

**CENTRO UNIVERSITÁRIO CAMPO LIMPO PAULISTA - UNIFACCAMP
ENGENHARIA CIVIL**

CÁLCULO DA ARMADURA DE BLOCO DE COROAMENTO

RUBENS DA SILVA GUILHERME

**Campo Limpo Paulista - SP
Dezembro – 2023**

Rubens da Silva Guilherme
RA 31094

CÁLCULO DA ARMADURA DE BLOCO DE COROAMENTO

*Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro Universitário
Campo Limpo Paulista – UNIFACCAMP,
como requisito para a obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Civil.*

Orientador: Prof. André Nicézio Borges
Coordenador: Prof. André Nicézio Borges

Campo Limpo Paulista - SP
Dezembro – 2023

**CENTRO UNIVERSITÁRIO CAMPO LIMPO PAULISTA - UNIFACCAMP
ENGENHARIA CIVIL**

CÁLCULO DA ARMADURA DE BLOCO DE COROAMENTO

RA 31094 Rubens da Silva Guilherme

Orientador: Prof. André Nicézio Borges

Banca Examinadora:

Prof. Francisco Coelho

Convidado

Prof. André Nicézio Borges

Orientador

Prof. André Nicézio Borges

Coordenador

**Campo Limpo Paulista - SP
Dezembro – 2023**

AGRADECIMENTO

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, porque sem ele nada seria possível, porque através dele permitiu que eu fosse instruído por professores mestres que me auxiliaram nessa jornada de minha vida.

E meus familiares que me incentivaram a continuar apesar de todos infortunoso e imprevistos que decorreram durante esses períodos de estudos, em especial ao meu pai que é minha principal fonte de inspiração e que através de suas atitudes me influencia a ser melhor tanto para mim quanto as demais pessoas que de minha vida fazem parte.

E obrigados aos mestres professores que compartilharam seus conhecimentos para comigo podendo ser possível conhecer e enxergar todo ao redor de uma maneira diferente mais ampla.

RESUMO

Cálculo da armadura de bloco de coroamento são elementos utilizados a fim de transferir as cargas da superestrutura para um conjunto de estacas. O seu real conhecimento é de fundamental importância, pois são elementos estruturais que garantem a segurança de toda a estrutura. Um dos métodos recomendados pela NBR 6118/2014 e mais utilizado para dimensionamento e verificações de segurança para bloco rígido é o de Biela Tirante, em cima deste método que partiremos a análise. Portanto, este trabalho objetiva dimensionar pelo Método das Bielas assim pela NBR 6118/2014, armadura de tração. Objetiva-se ainda definir em cima dos métodos de posicionamentos de armadura a forma mais eficiente.

Palavras chaves: Concreto armado. Bloco sobre estacas

LISTA DE SIGLAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

NRB - Normas Brasileiras

ND - Carga atuante

ADM - Admissível

F_{ck} - Resistência Característica do concreto a compressão

F_{yk} - Valor característico de resistência ao patamar de escoamento

KN - Kilo Newton

N_e - Número de estacas

h- Altura

A_p - Area do pilar

tag- Tangente

A_s - Área do aço

A_{ev} - área estribos verticais

A_{eh} - Area estribos horizontais

\emptyset_{est} - Diâmetro da estaca

LISTA DE FIGURAS

- 1- Esquemático para blocos sobre duas estacas
- 2- Exemplo de blocos de coroamento para estaca e tubulão
- 3- Bielas de concreto no bloco sobre duas estacas
- 4- Armadura e concreto do bloco de coroamento
- 5- Treliças de Emil Morsch
- 6- Ensaio bloco sobre estacas de Blevot
- 7- Bielas e tirante para blocos de coroamento para 4 estacas
- 8- Elevação de bloco de coroamento com indicação da distância entre armadura e estaca recomendada pelo CRSI
- 9- Modelo de armadura principal a ser adotada nos blocos sobre estacas

LISTA DE TABELAS / GRÁFICOS

- 1- Comparativo concreto e aço
- 2- Propriedades concreto e aço

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1. Objetivo geral.....	11
1.1.1. Objetivos específicos.....	11
1.2. Problema.....	11
1.3. Justificativa	11
1.4. Metodologia.....	12
1.4.1. Metodologia Científica.....	12
1.4.2. Metodologia do projeto.....	13
1.5. Números de estacas:	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	23
2.1. BLOCO DE COROAMENTO	23
2.1.1. Composição do Bloco de Coroamento	25
2.2.1. Modelo de cálculo	26
2.2.2. Método das Bielas	27
2.3. Disposições das armaduras principais.....	29
2.4. Ancoragem das barras da armadura principal.....	30
2.5. Armaduras secundárias	31
2.6. Ancoragem da armadura do pilar no bloco:	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

As fundações profundas são uma espécie de estruturas adotada quando os solos superficiais não são capazes de suportar cargas elevadas, necessitando assim buscar resistência em camadas mais distantes da superfície. Quando necessária a utilização de fundações em estacas faz-se necessário a construção de um outro elemento estrutural, o bloco de coroamento, fazendo assim ser necessário a utilização de armaduras de aço, capaz de resistir a carga atuante e esforços do elemento estrutural.

Armadura de um bloco de coroamento são importantes elementos estruturais cuja função é basicamente transferir e resistir as ações do pilar para um grupo de estacas.

Apesar da relevância sobre a estrutura os métodos de dimensionamento e verificação destes elementos são simplificados na norma. Uns dos métodos recomendado pela ABNT NBR 6118(2014) e o mais utilizado para dimensionamento e verificação de segurança para um bloco rígido é o Método de Bielas e tirantes baseados nos métodos de Blevot e Frémy (1976). Portanto esse trabalho objetiva dimensionar e calcular a armadura de um bloco de coroamento através do Método das Bielas e Tirantes para bloco de coroamento sobre duas. Serão efetuados cálculos da armadura de um bloco de coroamento, Armadura de Ancoragem e Principal, Ângulo das Bielas e sua verificação, Compressão limite, Compressão junto ao pilar e junto as Estacas e suas Armaduras verticais e horizontais e Armadura de pele.

1.1. Objetivo geral

A presente pesquisa visa estudar os cálculos da armadura de um bloco de coroamento, objetivando obter um cálculo preciso, com base na NBR 6118/2014.

1.1.1. Objetivos específicos

- Estudar as formas de posicionamento para armadura no bloco de coroamento;
- Aplicar a metodologia adequada para cada método de cálculo;
- Detalhar e quantificar as armaduras;

1.2. Problema

Ao perceber o aumento de obras de grande porte e pouca importância no detalhamento do bloco de coroamento no quesito a seu dimensionamento e melhor aproveitamento de armadura. Assim atende a definir a melhor maneira de se cálculo de armadura para bloco de coroamento para duas estacas.

1.3. Justificativa

A escolha desse tema justifica-se pela importância estrutural que os blocos de fundação têm na estrutura de concreto armado, que tem a função de transferir a carga dos pilares a um conjunto de estacas ou tubulões. Conhecendo as dimensões do pilar e carga vertical que atua nesse pilar. Tem se a geometria do bloco a ser utilizado e também o conjunto de estacas ou tubulões necessários para resistir às suas atuantes.

Diante disso e destas informações, a construção das armaduras de blocos de coroamento e grande parte segue uma metodologia utilizada para armaduras de tração, sem uma análise diversos métodos de dimensionamento podem ser utilizados, cabendo aos engenheiros definir. Finalizando o tema escolhido cálculos de armadura de blocos de coroamento, que pouco foi visto na graduação apesar da sua importância para os estudos de engenharia de estruturas.

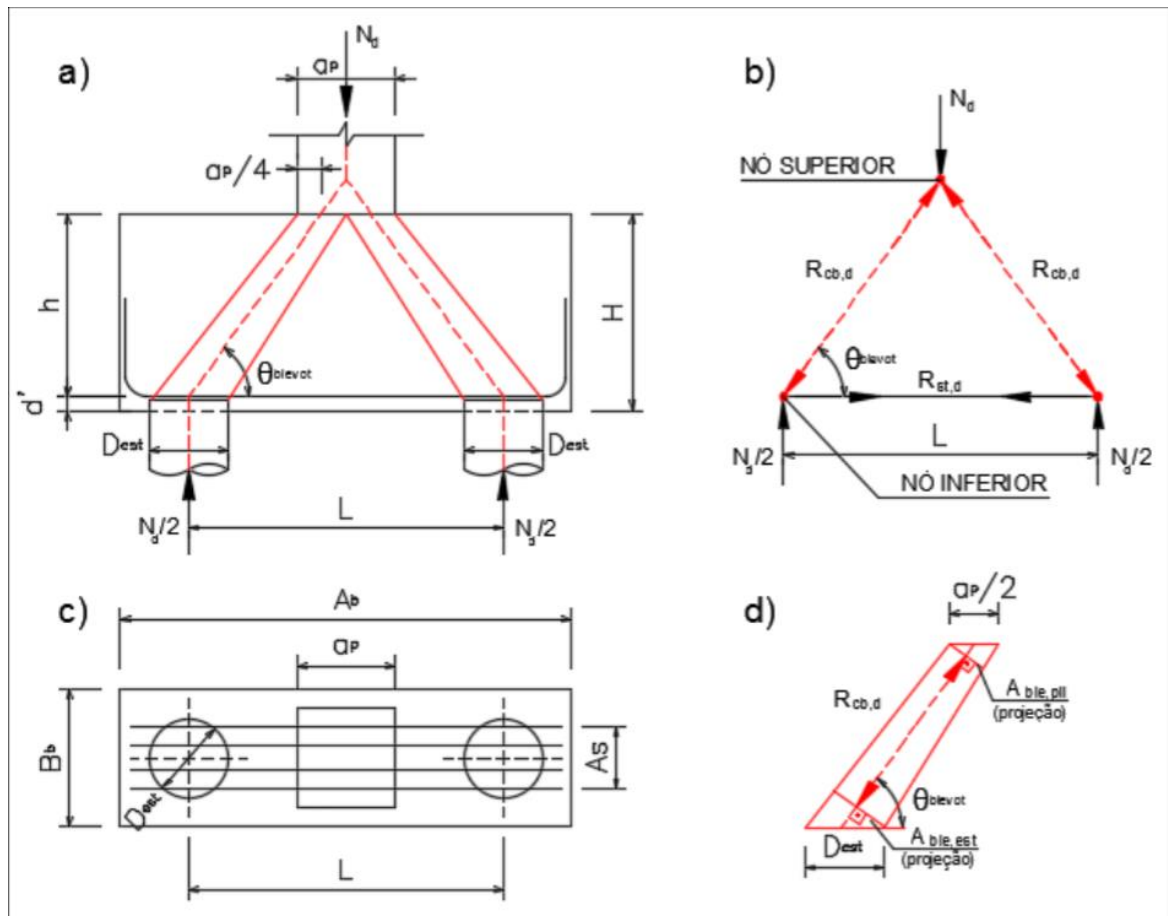
1.4. Metodologia

A metodologia para dimensionamento, verificações e detalhamento dos blocos de coroamento e cálculo da armadura será através do método Biela e Tirantes preconizado pela ABNT NBR6118/2014.

1.4.1. Metodologia Científica

A estrutura da pesquisa dividiu-se em momentos distintos, sendo eles: métodos de cálculo utilizando o método biela e tirante, onde foi feita uma pesquisa bibliográfica de critérios de projeto para blocos de coroamento e cálculo da armadura e definido o modelo de cálculo para bloco de coroamento para duas estacas; estudo de caso, em que foi definido as cargas e geometrias do bloco do coroamento; detalhamento, onde detalhou-se a armadura principal e secundária.

Figura 1: Esquemático para blocos sobre duas estacas: a) Esquema estrutural, b) Modelo biela-tirante, c) Disposição das armaduras em planta, d) Determinação da geometria das bielas.



Fonte: Matheus Lopes de Carvalho, SP2018

1.4.2. Metodologia do projeto

A partir dos métodos discutidos anteriormente por BLÉVOT e FRÉMY (1967), foram analisados e calculados os blocos de coroamento sobre duas Estacas e sua Armadura de ancoragem e principal, Ângulo das Bielas e sua verificação, Compressão limite, Compressão junto ao pilar e junto a estaca e suas A_s . Foram feitos os cálculos para uma carga, de valor:

$N_{D_{atuante\ pilar}} = 500\text{KN}$ ($N_D = \text{Pilar}$). Com um concreto C25 ($F_{ck} = 25\text{ Mpa}$) e aço CA-50 ($F_{yk} = 500\text{ Mpa}$), $Q_{adm} = 350\text{KN}$, $\varnothing_e = 30\text{cm}$, $\varnothing_s = 10\text{m} = 0,78\text{cm}^2$, cobrimento = 3cm, Pilar 20x40 ($\varnothing_p = 10\text{mm}$) $M = 10\text{KN}$.

1.5. Números de estacas:

Para determinar o número de estacas que serão utilizadas, determina-se através da seguinte equação:

$$N_e = \frac{ND.1,10}{Q_{adm}} = \frac{500.1,10}{350} = 1,57 \cong 2 \text{ Estacas}$$

1.5.1 Reação Nas Estacas:

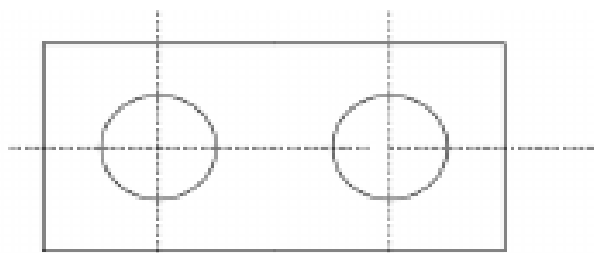
A reação se dá através da energia de cravação, obtida da estrutura, e que é transferida para a lateral do equipamento e para o solo, abaixo da ponta inferior da estaca. Esse serviço deve ser feito de acordo com as normas da NBR 6122/1996.

Determina-se através da seguinte equação:

$$\Delta R = \frac{M}{L} = \frac{10}{3,0,3} = 33,33KN$$

$$R_E = \frac{ND.1,10}{N_E} + \Delta R; = \frac{500.1,10}{2} + 33,33 = R_E = 309KN$$

Lados do bloco



Bloco para 2 Estacas

$$A = 4 \times \phi_e + 30$$

$$A = 4 \times 30 + 30$$

$$A = 150cm$$

$$B = \phi_e + 30$$

$$B = 30 + 30$$

$$B = 60cm$$

1.5.2 Rigidez:

De acordo com a ABNT NBR 6118 (2014) os blocos podem ser classificados como rígidos ou flexíveis. Esta classificação se deve ao comportamento estrutural do bloco, que segue o mesmo critério análogo ao definido para sapatas. Para aplicar-se o método de cálculo de bielas e tirantes para dimensionamento e verificações de segurança o bloco deve ser obrigatoriamente rígido. Para o bloco ser considerado rígido as dimensões da sapata devem atender a seguinte equação conforme a ABNT NBR 6118 (2014):

$$h_1 = \frac{A - ap}{3}; h_1 = \frac{150 - 40}{3}; h_1 = 36,66$$

1.6 Ancoragem das Esperas:

A ABNT NBR 6118 (2014) determina que a armadura deve ser disposta mais de 85% nas faixas definidas pelas estacas e que as barras devem se estender até a face do bloco e terminar com gancho na extremidade. Ainda segundo a ABNT NBR 6118 (2014) ressalva que deve ser garantida a ancoragem das armaduras e que pode ser considerado o efeito favorável da compressão transversal às barras.

$$l_b = 26 \times \phi_p$$

$$h_2 = l_b + 26 \times \frac{\phi_s}{2} + 10$$

$$h_2 = 26 \times 1 + \frac{1}{2} + 10$$

$$h_2 = 36,5cm$$

1.6.1 Ângulo das Bielas:

No Eberick 2019, o usuário passa a ter a opção de definir a inclinação que será considerada no dimensionamento do bloco, uma vez que a NBR 6118:2014 passou a especificar que as bielas devem ter ângulo de inclinação com tangente entre $45^\circ < \theta < 55^\circ$

$$\text{tag}\theta = \frac{d}{\frac{a}{2} - \frac{\phi_s}{2}} - 15 - \frac{a_p}{4}$$

$$\text{tag}45^\circ = \frac{d}{\frac{150}{2} - \frac{30}{2}} - 15 - \frac{40}{4} = 35\text{cm}$$

$$h_3 = d + \frac{\phi}{2} + 10$$

$$h_3 = 35 + \frac{1}{2} + 10 = 45,5 \cong 50\text{cm}$$

1.6.2 Verificar as Bielas:

A ABNT NBR 6118:2014 segue a lógica de classificação das regiões nodais da norma americana ACI 318 (2002), que classifica os tipos de nós de acordo com o sinal das forças que chegam sendo de compressão ou tração.

Nessa verificação, a tensão é analisada em uma área ampliada situada à profundidade X da face superior do bloco, considerando que, a partir dessa profundidade, apenas o concreto passa a resistir às tensões resultantes dos esforços transmitidos ao bloco. Sendo:

$$d = h - \frac{\phi_s}{2} - 10$$

$$50 - \frac{1}{2} - 10 = 39,5\text{cm}$$

$$\text{tag} = \frac{d}{\frac{A}{2} - \frac{ap}{4} - \frac{\phi_s}{2} - 15}$$

$$\text{tag} = \frac{39,5}{\frac{150}{2} - \frac{40}{4} - \frac{30}{2} - 15} = \text{tag}\theta = 1,13 = \theta = 48,5^\circ$$

1.6.3 Compressão Limite:

A partir destes carregamentos pode-se realizar a verificação ao esmagamento da biela de compressão, válida somente para os blocos calculados pelo método biela/tirante. A tensão solicitante deverá ser menor que a admissível.

$$\sigma_{lim} = 0,9 \times f_{ck}; 0,9 \times 2,5 = 2,25 \text{KNcm}^2$$

1.6.4 Compressão Junto ao Pilar:

Tensão Solicitante: tensão que solicita a biela de compressão, estando ela junto ao pilar e junto à estaca;

Tensão Admissível: tensão resistida pela biela de compressão, junto ao pilar e também junto à estaca;

Condição: caso a tensão admissível seja superior à tensão solicitante, a verificação ao esmagamento da biela de compressão estará atendida, apresentando o status ok;

Considerando a equação básica de tensão e a força nas bielas de concreto, a tensão normal de compressão na biela, relativa ao pilar e à estaca, é:

1.6.5 Pilar:

$$\sigma_{cbp} = \frac{Nd}{A_p \times \text{sen}^2 \emptyset}$$

$$\sigma_{cbp} = \frac{500}{20 \times 40 \times \text{sen}^2 48,5} = 1,11 \text{NKcm}^2$$

Estaca:

$$\sigma_{cbe} = \frac{Nd}{2 \times A_e \times \text{sen}^2 \emptyset}$$

$$\sigma_{cbe} = \frac{500}{2 \times \frac{3,14 \times 30^2}{4} \text{sen}^2 48,5} = 0,63 \text{NKcm}^2$$

Devido às variações de esforços ao longo da altura do bloco e da área da seção transversal, a verificação da tensão de compressão deve ser realizada tanto junto à estaca quanto junto ao pilar. As forças atuantes nas barras comprimidas da treliça são resistidas pelo concreto, enquanto as forças atuantes nas barras tracionadas são resistidas pelas armaduras principais dos blocos. Quando as tensões solicitantes nas bielas forem maiores que as tensões resistentes.

1.7 Armadura Principal:

Como todo projeto estrutural, o dimensionamento dos blocos de coroamento deve visar garantir, principalmente, segurança e economia ao projeto.

De uma forma geral, os blocos de coroamento têm o dimensionamento de forma análoga ao das sapatas. O que os diferencia é principalmente o fato de o bloco transferir as solicitações para as estacas e tubulões, enquanto a sapata já transmite a carga diretamente ao solo.

Antes de se projetar, é necessário o conhecimento de dados como o número de estacas, tipo de estaca, o diâmetro das estacas, a investigação geotécnica do terreno e os esforços solicitantes, dimensões e armaduras dos pilares.

Quanto ao detalhamento dos blocos rígidos a NBR 6118:2014 (item 22.7.4.1) aborda as armaduras que devem ser atendidas no dimensionamento, são elas: armadura de flexão, armadura de distribuição, armadura de suspensão, armadura de arranque dos pilares e as armaduras laterais e superiores.

1.7.1 Cálculo da armadura principal

Tração pelo método das bielas:

$$T = \frac{R_e}{\operatorname{tg}\theta}$$

$$T = \frac{309}{\operatorname{tg}48,5^\circ} = 273,38\text{KN}$$

1.7.2 Área de aço principal:

$$A_s = \frac{1,15 \times T}{f_{yk}}$$

$$A_s = \frac{1,15 \times 273,38}{50} = 6,29\text{cm}^2$$

$$N^\circ\text{barras} = \text{adotado } \emptyset_s 10$$

$$N^{\circ} = \frac{As}{A\phi_s} = \frac{6,29}{0,78} = 8 \text{ barras}$$

1.7.3 Comprimento:

$$l = A - 4c + 2h - 20$$

$$l = 150 - 4 \times 3 + 2 \times 50 - 20 = 218 \text{ cm}$$

$$8N_1 \text{ } \phi 10 - 218 \text{ cm}$$

1.8 Cálculo das armaduras secundárias

A NBR 6118 (22.7.4.1.5) especifica o seguinte sobre armaduras laterais (de pele) e superior: "Em blocos com duas ou mais estacas em uma única linha, é obrigatória a colocação de armaduras laterais e superior. Em blocos de fundação de grandes volumes, é conveniente a análise da necessidade de armaduras complementares." A armadura superior pode ser tomada como uma pequena parcela da armadura principal:

1.8.1 Armaduras verticais:

$$A_{ev} = \frac{0,20Nd}{0,80fyd}$$

$$A_{ev} = \frac{0,20 \times 500}{0,80 \times \frac{50}{1,15}} = 2,88 \text{ cm}$$

Adotado $\phi 8$

N° barras

$$N = \frac{A_{ev}}{0,5} = \frac{2,88}{0,5} = 6 \text{ barras}$$

Espaçamento

$$S = \frac{A - 2C}{0,5}$$

$$S = \frac{150 \times 2 \times 3}{6 - 1} = 28 \text{ cm}$$

1.8.2 Comprimento:

$$l = 2 \cdot b - 6 \cdot c + 2 \cdot h$$

$$l = 2 \times 60 - 6 \times 3 + 2 \times 50 = 202 \text{ cm}$$

$$6N_2 \text{ } \emptyset 8 \text{ com } 28 - 202 \text{ cm}$$

1.8.3 Armadura Horizontal:

$$A_{eh} = 0,10\% b \times h$$

$$A_{eh} = \frac{0,10}{100} 30 \times 50 = 1,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Adotado } \emptyset 8 = 0,5$$

Nºbarras

$$N = \frac{A_{eh}}{0,5} = \frac{1,5}{0,5} = 3 \text{ barras}$$

1.8.4 Comprimento:

$$A_{eh} = 0,10\% b \times h$$

$$A_{eh} = \frac{0,10}{100} 30 \times 50 = 1,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Adotado } \emptyset 8 = 0,5$$

Nºbarras

$$N = \frac{A_{eh}}{0,5} = \frac{1,5}{0,5} = 3 \text{ barras}$$

$$l = 2A + 2B - 4\emptyset_s - 8c - 4\emptyset_{ev}$$

$$l = 2 \times 150 + 2 \times 60 - 40 \times 1 - 8 \times 3 - 4 \times 0,8 = 389 \text{ cm}$$

$$3N_3 \text{ } \emptyset 8 - 389\text{cm}$$

1.8.5 Armadura Superior:

$$A_{as} = \frac{1}{6} \times A_s$$

$$A_{as} = \frac{1}{6} \times 6,29 = 1,05\text{cm}^2$$

$$\text{Adotado } \emptyset 6,3 = 0,31\text{cm}^2$$

Nº barras

$$N = \frac{A_{as}}{0,31} = \frac{1,05}{0,31} = 4 \text{ barras}$$

1.8.6 Comprimento:

$$l = A - 2 \cdot c + 20$$

$$l = 150 - 2 \times 3 + 20 = 164\text{cm}$$

$$4N_4 \text{ } \emptyset 6,3 - 164\text{cm}$$

1.9 Considerações Finais:

A importância das armaduras em blocos de coroamento utilizando o método das Bielas e Tirantes com base na ABNT 6118 (2014) e bibliografias, tendo o objetivo de dimensionar, analisar e calcular seus fatores de segurança e diretrizes para o projeto. Também observado que os cálculos os dimensionamento e fatores de segurança obtidos através dos cálculos mostram que a estrutura funciona perfeitamente em seu ponto de resistência a compressão e tração nas bielas.

Observou-se que o método de dimensionamento de armaduras é extremamente simplificado pela norma, deixando subentendido vários itens para dimensionamento e posicionamento das armaduras.

Contudo as bibliografias espanholas, com Montoya (2000) e Cavallera (2000) são ricas o dimensionamento e detalhamento das armaduras principais e complementares, contudo essas bibliografias têm como base as normas europeias.

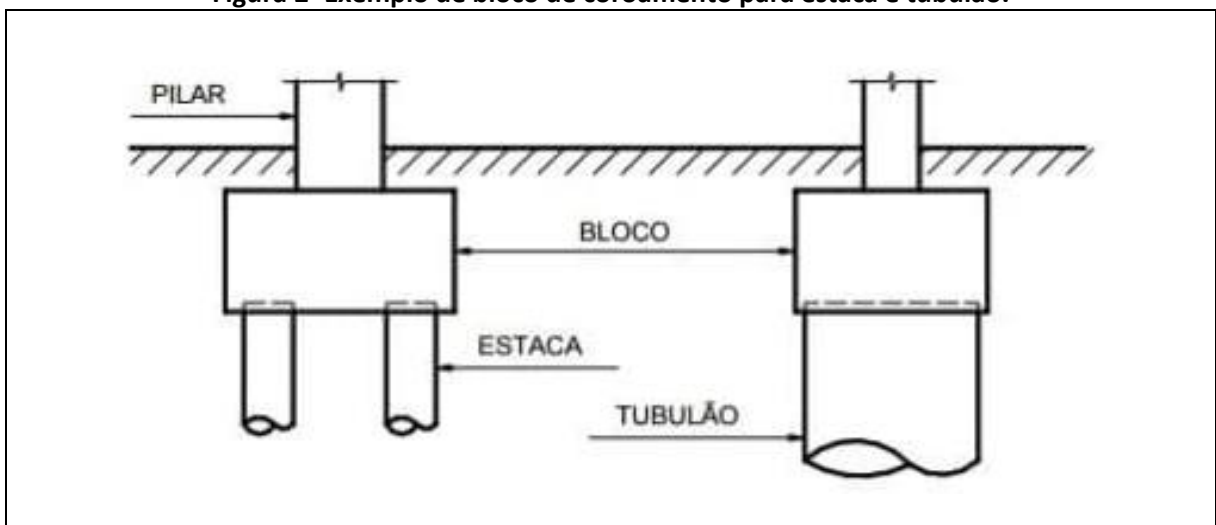
Por fim pode se concluir neste trabalho desenvolvido através de pesquisas bibliográficas e análises de cálculos apresentadas ao decorrer deste trabalho, que o dimensionamento da armadura de um bloco de coroamento sobre duas estacas, com toda a verificação de segurança e a escolha do tipo de composição da armadura de tração bem como as armaduras secundárias do bloco, é de suma importância para se ter um bom funcionamento do elemento, pois está impacta no seu comportamento estrutural.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. BLOCO DE COROAMENTO

Os blocos são estruturas de volume que têm a função de distribuir as cargas dos pilares a elementos de fundação, tais como estacas e tubulões. Segundo Fusco (2013) os blocos de coroamento têm de ser rígidos para que sua deformabilidade não afete os esforços atuantes na superestrutura e nem no próprio maciço do solo da fundação. “Blocos são estruturas de volume usadas para transmitir às estacas e aos tubulões as cargas de fundação, podendo ser considerados rígidos ou flexíveis por critério análogo ao definido para sapatas.” (ABNT NBR 6118, 2014, p. 190). Ainda segundo a ABNT NBR 6118 (2014) o comportamento estrutural caracteriza-se por: trabalho à flexão, forças transmitidas do pilar para as estacas e trabalho ao cisalhamento. Conforme Caputo (1973) os blocos de coroamento além de receber as cargas também tem a função de absorver os momentos aplicados e excentricidades. A Figura 2 mostra as diversas finalidades do bloco de coroamento. “Os blocos sobre estacas podem ser para 1, 2, 3, e teoricamente para n estacas. [...] Nos edifícios de diversos pavimentos, como as cargas são maiores, geralmente o número de estacas supera duas.” (BASTOS, 2013, p.1)

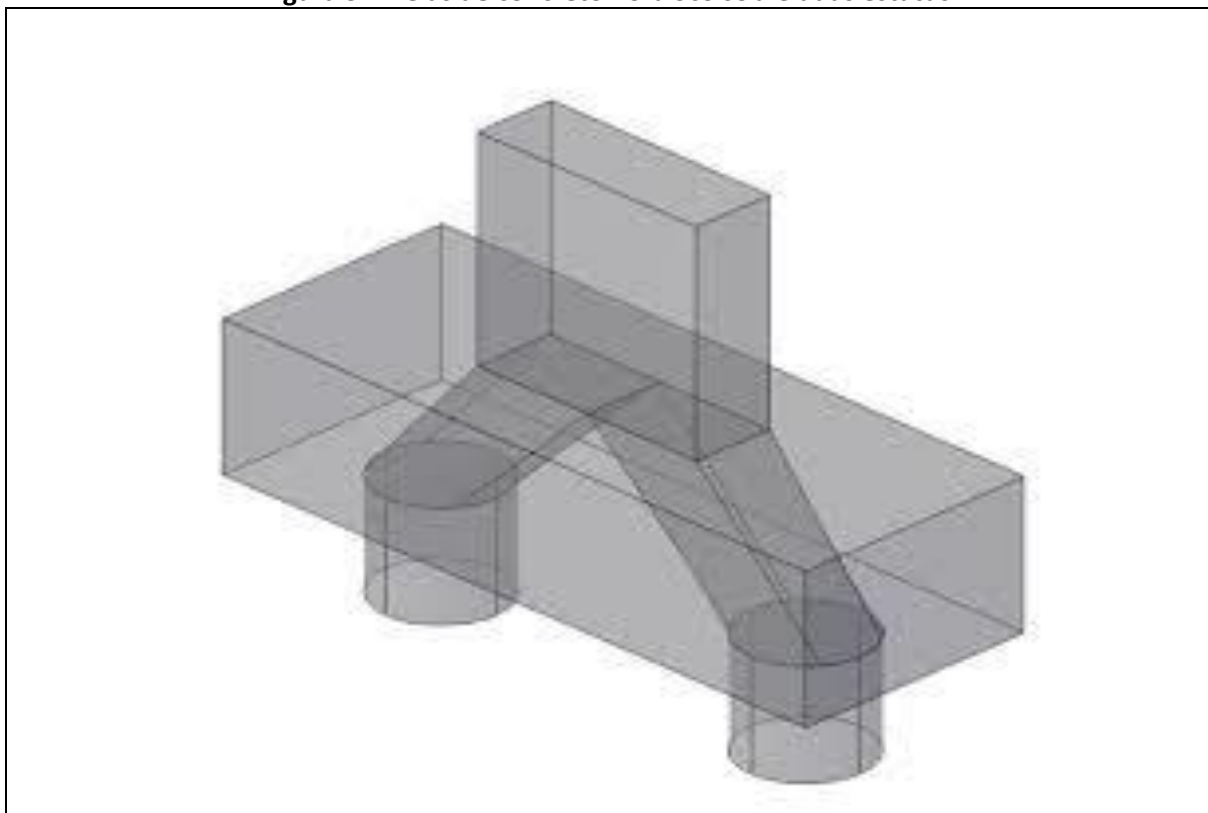
Figura 2- Exemplo de bloco de coroamento para estaca e tubulão.



Fonte: Bastos (2013, p.1)

De acordo com Araújo (2003), para o bloco ser considerado rígido, sua altura h deve ser maior ou igual a $l_{máx.}/2$, onde $l_{máx.}$ é a distância do eixo da estaca mais afastada até a face do pilar. Munhoz (2004), salienta que atualmente, poucos trabalhos têm sido desenvolvidos nesta área, estes trazem algumas colaborações, mas no âmbito nacional o avanço das pesquisas tem sido relativamente lento, outrossim, a ABNT NBR 6118 (2014) não fornece em seu texto um roteiro para verificações e dimensionamento destes elementos. Como modelo de cálculo a NBR 6118 demonstra preferência ao modelo de cálculo de bielas e tirantes por definir melhor a distribuição dos esforços pelos tirantes, onde a biela é a representação do concreto comprimido e o tirante as armaduras tracionadas. O estudo do comportamento estrutural dos blocos de coroamento em concreto armado, devido a heterogeneidade do material a fissuração, não pode ser feito pela teoria da elasticidade. Desta maneira, admite-se, no dimensionamento dos blocos, a hipótese de bloco rígido aplicando-se a chamada teoria das bielas como hipótese de encaminhamento dos esforços de compressão do pilar até a cabeça das estacas, por dentro do bloco. A Figura 3 demonstra de forma simplificada o funcionamento das bielas de compressão para um bloco de coroamento de duas estacas.

Figura 3 - Bielas de concreto no bloco sobre duas estacas.



Fonte: Bastos (2013, p.2)

2.1.1. Composição do Bloco de Coroamento

O bloco de coroamento das estacas são elementos maciços de concreto armado conforme define a ABNT NBR 6118/2014. A Figura 4 mostra um bloco de coroamento com a armadura já disposta e sendo concretado.

Por concreto armado, entende-se o concreto com barras de aço nele imersas – o concreto é considerado “armado” com uma armadura de aço. O concreto armado é, pois, um material de construção composto, no qual a ligação entre o concreto e a armadura de aço é devida à aderência do cimento e a efeitos de natureza mecânica. (LEONHARDT, 2008)

Figura 4– Armadura e concreto do bloco de coroamento



Fonte: Autor

Em meados do século 19, foram adotadas pela primeira vez, na França, armaduras de aço em peças de concreto. Em 1861, F. Coignet publicou os princípios básicos para as construções em concreto armado e apresentando na exposição internacional de Paris vigas e tubos de concreto armado. Em 1902 Emil Mörsch publicou uma descrição com bases científicas e fundamentadas, do comportamento do “concreto de ferro” e a partir deste ensaio que se desenvolveu a primeira teoria realista do dimensionamento de peças de concreto armado. Numa estrutura de concreto armado, o aço tem como função básica resistir aos esforços de tração. Isso ocorre, pois, o concreto não possui resistência à tração ($0,1f_{ck}$) suficiente para

absorver aos esforços solicitantes de uma edificação. Sendo assim as regiões sujeitas à esforços de tração devem ser armadas. O trabalho solidário do concreto com o aço é possível graças às compatibilidades físicas e químicas que ocorre entre os dois materiais. Segundo Yazigi (2014) se a ferragem não estiver bem posicionada, a estrutura diminuirá a resistência e que a armadura só funciona bem quando as barras de aço da armadura trabalham conjuntamente quando solicitadas por carregamento, e protegidas pelo cobrimento do concreto como prevista pela NBR 6118/2014. Faz-se necessário então a utilização de armadura e concreto no bloco de coroamento devido ao método da treliça proposto por Emil Mörsh em 1906. A Tabela 1 e Tabela 2 mostram as propriedades do concreto e aço bem como a do concreto armado.

Tabela 1 : Comparativo concreto e aço.

	Pressão (Mpa)	Tração (Mpa)
CONCRETO SIMPLES C25	25	2,5
AÇO CA50	500	500

Fonte: Autoria própria

Tabela 2- Propriedades concreto e aço

	MASSA ESPECÍFICA(KG/M ³)
CONCRETO SIMPLES	2400
AÇO	7800
CONCRETO ARMADO	2500

Fonte: Autoria própria

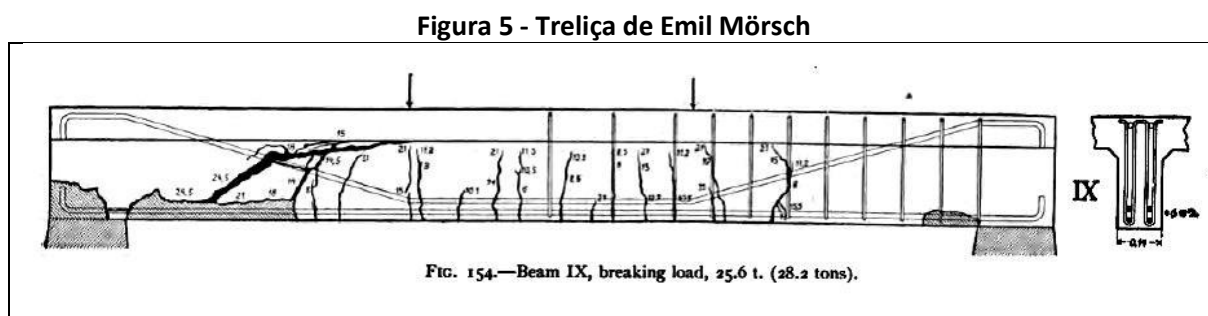
2.2.1. Modelo de cálculo

Segundo a ABNT NBR 6118 (2014, p. 190) descreve no seu item 22.7.3 que para o cálculo e dimensionamento dos blocos, são aceitos modelos tridimensionais lineares ou não lineares e modelos biela-tirante tridimensionais, e que na região de contato entre o pilar e o bloco, os efeitos de fendilhamento devem ser considerados, permitindo-se a adoção de um modelo de bielas e tirantes para a determinação das

armaduras. No Brasil, os modelos de cálculo mais utilizados para o dimensionamento dos blocos sobre estacas são o Método das Bielas baseados nos ensaios de Blévoet, o método do CEB-70 e nos últimos anos modelos tridimensionais de bielas e tirantes.

2.2.2. Método das Bielas

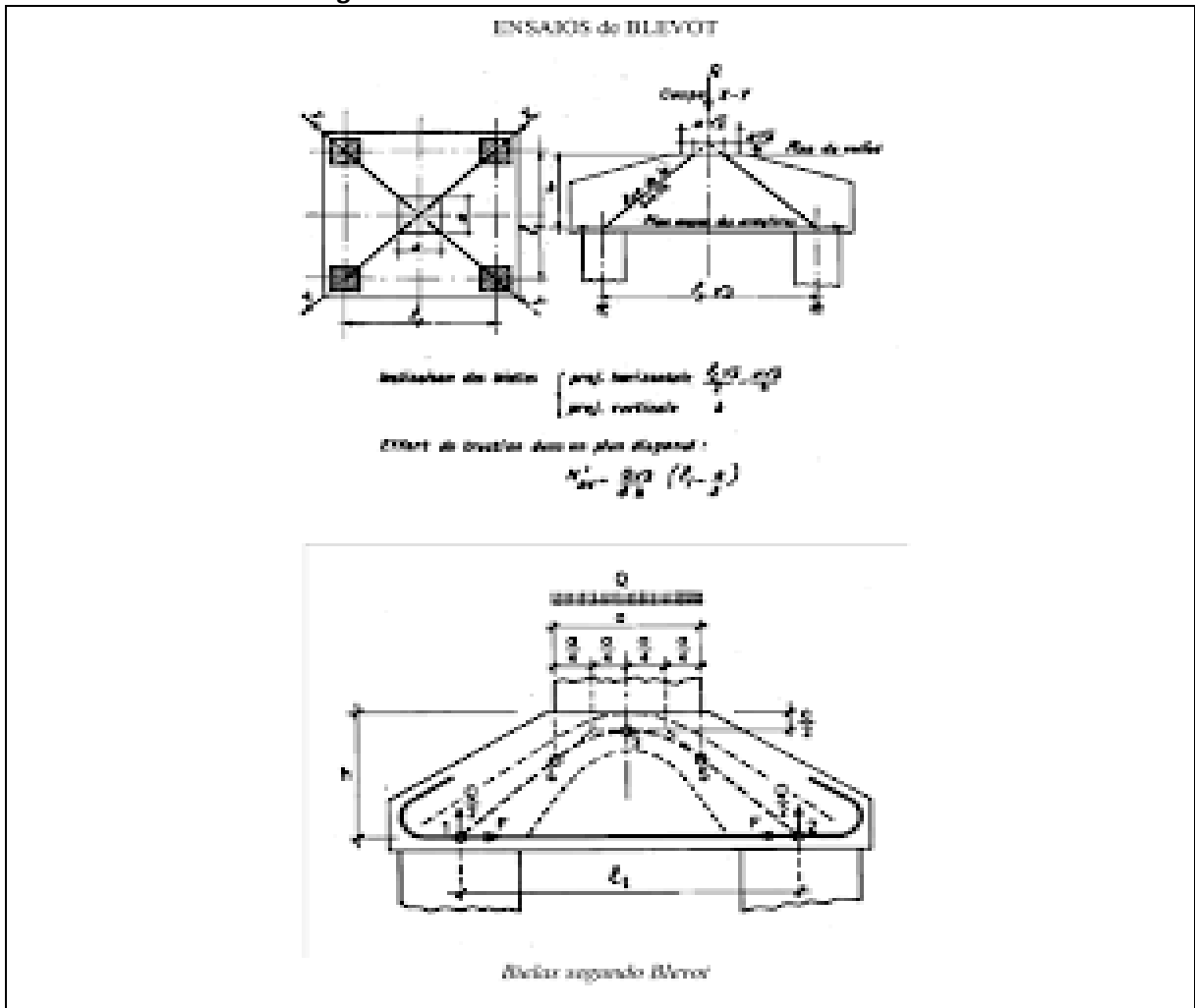
Um dos métodos recomendados pela ABNT NBR 6118/2014 e mais amplamente utilizado para dimensionamento e verificações de segurança para bloco rígido destaca-se o modelo de bielas e tirantes, devido ao fato de ter amplo suporte experimental e o modelo de treliça é intuitivo. Este modelo baseia-se na analogia de treliça clássica introduzida no ano de 1906 por Emil Mörsch, na qual a viga de concreto armado fissurada é comparada a uma treliça de banzos paralelos. A Figura 5 mostra a treliça imaginária de Emil Mörsch.



Fonte: (MÖRSCH, 1909, p.163)

Atualmente os cálculos é baseado nos ensaios experimentais da dupla francesa Blévoet e Frémy (1967) que basicamente mantém os mesmos padrões dos ensaios de Mörsch, porém estudaram a aplicabilidade do método bem como a influência nos diferentes tipos de arranjos das armaduras gerando assim mais eficiência no seu dimensionamento, determinando tenções limites. Os ensaios de Blévoet e Frémy (1967) serviram para aferir a fórmula da tensão convencional de compressão na biela. “O método das bielas e tirantes é recomendado para ações centradas, e todas as estacas devem estar igualmente afastadas do centro do pilar. Pode ser empregado no caso de ações que não são entradas, desde que se admita que todas as estacas comprimidas estão submetidas à maior força transferida.” (OLIVEIRA, 2009. p. 65). A Figura 6 mostra os cálculos realizados pelos ensaios de Blévoet e Frémy em 1967.

Figura 6 - Ensaio bloco sobre estacas de Blévyot

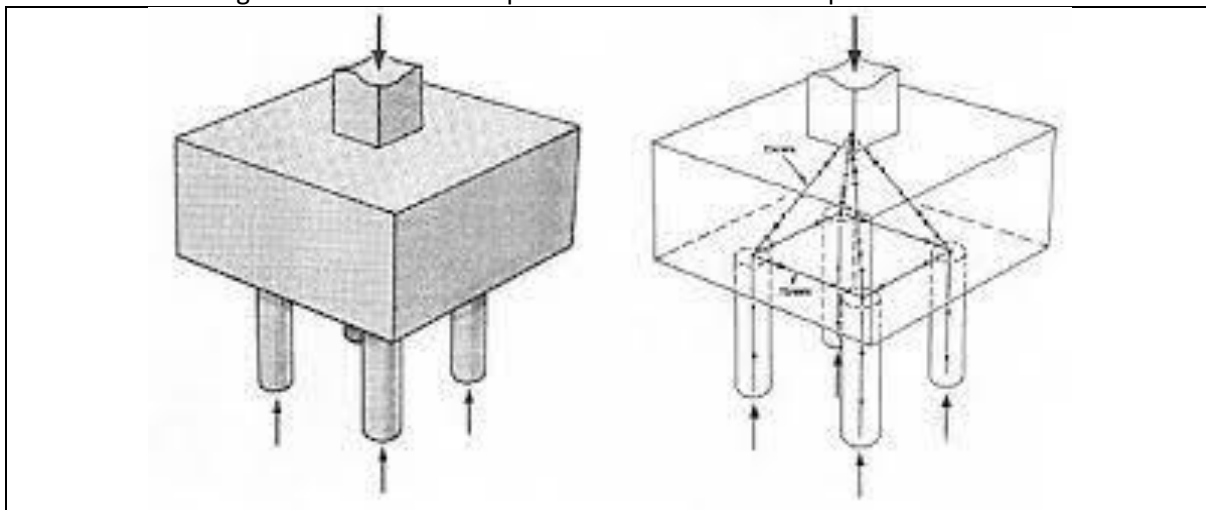


Fonte: (BLÉVOT, 1967, p.226)

A ideia básica da treliça clássica é de que a viga se comporta como uma treliça contínua válida. O modelo de bielas e tirantes é uma representação discreta do fluxo de tensões num determinado elemento estrutural. A estrutura inicial é representada por uma estrutura equivalente composta por barras comprimidas e tracionadas interligadas por meio de nós. As barras comprimidas recebem o nome de biela e devem absorver o fluxo de tensões de compressão, sendo normalmente representadas por linhas tracejadas. As barras tracionadas recebem o nome de tirante, e devem absorver o fluxo de tensões de tração existentes no elemento, sendo representadas por linhas contínuas. (BARROS; GIONGO, 2009, p. 40). Em elementos de concreto armado, as bielas representam as regiões de concreto que estão submetidas à compressão, enquanto os tirantes representam as barras das armaduras submetidas à tração como poder ser visto na Figura 7, e sempre que houver forças horizontais significativas ou forte assimetria, o modelo deve contemplar a

interação solo estrutura. O comportamento estrutural e o dimensionamento dependem da classificação do bloco quanto à rigidez, utilizando-se os mesmos critérios das sapatas. Portanto, quanto à rigidez, os blocos são classificados como flexíveis ou rígidos, porém para a análise de biela e tirante o bloco deve ser considerado rígido.

Figura 7 - Biela e tirante para bloco de coroamento para 4 estacas.

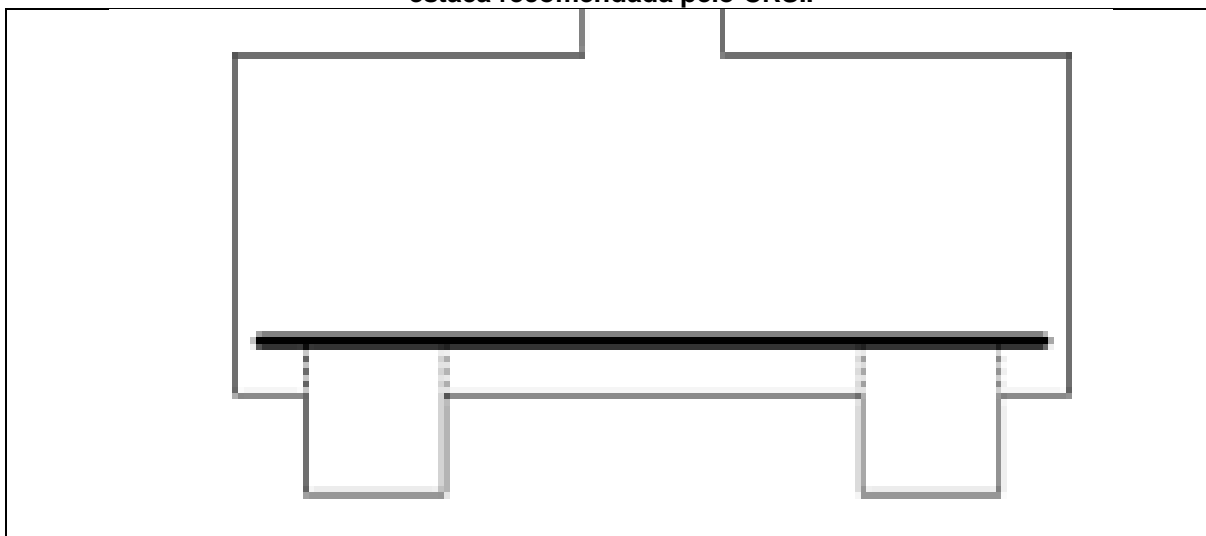


Fonte: Alto Qi (2014)

2.3. Disposições das armaduras principais

Segundo a norma brasileira (NBR 6118, 2014) um mínimo de 85% da armadura principal calculada deve estar concretado sobre as estacas, numa faixa definida de valor 1,2 vezes o seu diâmetro. Fusco (2013) recomenda que essas armaduras sejam concentradas numa faixa com largura de cerca de 1,4 vezes o diâmetro da estaca. O manual do CRSI (2015) indica que esta armadura deve estar disposta na porção inferior do bloco, a distância de aproximadamente 7,6 cm (3 pol.) da face superior da estaca que se encontra embutida no bloco.

Figura 8: Elevação de bloco de coroamento com indicação da distância entre armadura e estaca recomendada pelo CRSI.

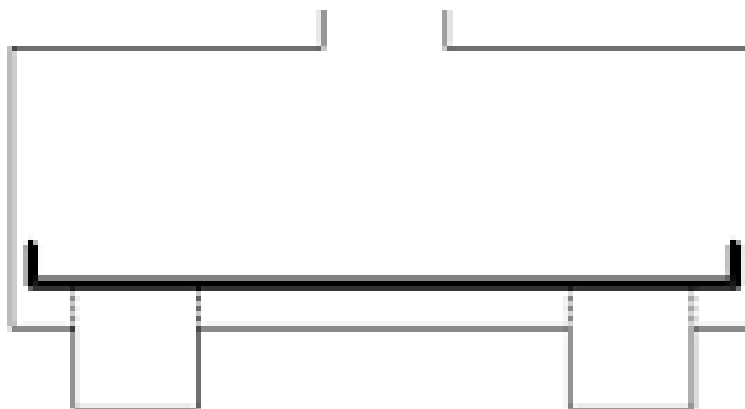


Fonte: Alto Qi (2014)

2.4. Ancoragem das barras da armadura principal

Conforme recomendação da ACI 318 (2014) o comprimento de ancoragem deve ser medido a partir do ponto definido pela intersecção do centroide das barras do tirante e a o contorno da zona nodal estendida, que engloba a biela inclinada. A NBR 6118 (2014) estabelece que as armaduras principais devem se estender de face a face do bloco, com ambas as extremidades terminadas em ganchos. Fusco (2013) recomenda que todas as barras tenham terminações em dobras ou ganchos; desta forma, é dispensável a existência de comprimentos retos de ancoragem.

Figura 9: - Modelo da armadura principal a ser adotada nos blocos sobre estacas.



2.5. Armaduras secundárias

Armaduras secundárias são recomendadas pela NBR 6118 (2014) com o objetivo de controlar a formação de fissuras na estrutura. Independentemente da armadura de flexão principal calculada, deve ser prevista armadura positiva adicional, uniformemente distribuída em malha nas duas direções ortogonais. O dimensionamento de cada uma das direções é feito considerando uma solicitação que corresponde a 20% do total utilizado para o cálculo das armaduras principais nesta mesma direção. Além disso, quando a armadura de distribuição prevista cobrir mais de 25% dos esforços ou o espaçamento entre as estacas for maior do que três vezes o seu diâmetro, deve ser prevista uma armadura de suspensão para a parcela da força a ser equilibrada. Se for prevista armadura de distribuição para mais de 25 % dos esforços totais ou se o espaçamento entre estacas for maior que 3 vezes o diâmetro da estaca, deve ser prevista armadura de suspensão para a parcela de carga a ser equilibrada.

2.6. Ancoragem da armadura do pilar no bloco:

Na NBR 6118 (2014) é recomendado que todo o comprimento de ancoragem do pilar seja desenvolvido no interior do bloco. Para essa ancoragem o efeito favorável da compressão transversal, provocado pelas bielas diagonais, pode ser considerado. Por sua vez, Fusco (2013) propõe que a altura do bloco deve ser suficiente para que pelo menos 60% do comprimento básico de ancoragem das barras de armadura do pilar esteja em seu interior. Além disso, a armadura do pilar deve ser prolongada até que se apoie nas armaduras principais, com suas extremidades dobradas. Para auxiliar na execução, evitando que a armadura de arranque se desloque durante a concretagem, os estribos também devem ser colocados até o fundo do bloco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de normas técnicas. NBR 6118: **projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014, 238p.

Araújo, José Milton de. **Curso de Concreto Armado, Volume 1 a 4**. Editora Dunas, Rio Grande – RS, 2003.

Nelson Schneider.com.br. **Bloco de Coroamento definições, aspectos técnicos e normativos, bielas e tirantes, bloco de fundação,ceb70,estacas,fundações, fundações profundas e tubulão**. Rio do Sul – SC 2020

<https://sites.google.com/site/trabalhodeobra/8%C2%AAvisita:24desetembrede2007?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>

ARAÚJO, José Milton de. Curso de Concreto Armado, Volumes 1 a 4. Editora Dunas, Rio Grande – RS, 2003.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. Blocos de fundação. Estrutura de Concreto III - Notas de aula. Universidade Estadual Paulista – UNESP. Bauru, São Paulo, 2013

BLÉVOT, Jean; FRÉMY, Robert. Semelles sur Pieux. Annales de L'Institut Technique Du Batiment et des Travaux Publics. Paris, v.20, n. 230, 1967

FUSCO, Péricles Brasiliense. Técnica de armar as estruturas de concreto. 2. ed. São Paulo: Pini, 2013.

LEONHARDT, Fritz. Vol. 1: Princípios básicos do dimensionamento de concreto armado. Tradução David Fridman – 2. Reimpor.. Rio de Janeiro: Inter ciência, 2008.

OLIVEIRA, Letícia de Oliveira. Diretrizes para projeto de bloco de concreto armado sobre estacas. Teste (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 318: Building Code Requirements for Structural Concrete. Farmington Hills, 2014.

CONCRETE REINFORCING STEEL INSTITUTE. Design guide for pile caps. 1st Ed. USA, 2015.