

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DAVID LOPES CAMARGO NETO

HYGOR AQUINO ARAÚJO

**ESTUDO DA ESTACA TIPO HÉLICE CONTÍNUA E ESTACA
CIRCULAR DE APOIO APLICADAS EM PRÉDIO DE MÉDIO
PORTE NA REGIÃO DE ANÁPOLIS**

ANÁPOLIS / GO

2018

DAVID LOPES CAMARGO NETO

HYGOR AQUINO ARAÚJO

**ESTUDO DA ESTACA TIPO HÉLICE CONTÍNUA E ESTACA
CIRCULAR DE APOIO APLICADAS EM PRÉDIO DE MÉDIO
PORTE NA REGIÃO DE ANÁPOLIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: FABRÍCIO NASCIMENTO SILVA

ANÁPOLIS / GO

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

NETO, DAVID LOPES CAMARGO/ ARAÚJO, HYGOR AQUINO

Estudo da Estaca tipo Hélice Contínua e Estaca Circular de apoio aplicadas em prédio de médio porte na região de Anápolis

XxP, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2017).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 1. Estaca tipo Hélice Contínua | 2. Fundações |
| 3. Estaca Circular de Apoio | 4. Método Executivo de Fundações |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

NETO, David Lopes Camargo; Araújo, Hygor Aquino. Estudo da Estaca tipo Hélice Contínua e Estaca Escavada aplicadas em prédio de médio porte na região de Anápolis. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, xxp. 2018.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: David Lopes Camargo Neto

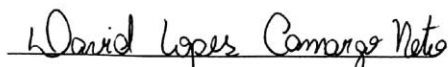
Hygor Aquino Araújo

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo da Estaca tipo Hélice Contínua e Estaca Escavada aplicadas em prédio de médio porte na região de Anápolis.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

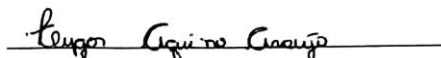
ANO: 2018

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



David Lopes Camargo Neto

E-mail: david_cmg@hotmail.com



Hygor Aquino Araújo

E-mail: hygoraquino@hotmail.com

DAVID LOPES CAMARGO NETO
HYGOR AQUINO ARAUJO

**ESTUDO DA ESTACA TIPO HÉLICE CONTÍNUA E ESTACA
CIRCULAR DE APOIO APLICADAS EM PRÉDIO DE MÉDIO
PORTE NA REGIÃO DE ANÁPOLIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL

APROVADO POR:



FABRÍCIO NASCIMENTO SILVA, Mestre (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)



ANDERSON DUTRA E SILVA, Especialista (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)



PAULO ALEXANDRE DE OLIVEIRA, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 04 de Junho de 2018

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos a Deus por ser essencial em nossas vidas e por ter nos proporcionado chegar até aqui, nunca deixando nos abatermos com os problemas ao longo dessa caminhada. Aos nossos familiares por sua capacidade de acreditar e que em nenhum momento mediram esforços, dando o suporte necessário para alcançarmos os objetivos almejados, procurando sempre nos incentivar na busca pelo nossos objetivos, pelo apoio que deram até aqui e pelo apoio que com certeza darão nas próximas jornadas que não de vir.

Agradecemos a todos professores da graduação, pelos ensinamentos que foram transmitidos durante todo esse caminho percorrido e pelas oportunidades proporcionadas, em especial ao nosso orientador: Prof^o Msc. Fabrício Nascimento Silva, que se empenhou nesse trabalho conclusivo, dando plena atenção quando solicitado, tornando assim possível a conclusão desta monografia.

E aos demais, que de forma direta ou indiretamente contribuíram com a chegada deste momento tão crucial em nossas vidas.

RESUMO

Com o passar dos anos, os avanços no âmbito da engenharia proporcionaram a pluralidade de tipos de fundação existentes no mercado. Dentre as novas tecnologias desenvolvidas podemos observar ao longo dos anos o crescimento no uso de estacas por ser uma solução rápida, econômica e de pequena interferência.

O presente trabalho tem por finalidade estudar os tipos de fundações existentes e a aplicação da melhor solução para uma obra residencial de médio porte no município de Anápolis – GO. A princípio se baseia do em revisão bibliográfica sobre os tipos de fundações existentes: as superficiais e profundas. As superficiais transmitem as tensões ao solo pela base e as profundas transmitem as tensões pelo atrito do fuste da estaca com o solo. Em seguida, sobre as características e o método executivo das estacas hélice contínua e escavada, dos mecanismos utilizados e das vantagens e desvantagens deste tipo de fundações.

Engloba também comentários sobre o caso estudado, sua localização, algumas características geológicas e geotécnicas, empresas responsáveis pela execução dos serviços de fundações bem como a empresa responsável pelo projeto executivo de fundações.

Após as primeiras análises das sondagens feitas *in loco*, os responsáveis pela execução do empreendimento, junto aos projetistas optaram pelo uso de estacas do tipo hélice contínua e algumas estacas escavadas circulares de apoio como melhor solução para as demandas do projeto.

Este trabalho acompanhou todo o processo executivo das fundações do empreendimento Residencial Cidade Montreal.

Como resultado deste trabalho, analisaram-se a confiabilidade dos métodos utilizados, além das viabilidades técnicas-executiva empregadas nesses tipos de estacas. Depois da conclusão dos serviços pudemos observar as vantagens e desvantagens do método escolhido bem como avaliamos alguns problemas enfrentados durante a execução dos serviços e as soluções adotadas para resolução das dificuldades encontradas.

PALAVRAS-CHAVE:

Fundações, Estacas, Hélice contínua monitorada (EHC), Escavada, Método Executivo de Fundações.

ABSTRACT

Over the years, advances in engineering have provided the plurality of foundation types on the market. Among the new technologies developed, we can observe over the years the growth in the use of stakes as a quick, economical and small interference solution.

The present work aims to study the types of existing foundations and the application of the best solution for a medium size residential project in the city of Anápolis - GO. At first it was based on a bibliographical revision on the types of foundations existing: superficial and deep. The superficial ones transmit the tensions to the ground by the base and the deep ones transmit the tensions by the friction of the stem of the stake with the ground. Then on the characteristics and the executive method of the continuous propeller excavated stake, the mechanisms used and the advantages and disadvantages of this type of foundation.

It also includes comments on the case studied, its location, some geological and geotechnical characteristics, companies responsible for the execution of foundations services, and the company responsible for the executive project of foundations.

After the first analyzes of the surveys made in loco, those responsible for the execution of the project, together with the designers chose the use of stakes type continuous propeller and some circular excavated stakes of support as the best solution to the project demands.

This worked accompanied the entire executive process of the foundations of the Residential Montreal City project.

As a result of this work, we analyzed the reliability of the methods used, as well as the technical-executive viabilities employed in these types of stakes. After the conclusion of the services we were able to observe the advantages and disadvantages of the chosen method as well as evaluate some problems faced during the execution of the services and the solutions adopted to solve the difficulties encountered.

KEYWORDS:

Foundations, Stakes, Continuous Monitored Propeller, Excavated, Executive Method of Foundations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fundação superficial e fundação profunda	18
Figura 2 - Fundações Superficiais	18
Figura 3 - Fundações Profundas	19
Figura 4 - Sequência executiva da estaca hélice contínua	25
Figura 5 - Início da perfuração	26
Figura 6 - Colocação da armadura	28
Figura 7 - Sequência executiva da estaca escavada	29
Figura 8 – Equipamento eletrônico (TARACORD).....	30
Figura 9 - Detalhe do equipamento para execução	30
Figura 10 - Localização do canteiro no Google Maps.....	35
Figura 11 - Planta Pav. Tipo do Residencial	36
Figura 12 – Imagem representativa da fachada do Residencial	36
Figura 13 - Equipamento para sondagem SPT	37
Figura 14 - Planta de locação de furos de sondagem	38
Figura 15 - Relatório de Sondagem nº1	39
Figura 16 - Relatório de Sondagem nº2	40
Figura 17 - Relatório de Sondagem nº3	41
Figura 18 - Legenda dos Blocos de Fundação.....	45
Figura 19 - Planta de locação da fundação	46
Figura 20 - Corte genérico da baldrame, dos blocos e das estacas	47
Figura 21 - Detalhe da estaca circular de apoio que recebe diretamente vigas baldrames	49
Figura 22 - Caixa de madeira para calibração da bomba	51
Figura 23 - Verificação da calibragem da máquina	52
Figura 24 - Marcação com areia e vergalhão dos pontos das estacas	53
Figura 25 - Marcação com areia nos pontos das estacas	53
Figura 26 - Verificação do prumo da marcação da estaca	54
Figura 27 - Armação da estaca no canteiro	54
Figura 28 - Bobcat fazendo a limpeza após a concretagem da estaca	55
Figura 29 - Mangotes utilizados para injeção de concreto após a perfuração	56
Figura 30 - Concreto sendo despejado na bomba para lançamento	57
Figura 31 - Slump Test	58
Figura 32 - Verificação do Slump atingido	58

Figura 33 - Limpeza dos mangotes da máquina perfuradora	59
Figura 34 - Bola utilizada para limpeza dos mangotes	59
Figura 35 - Colocação da armação da primeira estaca	60
Figura 36 - Capa do Diário de Obra	61
Figura 37 - Anotações no Diário de Obra da fundação	62
Figura 38 - Retirada dos materiais de fundação do canteiro	63
Figura 39 - Transporte da máquina perfuradora	63
Figura 40 - Verificação do prumo da estaca circular de apoio para perfuração	64
Figura 41 - Perfuração da estaca circular de apoio,.....	65
Figura 42 - Retirada do solo escavado	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficientes de segurança globais mínimos	23
Tabela 2 - Fatores de segurança globais mínimos para elementos de fundação	23
Tabela 3 - Coeficientes de minoração da resistência de elementos de fundação	24
Tabela 4 - Cargas e medidas da fundação	45
Tabela 5 - Relação do aço das 57 estacas tipo hélice contínua	48
Tabela 6 - Relação do aço das 6 estacas circulares de apoio	50

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CA	Concreto Armado
FCK	Resistência Característica do Concreto à Compressão
NBR	Norma Brasileira
NBR	Norma Regulamentadora
SPT	Standard Penetration Test

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 JUSTIFICATIVA	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 METODOLOGIA.....	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2 FUNDAÇÕES.....	17
2.1 HISTÓRICO.....	17
2.2 TIPOS DE FUNDAÇÕES	17
2.2.1 Bloco.....	19
2.2.2 Viga baldrame	19
2.3 PROJETO DE FUNDAÇÕES.....	20
2.3.1 Cargas e ações nas fundações.....	20
2.3.2 Requisitos de um projeto de fundações	22
2.4 FATORES DE SEGURANÇA DAS FUNDAÇÕES	22
2.5 ESTACA HÉLICE CONTÍNUA.....	24
2.5.1 Estaca hélice contínua	24
2.5.2 Metodologia Executiva	25
2.5.3 Perfuração	25
2.5.4 Concretagem.....	27
2.5.5 Colocação das armaduras	27
2.6 ESTACA ESCAVADA	28
2.7 MONITORAMENTO E cONTROLE NA EXECUÇÃO	29
2.7.1 Controle do desempenho.....	31
2.7.1.1 Ensaio de carga estática.....	32
2.7.1.2 Ensaio de carga dinâmica	32
2.8 CONCEITOS GEOTÉCNICOS.....	33
2.8.1 Solos muito resistentes.....	33
2.8.2 Camada de argila mole confinada	33

2.8.3	Camada de argila mole na superfície.....	33
2.8.4	Camada de areias puras na região da ponta	34
3	ESTUDO DE CASO: CONDOMÍNIO RESIDENCIAL CIDADE MONTREAL.....	35
3.1	HISTÓRICO DO EMPREENDIMENTO ESTUDADO	35
3.2	INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA	36
3.3	PROJETO DE FUNDAÇÃO	42
3.3.1	Locação da fundação.....	42
3.3.2	Projeto executivo	44
3.3.3	Execução de estacas hélice contínua monitoradas.....	50
3.3.3.1	Antes da obra	50
3.3.3.2	Durante a obra.....	56
3.3.3.3	Após a obra	62
3.3.4	Execução de estaca circular de apoio que recebem as vigas baldrame.....	64
3.4	VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE ESTACAS TIPO HÉLICE CONTÍNUA E ESTACA ESCAVADA CIRCULAR DE APOIO	66
4	CONCLUSÃO	68
4.1	MÉTODO DE EXECUÇÃO E ASPECTOS EXECUTIVOS	68
4.2	MONITORAMENTO NA EXECUÇÃO	68
4.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
	REFERÊNCIAS.....	70

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento relativo a evolução da engenharia estrutural e da evolução das fundações de obras se desenvolveu baseado nos estudos e princípios aplicados diretamente em trabalhos de estruturação das fundações.

Com o passar dos anos as novas tecnologias proporcionaram diversas melhorias no trabalho com fundações, tais como: ausência de vibrações e ruídos nas obras; estendendo-se à capacidade de carga e controle durante a execução; trazendo mais segurança para o desenvolvimento.

Desde o seu surgimento a estaca tipo hélice contínua vem sendo utilizada frequentemente por engenheiros, essa tecnologia representa um grande marco na engenharia moderna, sendo hoje de grande aplicação na construção civil amplamente comercializada.

Para as fundações com estacas escavadas existem relatos que remontam o seu uso desde os primórdios da pré-história onde eram usadas como palafitas e na idade média onde a mesma era aplicada em regiões pantanosas e com escassez de rochas para a construção de estradas.

Os primeiros trabalhos executados com o trado hélice contínua surgiram na década de 1950 nos Estados Unidos, sendo equipado por guindastes de torre acoplada, composto por mesa perfurada, fazendo furos de diâmetros de 27,5 cm; 30 cm e 40 cm. Em meados do ano de 1970 esse método foi inserido na Alemanha, posteriormente sendo expandido por toda a Europa e Japão. (Penna et. al., 1999).

Em 1987 esse tipo de estaca foi introduzido no Brasil. Mas somente no ano de 1993, com o crescimento da importação de equipamentos, foi propagada sua implantação e utilização geral.

As estacas escavadas são moldadas no local após a escavação mecânica do solo. A perfuração pode ser feita através de torres de perfuração metálicas acopladas a um caminhão ou apoiadas em chassis metálicos. Guinchos, haste de perfuração hidráulica e conjunto de tração são empregados em sua execução trabalhando com o emprego de trados em sua extremidade que avançam através do prolongamento do telescópio.

Os diâmetros mais comuns encontrados hoje no mercado variam de 30 centímetros a 1,80 metros. O comprimento do furo pode variar desde perfurações de

baixa profundidade com equipamentos de pequeno porte, até furos de grandes proporções que exigem o uso de maquinário mais refinado.

A escolha do tipo errado de estaca pode acarretar prejuízos financeiros e comprometimento da solidez da estrutura. Métodos de estaqueamento diferentes dos adotados na obra em estudo poderiam prejudicar o cronograma proposto em planejamento para a fundação do empreendimento.

O estudo de caso que será analisado na presente monografia apresenta problemas de alagamento da área escavada para colocação da ferragem e concretagem das estacas, comprometendo outras alternativas para a perfuração das estacas mais profundas devido ao tipo de solo apresentado pelas sondagens e pelo nível onde o lençol freático é encontrado na região de estudo.

Nesse contexto essa pesquisa tem a finalidade de explicar sobre o método construtivo da estaca tipo hélice contínua para perfurações profundas e o método construtivo da estaca escavada, para perfurações de até 5m, apresentando e explicando o porquê dos seus respectivos usos, e por meio de estudos de projetos e análise da execução concluir se o sistema construtivo adotado é realmente a melhor solução para o empreendimento.

1.1 JUSTIFICATIVA

O emprego da melhor solução em engenharia para o trabalho com fundações, que suportem as cargas exigidas pelo projeto arquitetônico e estrutural, é fundamentado quase que integralmente pelos relatórios técnicos de sondagem do terreno onde a construção será levantada.

Após a análise do comportamento do solo e de suas características, levando em conta não só o tipo de solo mas também o nível onde a água é encontrada no terreno, o projetista estrutural tem a base necessária para elaborar um projeto de fundações que atenda a necessidade do cliente e que suporte os esforços solicitados.

O emprego da solução em estacas do tipo hélice contínua é relativamente recente no Brasil em comparação a outros tipos de fundações. No estado de Goiás existem poucas empresas que possuem grande capital investido no maquinário necessário para a construção deste tipo de estaca. Entretanto, a cidade de Anápolis por se localizar próxima à capital, Goiânia, possui grande vantagem econômica e comercial

em relação a cidades de pequeno porte do interior do estado pois o custo de mobilização para regiões próximas e de fácil acesso tende a ser menor.

Dito isto, em terrenos onde os níveis de lençol freático são rasos o uso de estacas do tipo hélice contínua se torna uma solução viável, não só por suportar grandes demandas de esforços mas também pela rapidez e eficiência de seu método construtivo em lidar com o problema de alagamento de perfurações provocado por veios d'água típicos das regiões onde os lençóis são encontrados na situação descrita anteriormente.

As estacas escavadas por possuírem um método de aplicação mais fácil também podem ser implementadas, para soluções de solicitações de esforços em níveis de terreno mais rasos, onde o emprego de estacas do tipo hélice contínua não sejam necessárias.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Estudar a execução e o comportamento de diferentes tipos de estaca dentro de uma construção de médio porte.

1.2.2 Objetivos específicos

- Verificar os diferentes métodos de execução de estacas.
- Analisar o comportamento da fundação quando a mesma recebe cargas da edificação projetada.
- levantar quais as necessidades quando se faz uso de cada uma dessas estacas baseado no estudo do projeto estrutural e do relatório de sondagem.

1.3 METODOLOGIA

O trabalho será baseado em um estudo de caso da obra de fundação do Condomínio Cidade Montreal localizado na rua Doutor Bernardo Sayão, Quadra 08 Lote 17 no bairro Cidade Universitária no município de Anápolis no estado Goiás.

O estudo será realizado através do acompanhamento do dia a dia da execução da fundação e estrutura da obra escolhida, bem como pela análise do projeto estrutural aprovado pelos órgãos competentes para o levantamento da edificação e do relatório de sondagem do terreno escolhido para a construção.

A pesquisa tem natureza qualitativa e quantitativa, pois busca mostrar qual é o melhor modelo para cada tipo de obra e através da análise dos resultados encontrados e de estudo da bibliográfica, entender se o modelo usado no empreendimento é de fato a melhor solução financeira e estrutural para o empreendimento.

A pesquisa tem natureza bibliográfica, pois será levantada em livros, revistas, artigos e sites sobre cada um dos tipos de estacas, promovendo o confronto dos métodos de execução e os resultados observados durante esta pesquisa com a bibliografia correlata, buscando encontrar semelhanças e distorções entre o que acontece na prática e o que é proposto teoricamente por autores de pesquisas na área estudada.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A parte teórica do trabalho será estruturado e fundamentado em pesquisas do trabalho e estudo de diversos autores que tratam do tema proposto em buscas e análises de suas respectivas bibliografias bem como a exploração de materiais disponíveis na internet.

A etapa prática do trabalho será baseada no estudo de caso de uma obra de um edifício de médio porte, através do diário de obra da construção, dos projetos e planejamentos propostos pelas equipes especializadas responsáveis pela edificação do empreendimento.

Relatórios de execução, relatórios de sondagem, projetos e entrevistas com os responsáveis pela execução da fundação serão coletados e usados como parte do trabalho bem como a documentação fotográfica da execução dos trabalhos e do dia a dia de obra.

2 FUNDAÇÕES

2.1 HISTÓRICO

No estudo de fundações é necessário o conhecimento de algumas áreas da engenharia como, por exemplo, os conceitos de Cálculo Estrutural e Geotecnia. Conhecer as cargas que deverão ser suportadas pela edificação bem como a qualidade e resistência do solo que receberá tais cargas é de extrema importância no estudo de fundações.

De acordo com Velloso e Lopes (2004), para que um engenheiro de fundações seja bem sucedido ele deve ter o conhecimento dos seguintes tópicos:

- a) Origem e formação do solo estudado;
- b) Caracterização e classificação do solo;
- c) Investigação geotécnica;
- d) Percolação no solo e controle de água subterrânea;
- e) Resistência ao cisalhamento, capacidade de carga e empuxos;
- f) Compressibilidade e adensamento;
- g) Distribuição de pressões e cálculo de deformações e recalques.

Segundo Velloso e Lopes (2004), o engenheiro de fundações também deve ter amplo conhecimento de cálculo estrutural para que possa dimensionar adequadamente a estrutura da fundação e para poder avaliar o comportamento estrutural quando o empreendimento receber cargas em seus apoios.

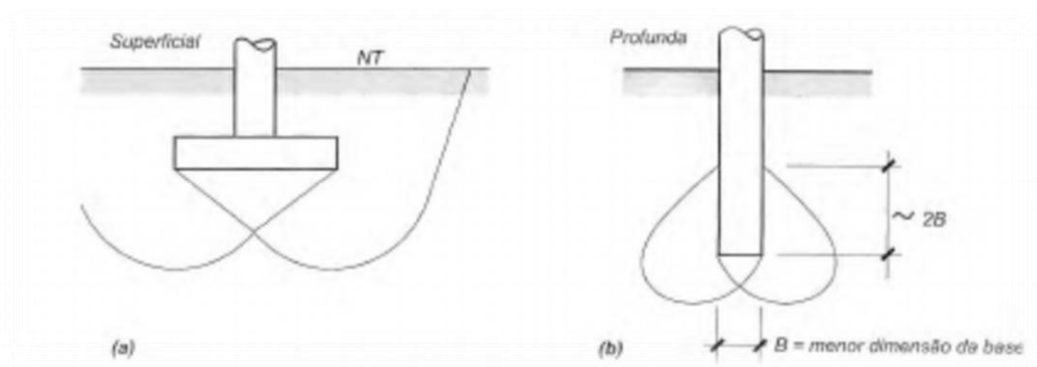
Um bom projeto de fundações requer um engenheiro com experiência nas áreas citadas acima, uma que vez que todo projeto de fundação tende a apresentar situações diferentes devido a grande variabilidade de tipos de solo.

2.2 TIPOS DE FUNDAÇÕES

Existem dois tipos de fundações:

- Fundações superficiais;
- Fundações profundas.

Figura 1: Fundação superficial e fundação profunda



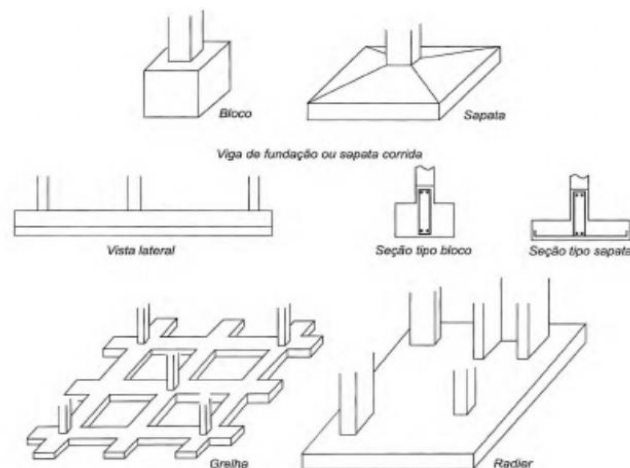
Fonte: Velloso & Lopes (2004)

De acordo com a NBR 6122/1994 (Projeto e execução de fundações), as fundações profundas são aquelas onde a sua base esteja fixada a uma profundidade de no mínimo duas vezes maior que a sua menor dimensão e a no mínimo 3 metros de profundidade.

As principais fundações superficiais podem ser classificadas em:

- a) bloco;
- b) sapata;
- c) sapata corrida;
- d) radier ;
- e) grelha;
- f) sapata associada.

Figura 2 : Fundações Superficiais

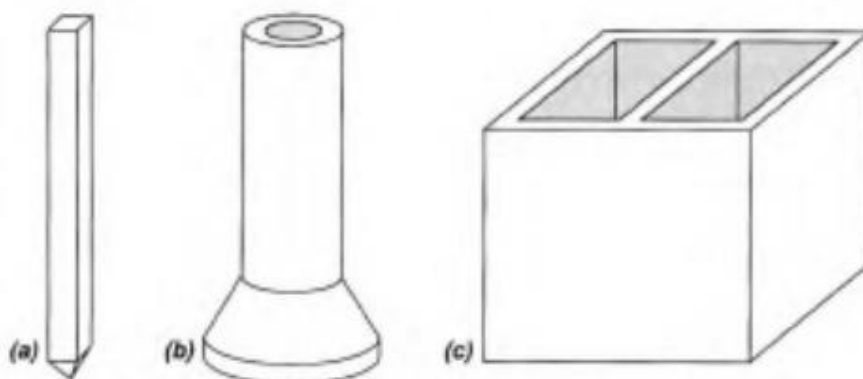


Fonte: Velloso & Lopes (2004)

As principais fundações profundas podem ser classificadas em:

- a) estaca;
- b) tubulão;
- c) caixão.

Figura 3: Fundações Profundas



Fonte: Velloso & Lopes (2004)

2.2.1 Bloco

Segundo a NBR 6118/2003 blocos são elementos de fundação rasa ou superficial de concreto, usados para transmitir às estacas as cargas da fundação, podendo ser classificados como rígidos ou flexíveis.

Os blocos podem ser executados em pequenas obras, como residências, sobrados, galpões, etc., onde a carga vertical oriunda do pilar é normalmente de baixa intensidade. Podem ser produzidos de tijolo maciços, pedras, concreto simples ou armado (sapata de fundação).

2.2.2 Viga baldrame

Viga baldrame são vigas que se situam geralmente um pouco abaixo do nível do solo e percorre todo o perímetro das paredes da construção. É uma viga rasa de apoio, tendo seu formato retangular e feita de concreto armado. (NBR 6118, 2013.)

Esse tipo de fundação rasa é bem econômico e pode ser considerada a própria fundação, utilizada em terrenos de solos firmes e cargas pequenas, onde requer pouca profundidade. Sugere que as cargas a serem resistidas pelas vigas sejam pequenas, e devidamente dimensionada para a devida carga que será resistida.

2.3 PROJETO DE FUNDAÇÕES

Segundo Velloso e Lopes (2004), existem alguns elementos necessários para o desenvolvimento de um projeto de fundações, esses elementos garantirão a qualidade e funcionalidade do projeto. Os elementos podem ser apresentados como:

a) Topografia da área: Realização de um levantamento topográfico e planialtimétrico da região de interesse; coleta de dados sobre taludes e encostas no terreno estudado;

b) Dados geológicos-geotécnicos: Investigação preliminar e complementar do subsolo; coleta de dados geológicos e geotécnicos através de mapas, artigos, fotos aéreas e de satélites e levantamentos aerofotogramétricos;

c) Dados sobre construções vizinhas: Tipo de estrutura e fundações; existência de subsolo; desempenho das fundações; número de pavimentos e carga média por pavimento; consequências de escavações e vibrações de possíveis novas obras;

d) Dados de estrutura a construir: Sistema estrutural; sistema construtivo; tipo e uso que terá o novo empreendimento; cargas de ações nas fundações.

2.3.1 Cargas e ações nas fundações

De acordo com Velloso e Lopes (2004), as ações e cargas nas fundações são classificadas em outros países em quatro grupos:

- a) Cargas vivas operacionais
 - i. Passagem de veículos e pessoas;
 - ii. Ocupação por pessoas e móveis;
 - iii. Operação de equipamentos móveis;
 - iv. Armazenamento;
 - v. Atracação de navios e pouso de helicópteros;
 - vi. Frenagem e aceleração de veículos.

- b) Cargas vivas ambientais
 - i. Vento;
 - ii. Ondas e correntes;
 - iii. Temperatura;
 - iv. Sismos.
- c) Cargas vivas acidentais
 - i. Solicitações especiais de construção e instalação;
 - ii. Colisão de veículos;
 - iii. Explosão e fogo.
- d) Cargas mortas ou permanentes
 - i. Peso próprio da estrutura e equipamentos permanentes;
 - ii. Empuxo de água;
 - iii. Empuxo de terra.

No Brasil a NBR 8681/2002 (Ações e segurança nas estruturas), classifica as ações e cargas nas fundações da seguinte forma:

a) Ações permanentes: São ações que acontecem durante praticamente toda a vida útil de uma obra, são caracterizadas por ocorrerem com pequenas variações e valores relativamente pequenos se comparados com os valores médios de cargas sofridas pelo empreendimento. Como exemplo podemos citar o peso próprio da obra e esforços devido ao recalque de apoios;

b) Ações variáveis: São variações de cargas significativas quando comparadas com os valores médios de cargas suportados. Como exemplo podemos citar a ação de ventos e ondas;

c) Ações excepcionais: São ações de curta duração e que são extremamente improváveis de acontecer, porém por questões de segurança não devem ser ignoradas. Como exemplo podemos citar explosões e incêndios.

Através do estudo dessas ações a NBR 8681 estabelece o estado limite de uma estrutura. A norma ainda divide esse estado limite nas seguintes categorias:

- a) Estados limites últimos (ELU)
 - i. Colapso parcial da obra;
 - ii. Colapso total da obra.

- b) Estados limites de utilização ou de serviço (ELS)
- i. Deformações e fissuras que comprometem a obra.

2.3.2 Requisitos de um projeto de fundações

Velloso e Lopes (2004) citam os seguintes itens como requisitos básicos de um projeto de fundações:

- a) Deformações aceitáveis sob a condição de trabalho;
- b) Segurança adequada ao colapso do solo de fundação ou estabilidade “interna”;
- c) Segurança adequada ao colapso do solo de fundação ou estabilidade “externa”;
- d) Segurança adequada ao tombamento e deslizamento;
- e) Segurança à flambagem;
- f) Níveis de vibração compatíveis com o uso da obra.

2.4 FATORES DE SEGURANÇA DAS FUNDAÇÕES

A verificação de colapsos em fundações também conhecida como verificação dos estados limites últimos é cheia de incertezas e por isso critérios de segurança devem ser adotados com a finalidade de garantir a segurança da fundação de um empreendimento.

Os autores Velloso e Lopes (2004) afirmam que a formatação de coeficientes de segurança para fundações tende a ser uma tarefa mais árdua em relação aos coeficientes de cálculo estrutural, uma vez que em projetos estruturais os materiais tendem a ter uma natureza mais homogênea do que a encontrada em solos.

Segundo os autores, as incertezas dos estudos geotécnicos devem ser compensados com uso de fatores de segurança que protejam o empreendimento de possíveis falhas na detecção de um solo menos resistente do que o esperado.

Podemos dividir os métodos de segurança em dois principais grupos:

- a) Fator de Segurança Global ou Método de Valores Admissíveis;
- b) Fatores de Segurança Parciais ou Método de Valores de Projeto.

No método de Valores Admissíveis um fator de segurança, também chamado de FS, é estabelecido através da divisão da tensão de ruptura ou escoamento de um solo pela tensão admissível deste mesmo solo. Baseado neste princípio Terzaghi e Peck (1967) propuseram a seguinte tabela de coeficientes de segurança globais mínimos:

Tabela 1 : Coeficientes de segurança globais mínimos

Tipo de ruptura	Obra	Coef. De segurança
Cisalhamento	Obras de terra	1,3 a 1,5
	Estruturas de arrimo	1,5 a 2,0
	Fundações	2,0 a 3,0
Ação da água	Subpressão, levantamento de fundo	1,5 a 2,5
	Erosão interna, <i>piping</i>	3,0 a 5,0

Fonte: NBR 6122/2010 , 2010.

A Norma Brasileira NBR 6122/2010 determina que a análise de estados limites últimos seja a verificação padrão para a elaboração de coeficientes de segurança para fundações. Neste processo os valores de resistência dos elementos da fundação são comparadas aos valores das ações para que se possa estabelecer os estados limites últimos.

Essa NBR estabeleceu os seguintes coeficientes de segurança para fundações superficiais e profundas:

Tabela 2: Fatores de segurança globais mínimos para elementos de fundação

Tipo	Método de obtenção da resistência	FS
Superficial	Método analítico	3,0
	Método semiempírico	3,0*
	Método analítico ou semiempírico com duas ou mais provas de cargas	2,0
Profunda	Metodo analítico	2,0
	Método semiempírico	2,0**
	Provas de carga	1,6**

* Adotar o valor proposto no próprio método semiempírico, se maior que 3,0.

** Esse valor pode ser reduzido em função do número de dados, como indicado no item (b).

Fonte: NBR 6122/2010, 2010.

No método de Valores de Projeto, a resistência do projeto como apresentada no livro de Velloso e Lopes é encontrada dividindo a tensão de ruptura do solo por fatores de minoração da resistência e que o resultado desta divisão seja maior ou igual a multiplicação das ações características do solo por fatores de segurança parciais.

A Norma estabelece que no cálculo da resistência da fundação sejam aplicados coeficientes de minoração ao resultado. A Norma institui os seguintes coeficientes de minoração:

Tabela 3: Coeficientes de minoração da resistência de elementos de fundação.

Tipo	Método de obtenção da resistência	Coef. De minoração
Superficial	Método analítico	2,15
	Método semiempírico	2,15*
	Método analítico ou semiempírico com duas ou mais provas de cargas	1,40
Profunda	Metodo analítico	1,40
	Método semiempírico	1,40**
	Provas de carga	1,14**

* Adotar o valor proposto no próprio método semiempírico, se maior que 3,0.

** Esse valor pode ser reduzido em função do número de dados, como indicado no item (b).

Fonte: NBR 6122/2010, 2010.

2.5 ESTACA HÉLICE CONTÍNUA

2.5.1 Estaca hélice contínua

Estaca de Hélice Contínua (*Continuos Flight Auger – CFA*), é uma estaca de concreto moldado “*in-loco*”, tendo sua execução por meio de trado contínuo. A concretagem consiste na injeção do concreto pela haste central com a retirada simultaneamente da hélice do terreno.

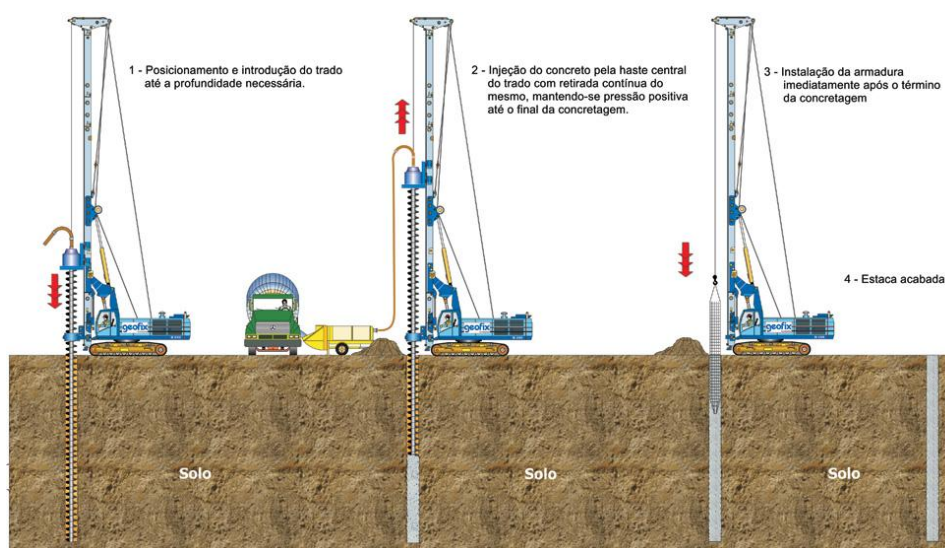
O uso desse método de estaca vem sendo estendido no mercado nacional, sua execução torna-se cada vez mais elaborada, na medida que se faz necessário que haja a estabilização das paredes do furo, evitando assim presença de água. Porém como todo

tipo de estaca, durante a sua execução, necessitam de vários cuidados que muitas vezes passam por despercebidos para aqueles que a utilizam.

2.5.2 Metodologia Executiva

A execução consiste basicamente em três etapas: perfuração do terreno de forma manual ou mecânica até que seja atingida a cota desejada, concretagem simultaneamente com a retirada da hélice do terreno, e posteriormente colocação das armaduras.

Figura 4: Sequência executiva da estaca hélice contínua



Fonte: Catálogo Geofix, 1988.

2.5.3 Perfuração

Antes que o equipamento seja instalado na obra, deve ser observado se o terreno atende as condições para receber o maquinário, guardando conformidade, é instalado o equipamento de escavação sobre o piquete de marcação, o mesmo deve ser nivelado, dando início a perfuração.

Figura 5: Início da perfuração

Fonte: próprios autores, 2017.

O processo de perfuração se dá por cravação da hélice sobre o terreno em forma de rotação, tendo um torque apropriado com resistência compatível para que seja atingido a profundidade determinada do projeto. A perfuração no terreno é executada sem que haja a retirada da hélice do furo, seu torque é aplicado através de uma mesa rotativa localizada na extremidade da hélice.

A hélice é constituída por dentes em sua extremidade inferior ou por pontas de vídia que ajudam sua penetração no solo. Para que não haja introdução do solo ou da água na haste tubular, existe na sua parte inferior uma tampa metálica que é removida na concretagem (ANTUNES & TAROZZO, 1996). Isso permite a utilização desse tipo de estaca em terrenos arenosos e coesivos, com ou sem presença de água e com índices de SPT superior a 50 golpes. (FUNDESP,2006).

No decorrer da perfuração, há a presença de uma única força que atua sobre a hélice, sendo ela o peso próprio com o solo nela composta. De maneira geral é possível a utilização desse equipamento em solos com NSPT máximo de 50.

Nesta fase é necessário que detenha a menor retirada de terra possível, reduzindo o desconfinamento do solo no campo de interação do trado-solo.

Segundo PENNA et. al. (1999), os aspectos mais consideráveis do trado são o tipo e inclinação da lamina de corte, situada na sua ponta, o passo da hélice e a inclinação da hélice em relação a vertical. Tendo em vista que essas características vão

influenciar na velocidade de perfuração, na capacidade de penetrar as camadas resistentes na menor ou maior retirada de solo ao longo da descida do trado.

2.5.4 Concretagem

Concluída a escavação e atingindo a profundidade desejada do projeto, inicia-se a concretagem da estaca, seu lançamento é feito através de bombeamento pelo tubo central. Na medida que a hélice passa a ser retirada pelo equipamento, sem girá-la, faz-se o preenchimento total da escavação com concreto.

O concreto é introduzido sob pressão positiva, tendo como ordem de 50 a 100 kpa. Essa pressão visa garantir a continuidade e a integridade do fuste, sendo necessário a observação de dois aspectos executivos. O primeiro tem como objetivo assegurar que a ponta do trado, no decorrer da perfuração, alcance um solo que permita a criação da “bucha”, mantendo o concreto injetado abaixo da ponta da estaca, impedindo sua subida pela interface solo-trado. O segundo visa garantir o controle da velocidade de extração do trado, de maneira que haja sempre um sobre consumo de concreto.

O concreto manuseado deve ser bombeável, com o aparecimento de pedriscos e areias, com resistência característica (fck) de 20Mpa. O consumo de cimento é sempre próximo aos 400 kg/m³ a 450 kg/m³. O abatimento, conhecido também como “slump teste” situa-se na ordem de 200 a 240 mm.

Durante a remoção da hélice, é feita a limpeza do solo retirado no momento da escavação, que fica acumulada na mesma. A execução pode ser realizada manualmente ou com a colaboração de um limpador com acionamento hidráulico, que fica alojado no equipamento (ANTUNES & TAROZZO, 1996).

2.5.5 Colocação das armaduras

A colocação da armadura neste tipo de estaca, impede que a mesma seja colocada antes do lançamento do concreto, tendo como dificuldade a sua inserção e o limite do comprimento da ferragem.

A implantação da armadura, geralmente é feita por gravidade, por compressão de um pilão com profundidade máxima de 19m ou por vibração com profundidade

máxima de 12m, sendo essa última recomendada pela literatura internacional. Portanto no Brasil a colocação por golpes de um pilão vem sendo usualmente mais praticada.

A armação tem por costume ser na do tipo “gaiola”, com estribos helicoidais soldados às barras longitudinais. Na extremidade, suas barras são levemente dobradas de forma que fiquem afuniladas, facilitando a inserção e evitando problemas relacionados a deformação da mesma. É comum o emprego de espaçadores plásticos tipos “rolete”, com objetivo de manter o recobrimento mínimo previsto pela norma. (ANTUNES & TAROZZO, 1996).

Figura 6: Colocação da armadura



Fonte: próprios autores, 2017.

2.6 ESTACA ESCAVADA

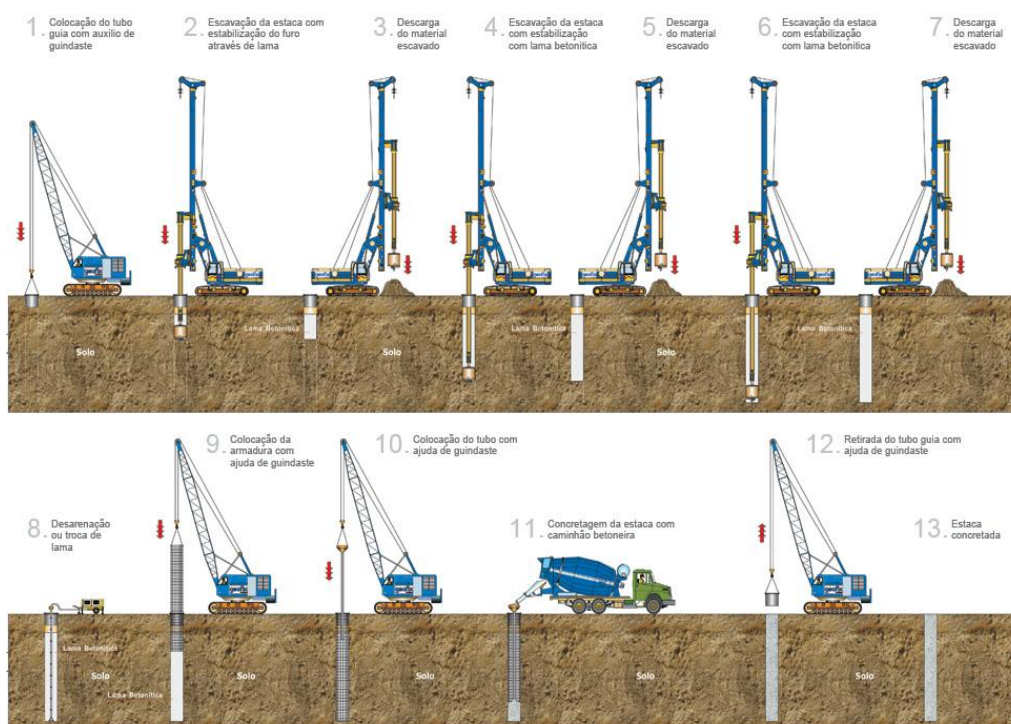
As estacas escavadas ou barretes são estacas de forma circular ou retangular, também moldada “*in-loco*”. São executadas com concretagem submersa, através de torres metálicas, apoiadas em chassis metálicos ou acoplados a caminhões.

O diâmetro das perfuratrizes pode variar entre 0,30 a 1,80 metros, tendo potencial para trabalhar desde estacas de pequena profundidade com equipamentos de pequeno porte até grandes profundidades com equipamentos que tenham altura de 27 metros.

A vantagem na utilização desse tipo de estaca está na grande mobilidade e produção do equipamento, proporcionando a amostragem do solo escavado, atingindo a profundidade desejada do projeto sem que haja presença de vibrações, podendo ela ser executada próxima à divisa, sem danos às construções vizinhas.

Essas estacas possuem grande resistência e pequena deformabilidade, o que a coloca como uma das melhores soluções indicadas para suporte de escavações.

Figura 7: Sequência executiva da estaca escavada.



Fonte: Catálogo Geofix, 1988.

2.7 MONITORAMENTO E CONTROLE NA EXECUÇÃO

A alta tecnologia no processo de execução das estacas de hélice contínua, possuem o seu controle por meio de monitoramento eletrônico. O equipamento usualmente mais utilizado no Brasil é o aparelho chamado TARACORD (figura 8), que é um aparelho composto por um computador e inúmeros sensores inseridos na perfuratriz através de cabos eletrônicos.

Figura 8: Equipamento eletrônico (TARACORD)



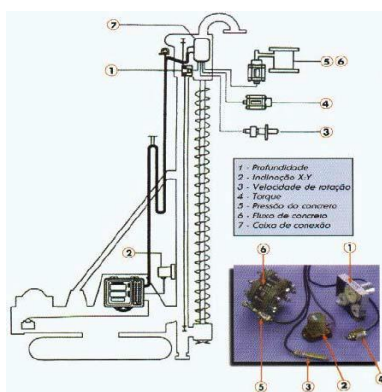
Fonte: próprios autores, 2017.

Antes de dar início à perfuração da estaca, deve-se ligar o sistema de monitoramento e programação, sendo ele essencial para a qualidade e execução.

Mas existem outros, como por exemplo, TARALOG, tendo diferenciado do primeiro apenas na forma que os dados são mostrados na tela do computador. Estes equipamentos fornecem os seguintes dados:

- Profundidade;
- Tempo;
- Inclinação;
- Velocidade de penetração do trado;
- Velocidade de rotação do trado;
- Torque;
- Velocidade de retirada (extração) da hélice;
- Volume de concreto lançado;
- Pressão do concreto.

Figura 09: Detalhe do equipamento para execução



Fonte: Catálogo Geofix, 1988.

Os dados fornecidos são monitorados pelo operador da perfuratriz em tempo real durante a escavação da estaca. Após o fim da perfuração da estaca o equipamento gera um relatório com os dados mencionados acima.

Apesar de sua eficiência nos fornecimentos de dados pelo monitoramento, podem ocorrer diversos imprevistos e erros, sendo esses, causados pelo sistema de monitoramento não calibrado, ou às vezes até calibrados, mas de forma incorreta. Outra possibilidade é a identificação de danos nos sensores, nas bombas muito utilizadas ou sem manutenção, ocasionando erros de medida de volume de concreto e por consequência de pressão de injeção.

2.7.1 Controle do desempenho

A metodologia de fundações segue a humanidade desde a pré-história, sendo uma das maiores preocupações da Engenharia na área da Geotécnica. Há alguns anos vem se notando que as obras com fundações profundas, em geral, têm mais influência no processo executivo do que propriamente na fase de projeto, assim sendo, o controle de qualidade essencial para assegurar uma transmissão perfeita das cargas da superestrutura até o solo.

O ensaio de carga estático, representa melhor a forma do carregamento real sobre as estacas, pois é através desse procedimento que torna possível prever o comportamento real das estacas sujeitas aos esforços solicitantes. Segundo a NBR-6122 (ABNT, 1996) é recomendada a utilização de um fator de segurança igual a 1,6 para o cálculo da carga admissível, quando é realizado um número de prova de carga compatível à obra.

Caso não seja realizado corpo de prova este valor passa a ser de 2,0. No entanto, este procedimento exige um grande sistema de reação, podendo sobrecarregar sua execução. Por este motivo, o ensaio de carregamento dinâmico é o mais utilizado no Brasil (MAGALHÃES, 2005).

2.7.1.1 Ensaio de carga estática

O ensaio de carregamento estático tem como objetivo analisar o desempenho da fundação em níveis de carga crescente, até o seu limite de carga ou a íntegra ruptura do sistema estaca-solo.

São inúmeros procedimentos que conduzem a diferentes resultados de capacidade de carga estática, sendo eles abordados de modo resumido.

O sistema estaca solo é subordinado à uma aplicação de carga estática em estágios crescentes, onde é conservada até que haja o equilíbrio dos recalques, ou num período mínimo de 30 minutos. Ocorre sua estabilização quando a diferença t e $t/2$ ocasionar em até 5% do deslocamento sucedido no estágio precedente (NBR 12.131 – ABNT, 1991).

A ruptura do sistema estaca-solo é definida quando um pequeno acréscimo de carga provoca um grande recalque, denominada carga estática última.

2.7.1.2 Ensaio de carga dinâmica

O ensaio dinâmico tem como principal objetivo definir a capacidade de ruptura do sistema estaca-solo, para carregamentos estáticos axiais. O carregamento das cargas estáticas é aplicado por meio de um ciclo de impactos a uma determinada altura, sendo sua análise realizada nos princípios da teoria da onda, executado através da cravação ou recravação de estaca, de acordo com a NBR 13208 (ABNT, 1994).

Em relação à estaca hélice contínua o ensaio é desempenhado após o término da concretagem. É concretado no topo da estaca um bloco de coroamento, este receberá os golpes do martelo em que será instalado os transdutores.

Em estacadas moldadas in loco, conforme sugere a norma é necessário o uso de um pilão com peso que varia de 1% a 1,5% da carga de ruptura.

A vantagem desse ensaio é que seu custo e execução é menor em relação a outros, tornando viável sua aplicação em um número maior de estacas, o que evidencia uma melhor resistência no estaqueamento, proporcionando confiabilidade na sua análise.

2.8 CONCEITOS GEOTÉCNICOS

Neste subtítulo, serão relacionados alguns problemas e recomendações que podem ser relevantes na execução de estacas hélice contínuas, pertinentes ao subsolo.

2.8.1 Solos muito resistentes

Este tipo de solo merece uma atenção especial, pois é necessário girar o trado parado algumas vezes para romper o atrito e possibilitar o seu avanço, garantindo assim o comprimento mínimo dessa estaca. Na medida em que desloca o solo, é provocado o desconfinamento do terreno, reduzindo a capacidade de carga. Sendo em algumas vezes preciso a retirada da hélice.

Segundo Penna et al. (1999) é recomendado a redução da carga sobre a estaca para não suceder o risco de comprometer o trado quando o mesmo estiver penetrando camadas muito resistentes.

2.8.2 Camada de argila mole confinada

O maior problema em relação a esse terreno está ligado no elevado consumo de concreto e na ruptura do solo em razão da pressão do concreto. Sua concretagem deve ter um controle rígido no que se refere ao trado, assegurando o sobre-consumo e sua integridade. Normalmente a concretagem é feita sob pressão nula nesta camada, pois o solo é frágil. (ALMEIDA NETO, 2002).

2.8.3 Camada de argila mole na superfície

Neste caso, o peso que o equipamento exerce sobre o solo pode ser excessivo a capacidade de suporte do terreno. Em algumas situações esta camada é retirada por meio de escavação até que atinja uma camada de maior rigidez.

Na concretagem por falta de capacidade de suporte, a pressão para esse tipo de solo normalmente é zero, recomendando-se armar a estaca ao longo de toda a camada denominada mole.

Outra possibilidade, do trado hélice contínua, é a sua instabilidade levando a puxar o equipamento para baixo ou até mesmo ocorrer o seu tombamento antes da perfuração.

A execução deve ser feita até a cota do terreno, assim evita o desmoronamento do solo que pode contaminar o concreto situado na cabeça da estaca. (ALMEIDA NETO, 2002).

2.8.4 Camada de areias puras na região da ponta

A execução deve ter o cuidado de garantir a resistência da ponta. Para este efeito é necessário que a concretagem seja iniciada com giros lentos, tendo o mesmo sentido da inserção do trado, criando assim elementos ascendentes e impedindo a queda de grãos de areia. Com isso evita o descofinamento do solo e a minimização do efeito de transporte (ALMEIDA NETO, 2002).

3 ESTUDO DE CASO: CONDOMÍNIO RESIDENCIAL CIDADE MONTREAL

Neste Título ocorrerá a apresentação da obra estudada, destacado na seção 4.1 em seguida.

3.1 HISTÓRICO DO EMPREENDIMENTO ESTUDADO

Avançando nos estudos sobre estacas, este trabalho encontrou na obra situada na rua Doutor Bernardo Sayao, Quadra 08, Lote 17, bairro Cidade Universitária, município de Anápolis, estado de Goiás a oportunidade de observar e analisar o método de estaca hélice contínua e estaca escavada, aplicada na prática.

Figura 10: Localização do canteiro no Google Maps.



Fonte: Google, 2018.

O empreendimento será de uso residencial de nome Condomínio Residencial Cidade Montreal, que será executado pela construtora SPE ARCO MONTREAL LTDA com previsão de entrega em Julho de 2019, apresenta uma área de 1.629,30 m², tendo uma área ocupação de 336,4 m² (64%) e uma área permeável de 180,79 m², guardando assim conformidade com a legislação vigente no município.

Possui desnível de quase 1,2m ao longo de aproximadamente 35m de comprimento. Integrado por 1(uma) torre, possuindo 5(cinco) pavimentos. Perfaz área de projeção de planta de aproximadamente 276,3m², sendo seu primeiro pavimento de uso para estacionamento dos veículos, e os demais pavimentos 8 quitinetes por andar em exceção o ultimo que possui 6 quitinetes e um salão para eventos, totalizando 38 unidades habitacionais.

Figura 11: Planta Pav. Tipo do Residencial



Fonte: SPE ARCO MONTREAL, 2017.

Figura 12: Imagem representativa do Residencial



Fonte: SPE ARCO MONTREAL, 2017.

3.2 INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA

Para a investigação do subsolo, foi utilizado o procedimento de simples exploração, comumente também conhecido como sondagem à percussão, baseado no método do *Standard Penetration Test (SPT)*, de acordo com a NBR 6484/2001.

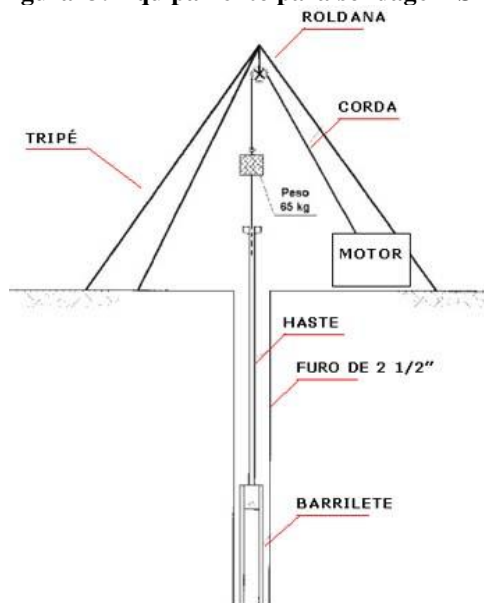
Este método é caracterizado por escavações capazes de trespassar o nível d'água e atravessar substratos de consistência e espessura heterogênea.

De acordo Velloso e Lopes (1997), o teste (SPT) é executado a cada metro. Fundamenta-se na cravação de um amostrador normatizado, denominado de Raymond-Terzaghi, através de golpes com pesagem equivalente a 637 N, despencando de uma altura de 75cm.

Estes golpes são anotados para que se encontre o número mínimo de golpes necessários, para a cravação de 45 cm do amostrador em 3 séries de golpes de 15 cm. O parâmetro SPT tem como resultado o número de golpes necessário para cravar os 30 cm finais do amostrador.

A sondagem tem seu início na montagem do equipamento sobre o terreno, no local onde estão locados os furos. O equipamento consiste de um cavalete com quatro pernas e um conjunto de roldanas na parte superior, onde passa uma corda. Esta estrutura será responsável pelo manuseio e içamento do “peso”, como mostrado na figura abaixo (Figura 13):

Figura13: Equipamento para sondagem SPT



Fonte: Fórum da Construção, 2017.

Foram executados 3 (três) furos de sondagem, num total de 32,40m perfurados. As sondagens realizadas foram executadas segundo as recomendações da NORMA BRASILEIRA (N.B-12) à percussão simples sem lavagem. O Barrilete Amostrador utilizado foi o S.P.T com diâmetro externo de 2” e interno de 1 3/8”. A posição ou

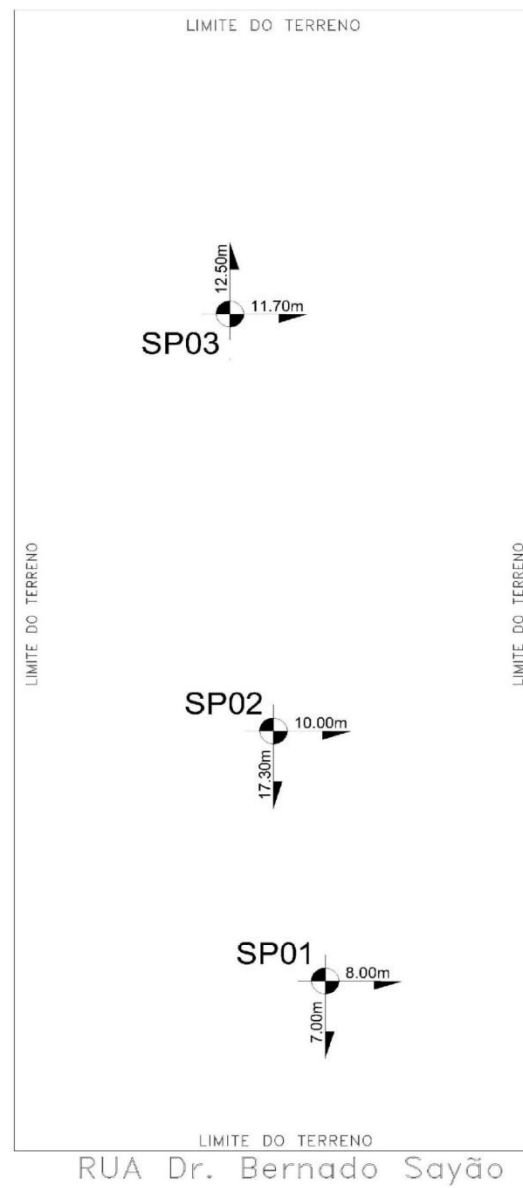
existência de lençol freático é observado duas vezes, em intervalo de tempo nunca inferiores a 24 horas.

A empresa contratada para fazer os serviços referente a sondagem e elaboração do relatório foi a Vertical Engenharia com sede na cidade de Anápolis.

Apresenta-se a localização dos furos executados:

Figura 14: Planta de localização de furos de sondagem

PLANTA DE LOCAÇÃO DE FUROS DE SONDAEM

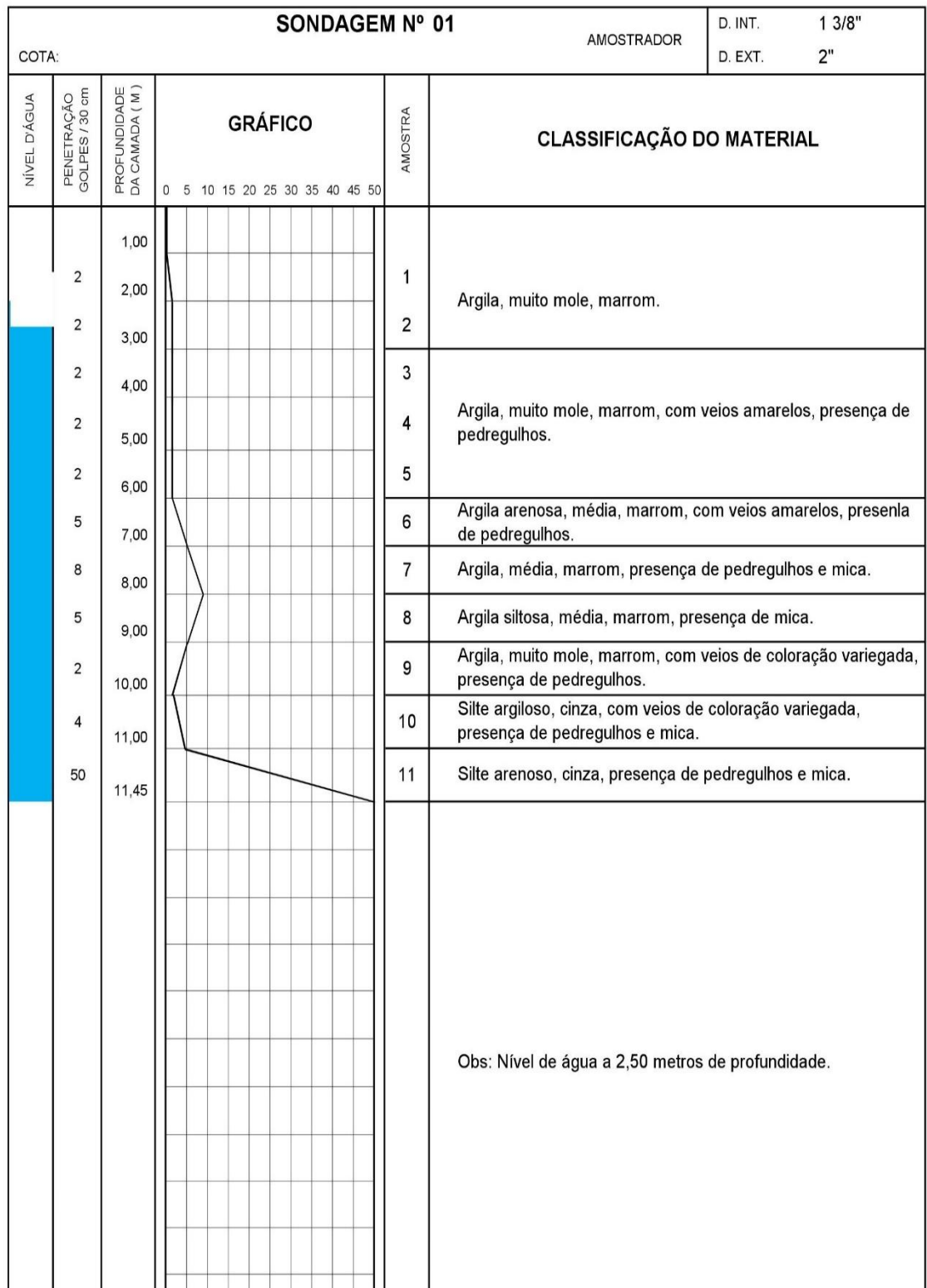


SEM ESCALA

Fonte: Vertical Engenharia

A empresa Vertical Engenharia após as perfurações gerou os seguintes relatórios referentes ao solo encontrado no empreendimento objeto do nosso estudo:

Figura 15: Relatório de Sondagem nº1



Fonte: Vertical Engenharia

Figura 16: Relatório de Sondagem n°2

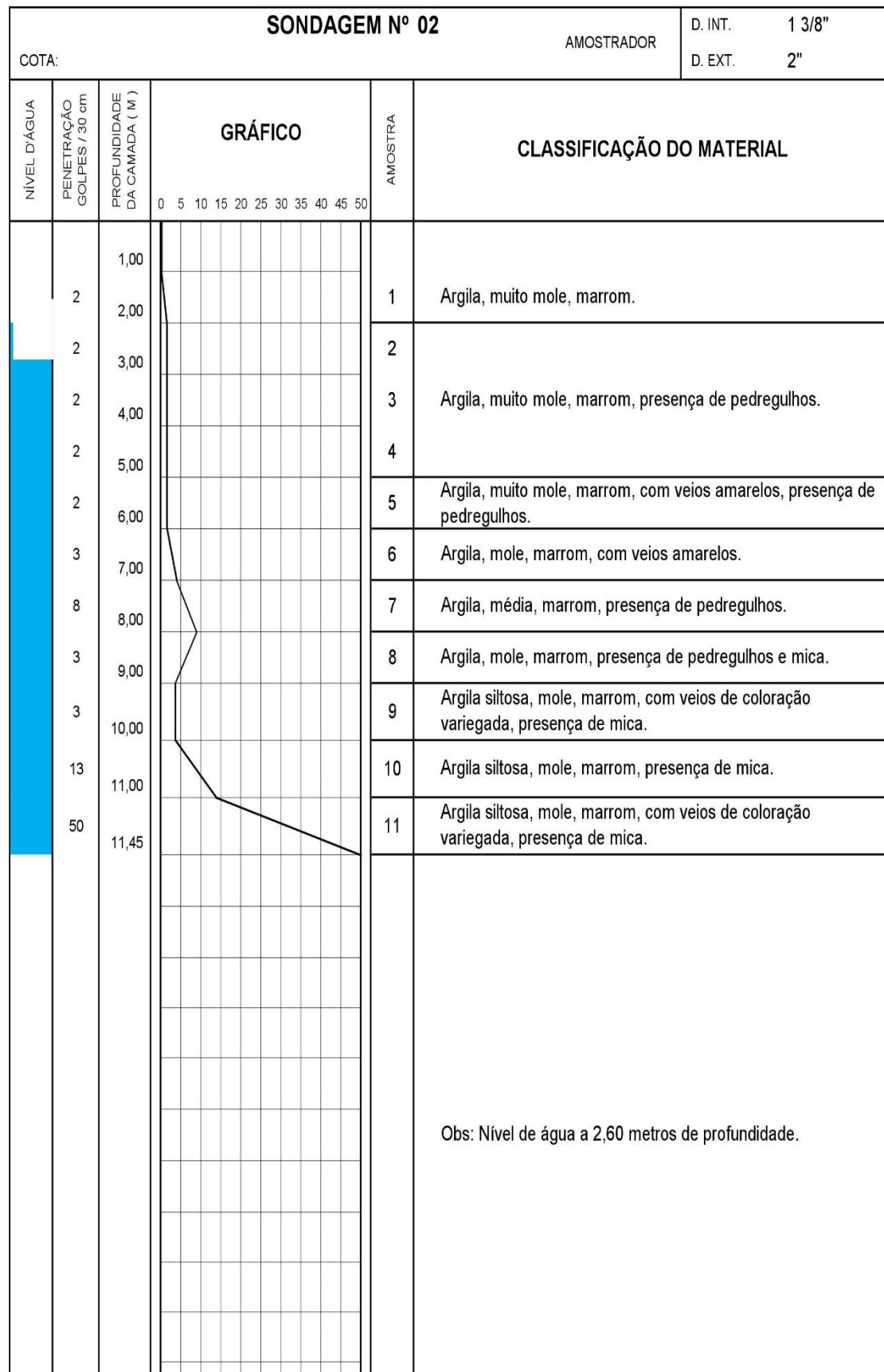


Figura 17: Relatório de Sondagem n°3

SONDAGEM Nº 03			AMOSTRADOR	D. INT. 1 3/8"	
COTA:				D. EXT. 2"	
NÍVEL D'ÁGUA	PENETRAÇÃO GOLPES / 30 cm	PROFUNDIDADE DA CAMADA (M)	GRÁFICO	AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
			0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50		
	2	1,00		1	Argila, muito mole, marrom, com veios amarelos.
	2	2,00		2	
	2	3,00		3	Argila, muito mole, marrom, com veios amarelos, presença de pedregulhos.
	2	4,00		4	
	2	5,00		5	Argila, muito mole, marrom, presença de pedregulhos.
	2	6,00		6	Argila arenosa, rija, marrom, presença de pedregulhos.
	15	7,00		7	Silte argiloso, marrom, com veios róseos e cinzas, presença de mica.
	9	8,00		8	
	9	9,00		9	Silte arenoso, marrom, com veios de coloração variegada, presença de pedregulhos e mica.
	13	10,00		10	Silte, marrom, com veios de coloração variegada, presença de mica.
	50	10,50			
					Obs: Nível de água a 3,20 metros de profundidade.

Dos relatórios apresentados podemos destacar:

- O nível de água foi encontrado nas profundidades de 2,50m (Sondagem 1), 2,60m (Sondagem 2), 3,20m (Sondagem 3).
- Solo predominantemente argiloso nos primeiros metros de perfuração mudando posteriormente para solo siltoso.

3.3 PROJETO DE FUNDAÇÃO

Após a realização dos estudos geotécnicos e conhecimento do tipo de solo na área do empreendimento a empresa SPE ARCO RESIDENCIAL MONTREAL LTDA contratou os serviços do escritório de projetos HIRATA E ASSOCIADOS CONSULTORIA E PROJETOS ESTRUTURAIS com sede na cidade de Goiânia no estado de Goiás para a elaboração do projeto de fundação e projeto estrutural do empreendimento. O responsável e autor do projeto foi o engenheiro Lucas Novato de Abreu.

Devido a natureza do solo encontrado no terreno e dos níveis de água rasos a construtora SPE ARCO RESIDENCIAL MONTREAL LTDA junto ao engenheiro responsável pelo projeto optou pelo método de estacas tipo hélice contínua entendendo em conjunto que esta seria a melhor solução para a execução da fundação do empreendimento.

3.3.1 Alocação da fundação

Após a definição do método de execução da fundação foi elaborado o projeto de alocação das estacas e blocos de fundação. O projetista Lucas Novato de Abreu em seu projeto detalha as seguintes ponderações que devem ser observadas para a execução do projeto:

- 1) Conferir medidas do terreno antes de iniciar a marcação. Comunicar ao projetista, se as dimensões reais forem diferentes;
- 2) Usar teodolito para alocar os pilares. Esta alocação deverá ser usada, após execução dos gabaritos de madeira. Em caso de dúvidas na alocação, ver Projeto de Arquitetura. Os níveis são os mesmo do Projeto Arquitetônico;

- 3) O nível 0.0 , deverá ser bem definido na obra;
(O nível 0.0 , da estrutura = nível da arquitetura, sem acabamento).
- 4) As cargas $N=...$ ton., referem-se a cargas verticais nos pilares, provenientes da reação da estrutura, calculada conforme as NORMAS ESTRUTURAIS BRASILEIRAS - NBR 6118 / 2014. (Não está considerada o peso próprio da fundação);
- 5) Conferir bem a alocação de cada pilar antes da concretagem da fundação;
- 6) A alocação dos pilares deverá ser realizada por pessoal com capacidade técnica para tal;
- 7) Os blocos de coroamento serão posicionados atendendo a alocação das estacas conforme projeto de fundação;
- 8) Usar espaçadores e posicionadores entre a forma e a ferragem;
- 9) A alocação da fundação deverá ser feita através dos pilares;
- 10) Executar o arrasamento das estacas e executar os blocos.
- 11) Executar um lastro de concreto magro (5cm);
- 12) Concreto da estaca: $F_{ck} = 20$ Mpa e aço CA50A ou CA60 para estribos;
- 13) Cobrimento da armadura = 3cm;
- 14) Todos os blocos serão executados logo abaixo do nível inferior das vigas baldrames;
- 15) A profundidade prevista refere-se ao nível da sondagem do terreno, devendo ser prolongada em caso de aterro.

Características do concreto (estaca hélice contínua):

Resistência característica $f_{ck} = 20$ Mpa;

- Slump-test 22cm +/- 3 cm.

Características do concreto (bloco):

- Resistência característica $f_{ck} = 30$ Mpa.
- Slump-test 8cm +/-2cm

3.3.2 Projeto executivo

O processo executivo do projeto de fundação seguiu as seguintes especificações:

- 1) Concretar as estacas até o nível superior do bloco;
- 2) Arrasar a estaca até 10cm acima do fundo do bloco, deixando a ferragem exposta. Na quebra do concreto, não usar rompedores;
- 3) Aplicar o concreto magro no fundo do bloco, com espessura de 5cm. Não usar somente brita;
- 4) Posicionar os espaçadores no fundo e nas laterais do bloco, posicionar a armadura do bloco;
- 5) Posicionar os arranques dos pilares e concretar o bloco.

A alocação da fundação e dos pilares é acompanhada de uma tabela onde encontramos as seguintes especificações:

Para os pilares:

- Nome;
- Medidas da Seção;
- Carga Máxima (tf);
- Carga Mínima (tf);
- Momento em torno do eixo x (kgf.m);
- Momento em torno do eixo y (kgf.m);
- Força horizontal aplicada na base do pilar no eixo x (tf);
- Força horizontal aplicada na base do pilar no eixo y (tf).

Para a fundação:

- Nome;
- Lado B (cm);
- Lado H (cm);
- H0/Ha (cm);
- H1/Hb (cm).

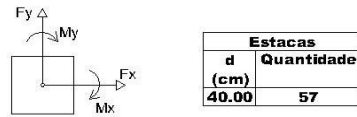
Para o Bloco:

- Ne;
- Estaca;

- Ca (cm).

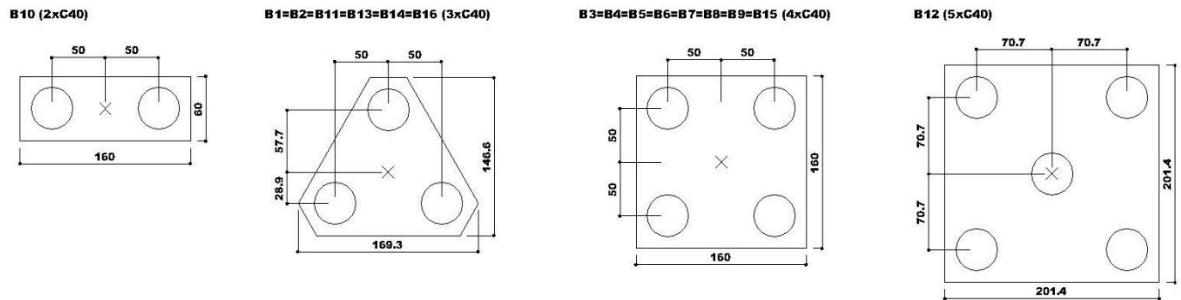
Tabela 4: Cargas e medidas da fundação

Nome	Seção (cm)	Pilar						Fundação				Bloco			
		Carga Máx. (tf)	Carga Min. (tf)	Mx (kgf.m)	My (kgf.m)	Fx (tf)	Fy (tf)	Nome	Lado B (cm)	Lado H (cm)	h0 / ha (cm)	h1 / hb (cm)	ne	Estaca	ca (cm)
P1	20x80	111	81	900	17000	2	1	B1	169	147	40	90	3	C40	-120
P2	20x80	106	77	500	15300	2	1	B2	169	147	40	90	3	C40	-120
P3	20x80	161	136	1000	14200	3	1	B3	160	160	40	100	4	C40	-130
P4	20x80	184	155	500	16900	3	1	B4	160	160	40	100	4	C40	-130
P5	20x80	176	147	900	13200	3	1	B5	160	160	40	100	4	C40	-130
P6	20x70	153	125	400	10700	2	1	B6	160	160	40	100	4	C40	-130
P7	20x70	125	105	500	10200	2	1	B7	160	160	40	100	4	C40	-130
P8	20x70	160	135	6800	700	1	3	B8	160	160	40	100	4	C40	-130
P9	19x70	152	72	600	8500	5	1	B9	160	160	170	90	4	C40	-250
P10	20x70	79	-8	5100	1000	1	4	B10	160	60	170	90	2	C40	-250
P11	30x40	117	96	1500	2800	1	2	B11	169	147	40	90	3	C40	-120
P12	19x80	205	85	700	10700	6	1	B12	201	201	170	130	5	C40	-290
P13	19x80	105	18	600	10600	6	1	B13	169	147	170	90	3	C40	-255
P14	20x40	104	79	1300	300	1	2	B14	169	147	40	90	3	C40	-120
P15	20x60	178	70	500	4900	3	1	B15	160	160	40	100	4	C40	-130
P16	20x60	81	-21	300	5000	3	1	B16	169	147	40	90	3	C40	-120



Fonte: Projeto Hirata e Associados Consultoria e Projetos Estruturais (Residencial Cidade Montreal)

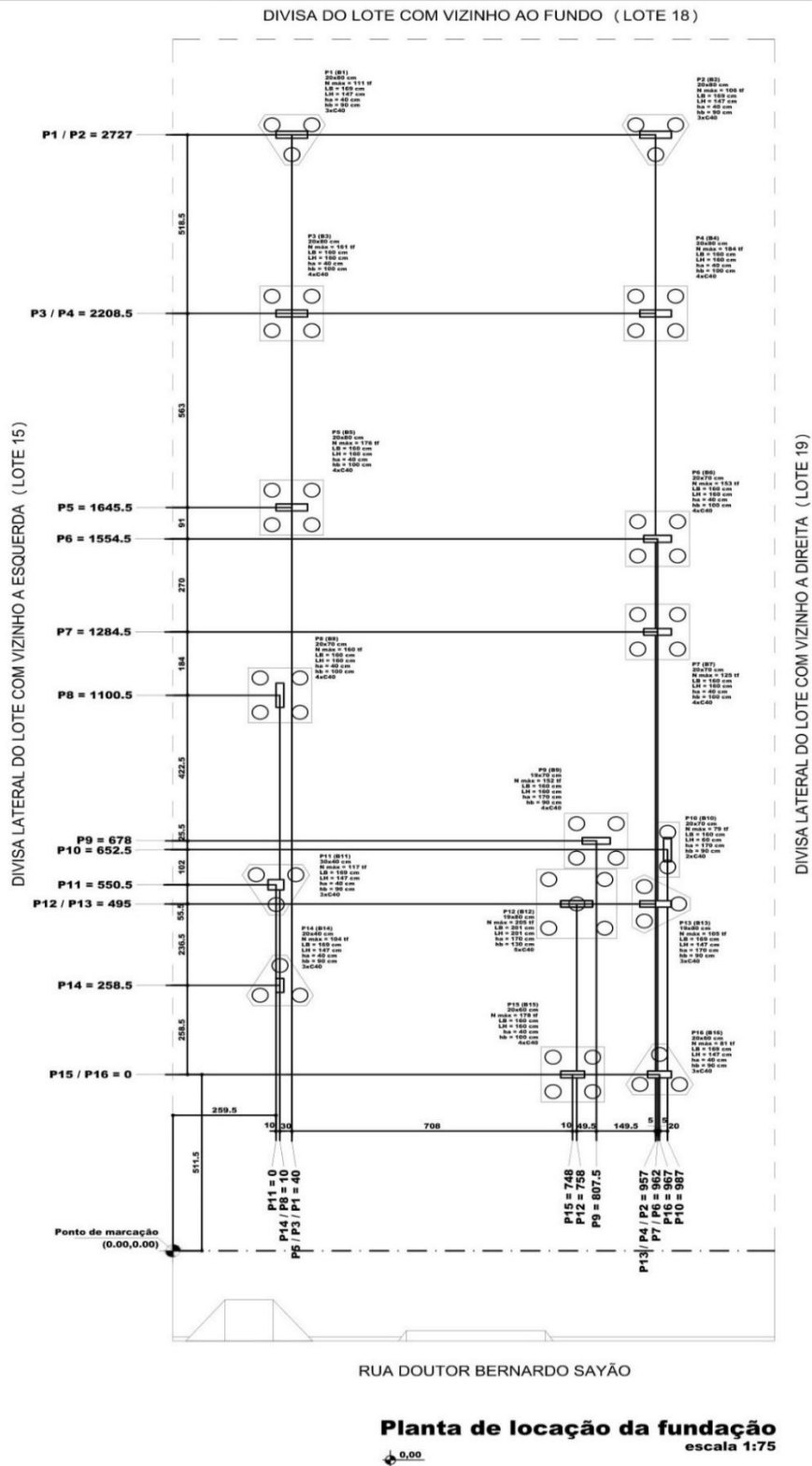
Figura 18: Legenda dos Blocos de Fundação



LEGENDA DOS BLOCOS
escala 1:50

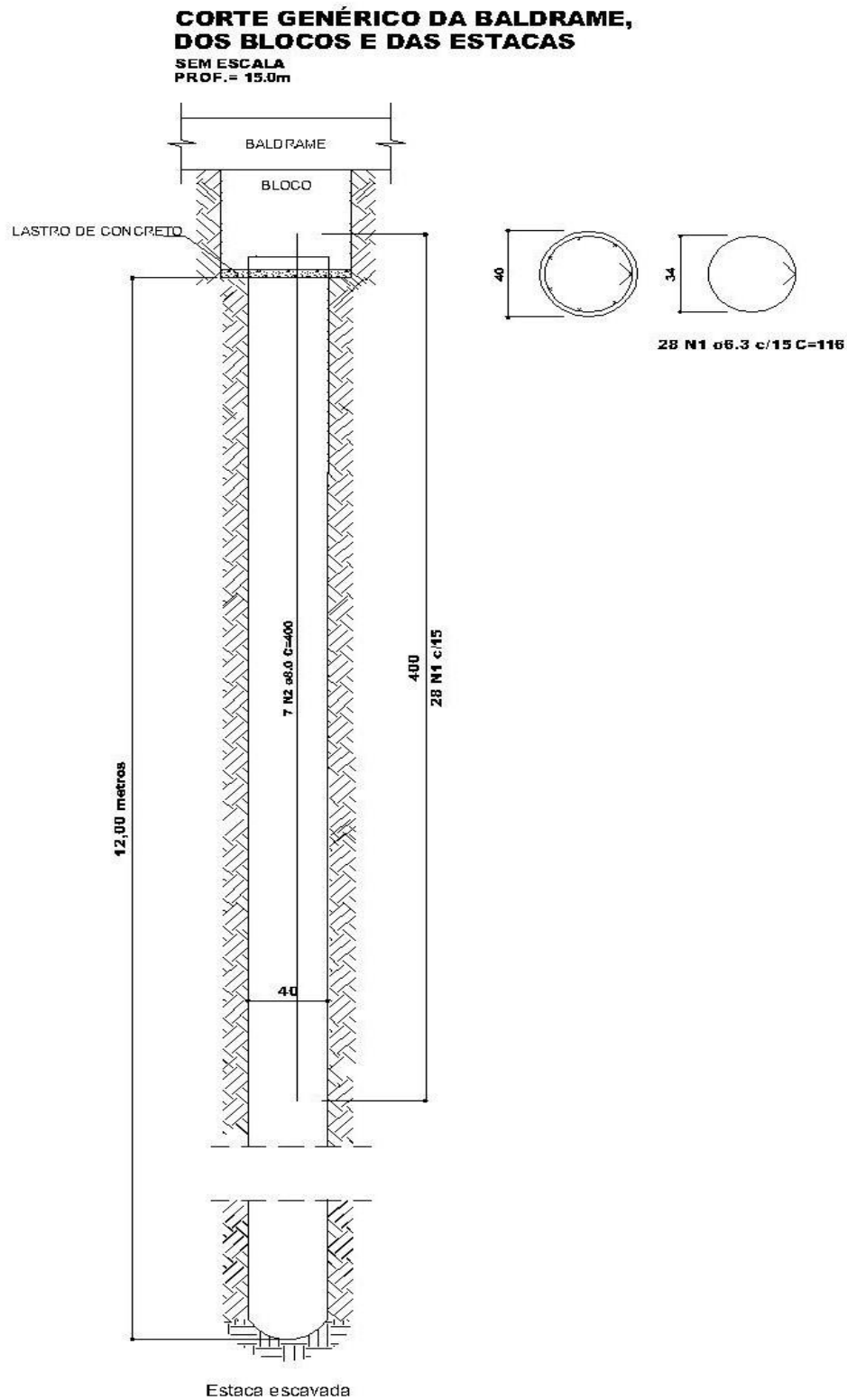
Fonte: Projeto Hirata e Associados Consultoria e Projetos Estruturais (Residencial Cidade Montreal)

Figura 19: Planta de locação da fundação



Fonte: Projeto Hirata e Associados Consultoria e Projetos Estruturais (Residencial Cidade Montreal)

Figura 20: Corte genérico da baldrame, dos blocos e das estacas.



Fonte: Projeto Hirata e Associados Consultoria e Projetos Estruturais (Residencial Cidade Montreal)

Quanto aos níveis de referência da fundação o projetista evidenciou as seguintes observações:

- 1) Os pilares têm como referência para arrasamento da fundação o nível inferior das vigas baldrames;
- 2) Pilares P9, P10, P12 e P13 (poço do elevador) Cota de arrasamento = 140cm abaixo do nível do piso;
- 3) Demais pilares do prédio: Cota de arrasamento = nível inferior das vigas baldrames.

Para facilitar a elaboração do orçamento do aço o projetista gerou uma tabela resumo com o quantitativo e as bitolas que deverão ser compradas para a execução do projeto.

Tabela 5: Relação do aço das 57 estacas tipo hélice contínua

Relação do aço

57xEstaca sob Bloco

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA50	1	6.3	1596	116	185136
	2	8.0	399	400	159600

Resumo do aço

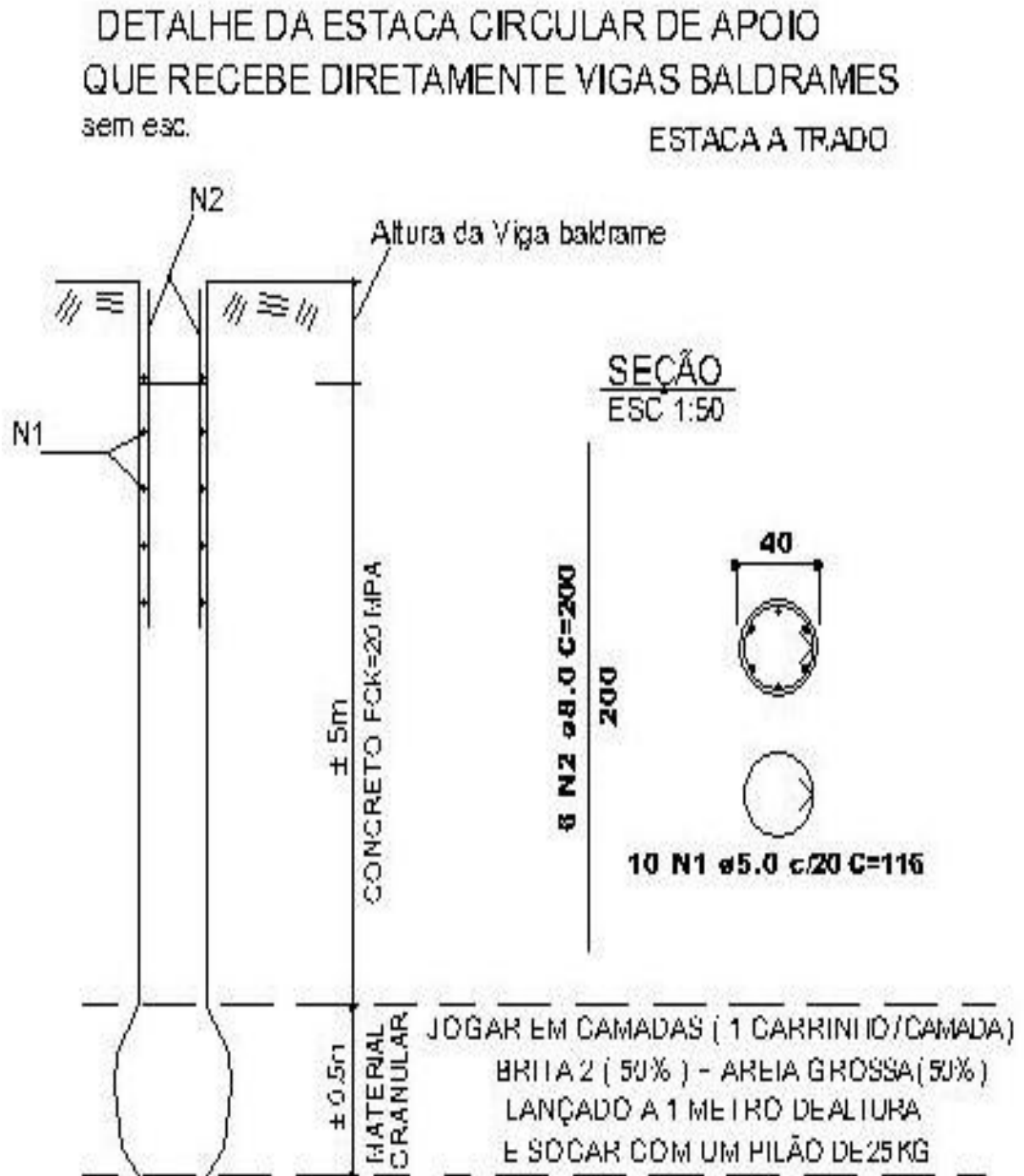
AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	6.3	1851.4	498.3
	8.0	1596	692.7
PESO TOTAL (kg)			
CA50	1191.1		

Volume de concreto (C20) = 88.35 m³

Fonte: Projeto Hirata e Associados Consultoria e Projetos Estruturais (Residencial Cidade Montreal)

Além das 57 estacas de 12,00m de profundidade que foram executadas pelo método de estaca tipo hélice contínua, o projetista adicionou mais 6 estacas circulares de apoio que recebem diretamente a viga baldrame como podemos ver a seguir:

Figura 21: Detalhe da estaca circular de apoio que recebe diretamente vigas baldrame



Fonte: Projeto Hirata e Associados Consultoria e Projetos Estruturais (Residencial Cidade Montreal)

Tabela 6: Relação do aço das 6 estacas circulares de apoio

Relação do aço

6xEstaca

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	60	116	6960
CA50	2	8.0	36	200	7200

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	8.0	72	31.3
CA60	5.0	69.6	11.8
PESO TOTAL (kg)			
CA50	31.3		
CA60	11.8		

Volume de concreto (C20) = 4.02 m³

Fonte: Projeto Hirata e Associados Consultoria e Projetos Estruturais (Residencial Cidade Montreal)

3.3.3 Execução de estacas hélice contínua monitoradas

Para iniciar os serviços de execução de estacas hélice contínua monitoradas, na obra objeto deste estudo, foram observados alguns pontos para que fosse possível desenvolver o máximo de produtividade.

3.3.3.1 Antes da obra

A empresa SETE ENGENHARIA foi a contratada para a realização da fundação do empreendimento. Antes que o equipamento fosse mobilizado na obra, esta deveria estar em condições para o início dos serviços, atentando para os pontos conforme o manual de execução da empresa contratada para a execução dos serviços:

1) Banheiro/Vestiário/Refeitório: Conforme a norma regulamentadora NR-18, o canteiro de obras deverá fornecer banheiros, vestiários e refeitório, com bebedouros e locais adequados para refeição e descanso, verificados antes da mobilização do equipamento;

2) Ponto de energia trifásico: necessário para a ligação de máquina de solda utilizada em eventuais serviços durante a obra e para ligação de bomba d'água, utilizada para limpeza da tubulação das hélices diariamente, ao término dos serviços, ou eventualmente quando ocorre algum problema (p.e. quebra da hélice, quebra da bomba de concreto);

3) Ponto de água: necessário para o enchimento diário de uma caixa d'água de 1000L, utilizado em conjunto com a bomba para a limpeza das hélices. Caso ainda não houvesse ponto de água na obra, um caminhão pipa deveria ser contratado diariamente;

4) Calibração da bomba de concreto: Foi necessário uma caixa quadrada com dimensões 1,00m x 1,00m e 0,30m de altura com fundo, feita de madeira, para calibração da bomba de concreto para dados de entrada de monitoramento do equipamento de hélice contínua.

Figura 22: Caixa de madeira para calibração da bomba



Fonte: Manual SETE ENGENHARIA

Para diâmetros de estacas até 400mm deve-se utilizar bomba com volume de vazão de no mínimo 20m³/h.

Para diâmetros de estacas superiores a 400mm deve-se utilizar bomba com volume de vazão superior a 40m³/h.

Figura 23: Verificação da calibragem da máquina



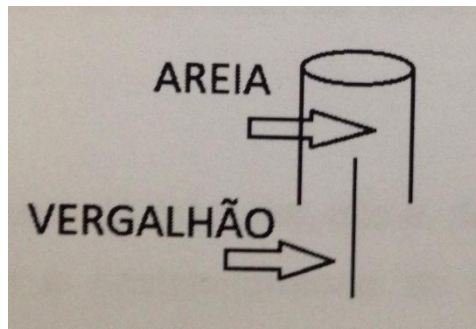
Fonte: próprios autores, 2017.

Foi utilizado apenas um equipamento de hélice contínua e conseqüentemente apenas uma bomba de injeção de concreto. De acordo com o manual de execução da empresa contratada para a realização da fundação, em nenhuma hipótese deveria ser utilizado apenas uma bomba para mais de um equipamento.

Todas as estacas nesta obra foram executas com diâmetro igual a 400mm conforme o projeto de fundações.

5) Alocação das estacas: A obra foi alocada antes do início da execução. A alocação foi feita com vergalhão de 10mm de diâmetro e 20cm de tamanho enterrado de 15 a 20cm, a 10cm de profundidade, com uma pá de areia em cima de cada alocação da estaca;

Figura 24: Marcação com areia e vergalhão dos pontos das estacas



Fonte: Manual SETE ENGENHARIA

Figura 25: Marcação com areia nos pontos das estacas



Fonte: próprios autores, 2017.

Figura 26: Verificação do prumo da marcação da estaca



Fonte: próprios autores, 2017.

6) Armações: Todas as armaduras estavam prontas antes do início das escavações. A produtividade dos equipamentos varia de 150m a 300m lineares de estaca por dia, o que equivale de 8 a 20 estacas a depender do fornecimento de concreto;

Figura 27: Armação da estaca no canteiro



Fonte: próprios autores, 2017.

7) Retroescavadeira: Durante a concretagem foi retirado do terreno um volume de solo equivalente a 80% do volume de concreto. Assim fez-se necessário a presença de uma bob cat para a limpeza constante do canteiro. Em obras menores, essa limpeza pode ser manual, realizada pelos funcionários da contratante. Ressalta-se aqui a importância dessa limpeza: em um primeiro momento ela afeta a produtividade.

Figura 28: Bobcat fazendo a limpeza após a concretagem da estaca



Fonte: próprios autores, 2017.

8) Acesso à obra: Foi garantido o acesso dos equipamentos e funcionários com segurança na obra. A rampa de acesso do equipamento tinha largura mínima de 5,5m úteis e foi executada com solo compactado. A esteira do equipamento tinha 3,20m de largura e peso da máquina, sem as hélices, é de 45t;

9) Mangotes para Concretagem: A SETE forneceu mangotes suficientes que alcançavam até o fundo do furo, a partir desse ponto o alcance da bomba de concreto foi fornecido pela concreteira. A SETE utilizou mangotes de diâmetros de 3” e

4", coube a empresa fornecedora da bomba de injeção de concreto acoplar redução de diâmetro compatível com os mangotes.

Figura 29: Mangotes utilizados para injeção de concreto após a perfuração



Fonte: próprios autores, 2017.

3.3.3.2 Durante a obra

1) Identificação da estaca: A estaca que deveria ser executada foi indicada pelo encarregado da obra, foi transmitida ao operador da hélice contínua a identificação da estaca de acordo com o projeto;

2) Autorização de início: Após o preparo da máquina, isto é, deslocamento da máquina ao ponto da estaca, ajuste de prumo da torre e posicionamento do trado, o encarregado autorizou o início da perfuração;

3) Concretagem: Após a perfuração, ao sinal do operador, inicia-se a concretagem. O concreto usinado e bombeado foi fornecido pela empresa contratada ANAMIX. A bomba utilizada foi uma bomba estacionária conectada à perfuratriz

através de mangotes com diâmetro interno de 4". O concreto utilizado foi auto adensável, com slump de 24 ± 2 cm para estacas com ferragem longitudinal menores que 6m e slump 26 ± 2 cm para estacas com ferragem longitudinal superiores a 6m, tendo como agregados areia natural e brita 0, não podendo usar areia artificial, ou pó de brita, sob riscos de entupimento da tubulação de injeção de concreto. O fck foi de 20 Mpa e o consumo mínimo de cimento de 400 kg/m^3 e teor de argamassa entre 0,57 e 0,61. Além disso o tempo de início de pega foi de no mínimo 3 horas.

A cada dia, no início dos trabalhos, é necessário que seja feita a lubrificação da tubulação com nata de cimento. Para isso, a empresa contratante forneceu 2 sacos de cimento a cada dia e um carrinho de areia fina e água. Esta nata é descartada por não ter a resistência adequada.

Figura 30: Concreto sendo despejado na bomba para lançamento



Fonte: próprios autores, 2017.

Figura 31: Slump Test



Fonte: próprios autores, 2017.

Figura 32: Verificação do Slump atingido



Fonte: próprios autores, 2017.

4) Limpeza após a concretagem: Durante a concretagem, os funcionários da empresa contratada para o serviço de fundação fazem a limpeza das hélices. Após o término da concretagem, a bobcat retira o solo e os funcionários da SPE Arco Residencial Montreal fazem a limpeza ao redor do furo.

Figura 33: Limpeza dos mangotes da máquina perfuradora



Fonte: próprios autores, 2017.

Figura 34: Bola utilizada para limpeza dos mangotes



Fonte: próprios autores, 2017.

5) Colocação da armação: A armação é colocada no concreto fresco pelos funcionários da empresa contratante. Em caso de armações muito longas (superior a 6m), o operador da hélice contínua auxilia a colocação, utilizando o guincho auxiliar. Convém lembrar que esse procedimento deve ser usado quando realmente necessário, pois diminui a produtividade;

Figura 35: Colocação da armação da primeira estaca



Fonte: próprios autores, 2017.

6) Arrasamento da estaca: Após a colocação da armação, os funcionários da contratante retiram o concreto excedente até o nível de arrasamento da estaca. Esse concreto, desde que não esteja contaminado com solo, pode ser reutilizado na bomba. Após o nível de arrasamento ser atingido, é lançada uma pá de areia em cima do concreto fresco para evitar a contaminação do solo;

7) Vigilância: A contratante deve garantir segurança aos equipamentos e aos funcionários que permanecerão na obra;

8) Diário de obra: A cada dia o operador de hélice preenche um formulário denominado “Diário de Obra”, onde são especificadas as estacas produzidas no dia (identificação, hora, diâmetro, profundidade, volume etc.), os dados da bomba e do concreto, as horas paradas. Esse documento foi assinado diariamente pelo operador de hélice contínua e pelo encarregado de obras da empresa contratante.

Figura 36: Capa do Diário de Obra

PROCESSO	IDENTIFICAÇÃO	VERSÃO
FUNDACÕES EM HÉLICE CONTÍNUA MONITORADA	PROD 01	00

Construtora: ARCO - AMARÓLI'S - GO	
Obra: Habitação Coletiva	
Concreteira: A.M. Mix	
Placa/modelo da bomba:	
Volume da bomba: 260	
Tempo da bomba: 27	
Rotação: 1500	HC: 03

Fonte: próprios autores ,2017.

Figura 38: Retirada dos materiais de fundação do canteiro



Fonte: próprios autores, 2017.

Figura 39: Transporte da máquina perfuradora



Fonte: próprio autores,2017

3.3.4 Execução de estaca circular de apoio que recebem as vigas baldrame

A metodologia executiva comparada a da estaca hélice contínua é muito parecida. Ambas são executadas em três etapas (perfuração, concretagem e armação).

Após a instalação e nivelção do equipamento a ponta do trado é posicionado sobre o piquete de alocação, colocando o tubo guia com o auxílio de guindaste, dando-se início a perfuração. Após o início da perfuração a cada 2 metros, faz a retirada da haste para remoção das terras sobre as lâminas. Este procedimento é repetido por várias vezes até que se atinja a cota final desejada pelo projeto.

Figura 40: Verificação do prumo da estaca circular de apoio para perfuração



Fonte: próprios autores, 2017.

Atingida a cota desejada pelo projeto e reconhecida as características do solo comparada ao ponto de sondagem mais próximo, procede-se com o início da colocação da armadura com a ajuda de guindaste e posteriormente a concretagem da estaca com caminhão betoneira e pôr fim a retirada do tubo guia com a ajuda de guindaste.

O concreto a ser utilizado deve possuir grande trabalhabilidade com resistência característica (f_{ck}) 20Mpa. O abatimento “slump test” entre 200 a 210 mm, e um consumo de cimento elevado (não menos que 350 kg/m³).

Figura 41: Perfuração da estaca circular de apoio



Fonte: próprio autores,2017

Figura 42: Retirada do solo escavado



Fonte: próprio autores,2017

3.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE ESTACAS TIPO HÉLICE CONTÍNUA E ESTACA ESCAVADA CIRCULAR DE APOIO

No nosso trabalho pudemos confirmar a tese de Hachich (1996) e Almeida Neto (2002). Segundo esses autores as principais vantagens do uso de fundação de estaca tipo hélice contínua são:

- a) Alta produtividade em relação a outros tipos de estacas de fundação, pois utiliza apenas um equipamento de trabalho tendo a redução do cronograma da obra;
- b) Elevada capacidade de carga das estacas;
- c) Pode ser utilizada em uma variedade grande de solos, até mesmo em rochas brandas, exceto na presença de matacões e rochas. Em subsolos que contém camadas de areia fofa submersas se faz necessário uma reavaliação;
- d) O processo de execução não causa distúrbios e vibrações típicos dos equipamentos utilizados geralmente em estacas cravadas, além da percussão essa estaca não causa descompressão do solo;
- e) Podem ser executadas em solos com SPT superiores de 50 e a perfuração não produz detritos que são poluídos pelas lamas bentoníticas;
- f) Toda a execução é monitorada eletronicamente, controlando a profundidade, a inclinação e verticalização do trado helicoidal, velocidade de rotação e progresso do trado;
- g) Podem ser utilizadas acima ou abaixo dos lençõs freáticos;
- h) O concreto é injetado sob pressão garantindo assim uma melhor conexão estaca-solo.

Os trabalhos de Hachich (1996) e Almeida Neto (2002) também apresenta algumas desvantagens na execução de fundações de estaca tipo hélice contínua dentre as quais podemos citar:

- a) As áreas devem ser amplas e planas ou pouco inclinadas, devido ao porte do equipamento, da mesma maneira que o solo deve ter capacidade de sustentar o peso dos equipamentos;
- b) Restrição ao comprimento da estaca e armação;
- c) Custo alto em relação a outros artifícios para execução de fundações, devido a mobilização dos equipamentos;

d) A necessidade de um aparelho para limpeza dos materiais formados no decorrer da escavação;

e) A central de concreto deve ser próxima do local da obra, devido a sua alta produtividade e do alto volume de concreto a ser produzido na execução das estacas;

f) Deverá dispor de um bom operador pois dependerá da sua sensibilidade e experiência para garantir uma perfeita qualidade na sua execução.

Neste estudo de caso da obra do Residencial Cidade Montreal em particular alguns pontos de destaque valem a pena serem observados, quais sejam:

a) A produtividade alcançada no canteiro foi equivalente ao da proposta feita pela empresa contratada;

b) Todos os prazos de execução foram cumpridos rigorosamente;

c) O concreto utilizado atingiu o slump definido em projeto e pela empresa contratada para o serviço, entretanto o fato da não utilização de um concreto auto adensável como proposto no manual da SETE ENGENHARIA, proporcionou dificuldade e avaria nas armações quando as mesmas foram colocadas na estaca recém concretada;

d) A distância e dificuldade de sincronização do trabalho junto a concreteira fez com que o uso do concreto de alguns caminhões chegasse próximo ao tempo de pega estabelecido de 3 horas;

e) Esta proximidade do uso do concreto ao seu tempo de pega de 3 horas pode ter sido responsável pelo entupimento dos mangotes da máquina que culminaram na perda de meio dia de serviço e 5 m³ de concreto.

Em relação as estacas de apoio circulares, o número reduzido de estacas e sua pouca profundidade proporcionaram uma execução extremamente rápida sendo possível a execução das 6 estacas em apenas um dia de serviço.

4 CONCLUSÃO

A revisão bibliográfica relacionada ao estudo de caso, viabilizaram conclusões importantes a respeito do desempenho destas estacas em relação ao processo executivo. Por isso podemos destacar as principais conclusões atingidas com o trabalho:

4.1 MÉTODO DE EXECUÇÃO E ASPECTOS EXECUTIVOS

O resultado final da execução dessas estacas, principalmente da hélice contínua, será rigorosamente instigado pela fiscalização, pois dependerá da sensibilidade e experiência do operador que manuseará o equipamento.

Com o estudo de caso, verificamos que um dos maiores problemas é a associação de domínio e garantia do concreto em relação a suas características, que proporcionam a inserção da armadura, obtendo o resultado previsto. O obstáculo frequentemente nestes tipos de estacas é a exsudação. Segundo VAN IMPE et. al. (1998), aponta como uma tese plausível.

A estaca hélice contínua, além de possuir uma grande produtividade, garante atingir uma determinada profundidade sem que haja presença de vibrações, ruídos, podendo ser trabalhada na proximidade das divisas dos lotes, sem prejudicar as edificações vizinhas.

Em relação as estacas de apoio circulares, o número reduzido de estacas e sua pouca profundidade proporcionaram uma execução extremamente rápida sendo possível a execução das 6 estacas em apenas um dia de serviço.

4.2 MONITORAMENTO NA EXECUÇÃO

A alta tecnologia no controle de monitoramento eletrônico no processo de execução, é importante, entretendo não é perfeita, pois sua eficiência está sujeita a deficiências, sendo essas acarretadas pelo sistema de monitoramento não ajustado, ou até mesmo ajustados, porém de forma incorreta.

Outra probabilidade que pode ocorrer é em relação ao reconhecimento de danos nos sensores, bombas muito usadas ou sem manutenção, resultando em erros de

medidas, volume no concreto e além disso menor capacidade no seu desempenho e resultados.

O engenheiro de fundações não deverá desprezar uma gestão rigorosa, pois é de suma importância que ele tenha um bom conhecimento nos aspectos da execução dessas estacas.

Após o fim da introdução da estaca é fornecido um relatório, podendo tornar-se um importante instrumento de controle dos preceitos do projeto, permitindo correlatar estas informações com pesquisas futuras.

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho espera-se ter evidenciado que o sucesso de execução destas estacas, especialmente da estaca hélice contínua, se dá pela correta execução dos métodos propostos e pela fiscalização e experiência do operador que manuseara o equipamento, mostrado também vários outros aspectos que influenciarão no desempenho das estacas hélice contínua e escavada.

E devido ao processo executivo da estaca escavada ser de extrema rapidez, e a inserção do concreto se dar por concretagem submersa, essas estacas possuem grandes resistências e pequena deformabilidade, levando a ser uma das melhores soluções para suporte de escavações.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. Título: **Análise do desempenho de estacas hélice contínua e ômega – aspectos executivos**. 2002. 193f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2002.

ANTUNES, W.R.; TARAZZO, H. Execução de fundações profundas: estacas tipo hélice contínua. 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, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6122**. projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 1996. 33p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12131**. estacas – prova de carga estática – método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1991. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13208**. estacas – ensaio de carregamento dinâmico. Rio de Janeiro: ABNT, 1996. 33p.

ESTACA Escavada Mecanicamente. Disponível em: <<http://www.basestrauss.com.br/escavada.html>>. Acesso em: 18 out. 2017

ESTACAS Escavadas. Disponível em: <<http://estacasbrasil.com.br/servicos/estacas-escavadas/>>. Acesso em: 07 nov. 2017.

ESTACAS Escavadas: Estacas Escavadas de Grande Diâmetro e/ou Barrete. Disponível em: <<http://www.geofix.com.br/servico-estaca-barrete.php>>. Acesso em: 29 set. 2017.

SETTE ENGENHARIA (2017). **Execução de estacas hélice contínua monitoradas**. Goiânia. 6p.

GEOFIX (1998). **Helíce contínua monitorada**. Catálogo técnico. São Paulo: Geofix.

PENNA, A.S.D.; CAPUTO, A.N, MAIA, C.; PALERMO, G.; GOTLIEB, M.; PARAÍSO, S.C; ALONSO, U.R. (1999). **A estaca hélice contínua – a experiência atual**. 1ª ed. São Paulo: FALCONI, F. F & MARZIONNA, J.D. (Ed.) ABMS/ABEF/IE 162p.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.

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

ALMEIDA NETO, J. A. (2002) - Análise do desempenho de estacas hélice contínua e ômega – Aspectos executivos. 187 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

VAN IMPE, W. F. et. al. (1998) - Load settlement behaviour versus distinctive - pile execution parameters. In: INTERNATIONAL GEOTECHINICAL SEMINAR ON DEEP FOUNDATIONS ON BORED AND AUGER PILES, 3rd, Ghent-Belgium. Proceedings. Rotterdam: A. A. Balkema. p. 355-366.

FUNDESP (2002) - Comunicação pessoal.

MAGALHÃES, V. L.. Universalização do acesso versus universalização dos serviços: a experiência do setor de telecomunicações. 2005. 126f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.