



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO  
MESQUITA FILHO”

CAMPUS ILHA SOLTEIRA - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

**Análise Comparativa entre Projetos de Fundação  
focados na Engenharia de Valor - Estaca Hélice  
Contínua *versus* Estaca Escavada:- Estudo de Caso**

**Guilherme de Barros Oliveira**



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO  
MESQUITA FILHO”

CAMPUS ILHA SOLTEIRA- DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

**Guilherme de Barros Oliveira**

**Análise Comparativa entre Projetos de Fundação focada na  
Engenharia de Valor - Estaca Hélice Contínua versus Estaca  
Escavada - Estudo de Caso**

*Trabalho de Curso desenvolvido no Departamento  
de Engenharia Civil (DEC) da Faculdade de  
Engenharia do campus de Ilha Solteira (FEIS), da  
Universidade Estadual Paulista “Julio de  
Mesquita Filho” (UNESP), como parte das  
Atividades de .*

**Orientador:** Prof Dr Adriano Souza

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- O48a Oliveira, Guilherme de Barros.  
Análise comparativa entre projetos de fundação focados na engenharia de valor - estaca hélice contínua vs estaca escavada: estudo de caso / Guilherme de Barros Oliveira. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024  
42 f. : il.
- Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) -  
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira,  
2024
- Orientador: Adriano Souza
- Inclui bibliografia
1. Fundação profunda. 2. Estaca hélice contínua. 3. Estaca escavada. 4.  
Análise de custo. 5. Custo-benefício.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno: GUILHERME DE BARROS OLIVEIRA

Título: Análise comparativa entre projetos de fundações focados na engenharia de valor – Estaca hélice contínua *versus* estaca escavada: Estudo de caso


Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como parte dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Civil, junto ao Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Ilha Solteira

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Adriano Souza

UNESP – Campus de Ilha Solteira (Orientador)



Prof. Dr. Marco Antonio de Moraes Alcantara

UNESP – Campus de Ilha Solteira



Prof. MSc Rodrigo Andraus Bispo

UNESP – Campus de Ilha Solteira

Ilha Solteira

22/07/2024

## **Agradecimentos**

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus, que em todos os momentos de dificuldade me manteve de pé. Dedico também aos meus pais e familiares, sempre presentes e que me apoiaram em toda essa jornada. Serei eternamente grato a todo o apoio, suporte e principalmente carinho e amor demonstrados durante toda a trajetória, indispensáveis para que esse momento pudesse se tornar realidade. Agradeço também a todos meus amigos que se mostraram família nos momentos difíceis, sendo eles de convívio diário na república onde residimos, ou colegas de sala que também sempre se faziam presentes. Levarei sempre com um sorriso no rosto as lembranças que juntos criamos, muito obrigado por fazerem parte da minha vida e formação. Também aos amigos que tive o prazer de conhecer na trajetória de estágio na cidade de Ribeirão Preto e a todos os engenheiros e equipes que comigo trabalharam, que muito me ensinaram. Por fim, mas não menos importante, agradeço imensamente a todos os discentes com que tive a honra de aprender e crescer como pessoa e profissional, e em especial ao Prof. Dr. Adriano Souza, que me acompanhou e auxiliou de forma extraordinária nessa reta final de curso compartilhando comigo seus conhecimentos e experiências, nada desse trabalho seria possível sem você.

## **Resumo**

Neste trabalho, com base nas competências adquiridas durante a graduação em Engenharia Civil, avaliou-se duas possibilidades reais de fundação para um edifício de 4 pavimentos (térreo+3) na cidade de Ribeirão Preto. Para isso definiu-se primeiramente com pesquisa a bibliografia o que é fundação e quais são os principais métodos de execução, aprofundando-se nas características das fundações profundas abordadas. Uma vez validada a execução de ambas após a análise da revisão bibliográfica e dos projetos reais do caso, discorreu-se sobre os parâmetros que embasaram a decisão da engenharia de canteiro sobre qual optar, sendo a principal delas a relação de custo-benefício entre os dois métodos que leva em consideração as características de executabilidade e custo operacional.

**Palavras chave:** Fundação profunda; estacas escavadas, estacas hélice contínua, análise de custo, custo benefício.

## **Abstract**

In this paper, based on the competencies acquired during the Civil Engineering undergraduate program, two real possibilities of foundation for a 4-story building (ground floor + 3) in Ribeirão Preto were evaluated. To achieve this, the first step involved researching the literature to define what foundation entails and identifying the primary execution methods, with a focus on deep foundations characteristics.

Once both methods were validated through a bibliographic review and analysis of real projects, the study discussed the parameters guiding the construction engineering decision on which option to choose. The primary consideration was the cost-benefit ratio between the two methods, taking into account factors such as executability and operational costs.

**Key words:** Deep foundation; drilled pile; continuous flight auger pile; civil engineering; cost-benefit;

Lista de Figuras:

**Figura 1-** Estrutura de Fundação

**Figura 2** – Fundação rasa (bloco)

**Figura 3** – Fundação rasa (sapatas corridas)

**Figura 4** – Fundação rasa (sapata)

**Figura 5** – Fundação rasa (radier)

**Figura 6** – Fundação profunda (tubulão)

**Figura 7** – Fundação profunda (estaca)

**Figura 8** – Perfuratriz mecânica.

**Figura 9** – Sequência de confecção da estaca escavada de pequeno diâmetro com perfuratriz mecânica.

**Figura 10** – Sequência executiva da estaca hélice contínua.

**Figura 11** – Perfuração da estaca hélice contínua.

**Figura 12** – Tampa metálica recuperável.

**Figura 13** - Representação da teoria de Milititsky - Execução de estacas próximas em curto intervalo de tempo.

**Figura 14** – Limpeza do trato durante a execução da estaca.

**Figura 15** - Limpeza do terreno com retroescavadeira após a concretagem da estaca.

**Figura 16** - Armadura da estaca hélice contínua com espaçadores plásticos.

**Figura 17** - Armadura da estaca hélice contínua com espaçadores plásticos.

**Figura 18** – Aparelho para monitoramento de estaca hélice contínua TARACORD.

**Figura 19** – Relatório de informações da estaca hélice contínua obtido do TARACORD.

**Figura 20** - Armadura da estaca hélice contínua com espaçadores plásticos.

**Figura 21** - Etapas na execução de sondagem a percussão: (a) avanço da sondagem por desagregação e lavagem; (b): ensaio de penetração dinâmica (SPT).

**Figura 22** – Exemplo de um perfil de sondagem obtido em um ensaio SPT.

**Figura 23** – Planta do empreendimento.

**Figura 24** – Planta da Torre 2.

**Figura 25** – Localização dos ensaios SPT (SP4 e SP6).

**Figura 26** – Perfis do ensaios SPT (SP4 e SP6).

**Figura 27** - Planta de estaqueamento – Estaca escavada ( $\varnothing = 35$  cm).

**Figura 28** – Planta de estaqueamento – Estaca hélice contínua ( $\varnothing = 35$  cm).

**Figura 29** – Detalhamento da armadura das estacas.

**Figura 30** – Orçamento e contrato da prestação de serviço original – Estaca Hélice Contínua.

**Figura 31** – Orçamento e contrato da prestação de serviço revisado – Estaca Escavada.

# ÍNDICE

<b>1. Introdução.....</b>	<b>10</b>
<b>2. Objetivo.....</b>	<b>11</b>
2.1 Objetivo Geral.....	11
2.2 Objetivos Específicos.....	11
<b>3. Revisão bibliográfica .....</b>	<b>12</b>
3.1 Fundações.....	12
3.2 Estacas Escavadas de Pequeno Diâmetro com Perfuratriz Mecânica.....	16
3.3 Estacas Hélice Contínua.....	17
3.3.1 Perfuração.....	18
3.3.2 Concretagem .....	20
3.3.3 Colocação da Armadura .....	22
3.3.4 Monitoramento .....	23
3.4. Parâmetros de Resistência dos Solos .....	25
<b>4. Materiais e Metodologia .....</b>	<b>28</b>
4.1 Materiais.....	28
4.1.1 Tabela de Vantagens e Desvantagens das Estacas Escavadas e Hélice Contínua.....	28
4.1.2 Planta do Empreendimento.....	29
4.1.3 Planta de Locação dos Pontos dos Ensaios SPT .....	31
4.1.4 Planta de Estaqueamento (Estacas Escavadas e Hélice Contínua) .....	32
4.1.5 Planta de Detalhamento da Armadura (Estacas Escavadas e Hélice Contínua).....	35
4.2 Metodologia.....	35
<b>5. Análises e Discussões .....</b>	<b>36</b>
<b>6. Conclusões.....</b>	<b>40</b>
<b>7. Referências bibliográficas.....</b>	<b>41</b>

## 1. Introdução

A engenharia civil tem por objetivo a formação de profissionais capazes de projetar, gerenciar e executar obras e construções atentando-se à segurança, eficiência e bom custo-benefício. Com os avanços da sociedade a construção civil também viu em seus meios o desenvolvimento de novas técnicas construtivas bem como o desenvolvimento de novos métodos, dando ainda mais valor as fundações, base de toda e quaisquer estrutura.

A fundação é responsável pela transferência da carga de qualquer construção para o solo, de forma segura respeitando a capacidade do mesmo, buscando eficiência atrelada a grande executabilidade, tanto processual quanto financeira. Para tal é de grande valia a execução coerente do ensaio denominado SPT (Standard penetration test) explicitando as características do solo e indicando quais as demandas a serem atendidas.

Existem inúmeros tipos de fundações que se dividem em dois grandes grupos: Fundações rasas e Fundações profundas. O presente trabalho aborda as fundações profundas, especificamente dois tipos delas: estaca hélice contínua e estaca escavada. Uma vez expostas as características e métodos produtivos de cada uma delas, podemos analisar qual melhor se adequa a cada tipo de demanda, bem como a mais viável nas condições deste caso, do ponto de vista financeiro e de execução.

A exposição da análise desse caso real visa chamar atenção para a importância dos conhecimentos técnicos do engenheiro de obra para tomada de decisão em canteiro, tornando clara a relação do resultado financeiro da obra com a capacidade técnica e de tomada de decisão de quem está a sua frente.

## 2. Objetivo

### 2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como intuito analisar um projeto de fundação existente com base nas metodologias de capacidade de carga de estacas tipo hélice contínua e escavada, implantadas na argila porosa com presença de lençol freático. A análise se baseia nos três furos de sondagens preliminares e disponíveis para elaboração do projeto, e nos resultados de provas de carga estáticas, executadas a priori, buscando-se obter os coeficientes de variação dos referidos métodos de previsão de capacidade de carga. Por fim, compara-se as opções para tomada da melhor decisão no sentido financeiro, garantindo a segurança e aplicando a engenharia de valor, no que diz sentido a relação custo-benefício visando o retorno financeiro.

### 2.2 Objetivos Específicos

Analisar o comportamento e investimento necessário para estaca tipo hélice contínua monitorada, implantada em argila porosa com presença de lençol freático em confronto com o comportamento e investimento necessário para substituição para estaca escavada de pequeno diâmetro.

- Buscar dentre os métodos semi-empíricos, de capacidade de carga, mais usados na região, os que melhor se aplicam as estacas, quando instaladas em argila porosa e com presença de lençol freático;
- Comparar todos os resultados da amostragem, afim de alcançar um padrão comum para esta tipologia de estaca e solo;

### 3. Revisão bibliográfica

#### 3.1 Fundações

As fundações (Figura 1) são estruturas projetadas para suportar as cargas advindas da superestrutura de uma edificação, e transferindo-as ao solo de fundação de forma segura (FALCONI et al., 2019). Por este motivo necessitam de projetos, os quais se baseiam em parâmetros de capacidade de carga do solo obtidos com a realização de ensaios e sondagens de campo realizados no local onde será construída a edificação, tornando-as mais seguras e favorecendo a relação custo-benefício (VELLOSO e LOPES, 2011).

**Figura 1.** Estrutura de fundação.



Fonte: Google (2024a)

As fundações se dividem em dois grandes grupos, que se diferenciam pela profundidade de apoio das mesmas no solo, a saber: fundações rasas e fundações profundas.

As fundações rasas são aquelas em que a carga da superestrutura é transmitida diretamente ao solo de fundação. São executadas em valas rasas, com profundidade máxima de 3 m, que normalmente é o limite de sua cota de apoio. São caracterizadas por blocos (Figura 2), sapatas corridas (Figura 3), sapatas (Figura 4) e *radiers* (Figura 5)(SOUZA,

2024).

**Figura 2.** Fundação rasa (bloco).



Fonte: Google (2024b).

**Figura 3.** Fundação rasa (sapata corrida).



Fonte: Google (2024c).

**Figura 4.** Fundação rasa (sapata).



Fonte: Google (2024d).

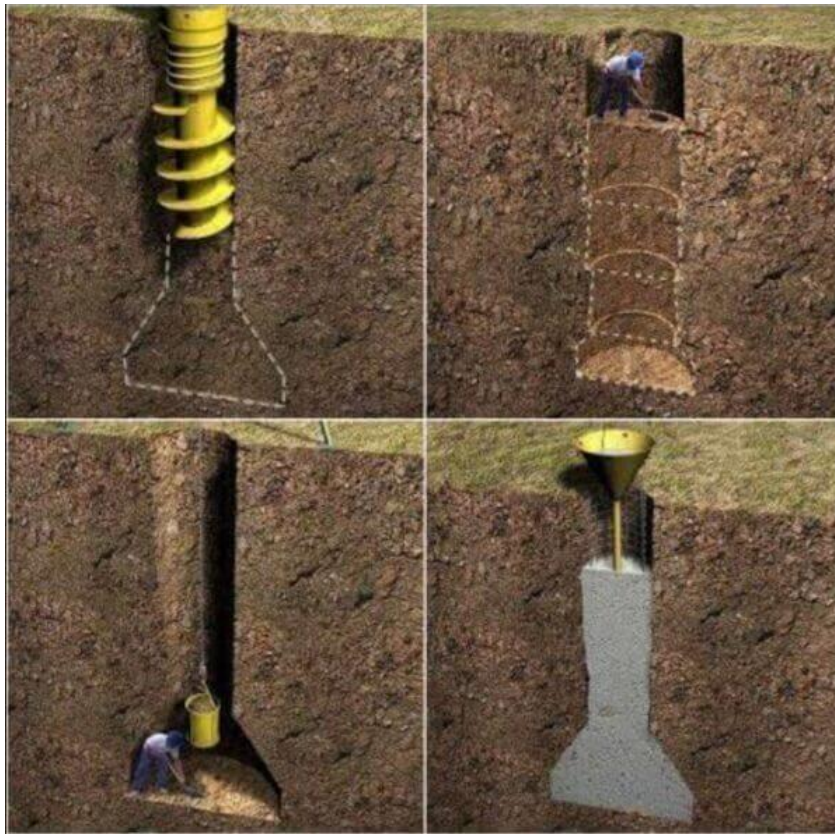
**Figura 5.** Fundação rasa (*radier*).



Fonte: Google (2024e).

As fundações profundas são aquelas que transferem a carga por efeito de atrito lateral no contato fuste-solo e/ou carga pelo efeito da resistência de ponta. A cota de apoio destas estruturas são em profundidade superiores a 3 m. Compõe este grupo os tubulões (Figura 6) e as estacas (Figura 7)(SOUZA, 2024).

**Figura 6.** Fundação profunda (tubulão).



Fonte: Google (2024f).

**Figura 7.** Fundação profunda (estaca).



Fonte: Google (2024g).

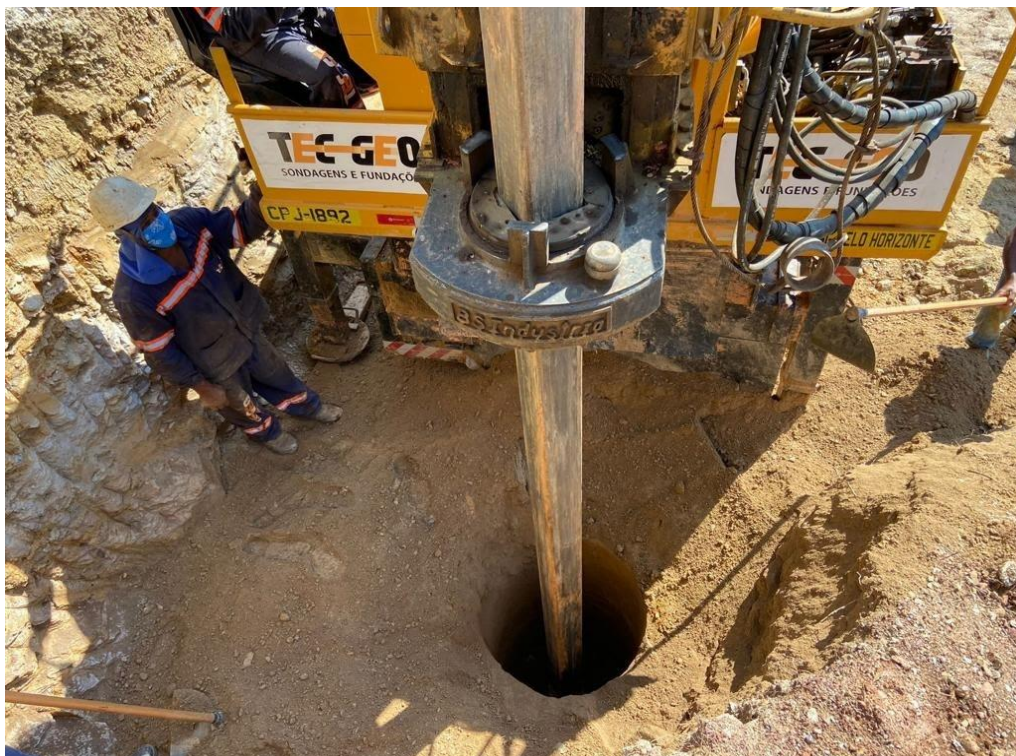
Neste trabalho foram avaliadas e comparadas, técnica e economicamente, duas soluções do projeto em fundações profundas para um edifício, sendo a primeira em estacas escavadas de pequeno diâmetro com perfuratriz mecânica, e a segunda em estacas hélice contínua, seguindo as prescrições da norma NBR 6122 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2019).

### 3.2 Estacas Escavadas de Pequeno Diâmetro com Perfuratriz Mecânica

A NBR 6122 (ABNT, 2019) define que a estaca escavada mecanicamente é um tipo de fundação profunda, que tem a escavação de seu fuste, com uso ou não de fluido estabilizante, sem revestimento ou com revestimento parcial ou total, e posterior concretagem.

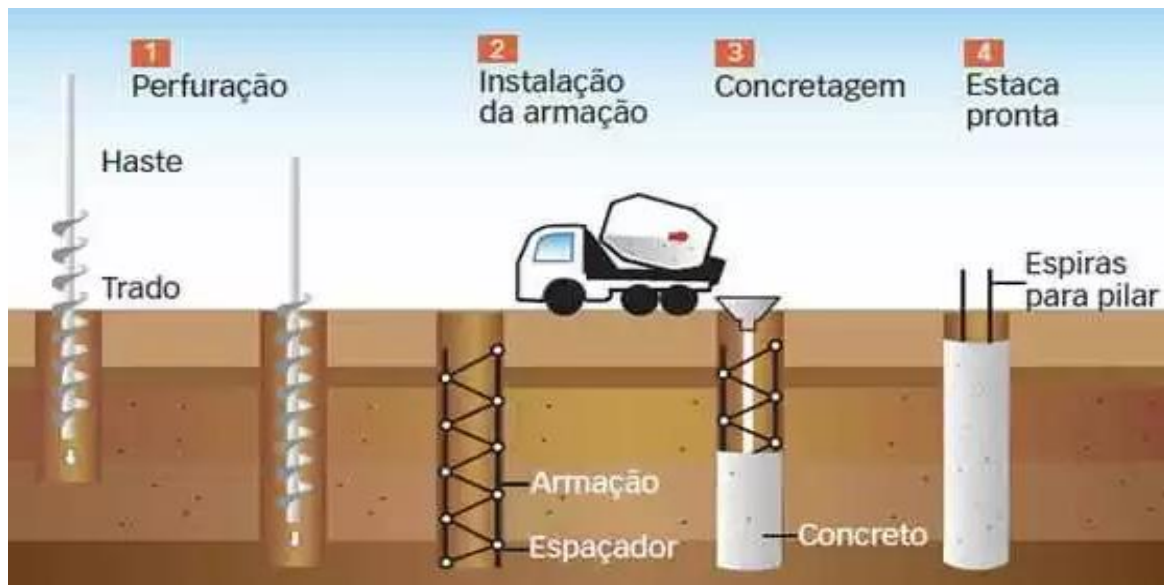
Souza (2024) comenta que a perfuratriz mecânica (Figura 8) abre o fuste da estaca no solo com um movimento de rotação descendente, na sequência remove o material solto para a superfície com o movimento de traslação ascendente. Esse tipo de estaca apresenta como vantagem a praticidade (versatilidade e mobilidade) mas restringe sua utilização a solos que não apresentem deslocamento de material das paredes da estaca e em profundidades acima do nível d'água (Figura 9).

**Figura 8.** Perfuratriz mecânica.



Fonte: Google (2024h).

**Figura 9.** Sequência de confecção da estaca escavada de pequeno diâmetro com perfuratriz mecânica.



Fonte: Google (2024i).

Após a escavação e a remoção do material solto, é inserida a armadura da estaca e posteriormente é feita a concretagem.

Amplamente utilizada nos canteiros de obra, esse método é um dos mais comuns para estacas tendo em vista a praticidade e baixo custo, aliados ao fato de não causar vibração no solo durante o processo de execução, portanto, não influenciando nas estruturas vizinhas existentes (CAMPOS, 2002).

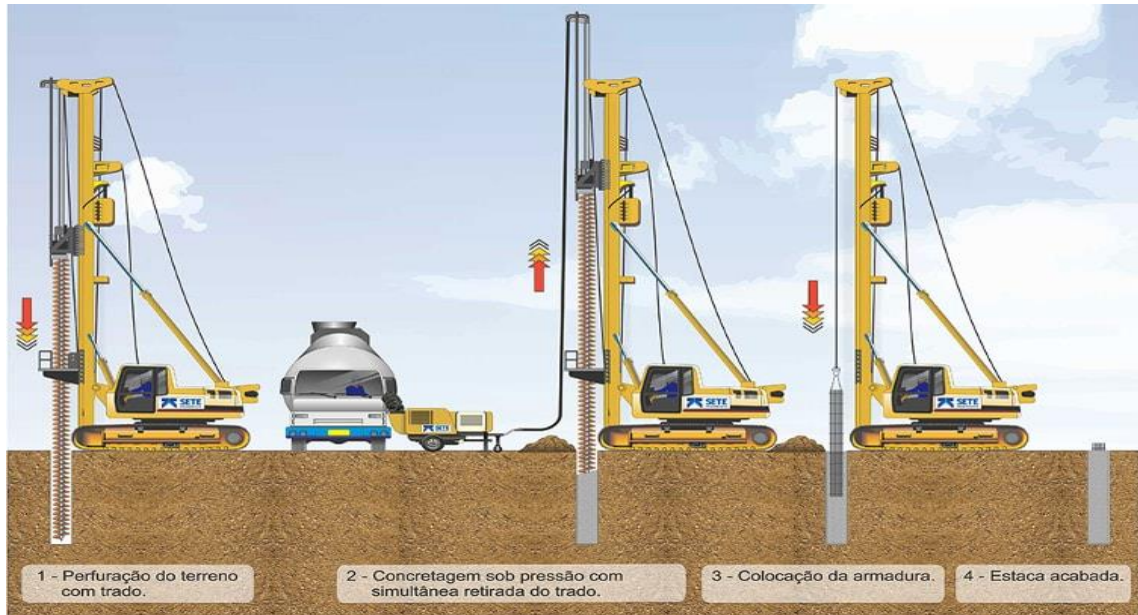
### 3.3 Estacas Hélice Contínua

Trata-se de uma estaca de concreto moldada *in loco* (Figura 10), feita através de perfuração com um trado helicoidal (do tipo parafuso sem fim) dotado de perfuratriz e uma mesa rotatória que aplicam um torque até que se atinja a profundidade de projeto, com injeção de concreto pela haste central do trado simultaneamente a sua retirada. É classificada como fundação profunda, e sua metodologia de execução possui três etapas: perfuração, concretagem e instalação da armadura.

Apresenta como vantagem a capacidade de trabalhar em solos que não apresentam coesão e abaixo do nível d'água, sendo essa sua principal forma de utilização, embora seu processo seja mais oneroso e menos versátil em termos gerais, sendo sabido que o acesso a esse tipo de mão de obra se restringe em algumas localidades.

A execução das estacas se divide nas três etapas: a) perfuração, b) concretagem e c) instalação da armadura (NETO, 2002) como podem ser vistas na Figura 10.

**Figura 10.** Sequência executiva da estaca hélice contínua.



Fonte: Google (2024j).

### 3.3.1 Perfuração

A NBR 6122 (ABNT, 2019) define que esta etapa consiste no processo de introdução, até a profundidade estabelecida em projeto, por rotação e torque do trado de perfuração da hélice contínua, sem a retirada do solo escavado por ela (Figura 11). Durante esta etapa o solo é bloqueado pelo fundo do trado, e assim o material preenche as hélices do trado.

**Figura 11.** Perfuração da estaca hélice contínua.



Fonte: Google (2024k)

Para evitar que durante o processo de penetração do trado hélice no terreno haja entrada de solo ou água no interior da haste tubular, instala-se uma tampa metálica provisória, a qual será expulsa e recuperada na fase da concretagem (Figura 12).

**Figura 12.** Tampa metálica recuperável.



Fonte: Geofix (2024).

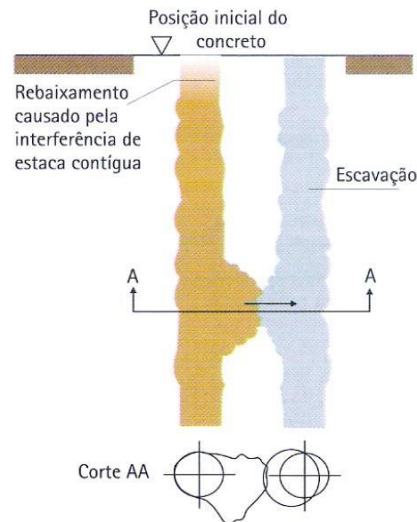
Penna *et al.* (1999) comentam outro cuidado a ser tomado durante a introdução do trado, que se trata de eventual desconfinamento provocado pela remoção (transporte) excessivo do solo durante a sua penetração. Isto é conseguido tomando-se o cuidado para que a velocidade de penetração do trado seja igual ou bem próxima ao produto da velocidade de rotação do trado pelo seu passo. Quando a velocidade de penetração do trado é muito maior, a probabilidade de prendê-lo é grande, em contrapartida, quando essa velocidade é muito menor o trado funciona como um transportador provocando, assim, o desconfinamento do solo circundante com a conseqüente perda de capacidade de carga.

Toda a perfuração de uma estaca Hélice Contínua é monitorada eletronicamente por meio de um computador instalado na cabine de comando e ligado a sensores que o alimentam continuamente com informações sobre os processos. As informações geradas por esses sensores são:

- a) Profundidade de penetração;
- b) Inclinação da torre;
- c) Velocidade de Rotação e de avanço, e
- d) Pressão hidráulica no sistema de torque.

Milititsky (1991) comenta que uma das restrições que deve ser tomada e analisada, durante a elaboração do plano de atuação, é quanto ao cuidado de não ser executada duas estacas com distanciamentos entre os eixos inferiores a cinco vezes o diâmetro da maior em intervalos de tempo inferior a 12 h, para não afetar a integridade da estaca (Figura 13).

**Figura 13.** Representação da teoria de Milititsky - Execução de estacas próximas em curto intervalo de tempo.



Fonte: Freire (2010)

### 3.3.2 Concretagem

Atendida a profundidade de perfuração definida no projeto dá-se início a etapa de concretagem, que é realizada simultaneamente com a retirada do trado hélice no solo. É de extrema importância que antes do início da concretagem o operador levante o trado cerca de 30 cm para garantir a expulsão da tampa.

A retirada do trado deve ser de forma lenta e contínua sem que haja rotação da hélice, exceto em casos de solos arenosos que é permitido a rotação no sentido da perfuração.

A extração do trado é controlada em função da pressão do concreto ejetado, que deve ser sempre positiva ou no mínimo zero, está varia conforme as camadas de solos, pois, estes apresentam diferentes resistências. A manutenção da pressão positiva visa garantir a continuidade e a integridade do fuste da estaca (Netto, 2002).

O concreto utilizado nas estacas deve apresentar as seguintes características:

Resistência característica ( $f_{ck}$ ): 20 MPa

Fator água-cimento (a/c) ser aproximadamente 0,55

Slump test:  $22 \pm 2$  cm

Agregados: Areia e Pedrisco

Consumo mínimo de cimento: 400 kg/m<sup>3</sup> de concreto

No momento da extração é importante que fique um trabalhador denominado de frente de máquina fazendo a limpeza do solo que fica preso na hélice como pode ser visto na Figura 14, o solo removido ao fim do processo de concretagem deve ser retirado da área de trabalho com a ajuda da retroscavadeira como é mostrado na Figura 15.

**Figura 14.** Limpeza do trado durante a execução da estaca.



Fonte: Freire (2010).

**Figura 15.** Limpeza do terreno com retroscavadeira após a concretagem da estaca.



Fonte: Freire (2010).

Durante o processo de concretagem são monitorados:

- a) Velocidade de extração;
- b) Pressão do concreto, e
- c) Volume de concreto lançado.

### 3.3.3 Colocação da Armadura

Terminado o processo de concretagem se dá início a colocação da armadura, na qual deve-se tomar cuidado para que o tempo entre estes dois processos seja o menor possível. Outro aspecto relevante é em relação ao alinhamento da armadura fazendo com que ela entre de forma retilínea, em especial nas estacas que receberam tirantes para a realização do ensaio de prova de carga estática (Figura 16). Outro cuidado que deve ser tomado é quanto à garantia da cobertura mínima para as armaduras, para tal é colocado espaçadores (Figura 17).

**Figura 16.** Armadura de estaca hélice contínua com espaçadores plásticos.



Fonte: Pereira (2022).

**Figura 17.** Armadura de estaca hélice contínua com espaçadores plásticos.



Fonte: Freire (2010).

Para facilitar a sua introdução a armadura longitudinal deve ser convenientemente projetada, de modo a ter um peso e uma rigidez compatíveis com seu comprimento. (PENNA *et. al.*, 1999). Normalmente a armadura é colocada manualmente, com ajuda da retroescavadeira ou até mesmo com a própria mesa da perfuratriz.

### **3.3.4 Monitoramento**

As estacas hélice contínua são monitoradas em sua execução por meio de um sistema computadorizado específico.

O equipamento mais comumente utilizado no Brasil é o aparelho denominado de TARACORD (Figura 18), o qual permite a obtenção dos seguintes dados: profundidade, tempo, inclinação da torre, velocidade de penetração do trado, velocidade de rotação do trado, torque, velocidade de retirada (extração) da hélice, volume de concreto lançado e pressão do concreto.

Estes dados são acompanhados pelo operador da perfuratriz, por meio de um monitor instalado na cabine, em tempo real durante a execução da estaca, o equipamento produz uma folha de controle com os referidos dados. Esta folha de controle pode ser impressa no local ou armazenada em cartão de memória, A Figura 19 apresenta um exemplo de folha de

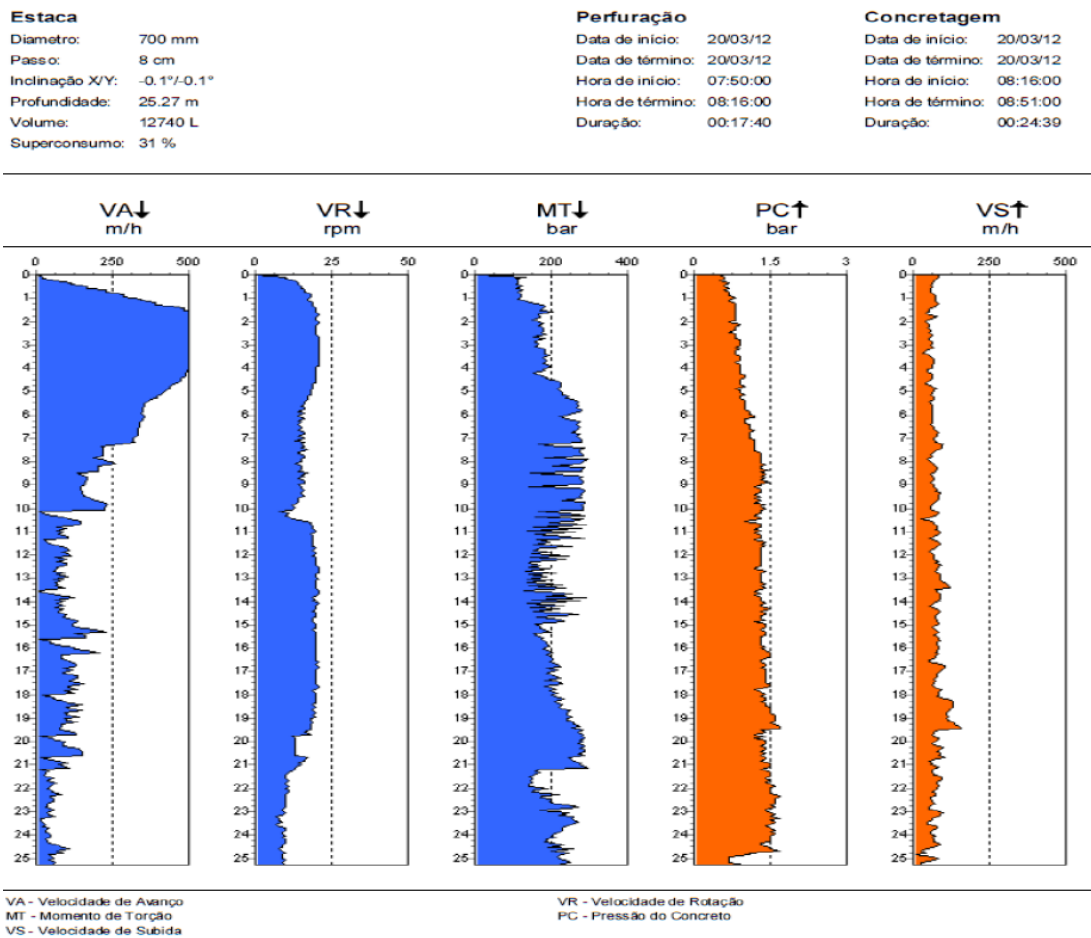
controle de execução de uma estaca.

**Figura 18.** Aparelho de monitoramento para estacas hélice contínua TARACORD.



Fonte: Geofix (2024).

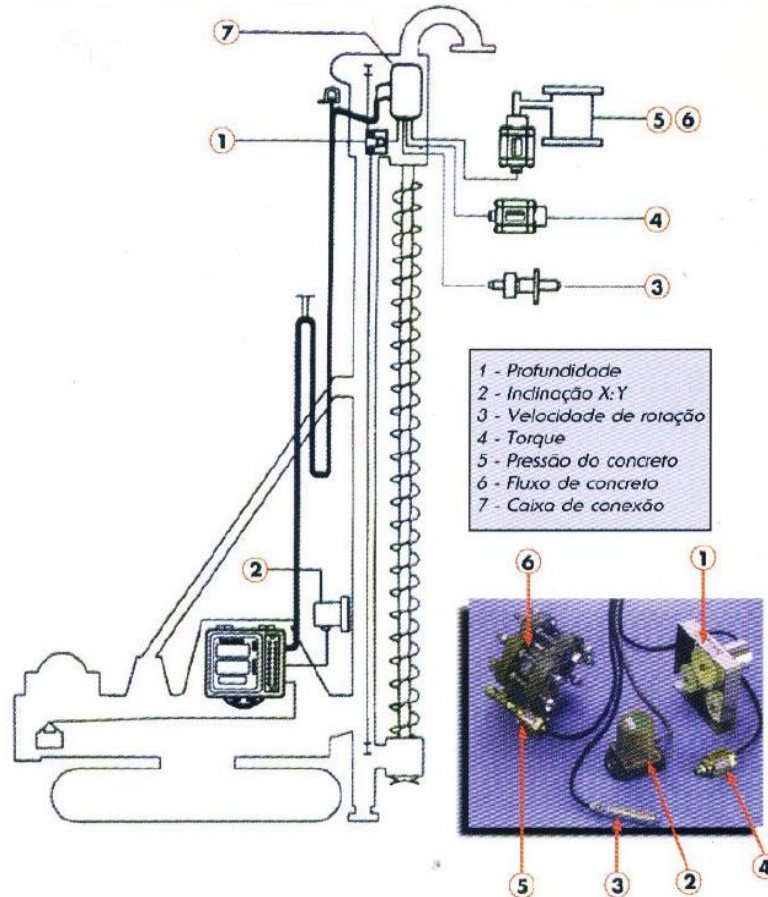
**Figura 19.** Relatório de informações da estaca hélice contínua obtido com o TARACORD.



Fonte: Geofix (2024).

O TARACORD é um instrumento constituído por um computador e vários sensores instalados na perfuratriz por meio de cabos elétricos (Figura 20).

**Figura 20.** Armadura de estaca hélice contínua com espaçadores plásticos.



Fonte: Geofix (2024).

### 3.4. Parâmetros de Resistência dos Solos

A determinação *in situ* dos parâmetros de resistência dos solos, em suas respectivas camadas é de extrema importância tanto para a escolha da fundação quanto para o dimensionamento da mesma.

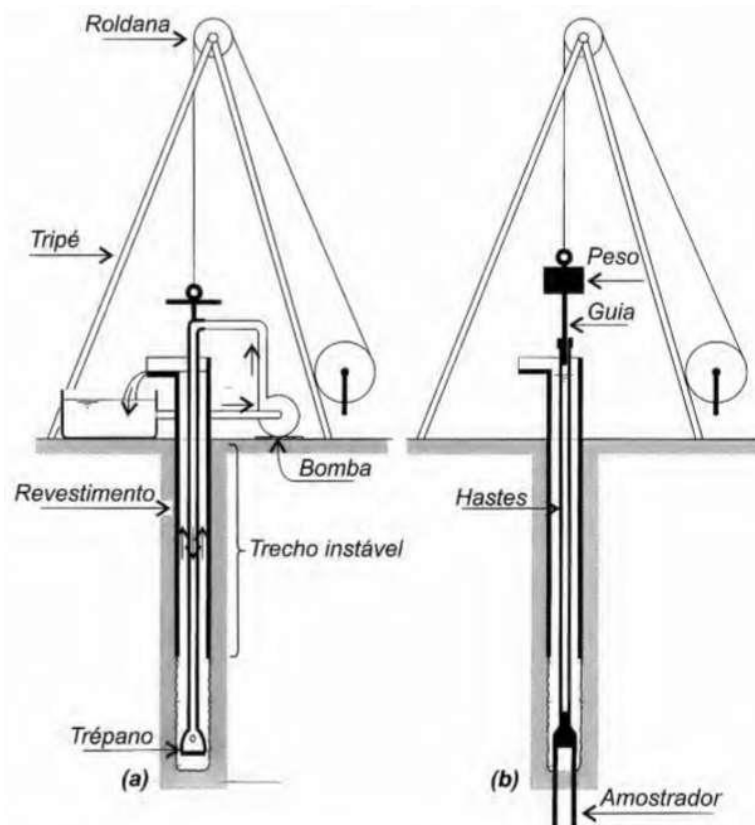
No Brasil, o Standard Penetration Test (SPT) também chamado de sondagem à percussão ou de simples reconhecimento é sem dúvida, a mais popular, rotineira e econômica ferramenta de investigação geotécnica em praticamente todo o mundo, pois possui um procedimento de simples execução (DANZIGER, 2007).

A NBR 6484/2020 normatiza esse ensaio que se compõem em medir a resistência à

penetração do solo com a aquisição de amostras representativas a cada metro. A utilização de trado e circulação de água são as etapas que configuram a perfuração do terreno. As amostras representativas do solo são coletadas a cada metro de profundidade por meio de um amostrador padronizado, com diâmetro externo de 50 mm. O ensaio, conforme previsto em norma, consiste basicamente na cravação do amostrador padrão no solo, através de queda livre de um peso de 65 kg, caindo de uma altura de 75 cm.

Com o auxílio de um “trado cavadeira”, perfura-se o terreno até a profundidade de 1 m para o começo da penetração dinâmica. A queda do peso de 65 kg de modo repetitivo limita-se a penetração de 45 cm, subdividindo-se em três etapas de 15 cm, sempre anotando o número de golpes para cravar cada ciclo de 15 cm, a soma dos golpes dos 30 cm iniciais compõe o  $N_{SPT}$  inicial, por outro lado o  $N_{SPT}$  final é formado pela soma dos golpes dos 30 cm finais da cravação, sendo o último, normalmente, adotado para o dimensionamento de fundações  $N_{SPT}$  final, muitas vezes, representa melhor a condição natural do terreno, visto que no avanço da sondagem por desagregação e lavagem podem descaracterizar as condições naturais do solo nos 15 cm iniciais (Figura 21).

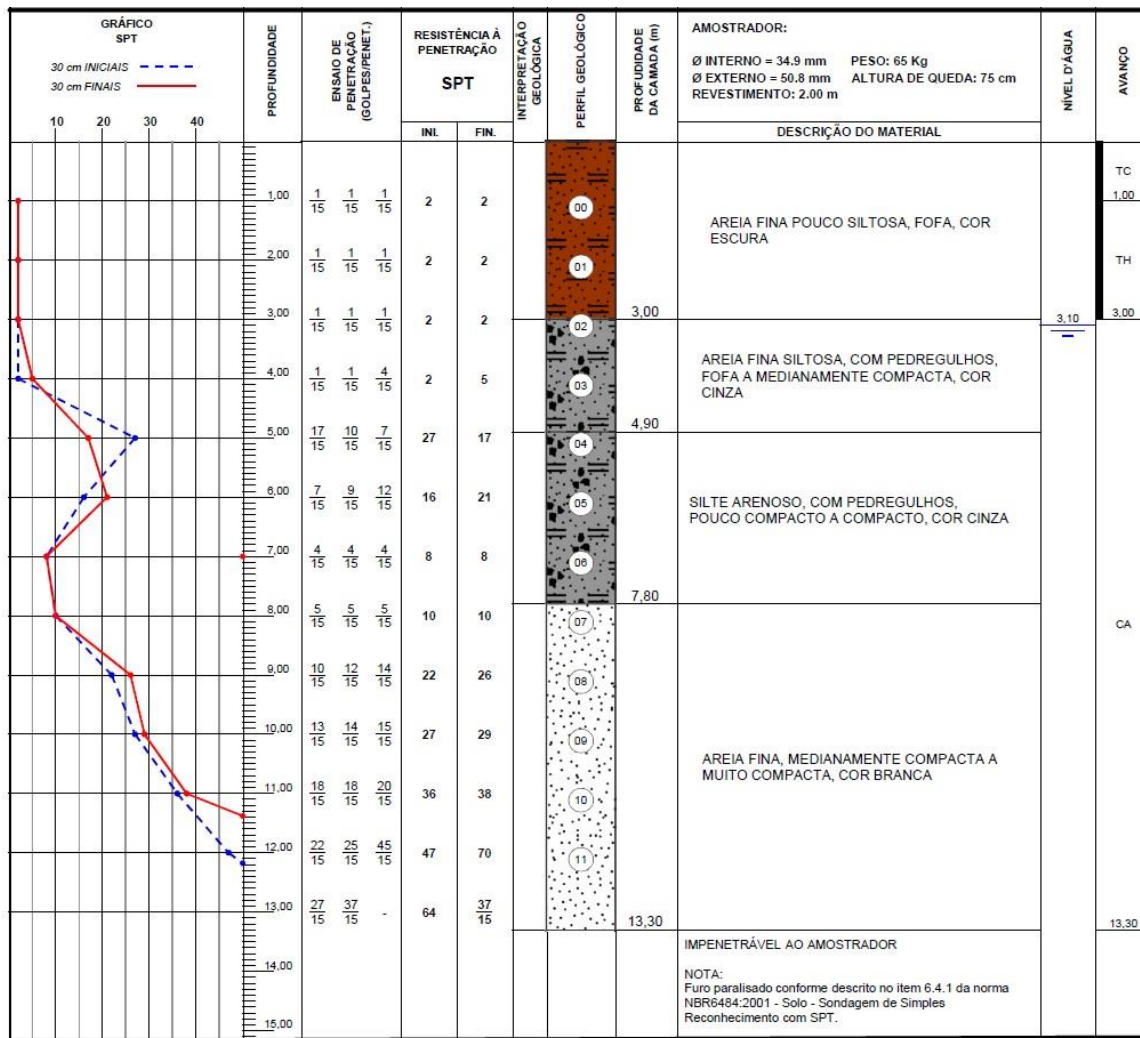
**Figura 21.** Etapas na execução de sondagem a percussão: (a) avanço da sondagem por desagregação e lavagem; (b) ensaio de penetração dinâmica (SPT).



Fonte: Velloso e Lopes (2010).

Com os resultados obtidos nos ensaios SPT constroem-se os perfis de sondagem, com informações das profundidades iniciais e finais de cada camada de solo, definição dos solos de cada camada, valores NSPT obtidos com o amostrador padrão e cota do nível de água, quando encontrado no ensaio (Figura 22).

Figura 22. Exemplo de um perfil de sondagem obtido em um ensaio SPT.



Fonte: Guia da Engenharia (2018)

A caracterização do solo da fundação em questão se dá no Anexo 1 – Caracterização do solo.

## 4. Materiais e Metodologia

### 4.1 Materiais

Os materiais utilizados foram:

- Tabela de vantagens e desvantagens das estacas escavadas e hélice contínua;
- Planta do empreendimento;
- Planta de locação dos pontos da sondagem SPT;
- Perfis de sondagem SPT (SP4A e SP6A);
- Planta de estaqueamento (estacas escavadas e hélice contínua), e
- Planta de detalhamento da armadura (estacas escavadas e hélice contínua).

#### 4.1.1 Tabela de Vantagens e Desvantagens das Estacas Escavadas e Hélice Contínua

Na Tabela 1 são apresentadas as vantagens e desvantagens das estacas escavadas com perfuratriz mecânica de pequeno diâmetro e estacas hélice contínua.

**Tabela 1.** Vantagens e desvantagens das estacas.

Avaliação	Estaca	
	Escavada de Pequeno Diâmetro	Hélice Contínua
Vantagens	Alta produtividade	Alta produtividade
	Baixo custo	Alta capacidade de carga
	Não produz vibração	Não produz vibração
	Fácil mobilidade do equipamento	Executadas até 38 m
	Adaptabilidade aos vários tipos de terrenos	Monitoramento eletrônico em toda execução
	Permite coleta de amostras de solo	Executadas acima ou abaixo do N.A.
	Concretagem no comprimento necessário	Não produz detritos em sua escavação
	A armadura pode ser colocada antes ou depois da concretagem	Penetra camadas resistentes do solo Realizadas em todos os tipos de solos
Desvantagens	Exequível apenas em solo com sustentação lateral (solos coesivos)	Não podem ser executadas em terrenos com rochas e matacões
	Executadas só acima do N. A.	Custo alto de mobilização dos equipamentos
	Baixa capacidade de carga	Equipamento grande necessitando de área ampla na obra e de terreno plano ou pouco inclinado para sua instalação
	Baixo controle executivo	
	Executadas até 8 m	
Produz detritos em sua escavação		

Fonte: O próprio autor.

Na Tabela 2 é feita uma comparação entre as estacas escavadas com perfuratriz mecânica de pequeno diâmetro e estacas hélice contínua.

**Tabela 2.** Comparações entre as estacas.

Item	Estaca	
	Escavada	Hélice
Adaptabilidade aos vários tipos de terrenos	X	
Alta produtividade	X	X
Alta capacidade de carga		X
Alto controle executivo		X
Armadura pode ser colocada antes da concretagem	X	
Baixo custo	X	
Concretagem no comprimento necessário	X	
Executadas abaixo do N.A.		X
Executáveis a grandes profundidades		X
Fácil mobilidade dos equipamentos	X	
Monitoramento eletrônico em toda execução		X
Não produz detritos em sua execução		X
Não produz vibração	X	X
Penetra em camadas resistentes de solo		X
Permite coleta de amostras de solo	X	
Podem ser executadas em terrenos com rochas e matacões	X	
Realizável em todos os tipos de solo		X

Fonte: O próprio autor.

#### 4.1.2 Planta do Empreendimento

A Figura 23 apresenta uma planta do empreendimento, com as 10 (dez) torres.

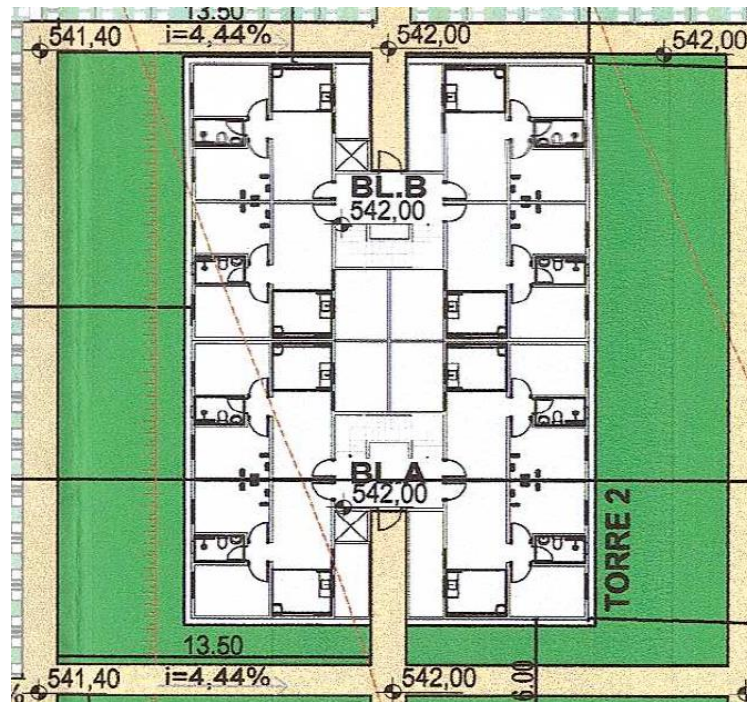
A Figura 24 apresenta a planta da Torre 2, que foi utilizada para o estudo de caso deste trabalho.

Figura 23. Planta do Empreendimento.



Fonte: Incorporadora em Ribeirão (2024).

Figura 24. Planta da Torre 2.

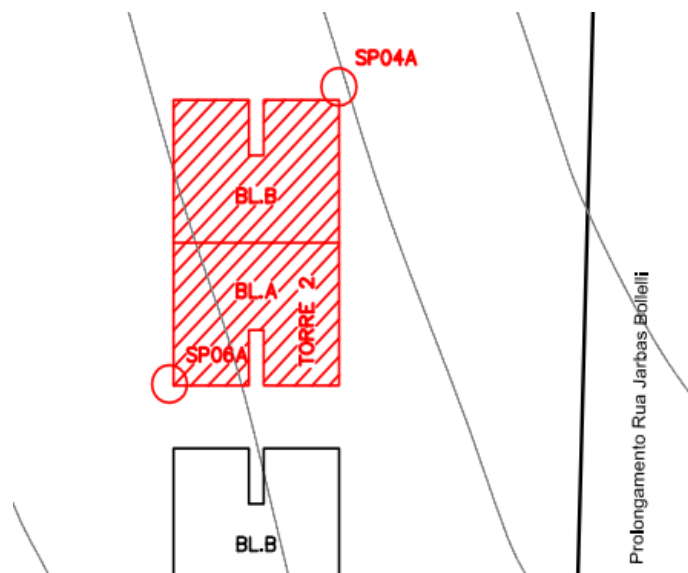


Fonte: Incorporadora em Ribeirão (2024).

### 4.1.3 Planta de Localização dos Pontos dos Ensaios SPT

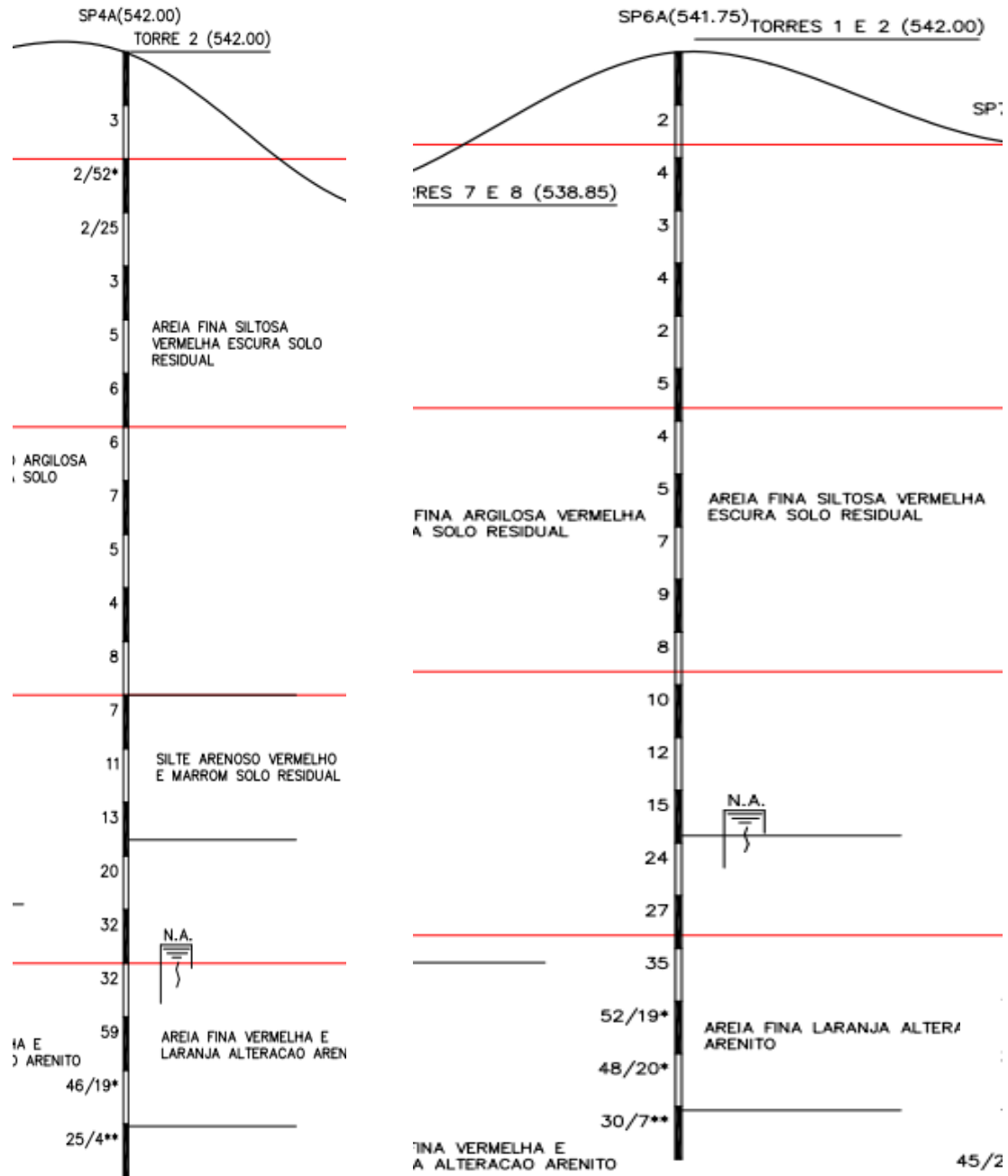
Para a Torre 2 foram realizados 2 (dois) ensaios SPT (SP4 e SP6), que tem suas localizações mostradas na Figura 25, e seus respectivos perfis de sondagem nas Figura 26.

**Figura 25.** Localização dos ensaios SPT (SP4 e SP6).



Fonte: Incorporadora em Ribeirão (2024).

**Figura 26.** Perfis dos ensaios SPT (SP4 e SP6).



Perfil SP4A

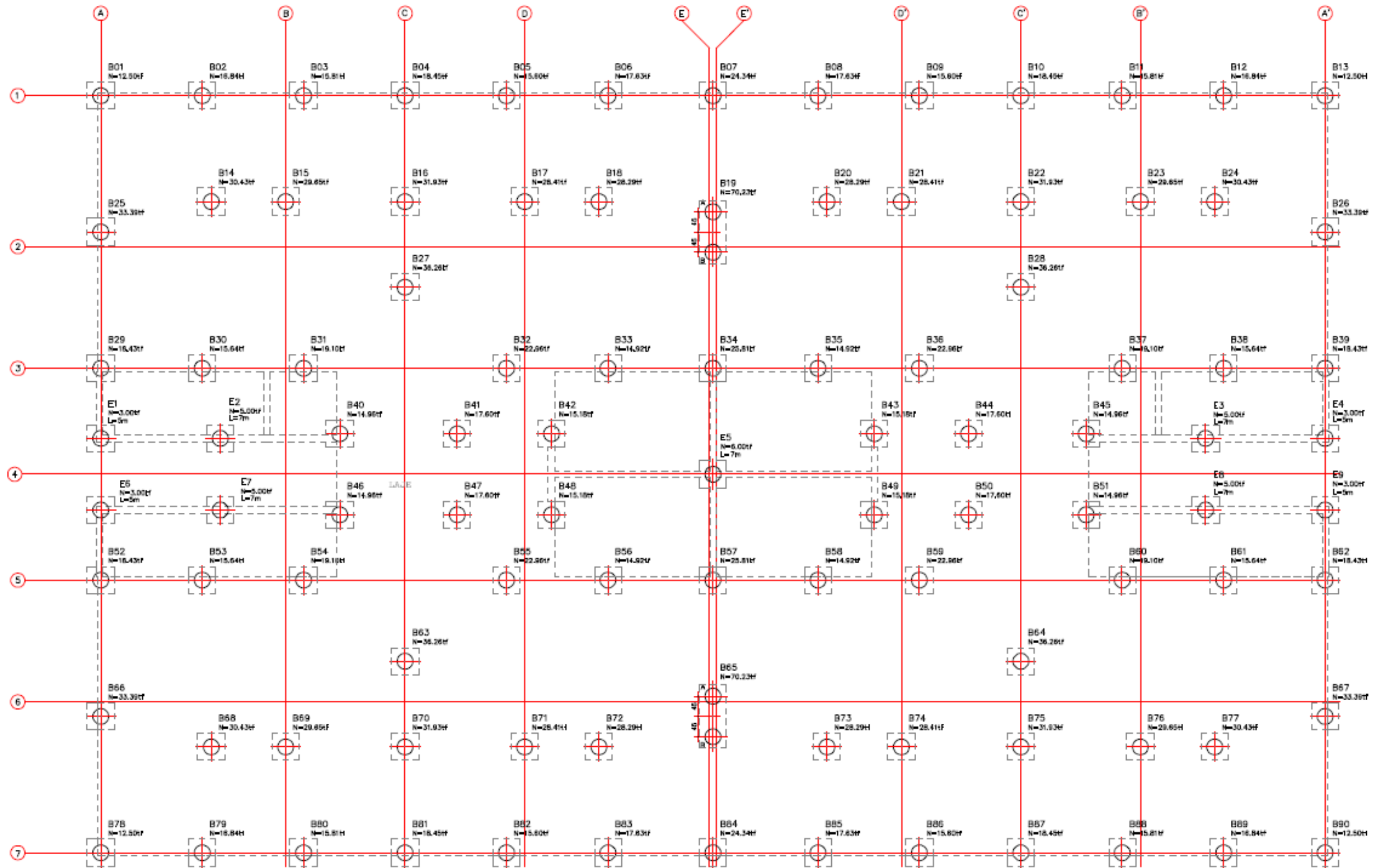
Perfil SP6A

Fonte: Incorporadora em Ribeirão (2024).

#### 4.1.4 Planta de Estaqueamento (Estacas Escavadas e Hélice Contínua)

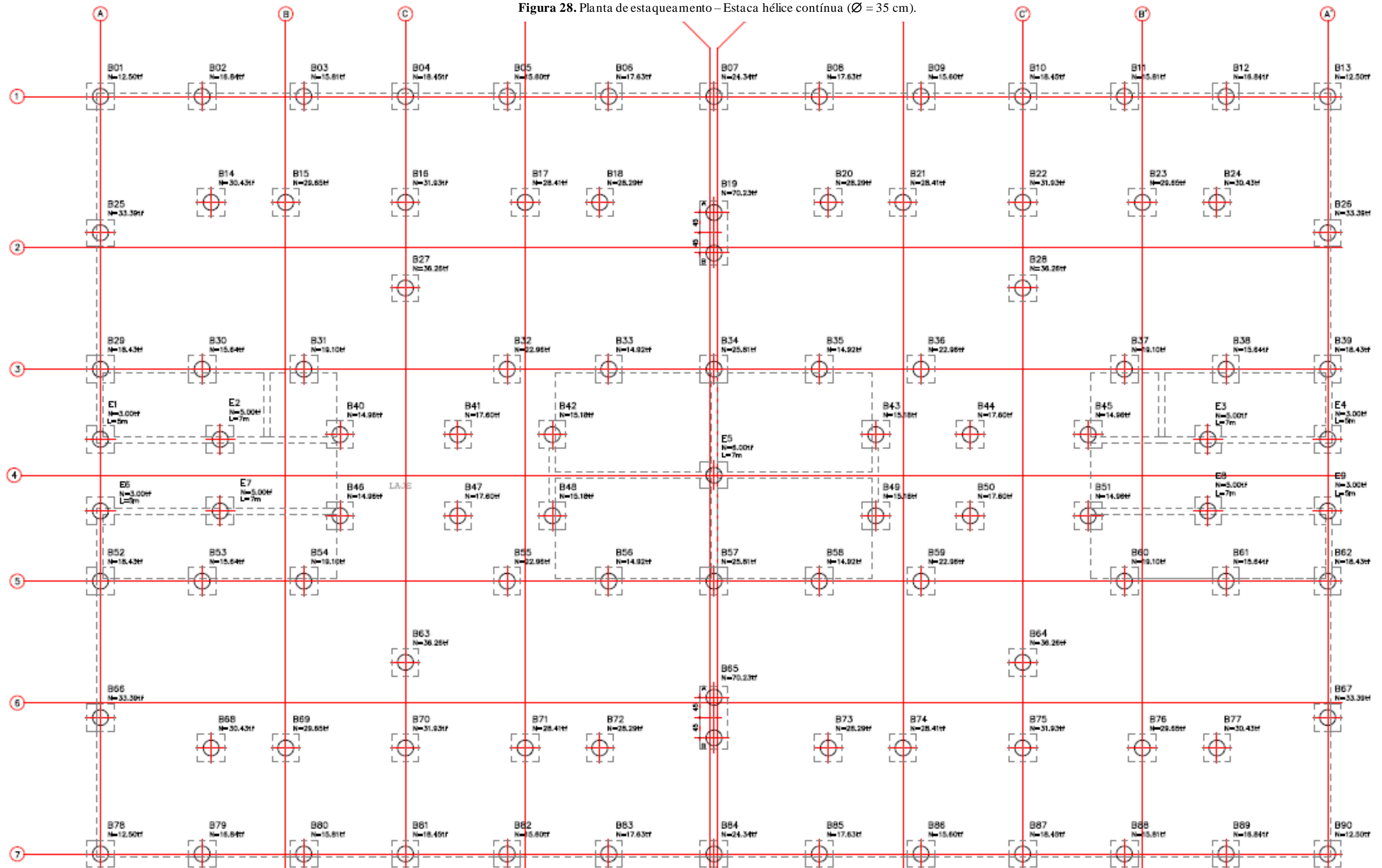
As Figuras 27 e 28 apresentam, respectivamente, as plantas de estaqueamento da Torre 2, para a duas situações do estudo: (a) fundações em estacas escavadas ( $\varnothing = 35$  cm) e (b) fundações em estacas hélice contínua ( $\varnothing = 35$  cm).

Figura 27. Planta de estaqueamento – Estaca escavada ( $\varnothing = 35$  cm).



Fonte: Incorporadora em Ribeirão (2024).

Figura 28. Planta de estaqueamento – Estaca hélice contínua ( $\varnothing = 35$  cm).

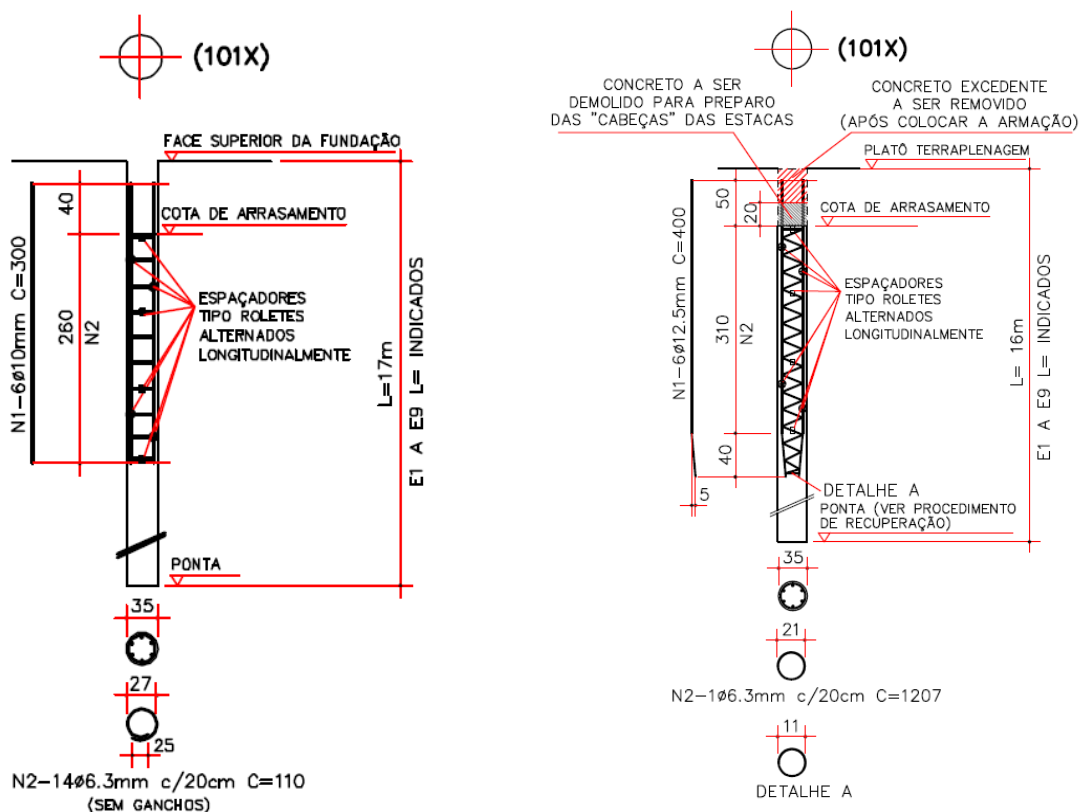


Fonte: Incorporadora em Ribeirão (2024).

### 4.1.5 Planta de Detalhamento da Armadura (Estacas Escavadas e Hélice Contínua)

A Figura 29 apresenta a planta de detalhamento da armadura, respectivamente, para as estacas escavadas e hélice contínua.

Figura 29. Detalhamento da armadura das estacas.



Fonte: Incorporadora em Ribeirão (2024).

## 4.2 Metodologia

Baseia-se no levantamento de quantitativos de materiais e de serviços para as duas soluções de fundação (estacas hélice contínua e estacas escavadas de pequeno diâmetro), com os quais serão elaborados os orçamentos.

Nos orçamentos serão utilizados preços obtidos em tabelas (SINAPI) e levantados no mercado.

Na sequência será determinado o tempo de execução de cada solução de fundação.

Os valores obtidos nos orçamentos e os tempos de execução determinados serão utilizados na análise comparativa entre os dois tipos de fundação. Procedimentos estes utilizados para a definição da solução de fundação a ser indicada no projeto executivo.

## 5. Análises e Discussões

A análise deste trabalho se fez com os dados reais de uma obra realizada no bairro Quintino Facci 2, na cidade de Ribeirão Preto.

A obra é constituída por 10 (dez) torres de plantas baixas iguais, para este trabalho foi analisada, mais especificamente, a torre 2, que igualmente as demais possui 4 pavimentos com 2 blocos de 16 apartamentos cada, o que totaliza 32 unidades por torre.

Foram utilizados os resultados do ensaio SPT executados no terreno da obra, para cálculo das estacas e definição do método necessário de execução, que estava condicionado, principalmente, a profundidade do lençol freático.

Com base nos dados do ensaio, observou-se a cota do lençol freático, e após o cálculo estrutural das estacas fez a escolha do melhor método de execução.

Com o dimensionamento da estaca (item abordado na sequência deste capítulo) seguindo-se a norma NBR 6122 (ABNT, 2019), obtivemos a profundidade necessária replicada para todas as estacas visando a transferência segura da carga aplicada pela torre ao solo.

Sendo então 17 metros a profundidade necessária (que será replicada para todas as estacas em caráter de padronização e simplificação da execução dos serviços em canteiro, ganhando agilidade) temos a necessidade de que o lençol freático esteja em uma cota inferior para que não tenhamos problemas com água e deslocamento de material do solo durante a escavação – o que infere na decisão do método de escavação.

Portanto, a sondagem do terreno, feita pelo ensaio SPT, foi fundamental na escolha inicial do tipo de fundação, bem como o seu comprimento e dimensionamento, bem como viabilizou a mudança do tipo de fundação durante a execução das estacas.

Contudo, a análise do ponto SP6A, determinou a cota do nível do lençol freático a 14 metros de profundidade, nos indicando o risco da água causar o deslocamento e depósito de material no fundo da perfuração da estaca em seus últimos 3 metros. Sendo assim, a análise quanto ao método de execução por parte dos projetistas estruturais se tornou bem simples com base nos principais pontos de indicação de execução de cada tipo de perfuração: pelo fato de termos água no caminho da perfuração, indica-se a utilização do método de hélice contínua (Figura 30).

**Figura 30.** Orçamento e contrato de prestação de serviço original – Estaca Hélice Contínua.

Contrato CT/6244									
Obra 7204 - OBRA									
Unidade construtiva 2 - TORRES									
Referência	Código	Descrição	Un.	Quantidade contratada	VI. material	Total material	VI. mão de obra	Total mão de obra	Valor total
00.000.000.001	26432	SERVICO DE FUNDACAO - ESTACA HELICE CONTINUA Ø35CM	m	16.160.0000	0,0000	0,00	32,0000	517.120,00	517.120,00
00.000.000.002	26461	SERVICO DE FUNDACAO - MOBILIZACAO/ DESMOBILIZACAO DE EQUIPAMENTO DE FUNDACAO DE HELICE CONTINUA	vb	2,0000	0,0000	0,00	2.500,0000	5.000,00	5.000,00
Total da unidade construtiva						0,00		522.120,00	522.120,00

Fonte: Incorporadora em Ribeirão (2024).

Surge então um impasse: para a execução do método de hélice contínua tem-se empiricamente como recorrente em mercado, um maior custo financeiro devido a disponibilidade de maquinário e mão de obra, bem como toda logística de transporte, armazenamento e manutenção do maquinário e equipe.

Este fato se torna um problema para a equipe de engenharia de execução de obra, responsável pela execução segura, no prazo e obviamente com retorno financeiro viável, quando o orçamento encontra-se enxuto na previsão do serviço de escavação.

Uma prática comum entre engenheiros de canteiro é sempre buscar alternativas de execução para quaisquer que sejam os serviços, que sejam mais rentáveis mantendo a qualidade, a segurança e o atendimento às normas e projetos.

Isto posto surgiu a necessidade então de encontrar um método mais viável para a execução: um estudo da engenharia de canteiro embasado e alinhado com a equipe do escritório responsável pela concepção do projeto passou a ser executado.

Foi feita então a análise dos ensaios de solo levando em consideração os resultados obtidos nos pontos de sondagem mais próximos do ponto SP06A.

Notou-se então a presença do lençol freático nas profundidades de 11 e 15 metros, respectivamente, SP3A e SP8A (Anexo). Assim, com o nível de água sempre dentro do comprimento necessário de escavação da estaca, caminhávamos para a decisão de manter a escavação por hélice contínua.

Porém, era sabido devido ao histórico local que em longos períodos de estiagem, muito recorrentes na região de Ribeirão Preto (SP), o nível do lençol freático recuava muito, abrindo possibilidade de que os 17 metros de escavação fossem executados via estaca escavada.

Para basear a decisão então, levantou-se o custo da escavação por esse modelo,

visando motivar a equipe para buscar fundamentos plausíveis que garantisse a segurança da execução, tendo em vista a justificativa financeira da mesma. Para tal, foi necessário um diálogo com o projetista que validou a possível alteração causando uma revisão no projeto inicial, substituindo então o método de escavação.

O resultado financeiro, bem como o desejado, foi extremamente animador (Figura 31). Na figura 31, tem-se o orçamento vigente no sistema real de utilização interno, sendo o valor negativo a remoção de saldo no contrato (interno a empresa, com demais informações omissas por respeito a dados sensíveis).

**Figura 31.** Orçamento e contrato de prestação de serviço revisado – Estaca Escavada.

Contrato		CT1							
Obra		7204 - OBRA							
Unidade construtiva		2 - TORRES							
<b>Aditivo 1 - MUDANÇA DE PROJETO - ESTACA ESCAVADA</b>					<b>Data do aditivo</b> 11/03/2023				
Referência	Código	Descrição	Un.	Quantidade aditada	Vi. material	Total material	Vi. mão de obra	Total mão de obra	Valor total
00.000.000.001	26432	SERVICO DE FUNDACAO - ESTACA HELICE CONTINUA Ø35CM	m	-13.500,0000	0,0000	0,00	32,0000	-432.000,00	-432.000,00
00.000.000.003	27758	SERVICO DE FUNDACAO - ESTACA ESCAVADA Ø35CM	m	8.095,0000	11,4000	92.283,00	7,6000	61.522,00	153.805,00
<b>Total do aditivo</b>						<b>92.283,00</b>		<b>-370.478,00</b>	<b>-278.195,00</b>
<b>Aditivo 2 - INCLUSÃO SALDO ESTACAS</b>					<b>Data do aditivo</b> 10/05/2023				
Referência	Código	Descrição	Un.	Quantidade aditada	Vi. material	Total material	Vi. mão de obra	Total mão de obra	Valor total
00.000.000.003	27758	SERVICO DE FUNDACAO - ESTACA ESCAVADA Ø35CM	m	1.332,0000	11,4000	15.184,80	7,6000	10.123,20	25.308,00
<b>Total do aditivo</b>						<b>15.184,80</b>		<b>10.123,20</b>	<b>25.308,00</b>
<b>Total da unidade construtiva</b>						<b>107.467,80</b>		<b>-360.354,80</b>	<b>-252.887,00</b>
<b>Total da obra</b>						<b>107.467,80</b>		<b>-360.354,80</b>	<b>-252.887,00</b>
<b>Total do contrato</b>						<b>107.467,80</b>		<b>-360.354,80</b>	<b>-252.887,00</b>
Contrato		CT - ...							
Obra		7204							
Unidade construtiva		2 - TORRES							
Referência	Código	Descrição	Un.	Quantidade contratada	Total material	Tot. Mão de obra	Valor total		
00.000.000.001	26432	SERVICO DE FUNDACAO - ESTACA HELICE CONTINUA Ø35CM	m	2.660,0000	0,00	85.120,00	85.120,00		
00.000.000.002	26461	SERVICO DE FUNDACAO - MOBILIZACAO/DESMOBILIZACAO DE EQUIPAMENTO DE FUNDACAO DE HELICE CONTINUA	vb	2,0000	0,00	5.000,00	5.000,00		
00.000.000.003	27758	SERVICO DE FUNDACAO - ESTACA ESCAVADA Ø35CM	m	9.427,0000	107.467,80	71.645,20	179.113,00		
<b>Total da unidade construtiva</b>						<b>107.467,80</b>		<b>161.765,20</b>	<b>269.233,00</b>

Fonte: Incorporadora em Ribeirão (2024)

**Tabela 3.** Tabela de análise de resultado financeiro – Alteração de fundação.

Fundação	Código	Descrição	Valor (R\$)
Estaca Hélice Contínua	26432	Serviço de fundação – Estaca Hélice Contínua Ø35cm	432.000,00
	26432	Serviço de fundação – Estaca Hélice Contínua Ø35cm	85.120,00
	26461	Serviço de Fundação – Mobilização/Desmobilização de Equipamento de Fundação de Estaca Hélice Contínua	5.000,00
	<b>Valor Total (R\$)</b>		<b>522.120,00</b>

<b>Estaca Escavada</b>	27758	Serviço de Fundação – Estaca Escavada Ø35cm	153.805,00
	27758	Serviço de Fundação – Estaca Escavada Ø35cm	25.308,00
	27758	Serviço de Fundação – Estaca Escavada Ø35cm	179.113,00
	<b>V a l o r T o t a l ( R \$ )</b>		<b>358.226,00</b>
<b>Razão de Custo entre as duas Estacas (%)</b>			<b>69</b>
<b>Economia (%)</b>			<b>31</b>
<b>Economia Monetária (R\$)</b>			<b>163.894,00</b>

Fonte: O próprio autor

Comparando os números obtidos na Tabela 3, verifica-se que a economia global na substituição dos contratos de serviço foi de R\$ 163.894,00 (cento e sessenta e três mil e oitocentos e noventa e quatro reais), um valor expressivamente grande e que representa quase um terço (31%) de economia no que se refere ao tipo de fundação anteriormente proposto.

Grandes resultados na engenharia, assim como grandes obras, partem de uma fundação sólida, embasadas em técnicas e análises profundas que garantam a segurança e a trabalhabilidade.

Ficou notória a diferença de viabilidade financeira causada na obra pela simples substituição da forma de escavação, e para embasar a decisão do projetista da fundação no caráter da substituição, acompanhou-se então o comportamento do lençol freático durante os períodos de estiagem e de chuvas.

## 6. Conclusões

Deste trabalho podemos concluir que:

- A sondagem do terreno foi fundamental na viabilização da mudança do tipo de fundação, embasando tecnicamente a tomada de decisão da engenharia de canteiro com conhecimentos que garantiram a acertividade no resultado. O trabalho interdisciplinar baseado em conhecimentos técnicos de engenharia também se mostrou importante no resultado final.
- A mudança do tipo de fundação proporcionou uma economia de 31% no custo total da fundação da obra, no valor de R\$ 163.894,00 reais que representa para a obra e toda a equipe de campo um grande resultado.

## 7. Referências bibliográficas

ABNT. **Projeto e execução de fundações: NBR-6122**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo, SP, 2022, 108p.

ABNT. **Sondagem de simples reconhecimento com SPT: NBR-6484**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo, SP, 2020, 28p.

CAMPOS, J. C. **Elementos de fundações em concreto**. 2ª edição, São Paulo, Oficina de Textos, 2022, 399p.

FREIRE, F. C. **Estudo e controle de estacas hélice contínua monitorada**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação): Universidade Federal de Pernambuco. Recife. CTG, Curso de Engenharia Civil, 2010, 88p.

FUNDAÇÕES SETE. 2024. **Estaca Hélice Contínua**. Disponível em: <http://www.escolaengenharia.com.br/estaca-helice-continua/>. Acesso em: Junho de 2024.

GEOFIX, 2024. **Tecnologia e engenharia de fundações e contenções**. Disponível em: [http://www.geofix.com.br/biblioteca/12\\_curso\\_eng\\_Aula\\_Teoria\\_03\\_2022.pdf](http://www.geofix.com.br/biblioteca/12_curso_eng_Aula_Teoria_03_2022.pdf). Acesso em: Junho de 2024.

JOPPERT JÚNIOR, I. **Fundações e contenções: qualidade total na gestão de projeto e execução**, 1ª edição, São Paulo, PINI, 2007, 220p.

NETO, J. A. A. **Análise do Desempenho de Estacas Hélice Contínua e Ômega – Aspectos Executivos**. Dissertação de Mestrado. EPUSP, São Paulo, SP, 2002, 9 p.

PEREIRA, Y. G. **Patologia em estaca tipo hélice contínua: estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação): Universidade Federal Fluminense. Niterói. Curso de Engenharia Civil, 2022, 95p.

VELLOSO, D. A., LOPES, F. R. **Fundações – Volume completo**. 1ª edição, São Paulo, Oficina de Textos, 2011, 568p.

UFSC. 2024, ANDRADE, A.R. **Caracterização dos elementos de fundações aplicáveis em edificações na região de Florianópolis**. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/84644/196368.pdf?sequence=1> - Acessado em: jun.2024.

ABNT. **Projeto e execução de fundações – NBR 6122**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo, SP, 2019.

GOOGLE. 2024a, <http://www.engenhariadecriacao.com.br/fundacoes/fundacao-para-alvenaria-estrutural/fundacao-para-blocos-de-concreto-consolacao>

GOOGLE, 2024b, <https://educacivil.com/entenda-o-que-sao-blocos-de-fundacao-e-quais-as-suas-vantagens/>

GOOGLE, 2024c, <https://lightsteelframe.eng.br/etapas-da-obra-light-steel-frame/sapata-corrada/>

GOOGLE, 2024d, <https://downloadcursos.org/projeto-e-execucao-de-fundacoes-rasas/>

GOOGLE, 2024e, [https://fotos.habitissimo.cl/foto/construccion-de-radier\\_480773](https://fotos.habitissimo.cl/foto/construccion-de-radier_480773)

GOOGLE, 2024f, <https://projetoestruturalexpress.com.br/tubulao-2/>

GOOGLE, 2024g, <https://www.passeidireto.com/arquivo/43275337/aula-01-fundacoes-profundas-estaca-helice>

GOOGLE, 2024h, <https://sites.google.com/site/naresi1968/412-estaca-escavada-tipo-trado>

GOOGLE, 2024i, [www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/dimensionamento-de-fundacoes](http://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/dimensionamento-de-fundacoes)

GOOGLE, 2024j, <http://www.escolaengenharia.com.br/estaca-helice-continua/>

GOOGLE, 2024k, <https://www.wapfundacoes.com.br/perfuracao-helice#group1-3>



