

**UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**GECIANE PEREIRA DE RESENDE**

**RONIÉRISON MACIEL LOPES**

**COMPARATIVO ENTRE AS FUNDAÇÕES PROFUNDAS:  
ESTACA HÉLICE CONTÍNUA E MINI FRANKI**

**ANÁPOLIS / GO**

**2021**

**GECIANE PEREIRA DE RESENDE**  
**RONIÉRISON MACIEL LOPES**

**COMPARATIVO ENTRE AS FUNDAÇÕES PROFUNDAS:  
ESTACA HÉLICE CONTÍNUA E MINI FRANKI**

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

**ORIENTADORA: VANESSA HONORATO DOMINGOS**

**ANÁPOLIS / GO: 2021**

## FICHA CATALOGRÁFICA

RESENDE, Geciane Pereira de/ LOPES, Roniérison Maciel

Comparativo entre as fundações profundas: Estaca Hélice Contínua e Mini Franki.

57P (NÚMERO TOTAL DE PÁGINAS), 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2021.

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- |                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| 1. Fundações profundas | 2. Estaca Hélice Contínua |
| 3. Mecânica dos solos  | 4. Fundações              |
| I. ENC/UNI             | II. Bacharel              |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

RESENDE, Geciane Pereira de/ LOPES, Roniérison Maciel. Comparativo entre as fundações profundas: Estaca Hélice Contínua e Mini Franki. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 57p. 2021.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Geciane Pereira de Resende

Roniérison Maciel Lopes

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Comparativo entre as fundações profundas: Estaca Hélice Contínua e Mini Franki

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2021

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.

*Geciane Pereira de Resende.*

Geciane Pereira de Resende

E-mail: geciane.itaresende@gmail.com

*Roniérison Maciel Lopes*

Roniérison Maciel Lopes

E-mail: ronierison007@outlook.com

**GECIANE PEREIRA DE RESENDE**  
**RONIÉRISON MACIEL LOPES**

**COMPARATIVO ENTRE AS FUNDAÇÕES PROFUNDAS:  
ESTACA HÉLICE CONTÍNUA E MINI FRANKI**

**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:**



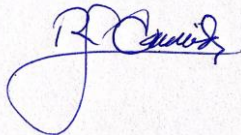
---

**VANESSA HONORATO DOMINGOS, Mestra (UniEVANGÉLICA)**  
**(ORIENTADORA)**



---

**AURÉLIO CAETANO FELICIANO, Especialista (UniEVANGÉLICA)**  
**(EXAMINADOR INTERNO)**



---

**ROGÉRIO SANTOS CARDOSO, Mestre (UniEVANGÉLICA)**  
**(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: ANÁPOLIS/GO, 27 de MAIO de 2021.**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus por ter me concedido sabedoria, fé e determinação para realizar este curso, bem como o presente trabalho. Agradeço por Ele ser sempre o meu ajudador, a minha fortaleza, o meu socorro bem presente em todos os momentos. Se não fosse Sua infinita misericórdia, nada disso seria possível.

Quero agradecer todos os meus familiares pelo apoio e orações, e também por acreditar que seria capaz, mesmo quando eu já não acreditava mais. Agradeço, em especial, ao meu pai Alencar Resende, que sempre me apoiou a fazer esse curso, por ter me ensinado minhas primeiras continhas matemáticas, ainda criança e por ter deixado seu apoio antes de partir. Agradeço à minha mãe Isabel Borges por não ter medido esforços para me ajudar através dos frutos do seu trabalho árduo e também por todos os ensinamentos e conselhos que nortearam minha conduta até o momento. Agradeço às minhas irmãs Jéssica Resende e Gecivânia Boges por sempre me incentivarem e torcerem pelo meu sucesso, não medindo esforços para me ajudarem sempre.

Quero agradecer a todo o corpo docente da Unievangélica por todo o suporte prestado durante esses cinco anos, e especialmente a nossa orientadora Vanessa Honorato pela dedicação em lecionar e orientar com tanto afinco. Agradeço à minha dupla, Roniérison Maciel pela amizade, dedicação, paciência e por ter me ajudado a chegar nesse resultado.

Geciane Pereira de Resende

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar a Deus que me capacitou e teve graça para que eu chegasse até aqui, mesmo com algumas dificuldades cotidianas que aparecem nesse caminho estreito, Deus me fez ter força para enfrentar o que foi necessário.

A orientadora, Prof. Ma. Vanessa Honorato Domingos, pela atenção, apoio, paciência e empenho dispostos para ajudar na elaboração desse trabalho. Agradeço por me ensinar a ser mais objetivo nas minhas responsabilidades, na ramificada linha de conhecimento que abrange toda área de estudo dos solos e seus derivados.

A minha mãe, Rosilene Maciel Oliveira, pelo carinho e apoio a mim empregado em momentos específicos dessa caminhada. Mesmo sem conhecimento geral sobre os assuntos da área, esteve me incentivando a não desistir, pegou no meu pé quando precisou e isso foi de grande valia para que me empenhasse com mais dedicação.

Ao meu pai, Carlinhos de Oliveira Lopes, que me ensinou tudo que precisei para adquirir mais conhecimento na área. Agradeço por me apoiar em todos os aspectos me incentivando e abrindo as portas para que eu tivesse a oportunidade de realizar meus sonhos. Sou muito feliz de seguir seus passos e vou me doar ao máximo para ser o engenheiro que sempre sonhei ser.

A minha companheira de estudo Geciane Pereira de Resende pela consideração, perseverança e amizade conquistados nesse processo.

Aos meus familiares e amigos, pelos conselhos e as palavras de apoio e carinho

## RESUMO

As fundações são os elementos responsáveis por sustentar toda a edificação. Por isso a necessidade de compreender todo o processo envolvido que vai desde análise do solo até a execução das fundações. Este trabalho demonstra, através de ampla revisão bibliográfica, todas as etapas, considerações e normas regulamentadoras a serem consideradas para garantir bom desempenho, qualidade e durabilidade das fundações: análise do solo, compreensão dos tipos e aplicações das fundações, solicitações dos esforços submetidos, considerações para elaboração de projeto e correta execução dos métodos adotados. Através de um estudo de caso realizado na cidade de Goiânia, compreendeu-se como surgiu o novo método de estaca Mini Franki, bem como suas principais características, processo executivo e critérios de projeto. Mediante essa compreensão, desenvolveu-se uma análise comparativa entre a Mini Franki e um método de fundação profunda que é utilizado e consolidado no mercado da construção civil desde a década de 1980, estaca Hélice Contínua. O resultado foi descrito em forma de tabela, simplificando a compreensão das principais semelhanças e diferenças entre os métodos comparados, bem como as principais vantagens de se adotar a estaca Mini Franki como método construtivo. Para o estudo de caso, compreendeu-se que, utilizando o método Mini Franki, houve redução da profundidade das estacas, gerando economia de materiais, além disso, o custo para execução das fundações apresentou uma economia de 80% em relação ao custo final para Hélice Contínua.

### **PALAVRAS-CHAVE:**

Fundações profundas. Estacas. Hélice Contínua. Prospecção do subsolo.

## **ABSTRACT**

Foundations are the elements responsible for supporting the entire building. For this reason, the need to understand the whole process involved, ranging from soil analysis to the execution of foundations. This work demonstrates, through a comprehensive bibliographic review, all the steps, considerations and regulatory standards to be considered to ensure good performance, quality and durability of foundations: soil analysis, understanding of the types and applications of foundations, requests for submitted efforts, considerations for project design and correct execution of the adopted methods. Through a case study carried out in the city of Goiânia, it was understood how the new Mini Franki pile method emerged, as well, as its main characteristics, executive process and design criterion. Through this understanding, a comparative analysis was developed between Mini Franki and a deep foundation method that has been used and consolidated in the civil construction market since the 1980s, Continuous Helix stake. The result was described in tabular form, simplifying the understanding of the main similarities and differences between the compared methods, as well as the main advantages of adopting the Mini Franki stake as a constructive method. For the case study, it was understood that, using the Mini Franki method, there was a reduction in the depth of the piles, generating savings in materials, in addition, the cost for the execution of the foundations showed an economy of 80% in relation to the final price for Continuous Helix.

### **KEYWORDS:**

Deep foundations. Stakes. Continuous Helix. Underground prospecting.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diferentes camadas no solo.....	16
Figura 2 – Compactação do solo mecanicamente .....	19
Figura 3– Ensaio de sondagem (SPT) .....	22
Figura 4 – Gráfico para estimativa da profundidade .....	26
Figura 5 – Tipos de fundações profundas.....	27
Figura 6 – Base do Tubulão.....	28
Figura 7 – Esquema de Tubulões .....	28
Figura 8 – Equipamento: trado de hélice contínua .....	30
Figura 9 – Processo de execução da Hélice Contínua .....	31
Figura 10 – Execução da estaca Franki .....	32
Figura 11 – Execução de estaca tipo Broca .....	33
Figura 12 – Execução da estaca Cravada .....	34
Figura 13 – Planta Baixa do apartamento tipo .....	36
Figura 14 – Projeto: Fachada Principal .....	37
Figura 15 – Projeto: Fachada Lateral .....	37
Figura 16 – Projeto: Corte das estacas .....	39
Figura 17 – Equipamento: Perfuratriz .....	41
Figura 18 – Fluxograma: Etapas de execução da Mini Franki .....	42
Figura 19 – Demarcação dos furos .....	43
Figura 20 - Perfuração das estacas .....	43
Figura 21 – Manobra .....	44
Figura 22 – Conferência da profundidade do furo .....	45
Figura 23 – Adição de cimento para controle da umidade nos furos .....	45
Figura 24 – Pedras marroadas .....	46
Figura 25 – Lançamento de pedras marroadas para apiloamento .....	46
Figura 26 – Preparo do concreto .....	47
Figura 27 – Lançamento do concreto .....	47
Figura 28 – Compactação do concreto .....	48
Figura 29 – Pilão para compactação.....	49
Figura 30 – Disposição da armadura .....	49

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Tamanho relativo dos grãos .....	17
Tabela 2 - Tabela dos estados de compacidade e de consistência.....	24
Tabela 3 – Número mínimo de furos.....	25
Tabela 4 – Dados das Estacas.....	40
Tabela 5 – Quantidade de estacas por bloco.....	40
Tabela 6 – Comparativo entre as estacas Hélice Contínua e Mini Franki.....	50

## **LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CPT	Cone Penetration Test
ELS	Estado Limite de Serviço
ELU	Estado Limite Último
NBR	Norma Brasileira de Regulamentação
NSPT	Índice de Resistência a Penetração do Solo
NA	Nível de água
RQD	Designação Relativa da Rocha
SPT	Standart Penetracion Test

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	13
1.2 OBJETIVOS .....	13
<b>1.2.1 Objetivo geral .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>14</b>
1.3 METODOLOGIA .....	14
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
<b>2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>16</b>
2.1 CARACTERÍSTICAS DO SOLO .....	16
<b>2.1.1 Cor .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.2 Granulometria .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.3 Plasticidade e consistência .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.4 Índices físicos .....</b>	<b>18</b>
2.1.4.1 Peso específico.....	18
2.1.4.2 Umidade.....	18
2.1.4.3 Índice de vazios .....	18
<b>2.1.5 Permeabilidade .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.6 Compactação.....</b>	<b>19</b>
2.2 TENSÕES DO SOLO .....	20
2.3 PROSPECÇÃO DO SUBSOLO .....	20
<b>2.3.1 SPT.....</b>	<b>21</b>
2.3.1.1 Execução do SPT.....	21
2.4 LOCAÇÃO DOS FUROS .....	24
<b>2.4.1 Profundidade .....</b>	<b>25</b>
2.5 TIPOS DE FUNDAÇÕES .....	26
<b>2.5.1 Tubulões .....</b>	<b>27</b>
<b>2.5.2 Estacas .....</b>	<b>29</b>
2.5.2.1 Hélice Contínua .....	29
2.5.2.2 Estaca Franki .....	31
2.5.2.3 Estaca tipo Broca .....	32
2.5.2.4 Estaca Cravada.....	33
<b>3 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>35</b>

3.1	LOCAL .....	35
3.2	LAUDO DE SONDAGEM SPT .....	38
3.3	ESTACA MINI FRANKI .....	40
3.4	PROCESSO EXECUTIVO DA ESTACA MINI FRANKI .....	41
3.5	COMPARAÇÃO ENTRE HÉLICE CONTÍNUA E MINI FRANKI .....	50
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>52</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>54</b>
	<b>ANEXO A – Laudo De Sondagem Spt .....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ao decorrer do desenvolvimento da Engenharia de Fundação, as técnicas foram sendo aprimoradas, assim como novas pesquisas surgiram, de forma que observa na atualidade uma gama de soluções possíveis de fundações. Esse aprimoramento se dá pelas necessidades que vão surgindo à medida que as exigências aumentam. Para atender às necessidades do mercado, as pesquisas nas áreas de fundações estão se intensificando nos últimos anos, procurando obter métodos construtivos mais práticos e seguros para aqueles que as executam, gerar economia de materiais e reduzir desperdícios, bem como maior resistência aos esforços solicitados.

Para garantir a qualidade, a durabilidade e a economia não bastam apenas escolher o método mais moderno ou até mesmo o mais revolucionário. É necessário ter conhecimento suficiente para propor a melhor solução para o problema apresentado. Na parte de fundações não é diferente. Para garantir um bom resultado, é necessário considerar as condições do solo, realizar um Estudo de Impacto de Vizinhança (EVI), conhecer os esforços aos quais a fundação estará submetida, escolher os materiais e métodos construtivos adequados, e seguir às Normas Regulamentadoras vigentes.

De acordo com Hachich *et al.* (1998), por volta dos séculos XVII e XVIII, a necessidade por levantamento de muros e cidades fortes trouxe grande evolução para a construção civil e, principalmente para a área de geotecnia e fundações, uma vez que as edificações até então construídas apresentavam muitas trincas e recalques, além de outras patologias. E por volta de 1920, começaram a surgir as principais teorias e conceitos sobre ângulo de atrito, granulometria, dentre outros, o que revolucionou a história da engenharia e a mecânica dos solos.

Já no período contemporâneo, os adventos e descobertas consolidaram nomes que até em nossa atualidade são de extrema relevância para compreender-se a mecânica dos solos, bem como a dinâmica e a funcionalidade das fundações, são exemplos: Karl Terzaghi (pai da Mecânica dos Solos) e Arthur Casagrande (fundador da escola geotécnica de Harvard) (HACHICH *et al.*, 1998).

Ao conhecer os parâmetros geotécnicos através da realização de ensaios de sondagem, determinando o perfil do solo, identifica-se suas principais características, dentre elas: capacidade de carga, compacidade e consistência, espessura das camadas, profundidade do nível de água e profundidade do impenetrável (rocha). A partir desses parâmetros será determinado qual o tipo de fundação mais adequada.

As fundações profundas são definidas pela NBR 6122 (ABNT, 2019) como os elementos de fundações cujas tensões podem ser transmitidas ao terreno pela ponta e/ou laterais. Essas fundações possuem profundidades maiores do que três metros e superiores a duas vezes a menor dimensão em planta. São consideradas fundações profundas: as estacas e os tubulões.

Segundo a NBR 6122 (ABNT 2019) Hélice Contínua é um tipo de estaca molda “*in loco*” executada utilizando um trado contínuo. Esse mesmo equipamento já faz a injeção do concreto no furo simultaneamente a sua retirada. A colocação da armadura só pode ser feita após a conclusão da concretagem.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

As fundações fazem parte de todas as edificações, e é de grande relevância compreender, projetar e executar corretamente cada uma de suas etapas. O que irá determinar a qualidade, segurança e vida útil da obra em si começa pela fundação, pois essa é a sustentação de toda a superestrutura que está por vir. Portanto, para garantir o sucesso dessa etapa, é ideal compreender e considerar todas as características do solo, adaptando as fundações ao mesmo.

O estudo para comparação entre a Estaca Hélice Contínua e o novo Método Mini Franki busca compreender melhor os métodos adotados atualmente em fundações profundas, através de uma análise aprofundada em ensaios de sondagens, gerando maior compreensão das principais características do solo.

Através dos resultados encontrados nessas análises, será realizado um comparativo entre o método executivo, custos, tempo de execução e as principais vantagens entre a Estaca Hélice Contínua e o Método Mini Franki.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

O principal objetivo desta pesquisa é compreender e acompanhar a execução de um novo método de Estaca chamado de Método Mini Franki e compará-lo com um método já conhecido e consolidado no mercado, a Estaca Hélice Contínua, comparando os métodos de execução, resistência e viabilidade econômica.

### 1.2.2 Objetivos específicos

A fim de atingir o objetivo geral desse trabalho, propõem-se os seguintes objetivos específicos:

- Realizar uma ampla revisão bibliográfica acerca de fundações profundas, da sondagem do solo, bem como compreender a adaptação da fundação ao solo.
- Compreender a dinâmica do novo Método Mini Franki., analisando as vantagens e divergências em relação ao método da Estaca Hélice Contínua.
- Acompanhar o processo executivo da estaca Mini Franki em uma obra na cidade de Goiânia.

### 1.3 METODOLOGIA

Esse estudo foi realizado através de pesquisas em livros didáticos com as principais teorias em fundações, geotecnia e métodos construtivos. Foi realizado também o acompanhamento da execução de uma Estaca Mini Franki, numa obra em Anápolis. A pesquisa tem natureza exploratória e descritiva, demonstrando a realização de um método de fundação já existente no mercado, Estaca Hélice Contínua, comparando-o com ao novo método da Estaca Mini Franki.

As fontes de pesquisas são de ordem primária, pois o próprio profissional que desenvolveu o método forneceu as informações necessárias para conceituação do novo Método de Estaca Mini Franki, e secundárias, utilizando conceitos dos principais pesquisadores e estudiosos na área, como Benedito Bueno por exemplo.

Ao se analisar, na prática, a execução de uma fundação utilizando o novo Método de Estaca Mini Franki, será possível uma posição mais precisa a respeito de seu desempenho e vantagens em relação ao Método da Estaca Hélice Contínua, gerando um comparativo com vantagens, desempenho, resistência, economia e método construtivo.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Inicialmente é realizada uma breve introdução ao tema estudado, trazendo conceitos gerais. Apresenta alguns termos utilizado por autores e pelas normas de regulamentação.

No capítulo 2 consta todo o referencial bibliográfico para elaboração desse estudo. Inicialmente, o foco foi a geotecnia, onde foram abordados os principais aspectos para



realização da prospecção do subsolo, bem como a correta interpretação dos dados obtidos nos laudos de sondagens. Em seguida, mostrou-se os tipos de fundações, os parâmetros executivos e suas principais indicações.

No capítulo 3 foi realizado um estudo de caso onde foi exposto um novo método de fundação, estaca Mini Franki. Neste capítulo constam os conceitos, métodos executivos e parâmetros gerais. Relata também os detalhes de uma obra acompanhada, permitindo uma melhor compreensão. Foi realizado um comparativo com o novo método Mini Franki com a estaca de Hélice Contínua, o que resultou em uma análise aprofundada das características, das vantagens e das desvantagens de cada uma.

O capítulo 4 apresenta a conclusão para o estudo realizado, bem como um panorama geral sobre o assunto estudado.

## 2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### 2.1 CARACTERÍSTICAS DO SOLO

De acordo com a NBR 6502 (ABNT, 2015), o solo é um material formado pela decomposição das rochas, ocorridas por agentes químicos e físicos, e pode conter também material orgânico. No solo pode conter partículas de água e ar entre suas partículas sólidas, que se deslocam com o passar do tempo e se reorganizam. A sobrecarga também pode contribuir para a compactação do solo, que consiste na eliminação dos espaços vazios e das partículas de água.

Para determinar o perfil de um solo e prever o seu comportamento, é necessário realizar alguns ensaios e analisar as características descritas a seguir.

#### 2.1.1 Cor

A coloração é uma característica perceptível visualmente, sem necessidade de ensaios. Através dela, pode se levantar dados muito importante para conhecimento do solo analisado, como a presença de materiais orgânicos e a sua origem, por exemplo. Para determinar as cores do solo, considera-se a Carta de Cores de Munsell. A figura 1 mostra como a divisão das camadas através das cores fica perceptível.

**Figura 1 – Diferentes camadas no solo**



Fonte: IGEOLOGICO, 2018.

### 2.1.2 Granulometria

Granulometria é a determinação dos diâmetros dos grãos que formam o solo, representando os resultados em forma de porcentagens passantes em cada malha de peneira, sempre da maior para a menor, como mostra a Tabela 1.

**Tabela 1 - Tamanho relativo dos grãos**

Tipo de solo	$\Phi$ máximo (mm)	$\Phi$ mínimo (mm)
Pedregulho	60	2
Areia grossa	2	0,6
Areia média	0,6	0,2
Areia fina	0,2	0,06
Silte	0,06	0,002
Argila	0,002	_____

Fonte: NBR 6502 (ABNT, 1995).

### 2.1.3 Plasticidade e consistência

Plasticidade é a capacidade do solo de ser moldado sob certo teor de umidade. Alguns solos variam muito de volume na presença de água, o que pode representar um risco para a construção civil. O método dos Limites de Atterberg são parâmetros utilizados para determinação da plasticidade do solo e foi proposto pelo geólogo Albert Mauritz Atterberg em 1911 e adaptado por Arthur Casagrande, em 1932.

Este método deve ser utilizado quando a quantidade de grãos finos (argila e silte) passam dos 12% do total da amostra e são divididos em três classes: limite de liquidez, limite de plasticidade e limite de consistência.

a) Limite de liquidez (LL) é um ensaio regulamentado pela NBR 6459 (ABNT, 2017) que consiste na umidade do solo quando feito uma ranhura na amostra e, após 25 golpes, ela fecha completamente, ou seja, o solo está no estado líquido.

b) Limite de plasticidade (LP) é o menor valor de água necessário para moldar um cilindro de 3mm, apresentando um estado plástico, normatizado pela NBR 7180 (ABNT, 2016).

Através do limite de liquidez e do limite de plasticidade é determinado o índice de plasticidade (IP) utilizando a Expressão 1:

$$IP=LL-LP \quad (1)$$

IP=0: solo não plástico;

$1 \leq IP < 7$ : fracamente plástico;

$7 \leq IP < 15$ : medianamente plástico;

$IP \geq 15$ ; altamente plástico.

c) Limite de consistência é quando a amostra está num estado quebradiço e com volume constante.

## 2.1.4 Índices físicos

### 2.1.4.1 Peso específico

De acordo com Pinto (2006), o peso específico do solo é a razão entre a massa de sólidos pelo volume ocupado. Portanto, despreza-se o ar e a água presente entre os grãos.

### 2.1.4.2 Umidade

É o percentual de água presente no solo. Os ensaios podem ser realizados em laboratório (Método da Estufa) ou até mesmo em campo (Método da Frigideira). Sua determinação é importante pois a quantidade de água presente no solo está diretamente relacionada com sua resistência.

### 2.1.4.3 Índice de vazios

Índice de vazios são os espaços entre os grãos, podendo ser preenchidos por água ou ar. Quando o solo tem alto índice de vazios, ao colocar cargas as partículas se reorganizam diminuindo o volume total, podendo gerar o colapso, conhecido também como recalque.

## 2.1.5 Permeabilidade

Permeabilidade é a capacidade do solo de permitir que as partículas de água se desloquem entre seus grãos sólidos ou até mesmo sendo absorvida por eles, quando muito porosos. O coeficiente de permeabilidade (K) é diferente para cada tipo de solo e a determinação

atende aos parâmetros estabelecidos na NBR 13292 (ABNT, 2021) utilizada para solos granulares, ou seja, que passam na peneira de malha 0,075mm.

Quando o solo é uniforme, ou seja, não há variação de diâmetro, a permeabilidade tende a ser maior. O oposto acontece para solos bem graduados, quando possui variação de diâmetros, onde a permeabilidade costuma ser menor devido ao melhor arranjo das partículas, preenchendo assim melhor os vazios.

### 2.1.6 Compactação

Compactação é o processo de adensamento do solo através de equipamentos, como destaca a Figura 2. O principal objetivo é diminuir o índice de vazios, melhorando a eficiência na transferência de cargas, reduzindo a variação de volume e aumentando a resistência do solo.

O ensaio de compactação de solo deve seguir as recomendações da NBR 7182 (ABNT, 2016). Os principais fatores que influenciam no resultado da compactação são o tipo de solo, a energia aplicada e o teor de umidade.

**Figura 2 – Compactação do solo mecanicamente**



Fonte: ENGENHARIA, 2018.

## 2.2 TENSÕES DO SOLO

Ao analisar e compreender como as tensões no solo estão distribuídas ao longo de um perfil, torna-se possível prever problemas de empuxo de terra, compressibilidade, estabilidade de taludes e capacidade de carga.

De acordo com Hachich *et al.* (1998), a transmissão de forças de entre as partículas do solo depende do tipo de mineral, sendo muito complexa sua compreensão. Portanto, quando se trata de partículas com três dimensões ortogonais são parecidas, como a areia, será considerado, inicialmente, que essa transmissão ocorre de maneira direta, ou seja, de mineral para mineral. Já no caso das argilas, a transmissão ocorre através da água. Em ambos os casos, as forças podem ser normais ou tangenciais à superfície de base.

Através da análise das tensões exercidas no solo é realizado o projeto estrutural.

## 2.3 PROSPECÇÃO DO SUBSOLO

Prospecção é o ato de pesquisar, examinar e investigar o subsolo afim de compreendê-lo e determinar um possível perfil geotécnico. Esse processo também é conhecido como sondagem e permite prever o comportamento do solo em determinadas situações na construção civil e determinar algumas características a serem consideradas no projeto de fundações como os parâmetros de resistência, nível de água, espessuras das camadas e profundidade do impenetrável (rocha).

As sondagens são divididas em 3 grupos: as diretas são quando há retirada de amostras, que podem ser deformadas ou indeformadas, as semidiretas são quando não há extração de amostras e a determinação do perfil do solo é feita através de correlações, a indireta é quando não retirada de amostras e também não é possível identificar o perfil do solo por meio de correlações.

De acordo com a NBR 9604 (ABNT, 2016) as amostras podem ser deformadas ou indeformadas. Para conseguir extrair uma amostra indeformada é necessário a abertura de um poço de exploração com dimensões suficientes para permitir a descida de um operário que será responsável por “moldar” essa amostra.

Nas amostras deformadas não conserva-se sua macroestrutura, porém possibilita a determinação de características importantes: peso específico dos grãos, umidade e tipo de solo.

### 2.3.1 SPT

De acordo com Hachich *et al.* (1998), os problemas geotécnicos são divididos em dois grupos: o primeiro analisando os recalques e deformações, que é caracterizado pelo comportamento tensão-deformação e considerando a teoria da elasticidade, e o segundo analisando a estabilidade e ruptura, desconsiderando a deformidade do solo pois as deformações são em grandes proporções.

Quando o solo é submetido a carregamentos ou movimentação, as tensões no seu interior vão variando, gerando deformações ou até mesmo ruptura total. Portanto, para analisar essas deformações, mudanças de tensões e a possibilidade de ruptura, são realizados alguns ensaios para analisar a resistência e prever o possível comportamento do solo quando submetido à essas cargas externas.

A NBR 6484 (ABNT, 2020) define SPT (Standart Penetration Test) como ensaio para determinação do índice de resistência à penetração (N), que é o número de golpes necessários para a penetração de 30 cm do amostrador padrão no solo. Esse ensaio norteia a determinação da capacidade de carga do solo e é um dos métodos mais utilizados para sondagem do solo.

#### 2.3.1.1 Execução do SPT

O ensaio do SPT é regulamentado pela NBR 6484 (ABNT, 2020) e tem como objetivos coletar amostras deformadas de metro a metro, determinar o tipo de solo, encontrar o nível de água e determinar a resistência do solo através do  $N_{spt}$ . Para isso, serão utilizados os seguintes equipamentos:

- Tripé;
- Amostrador padrão;
- Trépano de lavagem;
- Martelo para cravação do amostrador;
- Caixa d'água com divisão interna para decantação;
- Trado concha ou cavadeira;
- Trado helicoidal;
- Tubos de revestimento.

Com todos os furos já demarcados por piquetes de madeira, inicia-se a perfuração com o trado concha ou com a cavadeira manual por 1 m de profundidade. Este solo deve ser

descartado pois apresenta baixa resistência devido a presença de matéria orgânica e também porque não é possível locar uma fundação à essa profundidade.

Coloca-se o amostrador padrão no fundo do furo e então começa o processo de cravação. A haste que fica de fora deve ser demarcada três vezes a medida de 15 cm, pois serão anotados quantos golpes serão necessários para avançar cada um desses trechos. Um martelo com o peso de 65 kg deve ser posicionado a 75 cm da haste, em seguida, solta-se esse martelo quantas vezes for necessário para avançar cada segmento de 15 cm. Nem sempre o trado avança exatamente 15 cm, portanto, é importante anotar também o avanço, em centímetros, de cada camada. É importante ter bastante atenção para não anotar a número de golpes errado. Concluída a cravação dos 45 cm, é realizado o avanço, que pode ser feito com trado helicoidal, por mais 55 cm, completando 1 metro. Esse processo deve ser repetido até atingir o nível de água ou se apresentar algum dos critérios de parada, como demonstra a Figura 3.

**Figura 3– Ensaio de sondagem (SPT)**



Fonte: SONDAGENS, 2017.

De acordo com a NBR 6484 (ABNT, 2020) a cravação pode ser interrompida antes de completar os 45 cm de penetração caso o número de golpes por camada de 15 cm ultrapassar 30, ou o total de golpes para as três camadas (45 cm) for igual ou superior a 50 ou quando o amostrador não avançar à medida que se aplicam os golpes com o martelo. O ideal é que quando não avançar mais, migrar para o método da sondagem rotativa, pois pode acontecer de ter um pedregulho no caminho e impedir o avanço utilizando o SPT, evitando-se um falso resultado de impenetrável.

São adotados os seguintes critérios de parada:



a) Quando o número de golpes em 3 m sucessivos for igual ou superior a 30 para os primeiros 15 cm;

b) Quando em 4 m sucessivos o número de golpes for igual ou superior a 50 para penetrar os 30 cm iniciais;

c) Quando em 5 m sucessivos o número de golpes foi igual ou superior a 50 para penetrar os 45 cm.

Quando atinge o nível de água, porém ainda é necessário avançar a perfuração, adota-se o método de lavagem (circulação de água), utilizando um reservatório, bomba para fazer a sucção da água do fundo do furo e o trépano, que é uma hélice com ponta cortante colocada no lugar do amostrador. Uma mangueira injeta água sob pressão dentro da haste, gira-se a hélice e a água bombeada traz os sólidos para o reservatório. O nível do lençol freático é obtido através de um equipamento chamado pio, que é amarrado numa corda de cinzal e colocado no furo. Quando esse equipamento atingir a água, emitirá um som, portanto, essa profundidade deve ser anotada. O furo deve ser tampado e 12 horas depois realiza-se a conferência do nível do lençol freático. Esse será o valor válido para nível de água (NA).

Para cada amostragem, é importante anotar os seguintes dados:

- Local da obra;
- Designação da obra;
- Número da sondagem;
- Número da amostra;
- Profundidade;
- Número de golpes e penetração do amostrador-padrão.

Essas informações devem ser guardadas por um prazo de 60 dias, caso haja a necessidade de realizar alguma conferência. É através dessa amostragem que classifica o solo. Quanto mais duro for o solo, maior será o Nstp. Para solos grossos é utilizado o termo compactidade e para solos finos é utilizado consistência. A NBR 6484 (ABNT, 2020) traz a designação dos solos, apresentada na Tabela 2:

**Tabela 2 - Tabela dos estados de compactidade e de consistência**

Solo	Índice de resistência à penetração N	Designação
	$\leq 4$	Fofa(o)
Areias e siltes arenosos	5 a 8	Pouco compacta(o)
	9 a 18	Medianamente compacta(o)
	19 a 40	Compacta(o)
	$>40$	Muito compacta(o)
Argilas e siltes argilosos	$\leq 2$	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média(o)
	11 a 19	Rija(o)
	$>19$	Dura(o)

Fonte: NBR 6484 (ABNT, 2020).

## 2.4 LOCAÇÃO DOS FUROS

A NBR 8036 (ABNT, 1983) determina os parâmetros mínimos a serem seguidos para que a sondagem do solo seja eficaz como: distância entre os furos, números de furos considerando a área a ser construída e a posição mais adequada. Portanto, a quantidade de furos deve ser suficiente para determinar a variação das camadas do subsolo.

A Tabela 3 mostra um resumo do número de furos indicados de acordo com a NBR 8036 (ABNT, 1983) baseado na área a ser construída.

**Tabela 3 – Número mínimo de furos**

Área do projeto em planta	Nº de furos de sondagem
< 200m <sup>2</sup>	2
200 – 400m <sup>2</sup>	3
< 1200m <sup>2</sup>	1 a cada 200m <sup>2</sup>
1200 – 2400m <sup>2</sup>	1 a cada 400m <sup>2</sup> que exceder 1200m <sup>2</sup>
>2400m <sup>2</sup>	A critério

Fonte: NBR 8036 (ABNT, 1983).

De acordo com a NBR 8036 (ABNT, 1983) a distância entre os furos deve respeitar uma distância entre 15 e 25m e que os furos sejam locados onde haverá maior carga como escadas, cantos e reservatórios de água. Não é recomendado que os furos fiquem alinhados.

#### 2.4.1 Profundidade

De acordo com a NBR 8036 (ABNT, 1983) a profundidade dos furos deve ser determinada considerando o ponto onde o solo não precisará combater mais que 10% da tensão aplicada, por isso a importância da análise do Bulbo de Tensões no item 2.2.5.

Para analisar a tensão aplicada sobre o solo, será considerada a Expressão 2 a seguir.

$$\frac{q}{\gamma MB} \quad (2)$$

Onde:

$q$ = pressão média sobre o terreno (10KN/m<sup>2</sup>);

$\gamma$ = peso específico do solo;

$M$ = 0,1;

$B$ = menor dimensão;

$L$ = maior dimensão;

$D$ = profundidade do furo.

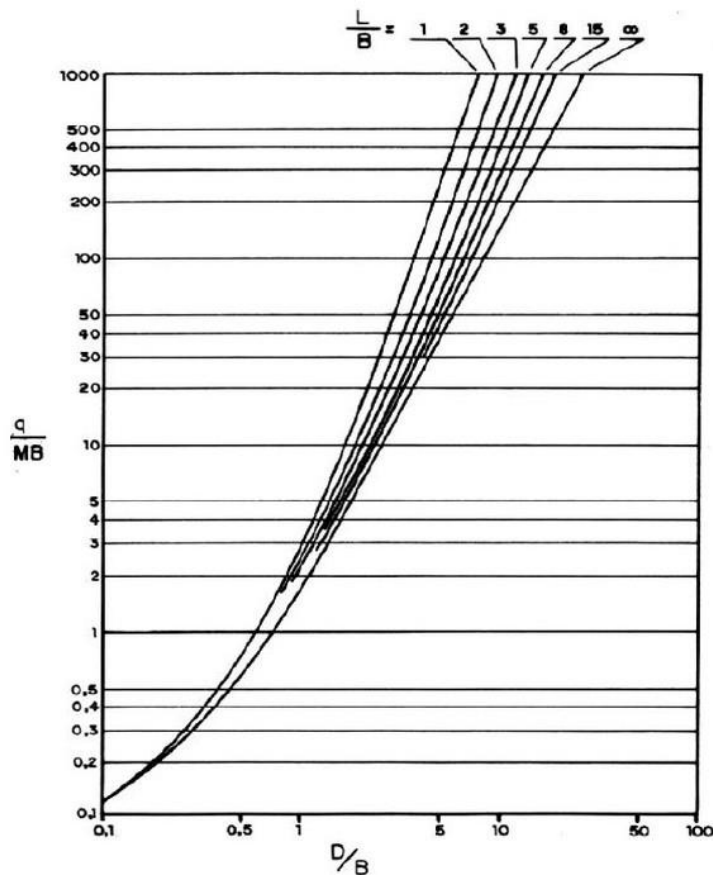
Em seguida deve-se utilizar a Expressão 3 para determinar o segundo valor a ser considerado na análise.

$$\frac{L}{B} \tag{3}$$

Com os resultados encontrados será traçado uma reta onde o valor obtido na Expressão 2 deverá ser encontrado no eixo y do gráfico da Figura 4 e seguirá até a linha onde está o valor da Expressão 3. Ao seguir essa linha, será obtido o resultado da relação entre a profundidade do furo e a menor dimensão. Para encontrar a profundidade, basta igualar a Expressão 4 ao valor encontrado.

$$\frac{D}{B} \tag{4}$$

Figura 4 – Gráfico para estimativa da profundidade



Fonte: NBR 8036 (ABNT, 1983).

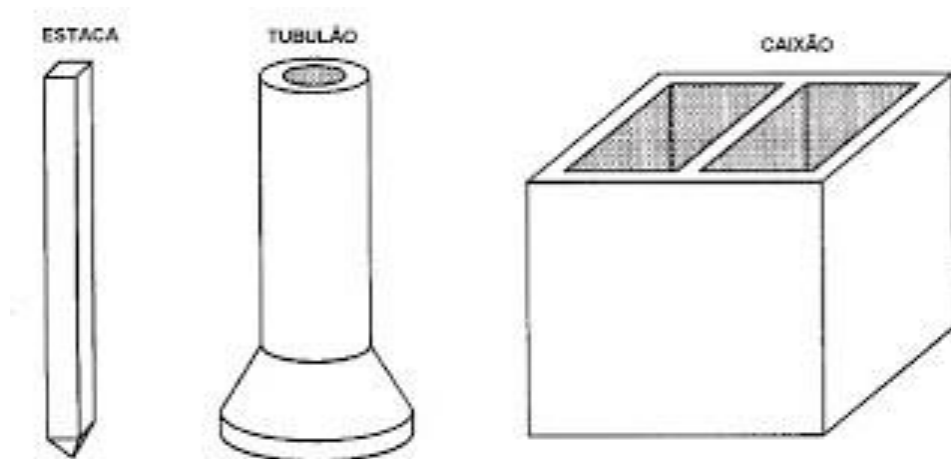
## 2.5 TIPOS DE FUNDAÇÕES

De acordo com Azeredo (1997) as fundações são elementos estruturais responsáveis pela transmissão das cargas exercidas na edificação para o solo. Existem dois tipos de

fundações: rasas e profundas. As fundações rasas são mais simples de serem executadas, porém são poucos resistentes e não devem exceder a profundidade de 3m. De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2019) a transmissão das cargas é feita predominantemente pela base da fundação. São exemplos de fundações rasas ou diretas: sapata isolada, sapata associada, Radier, bloco, sapata de divisa com viga alavanca

Já as fundações profundas realizam a transmissão das cargas pela ponta e pela lateral e são ideais para resistir grandes esforços, se adaptando a diversos tipos de solos. Devem ter uma profundidade superior ao dobro da menor dimensão em planta ou superior a 3m. Ainda de acordo com a norma, as fundações profundas podem ser estacas, tubulões e caixões. Para a execução das estacas são utilizados apenas equipamentos, já para os tubulões e caixões, é necessário que um operário desça para execução do furo, com a diferença que os caixões tem formato prismático enquanto os tubulões são cilíndricos, como mostra a Figura 5.

**Figura 5 – Tipos de fundações profundas**



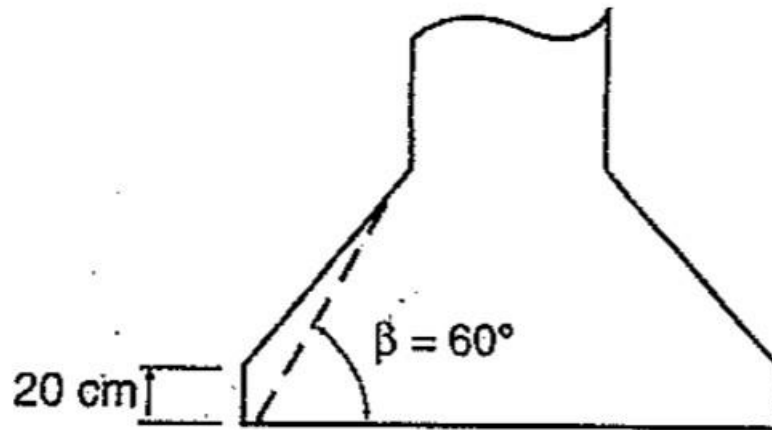
Fonte: SILVA, (2017).

### 2.5.1 Tubulões

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2019) os tubulões são elementos de fundação profunda executados por meio de escavação, normalmente feita com a descida de operário, cujo formato é circular e possui um alargamento na base, pois a transmissão das cargas ao solo é feita predominantemente pela mesma. Ainda de acordo com a norma, a altura da base não deve ultrapassar os 1,8m (exceto para tubulões a ar comprimido onde essa altura pode chegar a 3m)

De acordo com Velloso & Lopes (2011) o alargamento da base é feito para evitar a necessidade de armação nessa região, e deve ser adotado um ângulo de  $60^\circ$  com a horizontal, como mostra a Figura 6.

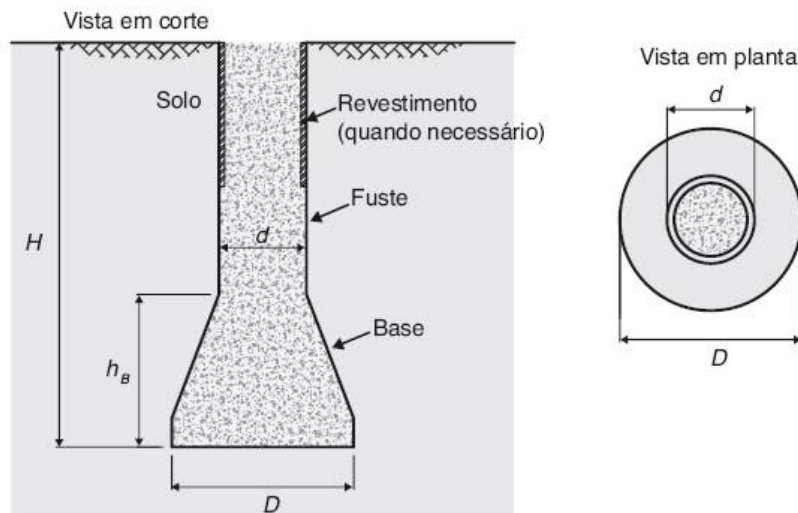
**Figura 6 – Base do Tubulão**



Fonte: NBR 6122 (ABNT, 2019).

Ainda de acordo com os autores, para a execução do fuste do tubulão fica a critério a utilização ou não de revestimento, chamado de camisa, como mostra a Figura 7.

**Figura 7 – Esquema de Tubulões**



Fonte: EXATAS, 2021.

A concretagem é feita a seco, ou seja, o concreto é lançado a partir da superfície do terreno. Quando a concretagem precisa ser realizada embaixo de água, é necessário usar ar

comprimido para retirada de água durante todo o processo. É importante considerar as normas de segurança do trabalho mesmo quando não há descida de operários no furo, pois nesse tipo de fundação, há grande risco de desmoronamento devido ao tamanho do diâmetro (no mínimo 80cm).

Ao realizar a confecção de um projeto de fundação profunda do tipo tubulão, as cargas a serem consideradas são a tensão admissível e a resistente de projeto, respeitando os parâmetros estabelecidos no ELU (Estado-Limite Último) e ELS (Estado-Limite de Serviço). A adoção desse tipo de fundação deve ser bem analisada, pois é um método de difícil execução, alto custo e pode apresentar riscos para os funcionários da obra.

## **2.5.2 Estacas**

As estacas são fundações profundas executadas utilizando apenas equipamentos e ferramentas, não permitindo a descida de funcionários no furo em nenhuma etapa. Podem ser cravadas ou escavadas e permite-se a execução com ou sem nível de água.

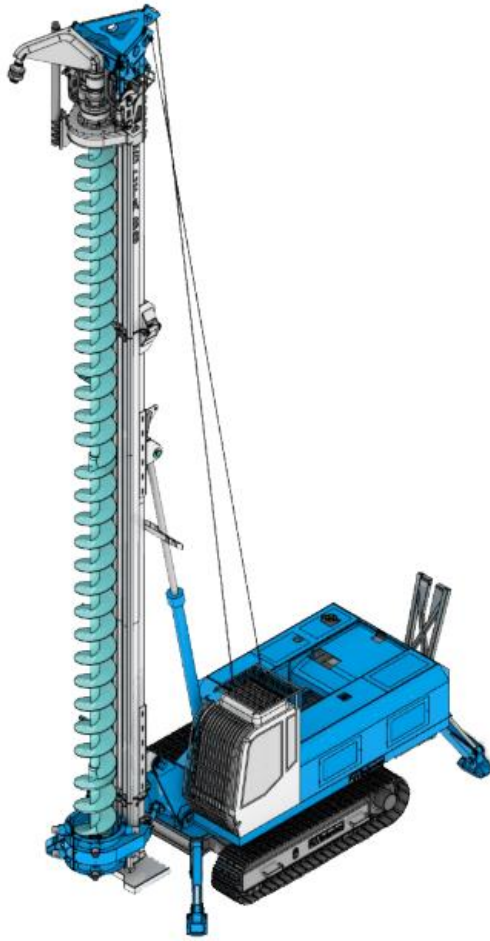
### **2.5.2.1 Hélice Contínua**

De acordo Hachich (1998), estaca Hélice Contínua surgiu nos Estados Unidos por volta da década de 1980 e em menos de uma década já tinha difundido por Japão, Europa e Brasil. Quando desenvolvida, esse tipo de estaca podia ser executada uma profundidade de até 15m. Pouco depois já se podia executar estacas com diâmetros de até 100cm e profundidade de 24m. Atualmente essa profundidade pode chegar a 40m. Com o passar dos anos, os maquinários também evoluíram, contribuindo para a eficiência e aceitação em todo o mercado mundial da construção civil.

A NBR 6122 (ABNT, 2019) define Hélice Contínua como um tipo de estaca moldada “*in loco*” e executada utilizando um trado contínuo. Esse mesmo equipamento já faz a injeção do concreto no furo simultaneamente a sua retirada. A colocação da armadura só pode ser feita após a conclusão da concretagem.

Ainda de acordo com a norma, após a realização dos ensaios de sondagem, é feita a demarcação dos furos. A perfuração sem retirada do solo é realizada por um equipamento de rotação chamado hélice contínua (Figura 8).

**Figura 8 – Equipamento: trado de hélice contínua**

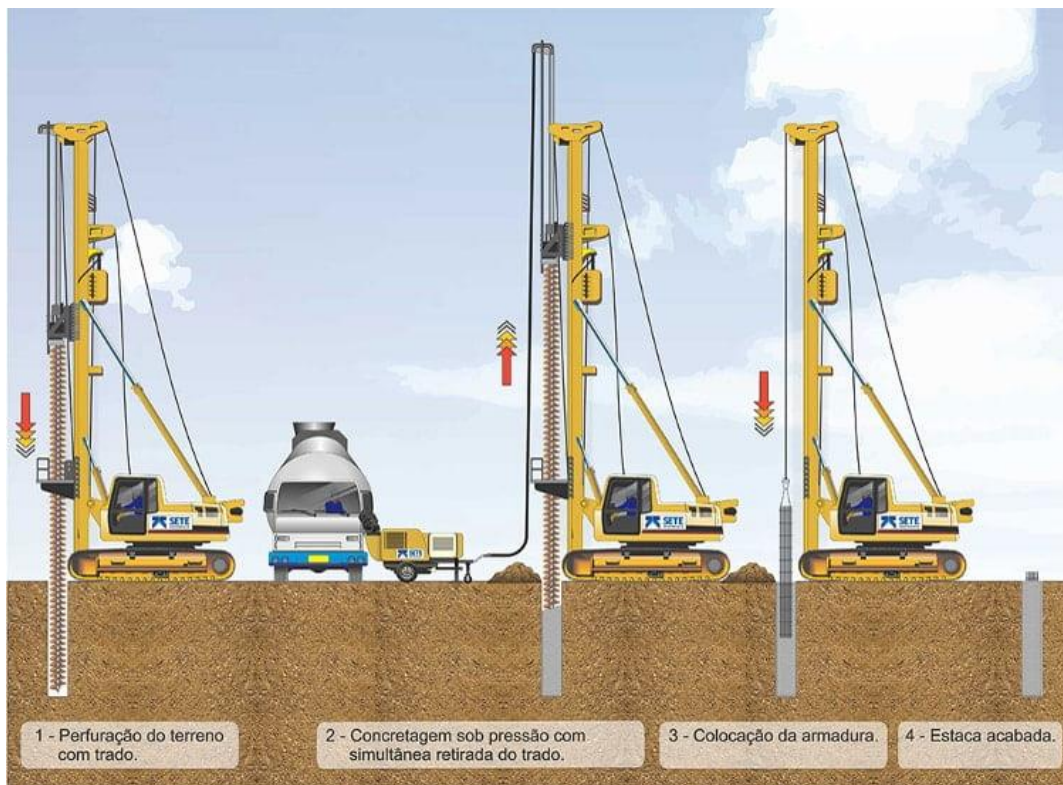


Fonte: WEB, 2020.

No centro dessa hélice tem uma mangueira que fica conectada ao caminhão betoneira com concreto usinado com a função de injetá-lo no furo. À medida que o concreto é injetado no furo a hélice é retirada simultaneamente, como mostra o esquema na Figura 9. Após a conclusão da concretagem e retirada total da hélice de dentro do furo, é colocada a armadura ainda utilizando o trado de hélice contínua.



**Figura 9 – Processo de execução da Hélice Contínua**



Fonte: WEB, 2020.

De acordo com Hachich (1998), as estacas do tipo Hélice Contínua podem ser executadas: quando há espaço suficiente no canteiro de obra para manobra do trado de hélice contínua e caminhão betoneira simultaneamente, em centros urbanos pois é um método que não gera excessos de ruídos nem vibrações, em construções residenciais e industriais com muitas estacas e também para obras de contenção. Porém, vale ressaltar que quando uma obra possui muitas estacas com variação de diâmetro, a produtividade acaba sendo prejudicada devido ao método construtivo.

#### 2.5.2.2 Estaca Franki

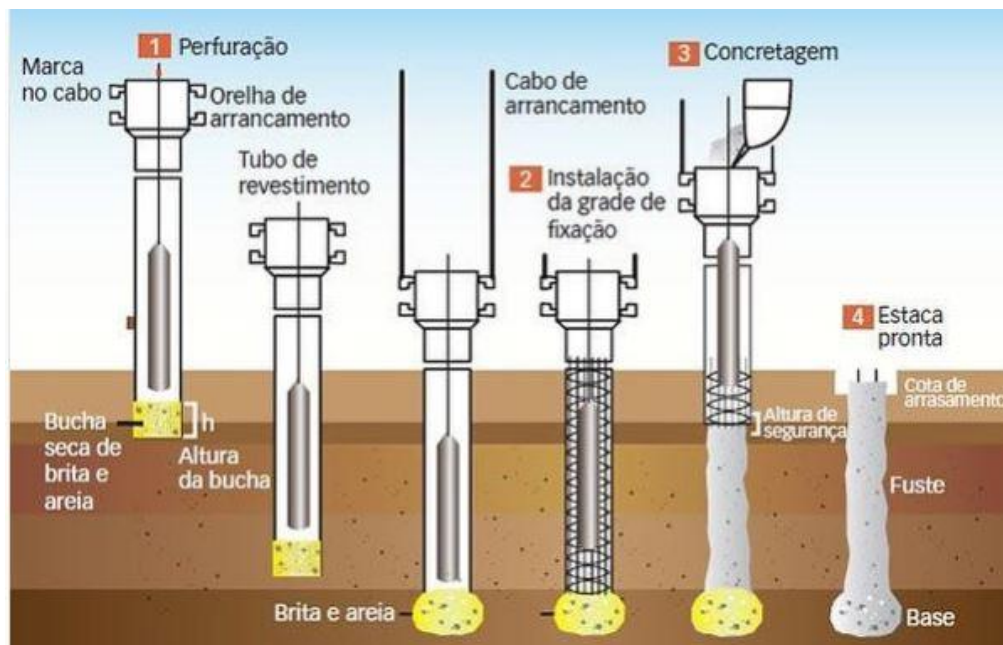
Segundo Hachich (1998) estaca Franki foi desenvolvida na Bélgica por Edgard Frankignou por volta de 1905.

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2019) estaca tipo Franki é uma fundação profunda cuja ponta é alargada através da adição de materiais granulares como a brita e a areia seguida do processo de apiloamento utilizando um pilão. Esse trecho compactado é chamado de bucha e sua altura deve ficar entre 1,5 e 2 vezes o diâmetro do fuste. Para a execução do fuste, é necessário que seja feito o revestimento do furo. É indicada para solos cujos resultados

do ensaio SPT apresente uma variação  $10 < N_{spt} \leq 15$  quando se trata de solos arenosos e  $20 < N_{spt} \leq 40$  para solos argilosos, podendo atingir uma profundidade de até 30m e resistir cargas de até 2800KN.

A estaca Franki é executada colocando-se o tubo de revestimento na posição da estaca e em seguida é lançado areia e brita dentro do revestimento. Quando esse material recebe os golpes do pilão gera um atrito lateral com o revestimento, prendendo-o e levando consigo para baixo. Após o processo de perfuração e conclusão da bucha, coloca-se a armadura e começa o lançamento do concreto simultaneamente com a retirada do tubo de revestimento, como mostra a Figura 10.

Figura 10 – Execução da estaca Franki



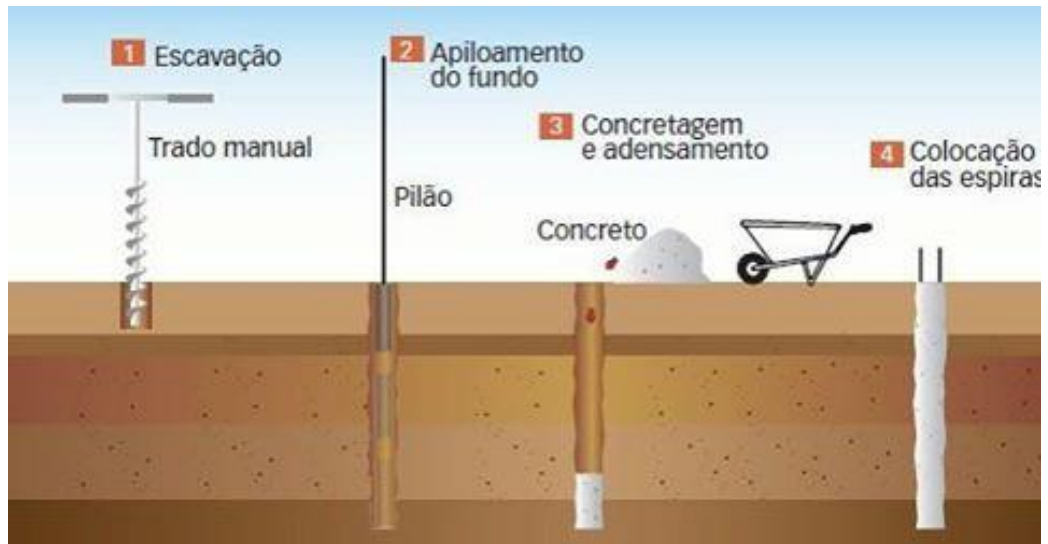
Fonte: SCHNEIDER, 2019.

### 2.5.2.3 Estaca tipo Broca

De acordo com a NBR 6122 (ABNR, 2019) estaca tipo broca é uma fundação profunda executada de forma manual ou mecânica utilizando predominantemente o trado para escavação sem necessidade de revestimento. É indicada para pequenas profundidades, podendo chegar até 6m e com diâmetros entre 20 e 50cm. Sua execução é simples, porém não é adequada para cargas muito elevadas, suportando em média 100KN.

Após a perfuração, deve ser retirado o excesso de material solto do fundo do furo. Em seguida é feito o apiloamento do fundo utilizando pilão, seguido da concretagem da estaca, sequência mostrada na Figura 11.

**Figura 11 – Execução de estaca tipo Broca**



Fonte: SCHNEIDER, 2019.

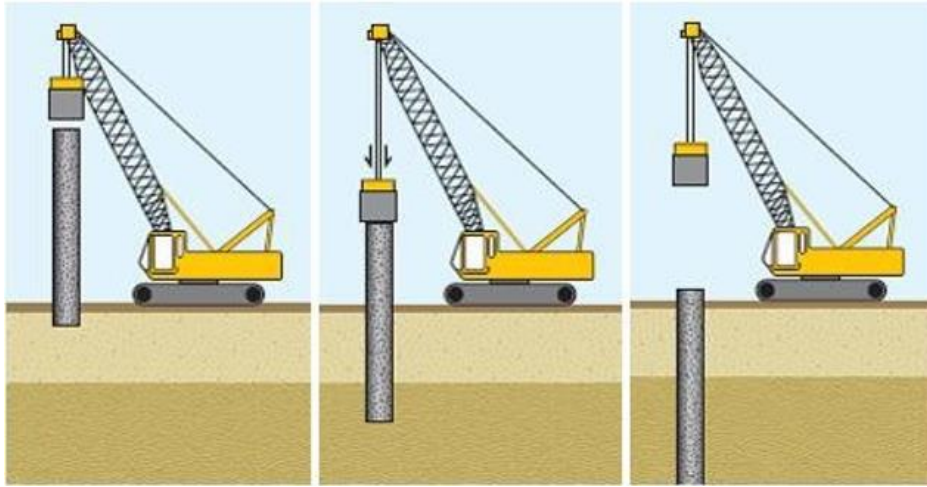
#### 2.5.2.4 Estaca Cravada

Segundo a NBR 6122 (ABNT, 2019) é um tipo de fundação profunda onde não há perfuração prévia do solo, ou seja, a própria estaca ao ser prensada por macaco hidráulico ou por golpes de martelo irá adentrar o solo, por isso também são conhecidas como estacas de deslocamento.

O processo executivo interfere diretamente na resistência da estaca, que pode suportar uma carga estrutural de até 2300KN e chegar a 30m de profundidade. Como não há retirada de solo do furo, há uma compactação no fundo, aumentando a resistência de ponta.

A principal vantagem da utilização desse método é o controle da qualidade das estacas, pois o concreto não corre riscos de ser misturado com outros materiais, há maior rigor para as proporções dos materiais utilizados e não há variação do volume de água. Porém, apesar de muito resistentes, as estacas cravadas possuem a desvantagem de gera muito barulho quando o martelo bate na estaca para cravá-la no solo. A Figura 12 mostra como é realizada a execução de uma estaca cravada.

Figura 12 – Execução da estaca Cravada



Fonte: SCHNEIDER, 2019.

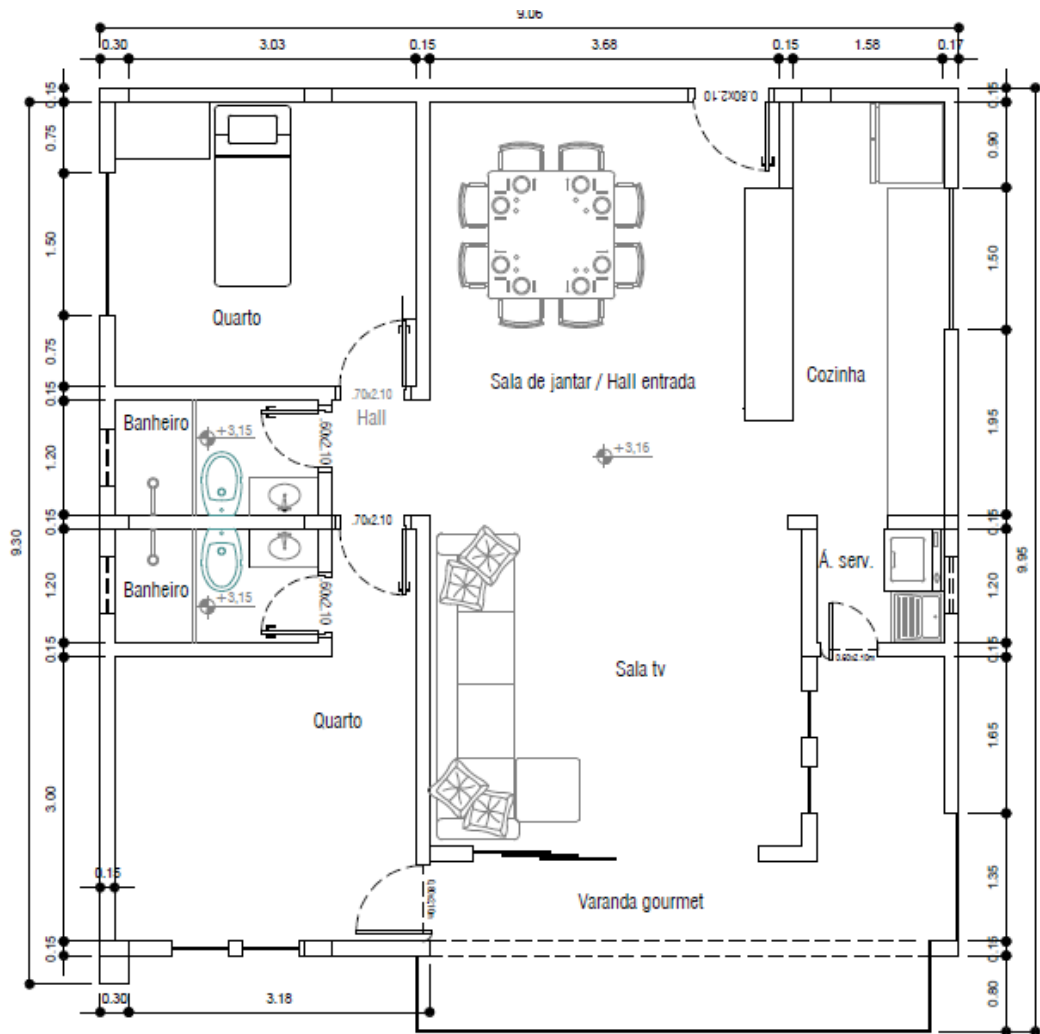
### 3 ESTUDO DE CASO

Esse estudo tem por objetivo analisar o que é o novo método Mini Franki, o seu surgimento, quais os parâmetros de execução, indicação e as principais vantagens. Em seguida, foram comparadas as vantagens da adoção da Estaca Mini Franki em relação à Estaca Hélice Contínua.

#### 3.1 LOCAL

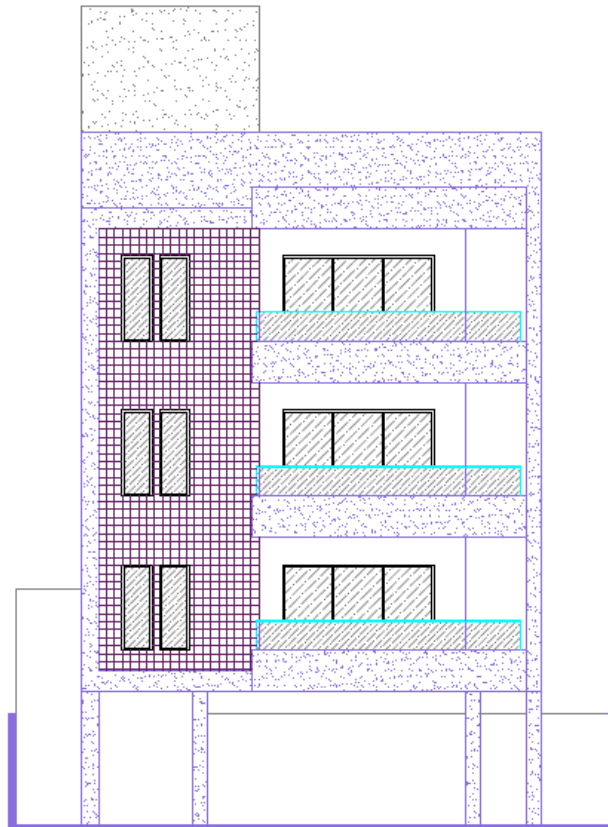
O empreendimento é um Edifício Condomínio Residencial com área total de 914,74m<sup>2</sup> divididos em 3 pavimentos tipo para locação de apartamentos e térreo destinado para garagem. Cada pavimento tipo tem 2 apartamentos tipo (Figura 13) com área de 81,82m<sup>2</sup> cada e com hall central para escadas. Os apartamentos são compostos por: 1 quarto, 1 suíte, 1 banheiro social, sala, cozinha, área de serviço, sala de estar, sala de jantar e varanda gourmet. A edificação fica localizada em um terreno com 388,43m<sup>2</sup> em uma via pública de um bairro residencial na cidade de Goiânia-GO. O proprietário da obra não autorizou a divulgação do local da edificação. As empresas de sondagem e projeto também não permitiram a divulgação de seus nomes.

Figura 13 – Planta Baixa do apartamento tipo

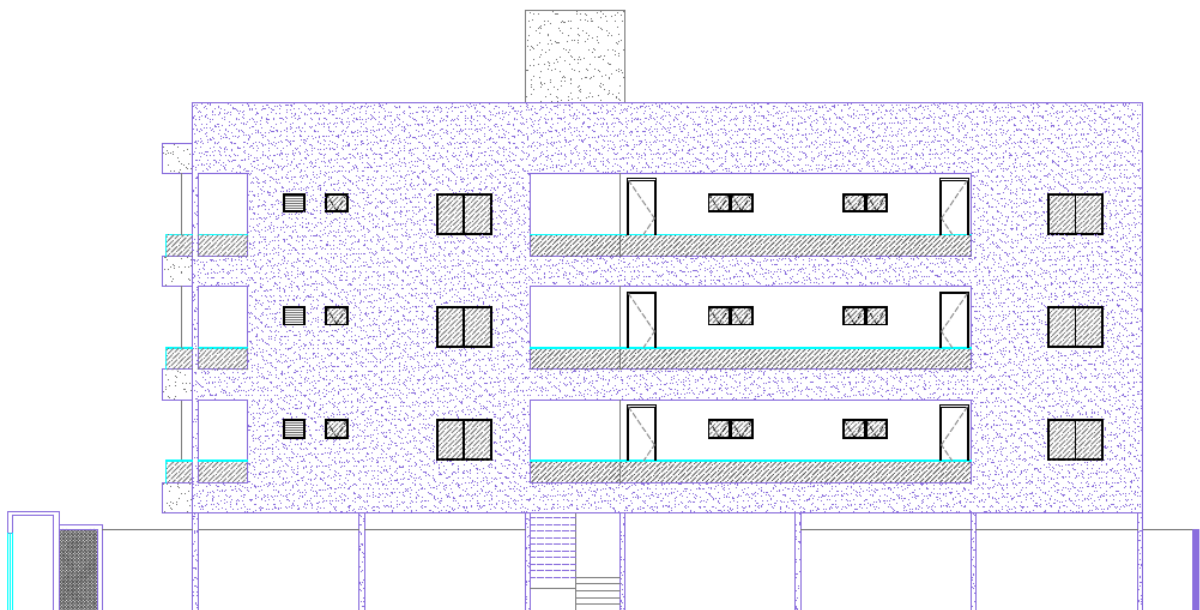


Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021.

A execução das fundações do Edifício Condomínio Residencial foi iniciada no dia 01 de abril de 2021 e foi concluída dia 15 do mesmo mês e ano. A Figura 14 mostra, de acordo com o projeto arquitetônico, a previsão para a fachada principal e a Figura 15 para a fachada lateral.

**Figura 14 – Projeto: Fachada Principal**

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021.

**Figura 15 – Projeto: Fachada Lateral**

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021.

### 3.2 LAUDO DE SONDAGEM SPT

Para analisar o perfil do solo, foram realizados dois furos para a desenvolvimento do ensaio de sondagem SPT. A sondagem foi realizada no dia 05 de fevereiro de 2021 e o laudo dessa sondagem está disponível no Anexo A.

O primeiro furo foi executado nos fundos do lote e atingiu a profundidade de 11,45m e a profundidade do nível de água (NA) foi de 5,30m. O presente laudo demonstrou que as primeiras camadas eram argilas arenosas de consistência mole e possuíam baixa resistência apresentando  $N_{spt} < 10$  até a profundidade de 3m.

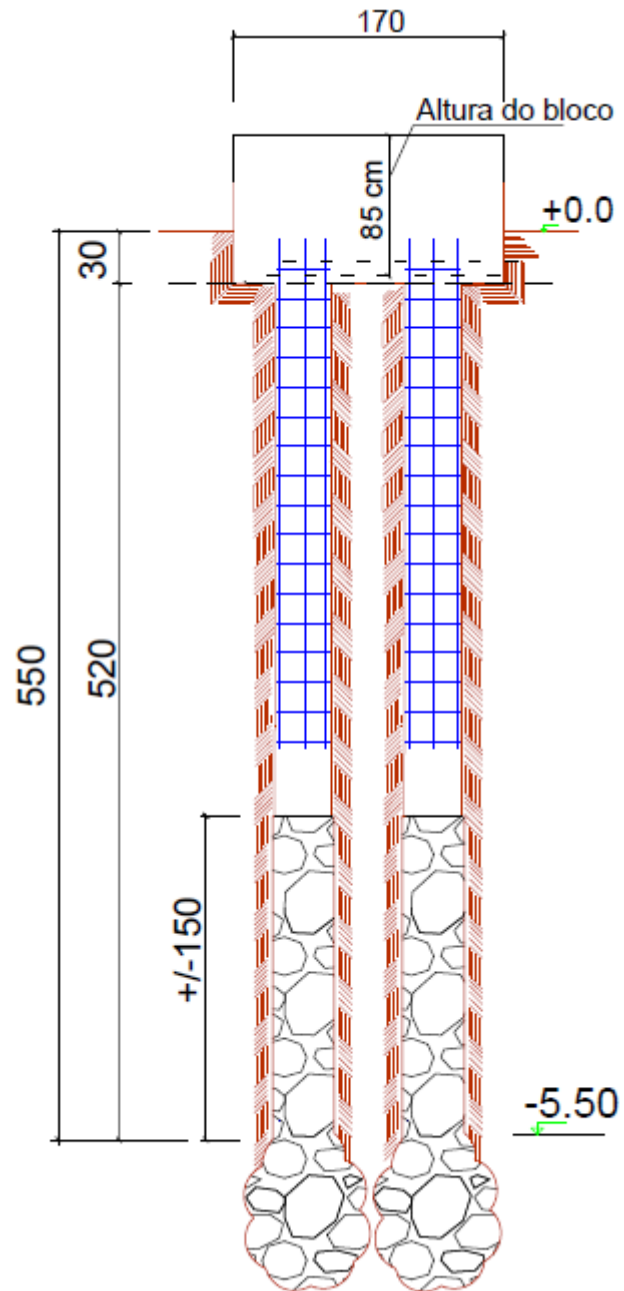
A partir da profundidade de 4m, a consistência do solo passou para média, porém a resistência ainda é baixa, com  $N_{spt} = 7$ . O solo entre as cotas de -6,00m e -11,45m é uma argila arenosa de consistência dura. O  $N_{spt}$  máximo encontrado foi de 48 a uma profundidade de mais de 11m.

Diante dos resultados apresentados, seria impossível empregar um tipo de fundação rasa/direta pois até a profundidade de 3m o solo é muito mole, com baixa resistência e  $N_{spt} < 10$ , o que acarretaria possíveis recalques e outros problemas estruturais.

Portanto, para o solo analisado, o mais indicado é a adoção de fundações profundas. Dentre as opções de fundações profundas, os tubulões não são indicados pois o solo analisado é muito frágil e correria grande risco de desmoronamento. Portanto, o tipo de fundação profunda adotado para execução das fundações do Edifício Condomínio Residencial foi o Novo Método de Estaca Mini Franki. Baseado nos resultados do laudo de sondagem e no método executivo da fundação escolhida, foi determinada a altura  $h$  de compactação das estacas, como mostra a Figura 16, que para todas as estacas será de 1,50m.



Figura 16 – Projeto: Corte das estacas



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021.

A seguir, a Tabela 4 informa a quantidade total de estacas, diâmetros e suas respectivas profundidades.

Tabela 4 – Dados das Estacas

<b>Diâmetro das Estacas (cm)</b>	<b>Quantidade de Estacas</b>	<b>Volume de concreto/m (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Profundidade das Estacas (m)</b>
Estaca Ø50	38	1,08	5,5
Estaca Ø40	19	0,70	5,5
Total	57	54,40	

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021.

Foram executadas 57 estacas no total, com 5,5m de comprimento (diferença entre o nível do terreno e a cota de assentamento das estacas). O volume de concreto é de 54,40m<sup>3</sup>/m, ou seja, para executar todas as 57 estacas serão utilizados, em média, 300m<sup>3</sup> de concreto. De acordo com os parâmetros estabelecidos pela NBR 12665 (ABNT, 2015) o consumo mínimo de cimento para o preparo do concreto utilizado nas estacas deve ser 280 Kg/m<sup>3</sup>. Os cimentos utilizados foram C25 e C30 com *slump* de 12cm.

Mediante a escolha do tipo de fundação e análise da planta de locação dos blocos, foram determinadas as quantidades de estacas executadas por bloco, bem como seus respectivos diâmetros (Tabela 5).

Tabela 5 – Quantidade de estacas por bloco

<b>Bloco</b>	<b>Quantidade de Estacas</b>
B3, B7, B17, B24	1
B1, B2, B6, B10, B13, B15, B16, B20, 23	2
B4, B8, B11, B12, B14, B18, B19, B21, B25	3
B5, B9	4

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021.

### 3.3 ESTACA MINI FRANKI

A Estaca Mini Franki é um método de fundação profunda baseado na necessidade de melhorar o desempenho da resistência de ponta e reduzir a profundidade das estacas, sendo aplicado para perfis geológicos com o nível de água superficial e com valores de  $N_{spt}$  baixos e pouco competentes. É muito eficiente para combater cargas axiais devido ao aumento de resistência de ponta gerado pela compactação dessa. Através desse aumento de resistência, é

possível diminuir o comprimento total da estaca, gerando assim maior economia. Seu diâmetro comercial varia entre 30 e 90cm.

Para um melhor aproveitamento dos benefícios da adoção da estaca Mini Franki, é necessário a realização preliminar de sondagens para prospecção do subsolo, permitindo maior compreensão do solo em questão. O ensaio mais indicado para análise do solo quando se pretende empregar esse novo método é o SPT, pois é através do resultado de  $N_{spt}$  que é determinada a altura de compactação da estaca. Em seguida, é feito a elaboração do projeto estrutural das fundações considerando a solicitação das cargas de toda a edificação. Essa sequência é muito importante pois permitirá maior interação solo/fundação.

Desenvolvida para atingir maiores resistências com profundidades menores, estaca Mini Franki possui diversas vantagens como: facilidade de execução, pouca vibração e ruídos, organização no canteiro de obra, alta resistência de ponta (carga axial), boa produtividade (podendo chegar a 12 estacas por dia dependendo das condições do solo e das profundidades de compactação das estacas) e baixo custo.

### 3.4 PROCESSO EXECUTIVO DA ESTACA MINI FRANKI

Para a confecção das estacas Mini Franki são utilizados os seguintes equipamentos: Perfuratriz (Figura 17) ou trado helicoidal manual, Sonda balde para retirar o excesso de solo do fundo do furo e o Pilão para compactação do fundo.

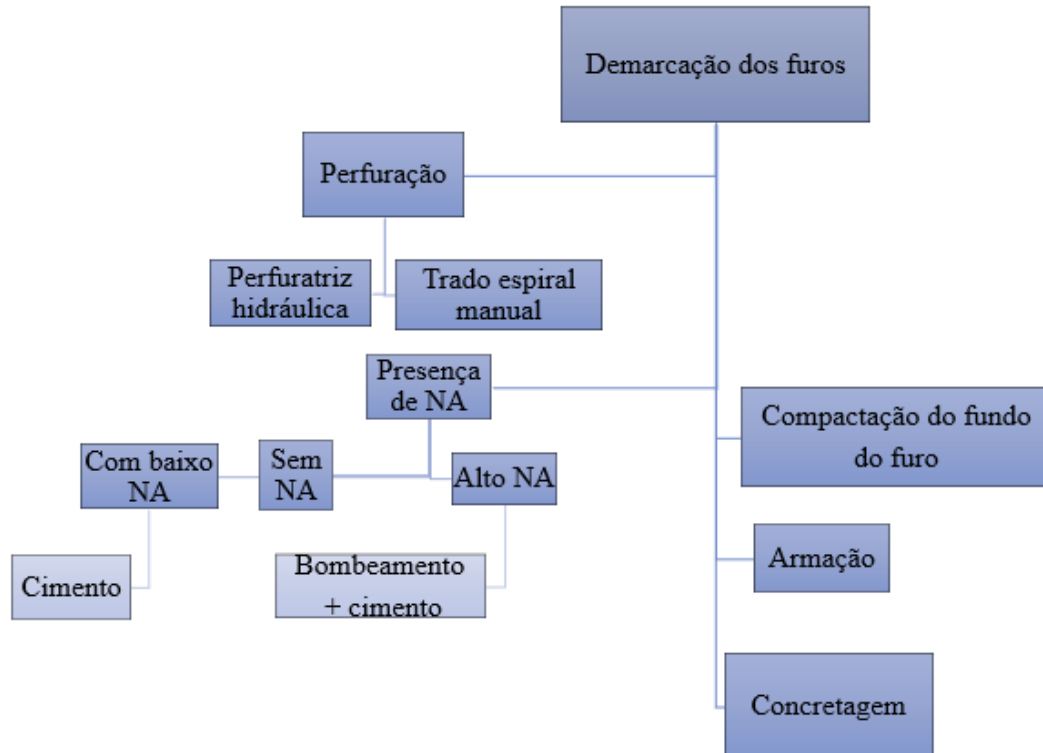
**Figura 17 – Equipamento: Perfuratriz**



Fonte: LOGISPESA, 2019.

O processo de execução das estacas Mini Franki deve seguir algumas etapas, como mostra o fluxograma na Figura 18. Em seguida será explicada e demonstrada cada uma delas.

**Figura 18 – Fluxograma: Etapas de execução da Mini Franki**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021.

De acordo com o fluxograma, após a limpeza do local é feita a demarcação dos furos centralizando a estaca e obedecendo os diâmetros estabelecidos em projeto, como mostra a Figura 19.

**Figura 19 – Demarcação dos furos**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021.

Com os furos já demarcados inicia-se o processo de perfuração das estacas obedecendo as profundidades e os diâmetros estabelecidos no projeto estrutural, como mostra a Figura 20.

**Figura 20 - Perfuração das estacas**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021.

Como a obra fica em local de fácil acesso para maquinários de grande porte e estes são encontrados com facilidade na região, foi utilizada a perfuratriz hidráulica para abertura dos

furos, pois é um método mais produtivo do que a perfuração utilizando o trado helicoidal manual.

É recomendado que retire todo o material solto do fundo do furo. Essa retirada de solo pode ser feita com a sonda balde ou com a própria perfuratriz, utilizando uma manobra rápida que faz com que o solo caia dela. O meio adotado nessa obra foi o da manobra, como mostra a Figura 21.

**Figura 21 – Manobra**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021.

Normalmente, ficam no mínimo 2 operários para retirar o solo que cai ao redor do furo com o objetivo de manter o local organizado e conservar o nível original do terreno. Em seguida é feito a conferência da profundidade dos furos, como mostra a Figura 22.

**Figura 22 – Conferência da profundidade do furo**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021.

Durante a perfuração há 3 possibilidades em relação ao NA: se não for atingido o lençol freático pode prosseguir para a fase de compactação, se houver pouco NA ou se o solo estiver muito úmido é necessário adicionar cimento “secar” o furo, e se houver NA aflorado é necessário fazer o bombeamento dessa água e em seguida adicionar o cimento para garantir que o solo não ficará com excesso de umidade, como mostra a Figura 23.

**Figura 23 – Adição de cimento para controle da umidade nos furos**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021.

A próxima etapa é a compactação da estaca utilizando pedras marroadas (Figura 24) e concreto. Esse é o princípio das estacas Mini Franki, pois através dessa compactação há grande aumento de resistência de ponta.

**Figura 24 – Pedras marroadas**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021.

Primeiro são lançadas pedras marroadas e é feito o apiloamento das mesmas (Figura 25).

**Figura 25 – Lançamento de pedras marroadas para apiloamento**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021.



Através do processo de apiloamento das pedras marroadas, haverá um alargamento da ponta. gerando ganho de resistência axial.

Em seguida será lançado o concreto que foi produzido na obra com traço: 1:1:2:0,60 (cimento, areia, brita 1 e água) como mostra a Figura 26.

**Figura 26 – Preparo do concreto**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021.

Ainda no processo de compactação, agora será lançado o concreto no furo e compactado com o pilão, como mostra a Figura 27.

**Figura 27 – Lançamento do concreto**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021.

Após o lançamento do concreto sobre as pedras marroadas já apiloadas, inicia-se a compactação do concreto, como mostra a. Figura 28.

**Figura 28 – Compactação do concreto**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021.

A compactação é feita utilizando um pilão cilíndrico. O peso desse pilão dependerá da necessidade de cada projeto, quanto maior a solicitação das cargas, maior será a resistência exigida. Portanto, para atingir essa resistência, o mais recomendado é intensificar a compactação do fundo e aumentar a altura  $h$ . Nessa obra foi utilizado o pilão de 100kg, como mostra também a Figura 29.

Esse processo de compactação de pedra marroada com concreto se repetirá até atingir a altura  $h$  de compactação determinada em projeto.

**Figura 29 – Pilão para compactação**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021.

Quando o processo de compactação for concluído, será colocada a armadura da estaca (Figura 30). É importante centralizar e fixar bem a armadura no furo de modo a respeitar o cobrimento determinado em projeto e exigido pela NBR 6118 (ABNT, 2014).

**Figura 30 – Disposição da armadura**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021.

### 3.5 COMPARAÇÃO ENTRE HÉLICE CONTÍNUA E MINI FRANKI

O presente estudo realizou um comparativo entre as estacas Hélice Contínua e o Mini Franki, apresentado na Tabela 6.

**Tabela 6 – Comparativo entre as estacas Hélice Contínua e Mini Franki**

<b>Parâmetros</b>	<b>Hélice Contínua</b>	<b>Mini Franki</b>
<b>Nspt mínimo</b>	$20 < N_{spt} \leq 45$	$1 < N_{spt} \leq 40$
<b>Diâmetros (mm)</b>	250, 300, 350, 400 e 500	Entre 300 e 900*
<b>Resistência de ponta</b>	Ausente	Alta
<b>Produtividade</b>	Entre 250 e 600m/dia	Até 12 estacas/dia
<b>Profundidade</b>	Até 40m	Até 12m*
<b>Custo</b>	35 mil reais	7 mil reais

\*Executados até o momento.

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021.

Através dos resultados de sondagens pelos quais são determinados os valores de Nspt é feita a primeira análise de qual tipo de fundação melhor se adapta ao caso. Para a Hélice Contínua, o valor mínimo de Nspt para execução é de 20, ou seja, não se aplica a solos moles e com baixa resistência. Isso ocorre porque essa estaca não possui resistência de ponta, portanto deve ser assentada em solo mais resistente para “segurar” a estrutura.

Já para o novo método Mini Franki, o Nspt mínimo é de 1, ou seja, pode ser executada em solos moles e sem resistência nenhuma. Isso é possível porque o processo de apiloamento de compactação gera alta resistência de ponta. Ambas estacas podem ser realizadas em solos duros, ou seja, solos mais resistentes.

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2019), a Hélice Contínua pode ser executada em vários diâmetros, como mostra a Tabela 8. Os diâmetros até o presente estudo que já foram executados com a estaca Mini Franki variam entre 30 e 90cm. Portanto, os diâmetros executáveis com a Mini Franki são maiores.

No aspecto resistência de ponta a Mini Franki é excelente. O principal objetivo para a criação desse novo método era exatamente uma estaca com resistência de ponta, permitindo a redução da profundidade total da estaca, consequentemente reduzindo custos. Já a Hélice Contínua não possui resistência de ponta, apenas lateral.

Dependendo do tipo de solo e da profundidade das estacas, é possível executar até 12 estacas por dia utilizando o modelo Mini Franki. Além de ser muito produtivo, o método não

gera excesso de ruídos nem resíduos de obra. Além disso, o maquinário não requer muito espaço para manobra, enquanto a Hélice Contínua requer maior espaço no canteiro de obra para manobra de equipamentos. Apesar dessa desvantagem, a Hélice Contínua possui alta produtividade. Se fossem executadas estacas na profundidade de 12m que é o máximo até então realizada utilizando o método Mini Franki, seriam concluídas 50 estacas Hélice Contínua.

A Hélice Contínua pode ser executada com até 40m de profundidade. Como essa estaca não possui resistência de ponta, ela acaba sendo mais profunda para que sua lateral seja maior, afinal ela combate aos esforços solicitados através da resistência das laterais. No entanto isso pode ser uma desvantagem pois, se considerarmos a alta profundidade, o consumo de materiais é maior, o que aumenta o custo final da obra. Utilizando a estaca Mini Franki, através do aumento de resistência axial, é possível reduzir a profundidade total da estaca, o que contribuir para redução de materiais, reduzindo o custo final.

Uma das principais vantagens do novo método Mini Franki é o baixo custo. Para a obra analisada do Edifício Condomínio Residencial foi realizado um orçamento utilizando a Hélice Contínua e o custo final das estacas seria de 35 mil reais. O proprietário da obra decidiu então pesquisar e optou pelo método Mini Franki e o valor pago para execução das 57 estacas foi de 7 mil reais. Importante ressaltar que o proprietário da obra que arca com os custos dos materiais.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de um déficit em soluções para fundações profundas de baixo custo e com alta resistência de ponta, muito solicitado por projetos estruturais, além de condições desfavoráveis do solo, foi descoberto um novo método de fundação denominado Estaca Mini Franki. A principal compromisso desse novo método é corrigir algumas dessas falhas no solo e aumentar a resistência de ponta necessária à admissão do projeto de fundação. De forma oportuna, determinou-se fazer uma análise comparativa entre os métodos Estaca Mini Franki e Estaca Hélice Contínua.

Ao constatar características semelhantes entre os tipos de estacas em questão, este trabalho de pesquisa teve como objetivo geral analisar o processo executivo do novo método de fundação Estaca Mini Franki e compará-lo ao tipo de estaca semelhante já existente no mercado, o qual seria implementado em uma fundação de edificação residencial na cidade de Goiânia-GO. Tal análise foi efetiva e constatou-se que o método de fundações profundas Estaca Mini Franki é confiável no que se propõe ao ser executado em solos com perfis desfavoráveis.

Como primeiro objetivo específico, este trabalho de conclusão de curso propôs um resumo bibliográfico dos tipos de fundações profundas, bem como da sondagem do solo e à compreensão da adaptação de uma fundação ao solo. Dito isso, conclui-se de forma analítica que os tipos de fundações profundas abrangem uma classe considerável de métodos para execução de tais fundações, as quais exigem um laudo apurado de sondagem para obtenção das informações pertinentes as características do solo que receberá a carga final de toda edificação. Em suma, a fundação deve se adaptar ao tipo de solo e a topografia do terreno a garantir a consolidação da fundação ao terreno e eficácia no método empregado.

Ao considerar os aspectos eminentes em uma fundação profunda, o novo método da Estaca Mini Franki pode ser analisado dinamicamente como segundo objetivo específico deste trabalho de pesquisa, onde foram verificados resultados que condizem com as expectativas de vantagens que suprem os impasses anteriormente descritos em solos problemáticos. Em comparação à Estaca Hélice Contínua, o novo método de fundações profundas se destacou em baixo custo de implementação, alta produtividade na execução e grande capacidade de carga em sua resistência de ponta. No entanto, a Estaca Mini Franki perde produtividade quando há presença de nível de água, pois será necessário a drenagem da água no fundo do furo para dar continuidade ao processo.

Apesar de algumas dificuldades no processo de execução da Estaca Mini Franki devido ao alto nível, este trabalho teve como terceiro objetivo específico o acompanhamento da

execução da obra para melhor compreensão do método estudado, o que foi possível em uma obra situada na cidade de Goiânia-GO.

Devido a demanda de métodos mais econômicos financeiramente e cada vez mais eficazes, este estudo partiu da hipótese de que o método Estaca Mini Franki poderia ser uma solução simples, viável e econômica para problemas corriqueiros do cotidiano das obras de fundações. Isso se dá porque cresce cada vez mais a demanda por edificações de grande porte, porém deseja-se realiza-las com o máximo de agilidade e economia.

Durante este estudo, verificou-se que ocorrem problemas relacionados ao nível de água no solo com baixas profundidades e alto custo de execução para os já existentes. Então foram examinados todos os resultados da análise e constatou-se um aumento na produtividade do novo método de fundações profundas bem como a baixa no custo final da obra de fundação, o que confirma algumas vantagens da Estaca Mini Franki mencionadas anteriormente.

O problema de nível de água pode ser resolvido com o método adotado pelo autor da Estaca Mini Franki, pois elimina todo o volume de água no fundo do furo e permite a compactação da pedra marroada rente ao concreto. Sendo assim, todo processo de execução da Estaca Mini Franki é prático e pode ser efetivado sem demais problemas.

Diante da metodologia proposta, realizou-se uma análise de comparação direta a utilizar parâmetros bibliográficos para investigação dos tipos de fundações profundas e pode-se observar os pontos que competem a essa comparação. No estudo de caso a metodologia explanou aspectos nunca vistos anteriormente ou relatados cientificamente, dito isso podemos notar um grande potencial de reconhecimento do método Estaca Mini Franki analisado. Os resultados apontam uma economia financeira de 400% da Estaca Mini Franki em comparação à Estaca Hélice Contínua. O estudo foi feito especificamente em uma obra na cidade de Goiânia-GO, todavia poderia ter uma amplitude maior em relação a quantidade de resultados a ser comparados.

Ademais, as limitações de análise do novo método de fundações profundas estão restringidas em quantidade de projetos executados e por consequência na precisão dos resultados obtidos no estudo. Sendo assim, poderíamos propor resultados mais eficazes em um estudo onde não houvesse limitações relacionadas a quantidade de obras.

Conclui-se mediante ao exposto neste trabalho de pesquisa, que novos interessados no método de fundações profundas Estaca Mini Franki venham contribuir para novas pesquisas as quais podem levar mais adiante o que foi proposto neste estudo e possibilite a normatização desse novo método classificado nas fundações profundas.

## REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2014. 238 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. 3 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2019. 109 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: Solo - Determinação do limite de liquidez. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2017. 5 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502**: Rochas e solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 1995. 18 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180**: Solo - Determinação do limite de plasticidade. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2016. 3 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182**: Solo - Ensaio de compactação. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2016. 9 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8036**: Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 1983. 3 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9603**: Sondagem a Trado - Procedimento. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2015. 5 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9604**: Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas — Procedimento. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2016. 9 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13292**: Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2021. 13 p.
- AZEREDO, Hélio Alves de. **O edifício até sua cobertura**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1997. 182 p.
- BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Sapatas de fundação**. 2019. 120 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Unesp, Bauru, 2019.
- CONSTRUÇÃO, Brasitalia agregados para construção. **Pedra marroada de mão**. Disponível em: <<http://www.brasitalia.com.br/paginas/produtos/pedra-marroada-de-mao>>. Acesso em: 04 de maio de 2021.
- CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações -Fundamentos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1988. 244 p.



DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER PRO 102**: Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo. Rio de Janeiro: Sinortec, 1997. 24 p.

ENGENHARIA, Civilização Engenharia. **Compactação do solo** – Processo essencial para a Engenharia. Disponível em: <<https://civilizacaoengenharia.wordpress.com/2018/05/11/compactacao-do-solo-processo-essencial-para-a-engenharia/>>. Acesso em: 16 de março de 2021.

EXATAS, Gen Exatas. **Lançamento – Engenharia de Fundações**. Disponível em: <<https://genexatas.com.br/lançamento-engenharia-fundacoes/>>. Acesso em: 04 de maio de 2021.

HACHICH, Waldemar; FALCONI, Frederico F.; SAES, José Luiz; FROTA, Régis G. Q.; CARVALHO, Celso S.; NIYAMA, Sussumu. **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. 762 p.

IGEOLOGICO, Igeologico. **Classificação de solos na geologia de Engenharia**. Disponível em: <<https://igeologico.com.br/classificacao-de-solos-na-geologia-de-engenharia/>>. Acesso em: 12 de março de 2021.

LIMA, Maria José C. Porto A. de. **Prospecção geotécnica do subsolo**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1979. 104 p.

LOGISPESA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LOGÍSTICA PESADA. **Maquinário pesado**. Disponível em: <<https://logispesa.com.br/noticia/35670>>. Acesso em: 06 de maio de 2021.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 355 p.

SCHNEIDER, Nelson Schneider. **Execução de Estacas Franki**. Disponível em: <<https://nelsoschneider.com.br/execucao-de-estacas-franki/>>. Acesso em: 04 de maio de 2021.

SILVA, Francielle Sampaio de Andrade. **FUNDAÇÃO PROFUNDA: estudo de caso em Edifício Residencial na Orla da Graciosa em Palmas - TO**. 2017. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2017.

SONDAGENS, Strato Sondagens. **Sondagens a Percussão – SPT**. Disponível em: <<http://stratosondagens.com.br/sondagens/sondagens-a-percussao-spt/sondagem-spt/>>. Acesso em: 02 de março de 2021.

TECGEO, Sondagens e Fundações TecGeo. **Coleta de amostras indeformadas**. Disponível em: <<http://www.tecgeo.com.br/servicos/coleta-de-amostras-indeformadas-31>>. Acesso em: 28 de abril de 2021.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações: Critérios de projeto | Investigação do subsolo | Fundações superficiais | Fundações profundas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 568 p. Volume completo.

VON TERZAGHI, Karl; PECK, Ralph Brazelton. **Mecânica dos Solos na prática da engenharia**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1962. 659 p. Tradução de a. j. da costa nunes.  
WEB, Engenheiro Web. **Estaca Hélice Contínua**: Tudo que você precisa saber. Disponível em: <https://engenheironaweb.com/2020/09/20/estaca-helice-continua-tudo-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em: 05 de maio de 2021.

## ANEXO A – Laudo De Sondagem Spt

FURO  
SP 01

## PERFIL DE SONDAÇÃO - SPT

Profundidade (m)	Número da amostra	Nível D'água (m)	Soma do número de golpes		RESIST. A PENETRAÇÃO DO BARRILHETE TIPO SPT					Perfil Geológico	DESCRIÇÃO DO MATERIAL				
					1ª+2ª		2ª+3ª		GRÁFICO DO N.º GOLPES					DESCRIÇÃO TÁCTIL VISUAL	
					10	20	30	40	50						
-1,00	0										Argila arenosa vermelha				
-2,00	1		3	4							Argila arenosa mole vermelha				
-3,00	2		4	5							Argila arenosa mole vermelha				
-4,00	3		6	7							Argila arenosa média vermelha				
-5,00	4		7	7							Argila arenosa média vermelha				
-6,00	5		10	10							Argila arenosa média variegada com pedregulhos				
-7,00	6		17	22							Argila arenosa dura variegada com pedregulhos				
-8,00	7		31	35							Argila arenosa dura variegada com pedregulhos				
-9,00	8		15	17							Argila arenosa rija vermelha com pedregulhos				
-10,00	9		19	21							Argila arenosa dura vermelha com pedregulhos				
-11,00	10		14	24							Argila arenosa dura vermelha com pedregulhos				
-11,45	11		33	48							Argila arenosa dura vermelha com pedregulhos				
	12														
	13														
	14														
	15														
	16														
	17														
	18														
	19														
ENSAIO LAVAGEM (MIN.)					10	20	30								
AVANÇO A CADA 10 MIN. (cm)															
MEDIDAS DE NÍVEL D'ÁGUA															
DATA	HORA	N.A. (m)	Prof. Furo												
05/02/21		-5,30	-11,45												