

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

CAÍQUE JAQUES DIAS REIS

PRODUTIVIDADE EM FUNDAÇÕES TIPO ESTACA-RAIZ: ESTUDO DE CASO

São Luís
2016

CAÍQUE JAQUES DIAS REIS

PRODUTIVIDADE EM FUNDAÇÕES TIPO ESTACA-RAIZ: ESTUDO DE CASO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão para o grau de bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. João Aureliano de Lima Filho.

São Luís
2016

Reis, Caíque Jaques Dias.

Produtividade em fundações tipo estaca-raiz: estudo de caso / Caíque Jaques Dias Reis. – São Luís, 2016.

60 f

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2016.

Orientador: Prof. Esp. João Aureliano de Lima Filho.

1.Produtividade. 2.Fundação. 3.Estaca-raiz. I.Título

CDU: 624.154:658.5

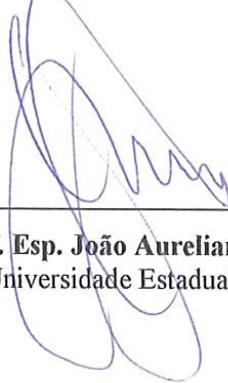
CAÍQUE JAQUES DIAS REIS

PRODUTIVIDADE EM FUNDAÇÕES TIPO ESTACA-RAIZ: ESTUDO DE CASO

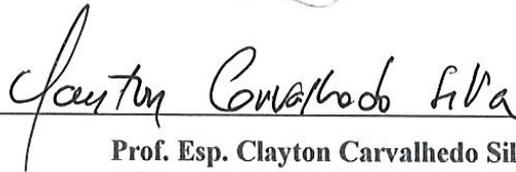
Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 13/07/2016

BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. João Aureliano de Lima Filho
Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Esp. Clayton Carvalho Silva
Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Me. Clodoaldo César Malheiros Ferreira
Universidade Estadual do Maranhão

São Luís
2016

À minha mãe, pelo amor incondicional,
motivação e crença em meu potencial.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser minha base e minha força em todos os momentos.

Às minhas avós, Petrúcia e Nádia que me mostraram como caminhar ao longo desses anos e me transmitiram ensinamentos que guardarei pro resto de minha vida, agradeço a Deus por ter vocês em minha vida.

À minha mãe Polênia e madrinha Pollyana, as quais sempre me colocaram pra cima e nunca deixaram de acreditar em minhas capacidades, dando forças para continuar minha caminhada, com amor, carinho e atenção desde o primeiro dia de minha vida. Sem vocês eu não estaria aqui.

Ao meu pai Robert, que me mostrou que devemos seguir nossos próprios caminhos e acreditar em nossos sonhos, dando conselhos essenciais em minha vida.

Aos meus tios Francisco e Vieira, irmãos em momentos de alegria e pais em sabedoria.

Aos meus tios, José Antônio e Evelize, obrigado por fazerem da minha infância a melhor que alguém poderia imaginar, por fazerem parte da minha educação, pelo amor, carinho e confiança depositados em todos os momentos.

À minha amiga, companheira e namorada Emanuely, que ficou sempre ao meu lado, me motivando e auxiliando nos momentos bons e difíceis, obrigado, meu amor.

Aos amigos do Pelotão, Bruno Henrique, Paulo, Eugenio, João Pestana, João Victor, Gustavo, Hugo, João Marinho, Leandro, Lucas Borges, Lucas Gabriel, Pedro Henrique, Roberto, Rogério, Victor Hugo, Victor Langford, Willer, José Nilton, amizade construída na UEMA que agradeço por ter encontrado, vocês me mostraram a humildade, sabedoria e companheirismo. Obrigado pelos momentos inesquecíveis, vocês são irmãos para mim.

Aos amigos de infância do edifício Viña Del Mar, Bruno, Caio, Dalmo, Dárcio, Jonathan, Vinícius e Mauricio, por estarem sempre presentes em minha vida, pela paciência, companheirismo e confiança.

Ao meu amigo Lucas, que me deu motivação desde a época de escola para os estudos, minha inspiração em integridade, caráter e alegria, obrigado pela sua amizade, careca.

Aos meus primos, Antônio Filho e Pedro, verdadeiros irmãos, fundamentais na formação do meu caráter, obrigado pelos momentos únicos, paciência e confiança.

Ao professor Aureliano, orientador deste projeto, por todo apoio, ajuda e atenção.

"O destino não é uma questão de sorte, é uma questão de escolha, não é algo a se esperar, é algo a se conquistar."

William Jennings Bryan

RESUMO

O uso e aplicação da fundação tipo estaca-raiz vem desde o século passado e seu estudo sendo aprofundado com o passar do tempo, sendo desenvolvidas, em sua origem, para a contenção de encostas, posteriormente foram utilizadas em reforços de fundações e, em seguida, como fundações normais. O objetivo desse projeto é descrever como conseguir um aumento de produtividade em fundações tipo estaca-raiz. Para isso, foi mostrado as falhas e dificuldades executivas, deixando claro que podem interferir no cronograma e apresentar soluções viáveis a fundação, de forma que os erros executivos e falhas encontrados não aconteçam. Além disso, é feita uma apresentação sobre a Estaca-Raiz, explicando sua metodologia executiva, vantagens e desvantagens. Como parte da metodologia desse projeto, o presente trabalho foi feito com base em conceitos bibliográficos e em um estudo de caso, em uma obra residencial, situada no bairro do Coroadinho, na cidade de São Luís, onde pôde-se observar e analisar a fundação do início ao fim. O estudo da produtividade nas fundações tipo Estaca-Raiz na obra em questão, permite mostrar que os problemas apresentados, apesar de simples, podem trazer um atraso considerável na obra.

Palavras-chave: Produtividade; Fundação; Estaca-raiz;

ABSTRACT

The use and application of root pile for foundation began in the last century, and its study has been deepened over time, being developed in its origin for the containing walls. Lately, it was used in foundation reinforcements and then as standard foundations. The objective of this project is to describe how to achieve an increase in productivity in foundations using root pile. It was presented the flaws and executive difficulties, which can interfere the schedule and presenting viable solutions to the foundation, to ensure that executive errors and failures do not occur. Furthermore, there will be a presertation about the root pile, explaining its executive methodology, advantages and disadvantages. As part of the methodology of this project, this work was based on bibliographic concepts and a case study in a residential project located in the neighborhood of Coroadinho, in the city of São Luís, where the foundation could be observed and analyzed from the beggining to the end. The study of productivity in foundations using root pile in this dissertation imply the presented problems, although simple, can cause a considerable delay in the project schedule.

Keywords: Root pile; Productivity; Foundation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de Perfil de Sondagem SPT.....	20
Figura 2 - Fundação superficial e profunda.....	21
Figura 3 - Sapata Isolada.....	22
Figura 4 - Cordoalhas (Cabos de protensão).....	23
Figura 5 - Macaco hidráulico.....	24
Figura 6 - Cravação de estacas metálicas.....	25
Figura 7 - Detalhe do capacete.....	26
Figura 8 - Cravação com martelo automático.....	26
Figura 9 - Operação da Estaca Strauss.....	27
Figura 10 - Procedimento executivo da estaca Franki.....	28
Figura 11 - Etapas de execução da estaca hélice contínua.....	30
Figura 12 - Perfuração em andamento.....	31
Figura 13 - Armação da estaca.....	32
Figura 14 - Estaca-Raiz concluída.....	32
Figura 15 - Localização APR-2.....	35
Figura 16 - Locação dos blocos.....	36
Figura 17 - Perfil de Sondagem.....	37
Figura 18 - Sequência de execução das estacas.....	38
Figura 19 - Quantidade de estacas concluídas por mês.....	39
Figura 20 - Deslocamento da ETE.....	42
Figura 21 - Dias de chuva.....	44
Figura 22 - Via interditada.....	44
Figura 23 - Perfuratriz atolada.....	45
Figura 24 - Área alagada.....	46
Figura 25 - Bomba submersa.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Material por Estaca.....	40
Tabela 2 - Conclusão das estacas.....	40
Tabela 3 - Índice de produtividade.....	41

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

SÍMBOLOS

Bn	Bloco de fundação com n sendo o número do referido bloco;
CA	Tipo de aço;
DA	Duração de uma determinada atividade;
H	Força resultante Horizontal;
Ip	Índice de Produtividade;
M	Momento;
MO	Quantidade de mão-de-obra;
N	Força resultante Normal;
N	Soma do número de golpes necessários;
Q	Quantidade de serviço a ser executado em determinada atividade;

SIGLAS

ABEF	Associação Brasileira de Engenharia de Fundações e Geotecnia;
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
APR	Área Prioritária de Reassentamento;
CAEMA	Companhia de água e esgoto do Maranhão;
CPT	<i>Cone Penetration Test</i> ;
ETE	Estação de tratamento de esgoto;
NBR	Norma Brasileira Registrada;
SEINFRA	Secretaria da Infraestrutura do Governo do Ceará;
SPT	<i>Standard Penetration Test</i> ;

UNIDADES DE MEDIDAS

cm	Centímetro;
d	Diâmetro;
d	Dias;
H	Homem;
h	Hora;
kg	Quilograma;
L	Litro;
m	Metro;
mm	Milímetro;
Pa	Pascal.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 JUSTIFICATIVA	15
3 OBJETIVO	16
3.1 Objetivo Geral	16
3.2 Objetivos Específicos.....	16
4 REFERENCIAL TEÓRICO	17
4.1 Planejamento.....	17
4.1.1 Investigação do Subsolo	18
4.1.2 Sondagem à Percussão SPT.....	19
4.2 Fundações	20
4.3 Fundações Diretas	21
4.3.1 Sapatas	21
4.3.1.1 Sapata Isolada.....	21
4.3.1.2 Sapata de Divisa	22
4.3.1.3 Sapata Associada	22
4.3.1.4 Sapata Corrida	22
4.3.2 Blocos de Fundação.....	22
4.3.3 Radier	23
4.3.3.1 Radier Protendido	23
4.4 Fundações Profundas	24
4.4.1 Estaca de Madeira.....	24
4.4.2 Estacas Metálicas.....	25
4.4.3 Estaca Pré-moldada de Concreto	26
4.4.4 Estacas de Concreto in loco.....	27
4.4.4.1 Estaca Strauss	27
4.4.4.2 Estaca tipo Franki	28
4.4.4.3 Estaca Broca	28
4.4.5 Estaca Escavada com Lama Bentonítica	29
4.4.6 Tubulões	29
4.4.7 Estaca Hélice Contínua.....	30
4.5 Estacas-Raiz	31
4.5.1 Conceituação	31

4.5.2 Execução.....	31
4.5.3 Vantagens	33
4.5.4 Desvantagens	33
4.6 Produtividade.....	33
4.6.1 Índices de produtividade e rendimento.....	33
4.6.2 Determinação da duração das atividades e recursos.....	34
5 ESTUDO DE CASO	35
5.1 Conhecendo o Projeto	35
5.2 Análise do Projeto.....	37
5.3 Execução	38
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
6.1 Produtividade da Obra	41
6.2 Falhas e Dificuldades de Execução.....	42
6.2.1 Planejamento de execução.....	42
6.2.2 Burocracia com a Prefeitura	43
6.2.3 Controle de materiais.....	43
6.2.4 Chuva.....	43
6.3 Obra ideal: Aumento de Produtividade	45
7 CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS	50
APÊNDICE	52
ANEXOS	53

1 INTRODUÇÃO

O uso e aplicação da fundação tipo estaca-raiz vem desde o século passado e seu estudo sendo aprofundado com o passar do tempo, assim como os métodos de aumento de produtividade da mesma. Segundo Waldemar Hachich, Frederic F. Falconi, José Luiz Saes, Régis G. Q. Frota, Celso S. Carvalho e Sussumu Niyama (1998, p. 361), "o desenvolvimento e utilização desse tipo de estacas deu-se a partir da década de 50, quando o professor Fernando Lizzi requereu na Itália as primeiras patentes sob a denominação de *Pali Radice*".

A estaca-raiz é uma estaca armada e concretada com argamassa de cimento e areia, moldada "in loco", executada através de perfuração rotativa ou roto-percussivo, revestida integralmente por meio de tubo metálico (tubo de revestimento) que garante a estabilidade da perfuração (Manual da Associação Brasileira de Engenharia de Fundações, ABEF, 2012).

As estacas-raiz foram desenvolvidas, em sua origem, para a contenção de encostas, posteriormente foram utilizadas em reforços de fundações e, em seguida, como fundações normais, com um processo executivo dividido em 3 fases, perfuração, armadura e concretagem (VELLOSO; LOPES, 2002). A produtividade desse tipo de fundação está diretamente relacionada com o ambiente que é realizada, tendo como grande importância a boa logística, planejamento de execução e acompanhamento dos processos.

Este projeto, tem como objetivo geral, mostrar como conseguir um aumento de produtividade em fundações tipo Estaca-Raiz. Tem como objetivo específico, mostrar todos os erros executivos e falhas da fundação, bem como apresentar soluções viáveis a fundação de forma que esses erros e falhas encontrados no estudo de caso não aconteçam, verificando sua influência na obra, além de explicar o conceito de fundações rasas, profundas e seus tipos, analisar o projeto de sondagem do local estudado, explicando os procedimentos necessários.

O presente trabalho será feito com base em conceitos bibliográficos e em um estudo de caso, em uma obra residencial, situada no bairro do Coroadó, na cidade de São Luís. Utilizando a técnica de fundação profunda das Estacas-Raiz, a obra apresentou vários impasses, que prejudicaram diretamente o cronograma da mesma, como o mal planejamento de sua execução, incluindo a falta de planejamento na solicitação de materiais, grande quantidade de chuva na região, prejudicando o terreno, causando alagamento e o atolamento da máquina utilizada no processo, entre outros que serão abordados posteriormente. Acredita-se que com essa pesquisa seja possível demonstrar as soluções e métodos executivos viáveis para o aumento de produtividade desse tipo de fundação.

O estudo será dividido em três fases. Primeiramente, será apresentado o Referencial Teórico, onde será abordado os conceitos e diferentes tipos de fundações profundas, com foco nos estudos de Estacas-raiz e o conceito de Produtividade, assim como a explicação detalhada da mesma.

A segunda parte deste trabalho é a apresentação do estudo de caso, onde será estudado e apresentado o projeto de fundação, o ensaio de sondagem e a execução da fundação.

A terceira parte desse projeto, mostrará os resultados e discussões do processo, a produtividade da obra, as falhas na execução da fundação que afetaram o cronograma, bem como as dificuldades causadas pela região. Focando em como conseguir um aumento de produtividade nas fundações tipo Estaca-Raiz, com soluções plausíveis.

2 JUSTIFICATIVA

A execução da fundação tipo estaca raiz pode se tornar um grande desafio no desenvolvimento da obra. Percebe-se que cada vez mais a procura por economia de materiais e tempo vem aumentando, com o objetivo da redução de custos da obra, principalmente na situação de crise econômica que o Brasil se encontra. A estaca-raiz é conhecida por ser uma fundação que demanda tempo, dinheiro e mão de obra especializada. O que impulsionou a realização desse trabalho foi a procura pelo entendimento desse processo, mostrar que existem falhas que não percebemos, deixando claro que o método de fundação de Estaca Raiz é eficaz e produtivo se usado da correta maneira, apresentando conceitos, definições e um estudo de caso, de forma a apresentar com clareza a correta execução desse tipo de fundação, para que se possa economizar material, ganhar tempo e conseqüentemente aumentar a produtividade da obra.

Para quem pretende executá-la e aprofundar seus conhecimentos a respeito, com base na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e pesquisas bibliográficas. Dessa forma, ter planejamento e estudos de caso são de grande importância para obedecer o cronograma da obra, e até aumentar a produtividade.

3 OBJETIVO

3.1 Objetivo Geral

Descrever como conseguir um aumento de produtividade em fundações tipo estaca-raiz, levantando um estudo de caso, em uma obra residencial.

3.2 Objetivos Específicos

- Apresentar o conceito de fundações rasas, profundas e seus tipos;
- Analisar o projeto e sondagem do local a ser estudado, bem como explicar os procedimentos e importância destes ensaios;
- Mostrar todas as falhas na execução, apresentadas no estudo de caso da fundação estaca-raiz;
- Verificar de que forma eles podem interferir no cronograma da obra;
- Apresentar soluções viáveis a fundação, de forma que os erros executivos e falhas encontrados no estudo de caso não aconteçam.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

O estudo de fundações em uma obra é essencial na formulação dos custos da mesma. Em um mesmo tipo de obra podemos ter diferentes escolhas de tipos de fundações, variando de acordo com o tipo de solo onde se encontram, carga atuante, existência de água, altura do lençol freático e mobilidade de equipamentos. O referencial tratado nesse projeto se guiará no conhecimento necessário para a execução e entendimento de uma fundação, explicando então os detalhes necessários para isso.

4.1 Planejamento

O planejamento da obra é realizado de forma a se evitar contratempos e atrasos, e fazer com que a produção ande sem interrupções.

É preciso saber se vale a pena executar tal procedimento ou determinada fundação, de forma a verificar no empreendimento, fazendo um estudo de viabilidade, planejando o que se vai executar, as vantagens e desvantagens, riscos, retornos e como proceder em cada etapa. Além disso, o estudo da viabilidade abrange o roteiro que constitui o planejamento do empreendimento, mostrando quais são os produtos, clientes, processo tecnológico de produção, estrutura de gerenciamento, investimentos necessários, capital de giro, projeções financeiras para fluxo de caixa, receitas, despesas, custos e lucros e tempo de retorno do investimento. Isso tudo é realizado de forma que se diminua os riscos, minimizando os erros e verificando a viabilidade da obra em todos os aspectos. Além disso, gera informações privilegiadas, identifica oportunidades e ameaças e facilita as decisões do empreendedor (CRESO, 2015).

Após o estudo de viabilidade, deve ser feito o estudo preliminar da obra, verificando a localização e características do lote, opções de uso, custo e prazo para a implantação da obra. Deve ser observado também, os padrões construtivos da região, além da disponibilidade elétrica, telefonia, abastecimento de água e rede coletora de esgoto. (CRESO, 2015).

É necessário também, a definição dos setores de trabalho e seus respectivos responsáveis, de forma a estabelecer os empreiteiros necessários, prestadores de serviço e encarregados, definindo suas tarefas e responsabilidades. É nessa fase também que se faz uma análise de impacto ambiental, assim como acordos prévios com órgãos públicos e profissionais especializados, envolvidos na realização do empreendimento (GEHBAUER, 2002).

Com o estudo de viabilidade e o estudo preliminar da obra, passa-se as investigações do subsolo, uma forma também de estudo preliminar e planejamento da fundação.

4.1.1 Investigação do Subsolo

Antes de falar a respeito dos diferentes tipos de fundações, é preciso saber como e por que foi-se escolhido um determinado tipo. Existem elementos necessários para desenvolver-se um projeto.

Segundo Velloso e Lopes (2004, p.13), "os elementos necessários para o desenvolvimento de um projeto de fundações são: topografia da área, dados geológico-geotécnicos, dados da estrutura a construir e dados sobre construções vizinhas".

É necessário ainda um estudo do solo, que é chamado de investigação do subsolo: "Nessa investigação, as etapas são: (a) investigação preliminar; (b) investigação complementar ou de projeto; (c) investigação para a fase de execução." (VELLOSO; LOPES, 2004, p.33). O principal objetivo desse tipo de investigação é conhecer as principais características do subsolo, para que assim se possa definir qual o tipo de fundação mais indicada.

Existem diversas formas de se fazer essa investigação, com a realização de ensaios através de sondagens. As sondagens podem ser superficiais, para o primeiro reconhecimento da região e podem ser mais profundas, propiciando um estudo mais detalhado das condições do solo. No caso de sondagens superficiais, pode ser feito fotos tiradas por aviões e satélites, porém o estudo dos resultados necessitam de um conhecimento especializado, visto que o que se obtém é a topografia e a vegetação do local estudado. Outra forma de se fazer a sondagem superficial é através da resistência elétrica, onde mede-se a resistividade do solo e de acordo com ela, ter uma idéia do tipo de solo. Esses processos, como o próprio nome já mostra, são pouco detalhados e não podem ser indicados para a determinação de diversas características do solo, pelo fato de analisarem apenas a superfície do solo, se tornando bastante imprecisos. (REBELLO, 2008).

Os ensaios de investigação profunda trazem mais detalhes em seus resultados, indispensáveis para a execução e escolha da fundação. Os principais processos de investigação são: poços e sondagens a trado, *Standard Penetration Test* (SPT), sondagens rotativas, sondagens mistas, ensaio de cone (CPT) e ensaio pressiométrico (VELLOSO; LOPES, 2004). Ou seja, conhece-se uma grande variedade de ensaios e processos de investigação. Esses ensaios possuem diferentes finalidades porém com o mesmo objetivo, a

investigação do subsolo. Observa-se aí, a importância desse estudo ser realizado. Nesse estudo, o ensaio adotado é o SPT.

4.1.2 Sondagem à Percussão SPT

No Brasil, o ensaio mais conhecido é a sondagem à percussão Standart Penetration Test (SPT) que determina o índice de resistência à penetração. O ensaio consiste na cravação de um amostrador padrão no solo através de golpes provocados pela quadra livre de um martelo de 65kg. É importante frisar que o ensaio começa após ser escavado 1 metro com um trado tipo concha. Os procedimentos desse ensaio são padronizados e são descritos de acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia (ABEF) da seguinte forma:

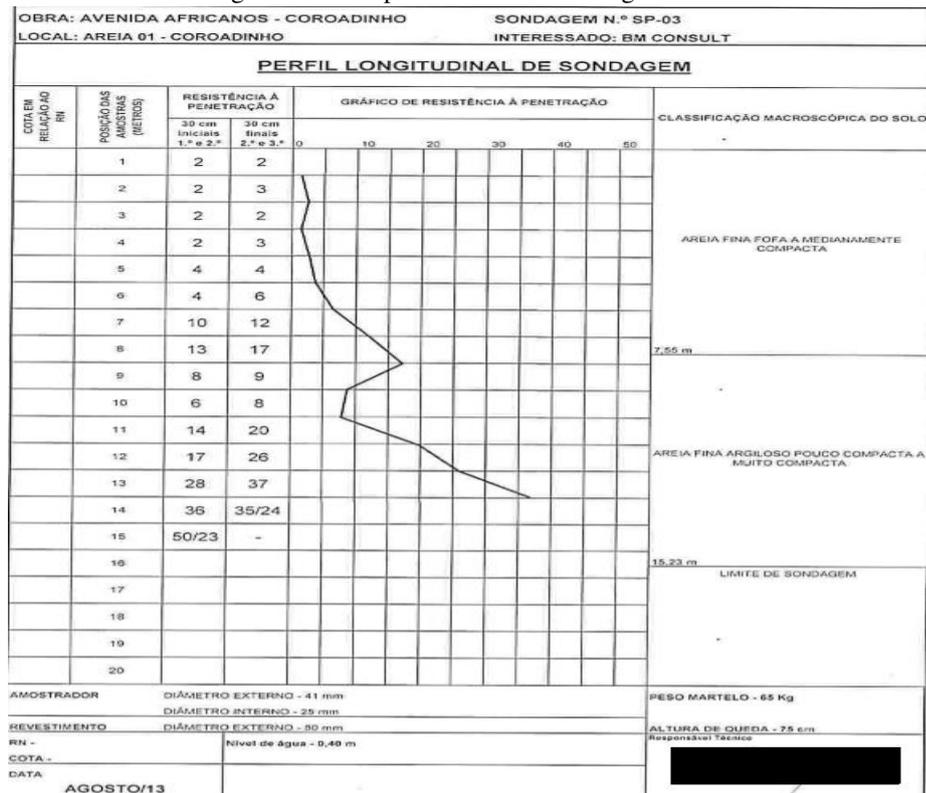
A execução deve ser feita obrigatoriamente empregando-se corda e içamento manual do martelo [...] deve obrigar o uso de mecanismo que solte automaticamente o martelo em queda livre, bem como de instrumentação que meça a energia transmitida pelo martelo em queda livre ao conjunto de hastes e amostrador. [...] Iniciar a sondagem com o trado cavadeira, coletando a amostra inicial e a cada metro, ou a cada mudança de material[...]. (MANUAL DE EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES E GEOTECNIA, 2012, p. 17).

Ou seja, ao realizar essa sondagem, a cada metro é coletado uma amostra de material, a fim de detalhar o mesmo. Além disso, é anotado também a quantidade de batidas que o martelo realiza em três trechos de 15 centímetros, sendo os 30 centímetros finais, onde se determina a resistência à penetração, que é a soma do número de golpes (N) necessários para a penetração destes últimos 30 centímetros, essenciais para base de cálculo.

Com base nos perfis de cada sondagem, pode-se desenhar o perfil do subsolo de cada um, de preferência com um detalhamento das seções do subsolo abrangendo diversas sondagens, facilitando a visualização. Esse desenho mostrará todas as camadas encontradas no solo, assim como os níveis de água e o número de golpes N para a cravação dos últimos 30 centímetros (HACHICH; FALCONI et al, 1998).

Os critérios de interrupção da sondagem são baseados na característica da obra e pelas características do terreno. Desde que se tenha uma justificativa geotécnica e por cálculos, com obras com cargas baixas, pode-se ter essa paralisação baseada nas características da obra. Segundo as características do terreno, se a sondagem obtiver em 3 metros sucessivos índices de penetração maiores que 45/15 (ser necessário 45 batidas para aprofundar apenas 15 centímetros) a interrupção é válida. A mesma regra se aplica quando para 4 metros consecutivos forem obtidos índices entre 45/15 e 45/30 e em 5 metros índices sucessivos entre 45/30 e 45/45. (BOTELHO; CARVALHO, 2007).

Figura 1 - Exemplo de Perfil de Sondagem SPT



Vitral Construo, 2013.

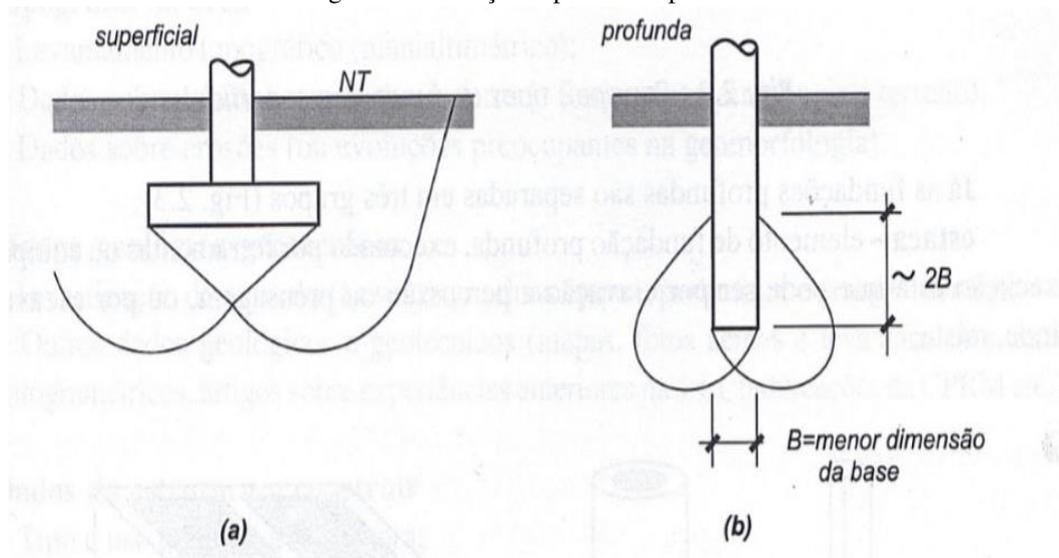
4.2 Fundaes

Com o estudo geotcnico em mos, dados da área a ser construda e de edificaes vizinhas, pode-se comear a planejar e escolher o tipo de fundao a ser utilizada. As fundaes so necessrias pois o solo encontrado, na grande maioria das vezes, no  adequado para receber a estrutura, da vem a idia de se fazer uma "base" para suportar as cargas. A fundao pode ento ser definida como o elemento estrutural responsvel por suportar as cargas das edificaes.

Como dito anteriormente em investigao do subsolo, existem itens necessrios ao projeto de fundao. Alm dos quatro citados (topografia da área, dados geolgico-geotcnicos, dados da estrutura a construir e dados sobre construes vizinha), tem-se que levar em conta as aes nas fundaes. Essas aes so solicitaes que uma estrutura est sujeita, sendo aes permanentes, aes variveis e aes excepcionais. As aes permanentes so as que esto sempre presentes com o mesmo valor, como por exemplo o peso prprio da construo. As aes variveis so as que ocorrem com valores que apresentam variaes significativas em torno da mdia. As excepcionais so as possuem durao curta e de baixa probabilidade de acontecer (VELLOSO; LOPES, 2004).

Pode-se dividir o estudo de fundações em dois tipos, as fundações diretas e fundações profundas. Um dos critérios que se usa para definir esses tipos de fundações leva em conta a profundidade da ponta ou base da parte estrutural da fundação, as mais rasas ou superficiais são as fundações diretas, como as sapatas, e as profundas, como as estacas ou tubulões (CINTRA; AOKI; ALBIERO, 2011).

Figura 2 - Fundação superficial e profunda



Fonte: VELOSO; LOPES, 2004.

4.3 Fundações Diretas

As fundações diretas são aquelas onde as cargas das estruturas são transferidas ao solo logo nas primeiras camadas, ou seja, a uma pequena profundidade em relação ao solo circundante. Mais precisamente, a NBR 6122 (2010, p. 2) diz que "a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente à fundação é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação". Tendo esse conceito, pode-se dizer que os tipos de fundações diretas existentes e mais freqüentemente usadas são as sapatas, os blocos e o radier.

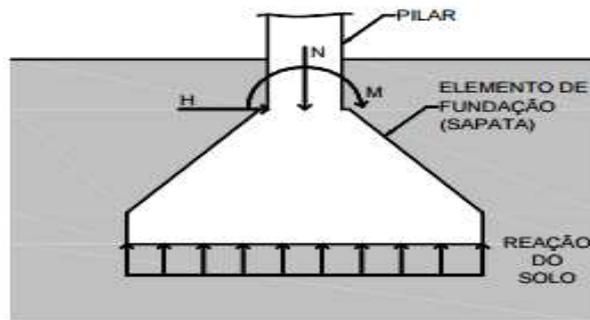
4.3.1 Sapatas

As sapatas são os elementos da fundação constituídos por concreto armado que tem como principal objetivo resistir à flexão, podendo ser de forma quadrada, retangulares e do tipo corridas, em divisa e associadas (HACHICH; FALCONI et al, 1998).

4.3.1.1 Sapata Isolada

A sapata isolada é aquela que transmite ao solo as solicitações de apenas um pilar, podendo ter várias formas, porém a mais comum é retangular.

Figura 3 - Sapata Isolada



Fonte: BASTOS, Paulo. 2016.

4.3.1.2 Sapata de Divisa

Quando o pilar está muito próximo ou na divisa do terreno, também se tem que ter uma análise diferenciada, surgindo as sapatas isoladas em divisa. Essa análise surge pelo fato da sapata não poder entrar no terreno vizinho, tendo que portanto, corrigir a excentricidade da mesma, fazendo a chamada viga de alavanca ou viga de equilíbrio (HACHICH; FALCONI et al, 1998).

4.3.1.3 Sapata Associada

Quando dois pilares estão próximos, podemos ter o caso das sapatas associadas. Isso ocorre devido a sobreposição das sapatas, tendo que nesses casos, colocar os pilares sobre uma única sapata, devido a impossibilidade de se calcular sapatas isoladas para cada pilar. Além disso, é necessário ter cuidado com o centro de gravidade. É necessário que os centros de gravidade dos pilares e da sapata coincidam para que a distribuição de tensões no solo seja uniforme (REBELLO, 2008).

4.3.1.4 Sapata Corrida

Por último, temos as sapatas corridas. Segundo a NBR 6122 (2010) a sapata corrida tem como conceito "sapata sujeita à ação de uma carga distribuída linearmente ou de pilares ao longo de um mesmo alinhamento". Ou seja, ela é caracterizada como uma placa de concreto armado que tem por função distribuir linearmente pelo solo as cargas recebidas dos pilares ou de paredes. Outra característica desse tipo de fundação é que uma das dimensões é bem maior que a outra, daí vem a possibilidade dessa distribuição linear das cargas.

4.3.2 Blocos de Fundação

Além desses tipos de fundação direta, temos também os blocos de fundação. Esses blocos são constituídos de concreto simples e dimensionados de forma que as tensões nele

produzidas possam resistir somente com o concreto, sem a necessidade de armadura (VELOSO; LOPES, 2004). Ou seja, por ser realizado com concreto simples e sem armadura, são executados em obras de pequeno porte e que não transmitam cargas elevadas ao solo.

4.3.3 Radier

O radier é uma placa ou laje de concreto armado em contato direto com o solo, que ocupa toda a área da construção, com cargas distribuídas uniformemente no terreno. Usualmente, são usados para fundações de obras de pequeno porte, como casas térreas ou construções leves. A base dos raders possuem uma camada de brita de 7 centímetros, permitindo o nivelamento do terreno e impossibilitando o contato com o solo (LIMA, 2011). Os raders podem ser protendidos ou armados, dependendo da carga da edificação.

É importante frisar que a expressão radier só pode ser utilizada quando uma fundação rasa suporta todos os pilares da edificação, caso contrário seria apenas uma sapata associada (VELLOSO; LOPES, 2004).

4.3.3.1 Radier Protendido

O radier protendido é utilizado para cargas maiores que o radier armado, com edificações de até 14 pavimentos, dependendo é claro, da carga da estrutura. Segundo Eduardo Lima (2011), os cabos de protensão são feitos com cordoalhas plastificadas e engraxadas, apresentadas em feixes de 80 centímetros a 1 metro, e para garantir sua fixação e elevação, são posicionado espaçadores nos encontros das cordoalhas.

Figura 4 - Cordoalhas (Cabos de protensão)



Fonte: LIMA, Eduardo - <http://equipedeobra.pini.com.br>.

A protensão do radier é realizada e somente após a cura do concreto, de forma que sua resistência mínima a compressão seja de 21 MPa. A protensão é realizada com o auxílio

de um macaco hidráulico, onde encosta-se o mesmo na lateral do radier, prendendo o cabo e esticando-o. A cordoalha é então, tensionada e cortada.

Figura 5 - Macaco hidráulico



Fonte: LIMA, Eduardo - <http://equipedeobra.pini.com.br>.

4.4 Fundações Profundas

As fundações profundas, diferente das diretas, são voltadas em sua grande maioria para edificações com cargas elevadas onde o solo superficial não é capaz de suportar. Além disso, é o elemento da fundação que transmite a carga ao terreno pela base ou por sua superfície lateral, conhecidos respectivamente por resistência de ponta e resistência de fuste (NBR 6122, 2010). Existem diversos tipos de fundações profundas, divididas pelo tipo de estaca e forma de execução. Os principais tipos utilizados no Brasil serão listados a seguir.

4.4.1 Estaca de Madeira

As estacas de madeira são atualmente utilizadas em obras provisórias e, caso usadas em obras permanentes, necessitam de um tratamento com produtos preservativos. Além disso, são constituídas por troncos de árvores, retilíneos e com a ponta preparada para a cravação corrosão (VELLOSO; LOPES, 2004).

O diâmetro médio dessas estacas variam de 22 a 30 cm, com uma limitação de 12 metros de comprimento. Em sua cravação, a cabeça das estacas deve ser constituída de um anel cilíndrico de aço, para evitar o rompimento da mesma devido aos golpes realizados para ser executada (CAPUTO, 1987).

A cravação é realizada com golpes de martelo em queda livre, e deve ser dimensionada de forma que a estaca atinja a profundidade prevista para sua capacidade de carga sem danificá-la. O trecho danificado durante a cravação deve ser cortado, assim como o excesso em relação a cota de arrasamento (NBR 6122, 2010).

Para ter uma boa durabilidade, a madeira precisa ser mantida permanentemente submersa. Porém, com a variação de nível d'água, apodrece por ação de fungos que se desenvolvem no ambiente água-ar, daí a necessidade de se fazer um tratamento com produtos preservativos, com sais tóxicos a base de zinco, mercúrio, cobre etc (HACHICH; FALCONI et al, 1998).

4.4.2 Estacas Metálicas

As estacas metálicas, são estacas pré-moldadas que possuem diversas formas, sendo elas com perfis laminados ou soldados e tubos de chapa calandrada e soldado ou sem costura. A grande vantagem desse tipo de estaca é que possuem seções transversais de várias formas e dimensões, com capacidade de carga elevada e peso relativamente pequeno, mas infelizmente possuem um elevado custo e estão sujeitas à corrosão (VELLOSO; LOPES, 2004).

O processo de cravação das estacas metálicas podem ser feitas por prensagem, percussão ou vibração, determinado de acordo com as dimensões da estaca, características do solo e construções vizinhas (NBR 6122, 2010).

Essas estacas podem ser caracterizadas como estacas de deslocamento, pelo fato de serem introduzidas no terreno sem a retirada do solo.

Figura 6 - Cravação de estacas metálicas



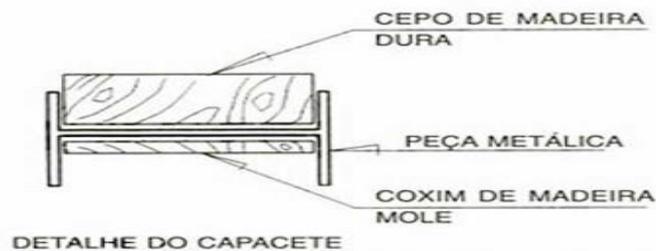
Fonte: Sete Engenharia - <http://www.sete.eng.br/>

4.4.3 Estaca Pré-moldada de Concreto

As estacas pré-moldadas de concreto são confeccionadas em concreto armado ou protendido, podendo ser cravadas por prensagem, vibração ou percussão. O processo mais utilizada é a cravação por percussão, que é realizado com pilões de queda livre. Essa cravação é realizada com golpes na estaca, deslocando a mesma solo abaixo e finalizada quando atinge a cota estabelecida.

Para amortecer os golpes do pilão, é utilizado um capacete constituída por "coxim" e "cepo" de madeira, que é instalado no topo das estacas e serve também para uniformizar as tensões nela aplicadas (HACHICH; FALCONI et al, 1998). O detalhamento do capacete pode ser visto na figura abaixo:

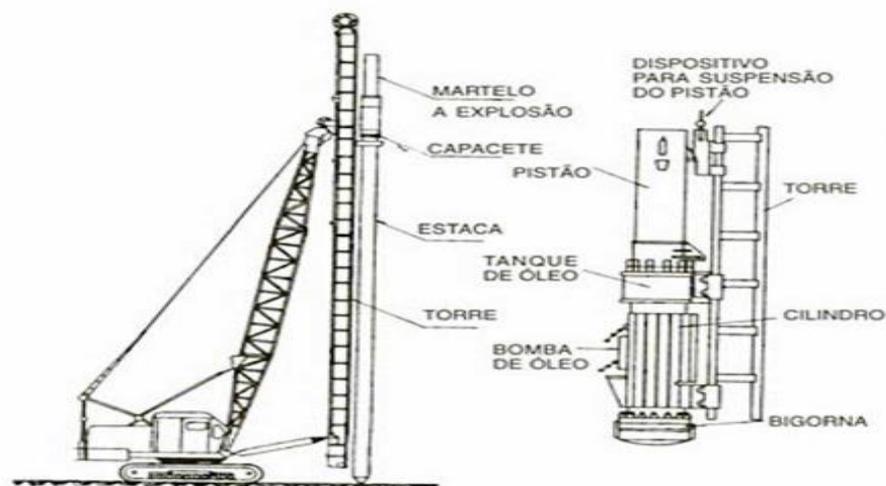
Figura 7 - Detalhe do capacete



Fonte: HACHICHI; FALCONI et al, 1998

Além dos pilões em queda livre, usa-se também os martelos automáticos, que são mais eficientes pelo fato de serem aplicados mais golpes na estaca em um intervalo de tempo menor.

Figura 8 - Cravação com martelo automático



Fonte: HACHICHI; FALCONI et al, 1998

A vantagem desse tipo de estaca sobre as moldadas in loco consiste na qualidade superior do concreto que se pode obter. Além disso, os agentes agressivos encontrados no solo não terão nenhuma ação na pega e cura do concreto nas estacas pré-moldadas. É considerado também mais seguro na hora da passagem em camadas de solo muito moles, o que pode ser considerado um problema em concretagens in loco. Apesar disso, se a previsão de comprimento não for feita com cuidado, pode-se enfrentar um problema de corte ou emenda das estacas, o que pode se considerar uma desvantagem em relação as estacas moldadas in loco (VELLOSO; LOPES, 2002).

4.4.4 Estacas de Concreto in loco

As estacas de concreto moldadas no solo ou *in loco* são conhecidas como estaca tipo Franki, Strauss e Broca. Por serem moldadas em solo, possuem a vantagem sobre as pré-moldadas de permitir executar a concretagem no comprimento estritamente necessário e valores de capacidade de carga mais elevados (VELLOSO; LOPES, 2002).

4.4.4.1 Estaca Strauss

A estaca Strauss é escavada com o emprego de um sonda, a qual com ajuda de uma camisa metálica recuperada em seguimentos rosqueados, é cravada, garantindo a estabilidade da perfuração. A execução da fundação inicia-se com um pré-furo realizado com um soquete ou pilão, com a profundidade de 1,0 m a 2,0 m. (NBR 6122, 2010).

Em seguida acopla-se a sonda e se inicia a cravação. As camisas de revestimento são introduzidas na medida que o furo é formado. Após o termino da cravação lança-se o concreto e simultaneamente é feito a retirada a camisa metálica com o guincho manual, de forma lenta, adensando o concreto (ABEF, 2012). Quando a estaca é armada, a gaiola é inserida antes do processo de concretagem.

Figura 9 - Operação da Estaca Strauss



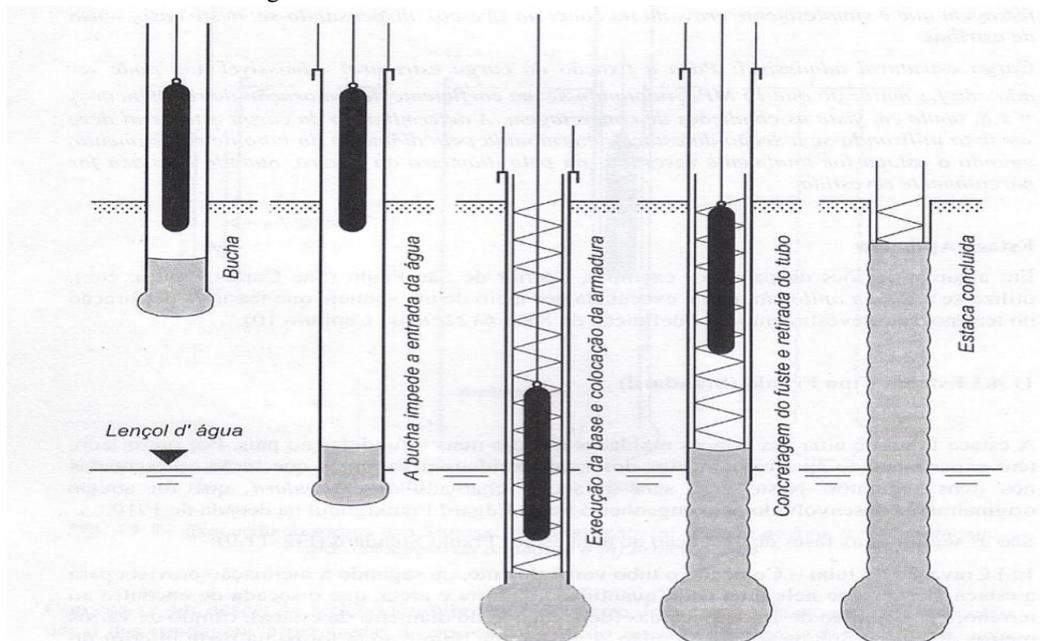
Fonte: TecGeo Sondagens e Fundações - <http://www.tecgeo.com.br>.

4.4.4.2 Estaca tipo Franki

A estaca tipo Franki é realizada com um tubo de revestimento, recuperado, por meio de golpes sucessivos de um pilão em uma bucha, de pedra e areia, revestida ao tubo. A cravação do tubo é finalizada quando se verifica a nega nos últimos metros. (NBR 6122, 2010).

O tubo de revestimento é preso por meio de cabos de aço à torre bate-estaca, realizando golpes com a intenção de expulsar a bucha e se iniciar a execução de alargamento da base (HACHICH; FALCONI et al, 1998). Após a expulsão da bucha, introduz-se concreto seco que é submetido a golpes do pilão, formando a base alargada. Com a base pronta, coloca-se a armadura. Quando é previsto o levantamento do terreno ou quando temos estacas de tração, a armadura é inserida antes do término da base alargada, de forma a ancorá-la na mesma (VELLOSO; LOPES, 2002).

Figura 10 - Procedimento executivo da estaca Franki



Fonte: VELLOSO; LOPES, 2016

4.4.4.3 Estaca Broca

É uma estaca escavada com trado mecânico, sem fluido estabilizante. São moldadas in loco, empregadas onde o perfil do subsolo tenha características de forma a manter a estabilidade do furo sem o emprego de revestimento ou fluidos estabilizantes (NBR 6122, 2010).

Sua metodologia executiva consiste na perfuração por meio do trado manual ou mecânico até a profundidade prevista, fazendo em seguida uma limpeza do furo, com a

remoção do material desagregado acumulado durante a escavação. Por serem executadas sem camisa de aço ou fluido estabilizante essas estacas só podem ser executadas abaixo do lençol freático se o furo puder ser seco antes da concretagem. A armadura é inserida imediatamente após a concretagem, quando existente. A grande maioria desse tipo de fundação não é armada, utiliza-se somente ferros de ligação com o bloco. (VELLOSO; LOPES, 2002).

4.4.5 Estaca Escavada com Lama Bentonítica

As Estacas Escavadas com lama Bentonítica abrangem a escavação da estaca juntamente com o preenchimento com lama bentonítica, previamente preparada, onde ocorre a colocação da armadura e posteriormente o lançamento de concreto através de tubos de concretagem, expulsando a lama (FALCONI, et al, 1998). A lama bentonítica, segundo a ABEF (2012, p. 195) é "uma mistura de água com a bentonita em pó, em proporções adequadas ao desenvolvimento do serviço".

A perfuração se dá com o auxílio de uma camisa metálica e é realizada simultaneamente ao lançamento da lama bentonítica, que é utilizada para garantir a estabilidade da escavação. Após ser atingida a cota estabelecida em projeto, é inserida a armadura, colocada junto com espaçadores para garantir o cobrimento de projeto e sua centralização. A concretagem é realizada após isso, feita de maneira submersa e contínua. Antes de realizar a concretagem e instalação da armadura, é necessário verificar a porcentagem de areia em suspensão na lama, verificando a necessidade de troca ou desarenação, para garantir sua qualidade durante a concretagem (NBR 6122, 2010).

4.4.6 Tubulões

Tubulões, que podem ser a céu aberto e a ar comprimido, e segundo a NBR 6122 (2010) tem como definição ser um elemento de fundação profunda onde as cargas são transmitidas preponderadamente pela ponta, onde há descida de pessoas para executar o alargamento de base e limpeza do fundo da escavação.

O fuste, que é a parte da coluna entre o bloco de coroamento e a base, é escavado manualmente por poceiros ou perfuratrizes até atingir a cota estabelecida em projeto (NBR 6122, 2010).

O tubulação a céu aberto possui duas possibilidades de execução. Uma delas é quando a execução é feita acima do nível de água, onde pode precisar de suporte para as paredes, visto que há risco de desmoronamento das camadas superiores. Esse revestimento pode ser feito com anéis de concreto pré-moldados. Pode ser realizado também em solos

saturados, onde seja possível bombear a água sem riscos de desmoronamento. A concretagem é realizada imediatamente após a conclusão da escavação (VELLOSO; LOPES, 2002).

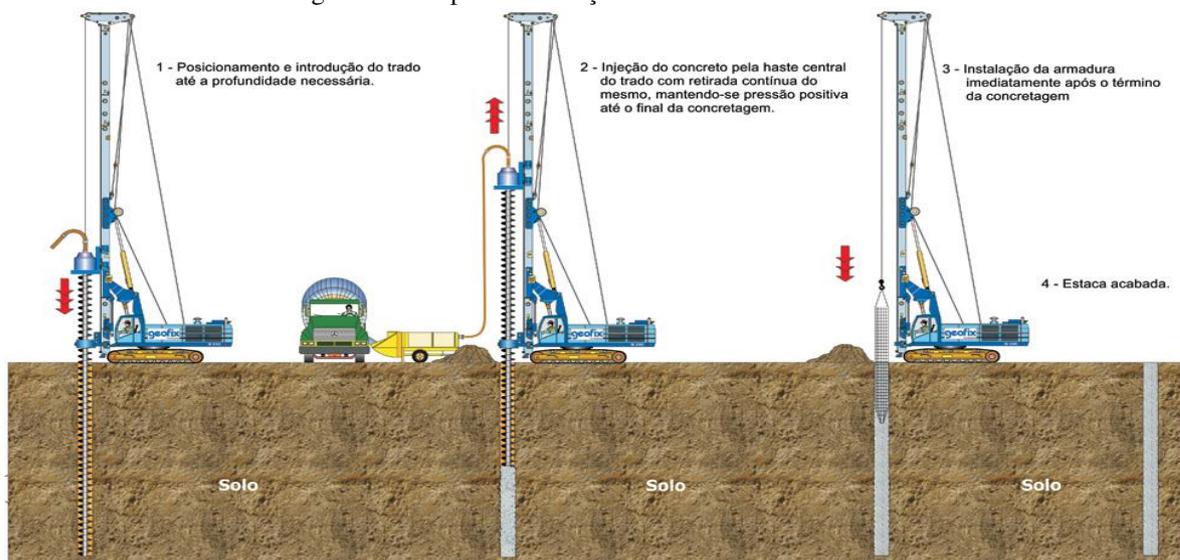
Os tubulões executados sob ar comprimido são recomendados quando existe um elevado nível de água e para obras com cargas elevadas. É necessário revestir a escavação e utilizar o ar comprimido com uma pressão que impede a entrada de água em seu interior.

4.4.7 Estaca Hélice Contínua

As estacas tipo Hélice Contínua são executadas por meio de trado contínuo e injeção de concreto, com uma metodologia executiva dividida em perfuração, concretagem e colocação da armadura. Na fase de perfuração, se crava a hélice no terreno até a profundidade determinada em projeto, por meio de torque apropriada de forma a vencer a resistência do terreno. Nessa fase, há a existência de uma tampa metálica na face interior do trado, para que não exista a entrada de água ou solo no haste tubular.

Após alcançada a profundidade na fase de perfuração, é bombeado concreto de geralmente 20MPa através de um tubo central, preenchendo o espaço deixado pela hélice. Com a pressão do concreto, a tampa metálica é expulsa e o trado é retirado sem rotação. É importante que a pressão do concreto injetado seja sempre positiva, pois tem o objetivo de garantir a continuidade do fuste da estaca. Após isso, é introduzida uma armadura em forma de gaiola, por gravidade ou com a ajuda de um pilão de carga pequena ou vibrador. terminando o processo. A grande vantagem desse tipo de estaca é a alta produtividade, visto que é um processo rápido e fácil de se executar. Além disso, não reproduz vibração em seu processo executivo. Uma ilustração do processo executivo encontra-se abaixo, na figura 11.

Figura 11 - Etapas de execução da estaca hélice contínua



4.5 Estacas-Raiz

E finalmente, as Estacas-Raiz, objeto de estudo deste projeto.

4.5.1 Conceituação

É uma estaca escavada com injeção, onde se utiliza essa injeção para moldar o fuste, o qual é constituído de armadura de barras e/ou tubo metálico, utilizados para suportar a parede, sendo um revestimento recuperável (VELLOSO; LOPES, 2002).

A medida que a perfuração é executada, os tubos metálicos vão sendo rosqueados e após armados, são preenchidos com argamassa de cimento e areia (NBR 6122, 2010).

As primeiras patentes foram requeridas na Itália, em 1952 e seu maior desenvolvimento ocorreu na década de 60. Inicialmente, sua aplicação foi relacionada para a contenção de encostas, posteriormente foram utilizadas em reforços de fundações e, em seguida, como fundações normais.

4.5.2 Execução

Esse tipo de fundação é escavada com injeção, onde é feito uma perfuração com um processo rotativo, com circulação de água sob pressão, permitindo a colocação do tubo de revestimento provisório. Em casos especiais, essa perfuração pode ser realizada com lama bentonítica.

Figura 12 - Perfuração em andamento



Fonte: O Autor, 2015.

Após a perfuração atingir a cota de projeto, a injeção de água continua para promover a limpeza do furo e em seguida, é instalada a armadura, feita com barras de aço montadas em uma gaiola.

Figura 13 - Armação da estaca



Fonte: LAN CONSULTORIA GEOTECNIA E FUNDAÇÕES - <http://www.consultoria.naresi.com/>

Seguidamente a instalação da armadura é feito um preenchimento com argamassa, realizado com um tubo de injeção de PVC, até o fundo da perfuração fazendo uma injeção de baixo para cima. A argamassa é feita por um misturador, para garantir a homogeneidade da mistura. (FALCONI et al, 1998). Esse tipo de concretagem é chamada de submersa, onde se expulsa a água existente de baixo pra cima.

Quando o tubo estiver completamente cheio, é inserido uma tampa rosqueada onde se insere ar comprimido pela mesma através de um orifício, fazendo a argamassa penetrar no solo, garantindo a continuidade do fuste e aumentando seu atrito lateral.

O passo seguinte é a retirada do tubo de revestimento. Essa retirada pode ser feita com auxílio de macaco hidráulico, guindaste ou manual, dependendo da magnitude da obra. Conforme o tubo é retirado, a argamassa desce, preenchendo o espaço dos tubos. Em cada trecho, tem-se a complementação de argamassa e a pressão de ar comprimido é aplicada novamente. Esse processo se repete até a retirada total dos tubos. Abaixo pode-se ver uma estaca concluída, sendo preparada para receber o bloco.

Figura 14 - Estaca-Raiz concluída



Fonte: O Autor, 2015.

4.5.3 Vantagens

As vantagens desse tipo de fundação em relação as demais está na possibilidade de acesso a terrenos de difícil acessibilidade, como matacões, rochas ou até mesmo concreto e em áreas onde o espaço é limitado. Além disso, é recomendável para obras com vizinhanças sensíveis a vibração e poluição sonora, pois a mesma apresenta ausência de vibração e descompressão do terreno.

4.5.4 Desvantagens

A estaca-raiz pode ser considerada uma fundação de alto custo, caso executada de forma má planejada. Além disso, em espaço limitado e de solo muito argiloso, pode ter um tempo de execução mais demorado que o previsto. Outra desvantagem é o alto consumo de cimento e ferragens, os quais serão enumerados posteriormente no estudo de caso.

Ambientalmente, é uma fundação que causa um impacto negativo, pelo fato do uso excessivo de água. Além do impacto ambiental, o excesso de água provoca o alagamento da obra, dificultando outros serviços e até mesmo sua própria execução.

4.6 Produtividade

4.6.1 Índices de produtividade e rendimento

Além do estudo de fundações, o projeto é focado também para a produtividade da obra. Por definição, considera-se que a produtividade seja a eficiência em se transformar entradas em saídas num processo produtivo (SOUZA, 1998). Esse processo produtivo é medido através de índices de produtividade e de rendimento. Segundo Gehbauer (2002, p. 285), "os índices de produtividade indicam o número de horas de trabalho por unidade produzida. Eles apresentam as unidades usuais no levantamento do tempo gasto em atividades com alto emprego de mão-de-obra". Os índices de rendimento nos fornecem a quantidade produzida por unidade de tempo, indicados para os desempenhos de máquinas e equipamentos.

Ou seja, é necessário saber usar as horas gastas em determinado trabalho, fazendo então um planejamento das atividades da obra. Gehbauer diz:

O planejamento das atividades de uma obra é o planejamento do processo de construção propriamente dito. Ele deve ser realizado através de uma permanente coordenação com o planejamento dos métodos, dos recursos, assim como do canteiro de obras e suas instalações. (PLANEJAMENTO E GESTÃO DE OBRAS, 2002, p. 279).

4.6.2 Determinação da duração das atividades e recursos

Essas horas gastas em determinados trabalhos precisam ser pré-estabelecidas, tendo portanto a necessidade de um cronograma físico de atividades. O cronograma é um gráfico de barras onde mostra o tempo que uma atividade foi programada para ser executada e com esse registro, o engenheiro tem um melhor controle e visão dos andamentos dos serviços no canteiro de obra (COÊLHO, 2006).

Antes de formular o cronograma, precisamos saber a duração dessas atividades. Segundo Gehbauer (2002), o cálculo da duração das atividades leva em conta o índice de produtividade da mão-de-obra que a executa, quantidade de serviço a ser executado, quantidade de mão-de-obra e tempo de trabalho por dia. A equação realizada é a seguinte:

$$DA[h] = \frac{Ip \times Q}{MO}$$

Onde:

DA: duração de uma determinada atividade [h = horas] ou [d = dias];

Ip: índice de produtividade da mão-de-obra que a executa [Homem x hora/unidade produzida];

Q: quantidade de serviço a ser executado nesta atividade [unidade de produção];

MO: quantidade de mão-de-obra [Homens];

Na maioria dos casos, essa relação é conhecida apenas qualitativamente. O cálculo real do prazo ideal das atividades e recursos necessários são determinadas suficientemente pelo conhecimento prático dos planejadores e responsáveis pela obra.

Tendo conhecimento dos conceitos acima abordadas, pode-se desenvolver e entender o processo de aumento de produtividade em fundações tipo Estaca-Raiz, mostrando que esse procedimento envolve desde a investigação do subsolo ao planejamento e execução da fundação abordada.

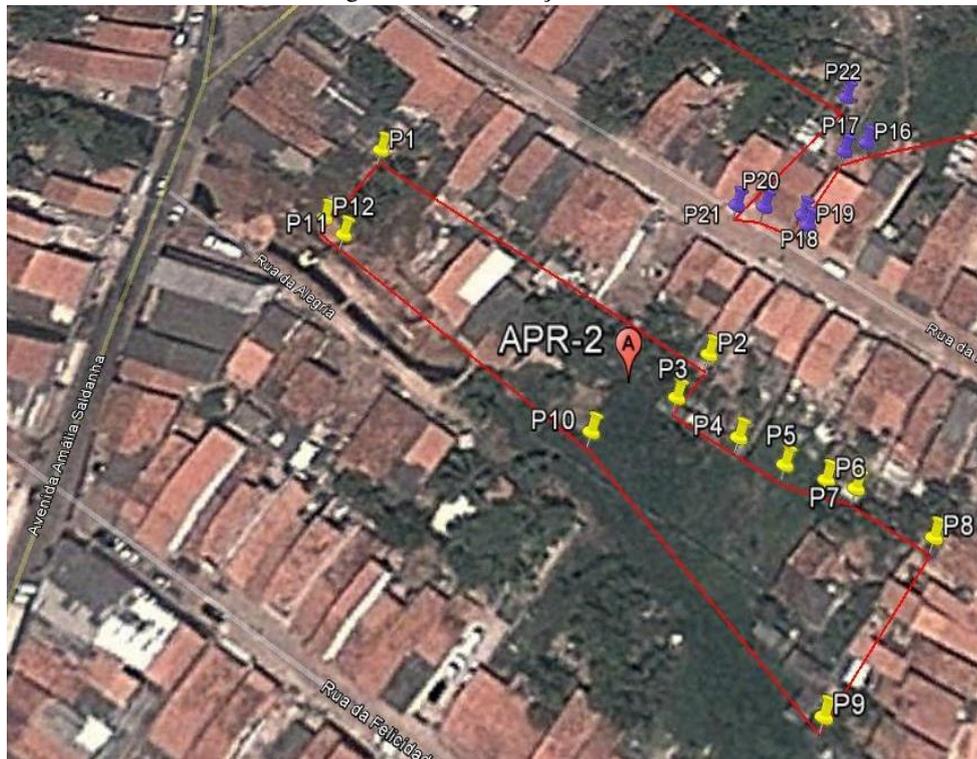
5 ESTUDO DE CASO

O objeto de estudo desse projeto foi uma obra de construção residencial, situada no bairro do Coroado. É uma obra popular, viabilizada pela prefeitura e executada por meio de licitação. Ela foi dividida em duas fases, sendo a primeira com a construção de 21 casas, nomeada de Área Prioritária de Reassentamento 1 (APR-1) e a segunda com a construção de 12 casas, nomeada de Área Prioritária de Reassentamento 2 (APR-2), totalizando 33 residências. O foco desse estudo se dará na segunda fase, onde pode-se perceber a maior parte dos problemas e atrasos, os quais serão explicados posteriormente.

5.1 Conhecendo o Projeto

Das 12 casas que foram construídas, 10 são conjugadas, ou seja, possuem a parede lateral em comum, e duas são isoladas. O terreno encontra-se ao lado de um canal e em uma região com várias casas populares vizinhas, prejudicando o solo e dificultando o acesso ao terreno.

Figura 15 - Localização APR-2



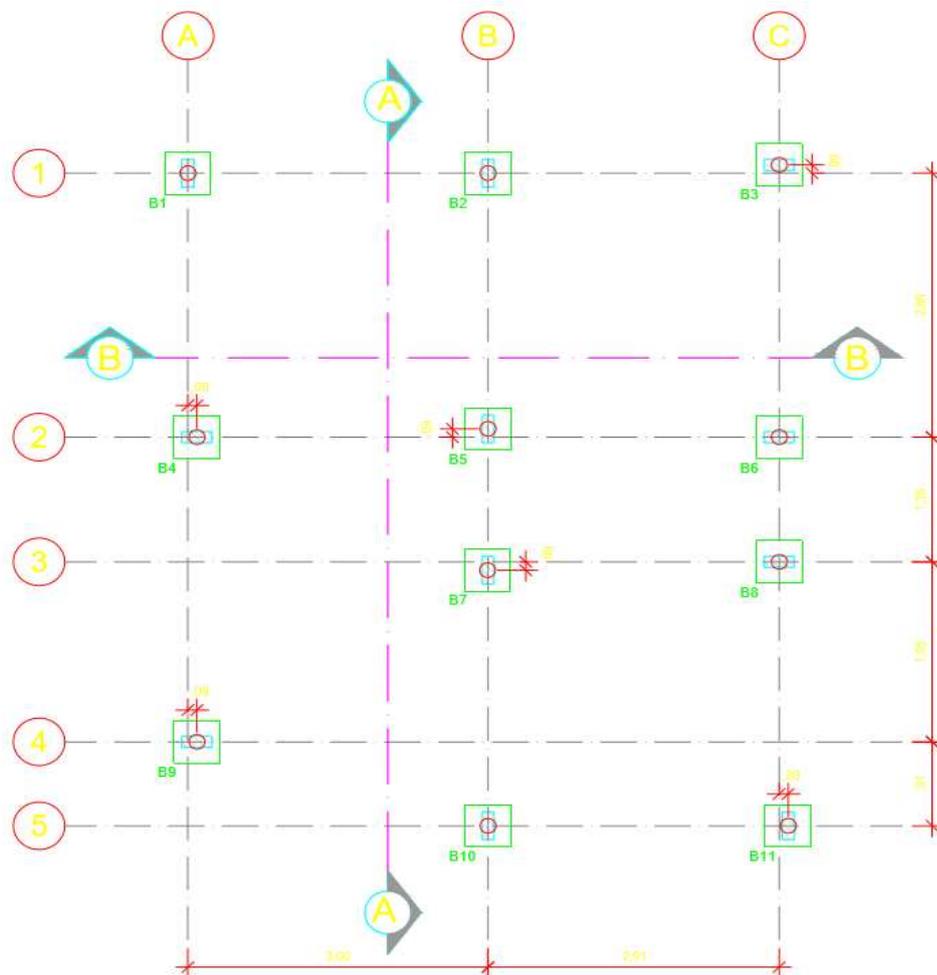
Fonte: Google Earth, 2014

O critério de investigação de subsolo realizado foi a sondagem a percussão SPT, com um total de 4 furos em toda a região da APR-2. Cada furo foi iniciado com utilização de trado tipo concha até a profundidade de 1 metro, a partir daí, pelo processo de circulação.

Foram coletados os resultados a cada metro, para se obter as características do solo. Com o resultado da sondagem, foi determinado a escolha da fundação Estaca-Raiz.

A fundação é constituída de 11 blocos responsáveis por distribuir as cargas para as estacas, ou seja, para cada estaca teremos um bloco, totalizando também 11 estacas por casa. Cada estaca possui 3 barras de aço de 14 metros de comprimento, CA-50, finalizando a fundação com 160mm de diâmetro. Vale ressaltar que isso vale para casas não-conjugadas, as casas conjugadas, por terem uma parede em comum, possuem também uma parte da fundação em comum, tendo mais carga nas estacas do meio. Por isso, foi adotado o aumento de uma barra a mais para as estacas em comum de duas casas, tendo um total de 4 barras de aço de 14 metros.

Figura 16 - Locação dos blocos

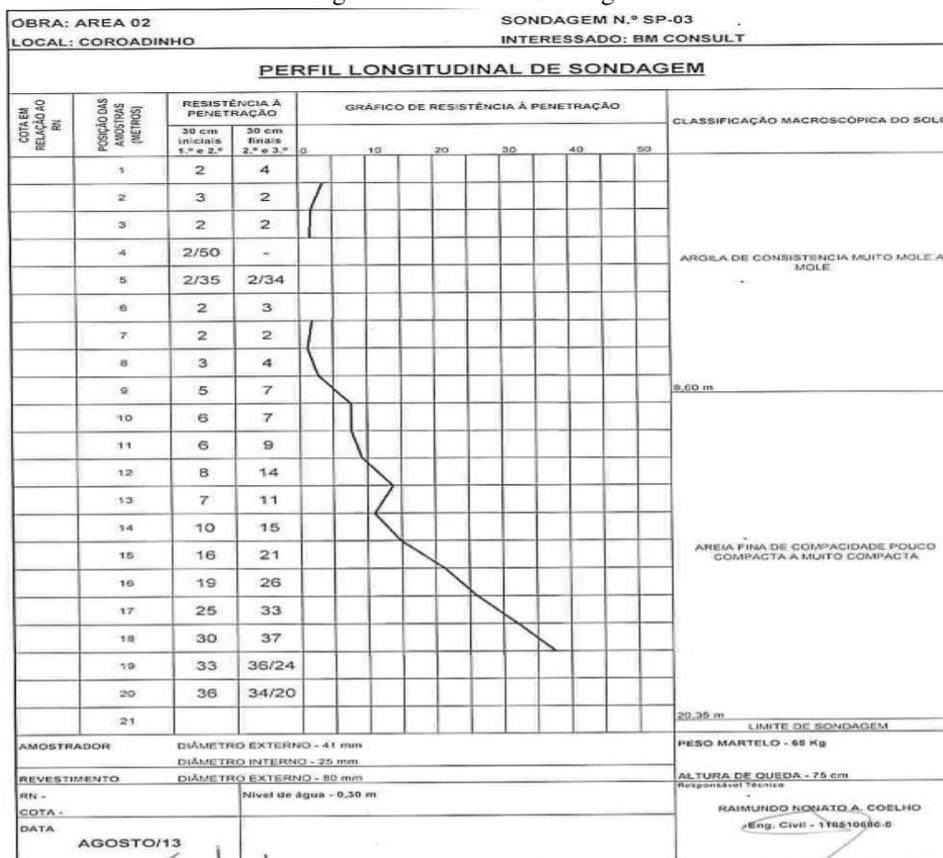


Fonte: Vitral, 2015

5.2 Análise do Projeto

Os resultados obtidos através da sondagem (Figura 17) nos quatro furos mostraram que o solo em seus primeiros 9 metros (aproximadamente) é constituído de argila de consistência muito mole a mole. Dos 9 em diante, temos areia fina de pouca, media e alta compactidade. Ou seja, é um solo de condições ruins para a construção civil, necessitando de um bom tipo de fundação.

Figura 17 - Perfil de Sondagem



Vital, 2013.

Mesmo tendo cargas transmitidas relativamente baixas em sua estrutura, as péssimas condições do solo foram determinantes para a escolha da fundação profunda. Além disso, foi constatado no ensaio de sondagem a existência de nascente de água, tendo portanto, mais um motivo para preocupação.

Outro fator que levou a escolha da Estaca-Raiz, foi o difícil acesso à área da obra, impossibilitando a entrada de máquinas maiores. Além disso, outro tipo de máquina de fundação poderia prejudicar e danificar as casas vizinhas devido a vibração decorrente da mesma, já que essas residências estão muito próximas e não tiveram uma fundação totalmente correta em um solo que foi constatado ser argiloso, podendo ocasionar recalques, resultando

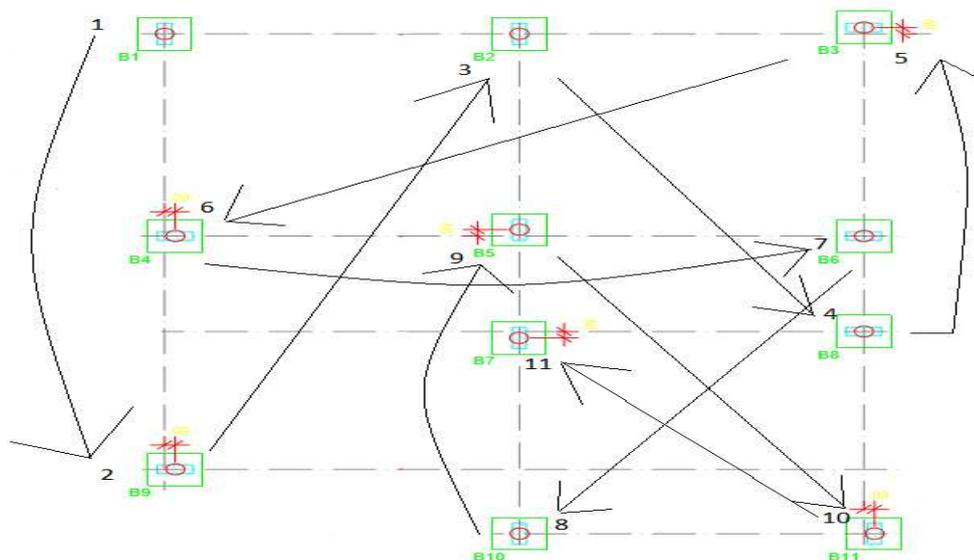
em grandes deformações. Como visto antes, a estaca-raiz é uma fundação utilizada em locais de difícil acesso e que não produz vibração excessiva, ideal para este tipo de obra.

5.3 Execução

Foi imposto no layout do canteiro uma baía de areia, brita e um tanque d'água de 15 mil litros próximos ao misturador, para maior agilidade na execução. A equipe de trabalho era composta por 5 funcionários. Sendo eles: um operador da máquina de fundação, dois serventes para o controle do misturador e elaboração da massa a ser injetada e mais dois serventes para a operação manual da camisa metálica. Os dois operários responsáveis pelo misturador tinham no local de trabalho, o traço da massa a ser feita. Ambos eram responsáveis pelo abastecimento e controle do misturador. Os outros dois colaboradores responsáveis pela camisa metálica, colocavam uma por uma no local exigido e conferiam sua exatidão. Além disso, faziam a retirada das armaduras com a ajuda da máquina de fundação e as lavavam em seguida, para que assim pudessem ir para outro ponto de escavação.

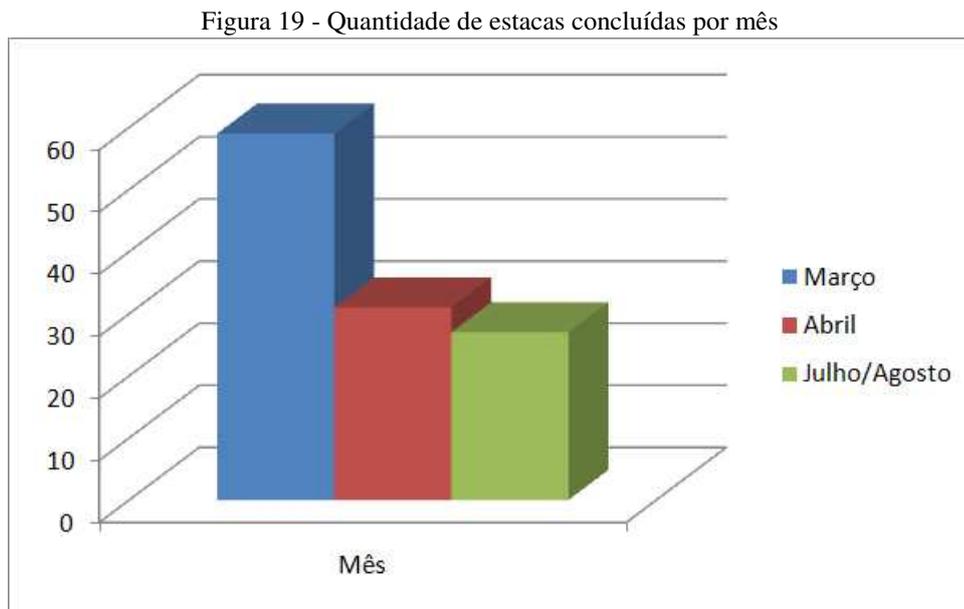
O critério de execução teve como início a casa de número 12. Inicialmente não foi planejado nenhum critério para a ordem de cravação das estacas. Com o início do período de chuvas, foi necessário um planejamento específico (tardio), pois o material injetado em uma escavação de estaca, caso não esteja curado, poderia vazar para a escavação próxima em execução. Este problema será relatado posteriormente. Com isso, foi criada uma estratégia onde eram cravadas estacas opostas em seqüência. Um exemplo dessa estratégia se dá da seguinte maneira:

Figura 18 - Sequência de execução das estacas



A seqüência ficou da seguinte maneira: B1-B9-B2-B8-B3-B4-B6-B10-B5-B11-B7. Este é apenas um dos exemplos da execução das estacas, podendo ser modificado, mas mantendo a mesma estratégia de distância entre os buracos.

A fundação levou aproximadamente dois meses para ser concluída. No gráfico abaixo, temos a conclusão de estacas por mês.



Fonte: O Autor, 2015.

O mês de maior produtividade foi o mês de março, com 59 estacas concluídas, tendo portando, uma média de aproximadamente 2 estacas por dia. O mês de abril teve 31 estacas concluídas. Após esses dois meses, o andamento da fundação foi interrompida devido as péssimas condições do terreno, tendo que ser feito um trabalho de terraplanagem na área crítica. A execução das estacas foi retomada no final de julho e terminada no meio de agosto, tendo 27 estacas concluídas nesse tempo.

Foi constatado também a grande quantidade de material necessário para esse tipo de fundação. Foi analisado e anotado a quantidade de cimento e água necessários na realização da escavação. Para tal feito, foi estudado em um certo intervalo de tempo a quantidade desses materiais.

É importante salientar que o cálculo de água foi baseado nas carradas, onde cada uma é equivalente a 15 mil litros e o de cimento em sacos (50kg cada). Com um total de 61 carradas (915 mil litros) e 462 sacos de cimento (23,1 mil kg) tivemos um total de 53 estacas concluídas. Isso nos dá uma média de aproximadamente 17,26 mil litros de água (1,1509 carradas) e 435,85kg de cimento (8,7169 sacos) por estaca.

Tabela 1 - Material por Estaca

Semana/Material	Água (Carradas)	Cimento (Sacos)	Estacas Concluídas	Água/Estaca (Carradas/estaca)	Cimento/Estaca
23/03 - 28/03	16	147	17	0,941176471	8,64705882
30/03 - 04/04	12	94	11	1,090909091	8,54545454
06/04 - 11/04	17	114	13	1,307692308	8,76923076
13/03 - 18/04	12	83	9	1,3333	9,222
20/04 - 25/04	4	24	3	1,3333	8
Somatório	61	462	53	1,150943396	8,71698113

Fonte: O Autor, 2015.

Pôde-se observar um aumento gradativo na quantidade de água na produção das estacas. Isso se dá pelo fato de que com o avanço do terreno, o solo foi ficando pior e mais argiloso, tendo a necessidade de se usar mais água na limpeza do buraco escavado. Por fim, tivemos um resultado da conclusão das estacas de acordo com o dia da seguinte forma:

Tabela 2 - Conclusão das estacas

Casa/Estaca	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	03/03	05/03	02/03	05/03	06/03	04/03	03/03	02/03	05/03	04/03	03/03
11	14/03	07/03	06/03	27/03	12/03	05/03	13/03	06/03	16/03	14/03	08/04
10	14/03	13/03	06/03	27/03	13/03	13/03	07/03	07/03	16/03	06/03	16/03
9	07/04	10/04	08/04	09/04	13/04	11/04	10/04	09/04	11/04	07/04	08/04
8	17/03	25/03	17/03	26/03	24/03	18/03	27/03	20/03	17/03	23/03	18/03
7	17/03	19/03	24/03	26/03	27/03	23/03	24/03	20/03	17/03	25/03	18/03
6	06/04	01/04	27/03	30/03	31/03	26/03	01/04	25/03	02/04	28/03	24/03
5	06/04	02/04	02/04	30/03	01/04	06/04	31/03	30/03	02/04	31/03	28/03
4	24/04	14/04	16/03	20/04	16/04	17/04	16/04	13/03	24/04	14/04	17/04
3	24/04	23/07	20/07	20/04	27/07	24/07	24/07	27/07	24/04	24/07	18/07
2	10/08	12/08	11/08	05/08	14/08	13/08	11/08	13/08	06/08	10/08	07/08
1	10/08	11/08	07/08	05/08	13/08	11/08	04/08	10/08	06/08	08/08	08/08

Fonte: O Autor, 2015

Pode-se perceber que o planejamento de execução não foi realizado continuamente, prejudicando a execução de uma forma que será explicado posteriormente.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Produtividade da Obra

De acordo com a Secretaria da Infraestrutura do Governo do Ceará (SEINFRA-CE), uma equipe de operador e equipamento em um trabalho de fundação tipo estaca-raiz possuem os seguintes índices:

Tabela 3 - Índice de produtividade

Descrição	Unidade	Coefficiente
Operador	H	0,3060
Perfuratriz Rotativa	H	0,3060

Fonte: SEINFRA, 2012

Em 2 casas conjugadas temos 19 estacas a se executar e em 1 casa não-conjugada temos um total de 11 estacas. Sabendo que na obra temos 10 casas conjugadas e 2 casas não-conjugadas, temos um total de 117 estacas de 14 metros a serem executadas, totalizando 1638 metros lineares de escavação. Fazendo os cálculos, temos que o tempo necessário de execução dessa fundação seria de 63 dias. De acordo com a Fundsolo, uma equipe para execução de estaca raiz alcança uma produtividade média de 40m/dia, ou seja, nesse estudo de caso, o tempo necessário para a execução da fundação seria de 41 dias. Fazendo uma média dos dados coletados, a produtividade da fundação estaca-raiz seria de aproximadamente 34m/dia.

Previamente, foi estabelecido pelo engenheiro e pelo responsável pela fundação, que a meta de produtividade poderia atingir até 4 estacas por dia, ou seja, cerca de 55m/dia de escavação. O maior índice de produtividade obtido na fundação (mês de março) nos deu uma média de 2 estacas por dia, ou seja, aproximadamente 30m/dia. Se esse índice fosse repetido nos demais meses, o tempo de execução seria de aproximadamente 55 dias. O tempo total da execução da fundação, sem contar com o tempo de pausa, foram de 75 dias. Com base nesse fato, temos que o índice de produtividade nesse estudo de caso foi bem inferior que aos índices encontrados em pesquisa, com um valor de aproximadamente 23m/dia de estaqueamento, resultando em um atraso na fundação, onde as causas serão abordadas a seguir.

6.2 Falhas e Dificuldades de Execução

A obra abordada apresentou diversas dificuldades em sua execução, como contratempos e falhas executivas. Estes fizeram o empreendimento atrasar, assim como provocaram um aumento no consumo de materiais e consequentemente, um aumento no orçamento.

6.2.1 Planejamento de execução

Antes de todo projeto, é necessário um planejamento, um estudo, de forma que se aprofunde nos detalhes e conteúdo a ser abordado. Como mostrado anteriormente, foi feito um plano para a execução das estacas, de forma que a execução de uma estaca não seja atrapalhada por outra concluída. Porém, essa estratégia não foi utilizada no começo, causando um aumento de argamassa utilizada, visto que os buracos não estavam sendo preenchidos completamente pela "escapada" por outros buracos. Além disso, para evitar essa escapada, a execução era interrompida por falta de buracos disponíveis, já que sem um planejamento e com ordem de execução aleatória, na grande maioria das vezes os buracos restantes estavam muito próximos.

Outra falha de planejamento ocorreu na falta de estudo da área a ser executada a fundação. Foi encontrado uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) no exato local onde seria executada uma estaca. Caso o estudo fosse feito anteriormente, a locação das mesmas poderia ter ficado em pontos diferentes. Como não foi feito e as outras estacas da casa já estavam executadas, a solução foi remanejar a ETE, fazendo caixas de deslocamento, de forma a tirar do ponto de execução da estaca. Foram feito duas caixas e o deslocamento das tubulações, gerando um trabalho imprevisto no cronograma, ocasionando atraso na obra.

Figura 20 - Deslocamento da ETE



Fonte: O Autor, 2015.

Além disso, a perfuratriz e todos os equipamentos envolvidos na fundação tiveram problemas durante a execução. Foi constatado furos na mangueira de injeção de argamassa, que vai do misturador até o ponto de cravação, sendo necessário vários reparos durante a obra, atrasando-a. Além da mangueira, o misturador e o bombeamento de argamassa apresentaram problemas técnicos diversas vezes, parando a fundação.

6.2.2 Burocracia com a Prefeitura

Como a obra foi viabilizada pela prefeitura, a área da obra foi disponibilizada pela mesma. Porém, em alguns locais, existiam áreas que não estavam liberadas, pois a negociação de indenização com moradores vizinhos não tinham sido terminadas, impossibilitando a execução da fundação em alguns pontos, tendo que pular para pontos seguintes de execução. Essa estratégia prejudicou o desenvolvimento da fundação, pois os pontos que não foram cravados tiveram que passar pelo processo de locação novamente.

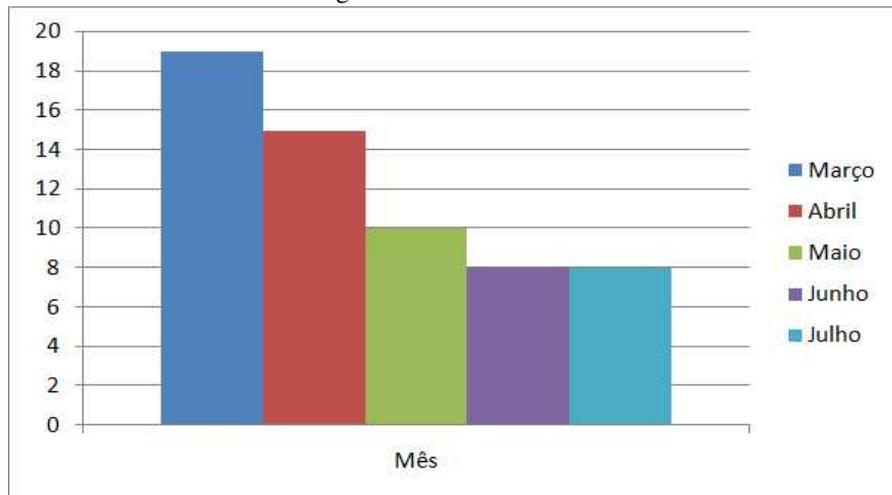
6.2.3 Controle de materiais

Devido a grande quantidade de material gasta pela fundação, o controle de materiais foi de grande responsabilidade. Como cada buraco utilizava praticamente toda a água do reservatório, eram necessários a constante chegada de caminhões pipa para o abastecimento. O atraso dos mesmos na obra, devido a dificuldade de acesso e a falta de planejamento, fazia também com que a fundação fosse interrompida. Além disso, a areia em algumas situações teve falta. Outro material que apresentou atrasos em sua entrega foi o cimento, por constantes atrasos em sua entrega. Viu-se no capítulo anterior que a média de sacos de cimento por estaca era de aproximadamente 9, ou seja, uma quantidade consideradamente alta de consumo de cimento, fora os outros serviços da obra, necessitando então de um controle rigoroso. Com o passar do tempo e conhecimento da obra, esses erros foram sendo corrigidos e a obra passou a andar sem atrasos causados pela falta de material. Ainda assim, o tempo perdido foi relativamente grande, visto que poderia ser evitado.

6.2.4 Chuva

Como visto anteriormente, o período de realização da fundação foi entre março e agosto. Esse é o período de maior precipitação da região, segundo a organização Climat, o mês de maior precipitação é o de março e abril, com médias de pluviosidade acima de 360mm. Os dias em que houve chuva na obra são vistos a seguir:

Figura 21 - Dias de chuva



Fonte: Diário de Obras - APR 2, 2015.

Essa precipitação teve grande influência no atraso da execução da fundação. Já no início, em seu primeiro mês, a obra foi paralisada devido a interdição de sua via de acesso pelos moradores. Isso aconteceu pois os mesmos se sentiram prejudicados com os caminhões de materiais que passavam por lá (único caminho de acesso à obra). A via era composta apenas por areia e argila, sem uma apropriada pavimentação, com isso, as ações dos caminhões, juntamente com a quantidade de chuva fez com que a via se tornasse lamacenta, o que irritou os moradores. Foi feita uma negociação e a construtora realizou uma pequena melhoria da mesma em troca da liberação de passagem dos caminhões com os materiais, o que durou aproximadamente uma semana.

Figura 22 - Via interditada



Fonte: O Autor, 2015.

Posteriormente, a chuva ainda causou o acúmulo de água no campo, impossibilitando a execução das estacas-raiz. Isso aconteceu pois a máquina perfuratriz chegou a atolar várias vezes, mesmo sendo de esteira. Foi necessário a espera pela diminuição das chuvas para que finalmente retomasse a execução.

Figura 23 - Perfuratriz atolada



Fonte: O Autor, 2015.

6.3 Obra ideal: Aumento de Produtividade

Durante o estudo de caso, foram apresentados vários fatores que fizeram o atraso da execução da fundação. Isso fez com que o cronograma da obra fosse alterado e consequentemente o orçamento também, visto que o tempo que se passou com a máquina perfuratriz e com a mão de obra foram maiores, aumentando o custo dos mesmos.

Com os dados mostrados, pode-se executar uma fundação do tipo estaca-raiz considerada ideal, de forma que se reduza as falhas, tanto em seu planejamento quanto em sua execução. Essa obra ideal passaria a ter mais produtividade e portanto, um maior lucro. Para isso, é necessário corrigir as falhas mostradas anteriormente fazendo um melhor planejamento.

Além do estudo de sondagem e da região local, é necessário verificar se existem tubulações de esgoto ou de água, verificando no órgão responsável, no caso de São Luís, a CAEMA. Com esses dados em mãos, podemos prevenir e fazer o deslocamento das tubulações necessárias anteriormente ao início da fundação e até eliminar esse trabalho,

fazendo a locação das estacas em pontos estratégicos, de forma que os tubos não interfiram na fundação.

Outro fator determinante a ser tomado é a estratégia da cravação das estacas. Foi visto que em terrenos onde o solo encontrado é de baixa resistência, pode-se ter a existência da percolação da argamassa de uma estaca para outra, gastando mais material e mais tempo. Planejando a sequência executiva dessas estacas, evita-se que isso ocorra.

Além disso, é necessário um rigoroso controle de materiais no período da fundação. Isso se deve pelo fato de que se gasta muito material em pouco período de tempo, necessitando de uma constante contagem da quantidade de materiais na obra. Fazendo isso, planeja-se quando se vai acabar determinado material e a solicitação do mesmo é feita com antecedência, de forma que imprevistos, como o atraso da chegada do material, não sejam determinantes para a pausa da execução da fundação.

Com relação ao alagamento do terreno devido ao período chuvoso, o correto a se fazer seria observar previamente o tempo da região no período da fundação, e visto a ocorrência das chuvas, traçar um plano de melhoria na qualidade do solo superficial, fazendo terraplanagens na área de execução das estacas e na área de acesso a obra, fazendo com que a área de trabalho seja mais acessível, evitando o atolamento da perfuratriz. Pode-se também, fazer uma drenagem no terreno, levando a água da chuva para o canal, logo ao lado da obra.

Porém, no caso desse estudo, a melhora nas condições do solo seria inviável pelo elevado custo para a realização da mesma, devido a quantidade de material que teria que ser usado. Nesse caso o ideal seria começar a execução da fundação antes do período de chuvas, onde a produtividade seria maior.

Figura 24 - Área alagada



Fonte: O Autor, 2015.

Outra forma de retirar essa água da camada superficial do solo é através do uso da bomba submersa "sapo", que em poucos minutos pode resolver o problema de alagamento no terreno de forma simples e eficiente.

Figura 25 - Bomba submersa



Fonte: Soluções Industriais - <http://www.solucoesindustriais.com.br/>.

7 CONCLUSÃO

A fundação é o elemento da construção responsável por suportar as cargas transmitidas pela estrutura, podendo ela ser de forma direta ou indireta. Porém, elas podem se tornar um desafio no decorrer de sua execução, de forma que necessite de atenção para que se possa seguir dentro do cronograma.

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise de como obter um aumento de produtividade na fundação do tipo Estaca-Raiz, mostrando as principais falhas e dificuldades encontradas e seus possíveis métodos para solucioná-las e evitá-las, além disso permitiu também um estudo sobre os diferentes tipos de fundação, assim como o planejamento necessário para uma boa execução das mesmas.

De um modo geral, o aumento de produtividade e qualidade nas fundações podem ser realizados com atitudes consideradas simples, como ter uma estratégia de execução das estacas, um maior estudo na área de execução das estacas, controle rigoroso de materiais, elaborar uma melhora nas condições do solo e usar equipamentos disponíveis para facilitar o acesso a execução das Estacas-Raiz. Com as falhas apresentadas no estudo de caso e as devidas soluções apresentadas, pôde-se atingir o objetivo de mostrar como aumentar a produtividade da fundação.

O trabalho da estratégia de execução da ordem de cravação das estacas, evitando assim a percolação de argamassa, é uma estratégia importante e fácil de se realizar, necessitando apenas da fiscalização do engenheiro responsável. Com essa estratégia, economiza-se tempo e material utilizado.

No caso do controle de materiais, é importante que o engenheiro fique em constante contato e cobrança com o almoxarife da obra, formando uma parceria que facilite o controle de materiais, solicitando-os no momento certo, evitando então o atraso dos mesmos na obra e sua paralisação.

Quando se realiza a fundação em um período chuvoso, é necessário atenção para o tipo de solo apresentado na região, e caso necessário, realizar uma melhora no solo superficial e drenagem na área de execução das estacas, evitando o acúmulo de água no campo, facilitando a execução da fundação. Em casos extremos de alagamento, o uso da bomba submersível é de grande ajuda para a retirada de água.

Uma forma de aprimorar esses estudos é analisar a produtividade da fundação tipo Estaca-Raiz em diferentes tipos de solo e climas, verificando os possíveis problemas em cada momento. Além disso, é importante também a comparação desse tipo de fundação com os

outros tipos de fundação profunda, verificando e comparando o custo benefício da Estaca-Raiz em relação aos demais tipos, analisando as vantagens e desvantagens da fundação.

Nesse sentido, o estudo da produtividade nas fundações tipo Estaca-Raiz na obra em questão, permitiu mostrar que os problemas apresentados, apesar de simples, podem trazer um atraso considerável na obra, e o planejamento da mesma caso seja feito da correta maneira, pode aumentar sua produtividade, economizando recursos, essencial em toda empresa de engenharia, principalmente na situação de recessão que nos encontramos hoje, onde cada detalhe realmente faz a diferença.

REFERÊNCIAS

ABEF. Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia. **Manual de Execução de Fundações e Geotecnia: Práticas recomendadas**. 1 ed. São Paulo: Editora Pini, 2012.

ALONSO, Urbano. **Exercícios de Fundações**. 1 ed. São Paulo: Blucher, 1983.

BOTELHO, Manoel; CARVALHO, Luis. **Quatro edifícios, cinco locais de implantação, vinte soluções de fundações**. 1 ed. São Paulo: Blucher, 2007.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto e execução de fundações NBR 6122**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2010.

CAPUTO, Homero. **Mecânica dos Solos e suas aplicações**. 6 ed. Rio de Janeiro; São Paulo: Livros Técnicos e Científicos, 1987.

CINTRA, José; AOKI, Nelson; ALBIERO, José. **Fundações Diretas: Projeto Geotécnico**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

CLIMATE. **Dados climáticos para cidades mundiais**. Disponível em: <http://www.pt.climate-data.org/>. Acesso em: 16 de Junho de 2016.

COÊLHO, Ronaldo. **Planejamento e controle de custos nas edificações**. 1 ed. São Luís: UEMA, 2006.

CRESO, Jorge. **Material didático da disciplina Planejamento e Gestão de Obras**. Universidade Estadual do Maranhão-UEMA. Engenharia Civil, 2015.

FALCONI, Frederico et al. **Fundações: Teoria e Prática**. 2 ed. São Paulo: Editora Pini, 1998.

FUNDSOLO. **Estaca-Raiz**. Disponível em: <http://www.fundsolo.com.br/>. Acesso em: 20 de Jun. 2016.

GEHBAUER, Fritz. **Planejamento e Gestão de Obras: Um Resultado Prático da Cooperação Técnica Brasil-Alemanha**. 2 ed. Curitiba: Editora Cefet-PR, 2002.

GEOFIX. **Serviços**. Disponível em: <http://www.geofix.com.br/servicos.php>. Acesso em: 30 Mai. 2016.

LAN CONSULTORIA. **Geotecnia e Fundações**. Disponível em: <http://www.consultoria.naresi.com/>. Acesso em: 31 Mai. 2016.

LIMA, Eduardo. **Radiers: Etapas de execução das fundações rasas de concreto armado, reforçado com fibras ou protendido**. Disponível em:

<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/42/fundacoes-radiers-241672-1.aspx/>. Acesso em: 01 Jun. 2016.

REBELLO, Yopanan. **Fundações:** Guia prático de projeto, execução e dimensionamento. 4 ed. São Paulo: Zigurate, 2008.

SEINFRA. Secretaria da Infraestrutura do Estado do Ceará. **Tabela de Custos:** Estaca-Raiz. Fortaleza, 2012.

SETE ENGENHARIA. **Fundações.** Disponível em <http://www.sete.eng.br/>. Acesso em: 01 Jun. 2016.

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. **Bomba Submersível.** Disponível em <http://www.solucoesindustriais.com.br/>. Acesso em: 22 Jun. 2016.

SOUZA, Ubiraci. **Como medir a Produtividade da mão-de-obra na Construção Civil.** Disponível em: <http://www.gerenciamento.ufba.br/Disciplinas/Produtividade/como%20medir%20produtividade%20-%20Entac.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2016.

TECGEO. **Sondagens e Fundações.** Disponível em: <http://www.tecgeo.com.br/>. Acesso em: 04 Jun. 2016.

VELLOSO, Dirceu; LOPES, Francisco. **Fundações:** Fundações Profundas. Vol 2. Rio de Janeiro: Coppe - UFRJ, 2002.

VELLOSO, Dirceu; LOPES, Francisco. **Fundações:** Critérios de Projeto - Investigação do Subsolo - Fundações Superficiais. Vol. 1. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

APÊNDICE

APÊNDICE A - DETALHAMENTO DOS DIAS DE CHUVA

Dia	Mês				
	Março	Abril	Maio	Junho	Julho
1	X	1	X	1	1
2	1	1	X	0	1
3	1	X	X	0	1
4	1	X	0	X	1
5	1	X	0	1	X
6	1	1	1	1	0
7	1	1	1	X	0
8	X	0	1	0	0
9	PAUSA	1	0	0	1
10	PAUSA	1	X	0	0
11	0	1	0	1	1
12	1	X	0	0	X
13	0	0	0	1	0
14	1	1	1	X	0
15	X	1	0	0	0
16	1	0	0	0	0
17	0	0	X	0	0
18	0	1	1	0	0
19	1	X	0	1	X
20	1	1	1	0	1
21	1	X	1	X	0
22	X	0	0	1	1
23	0	1	1	0	0
24	1	1	X	0	0
25	1	0	1	0	0
26	1	X	0	0	X
27	1	1	1	0	0
28	1	0	0	X	X
29	X	0	0	X	0
30	1	1	0	1	0
31	1	X	X	X	0
Somatório	19	15	10	8	8

LEGENDA
x = Feriado ou Domingo
0 = Tempo bom
1 = Chuva

Fonte: O Autor (2015).

ANEXOS

ANEXO A - SONDAGEM 1 APR-2

OBRA: AREA 02		SONDAGEM N.º SP-01									
LOCAL: COROADINHO		INTERESSADO: BM CONSULT									
PERFIL LONGITUDINAL DE SONDAGEM											
COTA EM RELAÇÃO AO RN	POSICÃO DAS AMOSTRAS (METROS)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO		GRÁFICO DE RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO						CLASSIFICAÇÃO MACROSCÓPICA DO SOLO	
		30 cm iniciais 1.º e 2.º	30 cm finais 2.º e 3.º	0	10	20	30	40	50		
	1	2	4								
	2	2	3								
	3	2/48	-								
	4	2	2								
	5	2	3								
	6	3	3								
	7	2	3								
	8	3	4								
	9	4	6								
	10	5	8								9,65 m
	11	4	7								
	12	6	10								
	13	9	13								
	14	8	11								
	15	10	14								14,70 m
	16	13	20								
	17	17	22								
	18	20	31								
	19	27	38								
	20	29	36/28								
	21	30	37/23								21,38 m
						LIMITE DE SONDAGEM					
AMOSTRADOR		DIÂMETRO EXTERNO - 41 mm				PESO MARTELO - 65 Kg					
		DIÂMETRO INTERNO - 25 mm									
REVESTIMENTO		DIÂMETRO EXTERNO - 60 mm				ALTURA DE QUEDA - 75 cm					
RN -		Nível de água - 0,37 m				Responsável Técnico					
COTA -						[REDACTED]					
DATA		AGOSTO/13									

ANEXO B - SONDAGEM 2 APR-2

OBRA: AREA 02		SONDAGEM N.º SP-02			
LOCAL: COROADINHO		INTERESSADO: BM CONSULT			
PERFIL LONGITUDINAL DE SONDAGEM					
COTA EM RELAÇÃO AO RN	POSICÃO DAS AMOSTRAS (METROS)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO		GRÁFICO DE RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO MACROSCÓPICA DO SOLO
		30 cm iniciais 1.º e 2.º	30 cm finais 2.º e 3.º		
				0 10 20 30 40 50	
	1	2	2		
	2	3	4		
	3	2	3		
	4	2	2		
	5	2	2		
	6	2	4		ARGILA DE CONSISTENCIA MUITO MOLE A MOLE
	7	3	3		
	8	2	5		
	9	3	5		
	10	4	7		
	11	3	6		10,60 m
	12	5	9		
	13	5	7		AREIA FINA POUCO COMPACTA A MEDIANAMENTE COMPACTA
	14	8	12		
	15	11	16		
	16	13	19		15,55 m
	17	16	24		
	18	22	30		ARGILA DE CONSISTENCIA RIJA A DURA
	19	28	36		
	20	3	2		
	21	35/26	35/20		21,25 m
				LIMITE DE SONDAGEM	
AMOSTRADOR		DIÂMETRO EXTERNO - 41 mm		PESO MARTELO - 65 Kg	
		DIÂMETRO INTERNO - 25 mm			
REVESTIMENTO		DIÂMETRO EXTERNO - 80 mm		ALTURA DE QUEDA - 75 cm	
RN -		Nível de água - 0,30 m		Responsável Técnico	
COTA -				[REDACTED]	
DATA					
AGOSTO/13					

Vital, 2013

ANEXO C - SONDAGEM 3 APR-2

OBRA: AREA 02		SONDAGEM N.º SP-03										
LOCAL: COROADINHO		INTERESSADO: BM CONSULT										
PERFIL LONGITUDINAL DE SONDAGEM												
COTA EM RELAÇÃO AO RN	POSICÃO DAS AMOSTRAS (METROS)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO		GRÁFICO DE RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO						CLASSIFICAÇÃO MACROSCÓPICA DO SOLO		
		30 cm iniciais 1.º e 2.º	30 cm finais 2.º e 3.º	0	10	20	30	40	50			
	1	2	4									
	2	3	2									
	3	2	2									
	4	2/50	-									
	5	2/35	2/34									
	6	2	3									
	7	2	2									
	8	3	4									
	9	5	7									8,60 m
	10	6	7									
	11	6	9									
	12	8	14									
	13	7	11									
	14	10	15									
	15	16	21									
	16	19	26									
	17	25	33									
	18	30	37									
	19	33	36/24									
	20	36	34/20									
	21											20,35 m
												LIMITE DE SONDAGEM
AMOSTRADOR		DIÂMETRO EXTERNO - 41 mm				PESO MARTELO - 65 Kg						
		DIÂMETRO INTERNO - 25 mm										
REVESTIMENTO		DIÂMETRO EXTERNO - 80 mm				ALTURA DE QUEDA - 75 cm						
RN -		Nível de água - 0,30 m				Responsável Técnico						
COTA -						[REDACTED]						
DATA		AGOSTO/13										

Vital, 2013

ANEXO D - SONDAGEM 4 APR-2

OBRA: AREA 02		SONDAGEM N.º SP-04			
LOCAL: COROADINHO		INTERESSADO: BM CONSULT			
PERFIL LONGITUDINAL DE SONDAGEM					
COTA EM RELAÇÃO AO RN	POSICÃO DAS AMOSTRAS (METROS)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO		GRÁFICO DE RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO MACROSCÓPICA DO SOLO
		30 cm iniciais 1.º e 2.º	30 cm finais 2.º e 3.º		
				0 10 20 30 40 50	
	1	2	3		
	2	2	4		
	3	3	3		
	4	2	3		
	5	3	3		
	6	1/40	-		
	7	5	6		
	8	5	7		
	9	5	8		
	10	6	11		9,80 m
	11	6	10		
	12	9	14		
	13	8	11		
	14	10	16		
	15	13	18		
	16	17	23		
	17	21	29		
	18	27	36		
	19	30	38		
	20	31	36/22		
	21				20,37 m
				LIMITE DE SONDAGEM	
AMOSTRADOR		DIÂMETRO EXTERNO - 41 mm		PESO MARTELO - 65 Kg	
		DIÂMETRO INTERNO - 25 mm			
REVESTIMENTO		DIÂMETRO EXTERNO - 80 mm		ALTURA DE QUEDA - 75 cm	
RN -		Nível de água - 0,25 m		Responsável Técnico	
COTA -				[REDACTED]	
DATA		AGOSTO/13			

ANEXO E - IMPLANTAÇÃO APR-2



Vitral, 2014