068 | 26 | | | 50 | 83883 | 78109 |
| | | | 145 | 26038 | --- | 4351800 | 48305 | 26 | | | | 100 | 99839 |
| | | L10 | 125 | 31480 | 20 | 5047620 | 49308 | 27 | | | 75 | 94473 | 96085 |
| | | | 145 | 32547 | 15 | 5407326 | 50816 | 27 | | | | 50 | 87067 |
| Laje Mista hF = 75 mm | 15 | L6 | 140 | 19368 | 18 | 3580829 | 45421 | 25 | 1000 | 140 | 100 | 75235 | 68716 |
| | | | 160 | 20008 | --- | 3814587 | 46413 | 26 | | | 75 | 72360 | 64448 |
| | | L8 | 140 | 25824 | 23 | 4615734 | 47989 | 26 | | | 50 | 67216 | 59385 |
| | | | 160 | 26678 | 19 | 4924816 | 49279 | 27 | | | | 100 | 80605 |
| | | L10 | 140 | 32280 | 26 | 5701821 | 50431 | 27 | | | 75 | 76986 | 72039 |
| | | | 160 | 33347 | 22 | 6090145 | 52004 | 27 | | | | 50 | 71011 |
| | 20 | L6 | 140 | 19368 | 14 | 3412864 | 45421 | 25 | 2000 | 140 | 100 | 86384 | 86605 |
| | | | 160 | 20008 | --- | 3637381 | 46413 | 26 | | | 75 | 83078 | 79940 |
| | | L8 | 140 | 25824 | 20 | 4430872 | 47989 | 26 | | | 50 | 77053 | 72035 |
| | | | 160 | 26678 | 15 | 4730730 | 49279 | 27 | | | | 100 | 94043 |
| | | L10 | 140 | 32280 | 24 | 5498968 | 50431 | 27 | | | 75 | 89731 | 89506 |
| | | | 160 | 33347 | 19 | 5869146 | 52004 | 27 | | | | 50 | 83320 |
| | 25 | L6 | 140 | 19368 | --- | 3277422 | 45421 | 25 | 3000 | 140 | 100 | 95381 | 98084 |
| | | | 160 | 20008 | --- | 3494365 | 46413 | 26 | | | 75 | 90456 | 89882 |
| | | L8 | 140 | 25824 | 17 | 4279856 | 47989 | 26 | | | 50 | 83895 | 80152 |
| | | | 160 | 26678 | --- | 4571986 | 49279 | 27 | | | | 100 | 104039 |
| | | L10 | 140 | 32280 | 22 | 5315952 | 50431 | 27 | | | 75 | 89767 | 100004 |
| | | | 160 | 33347 | 16 | 5687320 | 52004 | 27 | | | | 50 | 97197 |

| PS 550x150x9,5x8,0 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------|------------------------|--------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|-------|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _t [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/ rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _t [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | |
| Laje Maciça | 15 | L4 | 100 | 13126 | --- | 2983594 | 36106 | 23 | 1000 | 100 | 100 | 67432 | 63367 | |
| | | 120 | 13562 | --- | 3173347 | 36749 | 23 | 75 | | 65583 | 59004 | | | |
| | | L6 | 100 | 19688 | 17 | 3553655 | 38510 | 25 | | 50 | 60715 | 53828 | | |
| | | 120 | 20329 | 14 | 3786425 | 39444 | 25 | 100 | | 70514 | 69291 | | | |
| | | L8 | 100 | 26251 | 21 | 4566157 | 40769 | 26 | | 75 | 69186 | 64134 | | |
| | 120 | 27105 | 18 | 4873694 | 41976 | 26 | 50 | 64144 | 58017 | | | | | |
| | 20 | L4 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 2000 | 100 | 100 | 74191 | 76663 | |
| | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | 75 | | 73006 | 70519 | | | |
| | | L6 | 100 | 19688 | --- | 3402185 | 38510 | 25 | | 50 | 69713 | 63230 | | |
| | | 120 | 20329 | --- | 3627401 | 39444 | 25 | 100 | | 78708 | 83534 | | | |
| | | L8 | 100 | 26251 | 18 | 4405121 | 40769 | 26 | | 75 | 76413 | 76469 | | |
| | 120 | 27105 | 15 | 4705911 | 41976 | 26 | 50 | 71984 | 68088 | | | | | |
| 25 | L4 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 3000 | 100 | 100 | 77691 | 84028 | | |
| | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | 75 | | 74997 | 76897 | | | | |
| | L6 | 100 | 19688 | --- | 3279049 | 38510 | 25 | | 50 | 70598 | 68438 | | | |
| | 120 | 20329 | --- | 3497971 | 39444 | 25 | 100 | | 82208 | 91221 | | | | |
| | L8 | 100 | 26251 | 15 | 4272374 | 40769 | 26 | | 75 | 78404 | 83126 | | | |
| 120 | 27105 | --- | 4567382 | 41976 | 26 | 50 | 72869 | 73524 | | | | | | |
| Laje Mistá hf = 50 mm | 15 | L4 | 125 | 13659 | 14 | 3221799 | 36915 | 23 | 1000 | 100 | 100 | 67317 | 64557 | |
| | | 145 | 14086 | --- | 3419725 | 37604 | 23 | 75 | | 63454 | 60034 | | | |
| | | L6 | 125 | 20489 | 19 | 3845959 | 39686 | 25 | | 50 | 57936 | 54669 | | |
| | | 145 | 21129 | 15 | 4089538 | 40687 | 25 | 100 | | 72351 | 72149 | | | |
| | | L8 | 125 | 27318 | 22 | 4952468 | 42289 | 26 | | 75 | 69041 | 66609 | | |
| | 145 | 28172 | 19 | 5275245 | 43582 | 26 | 50 | 62714 | 60037 | | | | | |
| | 20 | L4 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | 2000 | 100 | 100 | 77945 | 80545 | |
| | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | 75 | | 75063 | 73880 | | | |
| | | L6 | 125 | 20489 | 16 | 3685049 | 39686 | 25 | | 50 | 69242 | 65975 | | |
| | | 145 | 21129 | --- | 3921106 | 40687 | 25 | 100 | | 84354 | 89427 | | | |
| | | L8 | 125 | 27318 | 20 | 4783030 | 42289 | 26 | | 75 | 80671 | 81572 | | |
| | 145 | 28172 | 16 | 5099314 | 43582 | 26 | 50 | 74823 | 72255 | | | | | |
| 25 | L4 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | 3000 | 100 | 100 | 83337 | 89919 | | |
| | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | 75 | | 79255 | 81999 | | | | |
| | L6 | 125 | 20489 | --- | 3550405 | 39686 | 25 | | 50 | 73437 | 72603 | | | |
| | 145 | 21129 | --- | 3783809 | 40687 | 25 | 100 | | 87854 | 99031 | | | | |
| | L8 | 125 | 27318 | 17 | 4643077 | 42289 | 26 | | 75 | 82662 | 89899 | | | |
| 145 | 28172 | --- | 4953761 | 43582 | 26 | 50 | 75708 | 79046 | | | | | | |
| Laje Mistá hf = 75 mm | 15 | L4 | 140 | 13979 | 16 | 3369623 | 37428 | 23 | 1000 | 100 | 100 | 66521 | 64947 | |
| | | 160 | 14406 | --- | 3572543 | 38145 | 23 | 75 | | 63270 | 60372 | | | |
| | | L6 | 140 | 20969 | 20 | 4027821 | 40432 | 25 | | 50 | 57594 | 54946 | | |
| | | 160 | 21609 | 16 | 4278015 | 41472 | 25 | 100 | | 72498 | 73634 | | | |
| | | L8 | 140 | 27958 | 23 | 5193391 | 43252 | 26 | | 75 | 68295 | 67895 | | |
| | 160 | 28812 | 19 | 5525500 | 44598 | 26 | 50 | 61655 | 61088 | | | | | |
| | 20 | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 2000 | 100 | 100 | 78835 | 82301 | |
| | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | 75 | | 75450 | 75401 | | | |
| | | L6 | 140 | 20969 | 17 | 3861266 | 40432 | 25 | | 50 | 68407 | 67216 | | |
| | | 160 | 21609 | --- | 4103969 | 41472 | 25 | 100 | | 86343 | 92618 | | | |
| | | L8 | 140 | 27958 | 21 | 5019063 | 43252 | 26 | | 75 | 82178 | 84336 | | |
| | 160 | 28812 | 16 | 5344849 | 44598 | 26 | 50 | 75294 | 74512 | | | | | |
| 25 | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 3000 | 100 | 100 | 86725 | 92832 | | |
| | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | 75 | | 81810 | 84521 | | | | |
| | L6 | 140 | 20969 | 14 | 3725541 | 40432 | 25 | | 50 | 75140 | 74663 | | | |
| | 160 | 21609 | --- | 3961960 | 41472 | 25 | 100 | | 91242 | 103412 | | | | |
| | L8 | 140 | 27958 | 19 | 4874895 | 43252 | 26 | | 75 | 85217 | 93684 | | | |
| 160 | 28812 | --- | 5195206 | 44598 | 26 | 50 | 77411 | 82144 | | | | | | |

| PS 550x150x12,5x8,0 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|---------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|--------|-------|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _t [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/ rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _t [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | |
| Laje Maciça | 15 | L6 | 100 | 19688 | 17 | 3697902 | 44527 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 74589 | 70852 | |
| | | | 120 | 20329 | --- | 3936489 | 45470 | 25 | | 75 | 72740 | 66281 | | |
| | | L8 | 100 | 26251 | 21 | 4770695 | 46838 | 26 | | 50 | 67872 | 60860 | | |
| | | | 120 | 27105 | 18 | 5086885 | 48062 | 26 | | 100 | 77703 | 72747 | | |
| | 20 | L6 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 2000 | 120 | 75 | 76343 | 71819 | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 71301 | 65381 | | |
| | | L8 | 100 | 19688 | --- | 3523973 | 44527 | 25 | | 100 | 81700 | 85692 | | |
| | | | 120 | 20329 | --- | 3753313 | 45470 | 25 | | 75 | 80814 | 79133 | | |
| | 25 | L6 | 100 | 26251 | 18 | 4579573 | 46838 | 26 | 3000 | 100 | 50 | 77855 | 71353 | |
| | | | 120 | 27105 | 15 | 4886695 | 48062 | 26 | | 100 | 86743 | 93260 | | |
| | | L8 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | | 120 | 75 | 84800 | 85687 | |
| | | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 80679 | 76705 | | |
| | 30 | L6 | 100 | 19688 | --- | 3383756 | 44527 | 25 | 1000 | 100 | 100 | 86076 | 94125 | |
| | | | 120 | 20329 | --- | 3605501 | 45470 | 25 | | 75 | 83488 | 86437 | | |
| | | L8 | 100 | 26251 | 15 | 4423446 | 46838 | 26 | | 50 | 79244 | 77316 | | |
| | | | 120 | 27105 | --- | 4722943 | 48062 | 26 | | 100 | 91135 | 102090 | | |
| | Laje Mista If = 50 mm | 15 | L6 | 125 | 20489 | 20 | 3997456 | 45715 | 25 | 1000 | 125 | 100 | 74474 | 71842 |
| | | | | 145 | 21129 | 15 | 4246686 | 46726 | 25 | | 75 | 70611 | 67139 | |
| | | | L8 | 125 | 27318 | 23 | 5167808 | 48378 | 26 | | 50 | 65093 | 61560 | |
| | | | | 145 | 28172 | 19 | 5499114 | 49689 | 26 | | 100 | 79507 | 79988 | |
| 20 | | L6 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | 2000 | 145 | 75 | 76198 | 74202 | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 69870 | 67327 | | |
| | | L8 | 125 | 20489 | 16 | 3811961 | 45715 | 25 | | 100 | 85237 | 89452 | | |
| | | | 145 | 21129 | --- | 4051884 | 46726 | 25 | | 75 | 82231 | 82390 | | |
| 25 | | L6 | 125 | 27318 | 20 | 4965365 | 48378 | 26 | 3000 | 100 | 50 | 76399 | 74012 | |
| | | | 145 | 28172 | 16 | 5287725 | 49689 | 26 | | 100 | 92031 | 99254 | | |
| | | L8 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | | 145 | 75 | 88367 | 90878 | |
| | | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 82498 | 80943 | | |
| 30 | | L6 | 125 | 20489 | --- | 3662240 | 45715 | 25 | 1000 | 125 | 100 | 92399 | 100083 | |
| | | | 145 | 21129 | --- | 3894493 | 46726 | 25 | | 75 | 88278 | 91595 | | |
| | | L8 | 125 | 27318 | 18 | 4799713 | 48378 | 26 | | 50 | 82438 | 81528 | | |
| | | | 145 | 28172 | --- | 5114514 | 49689 | 26 | | 100 | 97459 | 110255 | | |
| Laje Mista If = 75 mm | | 15 | L6 | 140 | 20969 | 21 | 4183569 | 46468 | 25 | 1000 | 140 | 100 | 73678 | 72124 |
| | | | | 160 | 21609 | 16 | 4439307 | 47519 | 25 | | 75 | 70427 | 67383 | |
| | | | L8 | 140 | 27958 | 23 | 5415137 | 49355 | 26 | | 50 | 64751 | 61759 | |
| | | | | 160 | 28812 | 20 | 5755697 | 50718 | 26 | | 100 | 79655 | 81425 | |
| | 20 | L6 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 2000 | 160 | 75 | 75452 | 75438 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 68811 | 68336 | | |
| | | L8 | 140 | 20969 | 18 | 3991098 | 46468 | 25 | | 100 | 86058 | 91102 | | |
| | | | 160 | 21609 | --- | 4237502 | 47519 | 25 | | 75 | 82607 | 83818 | | |
| | 25 | L6 | 140 | 27958 | 21 | 5205975 | 49355 | 26 | 3000 | 140 | 50 | 75564 | 75179 | |
| | | | 160 | 28812 | 17 | 5537679 | 50718 | 26 | | 100 | 93704 | 102477 | | |
| | | L8 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | | 160 | 75 | 89406 | 93665 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 82451 | 83218 | | |
| | 30 | L6 | 140 | 20969 | 15 | 3835630 | 46468 | 25 | 1000 | 140 | 100 | 95003 | 102963 | |
| | | | 160 | 21609 | --- | 4074326 | 47519 | 25 | | 75 | 90132 | 90149 | | |
| | | L8 | 140 | 27958 | 19 | 5034647 | 49355 | 26 | | 50 | 83382 | 83565 | | |
| | | | 160 | 28812 | 14 | 5358844 | 50718 | 26 | | 100 | 101253 | 114781 | | |
| | 35 | L6 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 1600 | 160 | 75 | 94985 | 104323 | |
| | | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 86909 | 91925 | | |

| PS 550x200x16.0x8.0 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|--------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|---------|-------------------------|------------------------|--------|--------------|--------------------------|--------|--|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _t [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _y [kNcm/rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _t [mm] | η | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | | |
| Laje Maciça | 15 | L6 | 100 | 19688 | 17 | 3766497 | 62861 | 25 | 1000 | 100 | 96429 | 92705 | | | |
| | | L8 | 120 | 20329 | --- | 4002782 | 63824 | 25 | | 75 | 94579 | 87641 | | | |
| | | L8 | 100 | 26251 | 21 | 4859639 | 65287 | 26 | | 50 | 89712 | 81634 | | | |
| | | L10 | 120 | 27105 | 18 | 5171411 | 66544 | 26 | | 100 | 99588 | 100306 | | | |
| | L10 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 75 | 98183 | 94223 | | | | | |
| | L10 | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | 93141 | 87008 | | | | | |
| | 20 | L6 | 100 | 19688 | --- | 3567182 | 62861 | 25 | 2000 | 100 | 104066 | 111739 | | | |
| | | L8 | 120 | 20329 | --- | 3791872 | 63824 | 25 | | 75 | 102870 | 104125 | | | |
| | | L8 | 100 | 26251 | 18 | 4631951 | 65287 | 26 | | 50 | 99695 | 95093 | | | |
| | | L10 | 120 | 27105 | 14 | 4931143 | 66544 | 26 | | 100 | 109669 | 121257 | | | |
| | L10 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 75 | 108305 | 112368 | | | | | |
| | L10 | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | 104206 | 101823 | | | | | |
| 25 | L6 | 100 | 19688 | --- | 3408282 | 62861 | 25 | 3000 | 100 | 110360 | 123309 | | | | |
| | L8 | 120 | 20329 | --- | 3623657 | 63824 | 25 | | 75 | 108598 | 114145 | | | | |
| | L8 | 100 | 26251 | 15 | 4448331 | 65287 | 26 | | 50 | 104239 | 103274 | | | | |
| | L10 | 120 | 27105 | --- | 4737235 | 66544 | 26 | | 100 | 117070 | 133528 | | | | |
| L10 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 75 | 113708 | 122995 | | | | | | |
| L10 | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | 50 | 107646 | 110500 | | | | | | |
| Laje Mistá hf = 50 mm | 15 | L6 | 125 | 20489 | 20 | 4063044 | 64074 | 25 | 1000 | 100 | 96314 | 93139 | | | |
| | | L6 | 145 | 21129 | 16 | 4308902 | 65106 | 25 | | 75 | 92450 | 88016 | | | |
| | | L8 | 125 | 27318 | 23 | 5251033 | 66870 | 26 | | 50 | 86932 | 81940 | | | |
| | | L8 | 145 | 28172 | 19 | 5576326 | 68217 | 26 | | 100 | 101347 | 102701 | | | |
| | | L10 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | | 75 | 98038 | 96298 | | | |
| | | L10 | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 91710 | 88702 | | | |
| | 20 | L6 | 125 | 20489 | 17 | 3849206 | 64074 | 25 | 2000 | 100 | 107274 | 114979 | | | |
| | | L6 | 145 | 21129 | --- | 4083243 | 65106 | 25 | | 75 | 104090 | 106931 | | | |
| | | L8 | 125 | 27318 | 21 | 5007602 | 66870 | 26 | | 50 | 98238 | 97384 | | | |
| | | L8 | 145 | 28172 | 16 | 5320174 | 68217 | 26 | | 100 | 114323 | 127286 | | | |
| | | L10 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | | 75 | 110374 | 117589 | | | |
| | | L10 | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 104338 | 106086 | | | |
| | 25 | L6 | 125 | 20489 | --- | 3678636 | 64074 | 25 | 3000 | 100 | 116014 | 129143 | | | |
| | | L6 | 145 | 21129 | --- | 3903154 | 65106 | 25 | | 75 | 111651 | 119197 | | | |
| | | L8 | 125 | 27318 | 18 | 4811102 | 66870 | 26 | | 50 | 105404 | 107399 | | | |
| | | L8 | 145 | 28172 | --- | 5113241 | 68217 | 26 | | 100 | 125458 | 142352 | | | |
| | | L10 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | | 75 | 120096 | 130636 | | | |
| | | L10 | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 111904 | 116739 | | | |
| | Laje Mistá hf = 75 mm | 15 | L6 | 140 | 20969 | 21 | 4246712 | 64843 | 25 | 1000 | 100 | 95518 | 93135 | | |
| | | | L6 | 160 | 21609 | 17 | 4498400 | 65917 | 25 | | 75 | 92267 | 88013 | | |
| | | | L8 | 140 | 27958 | 23 | 5493976 | 67874 | 26 | | 50 | 86590 | 81937 | | |
| | | | L8 | 160 | 28812 | 20 | 5827525 | 69275 | 26 | | 100 | 101495 | 103944 | | |
| | | | L10 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | | 75 | 97292 | 97374 | | |
| | | | L10 | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 90651 | 89581 | | |
| 20 | | L6 | 140 | 20969 | 18 | 4024025 | 64843 | 25 | 2000 | 100 | 107990 | 116266 | | | |
| | | L6 | 160 | 21609 | --- | 4263762 | 65917 | 25 | | 75 | 104446 | 108046 | | | |
| | | L8 | 140 | 27958 | 21 | 5241014 | 67874 | 26 | | 50 | 97403 | 98294 | | | |
| | | L8 | 160 | 28812 | 17 | 5561768 | 69275 | 26 | | 100 | 115861 | 130462 | | | |
| | | L10 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | | 75 | 111345 | 120340 | | | |
| | | L10 | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 104291 | 106332 | | | |
| 25 | | L6 | 140 | 20969 | 15 | 3846330 | 64843 | 25 | 3000 | 100 | 117332 | 131789 | | | |
| | | L6 | 160 | 21609 | --- | 4076432 | 65917 | 25 | | 75 | 112163 | 121489 | | | |
| | | L8 | 140 | 27958 | 19 | 5036699 | 67874 | 26 | | 50 | 105221 | 109270 | | | |
| | | L8 | 160 | 28812 | 14 | 5346940 | 69275 | 26 | | 100 | 128617 | 147134 | | | |
| | | L10 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | | 75 | 121801 | 134778 | | | |
| | | L10 | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 112632 | 120121 | | | |

| PS 600x150x9,5x8,0 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|--|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _t [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _y [kNcm/ rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _t [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | |
| Laje Maciça | 15 | L4 | 100 | 14193 | --- | 3430549 | 44059 | 21 | 1000 | 100 | 76273 | 76494 | | |
| | | L6 | 100 | 14620 | --- | 3631555 | 44750 | 21 | | 75 | 73784 | 71326 | | |
| | | L6 | 100 | 21289 | --- | 4097819 | 46854 | 23 | | 50 | 68117 | 65196 | | |
| | | L8 | 100 | 21929 | --- | 4345257 | 47859 | 23 | | 100 | 79859 | 83384 | | |
| | 20 | L4 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 2000 | 100 | 77786 | 77293 | | |
| | | L4 | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 71813 | 70068 | | |
| | | L6 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | | 100 | 83711 | 92697 | | |
| | | L6 | 100 | 21289 | --- | 3915622 | 46854 | 23 | | 75 | 82753 | 85358 | | |
| | 25 | L6 | 100 | 21929 | --- | 4154425 | 47859 | 23 | 3000 | 50 | 79222 | 76653 | | |
| | | L8 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | | 100 | 88482 | 100683 | | |
| | | L8 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | | 75 | 86372 | 92275 | | |
| | | L8 | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 81635 | 82301 | | |
| Laje Mista HF = 50 mm | 15 | L4 | 100 | --- | --- | --- | --- | 1000 | 100 | 87617 | 101750 | | | |
| | | L4 | 120 | --- | --- | --- | --- | | --- | 75 | 85000 | 93199 | | |
| | | L6 | 100 | 21289 | --- | 3768022 | 46854 | | 23 | 50 | 80221 | 83055 | | |
| | | L8 | 100 | 21929 | --- | 3999669 | 47859 | | 23 | 100 | 92388 | 110061 | | |
| | 20 | L8 | 100 | --- | --- | --- | --- | --- | 2000 | 75 | 88620 | 100396 | | |
| | | L8 | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 82634 | 88932 | | |
| | | L4 | 125 | 14726 | --- | 3682796 | 44929 | 21 | | 100 | 75399 | 77221 | | |
| | | L4 | 145 | 15153 | --- | 3891767 | 45666 | 22 | | 75 | 70989 | 71956 | | |
| | 25 | L6 | 125 | 22089 | --- | 4408431 | 48119 | 24 | 3000 | 50 | 64894 | 65710 | | |
| | | L6 | 125 | 22730 | --- | 4666457 | 49192 | 24 | | 100 | 81040 | 86014 | | |
| | | L8 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | | 75 | 77109 | 79571 | | |
| | | L8 | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 70027 | 71928 | | |
| Laje Mista HF = 75 mm | 15 | L4 | 125 | --- | --- | --- | --- | 1000 | 100 | 87343 | 96352 | | | |
| | | L4 | 145 | --- | --- | --- | --- | | --- | 75 | 84318 | 88524 | | |
| | | L6 | 125 | 22089 | --- | 4215439 | 48119 | | 24 | 50 | 77353 | 79238 | | |
| | | L6 | 145 | 22730 | --- | 4464829 | 49192 | | 24 | 100 | 94063 | 106710 | | |
| | 20 | L8 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | 2000 | 75 | 90482 | 97494 | | |
| | | L8 | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 84074 | 86562 | | |
| | | L4 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | | 100 | 93581 | 107716 | | |
| | | L4 | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | 75 | 89525 | 98366 | | |
| | 25 | L6 | 125 | 22089 | --- | 4058891 | 48119 | 24 | 3000 | 50 | 83237 | 87274 | | |
| | | L6 | 145 | 22730 | --- | 4301098 | 49192 | 24 | | 100 | 98353 | 118342 | | |
| | | L8 | 125 | --- | --- | --- | --- | --- | | 75 | 93144 | 107568 | | |
| | | L8 | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 85650 | 94788 | | |
| Laje Mista HF = 90 mm | 15 | L4 | 140 | 15046 | --- | 3838920 | 45478 | 22 | 1000 | 100 | 74300 | 77351 | | |
| | | L4 | 160 | 15473 | --- | 4052750 | 46243 | 22 | | 75 | 70672 | 72068 | | |
| | | L6 | 140 | 22570 | --- | 4601146 | 48919 | 24 | | 50 | 64464 | 65802 | | |
| | | L8 | 160 | 23210 | --- | 4865644 | 50032 | 24 | | 100 | 80884 | 87372 | | |
| | 20 | L8 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 2000 | 75 | 76096 | 80747 | | |
| | | L8 | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 68791 | 72888 | | |
| | | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | | 100 | 88200 | 97916 | | |
| | | L4 | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | 75 | 84316 | 98979 | | |
| | 25 | L6 | 140 | 22570 | --- | 4401676 | 48919 | 24 | 3000 | 50 | 76252 | 80344 | | |
| | | L6 | 160 | 23210 | --- | 4657546 | 50032 | 24 | | 100 | 95773 | 109933 | | |
| | | L8 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | | 75 | 91545 | 100284 | | |
| | | L8 | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 83761 | 88840 | | |
| 25 | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 3000 | 100 | 97026 | 110570 | | | |
| | L4 | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | 75 | 92239 | 100837 | | | |
| | L6 | 140 | 22570 | --- | 4239742 | 48919 | 24 | | 50 | 85047 | 89291 | | | |
| | L8 | 160 | 23210 | --- | 4488422 | 50032 | 24 | | 100 | 101931 | 122921 | | | |
| 25 | L8 | 140 | --- | --- | --- | --- | --- | 3000 | 75 | 95859 | 111533 | | | |
| | L8 | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 87460 | 98025 | | | |

| PS 600x200x12,5x8,0 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------|--------------------------|--|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _t [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/ rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c [mm] | h _t [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | |
| Laje Maciça | 15 | L4 | 100 | --- | --- | --- | --- | 1000 | 100 | 100 | 95791 | 98210 | | |
| | | 120 | --- | --- | --- | --- | 75 | | | 93301 | 92532 | | | |
| | | L6 | 100 | 21289 | 15 | 4220375 | 64936 | | | 50 | 87635 | 85796 | | |
| | | 120 | 21929 | --- | 4467651 | 65962 | 23 | | 100 | 99376 | 106293 | | | |
| | | L8 | 100 | --- | --- | --- | --- | | 75 | 97304 | 99532 | | | |
| | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 91330 | 91512 | | | |
| | 20 | L4 | 100 | --- | --- | --- | --- | 2000 | 100 | 100 | 103625 | 118543 | | |
| | | 120 | --- | --- | --- | --- | 75 | | | 102563 | 110141 | | | |
| | | L6 | 100 | 21289 | --- | 4004612 | 64936 | | | 50 | 99127 | 100174 | | |
| | | 120 | 21929 | --- | 4240517 | 65962 | 23 | | 100 | 109114 | 128387 | | | |
| | | L8 | 100 | --- | --- | --- | --- | | 75 | 107910 | 118665 | | | |
| | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 103987 | 107134 | | | |
| | 25 | L4 | 100 | --- | --- | --- | --- | 3000 | 100 | 100 | 109376 | 130596 | | |
| | | 120 | --- | --- | --- | --- | 75 | | | 107329 | 120579 | | | |
| | | L6 | 100 | 21289 | --- | 3832014 | 64936 | | | 50 | 103028 | 108696 | | |
| | | 120 | 21929 | --- | 4058724 | 65962 | 23 | | 100 | 115485 | 141008 | | | |
| | | L8 | 100 | --- | --- | --- | --- | | 75 | 112013 | 129596 | | | |
| | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 106151 | 116059 | | | |
| Laje Mista hF = 50 mm | 15 | L4 | 125 | 14726 | --- | 3766415 | 62928 | 1000 | 125 | 100 | 94917 | 98345 | | |
| | | 145 | 15153 | --- | 3974052 | 63675 | 22 | | | 75 | 90507 | 92648 | | |
| | | L6 | 125 | 22089 | 18 | 4530667 | 66227 | | | 50 | 84412 | 85891 | | |
| | | 145 | 22730 | 14 | 4787576 | 67321 | 24 | | 100 | 100558 | 108532 | | | |
| | | L8 | 125 | --- | --- | --- | --- | | 75 | 96626 | 101471 | | | |
| | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 89545 | 93094 | | | |
| | 20 | L4 | 125 | --- | --- | --- | --- | 2000 | 125 | 100 | 106976 | 121645 | | |
| | | 145 | --- | --- | --- | --- | 75 | | | 103836 | 112827 | | | |
| | | L6 | 125 | 22089 | 14 | 4300668 | 66227 | | | 50 | 96871 | 102367 | | |
| | | 145 | 22730 | --- | 4546030 | 67321 | 24 | | 100 | 113912 | 134397 | | | |
| | | L8 | 125 | --- | --- | --- | --- | | 75 | 110092 | 123870 | | | |
| | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 103592 | 111383 | | | |
| | 25 | L4 | 125 | --- | --- | --- | --- | 3000 | 125 | 100 | 115502 | 136393 | | |
| | | 145 | --- | --- | --- | --- | 75 | | | 111294 | 125599 | | | |
| | | L6 | 125 | 22089 | --- | 4116555 | 66227 | | | 50 | 105150 | 112795 | | |
| | | 145 | 22730 | --- | 4352560 | 67321 | 24 | | 100 | 123121 | 149857 | | | |
| | | L8 | 125 | --- | --- | --- | --- | | 75 | 117868 | 137259 | | | |
| | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 110054 | 122316 | | | |
| Laje Mista hF = 75 mm | 15 | L4 | 140 | 15046 | 14 | 3921596 | 63485 | 1000 | 140 | 100 | 93818 | 98173 | | |
| | | 160 | 15473 | --- | 4133624 | 64260 | 22 | | | 75 | 90190 | 92500 | | |
| | | L6 | 140 | 22570 | 19 | 4722618 | 67042 | | | 50 | 83981 | 85770 | | |
| | | 160 | 23210 | 15 | 4985396 | 68177 | 24 | | 100 | 100402 | 109692 | | | |
| | | L8 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 75 | 95614 | 102475 | | | |
| | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 88308 | 93915 | | | |
| | 20 | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | 2000 | 140 | 100 | 107750 | 122836 | | |
| | | 160 | --- | --- | --- | --- | 75 | | | 103834 | 113858 | | | |
| | | L6 | 140 | 22570 | 16 | 4483971 | 67042 | | | 50 | 95770 | 103209 | | |
| | | 160 | 23210 | --- | 4735105 | 68177 | 24 | | 100 | 115506 | 137556 | | | |
| | | L8 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 75 | 111101 | 126066 | | | |
| | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 103279 | 113618 | | | |
| | 25 | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | 3000 | 140 | 100 | 116906 | 139000 | | |
| | | 160 | --- | --- | --- | --- | 75 | | | 111869 | 127857 | | | |
| | | L6 | 140 | 22570 | --- | 4292852 | 67042 | | | 50 | 104564 | 114638 | | |
| | | 160 | 23210 | --- | 4534535 | 68177 | 24 | | 100 | 127703 | 156467 | | | |
| | | L8 | 140 | --- | --- | --- | --- | | 75 | 121381 | 141407 | | | |
| | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 112396 | 125703 | | | |

| PS 600x200x16,0x8,0 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------|-------------------------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|--------|--|--|
| Momento Fletor Negativo | | | | | | | | Momento Fletor Positivo | | | | | | | |
| L/d _i | Lig. | h _t [mm] | R' [kNcm] | θ _u [mrad] | S _i [kNcm/ rad] | I' [cm ⁴] | % | b _c | h _t [mm] | η [%] | R' [kNcm] | I' [cm ⁴] | | | |
| Laje Maciça | 15 | L4 | 100 | --- | --- | --- | --- | 1000 | 100 | 100 | 108011 | 111106 | | | |
| | | L6 | 100 | 21289 | 15 | 4338342 | 75990 | | 23 | 75 | 105521 | 105170 | | | |
| | | 120 | 21929 | --- | 4589350 | 77025 | 23 | | 50 | 99855 | 98129 | | | | |
| | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | 100 | 111597 | 119832 | | | | |
| | 20 | L4 | 100 | --- | --- | --- | --- | 2000 | 100 | 100 | 116172 | 133786 | | | |
| | | L6 | 100 | 21289 | --- | 4101938 | 75990 | | 23 | 75 | 114920 | 124811 | | | |
| | | 120 | 21929 | --- | 4340127 | 77025 | 23 | | 50 | 111346 | 114166 | | | | |
| | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | 100 | 121824 | 144716 | | | | |
| | 25 | L4 | 100 | --- | --- | --- | --- | 3000 | 100 | 100 | 122644 | 147670 | | | |
| | | L6 | 100 | --- | --- | --- | --- | | 75 | 121093 | 136836 | | | | |
| | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 116741 | 123984 | | | | |
| | | 120 | --- | --- | --- | --- | --- | | 100 | 129609 | 159368 | | | | |
| Laje Mista hF = 50 mm | 15 | L4 | 125 | 14726 | --- | 3850307 | 73945 | 21 | 1000 | 100 | 100 | 107137 | 110903 | | |
| | | 145 | 15153 | --- | 4060013 | 74697 | 22 | 75 | | 102727 | 104994 | | | | |
| | | L6 | 125 | 22089 | 18 | 4653270 | 77293 | 24 | | 50 | 96632 | 97985 | | | |
| | | 145 | 22730 | 14 | 4913665 | 78396 | 24 | 100 | | 112777 | 121821 | | | | |
| | 20 | L4 | 125 | --- | --- | --- | --- | 2000 | 100 | 100 | 119319 | 136484 | | | |
| | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | 75 | 116056 | 127148 | | | | |
| | | L6 | 125 | 22089 | 14 | 4400810 | 77293 | | 24 | 50 | 109091 | 116074 | | | |
| | | 145 | 22730 | --- | 4648137 | 78396 | 24 | | 100 | 126418 | 150602 | | | | |
| | 25 | L4 | 125 | --- | --- | --- | --- | 3000 | 100 | 100 | 122413 | 139375 | | | |
| | | 145 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 115812 | 126057 | | | | |
| | | L6 | 125 | 22089 | --- | 4200052 | 77293 | | 24 | 100 | 128151 | 153219 | | | |
| | | 145 | 22730 | --- | 4436900 | 78396 | 24 | | 75 | 123722 | 141641 | | | | |
| Laje Mista hF = 75 mm | 15 | L4 | 140 | 15046 | 14 | 4007056 | 74505 | 22 | 1000 | 100 | 100 | 106037 | 110567 | | |
| | | 160 | 15473 | --- | 4221017 | 75285 | 22 | 75 | | 102410 | 104704 | | | | |
| | | L6 | 140 | 22570 | 19 | 4847855 | 78115 | 24 | | 50 | 96201 | 97748 | | | |
| | | 160 | 23210 | 15 | 5113960 | 79261 | 24 | 100 | | 112281 | 122861 | | | | |
| | 20 | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | 2000 | 100 | 100 | 107834 | 115350 | | | |
| | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 100528 | 106441 | | | | |
| | | L6 | 140 | 22570 | 16 | 4585612 | 78115 | | 24 | 100 | 120011 | 137431 | | | |
| | | 160 | 23210 | --- | 4838505 | 79261 | 24 | | 75 | 116053 | 127968 | | | | |
| | 25 | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | 3000 | 100 | 100 | 107990 | 116743 | | | |
| | | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | 100 | 127931 | 153674 | | | | |
| | | L6 | 140 | 22570 | --- | 437011 | 78115 | | 24 | 75 | 123369 | 142035 | | | |
| | | 160 | 23210 | --- | 4619299 | 79261 | 24 | | 50 | 115498 | 128229 | | | | |
| 25 | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | 160 | 100 | 100 | 129432 | 155617 | | | | |
| | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | 75 | 124208 | 143718 | | | | | |
| | L6 | 140 | 22570 | --- | 437011 | 78115 | | 24 | 50 | 116784 | 129603 | | | | |
| | 160 | 23210 | --- | 4619299 | 79261 | 24 | | 100 | 140790 | 172317 | | | | | |
| 25 | L4 | 140 | --- | --- | --- | --- | 160 | 100 | 100 | 133899 | 158959 | | | | |
| | 160 | --- | --- | --- | --- | --- | | 50 | 124652 | 142048 | | | | | |
| | L6 | 140 | --- | --- | --- | --- | | | | | | | | | |
| | L8 | 140 | --- | --- | --- | --- | | | | | | | | | |

Referências Bibliográficas

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERES, **ASCE 3**: Standard for the structural design of composite slabs. Nova York, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . **NBR 6118** : Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . **NBR 8800** : Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . **NBR 14323** : Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . **NBR 14762** : Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Rio de Janeiro, 2001.

CANADIAN SHEET STEEL BUILDING INSTITUTE, **S2**: Criteria for the testing of composite slabs. Cambridge, 2002.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, **EN 1994-1-1** : Eurocode 4- Design of composite steel and concrete structures. Part 1-1 : General rules and rules for buildings. Bruxelas, 2004.

Johnson R.P. **Composite structures of steel and concrete** . 3a.ed. Oxford: Backweel Publishing, 2004.

Queiroz G.; Pimente R.J e Da Mata L.A.C. **Elementos das estruturas mistas aço-concreto**. 1ª.ed. Belo Horizonte: Ed. O Lutador, 2001.

Viest , Et al. **Composite construction design for buildings**. USA: McGraw Hill/co-published by ASCE, 1997.