

Formulações

Nos itens a seguir, apresentam-se as expressões para a determinação das tensões de compressão nas bielas para o método adicional de Blevot, o cálculo dos limites da altura útil, o cálculo da armadura principal e as informações sobre detalhamento das armaduras para blocos de uma até seis estacas.

Para cada tipo de bloco, o detalhamento das armaduras é governado pelas opções informadas pelo projetista no arquivo de critérios de projeto.

Bloco sobre uma estaca

a.)-Compressão na biela:

$$\sigma_{cd,biel,p} = \gamma_f \times \gamma_n \times \left(\frac{FN}{A_p} \right)$$

$$\sigma_{cd,biel,s} = \gamma_f \times \gamma_n \times \left(\frac{FE}{A_s} \right)$$

b.)-Limite da altura útil:

$$d_{\min} = 0.75 \times (a_b - a)$$

a_b = Largura do bloco paralela à direção de "a".

c) Verificação de tração na estaca:

$$\sigma_{td,est,j} = \gamma_f \times \gamma_n \times \left(\frac{32}{\pi} \times \frac{M}{\phi_s^3} \right)$$

d.)-Determinação da armadura de tração As no bloco (em cada direção)

$$A_s = \gamma_f \times \gamma_n \times \left(\frac{FE}{8 \times d \times f_{yd}} \right) \times (\phi_s - a)$$

ϕ_s = Diâmetro da estaca

e) Determinação da armadura de fendilhamento:

→ Para maior segurança na transferência de tensões, o cálculo e detalhamento da necessidade de armadura para fendilhamento e cintamento em bloco sobre 1 estaca será sempre efetuada.

Se o contorno do bloco e pilar forem homotéticos:

$$\sigma_{\text{ULTIMO}} = f_{cd} \times \sqrt{\frac{X_{bl} \times Y_{bl}}{X_{pil} \times Y_{pil}}} \leq 260 \text{ kgf / cm}^2$$

Senão:

$$\sigma_{\text{ÚLTIMO}} = f_{cd} \times \sqrt[3]{\frac{X_{bl} \times Y_{bl}}{X_{pil} \times Y_{pil}}} \leq 210 \text{ kgf/cm}^2$$

De acordo com a NBR6118 – 2003 (item 21.2.1), esta tensão última passa a ser determinada por:

$$\sigma_{\text{ÚLTIMO}} = f_{cd} \times \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \leq 3,3 \times f_{cd}$$

Onde:

A_{c0} = área reduzida, carregada uniformemente (pilar);

A_{c1} = área máxima, de mesma forma e c.g. que A_{c0} , inscrita na área A_{c2} ;

A_{c0} = área total, situada no mesmo plano de A_{c0} ;

Tensão no pilar:

$$\sigma_{\text{Pilar}} = \frac{FN \times \gamma_f \times \gamma_n}{X_{\text{Pilar}} \times Y_{\text{Pilar}}}$$

Se $h_{\text{Bloco}} \leq X_{\text{Bloco}}$:

$$A_{\text{Sr. fendilham.}} = \frac{0,28}{f_{yd}} \times \left(\frac{X_{bl} - X_{pil}}{d} \right) \times FN \times \gamma_f \times \gamma_n$$

Senão:

$$A_{\text{Sr. fendilham.}} = \frac{0,28}{f_{yd}} \times \left(1 - \frac{X_{pil}}{X_{bl}} \right) \times FN \times \gamma_f \times \gamma_n$$

Se $h_{\text{Bloco}} \leq Y_{\text{Bloco}}$:

$$A_{\text{Sy. fendilham.}} = \frac{0,28}{f_{yd}} \times \left(\frac{Y_{bl} - Y_{pil}}{d} \right) \times FN \times \gamma_f \times \gamma_n$$

Senão:

$$A_{\text{Sy. fendilham.}} = \frac{0,28}{f_{yd}} \times \left(1 - \frac{Y_{pil}}{Y_{bl}} \right) \times FN \times \gamma_f \times \gamma_n$$

Se $\sigma_{\text{Pilar}} > \sigma_{\text{Última}}$:

Armadura para Fendilhamento

Coloca +

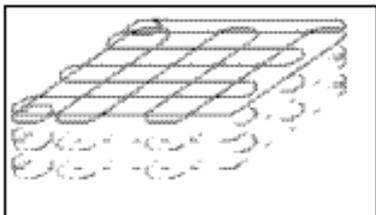
Armadura de Cintamento

$$A_{S_{CINTAMENTO}} = (\sigma_{Pilar} - \sigma_{última}) \times \frac{A_{Estaca}}{1,7 \times f_{yd}} \geq 0,6\% \times A_{Estaca} \rightarrow$$

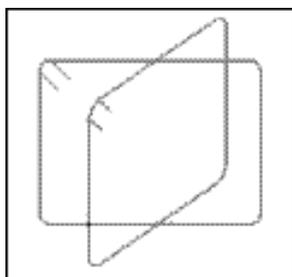
$$A_{S_{Total}} = A_{S_{fendilham}} + A_{S_{CINTAMENTO}}$$

As opções de armaduras para combater o fendilhamento são:

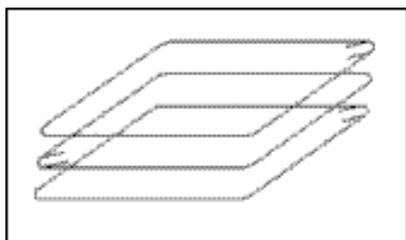
Asfendilham. e Ascintamento por armadura de fretagem;



Asfendilham. adicionada nas armaduras principais e Ascintamento para armadura lateral;



Asfendilham. e Ascintamento para armadura lateral;



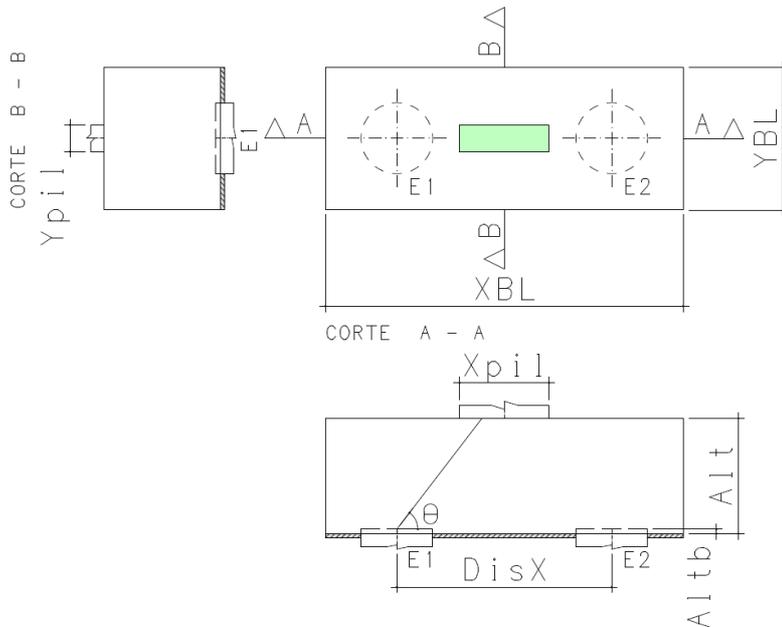
e.)-Armadura principal: constituída de estribos retangulares de dois ramos nas direções x e y, com área A_s .

f.)-Armadura lateral ou "pele": constituída de estribos retangulares de dois ramos, cuja área de ferro é uma porcentagem de A_s , estabelecida no arquivo de critérios de projeto.

Bloco sobre duas estacas

Dados geométricos:

B2



Legenda:

X_{pil} : Largura do pilar (cm)

Y_{pil} : Altura do pilar (cm)

Alt: Altura total do bloco (cm)

AltB: Altura da entrada da estaca dentro do bloco (cm)

DisX: Distância entre os eixos das estacas (cm)

ϕ : Diâmetro das estacas (cm)

θ : Ângulo de inclinação das bielas

Limite da altura útil e ângulo de inclinação das bielas

$$d_{\min} = z_{\min} = 0,50 \cdot \left(\text{DisX} - \frac{X_{pil}}{2} \right)$$

$$d_{\max} = z_{\max} = 0,71 \cdot \left(\text{DisX} - \frac{X_{pil}}{2} \right)$$

Método de Blevot:

$$\theta = \arctan \left(\frac{d}{\left(\frac{\text{DisX}}{2} - \frac{X_{pil}}{4} \right)} \right)$$

Método A e Método B (Fusco, 1994):

$$\theta = \arctan \left(\frac{z}{\left(\frac{\text{DisX}}{2} - \frac{X_{pil,amp}}{4} \right)} \right)$$

Método Bielas e tirantes (ABNT NBR 6118:2014 Comentários e exemplos de aplicação, 2015):

$$\theta = \arctan \left(\frac{z}{\left(\frac{\text{DisX}}{2} - \frac{X_{pil}}{4} \right)} \right)$$

Verificação das bielas método adicional Blevot:

$$\text{TensPil} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{N_k}{A_p \cdot \sin^2 \theta} + \frac{6 \cdot |M_{y,k}|}{\gamma_{pil} \cdot X_{pil}^2} \right)$$

Legenda:

Ap: área do pilar;

γ_f : Coeficiente de majoração dos esforços;

γ_n : Coeficiente adicional de segurança;

Nk: Esforço normal característico;

[+] Compressão

[-] Tração

My: Momento fletor característico, seguindo a orientação vetorial;

Verificação de tração na estaca

$$\sigma_{cd,pilp} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left[\left(\frac{32 \cdot M_{x,k}}{2 \cdot \pi \cdot \phi^3} \right) - \frac{N_k}{2 \cdot A_p} \right]$$

$$f_{ctd,inf,est} = 0,21 \cdot \frac{f_{ck,est}^{2/3}}{\gamma_c}$$

$$f_{ck,est} = 18 \text{ MPa}$$

Determinação da armadura principal

Método de Blevot:

$$A_s = 1,15 \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{4 \cdot d \cdot f_{yd}} \right) \cdot \left(DisX - \frac{X_{pil}}{2} \right)$$

Método A/B:

$$A_s = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{4 \cdot z_{arm} \cdot f_{yd}} \right) \cdot \left(DisX - \frac{X_{pil}}{2} \right)$$

MBT – Comentários Ibracon

$$A_s = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{4 \cdot z \cdot f_{yd}} \right) \cdot \left(DisX - \frac{X_{pil}}{2} \right)$$

Crterios de detalhamento do bloco de duas estacas

Tipo da armadura principal

Distribuída uniforme, com dobra de 90°;

Distribuída uniforme, com gancho de 90°;

Distribuída uniforme, com gancho semi-circular;

Distribuída uniforme, em U;

Tipo da armadura lateral ou de pele

Fechada

Aberta

Aberta com gancho de 90°

Armadura transversal

Armadura transversal é estabelecida como porcentagem da armadura principal.

Armadura lateral

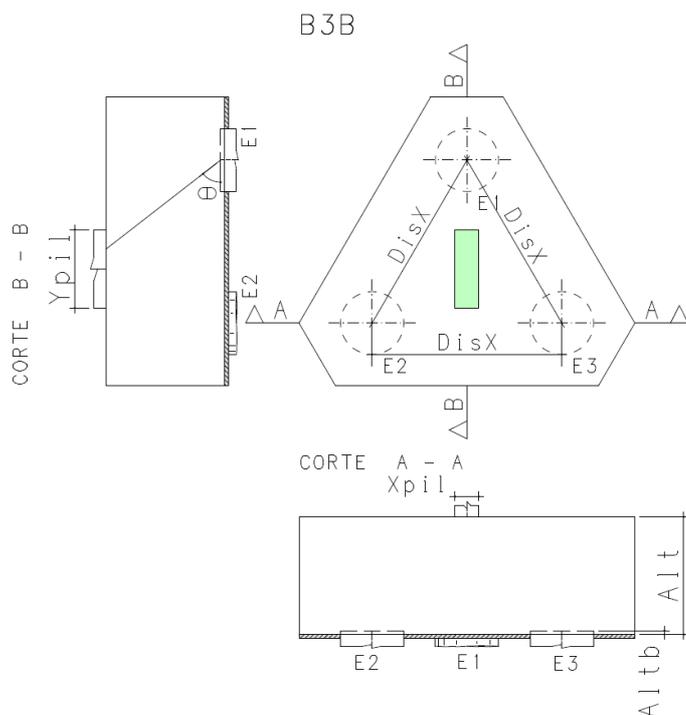
Armadura transversal é estabelecida como porcentagem da armadura principal.

Armadura porta estribos

Armadura de porta-estribo é estabelecida como porcentagem da armadura principal.

Bloco sobre três estacas (Triangular)

Dados geométricos:



Legenda:

X_{pil} : Largura do pilar (cm)

Y_{pil} : Altura do pilar (cm)

Alt: Altura total do bloco (cm)

AltB: Altura da entrada da estaca dentro do bloco (cm)

DisX: Distância entre os eixos das estacas (cm)

ϕ : Diâmetro das estacas (cm)

θ : Ângulo de inclinação das bielas

Limite da altura útil e ângulo de inclinação das bielas

$$a \leq \begin{cases} \sqrt{X_{pil} \cdot Y_{pil}} \\ 1,5 \cdot X_{pil} \\ 1,5 \cdot Y_{pil} \end{cases}$$

$$d_{\min} = z_{\min} = \tan 45^\circ \cdot \left(\frac{DisX}{\sqrt{3}} - 0,3a \right) \cong 0,58 \cdot \left(DisX - \frac{a}{2} \right)$$

$$d_{\max} = z_{\max} = \tan 55^\circ \cdot \left(\frac{DisX}{\sqrt{3}} - 0,3a \right) \cong 0,825 \cdot \left(DisX - \frac{a}{2} \right)$$

Método de Blevot:

$$a \leq \begin{cases} \sqrt{X_{pil} \cdot Y_{pil}} \\ 1,5 \cdot X_{pil} \\ 1,5 \cdot Y_{pil} \end{cases}$$

$$\theta = \arctan \left(\frac{d}{\left(\frac{DisX}{\sqrt{3}} - 0,3a \right)} \right)$$

Método A/B:

$$a_{amp} \leq \begin{cases} \sqrt{X_{pil,amp} \cdot Y_{pil,amp}} \\ 1,5 \cdot X_{pil,amp} \\ 1,5 \cdot Y_{pil,amp} \end{cases}$$

$$\theta = \arctan \left(\frac{z}{\left(\frac{DisX}{\sqrt{3}} - 0,3a_{amp} \right)} \right)$$

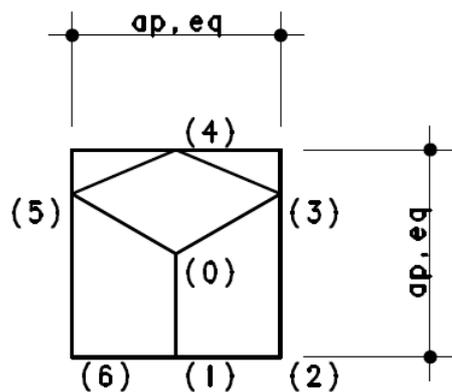
MBT – Comentários do Ibracon:

$$a \leq \begin{cases} \sqrt{X_{pil} \cdot Y_{pil}} \\ 1,5 \cdot X_{pil} \\ 1,5 \cdot Y_{pil} \end{cases}$$

$$\theta = \arctan \left(\frac{z}{\left(\frac{DisX}{\sqrt{3}} - 0,3a \right)} \right)$$

Verificação da tensão biela pilar método adicional Blevot

Para calcular a tensão biela-pilar, o programa calcula a tensão nos seguintes pontos:



Pontos	x	y	σ_i
0	0	0	$\sigma_0 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_0}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_0}{I_y}$
1	0	$-a_{p,eq}/2$	$\sigma_1 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_1}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_1}{I_y}$

2	$a_{p,eq}/2$	$-a_{p,eq}/2$	$\sigma_2 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_2}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_2}{I_y}$
3	$a_{p,eq}/2$	$a_{p,eq}/(2\sqrt{3})$	$\sigma_3 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_3}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_3}{I_y}$
4	0	$a_{p,eq}/2$	$\sigma_4 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_4}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_4}{I_y}$
5	$-a_{p,eq}/2$	$a_{p,eq}/(2\sqrt{3})$	$\sigma_5 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_5}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_5}{I_y}$
6	$-a_{p,eq}/2$	$-a_{p,eq}/2$	$\sigma_6 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_6}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_6}{I_y}$

Onde $a_{p,eq} = \sqrt{X_{pil} \cdot Y_{pil}}$ é o valor do lado do pilar quadrado equivalente.

Em seguida, o programa calcula três tensões que são as tensões médias dos pontos {0,1,2,3}, {0,1,5,6} e {0,3,4,5}. O programa adota o maior valor entre as três tensões calculadas e calcula a tensão de cálculo da biela pilar.

$$\text{TensPil} = \frac{\gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \bar{\sigma}}{\text{sen}^2 \theta}$$

Onde:

$$\bar{\sigma} \geq \begin{cases} \frac{\sigma_0 + \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{4} \\ \frac{\sigma_0 + \sigma_1 + \sigma_5 + \sigma_6}{4} \\ \frac{\sigma_0 + \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5}{4} \end{cases}$$

Legenda:

γ_f : Coeficiente de majoração dos esforços;

γ_n : Coeficiente adicional de segurança;

Determinação da armadura principal

Método de Blevot:

$$A_s = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{9 \cdot d \cdot f_{yd}} \right) \cdot \left(\text{DisX} - \frac{a}{2} \right)$$

Método A/B:

$$A_s = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{9 \cdot z_{arm} \cdot f_{yd}} \right) \cdot \left(\text{DisX} - \frac{a}{2} \right)$$

MBT – Comentários do Ibracon:

$$A_s = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{9 \cdot z \cdot f_{yd}} \right) \cdot \left(\text{DisX} - \frac{a}{2} \right)$$

Onde:

$$a \leq \begin{cases} \sqrt{X_{pil} \cdot Y_{pil}} \\ 1,5 \cdot X_{pil} \\ 1,5 \cdot Y_{pil} \end{cases}$$

Cráterios de detalhamento do bloco de tr s estacas disposi o triangular

Tipo da armadura principal

Concentrada sobre as estacas, dobra de 90 ;

Concentrada sobre as estacas, gancho de 90 ;

Concentrada sobre as estacas, gancho semi-circular;

Tipo da armadura secundária (suspensão ou malha)

Em U;

Em U com gancho;

Estribo;

Duplo U;

Tipo da armadura lateral ou de pele

No arquivo de cr terios de projeto, o usuário determina se vai existir uma armadura perimetral e esta será dimensionada como porcentagem da armadura principal.

Armadura de suspensão

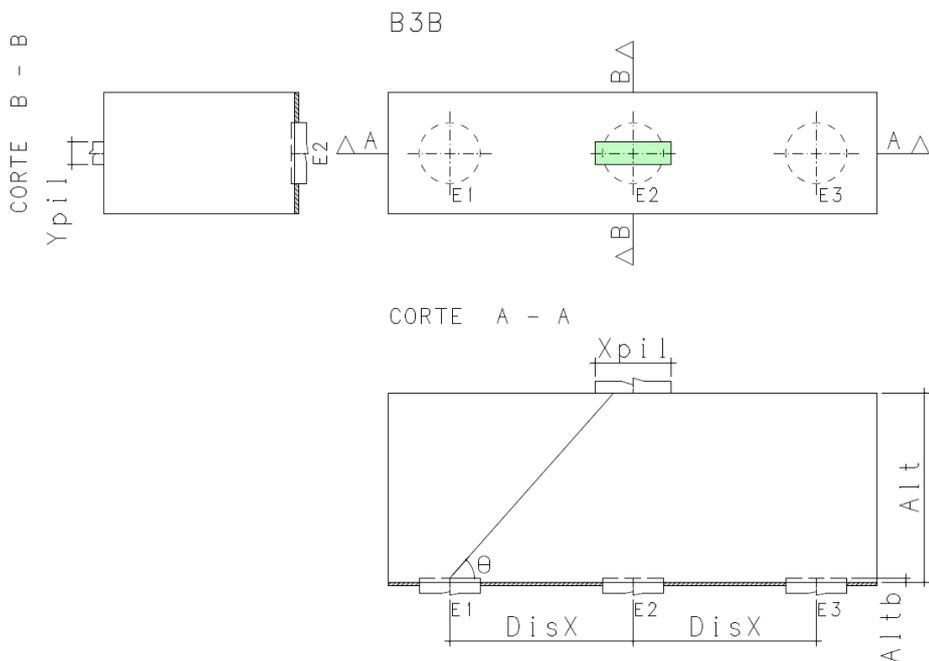
Dimensiona-se a armadura de suspensão para as dimensões x e y do bloco sobre estacas e adota-se o maior valor das quatro condi es mostradas abaixo:

$$A_{s,sup,x} \geq \begin{cases} \frac{\gamma_f \cdot \gamma_n \cdot FEq}{4,5 \cdot 3 \cdot f_{yd}} \\ \% A_{s,susp} \cdot A_{s,princ} \\ \rho_{susp,min} \cdot Y_{bl} \\ \frac{A_s}{5} \end{cases}$$

$$A_{s,sup,y} \geq \begin{cases} \frac{\gamma_f \cdot \gamma_n \cdot FEq}{4,5 \cdot 3 \cdot f_{yd}} \\ \% A_{s,susp} \cdot A_{s,princ} \\ \rho_{susp,min} \cdot X_{bl} \\ \frac{A_s}{5} \end{cases}$$

Bloco sobre três estacas (Em linha)

Dados geométricos:



Legenda:

X_{pil} : Largura do pilar (cm)

Y_{pil} : Altura do pilar (cm)

Alt: Altura total do bloco (cm)

AltB: Altura da entrada da estaca dentro do bloco (cm)

DisX: Distância entre os eixos das estacas (cm)

ϕ : Diâmetro das estacas (cm)

θ : Ângulo de inclinação das bielas

Limite da altura útil e ângulo de inclinação das bielas

$$d_{\min} = z_{\min} = \text{DisX} - \frac{X_{pil}}{4}$$

$$d_{\max} = z_{\max} = 1,428 \cdot \left(\text{DisX} - \frac{X_{pil}}{4} \right)$$

Método de Blevot:

$$\theta = \arctan \left(\frac{d}{\text{DisX} - \frac{X_{pil}}{4}} \right)$$

Método A e método B:

$$\theta = \arctan \left(\frac{z}{\text{DisX} - \frac{X_{pil,amp}}{4}} \right)$$

MBT – Comentários do Ibracon:

$$\theta = \arctan \left(\frac{z}{\text{DisX} - \frac{X_{pil}}{4}} \right)$$

Verificação da tensão biela pilar método adicional Blevot:

$$\text{TensPil} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{N_k}{A_p \cdot (\text{sen}\theta)^2} + \frac{6 \cdot |M_{y,k}|}{\gamma_{pil} \cdot X_{pil}^2} \right)$$

Legenda:

Ap: área do pilar;

γ_f : Coeficiente de majoração dos esforços;

γ_n : Coeficiente adicional de segurança;

Nk: Esforço normal característico;

[+] Compressão

[-] Tração

Mx: Momento fletor característico, seguindo a orientação vetorial;

My: Momento fletor característico, seguindo a orientação vetorial;

Verificação de tração na estaca

$$\sigma_{cd,pilp} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left[\left(\frac{32 \cdot M_{x,k}}{3 \cdot \pi \cdot \phi^3} \right) - \frac{N_k}{3 \cdot A_p} \right]$$

$$f_{ctd,inf,est} = 0,21 \cdot \frac{f_{ck,est}^{2/3}}{\gamma_c}$$

$$f_{ck,est} = 18 \text{ MPa}$$

Determinação da armadura principal

Método de Blevot:

$$A_s = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{3 \cdot d \cdot f_{yd}} \right) \cdot \left(\text{DisX} - \frac{X_{pil}}{4} \right)$$

Método A/B:

$$A_s = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{3 \cdot z_{arm} \cdot f_{yd}} \right) \cdot \left(\text{DisX} - \frac{X_{pil}}{4} \right)$$

MBT – Comentários do Ibracon:

$$A_s = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{3 \cdot z \cdot f_{yd}} \right) \cdot \left(\text{DisX} - \frac{X_{pil}}{4} \right)$$

Critérios de detalhamento do bloco de três estacas em linha

Tipo da armadura principal

Distribuída uniforme, dobra de 90°;

Distribuída uniforme, gancho de 90°;

Distribuída uniforme, gancho semi-circular;

Distribuída uniforme, em U;

Tipo da armadura lateral ou de pele

Fechada;

Reta;

Reta com gancho de 90°

Armadura de suspensão

Armadura de suspensão é estabelecida como uma porcentagem da armadura principal.

Armadura lateral

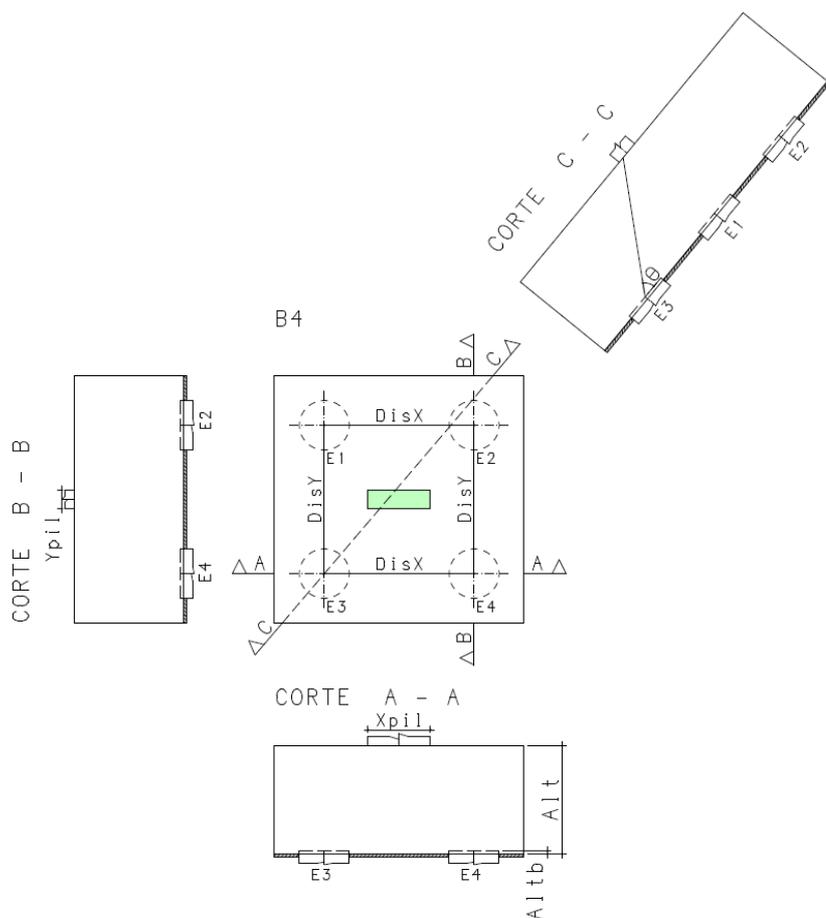
Armadura lateral é calculada a partir da armadura principal total;

$$A_{sp,face} = \frac{A_s \cdot 3}{8} = 6,78 \text{ cm}^2$$

Se o usuário julgar esta armadura insuficiente, no arquivo de critérios, ele pode calcular esta armadura a partir de uma porcentagem da armadura principal.

Bloco sobre quatro estacas

Dados geométricos



Legenda:

X_{pil} : Largura do pilar (cm)

Y_{pil} : Altura do pilar (cm)

Alt: Altura total do bloco (cm)

AltB: Altura da entrada da estaca dentro do bloco (cm)

DisX: Distância entre os eixos das estacas na direção X (cm)

DisY: Distância entre os eixos das estacas na direção Y (cm)

ϕ : Diâmetro das estacas (cm)

θ : Ângulo de inclinação das bielas

Limite da altura útil e ângulo de inclinação das bielas

$$d_{\min} = z_{\min} = \sqrt{\left(\frac{\text{DisX}}{2} - \frac{X_{\text{pil}}}{4}\right)^2 + \left(\frac{\text{DisY}}{2} - \frac{Y_{\text{pil}}}{4}\right)^2}$$

$$d_{\max} = z_{\max} = \tan 55^\circ \cdot \sqrt{\left(\frac{\text{DisX}}{2} - \frac{X_{\text{pil}}}{4}\right)^2 + \left(\frac{\text{DisY}}{2} - \frac{Y_{\text{pil}}}{4}\right)^2}$$

Método de Blevot:

$$\theta = \arctan \left(\frac{d}{\sqrt{\left(\frac{\text{DisX}}{2} - \frac{X_{\text{pil}}}{4}\right)^2 + \left(\frac{\text{DisY}}{2} - \frac{Y_{\text{pil}}}{4}\right)^2}} \right)$$

Método A/B:

$$\theta = \arctan \left(\frac{z}{\sqrt{\left(\frac{\text{DisX}}{2} - \frac{X_{\text{pil,amp}}}{4}\right)^2 + \left(\frac{\text{DisY}}{2} - \frac{Y_{\text{pil,amp}}}{4}\right)^2}} \right)$$

MBT – Comentários do Ibracon:

$$\theta = \arctan \left(\frac{z}{\sqrt{\left(\frac{\text{DisX}}{2} - \frac{X_{\text{pil}}}{4}\right)^2 + \left(\frac{\text{DisY}}{2} - \frac{Y_{\text{pil}}}{4}\right)^2}} \right)$$

Verificação da tensão biela pilar método adicional Blevot:

$$\text{TensPil} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{N_k + \frac{3 M_{x,k}}{Y_{\text{pil}}} + \frac{3 M_{y,k}}{X_{\text{pil}}}}{A_p \cdot (\sin \theta)^2} \right)$$

Legenda:

A_p : área do pilar;

γ_f : Coeficiente de majoração dos esforços;

γ_n : Coeficiente adicional de segurança;

F_{Eq} : Força na estaca mais solicitada multiplicada pelo número de estacas;

N_k : Esforço normal característico;

[+] Compressão

[-] Tração

M_x : Momento fletor característico, seguindo a orientação vetorial;

M_y : Momento fletor característico, seguindo a orientação vetorial;

Determinação da armadura principal

Método de Blevot:

$$A_{s,princ,x} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{8 \cdot d \cdot f_{yd}} \right) \cdot \left(DisX - \frac{X_{pil}}{2} \right)$$

$$A_{s,princ,y} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{8 \cdot d \cdot f_{yd}} \right) \cdot \left(DisY - \frac{Y_{pil}}{2} \right)$$

Método A/B:

$$A_{s,princ,x} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{8 \cdot z_{arm} \cdot f_{yd}} \right) \cdot \left(DisX - \frac{X_{pil}}{2} \right)$$

$$A_{s,princ,y} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{8 \cdot z_{arm} \cdot f_{yd}} \right) \cdot \left(DisY - \frac{Y_{pil}}{2} \right)$$

MBT- Comentários do Ibracon:

$$A_{s,princ,x} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{8 \cdot z \cdot f_{yd}} \right) \cdot \left(DisX - \frac{X_{pil}}{2} \right)$$

$$A_{s,princ,y} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{8 \cdot z \cdot f_{yd}} \right) \cdot \left(DisY - \frac{Y_{pil}}{2} \right)$$

Critérios de detalhamento do bloco de quatro estacas

Armadura principal

No arquivo de critérios, o usuário determina se a armadura principal é distribuída uniforme ou concentrada sobre as estacas;

Tipo de armadura principal

Distribuída uniforme, dobra de 90°;

Distribuída uniforme, gancho de 90°;

Distribuída uniforme, gancho semi-circular;

Distribuída uniforme, em U;

Concentrada sobre estacas, dobra de 90°;

Concentrada sobre estacas, gancho de 90°;

Concentrada sobre estacas, gancho semi-circular;

Tipo de armadura secundária (suspensão ou malha)

Se a armadura principal for distribuída uniforme, o usuário terá as seguintes opções de armadura secundária:

Não há;

Em U;

Em U com gancho;

Estribo;

Duplo U;

U invertido;

Se a armadura principal for concentrada sobre as estacas, o usuário terá as seguintes opções de armadura secundária:

Em U;

Em U com gancho;

Estribo;

Duplo U;

Tipo de armadura lateral ou de pele

Não há;

Perimetral

Estribo;

Duplo U;

Majorador da armadura principal

Armadura principal detalhada é estabelecida como porcentagem da armadura principal calculada.

Armadura de suspensão

Dimensiona-se a armadura de suspensão para as dimensões x e y do bloco sobre quatro estacas e adota-se o maior valor das quatro condições mostradas abaixo:

$$A_{sx,sup} \geq \begin{cases} \% A_{s,susp} \cdot A_{sx,princ,total} \\ \rho_{susp,min} \cdot Y_{bl} \\ \frac{\gamma_f \cdot \gamma_n \cdot FEQ}{6 \cdot 4 \cdot f_{yd}} \\ 0,125 \cdot A_{s,princ,max} \end{cases}$$
$$A_{sy,sup} \geq \begin{cases} \% A_{s,susp} \cdot A_{sy,princ,total} \\ \rho_{susp,min} \cdot X_{bl} \\ \frac{\gamma_f \cdot \gamma_n \cdot FEQ}{6 \cdot 4 \cdot f_{yd}} \\ 0,125 \cdot A_{s,princ,total} \end{cases}$$

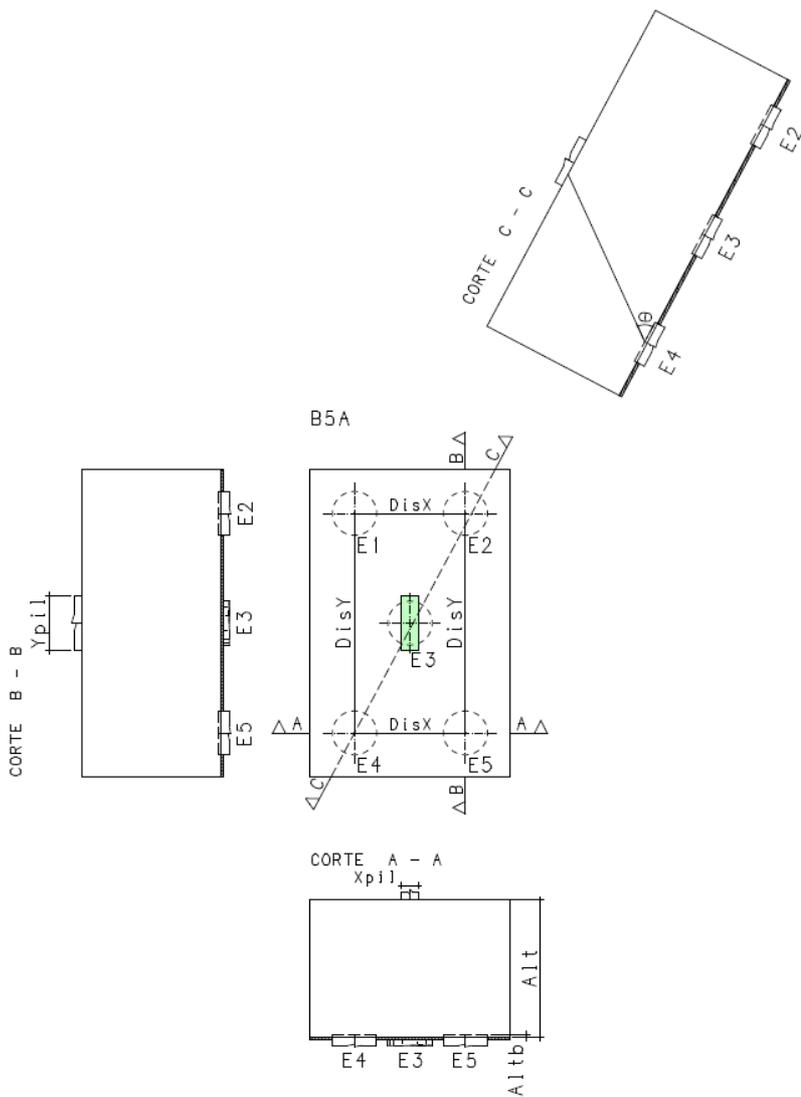
Armadura de lateral

Dimensiona-se a armadura lateral do bloco sobre quatro estacas e adota-se o maior valor das três condições mostradas abaixo:

$$A_{s,lateral} \geq \begin{cases} \% A_{s,lateral} \cdot A_{s,princ,max} \\ \frac{A_{sx,princ,total} + A_{sy,princ,total}}{8} \\ \rho_{min,lateral} \cdot (Alt - Altb) \end{cases}$$

Bloco sobre cinco estacas (Retangular)

Dados geométricos



Legenda:

X_{pil} : Largura do pilar (cm)

Y_{pil} : Altura do pilar (cm)

Alt: Altura total do bloco (cm)

AltB: Altura da entrada da estaca dentro do bloco (cm)

DisX: Distância entre os eixos das estacas na direção X (cm)

DisY: Distância entre os eixos das estacas na direção Y (cm)

ϕ : Diâmetro das estacas (cm)

θ : Ângulo de inclinação das bielas

Limite da altura útil e ângulo de inclinação das bielas

$$d_{\min} = z_{\min} = \sqrt{\left(\frac{\text{DisX}}{2} - \frac{X_{pil}}{4}\right)^2 + \left(\frac{\text{DisY}}{2} - \frac{Y_{pil}}{4}\right)^2}$$

$$d_{\max} = z_{\max} = \tan 55^\circ \cdot \sqrt{\left(\frac{\text{DisX}}{2} - \frac{X_{pil}}{4}\right)^2 + \left(\frac{\text{DisY}}{2} - \frac{Y_{pil}}{4}\right)^2}$$

Método de Blevot:

$$\theta = \arctan \left(\frac{d}{\sqrt{\left(\frac{\text{DisX}}{2} - \frac{X_{\text{pil}}}{4}\right)^2 + \left(\frac{\text{DisY}}{2} - \frac{Y_{\text{pil}}}{4}\right)^2}} \right)$$

Método A/B:

$$\theta = \arctan \left(\frac{z}{\sqrt{\left(\frac{\text{DisX}}{2} - \frac{X_{\text{pil,amp}}}{4}\right)^2 + \left(\frac{\text{DisY}}{2} - \frac{Y_{\text{pil,amp}}}{4}\right)^2}} \right)$$

MBT – Comentários do Ibracon:

$$\theta = \arctan \left(\frac{z}{\sqrt{\left(\frac{\text{DisX}}{2} - \frac{X_{\text{pil}}}{4}\right)^2 + \left(\frac{\text{DisY}}{2} - \frac{Y_{\text{pil}}}{4}\right)^2}} \right)$$

Verificação da tensão biela pilar método adicional Blevot:

$$\text{TensPil} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{N_k + \frac{3 M_{x,k}}{Y_{\text{pil}}} + \frac{3 M_{y,k}}{X_{\text{pil}}}}{A_p \cdot (\text{sen}\theta)^2} \right)$$

Legenda:

A_p : área do pilar;

γ_f : Coeficiente de majoração dos esforços;

γ_n : Coeficiente adicional de segurança;

N_k : Esforço normal característico;

[+] Compressão

[-] Tração

M_x : Momento fletor característico, seguindo a orientação vetorial;

M_y : Momento fletor característico, seguindo a orientação vetorial;

Determinação da armadura principal

Método de Blevot:

$$A_{s_x, \text{princ}} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{20 \cdot d \cdot f_{yd}} \right) \cdot (2\text{DisX} - X_{\text{pil}})$$

$$A_{s_y, \text{princ}} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{20 \cdot d \cdot f_{yd}} \right) \cdot (2\text{DisY} - Y_{\text{pil}})$$

Método A/B:

$$A_{s_x, \text{princ}} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{20 \cdot z_{\text{arm}} \cdot f_{yd}} \right) \cdot (2\text{DisX} - X_{\text{pil}})$$

$$A_{s_y, \text{princ}} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{20 \cdot z_{\text{arm}} \cdot f_{yd}} \right) \cdot (2\text{DisY} - Y_{\text{pil}})$$

MBT- Comentários do Ibracon:

$$A_{sx,princ} = Y_f \cdot Y_n \cdot \left(\frac{FEq}{20 \cdot z \cdot f_{yd}} \right) \cdot (2DisX - X_{pil})$$

$$A_{sy,princ} = Y_f \cdot Y_n \cdot \left(\frac{FEq}{20 \cdot z \cdot f_{yd}} \right) \cdot (2DisY - Y_{pil})$$

Critérios de detalhamento do bloco de cinco estacas retangular

Armadura principal

No arquivo de critérios, o usuário determina se a armadura principal é distribuída uniforme ou concentrada sobre as estacas;

Tipo de armadura principal

Distribuída uniforme, dobra de 90°;

Distribuída uniforme, gancho de 90°;

Distribuída uniforme, gancho semi-circular;

Distribuída uniforme, em U;

Concentrada sobre estacas, dobra de 90°;

Concentrada sobre estacas, gancho de 90°;

Concentrada sobre estacas, gancho semi-circular;

Tipo de armadura secundária (suspensão ou malha)

Se a armadura principal for distribuída uniforme, o usuário terá as seguintes opções de armadura secundária:

Não há;

Em U;

Em U com gancho;

Estribo;

Duplo U;

U invertido;

Se a armadura principal for concentrada sobre as estacas, o usuário terá as seguintes opções de armadura secundária:

Em U;

Em U com gancho;

Estribo;

Duplo U;

Tipo de armadura lateral ou de pele

Não há;

Estribo;

Duplo U;

Majorador da armadura principal

Armadura principal detalhada é estabelecida como porcentagem da armadura principal calculada.

Armadura de suspensão

Dimensiona-se a armadura de suspensão para as dimensões x e y do bloco sobre cinco estacas e adota-se o maior valor das quatro condições mostradas abaixo:

$$A_{sx,sup} \geq \begin{cases} \% A_{s,susp} \cdot A_{sx,princ,total} \\ \rho_{susp,min} \cdot Y_{bl} \\ \frac{Y_f \cdot Y_n \cdot FEq}{7,5 \cdot 4 \cdot f_{yd}} \\ 0,125 \cdot A_{s,princ,max} \end{cases}$$
$$A_{sy,sup} \geq \begin{cases} \% A_{s,susp} \cdot A_{sy,princ,total} \\ \rho_{susp,min} \cdot X_{bl} \\ \frac{Y_f \cdot Y_n \cdot FEq}{7,5 \cdot 4 \cdot f_{yd}} \\ 0,125 \cdot A_{s,princ,max} \end{cases}$$

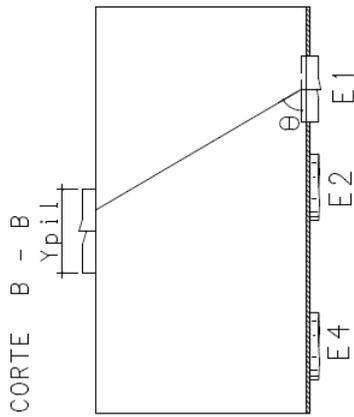
Armadura de lateral

Dimensiona-se a armadura lateral do bloco sobre cinco estacas e adota-se o maior valor das três condições mostradas abaixo:

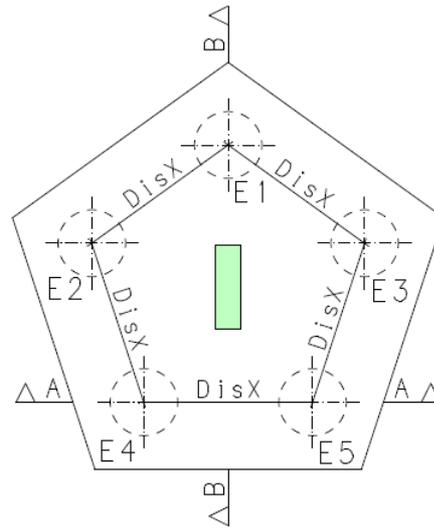
$$A_{s,lateral} \geq \begin{cases} \% A_{s,lateral} \cdot A_{sx,princ,total} \\ \% A_{s,lateral} \cdot A_{sy,princ,total} \\ \frac{A_{sx,princ,total} + A_{sy,princ,total}}{8} \\ Alt \cdot \rho_{min,lateral} \end{cases}$$

Bloco sobre cinco estacas (Pentagonal)

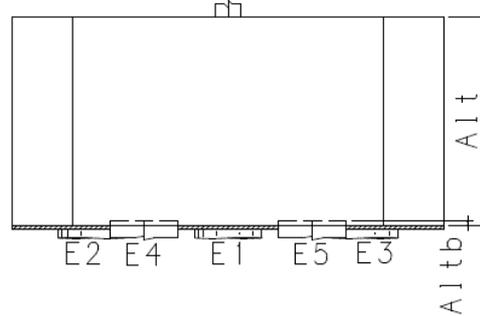
Dados geométricos



B5B



CORTE A - A



Legenda:

X_{pil} : Largura do pilar (cm)

Y_{pil} : Altura do pilar (cm)

Alt: Altura total do bloco (cm)

AltB: Altura da entrada da estaca dentro do bloco (cm)

DisX: Distância entre as estacas (cm)

ϕ : Diâmetro das estacas (cm)

θ : Ângulo de inclinação das bielas

Limite da altura útil e ângulo de inclinação das bielas

$$a \leq \begin{cases} \sqrt{X_{pil} \cdot Y_{pil}} \\ 1,5 \cdot X_{pil} \\ 1,5 \cdot Y_{pil} \end{cases}$$

$$d_{\min} = z_{\min} = 0,85 \cdot \left(\text{DisX} - \frac{a}{3,4} \right)$$

$$d_{\max} = z_{\max} = \tan 55^\circ \cdot \left(\text{DisX} - \frac{a}{3,4} \right)$$

Método de Blevot

$$a \leq \begin{cases} \sqrt{X_{pil} \cdot Y_{pil}} \\ 1,5 \cdot X_{pil} \\ 1,5 \cdot Y_{pil} \end{cases}$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{d}{0,85 \cdot DisX - 0,25 \cdot a}\right)$$

Método A/B:

$$a_{amp} \leq \begin{cases} \sqrt{X_{pil,amp} \cdot Y_{pil,amp}} \\ 1,5 \cdot X_{pil,amp} \\ 1,5 \cdot Y_{pil,amp} \end{cases}$$

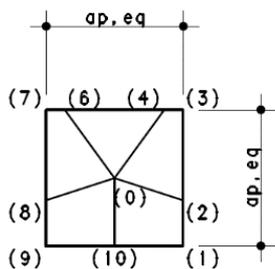
$$\theta = \arctan\left(\frac{z}{0,85 \cdot DisX - 0,25 \cdot a_{amp}}\right)$$

MBT – Comentários do Ibracon

$$a \leq \begin{cases} \sqrt{X_{pil} \cdot Y_{pil}} \\ 1,5 \cdot X_{pil} \\ 1,5 \cdot Y_{pil} \end{cases}$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{z}{0,85 \cdot DisX - 0,25 \cdot a}\right)$$

Verificação da tensão biela pilar método adicional Blevot:



Para calcular a tensão biela-pilar, o programa calcula a tensão nos seguintes pontos:

Pontos	X	y	
0	0	0	$\sigma_0 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_0}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_0}{I_y}$
1	$a_{p,eq}/2$	$-a_{p,eq}/2$	$\sigma_1 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_1}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_1}{I_y}$
2	$a_{p,eq}/2$	$-\frac{a_{p,eq}}{2} \cdot \tan 18^\circ$	$\sigma_2 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_2}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_2}{I_y}$
3	$a_{p,eq}/2$	$a_{p,eq}/2$	$\sigma_3 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_3}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_3}{I_y}$
4	$a_{p,eq}/2 \cdot \tan 36^\circ$	$a_{p,eq}/2$	$\sigma_4 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_4}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_4}{I_y}$

5	0	$a_{p,eq}/2$	$\sigma_5 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_5}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_5}{I_y}$
6	$-a_{p,eq}/2 \cdot \tan 36^\circ$	$a_{p,eq}/2$	$\sigma_6 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_6}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_6}{I_y}$
7	$-a_{p,eq}/2$	$a_{p,eq}/2$	$\sigma_7 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_7}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_7}{I_y}$
8	$-a_{p,eq}/2$	$-a_{p,eq}/2 \cdot \tan 18^\circ$	$\sigma_8 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_8}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_8}{I_y}$
9	$-a_{p,eq}/2$	$-a_{p,eq}/2$	$\sigma_9 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_9}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_9}{I_y}$
10	0	$-a_{p,eq}/2$	$\sigma_{10} = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_{10}}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_{10}}{I_y}$

Onde $a_{p,eq} = \sqrt{X_{pil} \cdot Y_{pil}}$ é o valor do lado do pilar quadrado equivalente.

Em seguida, o programa calcula cinco tensões que são as tensões médias dos pontos {0,1,2,10}, {0,2,3,4}, {0,4,5,6}, {0,6,7,8} e {0,8,9,10}. O programa adota o maior valor entre as cinco tensões calculadas e calcula a tensão de cálculo da biela pilar.

$$\text{TensPil} = \frac{\gamma_f \cdot \gamma_s \cdot \bar{\sigma}}{\text{sen}^2 \theta}$$

Onde:

$$\bar{\sigma} \geq \begin{cases} \frac{\sigma_0 + \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_{10}}{4} \\ \frac{\sigma_0 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4}{4} \\ \frac{\sigma_0 + \sigma_4 + \sigma_5 + \sigma_6}{4} \\ \frac{\sigma_0 + \sigma_6 + \sigma_7 + \sigma_8}{4} \\ \frac{\sigma_0 + \sigma_8 + \sigma_9 + \sigma_{10}}{4} \end{cases}$$

Legenda:

γ_f : Coeficiente de majoração dos esforços;

γ_n : Coeficiente adicional de segurança;

Determinação da armadura principal

Método de Blevot:

$$a \leq \begin{cases} \sqrt{X_{pil} \cdot Y_{pil}} \\ 1,5 \cdot X_{pil} \\ 1,5 \cdot Y_{pil} \end{cases}$$

$$A_{s,slado} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{0,725 \cdot FEq}{5 \cdot d \cdot f_{yd}} \right) \cdot \left(\text{DisX} - \frac{a}{3,4} \right)$$

Método A/B:

$$a \leq \begin{cases} \sqrt{X_{pil} \cdot Y_{pil}} \\ 1,5 \cdot X_{pil} \\ 1,5 \cdot Y_{pil} \end{cases}$$

$$A_{s,lado} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{0,725 \cdot FEq}{5 \cdot z_{arm} \cdot f_{yd}} \right) \cdot \left(DisX - \frac{a}{3,4} \right)$$

MBT-Comentários do Ibracon:

$$a \leq \begin{cases} \sqrt{X_{pil} \cdot Y_{pil}} \\ 1,5 \cdot X_{pil} \\ 1,5 \cdot Y_{pil} \end{cases}$$

$$A_{s,lado} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{0,725 \cdot FEq}{5 \cdot z \cdot f_{yd}} \right) \cdot \left(DisX - \frac{a}{3,4} \right)$$

Critérios de detalhamento do bloco de cinco estacas pentagonal

Tipo de armadura principal

Concentrada sobre estacas, dobra de 90°;

Concentrada sobre estacas, gancho de 90°;

Concentrada sobre estacas, gancho semi-circular;

Tipo de armadura secundária (suspensão ou malha)

Em U;

Em U com gancho;

Estribo;

Duplo U;

Tipo da armadura lateral ou de pele

No arquivo de critérios de projeto, o usuário determina se vai existir uma armadura perimetral e esta será dimensionada como porcentagem da armadura principal.

Majorador da armadura principal

Armadura principal detalhada é estabelecida como porcentagem da armadura principal calculada.

Armadura de suspensão

Dimensiona-se a armadura de suspensão para as dimensões x e y do bloco sobre quatro estacas e adota-se o maior valor das quatro condições mostradas abaixo:

$$A_{sx,sup} \geq \begin{cases} \% A_{s,susp} \cdot A_{s,lado} \\ \rho_{susp,min} \cdot Y_{bl} \\ \frac{\gamma_f \cdot \gamma_n \cdot FEq}{7,5 \cdot 5 \cdot f_{yd}} \\ 0,25 \cdot A_{s,lado} \end{cases}$$

$$A_{sy,sup} \geq \begin{cases} \% A_{s,susp} \cdot A_{s,lado} \\ \rho_{susp,min} \cdot X_{bl} \\ \frac{\gamma_f \cdot \gamma_n \cdot FEq}{7,5 \cdot 5 \cdot f_{yd}} \\ 0,25 \cdot A_{s,lado} \end{cases}$$

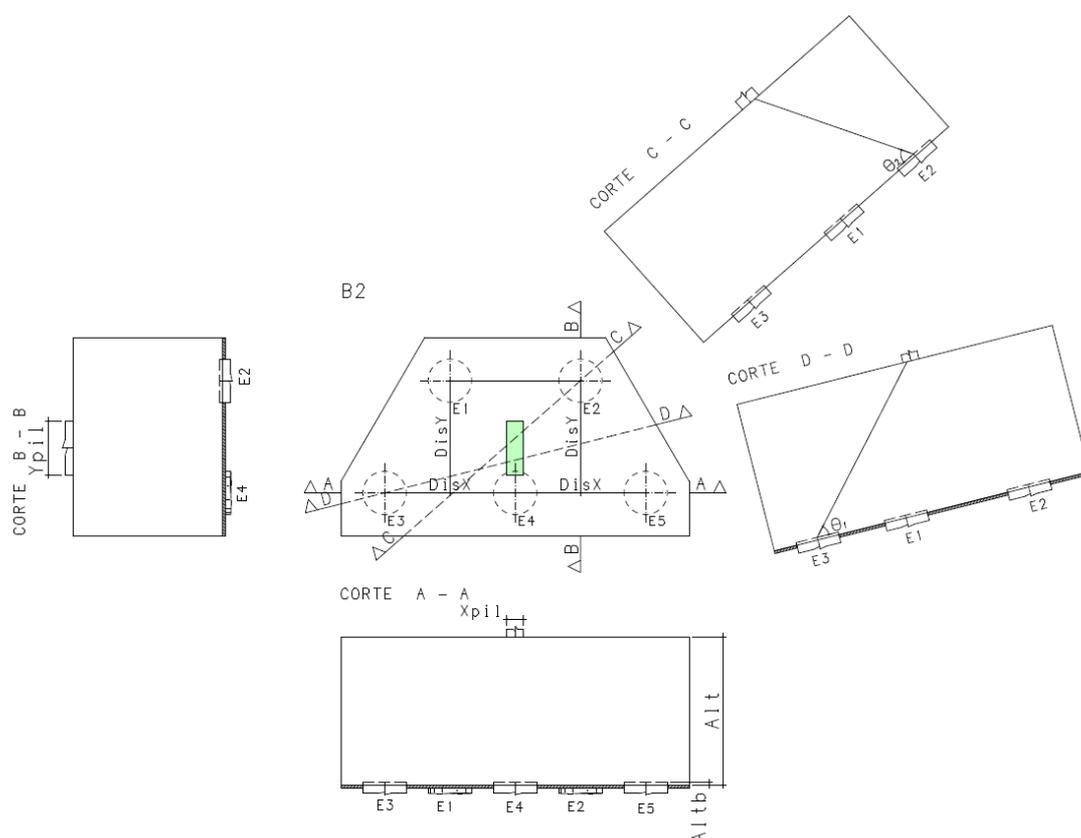
Armadura de lateral

Dimensiona-se a armadura lateral do bloco sobre cinco estacas e adota-se o maior valor das três condições mostradas abaixo:

$$A_{s,lateral} \geq \begin{cases} \% A_{s,lateral} \cdot A_{s,lado} \\ \frac{5 \cdot A_{s,lado}}{8} \\ Alt \cdot \rho_{min,lateral} \end{cases}$$

Bloco sobre cinco estacas (Disposição 2-3)

Dados geométricos



Legenda:

X_{pil} : Largura do pilar (cm)

Y_{pil} : Altura do pilar (cm)

Alt: Altura total do bloco (cm)

AltB: Altura da entrada da estaca dentro do bloco (cm)

DisX: Distância horizontal entre os eixos das estacas na direção X (cm)

DisY: Distância vertical entre os eixos das estacas na direção Y (cm)

ϕ : Diâmetro das estacas (cm)

θ : Ângulo de inclinação das bielas

Limite da altura útil e ângulo de inclinação das bielas

$$d_{min} = z_{min} = \sqrt{\left(Disx - \frac{X_{pil}}{3}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot Disy}{5} - \frac{Y_{pil}}{4}\right)^2}$$

$$d_{\max} = z_{\max} = \tan 55^\circ \cdot \sqrt{\left(\text{Disx} - \frac{X_{\text{pil}}}{3}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot \text{Disy}}{5} - \frac{Y_{\text{pil}}}{4}\right)^2}$$

Método de Blevot

$$\theta_1 = \text{atan} \left(\frac{d}{\sqrt{\left(\text{Disx} - \frac{X_{\text{pil}}}{3}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot \text{Disy}}{5} - \frac{Y_{\text{pil}}}{4}\right)^2}} \right)$$

$$\theta_2 = \text{atan} \left(\frac{d}{\sqrt{\left(\frac{\text{Disx}}{2} - \frac{X_{\text{pil}}}{4}\right)^2 + \left(\frac{3 \cdot \text{Disy}}{5} - \frac{Y_{\text{pil}}}{4}\right)^2}} \right)$$

Método A/B:

$$\theta_1 = \text{atan} \left(\frac{z}{\sqrt{\left(\text{Disx} - \frac{X_{\text{pil,amp}}}{3}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot \text{Disy}}{5} - \frac{Y_{\text{pil,amp}}}{4}\right)^2}} \right)$$

$$\theta_2 = \text{atan} \left(\frac{z}{\sqrt{\left(\frac{\text{Disx}}{2} - \frac{X_{\text{pil,amp}}}{4}\right)^2 + \left(\frac{3 \cdot \text{Disy}}{5} - \frac{Y_{\text{pil,amp}}}{4}\right)^2}} \right)$$

MBT- Comentários do Ibracon:

$$\theta_1 = \text{atan} \left(\frac{z}{\sqrt{\left(\text{Disx} - \frac{X_{\text{pil}}}{3}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot \text{Disy}}{5} - \frac{Y_{\text{pil}}}{4}\right)^2}} \right)$$

$$\theta_2 = \text{atan} \left(\frac{z}{\sqrt{\left(\frac{\text{Disx}}{2} - \frac{X_{\text{pil}}}{4}\right)^2 + \left(\frac{3 \cdot \text{Disy}}{5} - \frac{Y_{\text{pil}}}{4}\right)^2}} \right)$$

Verificação da tensão biela pilar método adicional Blevot:

$$\text{TensPil} \geq \begin{cases} \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{N_k + \frac{3 M_{x,k}}{Y_{\text{pil}}} + \frac{4 M_{y,k}}{X_{\text{pil}}}}{A_p \cdot (\text{sen} \theta_1)^2} \right) \\ \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{N_k - \frac{3 M_{x,k}}{Y_{\text{pil}}} + \frac{3 M_{y,k}}{X_{\text{pil}}}}{A_p \cdot (\text{sen} \theta_2)^2} \right) \end{cases}$$

Legenda:

Ap: área do pilar;

γ_f : Coeficiente de majoração dos esforços;

γ_n : Coeficiente adicional de segurança;

N_k : Esforço normal característico;

[+] Compressão

[-] Tração

M_x : Momento fletor característico, seguindo a orientação vetorial;

M_y : Momento fletor característico, seguindo a orientação vetorial;

Determinação da armadura principal

$$A_{s,princ,x} \geq \begin{cases} \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{5 \cdot \tan\theta_1 \cdot f_{yd}} \right) \cdot \frac{\text{sen}(\alpha_2 - \alpha_1)}{\text{sen}(180^\circ - \alpha_2)} \\ \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{5 \cdot \tan\theta_2 \cdot f_{yd}} \right) \cdot \frac{\text{sen}(90^\circ + \alpha_3 - \alpha_4)}{\text{sen}(90^\circ - \alpha_3)} \end{cases}$$
$$A_{s,princ,y} \geq \begin{cases} \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{5 \cdot \tan\theta_1 \cdot f_{yd}} \right) \cdot \frac{\text{sen} \alpha_1}{\text{sen}(180^\circ - \alpha_2)} \\ \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{5 \cdot \tan\theta_2 \cdot f_{yd}} \right) \cdot \frac{\text{sen} \alpha_4}{\text{sen}(90^\circ - \alpha_3)} \end{cases}$$

Onde:

$$\tan \alpha_1 = \frac{\left(\frac{2 \text{DisY}}{5} - \frac{Y_{pil}}{4} \right)}{\left(\text{DisX} - \frac{X_{pil}}{6} \right)}$$

$$\tan \alpha_2 = \frac{2 \text{DisY}}{\text{DisX}}$$

$$\tan \alpha_3 = \frac{\text{DisX}}{2 \text{DisY}}$$

$$\tan \alpha_4 = \frac{\left(\frac{3 \cdot \text{DisY}}{5} - \frac{Y_{pil}}{4} \right)}{\left(\frac{\text{DisX}}{2} - \frac{X_{pil}}{4} \right)}$$

Critérios de detalhamento do bloco de cinco estacas disposição 2 e 3

Tipo de armadura principal

Concentrada sobre estacas, dobra de 90°;

Concentrada sobre estacas, gancho de 90°;

Concentrada sobre estacas, gancho semi-circular;

Tipo de armadura secundária

Em U;

Em U com gancho;

Estribo;

Duplo U;

Tipo da armadura lateral ou de pele

No arquivo de critérios de projeto, o usuário determina se vai existir uma armadura perimetral e esta será dimensionada como porcentagem da armadura principal.

Majorador da armadura principal

Armadura principal detalhada é estabelecida como porcentagem da armadura principal calculada.

Armadura de suspensão

Dimensiona-se a armadura de suspensão para as dimensões x e y do bloco sobre cinco estacas com disposição 2 e 3 e adota-se o maior valor das duas condições mostradas abaixo:

$$A_{sx,sup} \geq \begin{cases} \% A_{s,susp} \cdot A_{s,princ,xtotal} \\ \rho_{susp,min} \cdot Ybl \end{cases}$$

$$A_{sy,sup} \geq \begin{cases} \% A_{s,susp} \cdot A_{s,princ,ytotal} \\ \rho_{susp,min} \cdot Ybl \end{cases}$$

Armadura de lateral

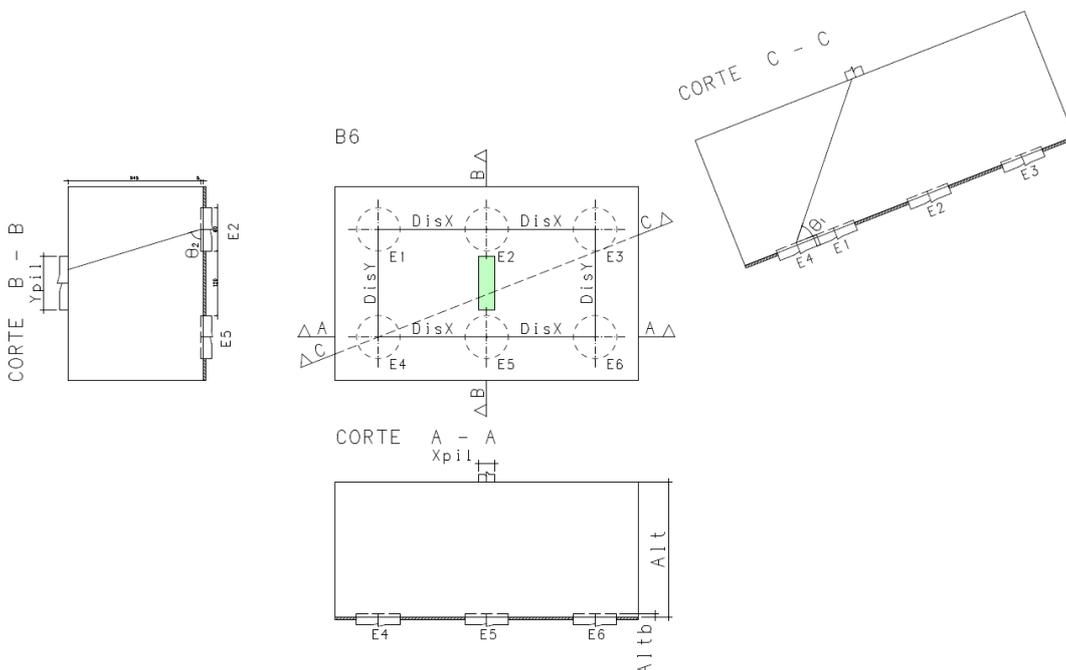
Dimensiona-se a armadura lateral do bloco sobre quatro estacas e adota-se o maior valor das três condições mostradas abaixo:

$$A_{s,adotado} \geq \begin{cases} A_{s,princ,x} \\ A_{s,princ,y} \end{cases}$$

$$A_{s,lateral} \geq \begin{cases} \% A_{s,lateral} \cdot A_{s,adotado} \\ Alt \cdot \rho_{min,lateral} \end{cases}$$

Bloco sobre seis estacas (Retangular)

Dados geométricos



Legenda:

Xpil: Largura do pilar (cm)

Ypil: Altura do pilar (cm)

Alt: Altura total do bloco (cm)

AltB: Altura da entrada da estaca dentro do bloco (cm)

DisX: Distância horizontal entre os eixos das estacas na direção X (cm)

DisY: Distância vertical entre os eixos das estacas na direção Y (cm)

ϕ : Diâmetro das estacas (cm)

θ : Ângulo de inclinação das bielas

Limite da altura útil e ângulo de inclinação das bielas

$$d_{\min} = z_{\min} = \tan 45^\circ \sqrt{\left(\text{DisX} - \frac{X_{\text{pil}}}{3}\right)^2 + \left(\frac{\text{DisY}}{2} - \frac{Y_{\text{pil}}}{4}\right)^2}$$

$$d_{\max} = z_{\max} = \tan 55^\circ \sqrt{\left(\text{DisX} - \frac{X_{\text{pil}}}{3}\right)^2 + \left(\frac{\text{DisY}}{2} - \frac{Y_{\text{pil}}}{4}\right)^2}$$

Método de Blevot:

$$\theta_1 = \text{atan} \left(\frac{d}{\sqrt{\left(\text{DisX} - \frac{X_{\text{pil}}}{3}\right)^2 + \left(\frac{\text{DisY}}{2} - \frac{Y_{\text{pil}}}{4}\right)^2}} \right)$$

$$\theta_2 = \text{atan} \left(\frac{d}{\left(\frac{\text{DisY}}{2} - \frac{Y_{\text{pil}}}{4}\right)} \right)$$

Método A/B:

$$\theta_1 = \text{atan} \left(\frac{z}{\sqrt{\left(\text{DisX} - \frac{X_{\text{pil,amp}}}{3}\right)^2 + \left(\frac{\text{DisY}}{2} - \frac{Y_{\text{pil,amp}}}{4}\right)^2}} \right)$$

$$\theta_2 = \text{atan} \left(\frac{z}{\left(\frac{\text{DisY}}{2} - \frac{Y_{\text{pil,amp}}}{4}\right)} \right)$$

MBT – Comentários do Ibracon

$$\theta_1 = \text{atan} \left(\frac{z}{\sqrt{\left(\text{DisX} - \frac{X_{\text{pil}}}{3}\right)^2 + \left(\frac{\text{DisY}}{2} - \frac{Y_{\text{pil}}}{4}\right)^2}} \right)$$

$$\theta_2 = \text{atan} \left(\frac{z}{\left(\frac{\text{DisY}}{2} - \frac{Y_{\text{pil}}}{4}\right)} \right)$$

Verificação da tensão biela pilar método adicional Blevot:

$$\text{TensPil} \geq \begin{cases} \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{N_k + \frac{3 M_{x,k}}{Y_{pil}} + \frac{4 M_{y,k}}{X_{pil}}}{A_p \cdot (\text{sen} \theta_1)^2} \right) \\ \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{N_k + \frac{3 M_{x,k}}{Y_{pil}}}{A_p \cdot (\text{sen} \theta_2)^2} \right) \end{cases}$$

Legenda:

A_p : área do pilar;

γ_f : Coeficiente de majoração dos esforços;

γ_n : Coeficiente adicional de segurança;

F_{Eq} : Força na estaca mais solicitada multiplicada pelo número de estacas;

N_k : Esforço normal característico;

[+] Compressão

[-] Tração

Determinação da armadura principal

$$\alpha = \arctan \left(\frac{\frac{\text{DisY}}{2} - \frac{Y_{pil}}{4}}{\frac{\text{DisX}}{3} - \frac{X_{pil}}{3}} \right)$$

$$A_{s,princ,x} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{F_{Eq}}{6 \cdot f_{yd} \cdot \tan \theta_1} \right) \cdot \cos \alpha$$

$$A_{s,princ,y} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{F_{Eq}}{6 \cdot f_{yd} \cdot \tan \theta_2} \right)$$

Critérios de detalhamento do bloco de seis estacas disposição retangular

Armadura principal

No arquivo de critérios, o usuário determina se a armadura principal é distribuída uniforme ou concentrada sobre as estacas;

Tipo de armadura principal

Distribuída uniforme, dobra de 90°;

Distribuída uniforme, gancho de 90°;

Distribuída uniforme, gancho semi-circular;

Distribuída uniforme, em U;

Concentrada sobre estacas, dobra de 90°;

Concentrada sobre estacas, gancho de 90°;

Concentrada sobre estacas, gancho semi-circular;

Tipo de armadura secundária

Em U;

Em U com gancho;

Estribo;

Duplo U;

Tipo da armadura lateral ou de pele

No arquivo de critérios de projeto, o usuário determina se vai existir uma armadura perimetral e esta será dimensionada como porcentagem da armadura principal.

Esta armadura pode ser do tipo:

Estribo;

Duplo U;

Majorador da armadura principal

Armadura principal detalhada é estabelecida como porcentagem da armadura principal calculada.

Armadura de suspensão

Dimensiona-se a armadura de suspensão para as dimensões x e y do bloco sobre cinco estacas com disposição 2 e 3 e adota-se o maior valor das duas condições mostradas abaixo:

$$A_{sx,sup} \geq \begin{cases} \% A_{s,susp} \cdot A_{s,princ,x,total} \\ \rho_{susp,min} \cdot Y_{bl} \end{cases}$$

$$A_{sy,sup} \geq \begin{cases} \% A_{s,susp} \cdot A_{s,princ,y,total} \\ \rho_{susp,min} \cdot Y_{bl} \end{cases}$$

Armadura de lateral

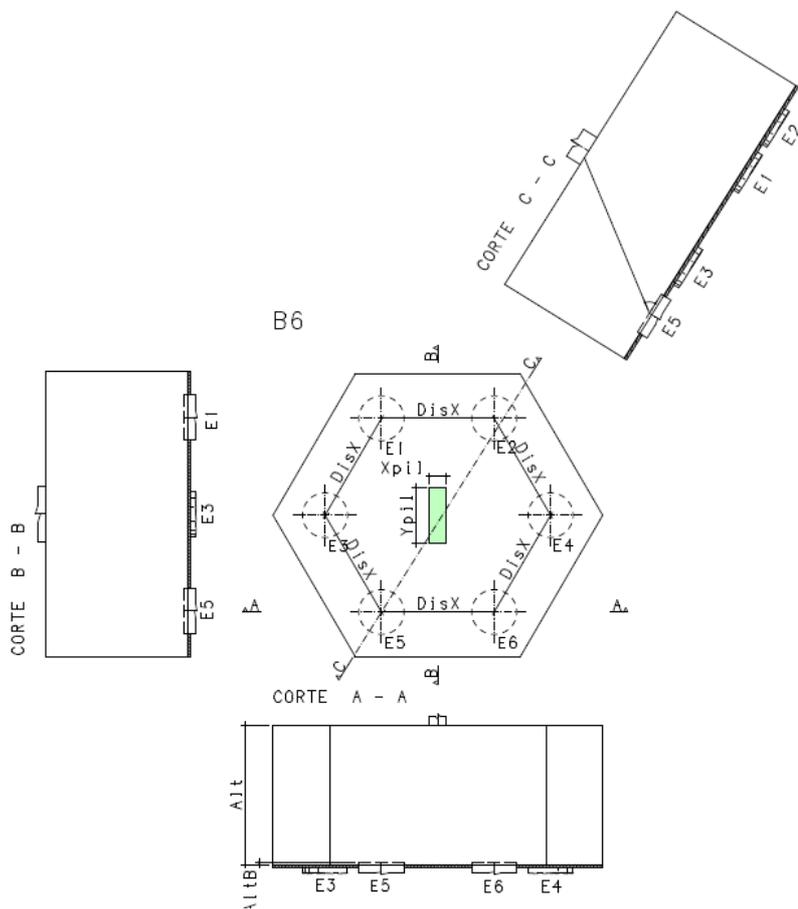
Dimensiona-se a armadura lateral do bloco sobre quatro estacas e adota-se o maior valor das três condições mostradas abaixo:

$$A_{s,adotado} \geq \begin{cases} A_{s,princ,x} \\ A_{s,princ,y} \end{cases}$$

$$A_{s,lateral} \geq \begin{cases} \% A_{s,lateral} \cdot A_{s,adotado} \\ Alt \cdot \rho_{min,lateral} \end{cases}$$

Bloco sobre seis estacas (Hexagonal)

Dados geométricos



Legenda:

X_{pil} : Largura do pilar (cm)

Y_{pil} : Altura do pilar (cm)

Alt: Altura total do bloco (cm)

AltB: Altura da entrada da estaca dentro do bloco (cm)

DisX: Distância horizontal entre os eixos das estacas na direção X (cm)

DisY: Distância vertical entre os eixos das estacas na direção Y (cm)

ϕ : Diâmetro das estacas (cm)

θ : Ângulo de inclinação das bielas

Limite da altura útil e ângulo de inclinação das bielas

$$a \leq \begin{cases} \sqrt{X_{pil} \cdot Y_{pil}} \\ 1,5 \cdot X_{pil} \\ 1,5 \cdot Y_{pil} \end{cases}$$

$$d_{\min} = z_{\min} = \tan 45^\circ \cdot \left(\text{DisX} - \frac{a}{4} \right)$$

$$d_{\max} = z_{\max} = \tan 55^\circ \cdot \left(\text{DisX} - \frac{a}{4} \right)$$

Método de Blevot:

$$a \leq \begin{cases} \sqrt{X_{pil} \cdot Y_{pil}} \\ 1,5 \cdot X_{pil} \\ 1,5 \cdot Y_{pil} \end{cases}$$

$$\theta = \text{atan} \left(\frac{d}{\text{DisX} - \frac{a}{4}} \right)$$

Método A/B:

$$a_{\text{amp}} \leq \begin{cases} \sqrt{X_{\text{pil,amp}} \cdot Y_{\text{pil,amp}}} \\ 1,5 \cdot X_{\text{pil,amp}} \\ 1,5 \cdot Y_{\text{pil,amp}} \end{cases}$$

$$\theta = \text{atan} \left(\frac{z}{\text{DisX} - \frac{a_{\text{amp}}}{4}} \right)$$

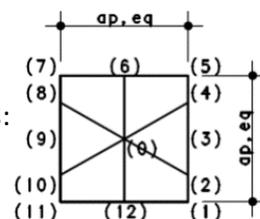
MBT- Comentários do Ibracon

$$a \leq \begin{cases} \sqrt{X_{\text{pil}} \cdot Y_{\text{pil}}} \\ 1,5 \cdot X_{\text{pil}} \\ 1,5 \cdot Y_{\text{pil}} \end{cases}$$

$$\theta = \text{atan} \left(\frac{z}{\text{DisX} - \frac{a}{4}} \right)$$

Verificação da tensão biela pilar método adicional Blevot:

Para calcular a tensão biela-pilar, o programa calcula a tensão nos seguintes pontos:



Pontos	x	y	
0	0	0	$\sigma_0 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_0}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_0}{I_y}$
1	$\frac{a_{p,eq}}{2}$	$-\frac{a_{p,eq}}{2}$	$\sigma_1 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_1}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_1}{I_y}$
2	$\frac{a_{p,eq}}{2}$	$-\frac{a_{p,eq}}{2 \cdot \sqrt{3}}$	$\sigma_2 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_2}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_2}{I_y}$
3	$\frac{a_{p,eq}}{2}$	0	$\sigma_3 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_3}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_3}{I_y}$
4	$\frac{a_{p,eq}}{2}$	$\frac{a_{p,eq}}{2 \cdot \sqrt{3}}$	$\sigma_4 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_4}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_4}{I_y}$
5	$\frac{a_{p,eq}}{2}$	$\frac{a_{p,eq}}{2}$	$\sigma_5 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_5}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_5}{I_y}$
6	0	$\frac{a_{p,eq}}{2}$	$\sigma_6 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_6}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_6}{I_y}$
7	$-\frac{a_{p,eq}}{2}$	$\frac{a_{p,eq}}{2}$	$\sigma_7 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_7}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_7}{I_y}$

8	$-\frac{a_{p,eq}}{2}$	$\frac{a_{p,eq}}{2 \cdot \sqrt{3}}$	$\sigma_8 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_8}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_8}{I_y}$
9	$-\frac{a_{p,eq}}{2}$	0	$\sigma_9 = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_9}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_9}{I_y}$
10	$-\frac{a_{p,eq}}{2}$	$-\frac{a_{p,eq}}{2 \cdot \sqrt{3}}$	$\sigma_{10} = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_{10}}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_{10}}{I_y}$
11	$-\frac{a_{p,eq}}{2}$	$-\frac{a_{p,eq}}{2}$	$\sigma_{11} = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_{11}}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_{11}}{I_y}$
12	0	$-\frac{a_{p,eq}}{2}$	$\sigma_{12} = \frac{N_k}{A} - \frac{M_x \cdot y_{12}}{I_x} + \frac{M_y \cdot x_{12}}{I_y}$

Onde $a_{p,eq} = \sqrt{X_{pil} \cdot Y_{pil}}$ é o valor do lado do pilar quadrado equivalente.

Em seguida, o programa calcula seis tensões que são as tensões médias dos pontos {0,1,2,12}, {0,2,3,4}, {0,4,5,6}, {0,6,7,8}, {0,8,9,10} e {0,10,11,12}. O programa adota o maior valor entre as seis tensões calculadas e calcula a tensão de cálculo da biela pilar.

$$TensPil = \frac{\gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \bar{\sigma}}{\text{sen}^2 \theta}$$

Onde:

$$\bar{\sigma} \geq \begin{cases} \frac{\sigma_0 + \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_{12}}{4} \\ \frac{\sigma_0 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4}{4} \\ \frac{\sigma_0 + \sigma_4 + \sigma_5 + \sigma_6}{4} \\ \frac{\sigma_0 + \sigma_6 + \sigma_7 + \sigma_8}{4} \\ \frac{\sigma_0 + \sigma_8 + \sigma_9 + \sigma_{10}}{4} \\ \frac{\sigma_0 + \sigma_{10} + \sigma_{11} + \sigma_{12}}{4} \end{cases}$$

Legenda:

γ_f : Coeficiente de majoração dos esforços;

γ_n : Coeficiente adicional de segurança;

Determinação da armadura principal

Método de Blevot:

$$a \leq \begin{cases} \sqrt{X_{pil} \cdot Y_{pil}} \\ 1,5 \cdot X_{pil} \\ 1,5 \cdot Y_{pil} \end{cases}$$

$$A_{s,lado} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{6 \cdot d \cdot f_{yd}} \right) \cdot \left(DisX - \frac{a}{4} \right)$$

Método A/B:

$$a \leq \begin{cases} \sqrt{X_{pil} \cdot Y_{pil}} \\ 1,5 \cdot X_{pil} \\ 1,5 \cdot Y_{pil} \end{cases}$$

$$A_{s,lado} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{6 \cdot z_{arm} \cdot f_{yd}} \right) \cdot \left(DisX - \frac{a}{4} \right)$$

MBT- Comentários do Ibracon:

$$a \leq \begin{cases} \sqrt{X_{pil} \cdot Y_{pil}} \\ 1,5 \cdot X_{pil} \\ 1,5 \cdot Y_{pil} \end{cases}$$

$$A_{s,lado} = \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \left(\frac{FEq}{6 \cdot z_{arm} \cdot f_{yd}} \right) \cdot \left(DisX - \frac{a}{4} \right)$$

Critérios de detalhamento do bloco de seis estacas disposição hexagonal

Tipo de armadura principal

Concentrada sobre estacas, dobra de 90°;

Concentrada sobre estacas, gancho de 90°;

Concentrada sobre estacas, gancho semi-circular;

Tipo de armadura secundária(suspensão ou malha)

Em U;

Em U com gancho;

Estribo;

Duplo U;

Tipo da armadura lateral ou de pele

No arquivo de critérios de projeto, o usuário determina se vai existir uma armadura perimetral e esta será dimensionada como porcentagem da armadura principal.

Majorador da armadura principal

Armadura principal detalhada é estabelecida como porcentagem da armadura principal calculada.

Armadura de suspensão

Dimensiona-se a armadura de suspensão para as dimensões x e y do bloco sobre seis estacas hexagonal e adota-se o maior valor das duas condições mostradas abaixo:

$$A_{sx,sup} \geq \begin{cases} \% A_{s,susp} \cdot A_{s,lado} \\ \rho_{susp,min} \cdot Ybl \end{cases}$$

$$A_{sy,sup} \geq \begin{cases} \% A_{s,susp} \cdot A_{s,lado} \\ \rho_{susp,min} \cdot Ybl \end{cases}$$

Armadura de lateral

Dimensiona-se a armadura lateral do bloco sobre seis estacas hexagonal e adota-se o maior valor das três condições mostradas abaixo:

$$A_{s,lateral} \geq \begin{cases} \% A_{s,lateral} \cdot A_{s,adotado} \\ \text{Alt} \cdot \rho_{\text{min,lateral}} \end{cases}$$

Blocos retangulares sobre 7 a 24 estacas

Limite da altura útil e ângulo de inclinação das bielas (Blevot, Método A/B e MBT- comentários do Ibracon).

$$dis_{med} = \frac{\sum \sqrt{x_i^2 + y_i^2}}{n_e}$$

$$d_{\text{min.md}} = z_{\text{min.md}} = \tan 45^\circ \cdot \left(dis_{med} \cdot \frac{\text{Máx}(X_{pil}, Y_{pil})}{4} \right)$$

$$d_{\text{máx.md}} = z_{\text{máx.md}} = \tan 55^\circ \cdot \left(dis_{med} \cdot \frac{\text{Min}(X_{pil}, Y_{pil})}{4} \right)$$

Onde:

x_i : Coordenada da estaca i na direção X;

y_i : Coordenada da estaca i na direção Y;

n_e : Número de estacas

X_{pil} : Largura do pilar (cm)

Y_{pil} : Altura do pilar (cm)

Método de Blèvot (método simplificado):

$$\theta_{X,med} = \text{atan} \left(\frac{d}{dis_{med} \cdot \frac{X_{pil}}{4}} \right)$$

$$\theta_{Y,med} = \text{atan} \left(\frac{d}{dis_{med} \cdot \frac{Y_{pil}}{4}} \right)$$

Método A/B:

$$\theta_{X,med} = \text{atan} \left(\frac{z}{dis_{med} \cdot \frac{X_{pil,amp}}{4}} \right)$$

$$\theta_{Y,med} = \text{atan} \left(\frac{z}{dis_{med} \cdot \frac{Y_{pil,amp}}{4}} \right)$$

MBT- Comentários do Ibracon

$$\theta_{X,med} = \text{atan} \left(\frac{z}{dis_{med} \cdot \frac{X_{pil}}{4}} \right)$$

$$\theta_{Y,med} = \text{atan} \left(\frac{z}{dis_{med} \cdot \frac{Y_{pil}}{4}} \right)$$

Determinação da armadura principal (Blevot, Método A/B e MBT- comentários do Ibracon).

Calcula-se, para a direção X e para a direção Y, o momento fletor com relação à seção de referência que esta situada internamente ao pilar à distância de 0,25 da face do pilar, utilizando a fórmula abaixo:

$$M_{x,k} = \sum_{i=1}^{n_{e,SR}} F_{mx} \cdot (y_i - 0,25 \cdot Y_{pil})$$

$$M_{y,k} = \sum_{i=1}^{n_{e,SR}} F_{mx} \cdot (x_i - 0,25 \cdot X_{pil})$$

Onde:

F_{mx} : Força normal característica máxima observada na(s) estaca(s);

x_i : Coordenada da estaca i na direção X;

y_i : Coordenada da estaca i na direção Y;

X_{pil} : Largura do pilar (cm)

Y_{pil} : Altura do pilar (cm)

$n_{e,SR}$: número de estacas dentro da seção de referência.

A armadura de tração, para cada direção, é dada pelo dimensionamento a flexão simples, considerando a altura útil: d para Blevot;

z_{arm} para método A/B;

z para MBT- comentários do Ibracon).

Método CEB/FIP

Limite da altura útil

Para a utilização desse método a altura do bloco deve satisfazer a seguinte inequação:

$$\frac{2}{3} \cdot l_c \leq Alt \leq 2 \cdot l_c$$

onde l_c consiste na distância entre a face do pilar e a estaca mais afastada nas direções X e Y.

Caso a altura do bloco não satisfaça a inequação acima, o bloco é dimensionado até o fim do processo, porém o sistema emite a tarja “Impossível dimensionar – Método CEB/FIP”.

Determinação da armadura principal

O dimensionamento da armadura principal, nas direções X e Y, é realizado com base no momento fletor atuante na seção S1 posicionada internamente ao pilar e distante de 0,15. l_p da face do pilar, onde l_p é a largura do pilar na direção considerada.

A altura útil na seção S1 é igual à altura útil do bloco limitada a 1,5 l_c , em que l_c é a distância entre a face do pilar e a estaca mais afastada, ou seja,

$$d_1 = d \leq 1,5 \cdot l_c$$

Os momentos fletor solicitantes de cálculo para a obtenção das armaduras de tração $A_{s,y}$ e $A_{s,x}$, respectivamente:

$$M_{xd} = Y_f \cdot Y_n \cdot \sum_{i=1}^{n_{e,SR}} F E_i \cdot (y_i - 0,35 \cdot l_{p,y})$$

$$M_{yd} = Y_f \cdot Y_n \cdot \sum_{i=1}^{n_{est}} FE_i \cdot (x_i - 0,35 \cdot l_{p,x})$$

Onde:

n = coeficiente adicional de majoração da carga atuante

f = coeficiente de majoração da carga atuante

R_i = reação da estaca dentro da seção de referência S1

x_i, y_i = coordenadas da estaca i situada dentro da seção S1 em relação ao CG do bloco

l_{px}, l_{py} = dimensões do pilar em cada direção

$n_{e,S1}$ = número de estacas dentro da seção S1.

Para a verificação da condição de aderência das barras da armadura principal, a força cortante na seção S1 não deve ser superior a $V_{d,lim}$ dado por:

$$V_{d,lim} = 0,9 \cdot d_1 \cdot n \cdot \pi \cdot \phi \cdot f_{bd}$$

Onde:

n é o número de barras;

ϕ é o diâmetro da barra da armadura principal;

f_{bd} é a resistência de aderência de cálculo entre a armadura e o concreto, dado conforme o item 9.3.2.1 da NBR 6118:2003.

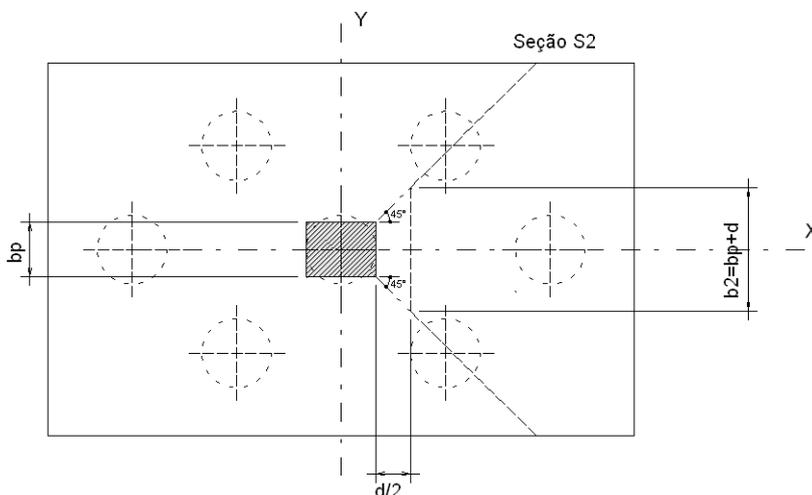
Caso a dimensão do pilar seja superior ao limite das estacas, o sistema adota uma armadura mínima igual a 0,10% da área da seção do bloco na direção considerada.

A verificação do bloco à força cortante é realizada na seção de referência S2, a qual é posicionada externamente ao pilar e distante de $d/2$ da face do pilar. Caso existam estacas posicionadas entre a face do pilar e a distância de $d/2$ da face do pilar, a seção S2 é localizada junto à face do pilar. Define-se a largura da seção S2 por meio da expressão:

$$b_2 = b_p + d$$

onde b_p é a dimensão do pilar na direção perpendicular à direção considerada. O valor de b_2 é limitado à dimensão do bloco.

A seção de referência S2 é definida conforme a figura abaixo.



A altura útil na seção S2 é igual à altura útil do bloco limitada a $1,5c_2$, ou seja,

$$d_2 = d \leq 1,5 \cdot c_2$$

em que c_2 é a distância entre a seção S2 e a estaca mais afastada. O valor de c_2 não é inferior ao diâmetro da estaca.

Caso a seção S2 cruze parte de uma estaca, será considerada parcela de sua reação (R_i), proporcional à fração do diâmetro da estaca que se encontra dentro da seção ($\eta_{e,i}$). Assim, a força cortante de cálculo que solicita o bloco é dada por:

$$V_{d,S2} = \gamma_f \cdot \gamma_n \sum_{i=1}^{n_{e,S2}} \eta_{e,i} \cdot R_i$$

Esta força atuante na seção S2 não deve ser superior à força cortante limite, dada pela seguinte expressão:

$$V_{d,lim} = \frac{2,5}{\gamma_c} \left(1 - \frac{c_2}{5d}\right) \cdot b_2 \cdot d_2 \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad (f_{ck} \text{ em } \text{tf/m}^2)$$

No caso em que a dimensão do pilar é superior ao limite das estacas, as verificações do bloco quanto à aderência e à força cortante não são realizadas.

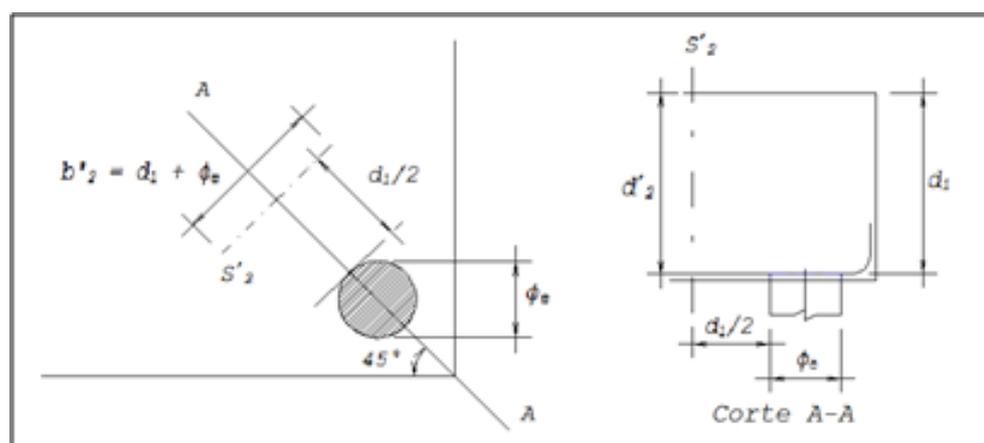
Para os blocos com estacas nos cantos (blocos de 8, 9, 11, 12, 15, 16, 18, 20 ou 24 estacas), é realizada a verificação da resistência local ao esforço cortante. Neste caso, o esforço cortante atuante na seção de referência S'2 (situada à distância $d_1/2$ da face da estaca de canto, conforme figura abaixo) é igual à reação R_d da estaca. Este valor não deve superar a força cortante limite, dada pela expressão:

$$V_{d,local,lim} = \frac{1,2}{\gamma_c} b'_2 d'_2 \sqrt{f_{ck}} \quad \text{fck em } \text{kgf/cm}^2.$$

onde d'_2 é a altura útil efetiva da seção S'2 e b'_2 é a largura da seção dada por:

$$b'_2 = d_1 + \phi_e$$

sendo d_1 a altura útil medida junto à face da estaca.



Caso a altura do bloco não seja informada pelo Engenheiro, o sistema faz automaticamente um pré-dimensionamento do bloco. Este pré-dimensionamento consiste em um procedimento iterativo onde é obtida a menor altura em que a força cortante atuante na seção S2 seja inferior à $V_{d,lim}$.

Critérios de detalhamento do bloco de 7 a 24 estacas

Armadura principal:

Distribuída uniformemente em blocos sobre 7, 8, 10 e 11 estacas, com 120% da armadura calculada.

Concentrada sobre as estacas em blocos sobre 9, 12, 15, 16, 18, 20 e 24 estacas, com 100% da armadura calculada.

Tipo de dobra da armadura principal;

Gancho 90°;

Em U;

Gancho semicircular.

Armadura secundária (lateral ou pele):

Estribo;

Duplo U.

Majorador armadura principal

Armadura principal detalhada é estabelecida como porcentagem da armadura principal calculada.

Armadura de suspensão

Dimensiona-se a armadura de suspensão para as dimensões x e y do bloco e adota-se o maior valor das duas condições mostradas abaixo:

$$A_{sx,sup} \geq \begin{cases} \% A_{s,susp} \cdot A_{s,lado} \\ \rho_{susp,min} \cdot Yb1 \end{cases}$$

$$A_{sy,sup} \geq \begin{cases} \% A_{s,susp} \cdot A_{s,lado} \\ \rho_{susp,min} \cdot Yb1 \end{cases}$$

Armadura de lateral

Dimensiona-se a armadura lateral do bloco e adota-se o maior valor das três condições mostradas abaixo:

$$A_{s,lateral} \geq \begin{cases} \% A_{s,lateral} \cdot A_{s,adotado} \\ Alt \cdot \rho_{min,lateral} \end{cases}$$

Armadura principal mínima:

Adota-se armadura mínima igual a 0,15% da seção em cada direção