

## ELABORAÇÃO E COMPARAÇÃO ENTRE PROJETOS DE FUNDAÇÕES EM ESTACA ESCAVADA MECANICAMENTE E ESTACA HÉLICE CONTÍNUA EM URUGUAIANA/RS

**Maurício Tellechea Martini**

Pesquisador do curso de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

mauriciotmartini@hotmail.com

**Lysiane Menezes Pacheco**

Professora/Pesquisadora do curso de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

lysiane@terra.com.br

**Resumo.** *O trabalho expõe o estudo de caso de um empreendimento localizado no município de Uruguaiana, interior do estado do Rio Grande do Sul, em que por meio da análise da sondagem SPT (Standard Penetration Test) e da realização de um furo teste, foram elaborados dois projetos de fundações. Um deles em estaca hélice contínua e outro em estaca escavada mecanicamente. Por fim, foram apresentados os custos de execução dos dois projetos. Como resultado, pode-se observar que a execução das estacas escavadas mecanicamente tem um custo de R\$ 66.689,40 menor, o que, correspondeu a aproximadamente 28,9% de economia quando comparado com o outro projeto.*

**Palavras-chave:** Fundações. Estaca hélice contínua. Estaca escavada mecanicamente.

### 1. INTRODUÇÃO

As fundações representam estruturas com a finalidade de transferir ao solo as cargas provenientes da superestrutura. Para este objetivo, é necessário que o solo suporte estas

solicitações, de forma que não ocorra qualquer tipo de patologia na construção. Como exemplos de edificações em que ocorreram patologias decorrentes do tipo de fundação adotada, destacam-se a Torre de Pisa, localizada na Itália, bem como alguns edifícios no município de Santos/SP no Brasil, os quais apresentaram ao longo do tempo desaprumos. Desta forma, observa-se a importância de um projeto de fundação bem estruturado e analisado especificamente, a fim de garantir segurança e maior qualidade nas obras executadas.

Neste contexto, a elaboração de um bom projeto de fundações depende de elementos básicos, sendo que o conhecimento do perfil geotécnico, a partir de investigação local, é um dos que mais contribui para a qualidade e eficiência do projeto. No entanto, apesar de considerada uma prática inaceitável, a ausência da investigação do subsolo ocorre em obras de pequeno e médio porte, sempre norteada para a economia de investimentos (MILITITSKY et al., 2015).

Segundo Schnaid (2000), os custos em sondagens variam entre 0,2 e 0,5% do custo global da obra. Em contrapartida, a existência de patologia e a necessidade de utilização de

reforços na estrutura provocam despesas muitas vezes superiores ao custo global inicial (MILITITSKY et al., 2015). Desta forma, é possível observar que os custos relacionados com a prevenção das patologias em obras, por meio da execução de sondagens, tornam-se irrisórios.

Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi elaborar um projeto de fundações de uma edificação residencial localizada no município de Uruguaiana-RS, considerando estaca hélice contínuo, tipo de estaca que poderia ter sido escolhido, caso não tivesse sido executado o furo teste no terreno. Por fim, ainda foi realizado um projeto de fundação em estaca escavada mecanicamente para comparação de custos entre os dois tipos de fundações. Salienta-se que não será elaborado o projeto estrutural dos blocos de coroamento sendo adotadas as dimensões e armaduras de outro projeto.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com a NBR 6122 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010), os aspectos necessários para elaboração de projetos e previsão de desempenho das fundações são:

- a) reconhecimento inicial do terreno;
- b) investigação geotécnica;
- c) conhecimento das ações provenientes da superestrutura, e quaisquer outras ações que atingem a fundação;
- d) prática de fundação local, bem como, estado das construções vizinhas.

Nos próximos itens serão abordados assuntos referentes a investigações geotécnicas e fundações profundas.

### 2.1 Investigações geotécnicas

As práticas de reconhecimento do subsolo estão relacionadas com a obtenção de

fundações econômicas e seguras. Qualquer que seja a natureza do projeto geotécnico, este, normalmente será elaborado com base em ensaios de campo, apresentando a estratigrafia coerente do solo, nível d'água e também, determinando estimativas das propriedades geomecânicas dos constituintes envolvidos (SCHNAID, 2000).

Conforme a NBR 6122 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010), a adequada investigação do subsolo é determinada por um programa de investigações que corrobora para um objetivo final, sendo composto pelas seguintes etapas:

- a) investigação preliminar;
- b) investigação complementar;
- c) investigação para fase de execução.

De acordo com Milititsky et al. (2015), o ensaio preliminar mais usual no Brasil é a sondagem à percussão (SPT - *Standard Penetration Test*), o qual é padronizado pela NBR 6484. Ainda conforme estes autores, eventuais patologias e falta de precisão de projetos estão atreladas a:

- a) ausência de sondagem;
- b) sondagens insuficientes;
- c) sondagens com falhas;
- d) inadequada interpretação da sondagem.

É possível destacar que podem existir inadequações na identificação dos parâmetros obtidos na análise de reconhecimento do subsolo, proporcionando incertezas das condições do solo e comprometendo o funcionamento da fundação. A adequada interpretação do subsolo depende muito da experiência do projetista, o qual adota um modelo para descrever o perfil, com aspectos de comportamento das diversas camadas (MILITITSKY et al., 2015).

## 2.2 Estacas escavadas mecanicamente

Conforme a NBR 6122 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010), estaca escavada mecanicamente é uma solução de fundação que consiste na execução da escavação do solo, realizada por uma perfuratriz de trado mecânico, sem nenhum tipo de revestimento interno ou líquido estabilizante. No momento da escavação, é necessário que o subsolo possua propriedade estável para execução da estaca. Além disto, as mesmas devem ser concretadas *in loco* com profundidade limitada ao nível d'água.

Segundo Velloso e Lopes (2010), estacas escavadas somente são exequíveis quando o solo apresenta alguma porcentagem de material fino e quando estão acima do nível d'água, sendo ele natural ou rebaixado. Neste contexto, Falconi et al. (1998) também afirmam que estacas escavadas sem lama bentonítica somente serão empregadas em perfurações acima da cota do nível d'água.

Um exemplo de situação em que o nível d'água comandou o projeto de fundações é o caso apresentado por Pandolfo e Zen (2010), onde o projeto previa que as estacas escavadas teriam 16 m de comprimento, porém, houve a necessidade de reduzir a profundidade para 13 m, tendo em vista a ocorrência de água durante o processo de perfuração. Desta forma, em função da redução do comprimento, foi necessário que os diâmetros sofressem aumento.

A utilização de estaca escavada isolada é uma prática bastante adotada, e nesses casos não são adotados blocos de coroamento. Mas para isso, a maior dimensão do pilar deve ser menor que o diâmetro da estaca e deve ser empregada armadura de fretagem.

A estimativa do valor por metro executado de estaca escavada mecanicamente (estando incluso material, mão-de-obra e mobilização) para a realização do serviço em Uruguaiana-RS é apresentada na Tabela 1,

com base em uma cotação de uma empresa gaúcha, considerando a data base setembro de 2017.

Tabela1 - Custo total por metro escavado em relação ao diâmetro para estaca escavada mecanicamente

Estaca escavada sem fluido estabilizante	(R\$/m*)
Diâmetro 0,50 m	R\$ 190,00
Diâmetro 0,60 m	R\$ 260,00
Diâmetro 0,70 m	R\$ 350,00
Diâmetro 0,80 m	R\$ 470,00
Diâmetro 0,90 m	R\$ 570,00
Diâmetro 1,10 m	R\$ 800,00
Diâmetro 1,20 m	R\$ 915,00

(fonte: adaptado da cotação em empresa)  
(\* base setembro 2017)

## 2.3 Estacas hélice contínua

Segundo a NBR 6122 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010), a estaca hélice contínua é uma fundação moldada *in loco*, executada por intermédio de um trado helicoidal contínuo, realizando-se a concretagem simultaneamente com a retirada do trado junto ao solo. Com relação à pressão do concreto, esta deve apresentar-se positiva para evitar a interrupção do fuste. Por fim, a armadura é posicionada logo após a concretagem.

Segundo Schilling (2017), estacas hélice contínua apresentam custos razoáveis com diâmetro de no máximo 60 cm, sendo que, diâmetros maiores necessitam maquinários muito robustos e caros. Deve-se considerar que em uma obra, a troca de diâmetros proporciona atrasos nos prazos, portando é aconselhável a uniformização dos diâmetros das estacas, sendo obrigatório o uso de blocos de coroamento para uma ou mais estacas executadas.

Tendo em vista que este tipo de estaca provoca baixo nível de vibração e possui elevada produtividade, pode ser utilizada em

centros urbanos, próxima a diversos tipos de estruturas (VELLOSO; LOPES, 2010).

Segundo a mesma empresa gaúcha citada anteriormente, com mesma data-base, o valor total por metro executado de estaca (estando incluso material, mão-de-obra e mobilização) para a realização do serviço na cidade de Uruguaiana-RS está demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Custo total por metro perfurado em relação ao diâmetro para estaca hélice contínua

Estaca Hélice Contínua	(R\$/m*)
Diâmetro 0,40 m	R\$ 190,00
Diâmetro 0,50 m	R\$ 220,00
Diâmetro 0,60 m	R\$ 300,00

(fonte: adaptado da cotação em empresa)

(\* base setembro 2017)

### 3. METODOLOGIA

A área de estudo do presente trabalho está localizada no município de Uruguaiana, no estado do Rio Grande do Sul. O empreendimento possui terreno com área de aproximadamente 770 m<sup>2</sup>, destinado à construção de um edifício residencial. Essa edificação possuía um projeto em estacas escavadas, as quais foram executadas em julho de 2017.

Apesar de já existir um projeto em estacas escavadas, os autores do presente trabalho fizeram um novo projeto com esse tipo de fundação, além de um projeto em estaca hélice contínua – tipo de estaca que poderia ter sido escolhido caso não tivesse sido executado um furo teste no terreno – com intuito de comparar custos. Para isso, foram realizados os seguintes passos:

- análise e discussão das sondagens;
- aplicação de um questionário para empresas projetistas de fundações;
- dimensionamento das estacas hélice contínua e das estacas escavadas;
- comparativo dos custos totais;
- resultados.

### 3.1 Análise e discussão das sondagens

Anteriormente à fase de projeto dessa edificação, foram efetuados dois furos de SPT. A partir deles, foi proposto um perfil geológico-geotécnico do terreno, o qual é apresentado na Fig. 1. É possível verificar que o nível d'água após 24h do ensaio encontra-se entre 2,20 e 3,10 m do nível do terreno.

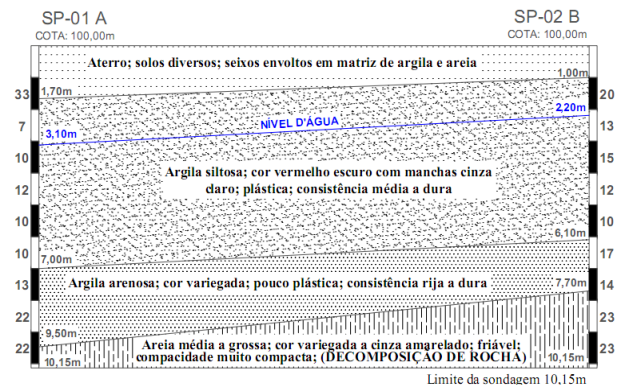


Figura1: Perfil geológico-geotécnico

(fonte: o autor, 2017)

A partir destas informações foi elaborado e executado em julho de 2017 o projeto de fundações em estaca escavada sem a utilização de fluido estabilizante, mesmo sendo observado elevado nível d'água nos boletins de sondagens. O emprego deste tipo de fundação somente foi possível graças à realização de um furo teste antes da execução das estacas. No momento da execução do furo teste não foi observada água e verificou-se estabilidade do fuste, permitindo execução das estacas.

### 3.2 Aplicação de um questionário para empresas projetistas de fundações

Ao deparar-se com a situação do nível d'água elevado apresentado no boletim de sondagem, resolveu-se questionar diferentes empresas que atuam no estado do Rio Grande do Sul sobre o procedimento a ser adotado nesta situação. Sendo assim, foi elaborado um

questionário e enviado por e-mail para quatro empresas, com a seguinte pergunta: “*Durante a fase de projeto, quando se observa nível d’água elevado durante a execução do ensaio SPT, e também, em 24 h após o ensaio, considerando um solo predominante argiloso, o uso de estaca escavada sem a utilização de fluido estabilizante já é descartado imediatamente? Ou a opção por esse tipo de estaca somente seria descartada caso fosse encontrada água durante a escavação para sua execução?*”

A seguir será apresentado um resumo das respostas, apresentados pelas empresas.

- a) analisar o método de avanço da perfuração utilizado para a realização da sondagem, pois em algumas vezes é empregado o trépano de lavagem antes de atingir o nível d’água, o que dificulta a correta interpretação da profundidade do lençol freático do terreno. De modo geral, solos argilosos com média resistência não são permeáveis, permitindo a perfuração sem problemas de desmoronamento do fuste antes da concretagem;
- b) verificar a época do ano da realização do ensaio, considerando estações chuvosas ou secas, sendo aconselhada a execução de um ou mais furos testes *in loco*, utilizando perfuratriz rotativa sobre caminhão, para verificar o nível de água e as condições de estabilidade do solo.

A partir dessas respostas das empresas, verificaram-se as sondagens novamente. No furo SP-01 A não foi realizada a perfuração com trépano de lavagem antes de se atingir o nível d’água e SP-02 B somente foi utilizado o trado helicoidal. Como já comentado, na obra em questão foi realizado furo teste, o que convergiu com as soluções apresentadas por duas empresas consultadas no questionário.

### **3.3 Dimensionamento das estacas hélice contínua e das estacas escavadas sem fluido estabilizante**

O dimensionamento das estacas foi realizado com o auxílio de planilhas eletrônicas (software Excel®), elaboradas para este trabalho, utilizando o método Décourt-Quaresma . A sequência das etapas foi:

1. definir a cota de apoio da estrutura. Sendo escavado um metro de profundidade do terreno, nessa profundidade estará base dos pilares. Considerando que a cota original do terreno é 100 m, então a cota do topo dos blocos de coroamento para as estacas hélice contínua será 99 m, sendo utilizada a mesma cota para o topo das estacas escavadas sem fluido estabilizante;
2. analisar o perfil geotécnico, utilizando a sondagem que apresentou a menor resistência à penetração, sendo assim fixado o comprimento das estacas até o impenetrável;
3. determinar a capacidade de carga “Qadm” do sistema solo-estaca para diferentes diâmetros, considerando metodologia de Décourt e Quaresma;
4. escolher os diâmetros das estacas, considerando dimensionamento geotécnico (Qadm deve ser superior ao à carga de trabalho – carregamento imposto pela superestrutura) e estrutural, a partir da planilha de carregamento dos pilares, fornecida pelo projetista estrutural da edificação;
5. estaca escavada mecanicamente: comparar a dimensão dos pilares para ver se a estaca não possuía um diâmetro menor, necessitando, nesse caso, bloco de coroamento. Para evitar o uso do bloco, foi aumentado o diâmetro das estacas;
6. estaca hélice contínua: desenhar as estacas nos pilares e avaliar se foi respeitado o espaçamento mínimo entre estacas,

quando não respeitado, foi associado o bloco, sendo calculado o centro de carga.

Enfatiza-se que no presente trabalho foi considerado sempre o uso de um bloco de coroamento para as estacas hélice contínua, mesmo ao considerar somente uma estaca. Não foram dimensionados estruturalmente os blocos de coroamento.

### 3.4 Comparativo dos custos totais

Após os dois projetos concluídos, para determinar o preço deles, foram utilizados os valores já apresentado nas Tabelas 1 e 2 (estando incluso material, mão-de-obra e mobilização). Exclusivamente no orçamento do projeto em estaca hélice contínua, incluíram-se os custos provenientes da tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), data base de setembro de 2017 para o Estado do Rio Grande do Sul, referentes aos seguintes itens:

- escavação mecanizada para bloco de coroamento, com previsão de forma, com retroescavadeira no valor de R\$ 30,45/m<sup>3</sup>;
- fabricação, montagem e desmontagem de forma para bloco de coroamento em madeira serrada com quatro utilizações, no valor de R\$ 51,55/m<sup>2</sup>;
- armação do bloco de coroamento (kg), conforme descrito na Tabela 3, estando inclusa a composição de insumos e de mão de obra;

Tabela 3 - Custo do aço referente ao diâmetro e peso

Bitola (mm)	Custo/kg
Ø 6,3	R\$ 8,59
Ø 8,0	R\$ 7,93
Ø 10,0	R\$ 6,41
Ø 12,5	R\$ 5,59
Ø 20,0	R\$ 4,58
Ø 25,0	R\$ 4,88

(fonte: adaptado tabela SINAPI, 2017)

- concretagem para bloco de coroamento, fck 30 MPa, com uso de bomba de lançamento, adensamento e acabamento, no valor de R\$ 399,22/m<sup>3</sup>;
- arrasamento mecânico das estacas de concreto armado para construção dos blocos de coroamento, com diâmetro de 0,40 m no valor de R\$ 14,49 a unidade e diâmetros entre 0,41 m a 0,60 m, no valor de R\$ 18,58 a unidade.

A quantidade de bloco de coroamento utilizada no projeto (Tabela 4) serviu de base para o orçamento. Como já apresentado, neste trabalho não foi realizado o dimensionamento estrutural dos blocos de coroamento, sendo assim, foi utilizado um projeto estrutural para os blocos de outra obra.

Tabela 4 - Quantidade de blocos de coroamento

Diâmetros (m)	Quantidade de Bloco - 1 Estaca	Quantidade de Bloco - 2 Estaca	Quantidade de Bloco - 3 Estaca	Quantidade de Bloco - 6 Estaca
Ø 0,40	2	11	6	-
Ø 0,50	5	11	1	-
Ø 0,60	2	10	1	1
Total				50

(fonte: o autor, 2017)

Para determinar a bitola e o peso do aço utilizado nos blocos de coroamento, também foram utilizadas as informações do mesmo projeto mencionado anteriormente.

## 4. RESULTADOS

Após a realização do projeto em hélice contínua, verificou-se a existência de 103 estacas com diferentes diâmetros e com perfuração de 9 m, conforme determinado pelo dimensionamento geotécnico. Salienta-se que as estacas terão arrasamento para construção do bloco de coroamento, sendo considerados apenas 8 m de comprimento para o dimensionamento geotécnico.

No projeto de fundação em estaca escavada, foi possível constatar que ao total foram utilizadas 53 estacas de diferentes diâmetros, sendo considerada somente uma

estaca para cada pilar, com profundidade mínima de 9 m, de acordo com o dimensionamento.

Conforme pode ser observado no Quadro 1, o custo final para a execução de todas as estacas hélice contínua no município de Uruguaiana/RS seria R\$ 297.359,40.

Quadro 1 - Custos final para execução das estacas hélice contínua

Custo de Execução (R\$)	R\$ 214.920,00
Custo Amação do Bloco (R\$)	R\$ 38.481,32
Custo Forma do Bloco (R\$)	R\$ 11.707,80
Custo Concreto do Bloco (R\$)	R\$ 28.346,24
Custo Escavação do Bloco (R\$)	R\$ 2.162,07
Custo do Arrasamento da Estaca (R\$)	R\$ 1.741,96
<b>Total</b>	<b>R\$ 297.359,40</b>

(fonte: o autor, 2017)

Conforme Quadro 2, o custo final para execução do projeto em estaca escavada é R\$ 230.670,00, ou seja, 28,90% inferior ao custo para execução de estacas hélice contínua.

Quadro 2 - Custos final para execução das estacas escavadas sem fluido estabilizante

Diâmetros (m)	Custo Total de Execução (R\$)
Ø 0,50	R\$ 3.420,00
Ø 0,60	R\$ 28.080,00
Ø 0,70	R\$ 25.200,00
Ø 0,80	R\$ 46.530,00
Ø 0,90	R\$ 46.170,00
Ø 1,10	R\$ 64.800,00
Ø 1,20	R\$ 16.470,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 230.670,00</b>

(fonte: o autor, 2017)

Conforme análise dos resultados, observa-se que somente o custo de execução das fundações é menor para estaca hélice contínua, porém, há necessidade da utilização de outros

elementos o que elevam seu custo total em relação às estacas escavadas.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desse trabalho foi elaborar dois projetos de fundações de uma edificação residencial localizada no município de Uruguaiana/RS, um considerando estaca hélice contínua e outro estaca escavada mecanicamente e comparar o custo deles.

Para o dimensionamento, foi utilizado o método Décourt-Quaresma, resultando em estacas hélice contínua com 8 m de comprimento (9 m de perfuração) e estacas escavadas com 9 m de comprimento.

Após o dimensionamento das fundações foram elaboradas planilhas eletrônicas (software Excel®), com valores cotados com uma empresa do estado do Rio Grande do Sul e valores retirados da tabela SINAPI, para composição dos custos finais das fundações.

Ao final, foi certificado que a execução das fundações em estaca escavada proporcionou uma economia de aproximadamente 28,9% em relação às fundações em estaca hélice contínua, resultando ao final uma diferença total de R\$ 66.689,40.

## 6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484**: solo – sondagens de simples reconhecimento com SPT – métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2001.

\_\_\_\_\_. **NBR 6122**: projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.

FALCONI, F. F.; FILHO, J. S.; FÍGARO, N. D. Execução de fundações profundas: estacas escavadas sem lama bentonítica. In: HACHICH et al. (eds.). **Fundações: teoria e**

**prática.** 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. p. 336-344.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHNAID, F. **Patologia das fundações.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

PANDOLFO, C.; ZEN, R. **Execução de fundação com estacas tipo escavadas,** 2010. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/eso/content/?p=115>>. Acesso em: 02 set. 2017.

SCHILLING, A. J. Publicação eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <mauriciotmartini@hotmail.com> em 09 out. 2017.

SCHNAID, F. **Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações.** 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Sinapi,** 2017, Disponível em:<[http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_660](http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_660)>. Acessado em: 25 out. 2017.

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. **Fundações,** volume 2: fundações profundas. Nova ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.