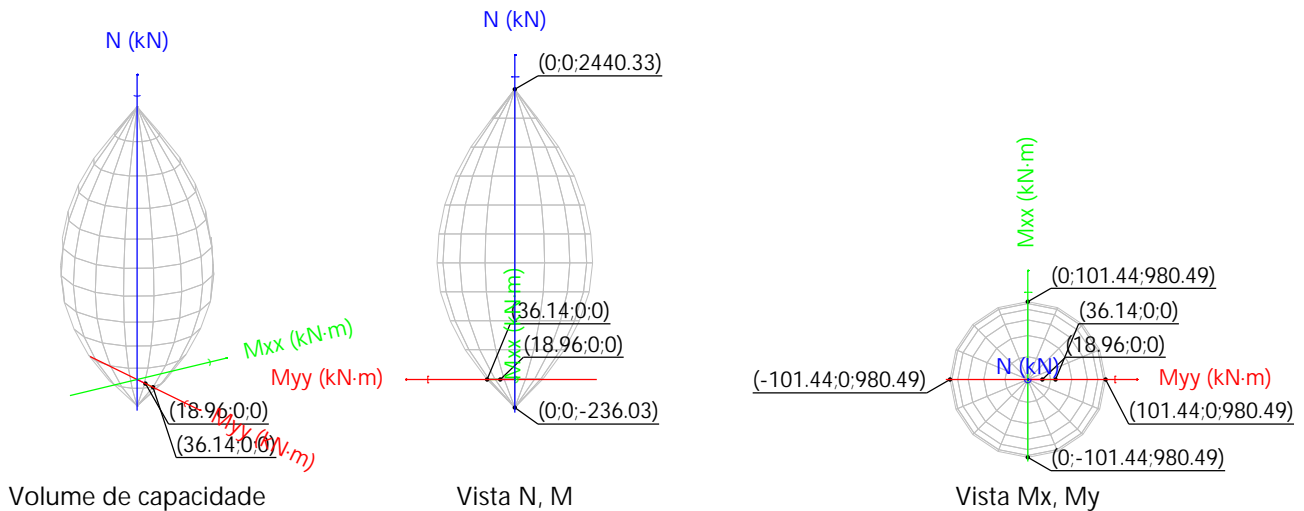


Os esforços de cálculo desfavoráveis são obtidos em 'Estaca #1', para a combinação "[4] 1.35·PP+1.35·RP+1.5·Qa (M Mín., N Mín.)".

Deve satisfazer:

$$\eta_1 = \frac{\sqrt{N_{Ed}^2 + M_{Ed,x}^2 + M_{Ed,y}^2}}{\sqrt{N_{Rd}^2 + M_{Rd,x}^2 + M_{Rd,y}^2}} \leq 1$$

h : 0.525 ✓



#### Verificação de resistência da secção ( $\eta_1$ )

$N_{Ed}, M_{Ed}$  são os esforços de cálculo de primeira ordem, incluindo, no seu caso, a excentricidade mínima segundo 6.1(4):

$N_{Ed}$ : Esforço normal de cálculo.

$M_{Ed}$ : Momento de cálculo de primeira ordem.

$$\begin{aligned} N_{Ed} &: \underline{0.00} \text{ kN} \\ M_{Ed,x} &: \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m} \\ M_{Ed,y} &: \underline{18.96} \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$N_{Rd}, M_{Rd}$  são os esforços resistentes da secção com as mesmas excentricidades que os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis.

$N_{Rd}$ : Esforço normal resistente.

$M_{Rd}$ : Momento resistente

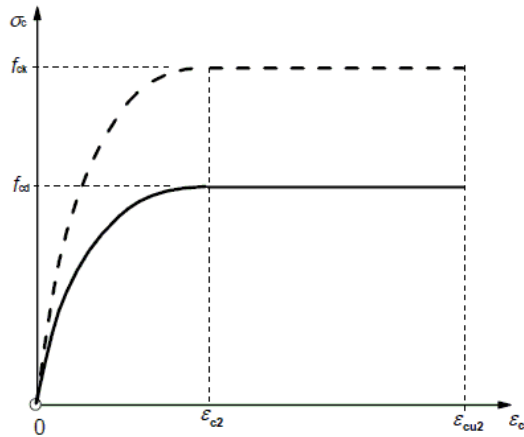
$$\begin{aligned} N_{Rd} &: \underline{0.00} \text{ kN} \\ M_{Rd,x} &: \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m} \\ M_{Rd,y} &: \underline{36.14} \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

#### Cálculo da capacidade resistente

O cálculo da capacidade resistente última das secções é efectuado a partir das hipóteses gerais seguintes (Artigo 6.1):

- A rotura caracteriza-se pelo valor da deformação em determinadas fibras da secção, definidas pelos domínios de deformação de rotura.
- As deformações do betão seguem uma lei plana.
- As deformações  $\epsilon_s$  das armaduras passivas mantêm-se iguais às do betão que as envolve.
- As tensões no betão comprimido são obtidas do diagrama tensões-extensões de cálculo, indicado em 3.1.7(1).

O diagrama de cálculo tensão-deformação do betão é do tipo parábola rectângulo. Não se considera a resistência do betão à tracção.



$\epsilon_{cu2}$ : Extensão última, de acordo com Tabela 3.1.

$\epsilon_{c2}$ : Extensão ao ser atingida a resistência máxima, de acordo com Tabela 3.1.

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

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$$

Sendo:

$\alpha_{cc}$ : Factor que tem em conta a fadiga do betão quando está submetido a altos níveis de tensão de compressão devido a cargas de larga duração.

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

$\gamma_c$ : Coeficiente parcial de segurança para o betão.

$$\epsilon_{cu2} : \underline{0.0035}$$

$$\epsilon_{c2} : \underline{0.0020}$$

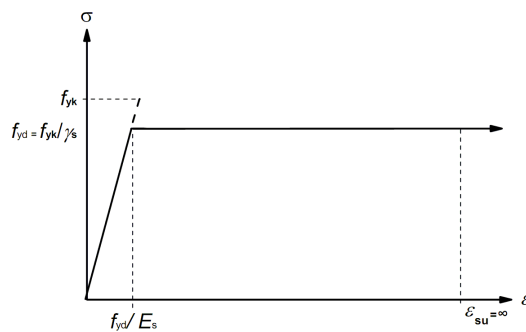
$$f_{cd} : \underline{18.00} \text{ MPa}$$

$$\alpha_{cc} : \underline{1.00}$$

$$f_{ck} : \underline{18.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_c : \underline{1.0}$$

(e) As tensões nas armaduras obtêm-se do diagrama dado em: Artigo 3.2, Figura 3.8



$\epsilon_{su}$ : Extensão última, de acordo com Artigo 3.2.7(2.b).

$f_{yd}$ : Tensão de cedência da armadura.

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

Sendo:

$f_{yk}$ : Resistência característica do aço.

$\gamma_s$ : Coeficiente parcial de segurança para o aço.

$$\epsilon_{su} : \underline{0.0100}$$

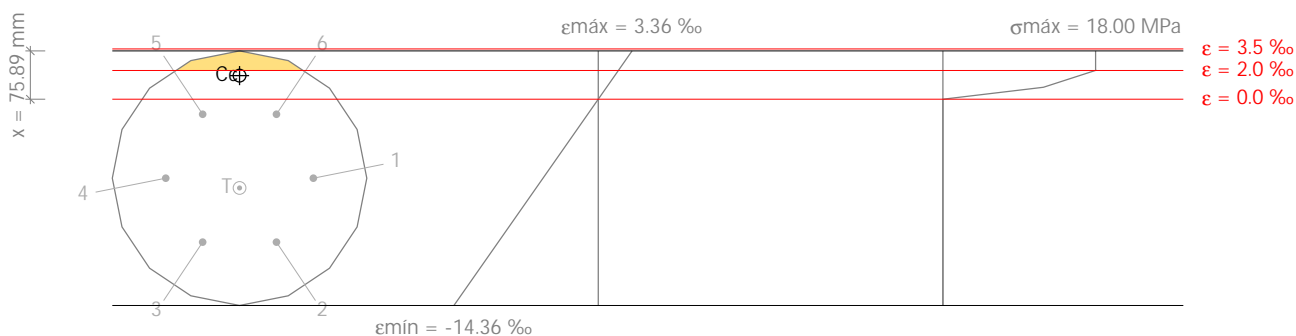
$$f_{yd} : \underline{347.83} \text{ MPa}$$

$$f_{yk} : \underline{400.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_s : \underline{1.15}$$

(e) Aplicam-se às resultantes de tensões na secção as equações gerais de equilíbrio de forças e de momentos.

Equilíbrio da secção para os esforços resistentes, calculados com as mesmas excentricidades que os esforços de cálculo desfavoráveis:



Varão	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	S <sub>s</sub> (MPa)	e
1	Ø12	0.00	-116.00	-347.83	-0.005499
2	Ø12	-100.46	-58.00	-347.83	-0.009950
3	Ø12	-100.46	58.00	-347.83	-0.009950
4	Ø12	0.00	116.00	-347.83	-0.005499
5	Ø12	100.46	58.00	-209.57	-0.001048
6	Ø12	100.46	-58.00	-209.57	-0.001048

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
C <sub>c</sub>	204.76	161.17	0.00
C <sub>s</sub>	0.00	0.00	0.00
T	204.76	-15.34	0.00

$$N_{Rd} = C_c + C_s - T$$

$$M_{Rd,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} - T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{Rd,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} - T \cdot e_{T,x}$$

Em que:

C<sub>c</sub>: Resultante de compressões no betão.

C<sub>s</sub>: Resultante de compressões no aço.

T: Resultante de tracções no aço.

e<sub>cc</sub>: Excentricidade da resultante de compressões no betão na direcção dos eixos X e Y.

e<sub>cs</sub>: Excentricidade da resultante de compressões no aço na direcção dos eixos X e Y.

e<sub>T</sub>: Excentricidade da resultante de tracções no aço na direcção dos eixos X e Y.

e<sub>cmax</sub>: Deformação da fibra mais comprimida de betão.

e<sub>smax</sub>: Deformação do varão de aço mais traccionado.

S<sub>cmax</sub>: Tensão da fibra mais comprimida de betão.

S<sub>smax</sub>: Tensão do varão de aço mais traccionado.

$$N_{Rd} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{Rd,x} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd,y} : \underline{36.14} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$C_c : \underline{204.76} \text{ kN}$$

$$C_s : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$T : \underline{204.76} \text{ kN}$$

$$e_{cc,x} : \underline{161.17} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cs} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{T,x} : \underline{-15.34} \text{ mm}$$

$$e_{T,y} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

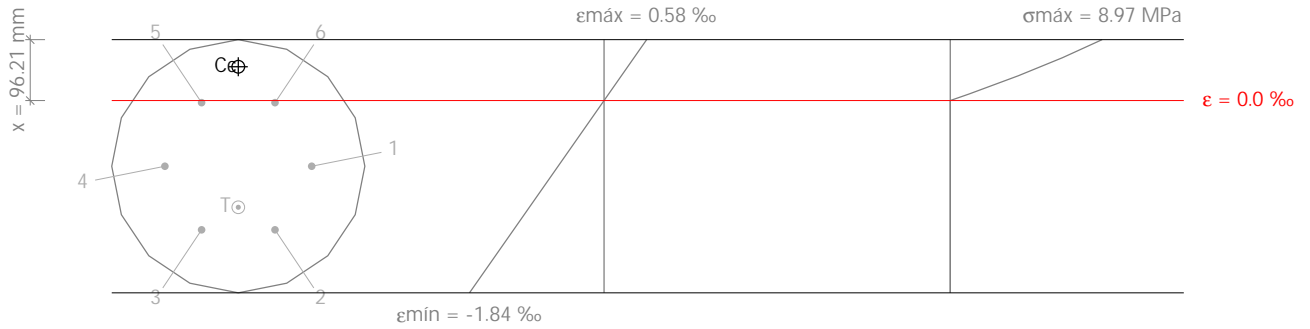
$$e_{cmax} : \underline{0.0034}$$

$$e_{smax} : \underline{0.0100}$$

$$S_{cmax} : \underline{18.00} \text{ MPa}$$

$$S_{smax} : \underline{347.83} \text{ MPa}$$

Equilíbrio da secção para os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis:



Varão	Designação	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	S <sub>s</sub> (MPa)	e
1	Ø12	0.00	-116.00	-125.87	-0.000629
2	Ø12	-100.46	-58.00	-247.70	-0.001238
3	Ø12	-100.46	58.00	-247.70	-0.001238
4	Ø12	0.00	116.00	-125.87	-0.000629
5	Ø12	100.46	58.00	-4.04	-0.000020
6	Ø12	100.46	-58.00	-4.04	-0.000020

	Resultante (kN)	e.x (mm)	e.y (mm)
C <sub>c</sub>	85.41	157.20	0.00
C <sub>s</sub>	0.00	0.00	0.00
T	85.41	-64.83	0.00

$$N_{Ed} = C_c + C_s - T$$

$$M_{Ed,x} = C_c \cdot e_{cc,y} + C_s \cdot e_{cs,y} + T \cdot e_{T,y}$$

$$M_{Ed,y} = C_c \cdot e_{cc,x} + C_s \cdot e_{cs,x} + T \cdot e_{T,x}$$

Em que:

C<sub>c</sub>: Resultante de compressões no betão.

C<sub>s</sub>: Resultante de compressões no aço.

T: Resultante de tracções no aço.

e<sub>cc</sub>: Excentricidade da resultante de compressões no betão na direcção dos eixos X e Y.

e<sub>cs</sub>: Excentricidade da resultante de compressões no aço na direcção dos eixos X e Y.

e<sub>t</sub>: Excentricidade da resultante de tracções no aço na direcção dos eixos X e Y.

e<sub>cmax</sub>: Deformação da fibra mais comprimida de betão.

e<sub>smax</sub>: Deformação do varão de aço mais traccionado.

S<sub>cmax</sub>: Tensão da fibra mais comprimida de betão.

S<sub>smax</sub>: Tensão do varão de aço mais traccionado.

$$N_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$M_{Ed,x} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Ed,y} : \underline{18.96} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$C_c : \underline{85.41} \text{ kN}$$

$$C_s : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$T : \underline{85.41} \text{ kN}$$

$$e_{cc,x} : \underline{157.20} \text{ mm}$$

$$e_{cc,y} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cs} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{T,x} : \underline{-64.83} \text{ mm}$$

$$e_{T,y} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$e_{cmax} : \underline{0.0006}$$

$$e_{smax} : \underline{0.0012}$$

$$S_{cmax} : \underline{8.97} \text{ MPa}$$

$$S_{smax} : \underline{247.70} \text{ MPa}$$