

Análise Comparativa de Fundação Tipo Sapata e Tubulão em um mesmo Perfil Geotécnico na Cidade de Teresina

Leonardo do Nascimento Cunha

INBEC, Teresina, Brasil, E-mail: lnc_eng_civil@hotmail.com

RESUMO: Este artigo apresenta uma análise comparativa de custos entre dois tipos de fundações diferentes, com estudo geotécnico representativo de uma região específica da cidade de Teresina-PI. Optou-se por fazer um estudo de caso de um típico projeto arquitetônico de quatro pavimentos comparando as fundações sapata rígida e tubulão a céu aberto (mais usuais na região), em um mesmo perfil geotécnico na zona Leste da cidade, para conceber a viabilidade econômica da infraestrutura do empreendimento. A análise do solo foi realizada por perfis de furos de sondagem de ensaios de SPT (Standard Penetration Test), permitindo o desenvolvimento do cálculo das tensões admissíveis para cada cota de assentamento das fundações comparadas. Para o dimensionamento da fundação sapata foi utilizado o método das bielas e tirantes com carga centrada e para fundação profunda foi adotado o dimensionamento geométrico de base e fuste e critérios construtivos para as armaduras de ligação e fendilhamento dos blocos. Depois de realizado o dimensionamento das duas infraestruturas, propôs-se um levantamento dos quantitativos e custos dos serviços, como: escavação manual, concreto estrutural, concreto magro, aço e forma de madeira. Com os custos levantados foi realizada a comparação dos custos por serviço apresentado em cada fundação estudada, e o custo global da sapata e do tubulão a céu aberto através de gráficos, destacando-se a sapata rígida como a mais econômica em quatro dos cinco serviços levantados, com ênfase para o aço e o concreto estrutural, que tiveram seus custos cinco vezes mais baixos que a outra modalidade de fundação. O valor global apontou a sapata rígida como a mais viável economicamente no perfil geotécnico estudado na cidade de Teresina, com um custo final aproximadamente a metade do custo do Tubulão a céu aberto.

PALAVRAS-CHAVE: Viabilidade Econômica, Infraestrutura, Sapata Rígida, Tubulão a céu aberto.

1 INTRODUÇÃO

As fundações são elementos estruturais primordiais na construção de edifícios ou em qualquer obra de engenharia, a definição e tipologia a ser empregada em um determinado projeto implica em custos consideráveis na obra, que se não forem analisadas, comparadas e estudadas podem gerar um custo antieconômico para a construção.

O surgimento de uma grande demanda de edifícios residenciais de até quatro pavimentos em uma mesma região, zona Leste da cidade de Teresina, proporcionou a motivação da realização do estudo deste trabalho, pois esta grande quantidade de construções apresentava basicamente duas modalidades diferentes de

fundações (sapata rígida e tubulão a céu aberto). Considerando um mesmo perfil geotécnico, e o mesmo projeto arquitetônico: Qual a solução de fundação é mais viável economicamente?

Desta maneira, este trabalho objetivou analisar as fundações tipo sapata rígida e tubulão a céu aberto e realizar comparativo de custos dos serviços com intuito de esclarecer com uso de dados geotécnicos e dimensionamentos de elementos estruturais, a melhor escolha de fundação para estes empreendimentos na zona Leste da cidade de Teresina.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 Definição de Fundações

Segundo Legget (1962), todas as estruturas de engenharia têm de ser suportadas, de alguma maneira, pelos materiais que formam a parte superior da crosta terrestre. Existe, portanto, uma conexão inevitável entre as condições geológicas e o projeto de fundações. Desta forma, as fundações podem ser definidas como elementos estruturais, que transmitem esforços de toda a estrutura para o solo (NBR 6122/2010).

De acordo com NBR-6122 (2010), as fundações podem ser agrupadas em dois grupos ou classes diferentes, de acordo com as suas características e o modo de transmissão das solicitações ao maciço de solo. Essas classes são: fundação superficial (rasa ou direta), e fundação profunda.

2.2 Sapata rígida

A NBR-6122 (2010) no item 3.2, define sapata de fundação como “elemento de fundação superficial”, de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas pelo emprego de armadura especialmente disposta para esse fim.

A sapata é dita rígida, conforme classificação da NBR-6118 (2014) no item 22.6.1, quando sua altura é superior a um terço a diferença da dimensão da sapata pela dimensão do pilar adotadas na mesma direção.

Apesar da ocorrência de recalques de fundação, não será objeto de estudo neste trabalho, assim como as verificações de estabilidade de sapatas.

2.3 Tubulão a céu aberto

O tubulão a céu aberto é uma fundação profunda, escavado no terreno em que, pelo menos na etapa final, há a descida de pessoas para realizar o alargamento de base ou limpeza do fundo da escavação (NBR 6122-2010, item 3.9).

Apresentam-se viáveis para solos de baixa capacidade nas primeiras camadas e estruturas com maiores esforços.

Esse tipo de fundação apesar de ser uma fundação profunda, transmite os esforços

advindos da superestrutura somente pela sua base (direta), não considerando a resistência do atrito lateral, como nas estacas.

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

3.1 Apresentação do projeto

O projeto estudado neste trabalho é um edifício residencial fictício, baseado em edifícios da região muito comuns em sua concepção arquitetônica (três quartos, sendo uma suíte, banheiro social, sala de estar, cozinha e área de serviço), com três pavimentos-tipo de área 225,0 m²/pavimento e um pavimento-térreo, totalizando 900,0 m² de área construída.

Em sua estrutura, apresenta 28 pilares de concreto armado retangulares de dimensões variadas (20 x 40; 15 x 25 e 20 x 20 cm), vigas e cintas de concreto armado de dimensões de 15 x 35 cm, lajes pré-moldadas unidirecionais de enchimento com lajotas cerâmicas (dimensões: 8x30x20 cm) e lajes maciças (lajes-patamar da escada) com altura de 12 cm.

As cargas máximas da superestrutura nos pilares variam entre 192 KN e 614 KN.

3.2 Descrição do solo estudado

O estudo de solo foi realizado em um terreno na rua Rubi, Bairro Horto Florestal, Zona Leste da cidade de Teresina/PI, através de ensaio à Percussão SPT (Standard Penetration Test) com uso de 03 (três) furos de sondagem, com profundidades variando de 5,0 a 7,0 m e formação de solos arenosos e argila-siltosos em predominância nas suas camadas, apresentando ainda, nível água seco nos furos de sondagens feitos.

A tensão admissível do solo para ambas as fundações foi desenvolvida através do uso do método semi-empírico, com base no valor do N_{spt} para a camada de assentamento de cada fundação.

Neste artigo foi admitido o cálculo da tensão admissível para a fundação sapata rígida baseado no perfil de sondagem da tabela 1, onde obteve valor de 0,36 Mpa, assim como a tensão admissível do solo para a fundação profunda do tubulão com valor de 0,46 Mpa,

ambos apresentando cotas de assentamento de suas bases em profundidades diferentes (-3,5 m para sapata e -5,0 m para o tubulão).

Tabela 1. Perfil de sondagem do furo 01

Profundidade (m)	Nspt	Descrição
0,00-0,45	2	Areia muito fina, fofa
1,00-1,45	2	Areia muito fina, fofa
2,00-2,45	3	Seixos finos e argila média
3,00-3,45	18	Argila pouco a mediamente siltosa, rija
4,00-4,45	23	Areia fina, pouco argilosa, mediamente compacta
5,00-5,45	23	Areia fina, pouco argilosa, mediamente compacta
5,45-5,55		Impenetrável à percussão
*N.A não encontrado (Nível seco)		

Para a execução do tubulão a céu aberto deve-se observar o controle da segurança dos operários na escavação, pois o terreno citado apresenta em suas primeiras camadas material predominantemente não coesivos (areias) devendo ser adotado uso de camisas de aço, escoramentos especiais ou similares.

3.3 Projeto de fundação : Sapata Rígida

3.3.1 Dimensionamento Geométrico

Com base nas informações e dados do perfil geotécnico apresentado nos furos de sondagem (tensão admissível) e nas cargas advindas da estrutura do edifício, permitiu-se dimensionar geometricamente todas as 28 sapatas rígidas isoladas, adotando dimensões da base, com seção mínima para resistir aos esforços de compressão e respeitando os critérios de rigidez impostos pela NBR 6118-2014.

As dimensões das sapatas rígidas calculadas variam entre 75 cm e 145 cm, considerando as duas dimensões da base, já suas alturas (h) foram fixadas em 50 cm e o rodapé das mesmas em 30 cm (ho).

3.3.2 Detalhamento de armaduras das sapatas rígidas

O dimensionamento das armaduras de flexão das sapatas rígidas ocorreu pela tensão de tração máxima através do método das bielas para cada sapata, conforme equação abaixo:

$$T_x = \frac{p}{8} \cdot \frac{(A - ap)}{d} \quad (1)$$

Onde:

P – Carga axial centrada na sapata;

A – Maior dimensão da sapata;

ap- Maior dimensão do pilar na sapata;

d -Altura útil.

Depois de calculada a tensão máxima nas sapatas correspondentes, fez prosseguimento para o cálculo das armaduras de flexão, a qual teve como base a equação (2).

$$As_x = As_y = \frac{T_x d}{f_y d} \quad (2)$$

Onde:

As_x- Armadura de flexão na direção x;

As_y- Armadura de flexão na direção y;

T_xd- Tensão de tração de cálculo;

f_yd- Tensão de escoamento de cálculo do aço.

As armaduras calculadas foram distribuídas uniformemente nas direções A e B, utilizando espaçamento (s) no intervalo de $10 \leq s \leq 20$ cm e múltiplos de 2,5 cm.

Tabela 2. Detalhamento das armaduras de flexão das sapatas rígidas

Detalhamento		
Sapatas	Direção A	Direção B
S1=S2	6φ8.0 c/17,5 cm	6φ8.0 c/17,5 cm
S3=S6=S28	4φ6.3 c/20,0 cm	5φ6.3 c/20,0 cm
S4=S5=S12	6φ8.0 c/17,5 cm	6φ8.0 c/17,5 cm
S8=S11	12φ8.0 c/10 cm	12φ8.0 c/10 cm
S9=S10	13φ8.0 c/10 cm	13φ8.0 c/10 cm
S13=S18	9φ8.0 c/12,5 cm	10φ8.0c/12,5cm
S14=S17	13φ8.0 c/10 cm	13φ8.0c/10,0cm
S15=S16	8φ6.3 c/12,5 cm	5φ6.3 c/12,5 cm
S7=S21	7φ8.0 c/15,0 cm	8φ8.0 c/15,0 cm
S20=S22	10φ8.0c/12,5cm	10φ8.0c/12,5cm
S23=S19	7φ8.0 c/15,0 cm	8φ8.0 c/15,0 cm
S24	5φ6.3 c/17,5 cm	5φ6.3 c/17,5 cm
S25=S27	13φ8.0 c/10 cm	13φ8.0 c/10 cm
S26	13φ8.0 c/10 cm	14φ8.0 c/10 cm

3.4 Projeto de fundação: Tubulão a céu aberto

3.4.1 Dimensionamento geométrico do tubulão a céu aberto

O desenvolvimento do cálculo das dimensões geométricas do tubulão a céu aberto foi separado em três partes: base, fuste-altura da base e bloco de coroamento.

A base, considerada de seção circular para todos os pilares, foi calculada pela seção mínima para resistência dos esforços de compressão, já o fuste foi encontrado como no cálculo do pilar, com coeficientes de ponderação, de acordo com a tabela 02 e 04 da NBR-6122/2010.

O dimensionamento do bloco de coroamento foi realizado com base na dimensão do fuste, com acréscimos de duas folgas de 10 cm em cada lado do bloco (ANDRADE, 1989) e a altura do bloco foi analisada consensualmente com 1,0 vezes a dimensão do maior lado em planta do bloco (LEONHARDT; MONNING, 1982). Abaixo seguem tabelas 3,4 e figura 1 com características geométricas do tubulão a céu aberto e bloco de coroamento.

Tabela 3. Características geométricas dos tubulões a céu aberto.

Tubulão	D(cm) base	Φ(cm) fuste	H(cm) base	h(cm) rodapé
TB1:TB28	120	70	45	20

Tabela 4. Características geométricas dos blocos de coroamentos.

Tubulão	A(cm) seção	B(cm) seção	he(cm) altura
TB1:TB28	90	90	90

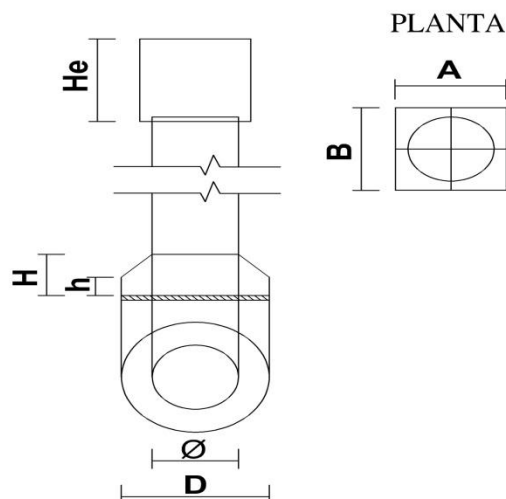


Figura 1. Dimensões dos tubulões e blocos coroamento

Apesar, da variação das cargas da estrutura, os tubulões a céu aberto apresentaram as mesmas dimensões geométricas nos 28 pilares.

3.4.2 Detalhamento de armaduras do tubulão a céu aberto e blocos de coroamento.

Na consideração de que as cargas não são centradas e há presença de momentos fletores no tubulões, estes serão calculados armados.

O detalhamento das armaduras dos tubulões a céu aberto foi desenvolvido primeiramente com a armadura longitudinal no encontro do bloco de transição com o fuste do tubulão. A área de aço desta armadura está conforme à equação (3) (LEONHARDT; MONNING, 1982).

$$A_s = 0,0028 \cdot \frac{\pi \cdot \phi_f^2}{4} \quad (3)$$

Onde:

Φf - diâmetro do fuste.

O comprimento da armadura longitudinal ancorado no fuste e bloco de transição, adotando 2.ϕf (140 cm) para a ancoragem do fuste, conforme Andrade (1989) e 50 cm para a ancoragem no bloco de transição (50 > lb) totaliza 190 cm para todos os tubulões considerados.

O detalhamento da armadura transversal foi dimensionado como nos pilares, na forma de estribos circulares, de acordo com o item 18.4.3

da NBR 6118-2014, com bitola de $\phi 6.3$ mm a cada 15 cm (tabela 5).

Tabela 5. Detalhamento das armaduras do tubulão a céu aberto.

Tubulão	Longitudinal (As)	Transversal (As)
TB1:TB28	9 $\phi 12.5$ mm	10 $\phi 6.3$ c/15

O bloco de transição teve sua armadura calculada através da tensão de fendilhamento (T_d em KN), expresso pela equação (4) e assim permite-se encontrar a armadura por esses esforços com uso da equação (5).

$$T_d = 0,29.N_d \cdot \frac{(A - ap)}{A} \quad (4)$$

Onde:

N_d – Carga axial de cálculo;

A – Dimensão do bloco de transição;

ap – Dimensão do pilar.

$$A_{sx} = \frac{T_{xd}}{f_{yd}} \quad (5)$$

Onde:

T_{xd} – Tensão de fendilhamento;

f_{yd} – tensão de escoamento de cálculo do aço.

O detalhamento vertical dos blocos nas duas direções foi realizado, utilizando a mesma área de aço do estribo horizontal, pois as mesmas são construtivas (BASTOS, 2011).

Segue-se abaixo, tabela 6 de detalhamento do bloco de coroamento.

Tabela 6. Detalhamento das armaduras do bloco de coroamento-transição.

Pilar	Det. Horizontal (As)	Det. Vertical (As)
P1-P2-P4-P5- P6-P7-P8-P9- P10-P11-P12- P13-P14-P17- P18-P19-P20- P21-P22-P23- P25-P26-P27	6 $\phi 10$ c/15	6 $\phi 10$ c/15
P3-P6-15- P16-P24- P28	8 $\phi 10$ c/15	8 $\phi 10$ c/15

3.5 Levantamento de quantitativos

3.5.1 Volumes de concreto estrutural

O levantamento de quantitativos para o volume de concreto foi desenvolvido orientando-se pela geometria dos elementos estruturais da infraestrutura. No caso da fundação superficial, o levantamento do concreto estrutural foi baseado no volume de paralelepípedo para os rodapes e volume de tronco de pirâmide para a base da sapata.

Na quantificação do volume de concreto estrutural dos tubulões a céu aberto e bloco de coroamento foram realizados e desenvolvidos por volume de tronco de cônica para a base do tubulão e volume de paralelepípedos para o bloco de coroamento, rodapé da base do tubulão e o fuste.

Na tabela 7 fica expresso o resultado do levantamento total dos volumes de concreto.

Tabela 7. Volume de concreto estrutural para as sapatas rígidas e tubulão-bloco de coroamento.

Concreto estrutural		
	sapatas rígidas	tubulão- bloco coroamento
Volume (m ³)	12,747	55,527
total		

3.5.2 Volumes de concreto magro

O concreto magro adotado para os elementos de fundação deste estudo foi de 5 cm de espessura, A quantificação deste serviço de base de regularização (magro) foi denotado por simples cálculo de área por sua espessura, variando de acordo com as bases das fundações estudadas. A tabela 8 mostra o comparativo dos volumes.

Tabela 8. Volume de concreto magro para as sapatas rígidas e tubulão-bloco de coroamento.

Concreto magro		
	sapatas rígidas	tubulão- bloco coroamento
Volume (m ³)	6,049	5,054
total		

3.5.3 Formas de madeira

A área das formas de madeira para a realização da concretagem das sapatas foi baseada apenas no rodapé das sapatas rígidas e no pilar até a altura da viga cinta (tabela 9). Considerando os tubulões a céu aberto, o uso das formas de madeira se restringe apenas aos blocos de coroamento. Assim a tabela 9 fica descrita:

Tabela 9. Área de Formas de madeira para as sapatas rígidas e tubulão-bloco de coroamento.

Formas de madeira		
	Sapatas rígidas	Tubulão-bloco de coroamento
Área (m ²) total	60,040	90,720

3.5.4 Peso de aço

Com base no detalhamento das armaduras longitudinais, transversais, construtivas e de fendilhamento encontradas nos projetos de sapata e tubulão foram encontrados os quantitativos de peso de aço em Kg para a fundação rasa e para fundação profunda, conforme tabelas 10 e 11 abaixo:

Tabela 10. Resumo de peso de aço em Kg das sapatas rígidas.

Bitola (mm)	Comprimento total (m)	Peso (Kg)
6.3	86,070	21,520
8.0	717,850	283,551
Peso total +10%		335,578

Tabela 11. Resumo de peso de aço em Kg dos tubulões/blocos de coroamento.

Bitola (mm)	Comprimento total (m)	Peso (Kg)
6.3	529,200	132,300
8.0	361,800	142,911
10.0	1326,600	818,512
12.5	478,800	461,084
Peso total +10%		1710,288

3.5.5 Volume de escavação

A quantificação do serviço de escavação para a fundação rasa sapata foi considerada talude com folga de aproximadamente 50 cm, na proporção de 1:2, apresentando-se em tronco de pirâmide para o cálculo de cubagem da escavação .

A execução da escavação para a fundação profunda tubulão foi realizada em três partes: perfuração do fuste, alargamento da base do tubulão (escavação manual profunda) e escavação do bloco de coroamento (escavação manual superficial). Assim a tabela 12 e 13 segue-se abaixo:

Tabela 12. Volume de escavação manual para sapata rígida e bloco de coroamento.

Escavação manual		
	Sapatas rígidas	Bloco de coroamento
Volume (m ³) total	562,535	244,813

Tabela 13. Volume de escavação manual de base/fuste de tubulão.

Escavação manual de base/fuste de tubulão		
	Base de tubulão	Fuste
Volume (m ³) total	11,396	23,706

3.6 Custos dos serviços

Com todas as quantidades e serviços levantados e expostos por tabelas para as duas modalidades de fundações apresentadas, permitiu-se então avaliação comparativa para a viabilidade econômica de custos para cada etapa de fundação demonstrada.

A análise de custo foi desenvolvida através de preços unitários por serviço, fazendo uso da tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil-SINAPI da Caixa Economica Federal, referente ao mês de novembro de 2015, não desonerado, localidade Teresina-PI, com os valores abaixo:

- Concreto estrutural, fck 25: R\$ 467,680;
- Concreto (magro) fck 15: R\$ 348,110;
- Aço CA-50: R\$ 3,620;
- Forma em chapa de madeira: R\$22,58.

Os preços unitários de escavação não foram encontrados na tabela SINAPI, então se fez uso da tabela SEINFRA-CE 023, não desonerado, logo:

- Escavação manual: R\$ 28,29;

ii. Escavação de base/fuste tubulão: R\$334,74.

3.6.1 Custos da fundação sapata rígida

Os custos dos serviços para execução de fundação sapata rígida, apresenta-se:

Tabela 14. Planilha de custos da fundação sapata rígida

Descrição	Quant.	Preço Unit R\$	Preço total R\$
Escavação manual	562,50	28,29	15.919,1
Concreto estrutural	12,75	467,68	5.961,52
Concreto magro	6,049	348,11	2.105,72
AçoCA-50	335,58	3,62	1.214,79
Forma de madeira	60,04	22,58	1.355,70
Valor Total (RS)			26.551,85

3.6.2 Custos da fundação tubulão/bloco de transição.

Os custos dos serviços para a execução da fundação profunda e bloco de transição são:

Tabela 15. Planilha de custos da fundação tubulão a céu aberto/bloco de transição

Descrição	Quant.	Preço Unit R\$	Preço total R\$
Escavação manual	244,8	28,29	6.925,76
Escavação base/fuste	35,10	334,74	11.750,04
Concreto estrutural	55,52	467,68	25.968,87
Concreto magro	5,05	348,11	1.759,35
AçoCA-50	1.710	3,62	6.191,24
Forma de madeira	90,72	22,58	2.048,46
Valor Total (RS)			54.643,72

4.0 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Análise comparativa dos custos das fundações.

A figura 2 expressa um gráfico, a qual realiza uma notória comparação de custos da fundação rasa sapata x fundação profunda tubulão-bloco de coroamento por cada serviço quantificado.

Observa-se nesta figura 2 que os serviços: escavação, concreto estrutural, aço CA-50 e forma de chapa de madeira para a fundação sapata rígida são menores que os custos com tubulão a céu aberto, que por sua vez, apresenta o custo com concreto magro menor que o da sapata.

Na mesma figura, comparando os custos da sapata com o tubulão em escavação, temos uma economia de custo R\$ 2.761,69 (14,79%); no serviço de concreto estrutural a economia foi de R\$ 20.007,35, quase cinco vezes mais baixo que o custo da outra fundação.

forma de madeira da sapata mostrou-se também inferior ao custo de forma da fundação profunda, com uma diferença de R\$ 692,76.

O custo do aço CA-50 do tubulão foi outro serviço, assim como o concreto, que apontou uma grande diferença de valores dos custos (R\$ 4.676,45), aproximando-se de 510% do custo do menor serviço da fundação da sapata.

A figura 3 apresenta o custo global para cada fundação, a qual evidencia uma grande diferença de custos finais entre as fundações.

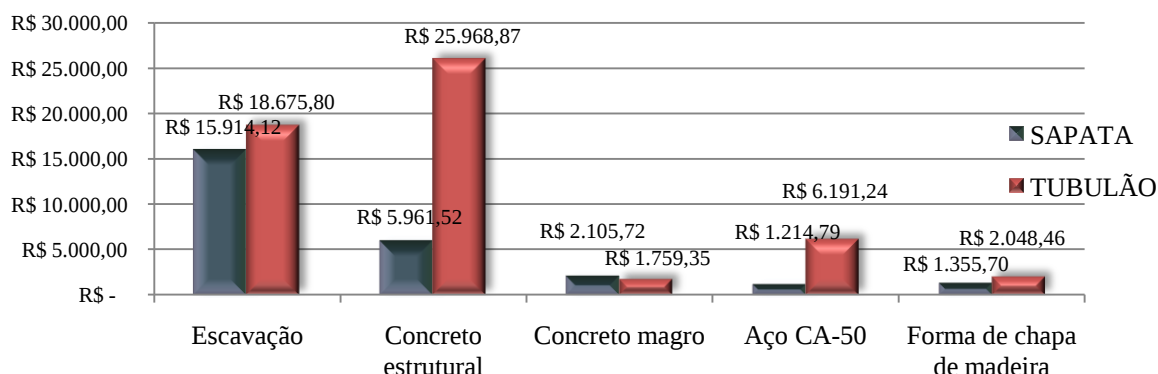


Figura 2. Análise comparativa entre as fundações por cada serviço.

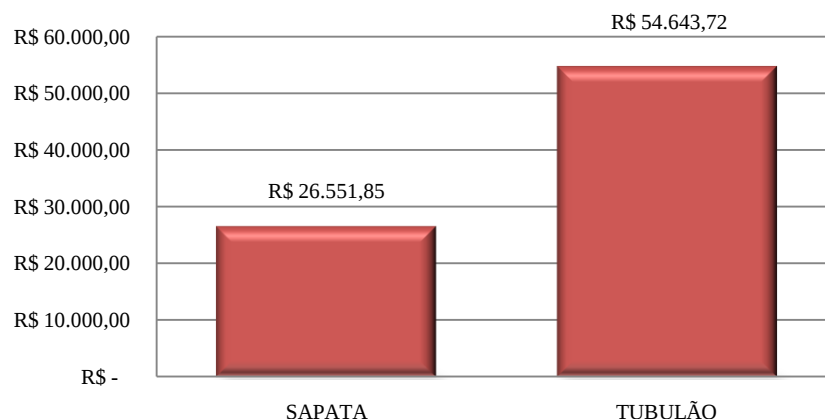


Figura 3. Análise final dos custos de sapatas x tubulão a céu aberto-bloco de coroamento.

A escolha por fundação rasa remete uma economia de R\$ 28.091,87, ou seja, o custo global da fundação tubulão é duas vezes mais oneroso que o custo global da sapata.

5.0 CONCLUSÃO

Neste trabalho realizou-se estudo comparativo de custos das modalidades de fundação tipo sapata rígida e tubulão a céu aberto para um mesmo local e mesmo projeto arquitetônico adotado.

Os resultados obtidos permitem concluir, que a fundação rasa sapata é mais viável economicamente que a fundação profunda tubulão. A sapata mostrou-se econômica em quatro dos cinco serviços levantados, inclusive no concreto estrutural e o aço. No preço global, a mesma fundação apresentou um custo final aproximadamente metade do custo global da fundação tubulão a céu aberto.

Este estudo expôs a importância de se realizar análises preliminares para as fundações e evitar custos exorbitantes para um mesmo projeto.

REFERÊNCIAS

ABNT, NBR 6118:2014. Projeto de estruturas de concreto-Procedimento. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Brasil, 2014.

ABNT, NBR 6122:2010. Projeto e execução de fundações. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Brasil, 2010.

ABNT, NBR 6484:2001. Solo-Sondagens de simples

reconhecimento com SPT- Método de ensaio. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Brasil, 2001.

ALONSO, U.R. Exercícios de Fundações. São Paulo. Blucher. 2ª Edição. 2010.

ALVA, G.M.S. Projeto Estrutural de Sapatas. Santa Maria, UFSM, 2007.

ANDRADE, J.R.L.; Dimensionamento estrutural de elementos de fundação. São Carlos, EESC-USP, 1989.

BASTOS, P.S.S. Blocos de Fundação. Bauru, UNESP, (Notas de aula), 2011.

BASTOS, P.S.S. Sapatas de Fundação. Bauru, UNESP, (Notas de aula), 2012.

CARVALHO, R.C. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto. São Carlos, Ed. UFScar, 2009.

COMITE EURO-INTERNATIONAL DU BETON. Recommandations particulieres au calcul et à l'exécution des semelles de fondation. Bulletin d'information. N. 73. Paris. 1970.

GIUGLIANI, E. Sapatas de concreto armado. PUCRS, 2006.

IN-07/94. Execução de sondagem rotativa. DEINFRA-SC, 1994.

LEONHARDT, F.; MONNING, E. Construções de concreto- Princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado, v.1, Rio de Janeiro, Ed. Interciência, 1982.

LEGGET, R. F.; Geology and Engineering, Ed. McGrawHill, 1962.

MARANGON, M. Apostila da disciplina mecânica dos solos II, Brasil, 2013.

MONTOYA, J. Hormingón armado. Barcelona, Ed. Gustavo Gili, 5ª edição, 1973.

SCHNAID, F. Ensaios de campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações. São Paulo: Oficina de Textos, 189 p. 2000.

SILVA, E.L. Análise dos modelos estruturais para determinação dos esforços resistentes em sapatas isoladas. São Carlos, UFSCar, 1988.

TSCHEBOTARIOFF, G.P. Fundações, Estruturas de arrimo e Obras de Terra. Editora McGraw-Hill do Brasil, Ltda, 1978.

VELLOSO, D. A.; LOPES, F.R. Fundações: Critérios de projeto-investigação do subsolo-fundações superficiais. São Paulo: Oficina de Textos, v.1.226p.2004.