

1.- DESCRIÇÃO.....	2
2.- VERIFICAÇÕES.....	2
2.1.- Perímetro do pilar (P5).....	2
2.1.1.- Zona adjacente ao pilar ou carga (combinações não sísmicas).....	2
2.2.- Perímetro de controlo (P5).....	4
2.2.1.- Zona com armadura transversal de punçoamento (combinações não sísmicas).....	4
2.3.- Perímetro da armadura de reforço (P5).....	6
2.3.1.- Zona exterior à armadura de punçoamento (combinações não sísmicas).....	6
2.4.- Armadura de reforço (P5).....	8
2.4.1.- Armaduras de punçoamento (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, 9.4.3(2)) (combinações não sísmicas).....	8
2.4.2.- Distância livre entre dois varões isolados consecutivos.....	8
2.4.3.- Distância entre a face do pilar e o primeiro reforço de punçoamento.....	9
2.4.4.- Distância entre perímetros de reforço transversal consecutivos.....	9
2.4.5.- Distância entre dois reforços consecutivos em sentido perimetral.....	9

Verificação do Estado Limite Último face ao punçoamento

1.- DESCRIÇÃO

Cálculo dos perímetros de punçoamento																													
	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">■ Perímetro do pilar (P5)</td> </tr> <tr> <td>u_0:</td> <td>1200 mm</td> </tr> <tr> <td colspan="2">■ Perímetro de controlo</td> </tr> <tr> <td>u_1:</td> <td>3899 mm</td> </tr> <tr> <td>x_G:</td> <td>13210 mm</td> </tr> <tr> <td>y_G:</td> <td>10304 mm</td> </tr> <tr> <td>W_{1x}:</td> <td>15351.7 cm²</td> </tr> <tr> <td>W_{1y}:</td> <td>15351.7 cm²</td> </tr> <tr> <td colspan="2">■ Perímetro da armadura de reforço</td> </tr> <tr> <td>$u_{out,ef}$:</td> <td>3440 mm</td> </tr> <tr> <td>x_G:</td> <td>13210 mm</td> </tr> <tr> <td>y_G:</td> <td>10304 mm</td> </tr> <tr> <td>$W_{out,ef,x}$:</td> <td>23260.1 cm²</td> </tr> <tr> <td>$W_{out,ef,y}$:</td> <td>23260.1 cm²</td> </tr> </table>	■ Perímetro do pilar (P5)		u_0 :	1200 mm	■ Perímetro de controlo		u_1 :	3899 mm	x_G :	13210 mm	y_G :	10304 mm	W_{1x} :	15351.7 cm ²	W_{1y} :	15351.7 cm ²	■ Perímetro da armadura de reforço		$u_{out,ef}$:	3440 mm	x_G :	13210 mm	y_G :	10304 mm	$W_{out,ef,x}$:	23260.1 cm ²	$W_{out,ef,y}$:	23260.1 cm ²
	■ Perímetro do pilar (P5)																												
	u_0 :	1200 mm																											
	■ Perímetro de controlo																												
	u_1 :	3899 mm																											
	x_G :	13210 mm																											
	y_G :	10304 mm																											
	W_{1x} :	15351.7 cm ²																											
	W_{1y} :	15351.7 cm ²																											
	■ Perímetro da armadura de reforço																												
$u_{out,ef}$:	3440 mm																												
x_G :	13210 mm																												
y_G :	10304 mm																												
$W_{out,ef,x}$:	23260.1 cm ²																												
$W_{out,ef,y}$:	23260.1 cm ²																												

2.- VERIFICAÇÕES

2.1.- Perímetro do pilar (P5)

2.1.1.- Zona adjacente ao pilar ou carga (combinações não sísmicas)

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de acções

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot RP + 1.5 \cdot Qa.$$

Deve satisfazer:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,max}$$

$$1.39 \text{ MPa} \leq 4.50 \text{ MPa} \quad \checkmark$$

Em que:

v_{Ed} : Valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da secção crítica considerada.

$$v_{Ed} : \underline{1.39} \text{ MPa}$$

$v_{Rd,max}$: Valor de cálculo da resistência a punçoamento máxima ao longo da secção crítica considerada.

$$v_{Rd,max} : \underline{4.50} \text{ MPa}$$

O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da secção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, 6.4.5):

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_0 \cdot d}$$

$$v_{Ed} : \underline{1.39} \text{ MPa}$$

Em que:

V_{Ed} : Valor de cálculo do esforço transversal produzido pelas acções exteriores.

$$V_{Ed} : \underline{355.34} \text{ kN}$$

β : Coeficiente que tem em conta os efeitos da excentricidade da carga. (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, 6.4.3).

$$\beta : \underline{1.01}$$

Verificação do Estado Limite Último face ao punçoamento

$$\beta = 1 + k_x \cdot \frac{|M_{Edx}|}{|V_{Ed}|} \cdot \frac{u_1}{W_{1x}} + k_y \cdot \frac{|M_{Edy}|}{|V_{Ed}|} \cdot \frac{u_1}{W_{1y}}$$

k_x : Coeficiente que depende da relação entre as dimensões c_y (dimensão na direcção do eixo y) e c_x (dimensão na direcção do eixo x) do pilar (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, Tabela 6.1).

$$k_x : \underline{0.60}$$

k_y : Coeficiente que depende da relação entre as dimensões c_x (dimensão na direcção do eixo x) e c_y (dimensão na direcção do eixo y) do pilar (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, Tabela 6.1).

$$k_y : \underline{0.60}$$

M_{Edx} : Momento de cálculo em torno do eixo x , em relação ao centro de gravidade do primeiro perímetro de controlo u_1 .

$$M_{Edx} = M_{EdOx} + V_{Ed} \cdot y_G$$

$$M_{Edx} : \underline{0.78} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{Edy} : Momento de cálculo em torno do eixo y , em relação ao centro de gravidade do primeiro perímetro de controlo u_1 .

$$M_{Edy} = M_{EdOy} - V_{Ed} \cdot x_G$$

$$M_{Edy} : \underline{-2.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{EdOx} : Momento de cálculo em torno do eixo x , em relação ao centro de gravidade do pilar.

$$M_{EdOx} : \underline{0.78} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{EdOy} : Momento de cálculo em torno do eixo y , em relação ao centro de gravidade do pilar.

$$M_{EdOy} : \underline{-2.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

x_G : Coordenada x do centro de gravidade do primeiro perímetro de controlo u_1 em relação ao centro do pilar.

$$x_G : \underline{13210} \text{ mm}$$

y_G : Coordenada y do centro de gravidade do primeiro perímetro de controlo u_1 em relação ao centro do pilar.

$$y_G : \underline{10304} \text{ mm}$$

u_1 : Primeiro perímetro de controlo de punçoamento (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, 6.4.2).

$$u_1 : \underline{3899} \text{ mm}$$

$$W_{1x} = \int_0^{u_1} |e_y| \cdot dl$$

$$W_{1x} : \underline{15351.7} \text{ cm}^2$$

dl : Elemento diferencial de comprimento do primeiro perímetro de controlo.

e_y : Distância desde dl até ao eixo em torno do qual actua o momento M_{Edx} .

$$W_{1y} = \int_0^{u_1} |e_x| \cdot dl$$

$$W_{1y} : \underline{15351.7} \text{ cm}^2$$

e_x : Distância desde dl até ao eixo em torno do qual actua o momento M_{Edy} .

u_0 : Primeiro perímetro de controlo de verificação da zona adjacente ao pilar ou carga (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, 6.4.5).

$$u_0 : \underline{1200} \text{ mm}$$

d : Altura útil da laje.

$$d : \underline{215} \text{ mm}$$

O valor de cálculo da resistência a punçoamento máxima ao longo da secção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, 6.4.5):

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd}$$

$$V_{Rd,max} : \underline{4.50} \text{ MPa}$$

$$v = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$$

$$n : \underline{0.54}$$

Em que:

Verificação do Estado Limite Último face ao punçoamento

f_{ck} : Resistência característica à compressão do betão.

f_{ck} : 25.00 MPa

f_{cd} : Resistência de cálculo à compressão do betão.

f_{cd} : 16.67 MPa

2.2.- Perímetro de controlo (P5)

2.2.1.- Zona com armadura transversal de punçoamento (combinações não sísmicas)

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de acções

1.35·PP+1.35·RP+1.5·Qa.

Deve satisfazer:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,cs}$$

0.43 MPa ≤ 1.32 MPa ✓

Em que:

V_{Ed} : Valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da secção crítica considerada.

V_{Ed} : 0.43 MPa

$V_{Rd,cs}$: Valor de cálculo da resistência a punçoamento de uma laje com armadura de punçoamento ao longo da secção crítica considerada.

$V_{Rd,cs}$: 1.32 MPa

O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da secção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, 6.4.3):

$$v_{Ed} = \frac{|\beta \cdot V_{Ed}|}{u_1 \cdot d}$$

v_{Ed} : 0.43 MPa

Em que:

V_{Ed} : Valor de cálculo do esforço transversal produzido pelas acções exteriores.

V_{Ed} : 355.34 kN

β : Coeficiente que tem em conta os efeitos da excentricidade da carga. (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, 6.4.3).

β : 1.01

$$\beta = 1 + k_x \cdot \frac{|M_{Edx}|}{|V_{Ed}|} \cdot \frac{u_1}{W_{1x}} + k_y \cdot \frac{|M_{Edy}|}{|V_{Ed}|} \cdot \frac{u_1}{W_{1y}}$$

k_x : Coeficiente que depende da relação entre as dimensões c_y (dimensão na direcção do eixo y) e c_x (dimensão na direcção do eixo x) do pilar (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, Tabela 6.1).

k_x : 0.60

k_y : Coeficiente que depende da relação entre as dimensões c_x (dimensão na direcção do eixo x) e c_y (dimensão na direcção do eixo y) do pilar (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, Tabela 6.1).

k_y : 0.60

M_{Edx} : Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do primeiro perímetro de controlo u_1 .

$$M_{Edx} = M_{EdOx} + V_{Ed} \cdot Y_G$$

M_{Edx} : 0.78 kN·m

M_{Edy} : Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do primeiro perímetro de controlo u_1 .

$$M_{Edy} = M_{EdOy} - V_{Ed} \cdot X_G$$

M_{Edy} : -2.34 kN·m

M_{EdOx} : Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar.

M_{EdOx} : 0.78 kN·m

M_{EdOy} : Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar.

M_{EdOy} : -2.34 kN·m

X_G : Coordenada x do centro de gravidade do primeiro perímetro de controlo u_1 em relação ao centro do pilar.

X_G : 13210 mm

Verificação do Estado Limite Último face ao punçoamento

y_G : Coordenada y do centro de gravidade do primeiro perímetro de controlo u_1 em relação ao centro do pilar.

$$y_G : \underline{10304} \text{ mm}$$

u_1 : Primeiro perímetro de controlo de punçoamento (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, 6.4.2).

$$u_1 : \underline{3899} \text{ mm}$$

$$W_{1x} = \int_0^{u_1} |e_y| \cdot dl$$

$$W_{1x} : \underline{15351.7} \text{ cm}^2$$

dl: Elemento diferencial de comprimento do primeiro perímetro de controlo.

e_y : Distância desde dl até ao eixo em torno do qual actua o momento M_{Edx} .

$$W_{1y} = \int_0^{u_1} |e_x| \cdot dl$$

$$W_{1y} : \underline{15351.7} \text{ cm}^2$$

e_x : Distância desde dl até ao eixo em torno do qual actua o momento M_{Edy} .

d: Altura útil da laje.

$$d : \underline{215} \text{ mm}$$

O valor de cálculo da resistência a punçoamento de uma laje com armadura de punçoamento ao longo da secção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, 6.4.5):

$$v_{Rd,cs} = 0.75 \cdot v_{Rd,c} + 1.5 \cdot \frac{\sum \left(\frac{A_{sw}}{s_r} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \sin \alpha \right)}{u_1}$$

$$v_{Rd,cs} : \underline{1.32} \text{ MPa}$$

Em que:

$$v_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + 0.1 \cdot \sigma_{cp}$$

$$v_{Rd,c} : \underline{0.51} \text{ MPa}$$

com um valor mínimo de:

$$v_{Rd,c,min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} + 0.1 \cdot \sigma_{cp}$$

$$v_{Rd,c,min} : \underline{0.48} \text{ MPa}$$

Em que:

g_c : Coeficiente de minoração da resistência do betão.

$$g_c : \underline{1.50}$$

k: Coeficiente que depende da altura útil 'd'.

$$k : \underline{1.96}$$

$$k = \left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) \leq 2$$

f_{ck} : Resistência característica à compressão do betão.

$$f_{ck} : \underline{25.00} \text{ MPa}$$

r_l : Quantidade geométrica da armadura longitudinal principal de tracção.

$$r_l : \underline{0.0040}$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}} \leq 0.02$$

Em que:

r_{lx} : Quantidade na direcção X.

$$r_{lx} : \underline{0.0045}$$

r_{ly} : Quantidade na direcção Y.

$$r_{ly} : \underline{0.0036}$$

σ_{cp} : Tensão axial média na superfície crítica de verificação (compressão positiva), com um valor máximo de $\sigma_{cp,max}$.

$$\sigma_{cp} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp,max} = 0.20 \cdot f_{cd}$$

$$\sigma_{cp,max} : \underline{3.33} \text{ MPa}$$

f_{cd} : Resistência de cálculo à compressão do betão.

$$f_{cd} : \underline{16.67} \text{ MPa}$$

Verificação do Estado Limite Último face ao punçoamento

A_{sw} : Área total de armadura de punçoamento num perímetro concêntrico ao pilar ou área carregada.

s_r : Distância em direcção radial entre dois perímetros concêntricos de armadura.

α : Ângulo entre a armadura de punçoamento e o plano da laje.

Referência	A_{sw} (mm ²)	s_r (mm)	α (graus)	A_{sw}/s_r (cm ² /m)
1	402	100	90.0	40.2
1	402	100	90.0	40.2

$f_{ywd,ef}$: Valor de cálculo da resistência eficaz da armadura de punçoamento.

$f_{ywd,ef}$: 304.00 MPa

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0.25 \cdot d \leq f_{ywd}$$

f_{ywd} : Valor de cálculo da tensão de cedência das armaduras de esforço transverso.

$$f_{ywd} = 0.8 \cdot f_{ywk}$$

f_{ywd} : 320.00 MPa

(NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, 6.2.3(3))

f_{ywk} : 400.00 MPa

u_1 : Primeiro perímetro de controlo de punçoamento (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, 6.4.2).

u_1 : 3899 mm

Produzido por uma versão para demonstração de CYPE

2.3.- Perímetro da armadura de reforço (P5)

2.3.1.- Zona exterior à armadura de punçoamento (combinações não sísmicas)

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de acções

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot RP + 1.5 \cdot Qa.$$

Deve satisfazer:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$$

0.49 MPa ≤ 0.51 MPa ✓

Em que:

V_{Ed} : Valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da secção crítica considerada.

V_{Ed} : 0.49 MPa

$V_{Rd,c}$: Valor de cálculo da resistência a punçoamento de uma laje sem armadura de punçoamento ao longo da secção crítica considerada.

$V_{Rd,c}$: 0.51 MPa

O valor de cálculo da tensão tangencial ao longo da secção crítica

considerada obtém-se da seguinte expressão (NP EN

1992-1-1:2010/NA:2010, 6.4.5):

$$V_{Ed} = \frac{|\beta \cdot V_{Ed}|}{u_{out,ef} \cdot d}$$

V_{Ed} : 0.49 MPa

Em que:

V_{Ed} : Valor de cálculo do esforço transverso produzido pelas acções exteriores.

V_{Ed} : 355.34 kN

β : Coeficiente que tem em conta os efeitos da excentricidade da carga. (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, 6.4.3).

β : 1.01

Verificação do Estado Limite Último face ao punçoamento

$$\beta = 1 + k_x \cdot \frac{|M_{Edx}|}{|V_{Ed}|} \cdot \frac{u_{out,ef}}{W_{out,ef,x}} + k_y \cdot \frac{|M_{Edy}|}{|V_{Ed}|} \cdot \frac{u_{out,ef}}{W_{out,ef,y}}$$

k_x : Coeficiente que depende da relação entre as dimensões c_y (dimensão na direcção do eixo y) e c_x (dimensão na direcção do eixo x) do pilar (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, Tabela 6.1).

$$k_x : \underline{0.60}$$

k_y : Coeficiente que depende da relação entre as dimensões c_x (dimensão na direcção do eixo x) e c_y (dimensão na direcção do eixo y) do pilar (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, Tabela 6.1).

$$k_y : \underline{0.60}$$

M_{Edx} : Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do primeiro perímetro de controlo $u_{out,ef}$.

$$M_{Edx} = M_{EdOx} + V_{Ed} \cdot y_G$$

$$M_{Edx} : \underline{0.78} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{Edy} : Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do primeiro perímetro de controlo $u_{out,ef}$.

$$M_{Edy} = M_{EdOy} - V_{Ed} \cdot x_G$$

$$M_{Edy} : \underline{-2.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{EdOx} : Momento de cálculo em torno do eixo x, em relação ao centro de gravidade do pilar.

$$M_{EdOx} : \underline{0.78} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{EdOy} : Momento de cálculo em torno do eixo y, em relação ao centro de gravidade do pilar.

$$M_{EdOy} : \underline{-2.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

x_G : Coordenada x do centro de gravidade do primeiro perímetro de controlo $u_{out,ef}$ em relação ao centro do pilar.

$$x_G : \underline{13210} \text{ mm}$$

y_G : Coordenada y do centro de gravidade do primeiro perímetro de controlo $u_{out,ef}$ em relação ao centro do pilar.

$$y_G : \underline{10304} \text{ mm}$$

$u_{out,ef}$: Primeiro perímetro de controlo exterior à armadura de punçoamento (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, 6.4.5).

$$u_{out,ef} : \underline{3440} \text{ mm}$$

$$W_{out,ef,x} = \int_0^{u_{out,ef}} |e_y| \cdot dl$$

$$W_{out,ef,x} : \underline{23260.1} \text{ cm}^2$$

dl: Elemento diferencial de comprimento do primeiro perímetro de controlo.

e_y : Distância desde dl até ao eixo em torno do qual actua o momento M_{Edx} .

$$W_{out,ef,y} = \int_0^{u_{out,ef}} |e_x| \cdot dl$$

$$W_{out,ef,y} : \underline{23260.1} \text{ cm}^2$$

e_x : Distância desde dl até ao eixo em torno do qual actua o momento M_{Edy} .

d: Altura útil da laje.

$$d : \underline{215} \text{ mm}$$

O valor de cálculo da resistência a punçoamento de uma laje sem armadura de punçoamento ao longo da secção crítica considerada obtém-se da seguinte expressão (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, 6.4.4):

$$v_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + 0.1 \cdot \sigma_{cp}$$

$$v_{Rd,c} : \underline{0.51} \text{ MPa}$$

com um valor mínimo de:

$$v_{Rd,c,min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} + 0.1 \cdot \sigma_{cp}$$

$$v_{Rd,c,min} : \underline{0.48} \text{ MPa}$$

Em que:

g_c : Coeficiente de minoração da resistência do betão.

$$g_c : \underline{1.50}$$

Verificação do Estado Limite Último face ao punçoamento

k: Coeficiente que depende da altura útil 'd'.

k : 1.96

$$k = \left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) \leq 2$$

f_{ck} : Resistência característica à compressão do betão.

f_{ck} : 25.00 MPa

r_l : Quantidade geométrica da armadura longitudinal principal de tracção.

r_l : 0.0040

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}} \leq 0.02$$

Em que:

r_{lx} : Quantidade na direcção X.

r_{lx} : 0.0045

r_{ly} : Quantidade na direcção Y.

r_{ly} : 0.0036

s_{cp} : Tensão axial média na superfície crítica de verificação (compressão positiva), com um valor máximo de $\sigma_{cp,max}$.

s_{cp} : 0.00 MPa

$$\sigma_{cp,max} = 0.20 \cdot f_{cd}$$

$s_{cp,max}$: 3.33 MPa

f_{cd} : Resistência de cálculo à compressão do betão.

f_{cd} : 16.67 MPa

Produzido por uma versão para demonstração de CYPE

2.4.- Armadura de reforço (P5)

2.4.1.- Armaduras de punçoamento (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, 9.4.3(2)) (combinações não sísmicas)

Quando é necessária armadura de punçoamento, a área de um ramo de um estribo (ou equivalente), $A_{sw,min}$, é obtida pela expressão (9.11).

$$A_{sw,min} \cdot (1,5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} \quad (9.11) \quad \checkmark$$

$$\rho_w = A_{sw,min} \cdot (1,5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t)$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}} / f_{yk}$$

Referência	A_{sw} (mm ²)	s_r (mm)	s_t (mm)	α (graus)	ρ_w	$\rho_{w,min}$	$\rho_w \geq \rho_{w,min}$
1	50	100	139	90.0	0.0054	0.0010	
1	50	100	139	90.0	0.0054	0.0010	

em que:

A_{sw} : a área de um ramo de um estribo (ou equivalente).

α : Ângulo entre a armadura de punçoamento e a armadura principal (ou seja, para estribos verticais $\alpha = 90^\circ$ e $\sin \alpha = 1$).

s_r : Espaçamento dos estribos na direcção radial.

s_t : Espaçamento dos estribos na direcção tangencial.

f_{ck} : Em MPa

f_{ck} : 25.00 MPa

2.4.2.- Distância livre entre dois varões isolados consecutivos

A distância livre d_{li} , horizontal e vertical, entre dois varões isolados consecutivos deve ser igual ou superior a s_{min} (8.2(2), d_g):

Verificação do Estado Limite Último face ao punçoamento

$$d_l \geq s_{\min} \quad 92 \text{ mm} \geq 20 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Em que:

s_{\min} : Valor máximo de s_1 , s_2 , s_3 .

$$s_{\min} : \underline{20} \text{ mm}$$

$$s_1 = \varnothing_{\max}$$

$$s_1 : \underline{8} \text{ mm}$$

$$s_2 = 5 + d_g$$

$$s_2 : \underline{20} \text{ mm}$$

$$s_3 = 20 \text{ mm}$$

$$s_3 : \underline{20} \text{ mm}$$

Sendo:

NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010:
Dimensão máxima do agregado.

$$\text{NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010} : \underline{15} \text{ mm}$$

\varnothing_{\max} : Diâmetro máximo dos varões transversais.

$$\varnothing_{\max} : \underline{8} \text{ mm}$$

	d_l (mm)	s_{\min} (mm)	\varnothing_{\max} (mm)	
1	92	20	8	✓
1	92	20	8	✓

Produzido por uma versão para demonstração de CYPE

2.4.3.- Distância entre a face do pilar e o primeiro reforço de punçoamento

A distância entre a face do pilar ou área carregada e o primeiro reforço de punçoamento não pode ser superior a s_{\max} (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, 9.4.3):

$$d_l \leq s_{\max} \quad 50 \text{ mm} \leq 108 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Em que:

$$s_{\max} = 0.5 \cdot d$$

$$s_{\max} : \underline{108} \text{ mm}$$

d: Altura útil da laje.

$$d : \underline{215} \text{ mm}$$

2.4.4.- Distância entre perímetros de reforço transversal consecutivos

A distância d_l entre perímetros de reforço transversal consecutivos deve ser, como máximo, igual a s_{\max} (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, 9.4.3):

$$d_l \leq s_{\max} \quad 100 \text{ mm} \leq 161 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Em que:

$$s_{\max} = 0.75 \cdot d$$

$$s_{\max} : \underline{161} \text{ mm}$$

d: Altura útil da laje.

$$d : \underline{215} \text{ mm}$$

2.4.5.- Distância entre dois reforços consecutivos em sentido perimetral

A distância d_l entre dois reforços consecutivos em sentido perimetral não pode ser superior a s_{\max} (NP EN 1992-1-1:2010/NA:2010, 9.4.3):

$$d_l \leq s_{\max} \quad 139 \text{ mm} \leq 323 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Em que:

Verificação do Estado Limite Último face ao punçoamento

$$s_{\max} = 1.5 \cdot d$$

d: Altura útil da laje.

$$s_{\max} : \underline{323} \text{ mm}$$

$$d : \underline{215} \text{ mm}$$