

FACULDADE EVANGÉLICA DE JARAGUÁ  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**CÍCERO CORREIA LIRA**  
**GIL LUCIANO DE CASTRO RIBEIRO**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÃO DE UMA  
EDIFICAÇÃO COMERCIAL EM JARAGUÁ-GO:  
ESTACA ESCAVADA X SAPATA**

FACULDADE EVANGÉLICA DE JARAGUÁ  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**CÍCERO CORREIA LIRA**  
**GIL LUCIANO DE CASTRO RIBEIRO**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÃO DE UMA  
EDIFICAÇÃO COMERCIAL EM JARAGUÁ-GO:  
ESTACA ESCAVADA X SAPATA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado à banca examinadora do curso de  
Engenharia Civil da Faculdade Evangélica de  
Jaraguá, como requisito parcial para a obtenção  
do título de Engenheiro Civil.

Orientador :  
**Prof.(a) Esp. Aurélio Caetano Feliciano**

**CÍCERO CORREIA LIRA  
GIL LUCIANO DE CASTRO RIBEIRO**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÃO DE UMA  
EDIFICAÇÃO COMERCIAL EM JARAGUÁ-GO:  
ESTACA ESCAVADA X SAPATA**

Trabalho de Conclusão de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 25 de junho de 2019, pela Banca Examinadora do Curso de Engenharia Civil, constituída pelos membros:

---

Prof. Esp. Aurélio Caetano Feliciano  
- Orientador -

---

Prof. Me. Joaquim Orlando Parada  
- Examinador -

---

Prof(a). Me. Luana de Lima Lopes  
- Examinadora -

## SUMÁRIO

RESUMO .....	5
1. INTRODUÇÃO .....	6
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
2.1 - DIMENSIONAMENTO DAS SAPATAS.....	7
2.2. DIMENSIONAMENTO DOS BLOCOS ESTACAS .....	16
3. RESULTADO E DISCUSSÃO .....	27
4. CONCLUSÃO .....	29
REFERÊNCIAS .....	30

# **ANÁLISE COMPARATIVA DE DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÃO DE UMA EDIFICAÇÃO COMERCIAL EM JARAGUÁ-GO: ESTACA ESCAVADA X SAPATA**

Cícero Correia Lira<sup>1</sup>  
Gil Luciano de Castro Ribeiro<sup>2</sup>

## **RESUMO**

Hoje no mundo moderno temos buscado cada vez mais desempenho e diminuição de custos nos processos construtivos, também com a ajuda de vários programas de dimensionamento, tornou-se possível ao calculista, experimentar vários processos em um mesmo projeto e assim, escolher o que lhe melhor atende. Devido a pouca utilização do modelo construtivo de "sapata" em nossa região, pois hoje o modelo construtivo mais comum é o de "bloco com estaca escavada", modelo bem utilizado em construções de médio e grande porte, tem-se a análise comparativa entre esses dois processos muito utilizados no Brasil. Para isso foi feito comparativo entre a fundação do tipo sapa isolada e bloco com estacas escavadas em um prédio comercial de dois pavimentos no município de Jaraguá. Utilizando para o calculo das cargas atuantes na estrutura o software Eberick, demonstrando o roteiro de calculo através de autores e estudiosos do assunto, verificou-se que o modelo estrutural do tipo sapata se mostrou mais econômico, economia esta na casa de em média 19 %, também fica como sugestão para futuros projetos, como ferramenta de comparação entre os métodos, possibilitando maior compreensão e colaborando com profissionais do ramo da engenharia civil.

---

<sup>1</sup> Acadêmico do curso Engenharia civil – Faculdade Evangélica de Jaraguá. E-mail: cicerocl222@gmail.com

<sup>2</sup> Acadêmico do curso Engenharia civil – Faculdade Evangélica de Jaraguá. E-mail: complementojeans@gmail.com

<sup>3</sup> Professor, titulação, orientador do curso de Engenharia Civil – Faculdade Evangélica de Jaraguá. E-mail: aureliocfeng@gmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

Entende-se conceito de fundação, como sendo uma subestrutura composta de elementos estruturais localizados nos níveis inferiores do terreno ou aqueles com finalidade de transmitir as ações geradas pela superestrutura ao solo geralmente na direção vertical, assim aumentando a capacidade de absorção do solo desses esforços.

Segundo a NBR 6122/96, elas são divididas em dois tipos, rasas (de superfície) e profundas. Onde a fundação superficial tem sua carga transmitida, através das pressões que são distribuídas em toda base do solo. O primeiro tipo de fundação que será tratado, são as superficiais também chamadas de fundações rasa ou direta, esse modelo tem como característica principal, a transição das pressões distribuídas em sua base para o solo.

Será adotado o método das bielas para efeito de cálculo, que se aplica às sapatas rígidas e aos blocos de fundação. Segundo a NBR 6118/2014 (item 22.6.2.2), define-se "Sapatas rígidas o trabalho à flexão nas duas direções, admitindo-se que, para cada uma delas, a tração na flexão seja uniformemente distribuída na largura correspondente da sapata. O método das bielas é utilizado para calcular um elemento estrutural rígido. Transferindo a carga do pilar para a base da sapata por meio de bielas de concreto comprimido, que tem como finalidade a condução das tensões de tração na base da sapata, ficando com a armadura a responsabilidade de resistir a essas tensões.

Segundo Velloso e Lopes (2011), uma boa elaboração e análise de projetos de fundação passam por uma boa Sondagem do solo, sendo que essa é a primeira e também a principal ação a ser feita antes da escolha do processo a ser utilizado no projeto. Para que diante dos resultados encontrados no estudo de solo possa se determinar o tipo de fundação do projeto. As Normas Brasileiras tem papel fundamental para que esse projeto seja executado devidamente seguindo suas especificações.

A sondagem do solo SPT somente pode ser executada por empresas com registro no CREA, assim garantir a sua ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) do projeto/serviço. Esse tipo de sondagem tem preço relativamente baixo, tendo como vantagem a possibilidade de se trabalhar em qualquer local, mesmo os de difícil acesso.

A resistência e consistência do solo com o SPT (*standard Penetration Test.*) servem principalmente para evitar recalques diferenciais e uniformes, que causam trincas e afundamento nas edificações.

A NBR 6484/80, trata da execução de sondagem de simples reconhecimento dos tipos de solos, tendo como referência do método de ensaio. A NBR 8036/83, trata da programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos, para fundação de edifícios.

Busca-se cada vez mais minimizar os problemas futuros em edificações na engenharia, principalmente no que se refere a fundações. Portanto será feito neste trabalho, um comparativo entre dois tipos de fundações aplicadas no mercado para apresentar melhores propostas estruturais a efeitos de execução conforme necessidade local. Com foco no quantitativo de materiais, levantamento dos custos e a determinação dos processos de execução dos diferentes tipos de fundações estaca x sapata aplicadas em uma edificação mista comercial na cidade de Jaraguá – GO. Para o estudo de caso será apresentado os dois tipos de fundações. Apresentar um comparativo dos quantitativos de materiais nos dois processos. Determinar o custo da obra usando a Tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil) referente Insumos e Composições do estado de Goiás, número 032019/Desonerado, atualizado em abril de 2019.

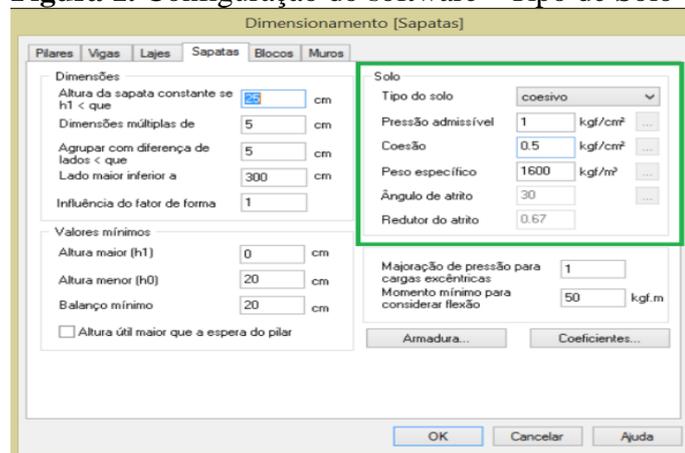
## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 - DIMENSIONAMENTO DAS SAPATAS

#### 2.1.1 - Pressão admissível

A definição da pressão admissível é fundamental para o dimensionamento das sapatas e a determinação de suas dimensões, para que os esforços solicitantes não ultrapassem a pressão admissível no fundo da sapata. Os ensaios de SPT (Anexo A) determinam, onde serão três Furos de Sondagem. Usando a altura de 1,5 metros para a execução da obra em sapatas isoladas. Para o cálculo da tensão do solo foi usado o ensaio com o menor valor encontrado no ensaio de SPT com valor de quatro golpes, atuando de acordo com a segurança da edificação. Devido esse valor ter sido encontrado na base da sapata e não ter possibilitado o uso da média. Conforme demonstrado na figura 1, ocorrerá o lançamento no Eberick através do MENU/Estrutura/Configurações/Projeto/Dimensionamento/Sapatas.

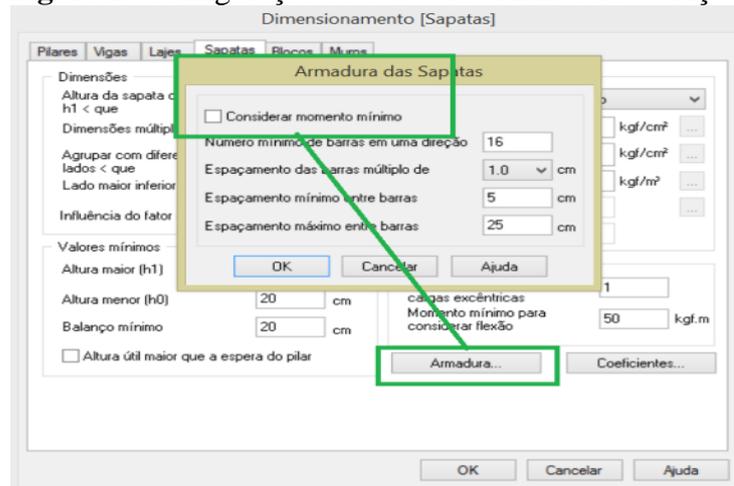
**Figura 1.** Configuração do software " Tipo de Solo "



**Fonte:** Software AutoQi Eberick V8

Segundo a NBR 6118:2014, no item 17.3.5.2.1, referente a Armadura de tração diz que "[...] em elementos estruturais superdimensionados, pode ser utilizada armadura menor que a mínima, com valor obtido a partir de um momento fletor igual ao dobro de  $M_d$  [...]". Vem mostrar que em alguns casos os esforços aplicados nas sapatas são baixos, pode ocorrer de  $M_{d,min}$  ser maior que  $2M_d$ , e isso irá gerar sapatas com taxa de armadura mais elevadas. Buscando um melhor desempenho do projeto deve-se desabilitar a opção **Considerar momento mínimo** conforme figura 2.

**Figura 2.** Configuração do software "Armadura de Aço"



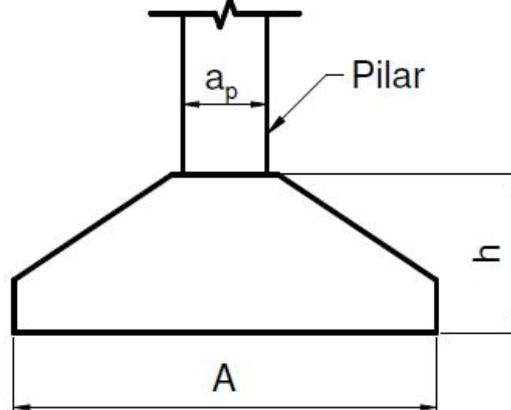
**Fonte:** Software Autue Eberick V8

Logo após as devidas configurações pode-se iniciar o cálculo da estrutura para obtenção das cargas distribuídas na fundação através dos pilares.

### 2.1.2. Estrutura de cálculo para sapata isolada

A NBR 6118:2003, classifica as sapatas quanto à sua rigidez com as seguintes expressões: Sendo a sapata flexível atendendo a equação (1), Tornando-se rígida na equação (2).

**Figura 3.** Dimensões da Sapata



**Fonte:** BASTOS. (2012)

$$h = \frac{A - a_p}{3} \quad (1)$$

$$h \leq \left( \frac{A - a_p}{3} \right) \quad (2)$$

Sendo

$h$  = altura da sapata (m)

$A$  = maior lado da sapata (m)

$a_p$  = maior dimensão do pilar (m)



O cálculo da área da base "S", de uma sapata isolada é calculada em função do carregamento, onde deve ser majorado em 5% atendendo as exigências na norma, especificada equação (3) e dividida pela tensão admissível do solo " $\sigma$ " equação (4).

$$S = \frac{1,05 * Nd}{\sigma} \quad (3)$$

$$\sigma = \frac{N}{5} \quad (4)$$

Onde:

$S = \text{Área da base (m}^2\text{)}$

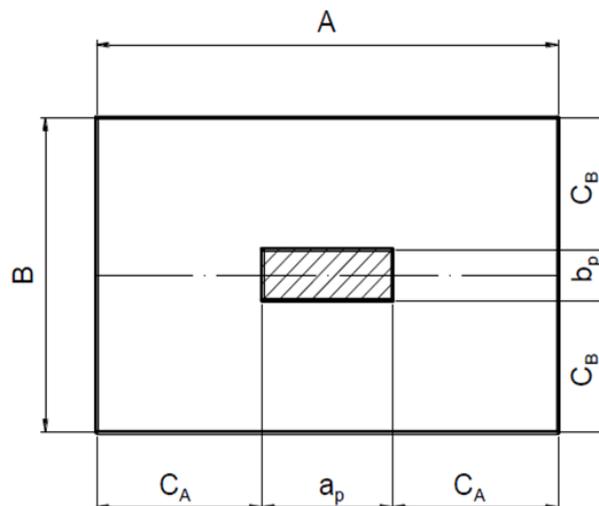
$Nd = \text{Força normal de cálculo (kN)}$

$\sigma = \text{Tensão no solo (MPa)}$

$N = \text{Índice de resistência a penetração}$

Para melhor aproveitamento e desempenho da sapata, criam-se momentos iguais nas abas, relação na equação (5), A ampliação de suas medidas é dada em referencia ao ponto fixo e usa-se um coeficiente  $K * p$ , entre as dimensões do pilar e as dimensões da sapata "C". Sendo "B" o menor lado equação (6) e "A" o maior lado da sapata equação (7). Demonstrado na figura 4.

**Figura 4.** Relação de igualdade entre os lados da sapata



**Fonte:** BASTOS. (2012)

$$A - a_p = B - b_p \quad (5)$$

$$B = (b_p - a_p) + \sqrt{\frac{(a_p - b_p)^2 + 4 * S}{2}} \quad (6)$$

$$A = (B - b_p) + a_p \quad (7)$$

$S = \text{Área da base (m}^2\text{)}$

$C_A = \text{dimensões da sapata A (m)}$

$C_B = \text{dimensões da sapata B (m)}$

Para facilitar a execução na obra, dotado múltiplos de 5 cm para os lados A e B, a onde o software Eberick já vem configurado de acordo com a NBR 6118:2014. Equação (8).

$$\frac{A}{B} \leq 3 \quad (8)$$

Sendo R como a relação entre os lados tem-se, para a determinação dos lados na equação (9)

$$B = \sqrt{\frac{S}{R}} \quad (9)$$

### 2.1.3 - Dimensões das sapatas

Após determinar as equações para definir parâmetros das sapatas, o software Eberick gerará todas as dimensões das sapatas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Dimensões das sapatas

DIMENSÕES DA FUNDAÇÃO TIPO SAPATA						
PILAR			FUNDAÇÃO			
NOME	SEÇÃO (cm)	CARG. MAX (tf)	NOME	LADO B (m)	LADO A (m)	AREA DA BASE (m <sup>2</sup> )
P1	15X30	10,4	S1	1,35	1,5	2,03
P2	15X30	10,6	S2	1,35	1,5	2,03
P3	15X30	11,0	S3	1,35	1,5	2,03
P4	15X30	7,7	S4	1,1	1,25	1,38
P5	15X30	9,1	S5	1,1	1,25	1,38
P6	15X30	18,0	S6	1,6	1,75	2,80
P7	15X30	22,9	S7	1,75	1,9	3,33
P8	15X30	13,2	S8	1,4	1,55	2,17
P9	15X30	17,2	S9	1,6	1,75	2,80
P10	15X30	12,5	S10	1,4	1,55	2,17
P11	15X30	19,0	S11	1,75	1,9	3,33
P12	15X30	24,0	S12	1,85	1,95	3,61
P13	15X30	13,1	S13	1,35	1,5	2,03
P14	15X30	8,2	S14	1,1	1,25	1,38
P15	15X30	17,3	S15	1,6	1,75	2,80
P16	15X30	17,9	S16	1,6	1,75	2,80
P17	15X30	12,2	S17	1,35	1,5	2,03
P18	15X30	21,2	S18	1,75	1,9	3,33
P19	15X30	20,6	S19	1,65	1,8	2,97
P20	15X30	15,6	S20	1,6	1,75	2,80
P21	15X30	13,9	S21	1,5	1,65	2,48
P22	20X30	24,2	S22	1,85	1,95	3,61
P23	20X30	25,0	S23	1,9	2	3,80
P24	15X30	15,2	S24	1,6	1,75	2,80
<b>Área Total da base das Sapatas</b>						<b>61,83</b>

**Fonte:** Próprio autor

A altura útil  $d$  deverá ser inferior ao comprimento de ancoragem  $l_b$  conforme a equação (11), possibilitando a ancoragem da armadura longitudinal do pilar dentro do volume da sapata, conforme demonstrado na equação (10).

$$d = \frac{B - b_p}{3} \quad (10)$$

$$d \leq l_b \quad (11)$$

Sendo:

$B$  = menor lado da sapata (m)

$b_p$  = menor dimensão do pilar (m)

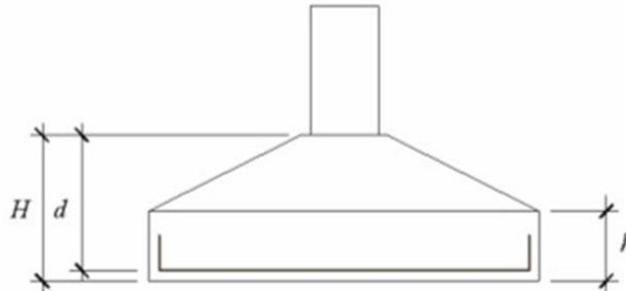
$d$  = altura útil (m)

$l_b$  = comprimento de ancoragem (m)

Adotado, Concreto – C25, considerando a Zona de aderência – Boa (solo coesivo), Aço – CA-50 nervurado com gancho. Altura da base da sapata  $h$  na equação (12) e representado na (Figura 5):

$$h \geq \begin{cases} d \\ 3 \end{cases} \text{ ou } 20\text{cm} \quad (12)$$

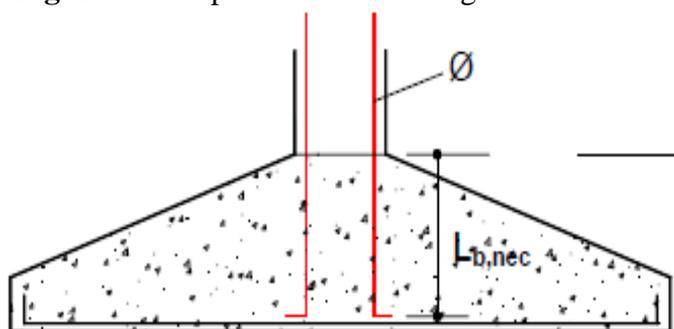
**Figura 5.** Altura da Sapata



**Fonte:** BASTOS, (2012)

Ancoragem das armaduras, onde o software Eberick traz como altura de ancoragem 26 vezes o diâmetro da barra atendendo as especificações da Norma NBR 6118/2014 e apresentado (Anexo B), determina o comprimento de ancoragem necessário das barras do pilar e determinar a quantidade de aço. Conforme equação (13) e demonstrado na figura 6.

$$h \geq L_{b,nec} + c \quad (13)$$

**Figura 6.** Comprimento de ancoragem

Fonte: MOACYR, (2011)

$L_{b,nec}$  = comprimento de ancoragem necessário das barras do pilar (cm)

$c$  = cobertura (m)

$\phi$  = diâmetro das barras do pilar (mm)

Após determinar o comprimento dos arranques e dos estribos será determinado a quantidade de aço utilizado em cada sapata. Conforme tabela 2.

**Tabela 2.** Relação final do aço dos arranque das sapatas

REL DE AÇO	RELAÇÃO DE AÇO DO COMPRIMENTO DE ANCORAGEM							
	DIMENSÕES ESTRIBOS				DIMENSÕES ARRANQUES			
	DIAM (mm)	QT. (UN)	COMP. UNIT. (m)	COMP. TOTAL (m)	DIAM (mm)	QT. (UN)	COMP. UNIT. (m)	COMP. TOTAL (m)
P1	5,0	13	0,81	10,53	10,0	4	0,75	3
	5,0	13	0,25	3,25	10,0	6	2,06	12,4
P2	5,0	13	0,81	10,53	10,0	4	2,06	8,2
P3	5,0	13	0,81	10,53	10,0	4	2,06	8,2
P4	5,0	13	0,81	10,53	10,0	4	2,06	8,2
P5	5,0	13	0,81	10,53	10,0	4	0,75	3
					10,0	4	2,06	8,24
P6	5,0	13	0,81	10,53	10,0	4	2,06	8,24
P7	5,0	13	0,81	10,53	10,0	8	0,75	6
					10,0	4	2,06	8,24
P8	5,0	13	0,81	10,53	10,0	4	2,06	8,24
P9	5,0	13	0,81	10,53	10,0	2	1,5	3
					10,0	6	2,06	12,4
P10	5,0	13	0,81	10,53	10,0	2	1,5	3
	5,0				10,0	4	2,06	8,24
P11	5,0	13	0,81	10,53	10,0	4	2,06	8,24
P12	5,0	13	0,81	10,53	10,0	12	0,75	9
					10,0	4	2,06	8,24
P13	5,0	13	0,81	10,53	10,0	2	1,63	3,26
	5,0	13	0,25	3,25	10,0	4	2,06	8,24
P14	5,0	13	0,81	10,53	10,0	4	2,06	8,24
P15	5,0	13	0,81	10,53	10,0	4	0,75	3
					10,0	4	2,06	8,24
P16	5,0	13	0,81	10,53	10,0	4	0,75	3
	5,0	13	0,25	3,25	10,0	6	2,06	12,4
P17	5,0	13	0,81	10,53	10,0	4	2,06	8,24

<b>P18</b>	5,0	13	0,81	<b>10,53</b>	10,0	4	0,75	<b>3</b>
					10,0	4	2,06	<b>8,24</b>
<b>P19</b>	5,0	13	0,81	<b>10,53</b>	10,0	6	0,75	<b>4,5</b>
	5,0				10,0	4	2,06	<b>8,24</b>
<b>P20</b>	5,0	13	0,81	<b>10,53</b>	10,0	2	0,75	<b>1,5</b>
					10,0	4	2,06	<b>8,24</b>
<b>P21</b>	5,0	13	0,81	<b>10,53</b>	10,0	4	2,06	<b>8,24</b>
<b>P22</b>	5,0	13	0,81	<b>10,53</b>	10,0	4	2,06	<b>8,24</b>
<b>P23</b>	5,0	13	0,81	<b>10,53</b>	10,0	4	2,06	<b>8,24</b>
<b>P24</b>	5,0	13	0,81	<b>10,53</b>	10,0	2	0,75	<b>1,5</b>
					10,0	4	2,06	<b>8,24</b>
<b>TOTAL AÇO <math>\phi</math> 5,0mm</b>				<b>262,47</b>	<b>TOTAL AÇO <math>\phi</math> 10,0mm</b>			<b>256,88</b>

Fonte: Próprio autor

O Ângulo  $\beta$  de acordo com a equação (14):

$$\beta = \frac{2d}{B-b} \quad (14)$$

O peso da sapata  $P_{ps}$  é determinado na equação (15), e volume da sapata  $V_s$  pela equação (16).

$$P_{ps} \leq P_s = 5\% * Nd \quad (15)$$

$$V_s = \left[ \frac{H-h}{3} * (AB + ab + \sqrt{(AB * ab)}) \right] + ABh \quad (16)$$

#### 2.1.4 - Dimensionamento da armadura:

O dimensionamento da armadura de tração é dado através do cálculo da força de tração  $F_t$  em duas direções, onde esse valor é determinado na equação (17).

$$F_t = \begin{cases} F_{t_A} = \frac{1,05 * N}{8} * \frac{A-a}{d_a} \\ F_{t_A} = \frac{1,05 * N}{8} * \frac{B-b}{d_B} \end{cases} \quad (17)$$

O cálculo da armadura a tração  $As_c$  é dado na equação (18).

$$As_c = \begin{cases} As_{ca} = \frac{y_f * F_{ta}}{fy_d} \\ F_{t_A} = \frac{y_f * F_{t_b}}{fy_d} \end{cases} \quad (18)$$

Direção A – A adotar aço CA-50. Número de barras é determinado  $Nb_A$  na equação (19).

$$Nb_A = \frac{As_{ca}}{As_B} + 1 \quad (19)$$

Área de aço efetiva em  $As_{BA}$  cm<sup>2</sup>, equação (20):

$$As_{BA} = Nb_A * As_B \quad (20)$$

Cálculo do espaçamento entre as barras  $esp_A$  na equação (21)

$$esp_A = \frac{B - 2 * cob}{Nb_A - 1} \quad (21)$$

$$esp_A \leq 20cm \quad (22)$$

Direção B – B adotar aço CA-50. Número de barras  $Nb_B$  na equação (23).

$$Nb_B = \frac{As_{cB}}{As_B} + 1 \quad (23)$$

Área de aço efetiva  $As_{BB}$  em cm<sup>2</sup> na equação (24):

$$As_{BB} = Nb_B * As_B \quad (24)$$

Cálculo do espaçamento entre as barras  $esp_B$  na equação (25).

$$esp_B = \frac{A - 2 * cob}{Nb_B - 1} \quad (25)$$

$$esp_B \leq 20cm \quad (26)$$

O quantitativo de aço utilizado na base da sapata determinado através das equações 18 e 21 apresentadas acima, será demonstrado na Tabela 3.

**Tabela 3.** Dimensionamento de Aço utilizado Base das sapatas

RELAÇÃO DE AÇO	AÇO DA BASE DAS SAPATAS							
	DIMENSÕES LADO A				DIMENSÕES LADO B			
	DIAM (mm)	QT. (UM)	UNIT. (cm)	COMP. TOTAL (cm)	DIAM (mm)	QT. (UM)	UNIT. (cm)	COMP. TOTAL (cm)
S1	8,0	16	168	2688,00	8,0	16	153	2448,00
S2	8,0	16	163	2608,00	8,0	16	148	2368,00
S3	8,0	16	163	2608,00	8,0	16	148	2368,00
S4	8,0	16	143	2288,00	8,0	16	128	2048,00
S5	8,0	16	143	2288,00	8,0	16	128	2048,00
S6	8,0	16	193	3088,00	8,0	16	178	2848,00
S7	8,0	16	208	3328,00	8,0	16	193	3088,00
S8	8,0	16	173	2768,00	8,0	16	158	2528,00
S9	8,0	16	188	3008,00	8,0	16	173	2768,00
S10	8,0	16	173	2768,00	8,0	16	158	2528,00
S11	8,0	16	203	3248,00	8,0	16	188	3008,00
S12	8,0	16	213	3408,00	8,0	16	198	3168,00
S13	8,0	16	168	2688,00	8,0	16	153	2448,00
S14	8,0	16	143	2288,00	8,0	16	128	2048,00
S15	8,0	16	193	3088,00	8,0	16	178	2848,00
S16	8,0	16	193	3088,00	8,0	16	178	2848,00
S17	8,0	16	163	2608,00	8,0	16	148	2368,00
S18	8,0	16	203	3248,00	8,0	16	188	3008,00

S19	8,0	16	198	3168,00	8,0	16	183	2928,00
S20	8,0	16	188	3008,00	8,0	16	173	2768,00
S21	8,0	16	183	2928,00	8,0	16	168	2688,00
S22	8,0	17	213	3621,00	8,0	18	203	3654,00
S23	8,0	17	218	3706,00	8,0	17	208	3536,00
S24	8,0	16	188	3008,00	8,0	16	173	2768,00
<b>TOTAL</b>	<b>70543,00</b>				<b>65126,00</b>			
<b>Somatório de A + B (cm)</b>				<b>135669,00</b>				
<b>TOTAL EM METROS</b>				<b>1356,69</b>				

Fonte: Próprio autor

O total do aço gasto nos arranques dos pilares (Tabela 2) mais total do aço gasto na base da sapata (Tabela 3) dividido pela massa nominal (Anexo D), determinando a quantidade de aço  $Qt_{Aço}$  em Kg na equação (27). E o resumo final do quantitativo de aço das sapatas demonstrado na Tabela 4.

$$Qt_{Aço} = L_{aço} * Mn_{aço} \quad (27)$$

$L_{aço}$  = Comprimento do aço (m)

$Mn_{aço}$  = Massa nominal do aço (Kg/m)

**Tabela 4.** Resumo de aço das sapatas

RELAÇÃO TOTAL DE AÇO DAS SAPATAS				
AÇO	DIAM	C. TOTAL (m)	MASSA NOMINAL (kg)	PESO + 10% (kg/m)
CA60	5,0	262,47	0,154	44,46
CA50	8,0	1356,69	0,395	589,48
CA50	10,0	256,88	0,617	174,34

Fonte: Próprio autor

A área de forma (m<sup>2</sup>) é determinada através dos valores na Tabela 5.

**Tabela 5.** Área de Forma

RELAÇÃO DE FORMAS	ÁREA DE FORMA (m <sup>2</sup> )	RELAÇÃO DE FORMAS	ÁREA DE FORMA (m <sup>2</sup> )
F1	2,49	F13	2,49
F2	2,45	F14	2,29
F3	2,45	F15	2,69
F4	2,29	F16	2,69
F5	2,29	F17	2,45
F6	2,69	F18	2,77
F7	2,81	F19	2,73
F8	2,53	F20	2,65
F9	2,65	F21	2,61
F10	2,53	F22	3,02
F11	2,77	F23	3,06
F12	2,85	F24	2,65
<b>TOTAL</b>	<b>30,8</b>	<b>TOTAL</b>	<b>32,1</b>
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>62,90</b>		
<b>TOTAL + 10%</b>	<b>69,19</b>		

Fonte: Próprio autor

O traço será determinado de acordo com a relação água/cimento para que o concreto atinja a resistência adequada para a boa execução da obra, de acordo com a NBR 6118/2014 determinado no Anexo C. Já a quantidade de concreto é gasto para execução é determinado conforme o volume das sapatas. Determinado na Tabela 6.

**Tabela 6.** Volume de concreto das sapatas

RELAÇÃO DAS SAPATAS	VOL CONCRETO (m <sup>3</sup> )	RELAÇÃO DAS SAPATAS	VOL CONCRETO (m <sup>3</sup> )
S1	0,63	S13	0,63
S2	0,59	S14	0,43
S3	0,59	S15	0,95
S4	0,43	S16	0,95
S5	0,43	S17	0,59
S6	0,95	S18	1,11
S7	1,17	S19	1
S8	0,71	S20	0,9
S9	0,9	S21	0,8
S10	0,71	S22	1,29
S11	1,11	S23	1,43
S12	1,23	S24	0,9
<b>TOTAL</b>	<b>9,45</b>	<b>TOTAL</b>	<b>10,98</b>
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>20,43</b>		
<b>TOTAL +10 %</b>	<b>22,47</b>		

**Fonte:** Próprio autor

Para melhor execução e nivelamento do fundo das sapatas é colocado um lastro de concreto magro para proteger a armadura evitando danos futuras na base da sapata. Essa camada devera ser de 5cm de espessura e o volume de concreto magro utilizado é dado através da somatória de todas as áreas das sapatas (Tabela 1) multiplicado pelo valor de um metro quadrado de concreto.

## 2.2. DIMENSIONAMENTO DOS BLOCOS ESTACAS

A NBR 6122 (ABNT, 2010) descreve de forma clara o que são as fundações profundas.

Elemento de fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de Ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, devendo sua ponta ou base estar assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3,0m. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões. (NBR 6122, 2010, p.3).

Estacas são elementos de fundação profunda executado inteiramente por equipamentos ou ferramentas, sem que, em qualquer fase de sua execução, haja descida de operário. Os materiais empregados podem ser: madeira, aço, concreto pré- moldado, concreto moldado *in sit.* ou mistos.

A execução das estacas pode ser feita por prensagem, vibração, cravação por percussão, por escavação, ou de forma mista, incluindo mais de um desses processos.

Tensões admissíveis em estacas: Os dois principais métodos semi-empíricos estudados para o cálculo da capacidade de carga por meio de ensaio SPT são os de Aoki-Velloso e Décourt-Quaresma.



### 2.2.1 - Método estatístico de Décourt-Quaresma

Décourt - Quaresma apresentaram em 1976, no 6º Congresso Brasileiro de Mecânica de Solos e Engenharia de Fundações, um processo de determinação da capacidade de carga de estacas com base no ensaio por sondagem por percussão SPT. No decorrer dos anos esse método vem sendo aperfeiçoado para estender para outros tipos de estaca, sendo apresentada em 1996 uma expressão bem mais completa, bastante utilizada e difundida. A determinação de carga de ruptura por esse método é apresentado da seguinte forma:

A Tensão de ruptura de ponta  $q_p$  demonstrado na equação (28).

$$q_p = K * N_p \quad (28)$$

Onde:

$N_p$  = médio do SPT dos três últimos furos

$K$  = *coeficiente tabelado*

**Tabela 7.**  $K$  = coeficiente do tipo do solo

Tipo do solo	$K$ (tf/m <sup>2</sup> )
Argila	12
Silte argiloso	20
Silte arenoso	25
Areia	40

**Fonte:** CINTRA, 2003

Atrito lateral unitário  $q_s$  é dado pela equação (29):

$$q_s = 10 * \left( \frac{N_l}{3} + 1 \right) \quad (29)$$

Onde:

$N_l$  = média do SPT até a profundidade determinada

Carga de ruptura de uma estaca  $Q_u$  na equação (30).

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (30)$$

Sendo:

$$Q_p = \alpha * q_p * A_p \quad (31)$$

e

$$Q_s = \beta * q_s * A_s \quad (32)$$

Onde:

$A_p$  = Área de ponta da estaca na equação

$A_s$  = Área lateral da estaca na equação

$\beta$  e  $\alpha$  = Parâmetros de ajuste em função do tipo de estaca e solo

$$A_p = \pi * R^2 \quad (33)$$

$$A_s = 2\pi * R * L_{est} \quad (34)$$

Onde:

$R$  = Raio da circunferencia da estaca

$L_{est}$  = Comprimento da estaca

**Tabela 8.** Parâmetros de ajuste do tipo de estaca e solo

Tipos de Estacas	Argila		Solos intermediários		Areias	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
Cravada	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Escavada em geral	0,85	0,80	0,50	0,65	0,50	0,50
Escavada c/ lama betomítica	0,85	0,90	0,60	0,75	0,50	0,60
Hélice contínua	0,30	1,00	0,30	1,00	0,30	1,00
Raiz	0,85	1,50	0,60	1,50	0,50	1,50
Injetáveis (alta pressão)	1,00	3,00	1,00	3,00	1,00	3,00

**Fonte:** HACHICH, 1998

Segundo a NBR 6122/96 adota-se fatores de segurança conforme equação (35):

$$Q_u \leq \frac{Q_l}{FS_l} + \frac{Q_p}{FS_p} = \frac{Q_l}{1,3} + \frac{Q_p}{4} \quad (35)$$

Segundo Campos (2012), antes de tudo devemos escolher o tipo de estaca a ser usada para depois partir para o dimensionamento da mesma, observando as características geotécnicas do solo e as condições de execução das mesmas. Em seguida, será definido a cota de assentamento da fundação, através dos resultados das sondagens com SPT, bem como as características da resistência dos materiais que compõem a parte estrutural da fundação.

Para cálculo de dimensionamento das estacas será utilizado o método Décourt-Quaresma. Para esse dimensionamento, foram analisados os resultados de sondagem com SPT de três furos (Anexo A) e foi escolhido o furo com capacidade de carga mais crítico, medida adotada em favor da segurança.

Antes de iniciar os cálculos será definido primeiro o tipo de estaca a ser adotada e seu diâmetro.

Optou-se pela estaca escavada a trado mecânico por se tratar de estaca mais utilizada em edificações de médio porte e o diâmetro de 30 centímetros.

O resultado de sondagem de cada furo SPT metro a metro com a capacidade de carga dos mesmos. A escolha do dimensionamento foi optar por estacas entra 4 e 6 metros, assim o relatório de sondagem do furo SP02 apresentou resultados mais críticos para a profundidade escolhida, sendo esse o escolhido, desprezando os resultados dos outros dois furos SP01 e SP03. Demonstrado na tabela 9.

**Tabela 9.** Capacidade de carga para cada metro de profundidade

Profundidade (m)	Capacidade de carga das estacas (tf)		
	SP01	SP02	SP03
1	2,6	2,6	2,7
2	3,9	4,6	4,7
3	7,4	6,0	6,4
4	9,0	9,0	9,3
5	12,1	11,6	12,3
6	14,5	14,3	15,1
7	17,1	17,5	18,6

**Fonte:** Próprio autor

### 2.2.2 - Resistência a compressão do concreto

Não só os cálculos da resistência do solo  $\sigma$  na equação (37) devem ser ponderados, deve-se também testar a resistência máxima do concreto, baseado na seção transversal  $A$  na equação (36) da estaca adotada, utilizando-se da expressão apresentada por Campos (2012) para cálculo do fuste mínimo. Usando  $\sigma=4$  conforme determinado por campos.

$$A_{est} = \frac{Nd}{4} \quad (36)$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (37)$$

Onde:

$A_{est}$  = Área da seção transversal da estaca em  $m^2$   
 $Nd$  = Força normal de cálculo (MN)

Substituindo a área da seção transversal da estaca adota neste trabalho (diâmetro de 30 cm) encontraremos a carga máxima que esta estaca poderá suportar sem a necessidade de armadura de compressão. Conforme equação (38):

$$\frac{\pi * D_{est}^2}{4} \geq \frac{Nd}{4} \quad (38)$$

Onde:

$D_{est}$  = Diâmetro da estaca  
 $Nd$  = Força normal de cálculo (MN)

Com esse resultado nota-se que a estaca pode suportar até 28,3 tf sem a necessidade de armadura a esforço de compressão, sendo esse valor superior à resistência máxima que o solo pode suportar por uma estaca de sete metros de profundidade segundo o resultado do SPT escolhido, assim os valores da tabela (9) são válidos e serão utilizados, pois comprovamos a resistência do concreto adotado para a confecção das estacas escavadas *in loco*.

### 2.2.3 - Dimensionamento geométrico das estacas

Com a planta de carga do projeto da edificação em análise pode-se chegar a quantidade de estacas por pilar/bloco, ou seja, a distribuição uniforme das cargas transmitidas pelos pilares para as estacas de forma que cada estaca suporte uma carga inferior ao máximo admitida para aquela profundidade, segundo o ensaio de STP (Anexo A). Determinado na tabela 10.

**Tabela 10.** Dimensionamento das estacas

Estacas	N (tf)	px (m)	py (m)	Ø (cm)	Nº Estaca	Carga p/estaca(tf)	Prof. Estaca (m)
E1	10,4	15	30	30	2	5,2	4
E2	10,6	15	30	30	2	5,3	4
E3	11,0	15	30	30	2	5,5	4
E4	7,7	15	30	30	1	7,7	5
E5	9,1	15	30	30	1	9,1	6
E6	18,0	15	30	30	3	6,0	5
E7	22,9	15	30	30	3	7,63	5
E8	13,2	15	30	30	2	6,6	5
E9	17,2	15	30	30	2	8,6	5
E10	12,5	15	30	30	2	6,25	5
E11	19,0	15	30	30	3	6,33	5
E12	24,0	15	30	30	3	8,0	5
E13	13,1	15	30	30	2	6,55	5
E14	8,2	15	30	30	1	8,2	5
E15	17,3	15	30	30	2	8,65	5
E16	17,9	15	30	30	2	8,95	5
E17	12,2	15	30	30	2	6,1	5
E18	21,2	15	30	30	3	7,07	5
E19	20,6	15	30	30	3	6,87	5
E20	15,6	15	30	30	2	7,8	5
E21	13,9	15	30	30	2	6,95	5
E22	24,2	20	30	30	3	8,07	5
E23	25,0	20	30	30	3	8,33	5
E24	15,2	15	30	30	2	7,6	5

**Fonte:** Próprio autor

A tabela 10 apresenta o dimensionamento geométrico das estacas dos 24 pilares do projeto da edificação analisada. Percebe-se através dos resultados apresentados que todas as estacas estão entre 4 e 6 metros de profundidade.

Apresentou-se a necessidade de pilares de 1 a 3 estacas logo serão necessários 3 tipos de blocos de coroamento para distribuição dos esforços dos pilares.

Segundo a NBR 6122/2010 estacas escavadas sem fluido submetidas à tensão e compressão de até no máximo 5 Mpa não necessitam de armaduras, exceto quanto à ligação entre estaca e bloco de coroamento.

Através dessas informações pode-se efetuar o detalhamento da armadura das estacas do projeto desse trabalho bem como o volume total do concreto a ser usado.

Será adotado para esse trabalho armaduras de 2m de comprimento também segundo a NBR 6122/2010 para a ligação entre as estacas e os blocos de coroamento.

O volume total do concreto  $V$  a ser usado nas estacas será demonstrado na tabela 11 com base na equação (39).

$$V = \pi * \frac{D_{est}}{4} * L_{est} \quad (39)$$

$V$  = Volume de concreto

$D_{est}$  = Diâmetro da estaca

$L_{est} = \text{Comprimento da estaca}$

**Tabela 11.** Cálculo do volume total de concreto das estacas

Quantidade de Estacas	Comprimento (m)	Volume de Concreto (m <sup>3</sup> )
6	4	1,69
46	5	16,26
1	6	0,42
<b>Total</b>		<b>18,37</b>
<b>Total com 10% de margem de segurança</b>		<b>20,20</b>

**Fonte:** Próprio autor

Segundo a NBR 6122/2010, pode-se efetuar o detalhamento da armadura das estacas do projeto com armaduras de 2m de comprimento e porcentagem de armadura mínima 0,5% da área de concreto da seção transversal  $A_{ac}$  da estaca como mostra a equação (40).

$$A_{ac} = 0,5\% * A_c \quad (40)$$

$A_{ac}$  = área de aço longitudinal

$A_c$  = área da seção transversal da estaca

Como a área da seção transversal da estaca é de 706,86 cm<sup>2</sup>, será preciso uma área de 3,53 cm<sup>2</sup> de armadura. Isso significa em usar aço CA50 5Ø 10.0mm com área de aço de 3,93 cm<sup>2</sup>. A respeito da armadura dos estribos, adota-se aço CA60 Ø 5.0mm espaçados a 10 cm entre si. Será transformado em kg para levantamento de custo multiplicando pelo coeficiente (Anexo D). Demonstrado conforme tabela 12.

**Tabela 12.** Cálculo da ferragem CA50 de Ø10, 0mm

Quantidade de estacas	Quantidade de barras p/ estaca (2m)	Quantidade total (m)	Quantidade de aço em kg
53	5	530	327,10
<b>Total com 10% de margem de segurança em kg</b>			<b>359,78</b>

**Fonte:** Próprio autor

Considerando um cobrimento da armadura de 2 cm temos que o diâmetro da mesma é de 26 cm isto implica que cada estribo terá 84 cm de comprimento. Será transformado em kg para levantamento de custo multiplicando pelo coeficiente (Anexo D). Conforme tabela 13.

**Tabela 13.** Cálculo da ferragem CA60 de Ø5,0mm

Quantidade de estacas	Quantidade de estribos por estaca	Comprimento do estribo (m)	Quantidade total (m)	Quantidade de aço em kg
53	19	0,84	845,88	130,27
<b>Total com 10% de margem de segurança em kg</b>				<b>143,30</b>

**Fonte:** Próprio autor

## 2.2.4 - Blocos de coroamento

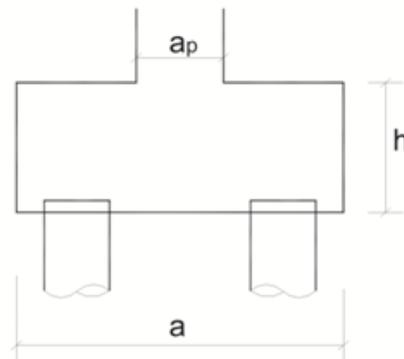
"Blocos são estruturas de volume usadas para transmitir às estacas e aos tubulões as cargas de fundação, podendo ser considerados rígidos ou flexíveis por critério análogo ao definido para sapatas". (NBR 6118/2014 item 22.7.1).

Considera-se blocos rígidos quando os centros das estacas estão espaçados de 2,5 a 3 vezes o diâmetro da mesma não inferior a 60 cm. E sua altura obedecer as seguinte inequação (41):

$$h > \left(\frac{a - a_p}{3}\right) \quad (41)$$

$$h > \left(\frac{b - b_p}{3}\right)$$

**Figura 7.** Dimensões do Bloco/pilar



**Fonte:** Próprio autor

O bloco pode ser sobre 1, 2, 3,... n estacas lembrando que blocos sobre quantidade excessiva de estacas não é recomendado pois ocasiona a perda de eficiência da mesma. Essa perda de eficiência é dada por vários critérios e vários autores.

No Brasil o bloco mais usado é o rígido e o método utilizado para dimensionamento de blocos com 2, 3 ou 4 estacas é o método das bielas por ser mais simples de ser usado e com ótimos resultados.

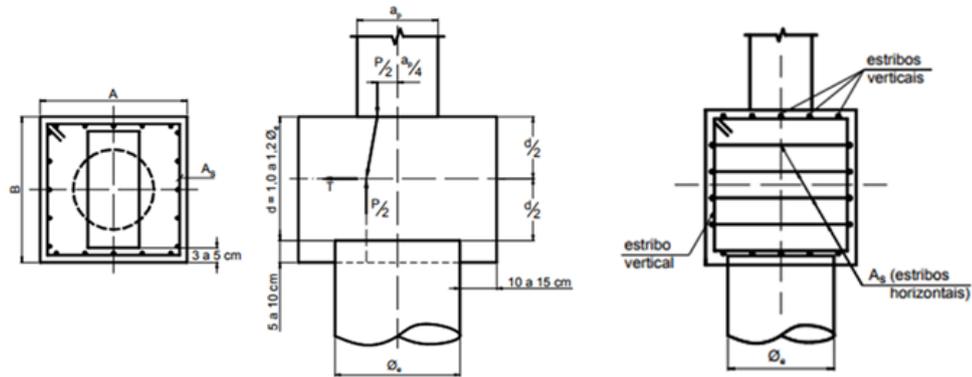
O Método das Bielas admite, no interior do bloco, uma treliça espacial, para blocos acima de duas estacas, ou plana para blocos sobre duas estacas. As forças das cargas atuante nas barras comprimidas da treliça são resistidas pelo concreto fazendo com que a base do bloco trabalhe com esforços de tração resistidos pela armadura. A principal dificuldade é dimensionar as bielas comprimidas, este dimensionamento é calculado através da proposta de Blévtot (1976).

### 2.2.5 - Bloco sobre 1 estaca.

Bloco de uma estaca é apenas um elemento de ligação entre o pilar e a estaca. Não há critérios específicos para cálculo de dimensionamento dos blocos de uma estaca, possuindo apenas uma armadura estrutural obtidas pelos cálculos das cargas atuantes e em função das dimensões da estaca.

Detalhamento e dimensionamento das armaduras:

**Figura 8.** Bloco com 1 estaca



**Fonte:** Próprio autor

O tamanho do bloco representado pela letra "A" é determinado na equação (42).

$$A \geq \phi_e + 2 * (10\text{cm}) \quad (42)$$

Onde:

$\phi_e = \text{diâmetro da estaca}$

Força de tração horizontal é determinado pela equação (43):

$$T_d = 0,25 p_d \quad (43)$$

$p_d = \text{carga do pilar sobre a estaca}$

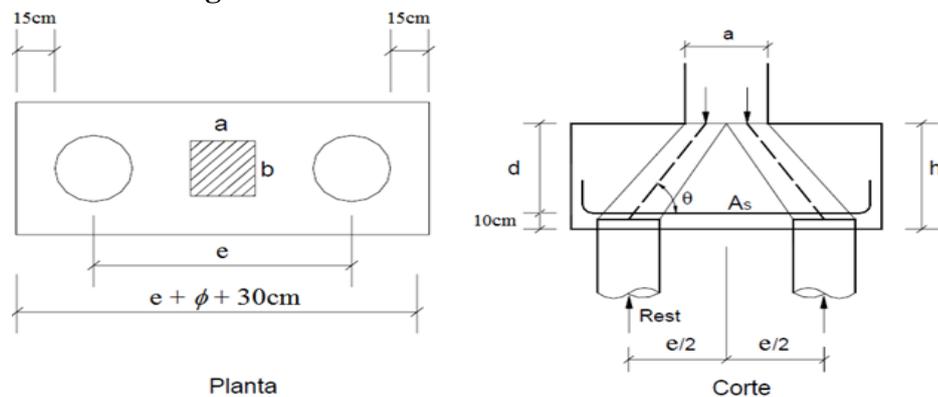
Área de aço na forma de estribos horizontais, para resistir a força de tração  $T_d$  determinada pela equação (44) também usado para estribos verticais nas duas direções do bloco:

$$A_s = \frac{T_d}{f_{yd}} \quad (44)$$

### 2.2.6 - Bloco sobre 2 estacas.

A figura 9 apresenta o esquema de distribuição de forças atuantes no bloco e seu dimensionamento, e também a área de aço para resistir os esforços de tração na parte inferior do bloco (figura 9).

**Figura 9.** Detalhamento do bloco com 2 estacas



**Fonte:** Próprio autor

Após inúmeros ensaios Blévtot concluiu que não haverá nenhum problema de punionamento se as bielas tiver um ângulo de inclinação  $\theta$ , equação (45), tal que.

$$45^\circ \leq \theta \leq 55^\circ \quad (45)$$

Segundo Moura (1983) para dimencionamento estrutural do pilar deve-se seguir as seguinte etapas:

Cálculo da altura util: conforme equação (46).

$$0,250 (2e - a) \leq d \leq 0,357 (2e - a) \quad (46)$$

Compressão da biela junto ao pilar: conforme equação (47)

$$\frac{P}{A_p \text{sen}^2 \theta} \leq 0,85f_{ck} \quad (47)$$

Compressão da biela junto a estaca: conforme equação (48)

$$\frac{P}{2A_e \text{sen}^2 \theta} \leq 0,85f_{ck} \quad (48)$$

Área de aço da armadura principal equação (50)

$$Z = \frac{P (2e - a)}{8d} \quad (49)$$

$$A_s = \frac{1,4Z}{f_{yd}} \quad (50)$$

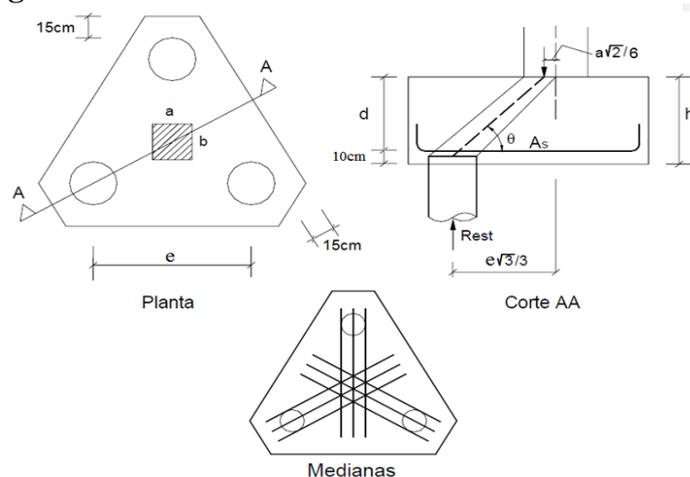
Armadura de pele  $A'_s$ : Conforme equação (51)

$$A'_s = \frac{1}{8} A_s \quad (51)$$

### 2.2.7 - Bloco sobre 3 estacas

A metodologia de cálculo para blocos sobre 3 estacas é a mesma usada para blocos de 2 estacas, sendo que, é calculada a área de aço de cada face do bloco, através da distribuição por medianas. Conforme figura 10.



**Figura 10.** Detalhamento do bloco com 3 estacas

**Fonte:** Próprio autor

Sequencia de calculo para dimensionamento do bloco sobre 3 estacas segundo Moura (1983). Inclinação das bielas. Conforme equação (52).

$$\operatorname{Tg}\theta = \frac{6d}{(2e\sqrt{3} - a\sqrt{2})} \quad (52)$$

Sendo recomendado: Equação (53).

$$45^\circ \leq \theta \leq 55^\circ \quad (53)$$

Altura útil:

$$0,577e - 0,236a \leq d \leq 0,824e - 0,336a \quad (54)$$

Compressão da biela junto ao pilar: Conforme equação (55)

$$\frac{P}{A_p \sin^2 \theta} \leq 1,06 f_{ck} \quad (55)$$

Compressão da biela junto a estaca: Conforme equação(56)

$$\frac{P}{3A_e \sin^2 \theta} \leq 1,06 f_{ck} \quad (56)$$

Armadura necessária:Conforme equação (57)

$$A_s = \frac{1,4Z}{f_{yd}} \quad (57)$$

Onde Z depende da disposição da armadura:

Armadura segundo as Medianas. Conforme equação (58)

$$Z = \frac{P(2e\sqrt{3} - a\sqrt{2})}{18d} \quad (58)$$

(59) Armadura segundo os lados do triangulo formado pelas estacas. Conforme equação

$$Z_1 = \frac{P(e - 0,408a)}{9d} \quad (59)$$

Armadura segundo malhas quadriculadas:

Na direção paralela ao lado. Conforme equação (60)

$$Z_2 = \frac{P(2e - a)}{12d} \quad (60)$$

Na direção normal ao lado. Conforme equação (61)

$$Z_3 = \frac{P(2e\sqrt{3} - b\sqrt{2})}{18d} \quad (61)$$

Com base em toda metodologia de cálculo demonstrada pode-se calcular todo o consumo das ferragens de todas as armaduras, volume de concreto e área de forma de todos os blocos da edificação proposta. Conforme Tabela 14.

**Tabela 14.** Dados consumo material do bloco

Bloco	Dim. Bloco A (cm)	Dim. Bloco B (cm)	d (cm)	h (cm)	px Pilar (cm)	py Pilar (cm)	Carga (tf)	nº Est	e (cm)	Volume de concreto (m³)	Área de forma (m²)	Ferro CA60 05mm (m)	Ferro CA50	
													08mm (m)	10mm (m)
B1	140	50	50	60	15	30	10,4	2	90	0,45	3,09	55	8,7	8,8
B2	140	50	50	60	15	30	10,6	2	90	0,45	3,09	53	8,7	5,8
B3	140	50	50	60	15	30	11,0	2	90	0,45	3,09	53	8,7	5,8
B4	50	50	50	60	15	30	7,7	1	-	0,18	2,01	22,1	-	5,8
B5	50	50	50	60	15	30	9,1	1	-	0,18	2,01	22,1	-	5,8
B6	147,7	127,9	50	60	15	30	18	3	90	0,76	3,47	87,6	36,9	5,8
B7	147,7	127,9	50	60	15	30	22,9	3	90	0,76	3,47	87,6	36,9	5,8
B8	140	50	50	60	15	30	13,2	2	90	0,45	3,09	53	8,7	5,8
B9	140	50	50	60	15	30	17,2	2	90	0,45	3,09	53	10,8	11,7
B10	140	50	50	60	15	30	12,5	2	90	0,45	3,09	53	8,7	5,8
B11	147,7	127,9	50	60	15	30	19	3	90	0,76	3,47	87,6	30,8	5,8
B12	147,7	127,9	50	60	15	30	24	3	90	0,76	3,47	87,6	36,9	5,8
B13	140	50	50	60	15	30	13,1	2	90	0,45	3,09	55	8,7	8,8
B14	50	50	50	60	15	30	8,2	1	-	0,18	2,01	22,01	-	5,8
B15	140	50	50	60	15	30	17,3	2	90	0,45	3,09	53	10,8	5,8
B16	140	50	50	60	15	30	17,9	2	90	0,45	3,09	55	10,8	14,6
B17	140	50	50	60	15	30	12,2	2	90	0,45	3,09	53	8,7	5,8
B18	147,7	127,9	50	60	15	30	21,2	3	90	0,76	3,47	87,6	30,8	5,8
B19	147,7	127,9	50	60	15	30	20,6	3	90	0,76	3,47	87,6	30,8	5,8
B20	140	50	50	60	15	30	15,6	2	90	0,45	3,09	53	10,8	5,8
B21	140	50	50	60	15	30	13,9	2	90	0,45	3,09	55	8,7	8,8
B22	147,7	127,9	50	60	15	30	24,2	3	90	0,76	3,47	84,1	30,3	-
B23	147,7	127,9	50	60	15	30	25	3	90	0,76	3,47	84,1	30,3	5,8
B24	140	50	50	60	15	30	15,2	2	90	0,45	3,09	55	8,7	8,8
TOTAL										12,5	74,13	1470,6	436,3	193,4
TOTAL + 10% margem de segurança										13,75	81,54	1617,76	479,9	212,7

**Fonte:** Próprio autor

Se o bloco não for assentado diretamente em rocha é necessário a realização de uma camada de concreto magro de no mínimo 5cm, que ocupe toda a extensão do bloco para proteger o elemento da umidade do solo.

A coleta de valores dos materiais será feita através dos dados da tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil) referente Insumos e Composições do estado de Goiás, número 032019/Desonerado, atualizado em abril de 2019. Esta tabela trata dos elementos básicos da construção civil, também de equipamentos e mão de obra dos profissionais da área da construção civil. Onde compõem o Banco Nacional de Insumos e fica de responsabilidade da Caixa Econômica Federal as definições técnicas de

Engenharia e a divulgação em sua página para todo o Brasil, de acordo com o Decreto 7.983/2013 e pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) que discorre sobre as pesquisas de preço, através do Acordo de Cooperação Técnica.

Logo após será demonstrado o valor de cada material, Tabela 15, utilizado no processo de execução das fundações do tipo de sapata e bloco estaca.

**Tabela 15.** Valores dos materiais conforme tabela SINAPI

<b>TABELAS DE VALORES DOS MATERIAIS</b>				
<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIÇÃO DO INSUMO</b>	<b>UNID</b>	<b>ORIGEM PREÇO (R\$)</b>	<b>PREÇO MEDIANO (R\$)</b>
34	Aço CA-50, 10,0mm, Vergalhão	Kg	CR	4,78
33	Aço CA-50, 08,0mm, Vergalhão	Kg	CR	5,62
39	Aço CA-60, 05,0mm, Vergalhão	Kg	CR	4,74
96531	Fabricação, montagem e desmontagem de fôrma para bloco de coroamento madeira serrada E=25 mm	m <sup>2</sup>	CR	64,66
96532	fabricação, montagem e desmontagem de fôrma para sapata, em madeira serrada E=25 mm	m <sup>2</sup>	CR	117,98
1527	Concreto Usinado Bombeavel, Classe de Resistência C25, com brita 0 e 1, Slump = 100+/-20 mm, incluindo serviço de bombeamento (NBR 8953)	m <sup>3</sup>	CR	320,44
96619	Lastro de concreto magro aplicado em blocos de coroamento ou sapatas. E= 5cm	M <sup>2</sup>	CR	20,84

**Fonte:** Tabela SINAPI

### 3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Pode-se agora fazer o somatório total de consumo de materiais para as fundações do tipo Sapata e Bloco com estaca escavada para a edificação proposta já adicionando 10% de margem de segurança. Conforme tabela 16 e tabela 17.

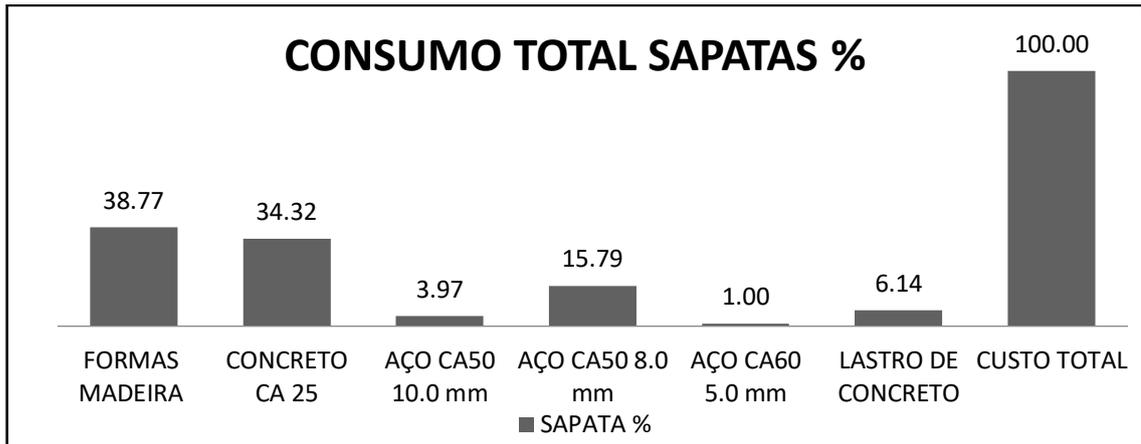
Para melhor entendimento será gerado um gráfico com os percentuais em cada tipo de fundação. Conforme figura 11 e figura 12.

**Tabela 16.** Consumo total fundação Sapata.

<b>CUSTO TOTAL DA FUNDAÇÃO TIPO SAPATA</b>					
<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIÇÃO DO INSUMO</b>	<b>UM.</b>	<b>QUANT. UNI.</b>	<b>PREÇO UNIT. (R\$)</b>	<b>PREÇO TOTAL (R\$)</b>
96532	FORMAS MADEIRA E= 25 mm	M <sup>2</sup>	68,96	117,98	8135,90
1527	CONCRETO CA 25	M <sup>3</sup>	22,47	320,44	7200,29
34	AÇO CA50 10.0 mm	KG	174,34	4,78	833,35
33	AÇO CA50 8.0 mm	KG	589,48	5,62	3312,88
39	AÇO CA60 5.0 mm	KG	44,46	4,74	210,74
96616	LASTRO DE CONCRETO	M <sup>2</sup>	61,83	20,84	1288,54
				<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>20981,69</b>

**Fonte:** Próprio autor

**Figura 11.** Percentual de valores gastos nas sapatas



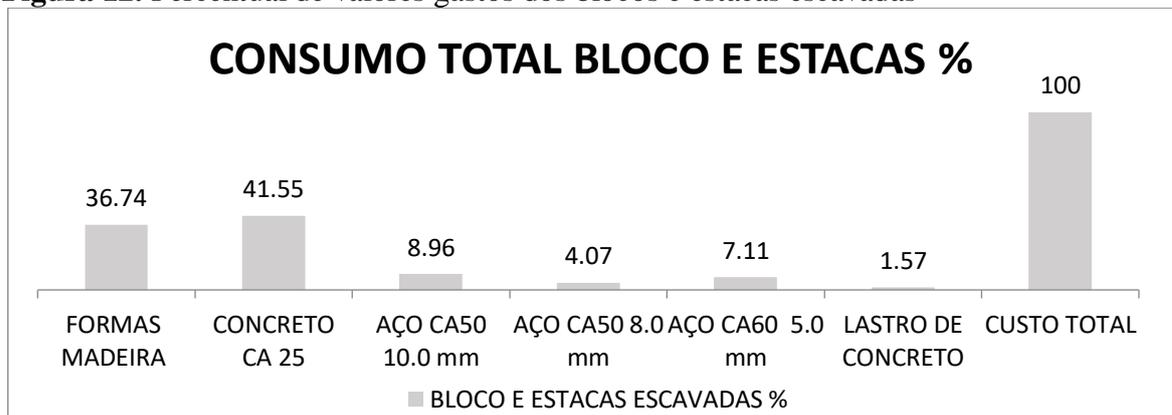
**Fonte:** Próprio autor

**Tabela 17.** Consumo total fundação bloco/estaca.

CUSTO TOTAL DA FUNDAÇÃO TIPO BLOCO/ESTACA						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO DO INSUMO	UM.	QUANT. UNI.	PREÇO		
				UNIT. (R\$)	TOTAL (R\$)	
96532	FORMAS MADEIRA E= 25 mm	M <sup>2</sup>	81,54	117,98	9620,09	
1527	CONCRETO CA 25	M <sup>3</sup>	33,95	320,44	10878,94	
34	AÇO CA50 10.0 mm	KG	490,88	4,78	2346,41	
33	AÇO CA50 8.0 mm	KG	189,4	5,62	1064,43	
39	AÇO CA60 5.0 mm	KG	392,6	4,74	1860,92	
96616	LASTRO DE CONCRETO	M <sup>2</sup>	19,72	20,84	410,96	
<b>CUSTO TOTAL</b>					<b>26181,75</b>	

**Fonte:** Próprio autor

**Figura 12.** Percentual de valores gastos dos blocos e estacas escavadas



**Fonte:** Próprio autor

O gráfico (Figura 13) demonstra o comparativo do percentual gasto em cada tipo de fundação:

Conforme foi observado no gráfico acima (Figura 13). A fundação tipo sapata teve uma economia aproximada no geral de 19,86 % em relação a fundação bloco/estaca. A sapata ficou mais econômica em relação ao bloco/estaca no consumo da área de forma, concreto CA25, aço CA50 10 mm e o aço CA60 5 mm mesmo apresentando um consumo maior em relação ao bloco/estaca no aço CA50 8mm e no lastro de concreto. Identificou-se, portanto, uma diferença considerável comparada com a fundação bloco/estaca. Vale ressaltar a

necessidade de um estudo mais abrangente do ponto de vista econômico e construtivo, sendo a análise apresentada neste trabalho, uma opção complementar e não definitiva, pois ainda ficaram alguns aspectos a serem estudados. Sugere-se também análise dos custos de perfuração, montagem do canteiro de obra entre outros.

#### **4. CONCLUSÃO**

Ao término do presente estudo conclui-se tratar de conteúdo de suma importância para atuais e futuras decisões de profissionais do ramo de engenharia civil, constituindo-se numa ferramenta de análise de escolha da fundação a ser executada em determinados tipos de obras, uma vez que, ainda não se dispõe de muito material que demonstre exemplos práticos e comparativos dos dois métodos. Foi levantado o debate a respeito da pouca utilização da fundação do tipo sapata em nossa região e considerando aspectos como, economia, facilidade de execução e outros, se chegou a dados que apontam a opção por esse tipo de fundação como bem vantajosa se comparada com o bloco/estaca.

Na escolha de uma fundação existem fatores importantes que devem ser levados em conta para determinar a fundação a ser utilizada, devido ao grande número de opções a serem analisadas, como por exemplo, o tamanho da obra, a carga de vento atuante na estrutura bem como o tipo de solo da região, no objeto de estudo utilizado, detectou-se que o solo presente no local era de baixa resistência, o que não prejudicou em nenhum momento o estudo, devido às cargas atuantes na fundação serem baixas por se tratar de um sobrado de dois pavimentos. Considerando, o que se apresentou no término deste trabalho, pode-se concluir que ainda tem-se um longo caminho para a aceitação do método em debate, mas mesmo assim já é possível almejar futuras análises, tornando nossas obras de médio e pequeno porte mais econômicas e seguras.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 12655: **Concreto de cimento Portland – Preparo controle e recebimento – Procedimento**. Rio de Janeiro 2006. 22p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 8681. **Ações e segurança nas estruturas-procedimento**. Rio de Janeiro 2003.15p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 6122. **Projeto e execução de fundações**, Rio de Janeiro, 2010

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014, 238p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 6484: **Solo - Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT – Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2001. 17 p.

ARAÚJO, J. M.. **Curso de concreto armado**. 3. ed. Rio Grande: Dunas, 2010. 4 v. 323 p.

BASTOS, P. S.. **Sapatas de Fundação. 2012. 118 f. Notas de aula (Estruturas de Concreto III)** – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2012. Disponível em: <http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto3/Sapatas.pdf>. Acesso em 02 de Agosto. 2018.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CAIXA). **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI**. Disponível em: [http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_646](http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_646). Acesso em: 19 abr. 2019.

CAMPOS, MARCO TÚLIO PEREIRA. **Fundações**. Notas de aula (Departamento de Engenharia). – Pontifícia Universidade Católica de Goiás - PUC-GO, Goiânia, 2012. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/268768308/Fundacoes-Notas-de-Aulas>. Acessado em: 11 junh. 2019.

CINTRA, J.C.A.; AOKI, N.; ALBIERO, J.H. **Tensão Admissível em Fundações Diretas**. 1.ed. São Carlos: RiMa, 2003. 135 p. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/6570162/livro-tensao-admissivel-em-fundacoes-diretas> Acesso em: 25 maio. 2019.

DÉCOURT, L.. Análise e projeto de fundações profundas: estacas. In: HACHICH, W. *et al.* (Org.). **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. Cap. 8.1, p. 265-301.

DIAZ, L. H. **Qualidade do concreto**. Segundo NBR 2018. Construção e Mercado. Disponível em: <http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/121/guia-respondre-298726-1.aspx>. Acesso em: 23 de maio. 2019.

LAPORTE, P. H. A. **Materiais de Construção: Normas, Especificações, Aplicações e Ensaio de Laboratório**. São Paulo: Pini, 2014. (1. Ed, 3 tiragem).

MOACYR, G. S. A. **Estruturas de Fundações**. Notas de aula (ECC 1008 Estruturas de Concreto) – Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul. 2011. Disponível em: [http://www.ufsm.br/decc/ECC1008/Downloads/Aula\\_Estr\\_fund\\_1sem2011\\_imp.pdf](http://www.ufsm.br/decc/ECC1008/Downloads/Aula_Estr_fund_1sem2011_imp.pdf). Acesso em: 24 maio. 2019.

MOURA, J. R. B. **Blocos sobre estacas**. Revista Tecnológica, Fortaleza, n.4, p. 46-50, jul. 1983. Disponível em: <https://periodicos.unifor.br/tec/article/view/1423/4183>. Acesso em: 27 maio. 2019.

MARTINS, R. M. **Tabela de conversão de aços**. Disponível em: <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAahQUAD/tabela-conversao-acos>. Acesso em: 24 maio. 2019.

SANTOS, P. S. **Sapatas de Fundação**. Notas de Aula. Bauru/SP, 2016. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/25748271/sapatas-de-fundacao-prof-dr-paulo-sergio-dos-santos-bastos>. Acessado em: 11 junho. 2019.

Anexo A - Ensaios de SPT da obra



MASTERSOLO ENGENHARIA LTDA.  
Rua Jacumã Qd.121 Lt.13 Jardim Atlântico - Goiânia-GO  
Fone: (062) 3251-2202

FURO  
SP 01

PERFIL DE SONDAEM - SPT

Profundidade (m)	Número de anotações	Soma do número de golpes	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DO BARRILHETE TIPO SPT					Perfil Geológico	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	DESCRIÇÃO TÁTIL VISUAL
			PRIMEIROS 15 cm		ULTIMOS 30 cm					
			GRÁFICO DO N° GOLPES							
			14-20	21-29	30-40	41-50				
-1,00	0								Argila arenosa marrom com cascalho	
-2,00	1	5 4							Argila arenosa mole marrom	
-3,00	2	9 10							Pedregulhos com argila arenosa média marrom	
-4,00	3	5 6							Argila arenosa média marrom com cascalho	
-5,00	4	9 10							Argila arenosa média marrom	
-6,00	5	10 10							Argila pouco silto-arenosa média marrom com pedregulhos	
-7,00	6	12 12							Argila arenosa rija marrom com pedregulhos	
-8,00	7	6 7							Argila arenosa média marrom com pedregulhos	
-9,00	8	8 9							Argila arenosa média marrom com pedregulhos	
-10,00	9	12 14							Argila silto-arenosa rija bege com pedregulhos	
-10,45	10	30 32							Argila silto-arenosa dura bege com cascalho	
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										

ENSAIO LAVAGEM (MN)	10	20	30
AVANÇO A CADA 10 MN (cm)			

DATA	HORA	N.A. (m)	Prof.Furo
30/07/15	N.E.	-10,45	

CONTRATANTE:	ANA CAROLINA CRUZ NASCIMENTO - ME
OBRA:	RESIDENCIAL
LOCAL:	RUA D7 QD. 12-B LT. 07 - RESIDENCIAL MARY IUKI
CIDADE:	JARAGUA-GO
INICIO LAVAGEM:	30/07/15
COMP. REVESTIMENTO:	0,00

ORDEM DE SERVIÇO	NÚMERO DO RELATÓRIO	VISTO

RESP. TÉCNICO:	APROVADO
Eng. Civil Rodrigo Antunes da Rocha	



MASTERSOLO ENGENHARIA LTDA.  
Rua Jacumã Qd.121 Lt.13 Jardim Atlântico - Goiânia-GO  
Fone: (062) 3251-2202

FURO  
SP 02

PERFIL DE SONDAEM - SPT

Profundidade (m)	Número de anotações	Soma do número de golpes	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DO BARRILHETE TIPO SPT					Perfil Geológico	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	DESCRIÇÃO TÁTIL VISUAL
			PRIMEIROS 15 cm		ULTIMOS 30 cm					
			GRÁFICO DO N° GOLPES							
			14-20	21-29	30-40	41-50				
-1,00	0								Argila arenosa marrom com cascalho	
-2,00	1	6 6							Argila arenosa média marrom	
-3,00	2	4 4							Pedregulhos com argila arenosa mole marrom	
-4,00	3	8 9							Argila arenosa média marrom com cascalho	
-5,00	4	9 9							Argila arenosa média marrom	
-6,00	5	10 11							Argila pouco silto-arenosa rija marrom com pedregulhos	
-7,00	6	12 12							Argila arenosa rija marrom com pedregulhos	
-8,00	7	5 6							Argila arenosa média marrom com pedregulhos	
-9,00	8	13 15							Argila arenosa rija marrom com pedregulhos	
-10,00	9	16 17							Argila silto-arenosa rija bege com pedregulhos	
-10,45	10	32 36							Argila silto-arenosa dura bege com cascalho	
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										

ENSAIO LAVAGEM (MN)	10	20	30
AVANÇO A CADA 10 MN (cm)			

DATA	HORA	N.A. (m)	Prof.Furo
30/07/15	N.E.	-10,45	

CONTRATANTE:	ANA CAROLINA CRUZ NASCIMENTO - ME
OBRA:	RESIDENCIAL
LOCAL:	RUA D7 QD. 12-B LT. 07 - RESIDENCIAL MARY IUKI
CIDADE:	JARAGUA-GO
INICIO LAVAGEM:	30/07/15
COMP. REVESTIMENTO:	-1,00

ORDEM DE SERVIÇO	NÚMERO DO RELATÓRIO	VISTO

RESP. TÉCNICO:	APROVADO
Eng. Civil Rodrigo Antunes da Rocha	



MASTERSOLO ENGENHARIA LTDA.  
Rua Jacumã Qd.121 Lt.13 Jardim Atlântico - Goiânia-GO  
Fone: (062) 3251-2202

FURO  
SP 03

PERFIL DE SONDAEM - SPT

Profundidade (m)	Número de anotações	Soma do número de golpes	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DO BARRILHETE TIPO SPT					Perfil Geológico	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	DESCRIÇÃO TÁTIL VISUAL
			PRIMEIROS 15 cm		ULTIMOS 30 cm					
			GRÁFICO DO N° GOLPES							
			14-20	21-29	30-40	41-50				
-1,00	0								Argila arenosa marrom com cascalho	
-2,00	1	6 6							Argila arenosa média marrom	
-3,00	2	4 5							Pedregulhos com argila arenosa mole marrom	
-4,00	3	7 9							Argila arenosa média marrom com cascalho	
-5,00	4	9 10							Argila arenosa média marrom	
-6,00	5	11 12							Argila pouco silto-arenosa rija marrom com pedregulhos	
-7,00	6	12 13							Argila arenosa rija marrom com pedregulhos	
-8,00	7	5 6							Argila arenosa média marrom com pedregulhos	
-9,00	8	15 17							Argila arenosa rija marrom com pedregulhos	
-10,00	9	18 19							Argila silto-arenosa rija bege com pedregulhos	
-10,45	10	36 38							Argila silto-arenosa dura bege com cascalho	
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										

ENSAIO LAVAGEM (MN)	10	20	30
AVANÇO A CADA 10 MN (cm)			

DATA	HORA	N.A. (m)	Prof.Furo
30/07/15	N.E.	-10,45	

CONTRATANTE:	ANA CAROLINA CRUZ NASCIMENTO - ME
OBRA:	RESIDENCIAL
LOCAL:	RUA D7 QD. 12-B LT. 07 - RESIDENCIAL MARY IUKI
CIDADE:	JARAGUA-GO
INICIO LAVAGEM:	30/07/15
COMP. REVESTIMENTO:	-2,00

ORDEM DE SERVIÇO	NÚMERO DO RELATÓRIO	VISTO

RESP. TÉCNICO:	APROVADO
Eng. Civil Rodrigo Antunes da Rocha	

Fonte: Próprio autor



## Anexo B - Comprimento de ancoragem

COMPRIMENTO DE ANCORAGEM BÁSICO									
Concreto	Zona de Aderência	CA-50		CA-60				CA-25	
		Nervurado $\eta_1=2,25$		Liso $\eta_1=1,0$		Entalhado $\eta_1=1,4$		Liso $\eta_1=1,0$	
		Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
C10	Má	99 $\phi$	69 $\phi$	268 $\phi$	187 $\phi$	191 $\phi$	134 $\phi$	112 $\phi$	78 $\phi$
	Boa	69 $\phi$	49 $\phi$	187 $\phi$	131 $\phi$	134 $\phi$	94 $\phi$	78 $\phi$	55 $\phi$
C15	Má	76 $\phi$	53 $\phi$	204 $\phi$	143 $\phi$	146 $\phi$	102 $\phi$	85 $\phi$	60 $\phi$
	Boa	53 $\phi$	37 $\phi$	143 $\phi$	100 $\phi$	102 $\phi$	71 $\phi$	60 $\phi$	42 $\phi$
C20	Má	62 $\phi$	44 $\phi$	169 $\phi$	118 $\phi$	120 $\phi$	84 $\phi$	70 $\phi$	49 $\phi$
	Boa	44 $\phi$	31 $\phi$	118 $\phi$	83 $\phi$	84 $\phi$	59 $\phi$	49 $\phi$	34 $\phi$
C25	Má	54 $\phi$	38 $\phi$	145 $\phi$	102 $\phi$	104 $\phi$	73 $\phi$	61 $\phi$	42 $\phi$
	Boa	38 $\phi$	26 $\phi$	102 $\phi$	71 $\phi$	73 $\phi$	51 $\phi$	42 $\phi$	29 $\phi$
C30	Má	48 $\phi$	33 $\phi$	129 $\phi$	90 $\phi$	92 $\phi$	64 $\phi$	54 $\phi$	38 $\phi$
	Boa	33 $\phi$	23 $\phi$	90 $\phi$	63 $\phi$	64 $\phi$	45 $\phi$	38 $\phi$	27 $\phi$
C35	Má	43 $\phi$	30 $\phi$	116 $\phi$	81 $\phi$	83 $\phi$	58 $\phi$	48 $\phi$	34 $\phi$
	Boa	30 $\phi$	21 $\phi$	81 $\phi$	57 $\phi$	58 $\phi$	41 $\phi$	34 $\phi$	24 $\phi$
C40	Má	39 $\phi$	28 $\phi$	106 $\phi$	74 $\phi$	76 $\phi$	53 $\phi$	44 $\phi$	31 $\phi$
	Boa	28 $\phi$	19 $\phi$	74 $\phi$	52 $\phi$	53 $\phi$	37 $\phi$	31 $\phi$	22 $\phi$
C45	Má	36 $\phi$	25 $\phi$	98 $\phi$	69 $\phi$	70 $\phi$	49 $\phi$	41 $\phi$	29 $\phi$
	Boa	25 $\phi$	18 $\phi$	69 $\phi$	48 $\phi$	49 $\phi$	34 $\phi$	29 $\phi$	20 $\phi$
C50	Má	34 $\phi$	24 $\phi$	92 $\phi$	64 $\phi$	65 $\phi$	46 $\phi$	38 $\phi$	27 $\phi$
	Boa	24 $\phi$	17 $\phi$	64 $\phi$	45 $\phi$	46 $\phi$	32 $\phi$	27 $\phi$	19 $\phi$

Fonte: NBR 6118/2014

## Anexo C - Classe de agressividade do solo

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural Submersa	Insignificante
II	Moderada	Urbana <sup>a, b</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>a</sup> Industrial <sup>a, b</sup>	Grande
IV	Muito forte	Industrial <sup>a, c</sup> Respingos de maré	Elevado

<sup>a</sup> Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

<sup>b</sup> Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

<sup>c</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR 6118/2014

## Anexo D - Quadros de conversão do aço

### Aço para concreto armado ESPECIFICAÇÕES – NBR 7480/07

#### • Diâmetros comerciais (Barras)

Diâmetro nominal mm	Massa e tolerância por unidade de comprimento		Valores nominais	
	Massa nominal Kg/m	Máxima variação permitida	Área da seção mm <sup>2</sup>	Perímetro mm
Barras				
6,3	0,245	± 7%	31,2	19,8
8,0	0,395	± 7%	50,3	25,1
10,0	0,617	± 6%	78,5	31,4
12,5	0,963	± 6%	122,7	39,3
16,0	1,578	± 5%	201,1	50,3
20,0	2,466	± 5%	314,2	62,8
22,0	2,984	± 4%	380,1	69,1
25,0	3,853	± 4%	490,9	78,5
32,0	6,313	± 4%	804,2	100,5
40,0	9,865	± 4%	1256,6	125,7

Fonte: Próprio autor

CA 60	
Diâmetro nominal (mm)	Massa nominal (kg/m)
4,20	0,109
5,00	0,154
6,00	0,222
7,00	0,302
8,00	0,395
9,50	0,558