

A escolha correta da estaca para a fundação da obra Acqua Verano

Bruno Alves Daubian – brunodaubian@hotmail.com

**MBA Gerenciamento de obras, Tecnologia & Qualidade da Construção
Instituto de Pós-Graduação – IPOG
Campo Grande – MS 25 de setembro de 2015**

Resumo

Este estudo demonstra a importância da escolha correta das fundações na concepção de uma obra, independente do seu porte e sua finalidade, seja uma construção de uma grande torre, uma ponte ou estradas, adequando-se ao custo previsto, aliado à rapidez de execução, objetivando o cumprimento do cronograma. Levando sempre em consideração a importância do estudo das condições do solo, obtidas pela realização da sondagem, cujas características são fundamentais na concepção da escolha da estaca a ser utilizada. São apresentadas ilustrações de diversas fundações profundas (pré-moldada em concreto, escavada mecanicamente, hélice continua ou segmentada) existentes no mercado. Ao final é apresentado um estudo de caso, com ênfase nas vantagens que a estaca hélice continua pode proporcionar a obra Acqua Verano.

Palavras-chave: Estacas. Construção Civil. Globalização. Fundação Profunda.

1. Introdução

Na execução das edificações de modo geral, um dos itens mais relevantes é a estabilidade global do mecanismo de transferência dos carregamentos (que compreende o peso da estrutura e as cargas acidentais e de ocupação) para o solo. Pode-se chamar de uma interação solo x estrutura, demandam utilizar de elementos confiáveis e estruturalmente bem projetados para que essas transferências ocorram de forma homogênea, assim não ocasionando problemas e vibrações a estrutura de forma global.

A escolha da fundação está baseada em fatores tais como características do solo, finalidade, dimensão da edificação, custo benefício, entre outras. Uma fundação bem executada impactará diretamente em um futuro próximo, quando a edificação estiver pronta. Quando estiver em uso, a sua função será dar apoio e sustentação para que não ocorram recalques e patologias de diversos gêneros como fissuras e rachaduras em paredes.

As fundações recebem os esforços dos pilares e tendem a descarregar sua carga no solo de forma homogênea, isso desde que a fundação esteja devidamente projetada e executada.

Numa análise para a escolha do tipo de fundação a ser utilizada, leva-se em consideração não só o tipo de terreno, mas também seu custo benefício; por vezes um determinado tipo de

fundação leva-se seis meses para ser executado e ter um custo relativamente baixo, mas ao longo desse período, devem-se considerar os demais custos diretos e indiretos.

Economicamente, em determinados casos, será mais viável a realização do desembolso financeiro imediato, mas tendo a garantia de uma execução em curto prazo, que ao ver do cronograma garantirá economia em mão de obra, material e um possível cenário favorável a entrega antecipada da obra, sem levar em consideração a disponibilidade de equipamentos na região, que também irá impactar neste custo. Este estudo econômico deve receber a mesma atenção assim como a escolha do local do terreno onde a obra será executada.

Indicando as vantagens da hélice contínua, buscando a certeza do que foi executado, ao final da execução, o relatório demonstrará o consumo de concreto injetado, profundidade do estaqueamento, velocidade do torque, entre outras informações. Isso é muito importante para o cliente, pois a confiabilidade é a garantia que o estaqueamento foi executado com qualidade conforme projeto e contrato.

2. Histórico das Fundações

Conforme o homem evoluiu, suas edificações se tornaram maiores e mais robustas, acarretando assim uma melhoria contínua das fundações. Seu material também mudou, que no início eram restos de madeiras, foram aprimorados, passando para o concreto, sendo executado in loco, pré-moldado e as estruturas metálicas.

Segundo Nápoles Neto (1998:17).

Na pré-história e história antiga, mais sensível ao clima que outros animais do Paleolítico, o homem procurou abrigar-se primeiro em grutas e cavernas e, onde não existiam, tratou de improvisar abrigos imitando-as, pois alguns tinham os seus pisos a mais de 2 m abaixo do nível do terreno adjacente, enquanto outros eram escavações verticais, como poços rasos. Assim, é provável que, no Neolítico, quando o homem que na idade anterior já aprendera a lascar a pedra e agora sedentário, construiu suas primeiras cabanas. Já tivesse alguma noção empírica sobre a resistência e a estabilidade dos materiais da crosta terrestre.

Ao longo dos anos, o homem construiu obras gigantescas, até mesmo a frente de seu tempo, cada época da história teve uma construção que se faz referência até os dias atuais por sua beleza e relevância e proporcionar tamanha fonte de conhecimento para estudos, entre elas estão, panteão de Roma (110-125 d.c.), as pirâmides do Egito, pagode budista de Phra Patliom Chedi (Tailândia, c. 30o A.C.), Dois outros pagodes, estes em forma de torres, são de mencionar-se: Suzliou (960 A.C.) e Longhua (977 D.C.), ambos na China, Torre de Pisa em Roma, a Muralha da China, entre outros.

Construções importantes para o seu tempo e região, símbolos muitas vezes do poder de um reinado, como foram as pirâmides.

3. Definição conforme NBR

Para a NBR 6122/2010, as fundações se dividem em Fundação Superficial (rasa ou direta) e Fundação Profunda.

Neste artigo serão demonstrados os tipos de fundações profundas, dando ênfase na fundação do tipo hélice contínua monitorada ou segmentada.

Mas por que se utilizar da fundação profunda? Quando temos solos superficiais com capacidade baixa de suportar elevadas cargas, solos do tipo argiloso, ou que recebeu muito aterro, e visando a melhoria da vizinhança, ou até mesmo pensando em um aumento de estrutura futuramente.

3.1 Fundação Profunda

De acordo com a NBR 6122/2010, item 3.7, é o elemento da fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência do fuste) ou por uma combinação da duas, devendo sua ponta ou base estar assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3,0 metros. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões.

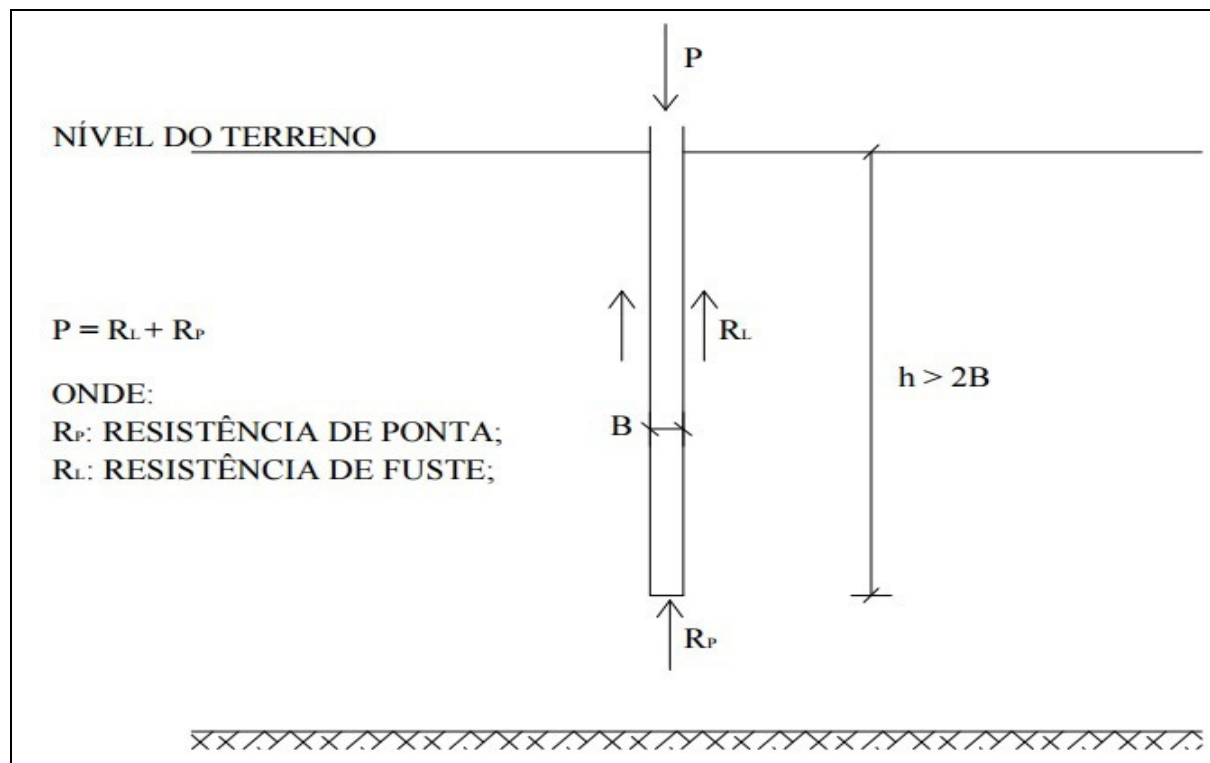


Figura 1 - Fundação Profunda
 Fonte: NBR 6122/1996

4. Tipo de Fundações

As fundações fazem presente na vida do homem desde os primórdios, dando subsídios para suas construções, desde as mais simples, até mesmo com obras gigantescas como as pirâmides e torres. Nos dias atuais é grande a variedade de estacas empregadas como elementos de fundação nas obras, diferindo-se entre si basicamente pelo método executivo e materiais de que são constituídas.

São realizadas algumas perguntas para determinar essa classificação da estaca, entre elas:

Qual efeito que será produzido no solo?

- ✓ Deslocamentos pequenos ou grandes.

Qual será o processo de execução?

- ✓ Estacas moldadas in loco;
- ✓ Estacas pré-moldadas.

Qual a forma de funcionamento?

- ✓ Estaca de ponta;
- ✓ Estaca de atrito ou flutuante;
- ✓ Ou mista.

Qual será a forma de carregamento?

- ✓ Estacas de compressão;
- ✓ Estacas de tração;
- ✓ Estacas de flexão.

Baseando-se nestes tipos de perguntas e mais alguns fatores determinantes na obra, optou-se em escolher a estaca hélice contínua monitorada.

4.1 Profundas

Estacas profundas caracterizam-se pela sua magnitude e volume, pois é realizado um trabalho grandioso para a sua concepção, deste o início de seus estudos, incluindo a análise do solo, até a preparação para execução.

Indiferente qual seja o tipo de estaca, ela irá provocar efeitos bons e ruins a sua volta, dependendo do local, proporcionará a população local transtornos tais como emissão de barulho de motores, ruídos, etc. no caso das estacas raiz a vibração de solo; quando se trata da estaca pré-moldada, que se utiliza do bate-estaca para fazer a sua cravação no solo. Diversos fatores e distúrbios são gerados pela simples movimentação de equipamentos de grande porte. Apesar de alguns problemas, para os amantes da construção civil, a realização de obras como estas são comparados a espetáculo de ópera, pois proporciona uma gama de conhecimento e aprendizado.

Abaixo serão demonstrados os tipos de estaca mais usados no mercado e suas características.

4.1.1 Estaca Metálica

Conforme Velloso e Lopes (2010:192). As estacas metálicas ou estacas de aço são encontradas em diversas formas, desde perfis (laminados ou soldados) a tubos (de chapa calandrada e soldada ou sem costura). Entre os perfis laminados estão os trilhos, utilizados, em geral.

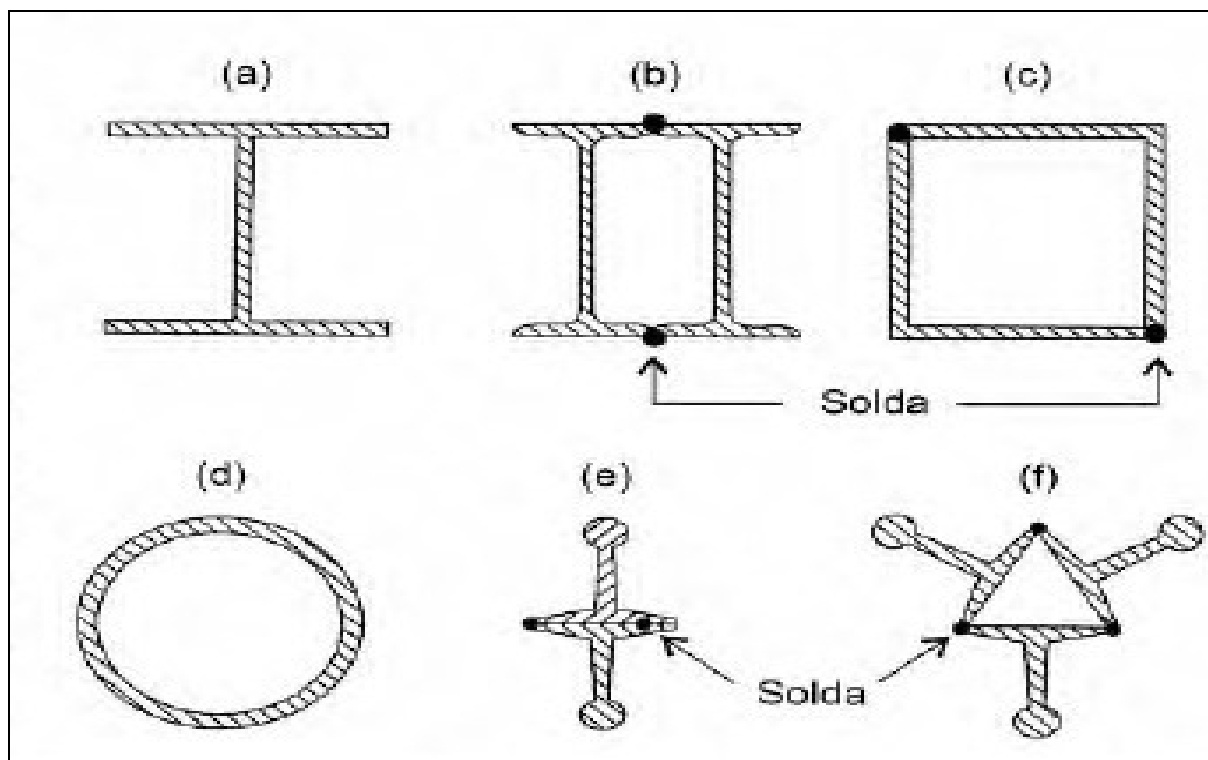


Figura 2 – Tipos de Estacas Metálicas

Fonte: Fundações: critérios de projeto / investigação do subsolo / fundações superficiais / fundações profundas

Estacas de aço (seções transversais):

- (a) Perfil de chapas soldadas;
- (b) Perfil laminados, associados (duplo);
- (c) Perfil tipo cantoneira;
- (d) Tubos;
- (e) Trilhos associados (duplo);
- (f) Trilhos associados (triplo).

4.1.2 Estaca Pré-Moldada em Concreto

Está estaca pode ser produzida em diversos tamanhos e formas horizontais ou verticais, tendo assim sua capacidade de carga variável; podem ser de concreto armado ou protendido, vibrado ou centrifugado. Sua resistência de carga deve ser compatível com os esforços de projeto e decorrentes do transporte, manuseio e cravação.

Para a cravação de estacas pré-moldadas pode-se utilizar o processo a percussão, prensagem ou vibração e a escolha do equipamento deve ser feita de acordo com o tipo e dimensão da estaca, características do solo, condições da vizinhança, características do projeto e peculiaridades do local.

O sistema de cravação deve ser dimensionado de modo a levar à estaca até a profundidade prevista para sua capacidade de carga, sem danificá-la. Com esta finalidade o uso de martelos mais pesados, com menos altura de queda, é mais eficiente.



Figura 3 - Estaca Pré-Moldada em Concreto

Fonte: http://www.solofix.com.br/servicos_detalhe.php?nIdServico=5

4.1.3 Estaca Escavada Mecanicamente

Tem como característica marcante a moldagem in loco após a escavação do solo. São executadas com trados mecânicos ligados a caminhões. Outra característica é a variação do diâmetro das perfuratrizes que variam de 0,25 a 2,50 metros, podendo-se executar desde

estacas de pequena profundidade com equipamento de pequeno porte até grandes profundidades com equipamento de torres que ultrapassam 25 metros de comprimento.

Sua grande vantagem está na mobilidade e produção do equipamento, dando de imediato uma análise do solo que está sendo perfurado, e a ausência de vibração, tendo total condição de ser executada próximo à divisa com construções vizinhas, sem danos as mesmas.

Seu processo executivo: Escavação mecânica do solo, com o diâmetro pré-definido da estaca que será executada, em seguida é inserido a armação de aço e realizada a concretagem.



Figura 4 - Estaca escavada mecanicamente

Fonte: <http://estacasbrasil.com.br/servicos/estacas-escavadas/>

4.1.4 Estaca Hélice Contínua ou Segmentada

De acordo com a NBR 6122/2010, a Estaca Hélice Contínua é uma estaca de concreto moldada in loco, executado mediante a introdução, por rotação, de um trado helicoidal contínuo no terreno e injeção de concreto pela própria haste central do trado simultaneamente com a sua retirada, sendo que a armadura é introduzida após a concretagem da estaca.

Uma de suas principais vantagens é a alta produtividade e a baixa vibração. Abaixo uma breve explicação do processo executivo da estaca:

1ª Etapa: Locação no canteiro das estacas a serem executadas, é preciso respeitar a distância mínima de cinco vezes o diâmetro da estaca antes de perfurar, num mesmo dia, estacas vizinhas. Caso contrário, pode haver rompimento e interligação dos fustes.

2ª Etapa: Inicia-se a perfuração, com a introdução da hélice, como o próprio nome diz, realiza-se movimentos rotacionais, seguindo uma velocidade constante, até atingimento da cota estipulada em projeto, conforme item (a) da figura 05.

3ª Etapa: Como demonstra o item (b) da figura 05, após atingir a cota, inicia-se a concretagem, o concreto é bombeado continuamente através do tubo central, ao mesmo tempo que a hélice é retirada. Neste processo de retirada da hélice, o operador tem no visor do computador um parâmetro total de como está sendo realizado a concretagem, é mostrado um

perfil da estaca. Este processo deve garantir que o concreto chegue a todos os vãos ocasionados pela perfuração.

4ª Etapa: A inserção da armadura, item (c) da figura 05, deve ser feita ao termino da concretagem, a armadura ou gaiola é introduzida manualmente ou com auxílio da concha de uma escavadeira hidráulica, caso se faça necessário, utilizar de vibrador.

5ª Etapa: Uma de suas vantagens vem nessa etapa, o seu acompanhamento em tempo real, conforme a estaca é concreta, pode se ver sua evolução e possíveis falhas. Ao final da execução, pode se ter informações precisas como:

- Comprimento da estaca;
- Velocidades de rotação;
- De penetração do trado;
- Extração do trado;
- Pressão no concreto;
- Volume de concreto;
- Consumo total de concreto.

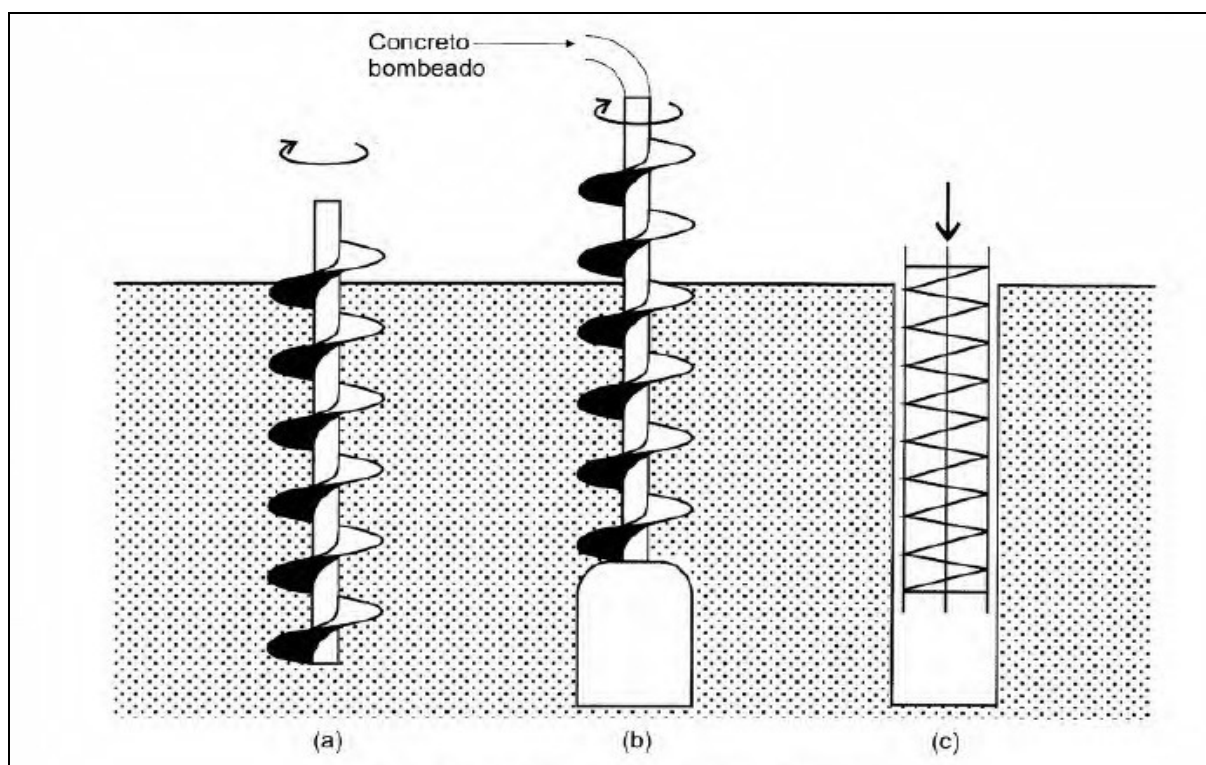


Figura 5 - Execução de Estaca Hélice Contínua

Fonte: Fundações - Critérios de Projeto, Investigação do Subsolo, Fundações Superficiais, Fundações Profundas

4.1.5 Estaca Strauss

Segundo Velloso e Lopes (2010:205). “É um tipo de estaca moldada no solo que requer um equipamento relativamente simples: um tripé com guincho, um pequeno pilão, uma ferramenta de escavação, e tubos de revestimento. Sua qualidade depende muito do trabalho da equipe encarregada”.

A NBR 6122/2010 fala que a estaca é executada por perfuração do solo com uma sonda ou piteira e revestimento total com camisa metálica, realizando-se o lançamento do concreto e retirada gradativa do revestimento com simultâneo apiloamento do concreto.

Esta estaca tem maior desempenho em terrenos planos, terrenos acidentados, solos colapsivos, solos de baixa resistência e locais confinados. E uma de suas principais o fator custo/benefício favorável e a não gera vibrações no solo suficientes para danificar edificações vizinhas.

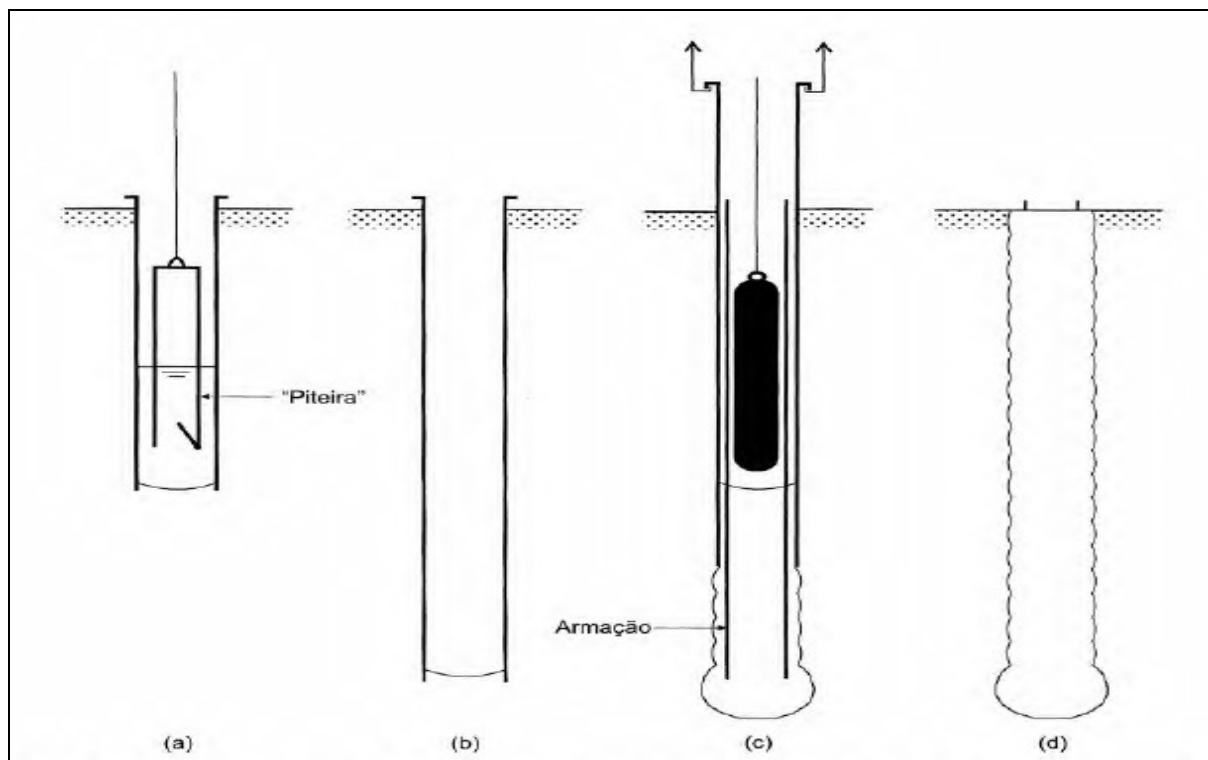


Figura 6 - Estaca Strauss

Fonte: Fundações - Critérios de Projeto, Investigação do Subsolo, Fundações Superficiais, Fundações Profundas

4.1.6 Estaca Tipo Raiz

Segundo a NBR 6122, a estaca-raiz caracteriza-se pela execução (i) por perfuração rotativa ou rotoperfussiva e (ii) por uso de revestimento (conjunto de tubos metálicos recuperáveis) integral no trecho em solo, e que é completada por colocação de armação em todo comprimento e preenchimento com argamassa cimento-areia. A argamassa é adensada com o auxílio de pressão, em geral dada por ar comprimido.

De acordo com Velloso e Lopes (2010:224).

Essas estacas têm particularidades que permitem sua utilização em casos em que os demais tipos de estacas não podem ser empregados: (1) não produzem choques nem vibrações; (2) há ferramentas que permitem executá-las através de obstáculos tais como blocos de rocha ou peças de concreto; (3) os equipamentos são, em geral, de pequeno porte, o que possibilita o trabalho em ambientes restritos; (4) podem ser executadas na vertical ou em qualquer inclinação. Com essas características, as estacas-raiz (e as micro estacas injetadas) praticamente eliminaram do mercado as estacas prensadas (*tipo Mega*), para reforço de fundações.

Ainda Velloso e Lopes (2010:225), descreve o processo executivo dessas estacas como:

a. Perfuração: utiliza-se normalmente o processo rotativo, com circulação de água ou lama bentonítica, que permite a colocação de um tubo de revestimento provisório até a ponta da estaca. Caso seja encontrado material resistente, a perfuração pode prosseguir com uma coroa diamantada ou, o que é mais comum, por processo percussivo (uso de "martelo de fundo").

b. Armadura: terminada a perfuração, introduz-se a armadura de aço, constituída por uma única barra, ou um conjunto delas, devidamente estribadas ("gaiola").

c. Concretagem: argamassa de areia e cimento é bombeada por um tubo até a ponta da estaca. A medida que a argamassa sobe pelo tubo de revestimento, este é concomitantemente retirado (com o auxílio de macacos hidráulicos), e são dados golpes de ar comprimido (com até 5kgf/cm^2), que adensam a argamassa e promovem o contato com o solo (favorecendo o atrito lateral).

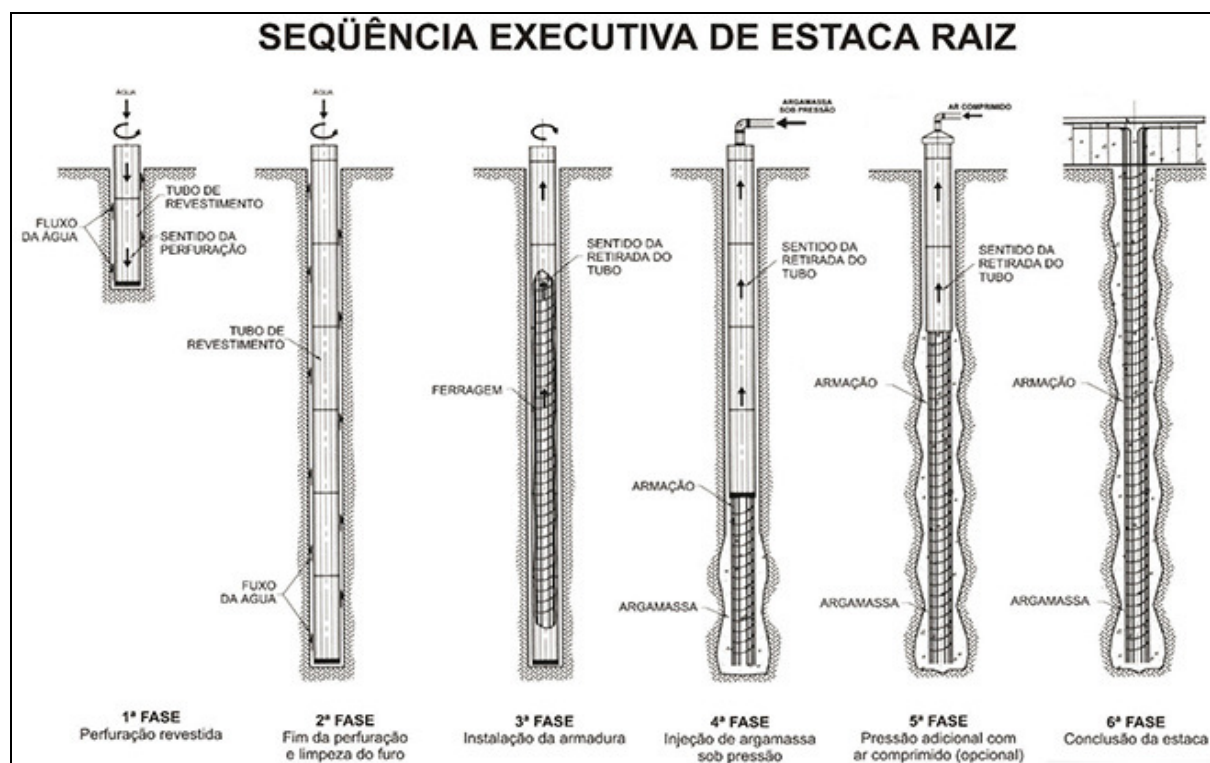


Figura 7 - Estaca Raiz

Fonte: <http://www.este.com.br/servicos.php>

5. Sondagem

Para a realização da sondagem de solo da obra foi utilizado a técnica de SPT (Standart Penetration Test), respeitando as normas vigentes na NBR 6484/2001.

Sondagem SPT, conforme Milito (2010:30), é realizada contando o número de golpes necessários à cravação de parte de um amostrador no solo realizada pela queda livre de um martelo de massa e altura de queda padronizadas.

É um método simples de ser realizado, monta-se um tripé, composto por um peso de 65kg, uma haste e um amostrador, conforme figura 03.

O número de sondagem a ser executado varia de acordo com a metragem da área construída, essa sondagem deve atingir o máximo possível de camadas que irão interferir diretamente na estrutura a ser edificada.

Conforme NBR 8036/1983 as sondagens devem ser, no mínimo, de uma para cada 200 m² de área da projeção em planta do edifício, até 1200 m² de área. Entre 1200 m² e 2400 m² deve-se fazer uma sondagem para cada 400 m² que excederem de 1200 m². Acima de 2400 m² o número de sondagens deve ser fixado de acordo com o plano particular da construção. Em quaisquer circunstâncias o número mínimo de sondagens deve ser: a) dois para área da projeção em planta do edifício até 200 m²; b) três para área entre 200 m² e 400 m².

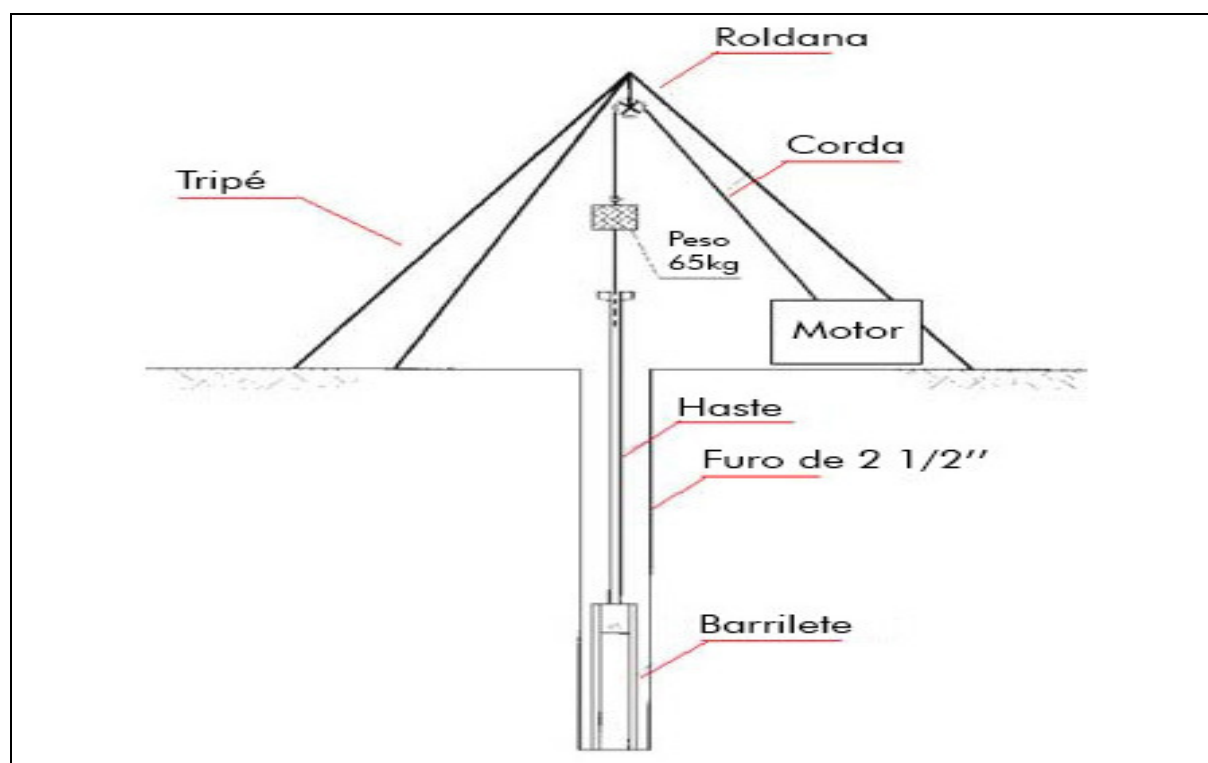


Figura 8 - Modelo de Sondagem a Percussão

Fonte: http://www.nfsondas.com.br/sondagem_percussao.html

6. Estudo de Caso

Este artigo tem como princípio demonstrar por que a obra Acqua Verano, da Incorporadora Vanguard Home, localizada a Rua Rachid Neder, 16, São Francisco - Campo Grande, MS, optou pela estaca hélice contínua ou segmentada e elencar os pontos para esta escolha.

No estudo para a definição de qual fundação a ser utilizada, é preciso elencar diversas variáveis tais como, atividade a ser desenvolvida, porte da estrutura, tipo e localização do terreno, qualidade do solo, capital a ser investido, entre outros.

6.1 Escolha do tipo de Fundação

Para a definição da fundação a ser utilizada na obra Acqua Verano, foi elencado como fator principal a produtividade na obra. O fator tempo para a empresa era sem dúvidas um grande balizador da solução de fundação que seria adotada na obra. Neste contexto a solução de hélice contínua traria um grande ganho de tempo na obra. Em média uma torre de 21 pavimentos é executada em torno de 20 dias de trabalho, enquanto outras soluções de fundação como tubulões ou estacas cravadas demandariam um tempo 5 a 10 vezes maior do que a solução em hélice contínua.

A seguir serão elencados alguns fatores que geraram esta solução de fundação:

6.1.1 Topografia do Terreno

Para a utilização deste equipamento em específico se faz necessário um terreno plano ou o mais próximo disso, pois na topografia está é uma de suas possíveis desvantagens. Caso o terreno seja acidentado ou alagadiço irá gerar na impossibilidade de se utilizar desta estaca. Isto ocorre, pois, os equipamentos são de grande porte e podem vir a tombamentos caso as condições do terreno não sejam favoráveis. Tendo no terreno da Rua Rachid Neder 16 uma boa estabilidade do terreno, a solução mostrou-se dentro dos limites de aceitabilidade.

6.1.2 Dados Geológicos-Geotécnicos

Na sondagem SPT realizada, os resultados mostraram uma homogeneidade grande, caracterizado pela presença constante de silte-argiloso, dando embasamento para a escolha da fundação e seu consequente dimensionamento. Este tipo de solo trouxe capacidades de suporte para o estaqueamento dentro dos limites de carga gerados na estrutura. O silte argiloso gera um alto suporte a resistência lateral, parcela fundamental neste tipo de fundação, conforme indicado na revisão bibliográfica deste trabalho. O resultado da sondagem encontra-se abaixo:

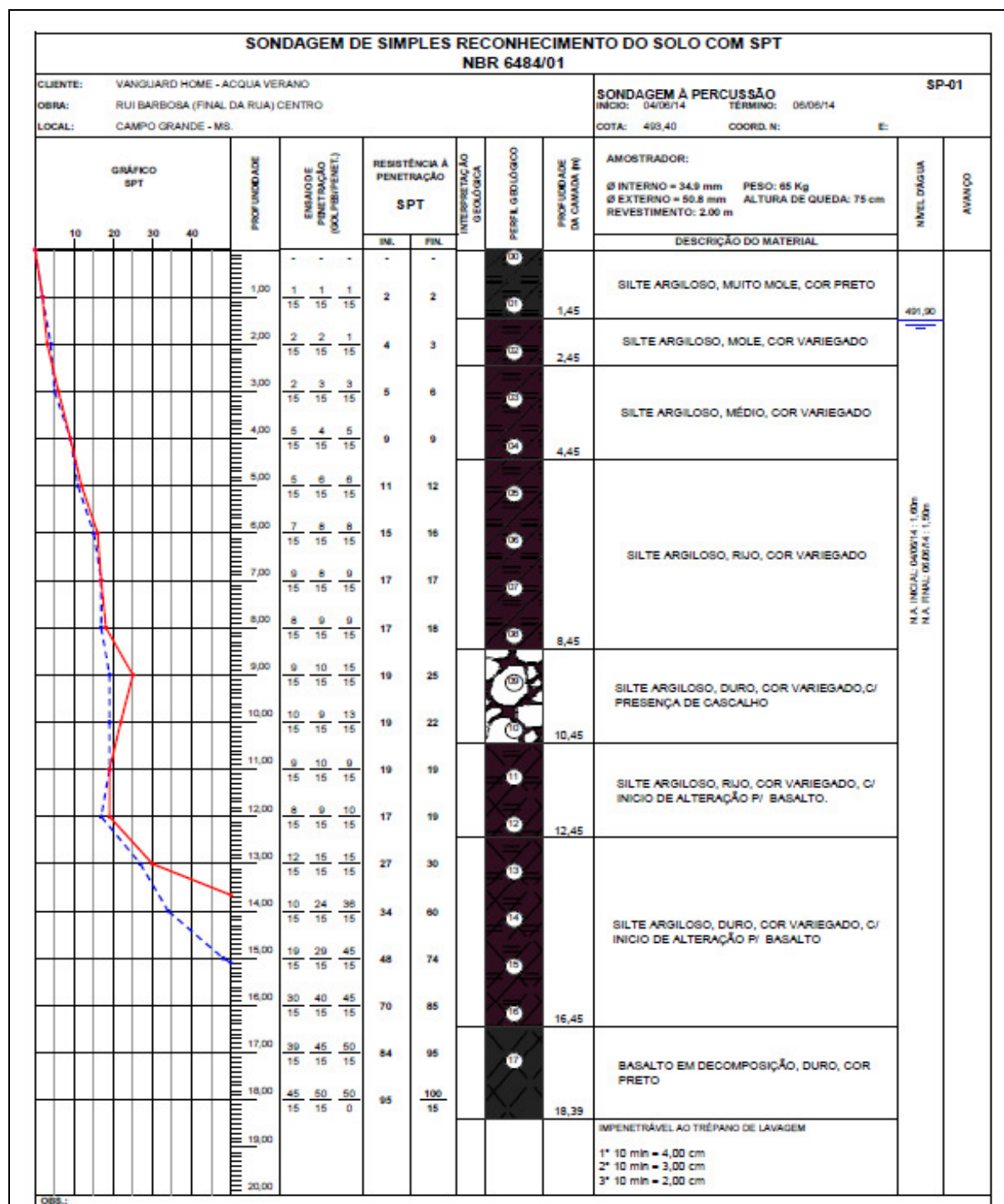


Figura 9 – Resultado da sondagem a Percussão
Fonte: Relatório de Sondagem a Percussão da obra Acqua Verano

6.1.3 Dados da estrutura a ser construída

Para esta obra se escolheu o tipo de estrutura convencional, utilizando de pilares e vigas de concreto moldadas *in loco* e vedação de tijolos de bloco de concreto. As cargas da estrutura estão na tabela abaixo fornecida pela empresa.

TABELA DE CARGAS PILARES DA TORRE 1			
PILAR	PP+SC	VENTO	TOTAL
P101	265.00	15.00	280.00
P102	537.00	13.00	550.00
P103	413.00	27.00	440.00
P104	533.00	12.00	545.00
P105	274.00	15.00	289.00
P106	296.00	25.00	321.00
P107	388.00	81.00	469.00
P108	544.00	43.00	587.00
P109	547.00	45.00	592.00
P110	431.00	82.00	513.00
P111	604.00	17.00	621.00
P112	632.00	19.00	651.00
P113	438.00	9.00	447.00
P114	418.00	9.00	427.00
P115	520.00	12.00	532.00
P116	647.00	13.00	660.00
P117	441.00	82.00	523.00
P118	544.00	48.00	592.00
P119	520.00	50.00	570.00
P120	383.00	81.00	464.00
P121	298.00	25.00	323.00
P122	264.00	15.00	279.00
P123	534.00	13.00	547.00
P124	413.00	27.00	440.00
P125	536.00	13.00	549.00
P126	275.00	15.00	290.00

Tabela 01 – Cargas na estrutura
Fonte: Projeto de Fundação da obra Acqua Verano

Tendo as cargas na estrutura e o resultado da sondagem SPT, pode ser feito o dimensionamento das fundações, muito possivelmente através dos métodos consagrados de calculo como Decourt-Quaresma e Aoki-Veloso. Foram executadas estacas com diâmetros de Ø700mm e Ø800mm com profundidades aproximadas de 20 metros. Em média os blocos de coroamento de estacas ficaram com 04 estacas por pilar.

6.1.4 Informações sobre obras vizinhas

A obra está localizada em um quarteirão, onde existem apenas casas ao seu redor, obras do mesmo porte estão localizadas em ruas próximas, mas não a ponto de serem afetadas por vibrações ou ruídos.

6.1.5 Equipamentos disponíveis na região

Para a realização desta fundação se fez necessário a contratação de uma empresa especializada em execução de estacas, com equipamento da marca CZM, modelo EM800/24, específico para Hélice Contínua Monitorada – CFA Bottom Drive.



Figura 9 - Equipamento de perfuração
Fonte: Arquivo pessoal

7 Conclusão

A execução de um projeto de fundação começa a ser pensado quando se está escolhendo o terreno, pois este irá lhe dizer muito que tipo de estrutura irá executar, o tipo de solo, se é um solo argiloso ou arenoso, se a topografia é favorável ou não. O projeto de fundação é tão importante quanto os demais projetos, pois ele lhe dará a base de sustentação de toda a estrutura, transmitindo os esforços vindos das lajes, vigas, pilares, blocos de coroamento de estacas e repassando para o solo. Ter o fato do terreno estar plano facilita muito sua execução, onde entra a o levantamento topográfico planialtimétrico. O estudo do solo através da sondagem é um componente da fundação, atividade que se faz necessária na obra, pois confiar simplesmente na visão ou informações informais de vizinhos podem ocasionar grandes problemas posteriores. O conhecimento das condições do local a ser erguida a nova edificação (acessibilidade, interferências, tipos e estados das construções vizinhas, etc) também são pontos importantes a serem observados.

Levando sempre em consideração o custo benefício da fundação escolhida, pois ela irá impactar direta ou indiretamente do fluxo de caixa da obra e no seu lucro final, que se mostre tecnicamente mais viável e que apresente bom desempenho aliado a segurança exigida, atendendo condições de custos e prazo de execução, conhecendo a vizinhança e se possível um relatório fotográfico são ações preventivas que irão trazer tranquilidade e respaldo ao desenvolver da obra.

Na obra do Condomínio Acqua Verano, optou-se por utilizar as estacas de hélice contínua baseando-se em suas vantagens, tais como: a alta produtividade, baixa emissão de vibração, elevado grau de qualidade, possibilidade de execução muito próxima a divisa do terreno,

execução do estaqueamento abaixo do nível de água, junto com o nivelamento do terreno, onde a movimentação do equipamento se torna de fácil manuseio.

Com este estudo pode-se concluir que é muito importante ter em mãos todas as informações prévias do terreno que irá receber a nova edificação, assim podendo em tempo hábil verificar todos os riscos eminentes a construção e levantar suas soluções sem afetar o cronograma da obra. Caso se faça necessárias mudanças de projetos, que estas ocorram na fase de planejamento e não ao longo da execução, evitando assim a inclusão ou aumento nos valores pré-definidos de orçamentos.

8 Referências

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2010.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484**: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio, Rio de Janeiro, 2001.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8036**: Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios, Rio de Janeiro, 1983.

MILITO, José Antônio de: **Técnicas de construção civil e construção de edifícios**. São Paulo, 2011.

NÁPOLES NETO, A.D.F. **História das fundações: uma breve história das fundações**. In: HACHICH, W.; FALCONI, F.F.; SAES, J.L.; FROTA, R.G.Q.; CARVALHO, C.S.; NIYAMA, S. (Org.). Fundações: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998.

VELLOSO, Dirceu de Alencar. **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas**/Dirceu de Alencar Velloso, Francisco de Rezende Lopes. -- São Paulo: Oficina de Textos, 2010.