

**FUNDAÇÃO CARMELITANA MÁRIO PALMÉRIO – FUCAMP
FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

RAFAEL ALVES PIRES

**ESTUDO COMPARATIVO DE FUNDAÇÕES PROFUNDAS: Estaca Hélice Contínua
x Estaca tipo Strauss**

**MONTE CARMELO - MG
DEZEMBRO/2018**

RAFAEL ALVES PIRES

**ESTUDO COMPARATIVO DE FUNDAÇÕES PROFUNDAS: Estaca Hélice Contínua
x Estaca tipo Strauss**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências Humanas e Sociais da Fundação Carmelitana Mário Palmério – FUCAMP como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Ricardo Fonseca de Oliveira

**MONTE CARMELO - MG
DEZEMBRO/2018**

AGRADECIMENTOS

Primeiro gostaria de agradecer ao meu poder superior, Deus, por tudo o que me foi proporcionado nessa nova etapa de minha vida, onde tive o privilegio de adquirir novos conhecimentos, os quais levarei comigo em toda minha caminhada esperando o momento certo de serem usados. Agradecer também a minha família e a cada pessoa que encontrei pelos caminhos os quais percorri. Pessoas estas que se tornaram se parte fundamental de minha trajetória durante o curso.

Quero agradecer imensamente a minha mãe, Renilda Caixeta da Silva, por ter acreditado em mim, mesmo quando nem mesmo eu acreditei, quero que saiba que tudo o que sou hoje devo a você, agradeço também ao meu filho Italo Rafael o qual ofereço meus esforços a fim de servir de exemplo para conquistar suas próprias vitórias no futuro. Não poderia deixar de mencionar o apoio de minha namorada Jessica Barbosa a qual esta do meu lado desde o inicio. Agradeço também ao grupo coromandelense de alcoólicos anônimos, por me darem força em toda a minha caminhada principalmente em momentos de desanimo, onde me deram seu apoio e incentivo, agradeço a cada um dos membros e a sala em especial.

Também quero agradecer aos meus amigos e colegas de trabalho, os quais sempre me incentivaram, são pessoas simples, batalhadoras e quem nem sempre tiveram a chance de provar seus valores e nem mesmo são reconhecidos pelos seus esforços, mas são verdadeiros guerreiros, pessoas de origem humilde simples e que tiveram a humildade de me aceitarem como um deles, companheiros que sempre me encorajarão a seguir em frente mesmo quando tudo estava dando errado.

Agradeço pela paciência e atenção que tiveram comigo nesses cinco anos onde o tempo foi um dos meus maiores adversários, onde os dias foram mais curtos e as noites cada vez mais longas. Lembrarei sempre dos esforços de cada um para que eu pudesse pegar ônibus no horário certo, e de pequenos gestos e palavras que me encorajarão a seguir em frente.

De outra forma não poderia deixar de agradecer aos amigos de curso, alguns se tornaram praticamente família, outros guardarei com muito carinho, aos amigos motoristas que durante esse tempo dedicaram seus esforços para que pudesse chegar no horário e sempre em segurança! Por ultimo agradeço a atenção de cada funcionário da instituição e a cada professor por dedicar e por ensinar de forma majestosa, passando seus conhecimentos os quais nem sempre foram fáceis de serem compreendidos, mas que com paciência contribuirão para minha formação.

RESUMO

O projeto de fundações pode ser considerado a parte mais importante da obra e é responsável por suportar todos os esforços envolvidos na estrutura. O trabalho teve como finalidade comparar as estacas hélice contínua e strauss, identificando quais tipos de solo é o mais indicado para cada uma delas. Foi realizada uma revisão bibliográfica apresentando conceitos sobre solo, histórico das fundações, investigações geológicas e geotécnicas bem como aspectos de cada tipo de fundação. Analisou se possíveis problemas, pontos favoráveis, pontos desfavoráveis e a possibilidade de locomoção de equipamentos no canteiro de obras de acordo com o terreno. Considerando isso foi realizada uma comparação de custos por metro de estacas, visando identificar qual o modelo é economicamente mais viável.

Palavras-chave: Fundações profundas; estaca hélice contínua; estaca strauss.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema do ensaio SPT.....	15
Figura 2 - Processo executivo da estaca hélice contínua.....	18
Figura 3 - Execução da estaca Strauss.....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de furos para uma sondagem segura	16
Tabela 2 - Estimativa de capacidade de carga de estaca Struss.....	25
Tabela 3 - Estimativa de capacidade de carga da estaca hélice contínua	25
Tabela 4 - Valores para estaca hélice contínua com diâmetro de 40 cm.....	29
Tabela 5 - Valores para estaca hélice contínua com diâmetro de 50 cm.....	32
Tabela 6 - Valores para estaca Strauss com diâmetro de 38 cm.....	31
Tabela 7 - Valores para estaca Strauss com diâmetro de 45 cm.....	32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Objetivos	11
1.1.1	Objetivos Geral	11
1.1.2	Objetivos Específicos	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	O material solo na construção civil	12
2.1.1	Histórico	12
2.1.2	Características	13
2.2	Investigações Geológicas e Geotécnicas	13
2.2.1	Sondagens	14
2.2.1.1	Standard Penetration Test SPT	14
2.2.2	Programação de Sondagens	15
2.3	Fundações	16
2.3.1	Fundações Superficiais.....	17
2.3.1.1	Pontos Positivos das Fundações Superficiais.....	17
2.3.1.2	Pontos Negativos da Fundações Superficiais	17
2.3.2	Fundações Profundas	17
2.3.2.1	Estaca Hélice Contínua	18
2.3.2.1.1	Processo Executivo	19
2.3.2.1.2	Vantagens	20
2.3.2.1.3	Desvantagens	20
2.3.2.2	Estaca Strauss	20
2.3.2.2.1	Características da Estaca Strauss	21
2.3.2.2.2	Etapas de Execução da Estaca Strauss	21
2.3.2.2.3	Vantagens da Estaca Strauss	22
2.3.2.2.4	Desvantagens da Estaca Strauss	22
3	METODOLOGIA	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1	Comparativo: Vantagens e Desvantagens da Estaca Hélice Contínua e Estaca Strauss	25
4.1.1	Vantagens da Estaca Hélice Contínua	25
4.1.2	Desvantagens da Estaca Hélice Contínua	26
4.1.3	Vantagens da Estaca Strauss	26
4.1.4	Desvantagens da Estaca Strauss	27
4.2	Tipos de Solo	28
4.2.1	Tipos de Solo indicados para as Estacas Hélice Contínua	28
4.2.2	Tipos de Solo não indicados para as Estacas Hélice Contínua	28
4.2.3	Tipos de Solo indicados para as Estacas Strauss	29
4.2.4	Tipos de Solo não indicados para as Estacas Strauss	29
4.3	Custos: Estacas Hélice Contínua e Estacas Strauss	29
4.3.1	Custo das estacas Hélice Contínua	30
4.3.1.1	Estaca Hélice Contínua Monitorada de Concreto Armado de 40 cm de diâmetro	30

4.3.1.2	Estaca Hélice Contínua Monitorada de Concreto Armado de 50 cm de diâmetro	31
4.3.2	Custos das Estacas Strauss	32
4.3.2.1	Estaca Strauss de Concreto Armado de 38 cm de diâmetro	32
4.3.2.2	Estaca Strauss de Concreto Armado de 45 cm de diâmetro	33
5	CONCLUSÃO	34
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1 INTRODUÇÃO

O Brasil passa por um delicado momento, atravessando uma forte crise econômica, onde grandes empreiteiras e construtoras veem seus projetos e obras passarem por um período de grande oscilação, principalmente as pequenas construtoras e obras de pequeno porte sentem a dificuldade do momento.

De acordo com NBR 6122 DE (2010). O projeto de fundações pode ser considerado a parte mais importante da obra, sendo que as fundações são responsáveis por suportar todos os esforços envolvidos na estrutura, decorrentes de várias cargas e o seu peso próprio. É necessário investir em um projeto bem elaborado, que traga o maior número de informações sobre as características do subsolo e que seja livre de possíveis erros de cálculos.

Segundo Ottman e Lahuec (apud LIMA, 1979, p. 6) “todas as sondagens são caras, mas as mais caras são aquelas que não foram feitas”.

Ao longo do tempo a engenharia de fundações tem buscado incessantemente aprimorar cada vez mais as formas de execução de seus trabalhos, buscando qualidade e eficiência, com menor duração de tempo. O Brasil pode contar com o que há de melhor em tecnologia, métodos construtivos e de análises, conseguindo fazer levantamentos topográficos e análises de solos em qualquer local do país com rapidez e qualidade.

Sabe-se que é de grande relevância em qualquer projeto de fundações a rapidez e a boa qualidade, sem mencionar, acima de tudo, o fator segurança junto à economia que um bom projeto de fundações pode trazer. Diante disso, ao escolher a empresa que executará seus serviços de sondagem de solos é válido investir em qualidade e competência, contratando uma empresa reconhecida no meio de sondagem, que possa averiguar de forma eficiente e segura as informações do terreno em estudo, evitando possíveis erros e desperdícios em sua obra.

Para escolha do tipo de fundação, normalmente dispomos de dados da edificação (tipo, porte, localização, valores das cargas de pilar etc.) e dados do terreno (sondagens SPT, principalmente). A localização específica leva em conta a vizinhança da edificação, o que pode restringir certos tipos de fundação, em decorrência, por exemplo, da necessidade de limitação dos níveis de ruídos e de vibração. (CINTRA, 2010, p. 46-47).

De acordo com o item 3.1 da NBR 6122 As fundações são classificadas em superficiais ou rasas sendo as superficiais aquelas cuja estrutura se apoia logo abaixo da infraestrutura e transmite a carga ao solo através das pressões distribuídas sob sua base.

De acordo com o item 3.8 da NBR 6122 A estrutura das fundações profundas distribui a carga ao solo pela sua base, pelas suas paredes laterais ou por uma combinação das duas, e no mínimo de 3 metros de profundidade.

Entre os métodos de fundações profundas encontra-se as estacas que podem ser cravadas ou perfuradas no solo e de acordo com seu processo executivo classificam-se em pré-moldadas e moldadas *in loco*.

As estacas são elementos estruturais esbeltos que, colocados no solo por cravação ou perfuração, têm a finalidade de transmitir cargas ao mesmo, seja pela resistência sob sua extremidade inferior (resistência de ponta), seja pela resistência ao longo do fuste (atrito lateral) ou pela combinação dos dois. (ALONSO, 2010, p. 73).

De acordo com a o item 3.21 da NBR 6122 estaca hélice contínua é uma

Estaca de concreto moldada *in loco*, executada mediante a introdução, por rotação, de um trado helicoidal contínuo no terreno e injeção de concreto pela própria haste central do trado simultaneamente com sua retirada, sendo que a armadura é introduzida após a concretagem da estaca. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

A NBR 6122 define estaca Strauss como sendo uma “estaca executada por perfuração do solo com uma sonda ou piteira e revestimento total com camisa metálica, realizando-se o lançamento do concreto e retirada gradativa do revestimento com simultâneo apiloamento do concreto”. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

Diante destas informações, este trabalho tem como objetivo principal fazer uma comparação entre as estacas hélice contínua e estacas tipo Strauss, a fim de compreender melhor sobre os dois métodos construtivos. Será analisado também, quais os possíveis tipos de solos onde melhor se aplicaria o uso de cada método em estudo.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é comparar o uso de estacas hélice contínua com uso de estaca tipo Strauss.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Identificar qual tipo de solo que melhor atenderá o uso de cada estaca em estudo;
- Avaliar pontos positivos e negativos em relação ao uso destes modelos de fundações profundas, nos seguintes aspectos: produção, vibração, monitoramento;
- Analisar a relação custo/benefício entre as duas estacas;
- Realizar revisão bibliográfica sobre fundações profundas, sondagens de solos, bem como estudo da normativa vigente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentados conceitos básicos sobre o material solo na construção civil. Será apontado, ainda, o histórico das fundações e as investigações geológicas e geotécnicas. Por fim, serão apresentados aspectos relacionados aos tipos de fundações, processo executivo, dentre outros.

2.1 O Material Solo na Construção Civil

Segundo a NBR 6484/2001 - Solo - Sondagens de simples reconhecimentos com SPT - Método de ensaio, os tipos de solos são:

- **Solos grossos**: Aqueles nos quais a fração predominante dos grãos é visível a olho nu, compreendendo as areias e os pedregulhos;
- **Solos finos**: Aqueles nos quais a fração predominante dos grãos não é visível a olho nu; compreendendo as argilas e os siltes;
- **Solos orgânicos**: Aqueles que contêm uma quantidade significativa de matéria orgânica, apresentando geralmente cores escuras (por exemplo, preto e cinza escuro).

2.1.1 Histórico

Segundo Rebello (2010), desde que o homem se tornou sedentário, uma das suas maiores preocupações foi a de criar um abrigo que pudesse se proteger das ameaças de animais selvagens e das intempéries.

A fundação é a estrutura responsável por absorver todas as cargas emitidas pela edificação e distribuí-las ao solo.

Por Blog “Civilização Engenharia (2017), para que qualquer obra permaneça no lugar, sem rupturas e sem sofrer instabilidade é preciso de um alicerce. E esse é, basicamente, o papel das fundações: estruturas responsáveis por transmitir as cargas das construções ao solo e, por isso, devem ter resistência adequada para suportar todas as tensões.

Para que essa estrutura realmente seja eficaz, o solo precisa ter resistência e rigidez adequadas para não sofrer rupturas ou deformações que comprometam a construção.

Assim, para escolher o tipo de fundação é preciso saber quais serão os esforços sobre a edificação, as características do solo e dos elementos que formam as fundações. Basicamente há dois tipos de fundações: as superficiais (rasas ou diretas) e as profundas, definidas pela ABNT NBR 6122/2010 - Projeto e execução de fundações.

2.1.2 Características

As fundações são divididas em dois grandes grupos e são responsáveis por absorver todas as ações provenientes de esforços e de suas cargas, distribuindo-as diretamente ao solo. São estruturas calculadas através de dados do projeto e do terreno. Para que tudo isso seja feito de forma segura e eficaz, é necessário um bom estudo de sondagens para ser feita a escolha do tipo ideal de fundação de acordo com as necessidades da obra e do local a ser executada.

Nesse primeiro caso citado, as fundações rasas segundo Campos (2010) são estruturas que se situam logo abaixo da superestrutura (ou mesoestrutura) e se caracterizam pela transmissão da carga ao solo através de pressões distribuídas em sua base.

No segundo caso citado, que são as fundações indiretas ou profundas a NBR 6122/2010 define que a Fundação profunda são aquelas que transmitem a carga ao terreno ou pela base sendo por resistência de ponta ou por resistência lateral, ou seja, por resistência de fuste ou pela combinação das duas devendo sua ponta ou base estar a assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3,0 m. Neste tipo de fundação incluem as estacas e os tubulões.

2.2 Investigação Geológicas e Geotécnicas

Neste capítulo será comentada sobre as sondagens, a importância do ensaio SPT e sobre a programação das sondagens.

De acordo com a NBR 6484 O ensaio de SPT consiste na perfuração e cravação de um amostrador padrão no solo, penetrando um metro de cada vez fazendo o reconhecimento de cada tipo de solo e seu respectivo nível. Com esse método é possível avaliar a composição e as características do solo, com o ensaio de SPT também é possível avaliar a resistência à penetração de cada metro perfurado.

Segundo a NBR 8036 A investigação do subsolo é um requisito para qualquer obra que envolva um sistema de fundações. O numero de pontos a ser investigados deve ser suficientes para fornecer ao engenheiro ou projetista todas as informações necessárias para dimensionamento de cargas e tipo de estrutura que poderá ser construída no local.

2.2.1 Sondagens

Segundo Schnaid (2012), no Brasil o custo envolvido na execução de sondagens de reconhecimento normalmente varia entre 0,2 e 0,5% do custo total da obra, podendo ser mais elevado em obras especiais ou de condições adversas de subsolo.

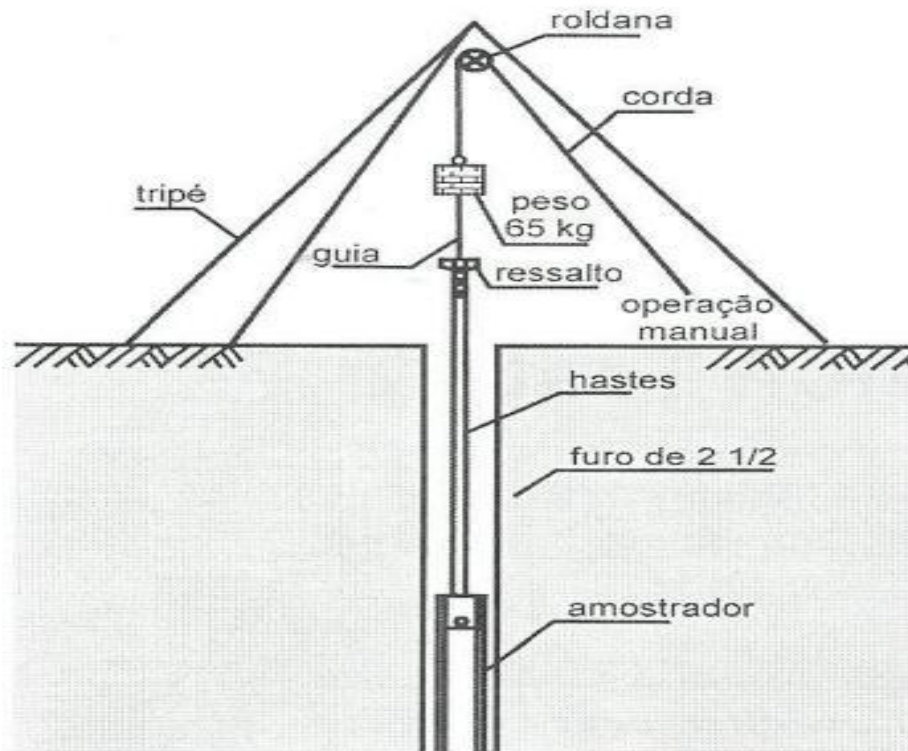
Segundo a NBR 8036: 1983 - Programações de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios – Procedimento, a Abreviatura do índice de resistência à penetração do SPT, cuja determinação se dá pelo número de golpes correspondente à cravação de 30 cm do amostrador padrão, após a cravação inicial de 15 cm, utilizando-se corda de sisal para levantamento do martelo padronizado.

2.2.1.1 *Standard Penetration Test - SPT*

Segundo Schnaid.(2012), o Standard Penetration Test (SPT) é, reconhecidamente, a mais popular, rotineira e econômica ferramenta de investigação geotécnica em praticamente todo o mundo. Ele serve como indicativo da densidade de solos granulares e é aplicado também na identificação da consistência de solos coesivos, e mesmo de rochas brandas. Métodos rotineiros de projeto de fundações diretas e profundas usam sistematicamente os resultados de SPT, especialmente no Brasil.

A Figura 1 mostra o esquema do ensaio SPT.

Figura 1 - Esquema do ensaio SPT



Fonte: VWF Fundações.

Ainda por Schnaid.(2012), as vantagens desse ensaio em relação aos demais são: simplicidade dos equipamentos, baixo custo e obtenção de um valor numérico de ensaio que pode ser relacionado por meio de propostas não sofisticadas, mais diretas com regras empírica de projeto.

2.2.2 Programação de sondagem

Segundo Pinto. (2006), a programação das sondagens, representa o número, disposição e profundidade dos furos dependentes do conhecimento prévio que se tenha da geologia local do solo estudado.

De acordo com a NBR 8036, item 4.1.1.2, o número de sondagens e sua locação deve fornecer o melhor quadro possível das variações do subsolo, sendo executadas, no mínimo:

- Uma para cada 200 m² de área da projeção em planta do edifício, até 1200 m².
- Entre 1200 m² até 2400 m², deve-se executar uma sondagem para cada 400 m² que excederem 1200 m²;

- Acima de 2400 m², o número de sondagens deve ser estabelecido de acordo com o plano particular da construção (ABNT, 1983).

Segundo Schinaid (2012), o número de sondagens deve ser fixado de acordo com a construção, satisfazendo ao número mínimo de:

- (a) duas sondagens para área de projeção em planta do edifício até 200 m² e
- (b) três para área entre 200 m² e 400 m².

A Tabela 1 mostra a quantidade de furos para uma sondagem segura.

Tabela 1 - Número de furos para uma sondagem segura

Área (m ²)	Número de furos
≤ 200	2 (na pratica no mínimo 3)
200 - 400	3
400 - 600	3
600 - 800	4
800 - 1000	5
1000 - 1200	6
1200 - 1600	7
1600 - 2000	8
2000 - 2400	9
2400	A critério do projetista

Fonte: NBR8036 de (1983).

2.3 Fundações

2.3.1.1 Pontos positivos das fundações superficiais

Os pontos positivos das fundações superficiais:

- Solução trivial com recursos da obra;
- Baixo custo;
- Não provoca vibrações.

2.3.1.2 Pontos negativos das fundações superficiais

Os pontos negativos das fundações superficiais:

- Problemas nas escavações junto às divisas;
- Limitações para cargas muito altas;
- Solução artesanal com alto consumo de mão de obra.

Segundo Pereira (2018), fundações profundas são aquelas em que a carga proveniente da superestrutura é transmitida para a fundação por meio da resistência de ponta (base), pela resistência de fuste (lateral) ou por ambas. Este tipo de fundação deve ser usado em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta e no mínimo 3 metros, salvo justificativa.

As estacas são elementos de fundação profunda executada por equipamentos e ferramentas, podendo estas ser cravadas ou perfuradas, caracterizadas por grandes comprimentos e seções transversais pequenas, sendo que neste tipo de fundação profunda não há a necessidade de descida de operário. Elas podem ser feitas de madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado *in loco* ou mistos.

Já os tubulões, de acordo com a NBR 6122/1996, são elementos cilíndricos de fundação profunda que, em pelo menos na sua fase final, ocorre descida de operário, podendo ser executado a céu aberto ou a ar comprimido, e ter ou não, a base alargada.

2.3.2.1 Estacas Hélice Contínua

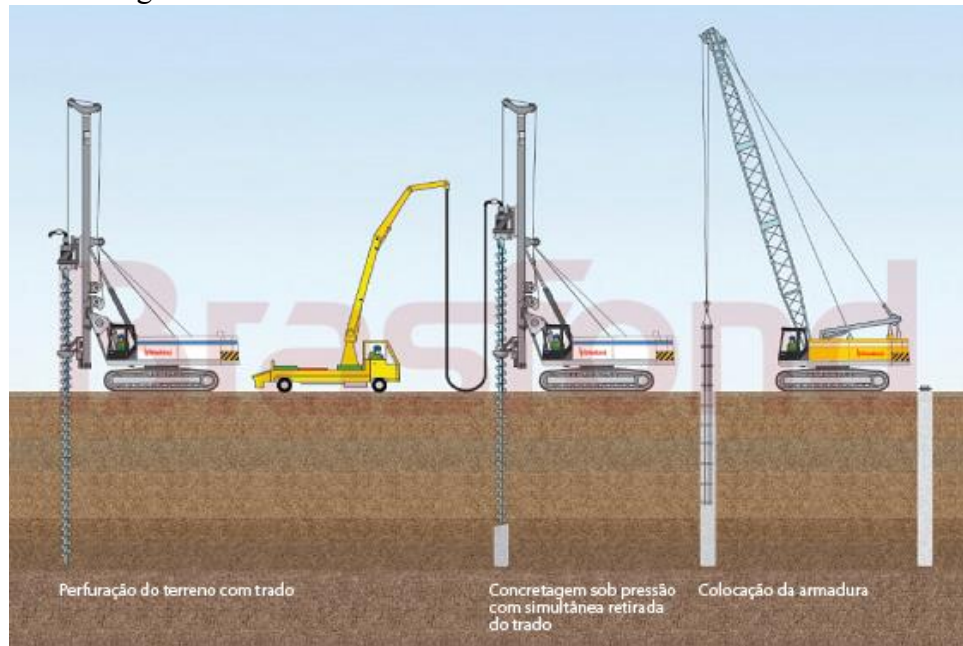
Segundo Almeida Neto (2003), surgiu na década 1950 nos Estados Unidos, no início da década 1970 foi introduzido na Alemanha, de onde se espalhou para o resto da Europa e Japão.

No Brasil foi introduzido esse tipo de estaca por volta 1987, e a partir de 1993, houve um grande progresso com o uso dessa técnica. Hoje é possível executar estacas de até 1.200 mm de diâmetro e 32,0 m de comprimento.

2.3.2.1.1 Processo Executivo

O processo executivo da estaca hélice contínua pode ser dividido em três etapas, sendo: perfuração, concretagem simultânea à extração da hélice do terreno e colocação da armadura, como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Processo executivo da estaca hélice contínua



Fonte: brasfond.com.br

A seguir é descrito o processo executivo da estaca, de acordo com Almeida Neto (2003):

- **Perfuração:** Executada por cravação da hélice ao terreno por meio de rotação, sua escavação é executada sem que em momento algum sua hélice seja retirada do furo;
- **Concretagem:** Atingindo sua profundidade necessária da início a fase de concreagem da estaca, por meio de bombeamento do concreto pelo interior vazado da hélice, com isso a hélice passa a ser extraída pelo equipamento sem girar ou com giros muito lentos. O concreto é injetado por meio de pressão. Logo sua limpeza pode ser feita por meio mecânico ou manual;
- **Colocação da armadura:** Sua armadura é inserida logo após sua concretagem podendo ser instalada por gravidade, por compressão ou por vibração sendo esse ultimo método o mais indicado.

As estacas hélice contínua são executadas por meio do uso de uma haste tubular que possui uma hélice que é introduzida no terreno pela aplicação de um torque. Permite uma monitoração eletrônica de suas etapas de execução como a profundidade atingida, velocidade de rotação e descida do trado.

2.3.2.1.2 Vantagens

Segundo Almeida Neto (2003), as estacas hélice contínua apresentam algumas vantagens como:

- Ausência de vibração no terreno;
- Os equipamentos permitem monitoração contínua de todo o processo de execução das estacas, favorecendo o controle de qualidade;
- Alcança grandes profundidades e pode atravessar camadas de solo com SPT = 50.

2.3.2.1.3 Desvantagens

Segundo Almeida Neto (2003), as estacas hélice contínua apresentam algumas desvantagens como:

- As estacas hélice contínua ainda tem um custo relativamente elevado pela tecnologia aplicada no equipamento e na escassez desse tipo de estaca no Brasil.
- É preciso que o terreno seja plano e que a central de concreto não esteja localizada muito distante do local da obra.

2.3.2.2 Estaca Strauss

Segundo Pereira (2013), a estaca strauss é uma estaca escavada, pois para ser inserida no terreno, é necessária remoção prévia do solo. Ela se caracteriza por ser moldada *in loco* e são executadas enchendo-se de concreto as perfurações que foram escavadas.

Surgiram com o intuito de substituir as estacas pré-moldadas cravadas no solo por percussão devido a grande vibração e ocorrência de ruídos causados pelo processo de cravação.

A estaca strauss é uma estaca de fundação profunda executada com auxílio de um equipamento conhecido como bate-estaca para cabeça da camisa metálica, que consiste de um guincho, tripé, pilão, tubos guia e sonda.

2.3.2.2.1 Características da Estaca Strauss

Ainda por Pereira (2013), tem se:

- É uma estaca escavada. Em relação às estacas pré-moldadas, sofre desvantagem, pois, por ser uma estaca escavada, apresenta um empuxo ativo ocasionando menor atrito lateral entre a estaca e o solo;
- A estaca tipo strauss é uma estaca moldada *in loco*. Em relação as estacas pré moldadas é considerado uma vantagem pois o concreto irá preencher todos os espaços vazios entre a estaca e o solo;
- Na maioria dos casos a estaca do tipo strauss não é armada. A armadura utilizada serve somente para arranque ou ancoragem;
- A estaca strauss não tem base alargada.

2.3.2.2.2 Etapas de execução da Estaca Strauss

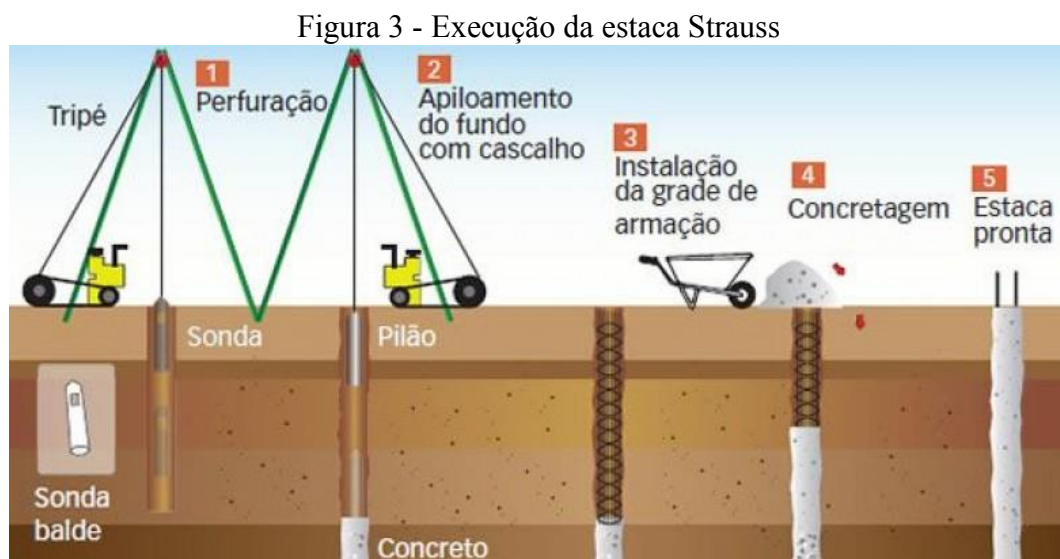
A escavação da estaca strauss não é feita por trado, o equipamento para a colocação da estaca é conhecido como bate-estaca strauss e consiste basicamente de um guincho, um tripé com uma roldana fixada no topo, tubos guia, pilão e sonda. A escavação é feita através de um tubo que pesa em torno de 700 kg com um diâmetro um pouco menor do que o tubo de revestimento.

Para o início da escavação abre-se um furo no terreno com um soquete para colocação do primeiro tubo. Aprofunda-se o furo com golpes de sonda de percussão. Conforme a descida do tubo, rosqueia-se o tubo seguinte até a escavação atingir a profundidade determinada.

Atingida a cota prevista no projeto de fundação da edificação, o operador do bate estacas faz a checagem se a piteira já não entra tanto no solo. Isso ocorre quando se atinge um nível em que o SPT é 20. Se isto acontecer, autoriza-se a concretagem.

O concreto é, então, lançado no tubo e apiloa-se o material com o soquete na base da estaca. Para formar o fuste o concreto é lançado na tubulação e apilado, enquanto que as camisas metálicas são retiradas com guincho manual.

A Figura 3 mostra a execução da estaca Strauss.



Fonte: Revista Guia das Construções.

2.3.2.2.3 Vantagens da Estaca Strauss

As vantagens das estacas Strauss são:

- Fator custo/benefício favorável;
- Não gera vibrações no solo suficientes para danificar edificações vizinhas. No entanto, é sempre recomendado realizar laudo pericial em todas as edificações no entorno da obra.

2.3.2.2.4 Desvantagens da Estaca Strauss

As desvantagens das estacas Strauss são:

- Geralmente produz muita lama. O cliente às vezes se sente desconfortável no aspecto visual da lama;
- Capacidade de carga baixa. Uma estaca Strauss pode ter até metade da capacidade de carga de uma estaca pré-moldada;
- Apresenta dificuldade para escavar solo mole de areia fofa por causa do estrangulamento do fuste.

3 METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado através de uma ampla pesquisa bibliográfica, a qual não houve forma de aplicação prática. Todo o conteúdo aqui contido foi pesquisado em referências bibliográficas seguras e conhecidas, de fontes conhecidas em todo o meio acadêmico e também na área da engenharia de fundações tornando essa pesquisa confiável.

O objetivo desta pesquisa é analisar, através de pesquisa bibliográfica os tipos de solos que melhor atende as exigências de cada estaca, avaliar pontos positivos e negativos entre os dois modelos de estaca, e fazer uma relação custo/benefício.

Para realização desta pesquisa foram colhidos dados em livros de mecânica dos solos, livros de engenharia de fundações, livros de engenharia civil referentes ao assunto. Foi feito também pesquisa em artigos acadêmicos como em trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses.

O site de pesquisas de custos “gerador de preços” é uma base de dados paramétrica e interativa que permite ao utilizador obter preços atualizados sobre materiais, equipamentos e processos construtivos. O gerador de preços também integra produtos e fabricante e, com isso, o usuário pode adquirir valores significativos no custo final da obra. Ele também atua em vários países como Argentina, Uruguai, México, além de países da Europa e África.

Foi utilizado o site Gerador de preços como referência para a comparação de custos por cada metro realizado das seguintes estacas: Strauss e Hélice Contínua. Além dos valores comparados abaixo, ele permite fazer uma comparação de valores para estacas com diversos diâmetros.

Foi analisada com equipamentos gasto por metro de cada estaca com os respectivos diâmetros:

- Estaca Strauss com diâmetros de 38 cm e 45 cm;
- Estaca Hélice contínua com diâmetros de 40 cm e 50 cm.

A tabela 2 mostra uma estimativa de capacidade de carga de alguns diâmetros da estaca Strauss.

Tabela 2 - Valores de diâmetros e resistência de carga para estaca Strauss

DIAMETRO (cm)	Carga admissível (tf)
25	20
32	25 a 30
38	35 a 40
45	55 a 65
55	70 a 80

Fonte: Fundações teoria e pratica 2º Ed (1998)

A tabela 3 mostra uma estimativa de capacidade de carga de alguns diâmetros da estaca hélice contínua.

Tabela 3 – Valores de diâmetros e resistência de carga para estaca hélice contínua

Diâmetro da hélice (mm)	Carga admissível (kN)
275	350
300	450
350	600
400	800
425	900
500	1250
600	1800
700	2450
800	3200
900	4000
1000	5000

Fonte: Fundações teoria e pratica 2º Ed (1998)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Comparativos: Vantagens e Desvantagens da Estaca Hélice Contínua e Estaca Strauss

A seguir, serão listadas as vantagens e desvantagens da estaca hélice contínua e das estacas strauss

4.1.1 Vantagens da Estaca Hélice Contínua

Segundo o site Brasil Gerador de Preços (2018), as vantagens das estacas hélice contínua são:

- **Alta produção:** o equipamento usado para execução da estaca hélice contínua é de alta produção reduzindo o custo na obra, com grande poder de perfuração, sendo capaz de executar em média de 300 a 600 metros por dia (dependendo do diâmetro e da resistência do solo), podendo também atravessar camadas de solo com SPT alto exceto rocha e matacão;
- **Ausência de vibração:** a perfuração da estaca é feita com ausência de vibrações no terreno, evitando problemas futuros para seus clientes. Além disso, é um fator importante quando a perfuração ocorre em centros urbanos, ou mesmo quando as construções vizinhas encontram-se muito próximas umas das outras;
- **Monitoramento em tempo real via satélite:** o monitoramento é feito através de sensores eletrônicos com acompanhamento em tempo real via satélite. Através de um software, os dados do monitoramento são armazenados no computador, podendo ser impressos só no término da obra em formato de relatório gráfico;
- **Baixa intensidade de barulho:** propaga baixo nível de ruído durante a execução da estaca, evitando transtornos na vizinhança da obra;
- **Concreto usinado:** utiliza-se o concreto usinado que oferece a vantagem de permitir uma uniformidade maior na concretagem das estacas. O controle de qualidade deste tipo de concreto é garantido por laboratório que realiza testes de corpo de prova, sendo retido de cada caminhão usado na obra;

- **Alta capacidade de carga**: por se tratar de uma estaca que é injetada juntamente com o concreto sob pressão, apresenta uma carga superior, o que faz diminuir a quantidade de estacas utilizada, tendo como resultado maior economia na fundação da obra.

De acordo com o site escola engenharia (2018), as vantagens são:

- Conseguem atingir grandes profundidades, de até mais de 38 metros;
- Podem ser executadas acima ou abaixo do lençol freático;
- Conseguem penetrar em camadas bem resistentes do solo.

4.1.2 Desvantagens da Estaca Hélice Contínua

Segundo o site escola engenharia (2018), as desvantagens são:

- Por ser um equipamento de grande porte é necessária uma grande área dentro do canteiro de obras, é necessário que o terreno seja pouco acidentado, com pouca declividade;
- Não pode ser executado em terrenos onde existem a presença de rochas ou matacões;
- Tem um alto custo quando comparado a outros tipos de fundações, devido à mobilidade de seus equipamentos.

4.1.3 Vantagens da Estaca Strauss

De acordo com o site Escola da Engenharia (2011), as vantagens são:

- Fator custo/benefício favorável;
- Não gera vibrações no solo suficientes para danificar edificações vizinhas. No entanto é recomendado realizar laudos de perícia em edificações vizinhas para evitar futuras reclamações;
- Possui preços baixos e com valores bem acessíveis, para diversos fins de fundações, atende também uma grande variedade de solos, sendo sua concretagem armada ou não, pois sua concretagem é feita no local e sua espessura pode variar com diâmetros menores até diâmetros maiores dependendo da carga utilizada.

Segundo Daldegan (2016), as vantagens são:

- Facilidade de movimentação e manobra dentro do canteiro de obra.
- Redução de perda de material devido o revestimento metálico.
- Possibilidade de verificação do solo durante sua escavação, encontrando corpos tipo matacões, possibilitando sua mudança de locação antes da concretagem;
- Possibilita a constatação de diversas camadas de solo durante sua escavação, possibilitando fazer comparações em diferentes etapas da escavação;
- Possibilidade de montar o equipamento em terrenos com pouca mobilidade;
- Autonomia com facilidade no transporte para chegar até regiões mais distantes, pois as ferramentas de escavação são de fácil manuseio.

De acordo com o Blog Engenharia Concreta (2016), ela pode ser utilizada em terrenos acidentados ou em local de pé direito baixo no interior de edificações.

4.1.4 Desvantagens da Estaca Strauss

De acordo com o site Brasil Gerador de Preços (2018), as desvantagens são:

- **Baixa produção**: por se tratar de um equipamento que não possui muita tecnologia, a estaca strauss depende muito de mão de obra, a produção é muito baixa, entre 30 a 50 metros lineares perfurados por dia. Por isso, com o baixo volume de produção, as chances de ocorrer atraso no cronograma da obra se elevam significativamente;
- **Ausência de controle de qualidade das estacas**: a estaca não consegue realizar um acompanhamento da qualidade do serviço, pois trata-se de uma máquina tecnologicamente ultrapassada;
- **Alta intensidade de barulho**: o equipamento produz muito barulho, incomodando muito a vizinhança;
- **Concreto feito na obra**: o concreto é feito na própria obra por se tratar de um equipamento de baixa produção não tem tempo hábil para gastar o concreto usinado, mesmo moldado *in loco*, pode ser feito os controles tecnológicos que assegure a qualidade deste concreto, podendo assim comprometer a fundação.

- **A estaca possui uma capacidade de carga admissível inferior:** necessitando de mais estacas para a realização da obra, condição que onera o cliente.

4.2 Tipos de Solo

A seguir serão apresentados os tipos de solo indicados e os solos não indicados para as estacas hélice contínua e para as estacas Strauss.

4.2.1 Tipos de Solo Indicados Para as Estacas Hélice Contínua

As estacas hélice contínua podem ser perfuradas em quase todos os tipos de solos:

- Silte;
- Argila;
- Areia;
- Solos que apresentam nível de lençol freático.

4.2.2 Tipos de Solo Não Indicados Para as Estacas Hélice Contínua

Apenas alguns tipos de solos não são indicados para a perfuração da estaca hélice contínua:

- Solo com a presença de matacões;
- Solo com a presença de rochas.

4.2.3 Tipos de Solo Indicados Para as Estacas Strauss

As situações e os tipos de solos adequados para execução de estaca Strauss são:

- Terrenos planos;
- Solos colapsivos;
- Locais confinados;
- Terrenos acidentados.

4.2.4 Tipos de Solo Não Indicados Para as Estacas Strauss

Os tipos de solos não adequados para execução de estacas tipo Strauss são:

- Solos com lençol freático alto;
- Areia saturada e argila muito mole;
- Solos de alta resistência;
- Matacão;
- Rochas;
- Argilas Rijas;
- Entre outros solos com alta resistência.

4.3 Custos: Estaca Hélice Contínua e Estaca Strauss

A seguir serão apresentados os custos para as estacas hélice contínua e para as estacas Strauss.

- Estaca Strauss com diâmetros de 38 cm e 45 cm;
- Estaca Hélice contínua com diâmetros de 40 cm e 50 cm.

4.3.1 Custos das Estacas Hélice Contínua

4.3.1.1 Estaca hélice contínua monitorada de concreto armado de 40 cm de diâmetro

Executada através da introdução no terreno, por rotação, de um trado helicoidal contínuo e posterior concretagem contínua por bombeamento através da haste central do trado da estaca. Realizada com concreto C25 classe de agressividade ambiental II e tipo de ambiente urbano, brita 0, concretagem com bomba, e aço CA-50, com uma quantidade aproximada de 6,25 kg/m. Inclusive arame de atar e separadores. O preço inclui o corte, dobra e montagem da armadura em central de armaduras de obra e a posterior colocação em obra.

A Tabela 4 mostra a quantidade de insumos e mão de obra para cada metro de estaca.

Tabela 4 Valores para estaca hélice contínua com diâmetro de 40 cm

Insumo	Un	Descrição	Rend.	Preço unitário	Preço Insumo
mt07aco020m	Um	Separador certificado para estacas.	3,000	0,21	0,63
mt07aco070f	Kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, de vários diâmetros, segundo ABNT NBR 7480.	6,563	3,92	25,73
mt08var050	Kg	Arame galvanizado para atar, de 1,30 mm de diâmetro.	0,044	2,53	0,11
mt10haf080ide	m ³	Concreto C25 classe de agressividade ambiental II e tipo de ambiente urbano, brita 0, consistência S160, dosado em central, segundo ABNT NBR 8953.	0,151	344,42	52,01
mq03pii110a	M	Perfuração e colocação de materiais, com equipamento e maquinaria, para estaca de hélice contínua monitorada, de 40 cm de diâmetro.	1,005	58,62	58,91
mq06bhe010	H	Caminhão bomba estacionado na obra, para bombeamento de concreto. Inclusive parte proporcional de deslocamento.	0,006	383,71	2,30
mo043	H	Armador.	0,053	21,82	1,16
mo090	H	Ajudante de armador.	0,076	17,66	1,34
mo045	H	Oficial de trabalhos de concretagem.	0,546	21,82	11,91
mo092	H	Ajudante de trabalhos concretagem.	0,546	17,66	9,64
	%	Custos diretos complementares	2,000	163,74	3,27
				Total:	167,01

Fonte: Site Gerador de Preços (2018).

4.3.1.2 Estaca hélice contínua monitorada de concreto armado de 50 cm de diâmetro.

Executada através da introdução no terreno, por rotação, de um trado helicoidal contínuo e posterior concretagem contínua por bombeamento através da haste central do trado da estaca. Realizada com concreto C25 classe de agressividade ambiental II e tipo de ambiente urbano, brita 0, concretagem com bomba, e aço CA-50, com uma quantidade aproximada de 6,25 kg/m. Inclusive arame de atar e separadores. O preço inclui o corte, dobra e montagem da armadura em central de armaduras de obra e a posterior colocação em obra.

A tabela 5 mostra a quantidade de insumos e mão de obra para cada metro de estaca.

Tabela 5 Valores para estaca hélice contínua com diâmetro de 50 cm.

Insumo	Un	Descrição	Rend.	Preço unitário	Preço Insumo
mt07aco020m	Un	Separador certificado para estacas.	3,000	0,21	0,63
mt07aco070f	kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, de vários diâmetros, segundo ABNT NBR 7480.	6,563	3,92	25,73
mt08var050	kg	Arame galvanizado para atar, de 1,30 mm de diâmetro.	0,044	2,53	0,11
mt10haf080ide	m³	Concreto C25 classe de agressividade ambiental II e tipo de ambiente urbano, brita 0, consistência S160, dosado em central, segundo ABNT NBR 8953.	0,221	344,42	76,12
mqq03pii110b	M	Perfuração e colocação de materiais, com equipamento e maquinaria, para estaca de hélice contínua monitorada, de 50 cm de diâmetro.	1,005	71,69	72,05
mqq06bhe010	H	Caminhão bomba estacionado na obra, para bombeamento de concreto. Inclusive parte proporcional de deslocamento.	0,009	383,71	3,45
mo043	H	Armador.	0,053	21,82	1,16
mo090	H	Ajudante de armador.	0,076	17,66	1,34
mo045	H	Oficial de trabalhos de concretagem.	0,473	21,82	10,32
mo092	H	Ajudante de trabalhos concretagem.	0,473	17,66	8,35
	%	Custos diretos complementares	2,000	199,26	3,99
				Total:	203,25

Fonte: Site Gerador de Preços (2018)

4.3.2 Custos das Estacas Strauss

4.3.2.1 Estaca Strauss de concreto armado de 38 cm de diâmetro.

Executado por extração de terras através de sistema mecânico que se desloca pelo interior de um tubo metálico recuperável e posterior concretagem contínua da estaca. Realizada com concreto C25 classe de agressividade ambiental II e tipo de ambiente urbano, brita 1, dosado em central, concretagem desde caminhão através de tubo tremonha, e aço CA-50, com uma quantidade aproximada de 4,5 kg/m. Inclusive arame de atar e separadores. O preço inclui o corte, dobra e montagem da armadura em central de armaduras de obra e a posterior colocação em obra.

A Tabela 6 mostra a quantidade de insumos e mão de obra para cada metro de estaca.

Tabela 6 - Valores para estaca Strauss com diâmetro de 38 cm

Insumo	Un	Descrição	Rend.	Preço unitário	Preço Insumo
mt07aco020m	Un	Separador certificado para estacas.	3,000	0,21	0,63
mt07aco070f	Kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, de vários diâmetros, segundo ABNT NBR 7480.	4,725	3,92	18,52
mt08var050	Kg	Arame galvanizado para atar, de 1,30 mm de diâmetro.	0,032	2,53	0,08
mt10haf080iec	m ³	Concreto C25 classe de agressividade ambiental II e tipo de ambiente urbano, brita 1, consistência S100, dosado em central, segundo ABNT NBR 8953.	0,121	324,33	39,24
mq03pii120c	M	Perfuração e colocação de materiais, com equipamento e maquinaria, para estaca Strauss, de 38 cm de diâmetro.	1,005	44,33	44,55
mo043	H	Armador.	0,038	21,82	0,83
mo090	H	Ajudante de armador.	0,055	17,66	0,97
mo045	H	Oficial de trabalhos de concretagem.	1,165	21,82	25,42
mo092	H	Ajudante de trabalhos concretagem.	1,165	17,66	20,57
	%	Custos diretos complementares	2,000	150,81	3,02
				Total:	153,83

Fonte: Site Gerador de Preços (2018).

4.3.2.2 Estaca Strauss de concreto armado de 45 cm de diâmetro.

Executado por extração de terras através de sistema mecânico que se desloca pelo interior de um tubo metálico recuperável e posterior concretagem contínua da estaca. Realizada com concreto C25 classe de agressividade ambiental II e tipo de ambiente urbano, brita 1, dosado em central, concretagem desde caminhão através de tubo tremonha, e aço CA-50, com uma quantidade aproximada de 4,5 kg/m. Inclusive arame de atar e separadores. O preço inclui o corte, dobra e montagem da armadura em central de armaduras de obra e a posterior colocação em obra.

A Tabela 7 mostra a quantidade de insumos e mão de obra para cada metro de estaca.

Tabela 7 - Valores para estaca Strauss com diâmetro de 45 cm

Insumo	Un	Descrição	Rend.	Preço unitário	Preço Insumo
mt07aco020m	Un	Separador certificado para estacas.	3,000	0,21	0,63
mt07aco070f	Kg	Aço em barras nervuradas, CA-50, de vários diâmetros, segundo ABNT NBR 7480.	4,725	3,92	18,52
mt08var050	Kg	Arame galvanizado para atar, de 1,30 mm de diâmetro.	0,032	2,53	0,08
mt10haf080iec	m³	Concreto C25 classe de agressividade ambiental II e tipo de ambiente urbano, brita 1, consistência S100, dosado em central, segundo ABNT NBR 8953.	0,167	324,33	54,16
mqq03pii120d	M	Perfuração e colocação de materiais, com equipamento e maquinaria, para estaca Strauss, de 45 cm de diâmetro.	1,005	66,59	66,92
mo043	H	Armador.	0,038	21,82	0,83
mo090	H	Ajudante de armador.	0,055	17,66	0,97
mo045	H	Oficial de trabalhos de concretagem.	1,529	21,82	33,36
mo092	H	Ajudante de trabalhos concretagem.	1,529	17,66	27,00
	%	Custos diretos complementares	2,000	202,47	4,05
				Total:	206,52

Fonte: Site Gerador de Preços (2018).

O valor da estaca hélice continua e significativa se comparado com a estaca Strauss. De acordo com o descrito nas tabelas acima o custo final de qualquer que seja o projeto de fundações com uso das estacas hélice continua e estaca Strauss para obter uma maior economia com menor tempo de execução deve ser analisada as seguintes características do projeto:

Para cada tipo de estaca deve ser analisado:

- Deve se fazer um pré-projeto definindo numero de estacas;
- Tipo de terreno a ser escavado;
- Condições do nível topográfico;
- Levantamento das áreas vizinhas da obra;
- Analisar se as cargas vão ser compatíveis com a resistência das estacas;

Com isso poderá ser escolhida qual tipo de estaca melhor atende as exigências do projeto, sendo que a estaca do tipo hélice contínua são caracterizadas por ter um maior custo devido à possibilidade de deslocamento do equipamento, sendo que sua capacidade de execução é muito mais rápida de que da estaca Strauss, sua capacidade de carga também é relativamente grande se comparada à outra estaca, logo conclui se que esse tipo de fundação será viável para uma obra de maior porte com uso de grandes cargas e com um número significativo de estacas a ser escavadas.

Já a estaca do tipo Strauss devesse ser usada em obras com menor número de estacas a ser escavadas, pois seu processo é relativamente lento se comparado com a estaca hélice contínua, sua capacidade de carga também é muito abaixo da outra estaca, sendo indicada em obras com menor porte com menor capacidade de cargas. Seu uso pode ser indicado em ambientes de difícil acesso ou em obras com locais confinados.

5 CONCLUSÃO

Com a conclusão deste trabalho foi possível verificar alguns aspectos fundamentais entre os modelos escolhidos de fundações profundas. No comparativo entre as estacas hélice contínua e Strauss, tudo depende de um bom projeto e da escolha de uma boa empresa de execução de estacas, com bons profissionais qualificados para execução do projeto.

Há uma grande necessidade de se fazer um anteprojeto, assim é possível saber quais as limitações do projeto através do conhecimento de áreas ao entorno da obra, também as condições do terreno como inclinações, áreas construídas em divisas e construções vizinhas. A importância da análise do solo é fundamental para escolha da fundação, e através da sondagem de reconhecimento das camadas do solo é possível avaliar a resistência do solo.

Para o comparativo entre os dois modelos identificou-se que a estaca hélice contínua é muito favorável quando se tem uma necessidade de execução com menor tempo para a conclusão das estacas, ela consegue escavar e monitorar em tempo real o tipo de solo, sua concretagem e feita de forma usinada assim é possível verificar a qualidade do concreto usado. A estaca hélice contínua permite a execução de vários metros de estacas por dia, pois consegue perfurar, concretar e colocar sua armadura tudo em um curto espaço de tempo sem causar grandes

vibrações ou ruídos para incomodar áreas vizinhas, tem uma grande capacidade de carga diminuindo a necessidade de um maior número de estacas.

Porém, seu custo é um pouco maior, pois exige locação de equipamentos que geralmente são de grande porte, havendo a necessidade de ser encontrada em grandes centros. Existe também a possibilidade de a perfuratriz não conseguir se movimentar dentro do canteiro de obras ou não conseguir executar a estaca em alguns locais onde se trata de divisas ou por grandes desníveis do terreno.

A estaca Strauss é um modelo de estaca que tem fácil acesso em qualquer tipo de terreno, pois seu equipamento é de pequeno porte. Assim, é possível ser transportado e manuseado com facilidade dentro do canteiro de obras. A estaca Strauss consegue vencer vários tipos de solos, pois sua perfuração é feita por percussão, o que permite atravessar camadas resistentes de solo.

Por outro lado, a estaca Strauss é um modelo de estaca tecnologicamente ultrapassada, sua capacidade de produção é baixa, perfurando poucos metros lineares por dia, o que não é viável para o cronograma da obra. Sua capacidade de carga também é baixa, havendo a necessidade de escavar um maior número de estacas para alcançar a resistência necessária. Não tem nenhum tipo de controle de qualidade, o equipamento produz muito barulho o que causa incomodo as áreas vizinhas. Seu concreto é feito na própria obra o que não impossibilita a execução de um controle de qualidade do concreto produzido o que pode ser de grande importância evitando danos à estrutura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, Urbano Rodriguez. Exercícios de fundações. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.

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

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

CINTRA, José Carlos A.; AOKI, Nelson. Fundações por estacas: projeto geotécnico. São Paulo: oficina de textos, 2010.

CIVILIZAÇÃO ENGENHARIA. Elemento estrutural responsável por distribuir os esforços da edificação no solo. Conheça os tipos de fundações, 2017. Disponível em <<https://civilizacaoengenharia.wordpress.com/2017/09/15/elemento-estrutural-responsavel-por-distribuir-os-esforcos-da-edificacao-no-solo-conheca-os-tipos-de-fundacoes/>>. Acesso em 18 de jun 2018.

ABMS/ABEF. Fundações: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998.

HÉLIO ALVES DE AZEREDO. O Edifício até sua cobertura. 2ª edição- São Paulo: Blucher, 1997.

Escola Engenharia. Disponível em <<https://www.escolaengenharia.com.br/fundacoes-profundas/>> Visitado em 18 Julho 2018.

DALDEGAN, Eduardo. Estaca Strauss: processo executivo e dicas importantes. Disponível em <<https://www.engenhariaconcreta.com/estaca-strauss-processo-executivo-e-dicas-importantes/>> Visitado em 16 dezembro 2018.

Brasfond Fundações Especiais. Disponível em <<http://www.brasfond.com.br/fundacoes/ehcontinua.html>> Visitado em 16 de dezembro 2018.

Guia da Engenharia. Disponível em <<https://www.guiadaengenharia.com/fundacoes-superficiais/>>. Visitado em 18 Julho 2018.

VWF Fundações. Disponível em <<https://www.vwffundacoes.com.br/sondagem-spt>>. Visitado em 18 de Julho 2018.

Gerador de Preços Brasil. Disponível em <<http://www.brasil.geradordeprecos.info/obra-nova/Fundacoes.html>> Visitado em 10 de novembro 2018.

JOÃO CARLOS DE CAMPOS. Elementos de fundações em concreto-- São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

PEREIRA, Caio. Estaca Strauss _ Vantagens e Desvantagens. Escola de Engenharia, atualizado em 26 de dezembro 2017 disponível em <<https://www.escolaengenharia.com.br/fundações-profundas/>> Acesso em: 13 de Maio de 2018.

PEREIRA, Caio. Fundações Profundas. Escola de Engenharia Atualizado em 12 de abril de 2018 Disponível em <<https://www.escolaengenharia.com.br/fundações-profundas/>>. Acesso em 13 de Maio de 2018.

PINTO, Carlos de Sousa Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas/3ª Edição Carlos de Sousa Pinto.- São Paulo: Oficina de Textos.

REBELLO Y. C. P. Fundações – Guia prático de projeto, execução e dimensionamento. São Paulo: Ziguarte, 2008. 239 p. 2010.

SCHNAID, Fernando Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações/ Fernando Schnaid, Edgar Odebrecht—2.ed. São Paulo : Oficina de Textos,2012.

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