

# Estacas hélice contínua e ômega: aspectos executivos

**INTRODUÇÃO**

A engenharia de fundações vem evoluindo constantemente em busca de novos elementos de fundação, que possuam alta produtividade, ausência de vibrações e ruídos na execução, elevada capacidade de carga e controle de qualidade durante a execução da estaca, entre outros aspectos.

Dentro deste propósito surgiram no mercado de trabalho recentemente e tiveram um grande desenvolvimento nos últimos anos, as estacas hélice contínua, sendo hoje uma estaca de enorme interesse comercial nos grandes centros urbanos do país. Mais recentemente, ainda com pouco uso, comparando-se com a hélice contínua, surgiram as estacas ômega, que podem também se transformar em estacas de uso tão intenso quanto à própria hélice contínua.

## HISTÓRICO

### Estacas hélice contínua

O emprego de estacas executadas com trado hélice contínua, surgiu na década de 1950 nos Estados Unidos. Os equipamentos eram constituídos por guindastes de torre acoplada, dotados de mesa perfuradora que executavam estacas com diâmetros de 27,5 cm, 30 cm e 40 cm. No início da década de 1970, esse sistema, foi introduzido na Alemanha,

de onde se espalhou para o resto da Europa e Japão (Penna et. al., 1999).

As estacas hélice contínua tiveram um grande desenvolvimento a partir da década de 1980 nos Estados Unidos, Japão e Europa, inicialmente com equipamentos adaptados para a sua execução e, posteriormente, com equipamentos apropriados e específicos para a execução destas estacas.

No Brasil, as estacas hélice contínua foram introduzidas por volta de 1987. Só a partir de 1993, houve um grande progresso e desenvolvimento do uso destas estacas no Brasil. Isto começou com a importação de equipamentos específicos para executar estacas hélice contínua. A partir de então, com equipamentos importados com maior força de arranque e com torques de até 85 KN.m, possibilitou-se a execução de estacas de até 800 mm de diâmetro e comprimento máximo de 24 metros. Hoje em dia, é possível executar estacas com 1.200 mm de diâmetro e 32 metros de comprimento. E com a evolução crescente dos equipamentos, a gama de opções de diâmetros e profundidades tende a aumentar.

### Estacas ômega

As estacas ômega são recentes no mercado, sendo consideradas estacas de última geração. Assim como a ômega, as estacas Atlas, De Waal e Spire são consideradas *screw piles* (estacas aparafusadas) de nova geração (Bustamante & Gianceselli, 1998). As *screw piles* são estacas em que a perfuração é feita por um trado de forma cônica, que perfura o solo como um parafuso, com deslocamento lateral de solo.

**JOSÉ ALBUQUERQUE DE ALMEIDA NETO**  
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL PELA ESCOLA POLITÉCNICA DA USP. E-mail: albuquerque@bol.com.br

**ROBERTO KOCHEN**

PROFESSOR DOUTOR, ESCOLA POLITÉCNICA DA USP, DIRETOR DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÕES CIVIS DO INSTITUTO DE ENGENHARIA E DIRETOR TÉCNICO DA GEOCOMPANY TECNOLOGIA, ENGENHARIA & MEIO AMBIENTE. E-mail: kochen@geocompany.com.br



No fim do ano de 1993, o professor Van Impe desenvolveu pesquisas em estacas Atlas, com o intuito de otimizar a taxa de penetrabilidade, a energia utilizada e um melhor controle do deslocamento de solo durante a execução das estacas Atlas. Para atingir seus objetivos, Van Impe alterou o formato da ponta (cabeça) da estaca Atlas (figura 1), criando aberturas de poucos centímetros na flange da hélice Atlas. Partindo dos resultados desta pesquisa e do formato desta estaca Atlas alterado (figura 1), surgiram os princípios tecnológicos e o formato hélice parafuso da ponta da estaca ômega.

Comercialmente, as estacas ômega foram introduzidas no mercado europeu no ano de 1995, primeiramente na Bélgica pela empresa Socofonda. Em 1996, foram introduzidas na França pela Sols & Foundation. No Brasil, estas estacas, surgiram em 1997. Devido às suas características, provavelmente seu uso se disseminará pelo país e se tornará bem mais popular do que é hoje em dia.

### PROCESSO EXECUTIVO

#### Estacas hélice contínua

A execução das estacas hélice contínua pode ser dividida em três etapas: perfuração, concretagem simultânea a extração da hélice do terreno, e colocação da armadura.

**Perfuração** - A perfuração é executada por cravação da hélice no terreno por rotação, com um torque apropriado para que a hélice vença a resistência do solo, alcançando a profundidade determinada em projeto. A perfuração é executada sem que em nenhum momento a hélice seja retirada do furo. O torque é aplicado por meio de uma mesa rotativa situada no topo da hélice.

A haste de perfuração é constituída da hélice espiral, responsável pela retirada de solo, e um tubo central solidarizado a esta hélice. A hélice é dotada de dentes em sua extremidade inferior que auxiliam a sua penetração no solo. Em terrenos mais resistentes, esses dentes podem ser substituídos por pontas de vídia. Para que não haja, durante a fase de perfuração, entrada

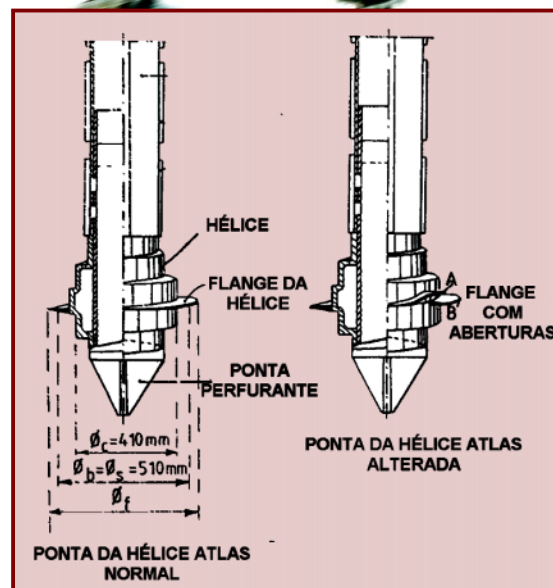


Figura 1 - Ponta da estaca hélice Atlas normal (a) e a ponta alterada para pesquisas por Van Impe (b) (Van Impe, 1994)

de solo ou água na haste tubular, existe na face inferior da hélice uma tampa metálica provisória que é expulsa na concretagem. Esta tampa geralmente é recuperável.

**Concretagem** - Atingida a profundidade desejada, inicia-se a concretagem da estaca, por bombeamento do concreto pelo interior da haste tubular. Devido a pressão do concreto, a tampa provisória é expulsa. A hélice passa a ser extraída pelo equipamento, sem girar ou, no caso de terrenos arenosos, girando muito lentamente no sentido da perfuração.

O concreto é injetado sob pressão positiva. A pressão positiva visa garantir a continuidade e a integridade do fuste da estaca, e, para isto, é necessário que se observe dois aspectos executivos. O primeiro é garantir que a ponta do trado, durante a perfuração, tenha atingido um solo que permita a formação da bucha, para que o concreto injetado se mantenha abaixo da ponta da estaca, evitando que o mesmo suba pela interface solo-trado. O segundo aspecto é o controle da velocidade de retirada do trado, de forma que sempre haja um sobreconsumo de concreto.

O concreto normalmente utilizado apresenta resistência característica ( $f_{ck}$ ) de 20 MPa, é bombeável, e composto de areia e pedrisco. O consumo de cimento é elevado, entre 400 a 450 Kg/m<sup>3</sup>. O uso de aditivos plastificantes tem sido muito usado. O fator água-cimento é geralmente em torno de 0,53 a

0,56. O abatimento (*slump*) do concreto situa-se entre 200 e 240 mm.

Assim como a perfuração, a concretagem deve ocorrer de forma contínua e ininterrupta, mantendo as paredes onde se formará a estaca, sempre suportadas (acima da ponta do trado, pelo solo encontrado entre as pás da hélice, e abaixo, pelo concreto que é injetado).

Durante a extração da hélice, a limpeza do solo contido entre as pás, é feita manualmente ou com um limpador de acionamento hidráulico ou mecânico acoplado ao equipamento, que remove este material, sendo este, removido para fora da região do estaqueamento com o uso

de pá carregadeira de pequeno porte.

**Colocação da armadura** - As estacas hélice contínua têm suas armaduras instaladas somente após a concretagem, isto pode ser um fator limitante do comprimento da armadura e, também, pode impossibilitar o uso destas estacas quando sujeitas a esforços de tração ou quando utilizadas como elemento de contenção. As armaduras podem ser instaladas por gravidade, por compressão de um pilão ou por vibração – sendo esta última a recomendada na literatura internacional. No Brasil, entretanto, a colocação da armadura por golpes de um pilão tem sido a mais utilizada na prática. A utilização de pilão permitiu executar estacas com armadura de 19 metros de comprimento, na garagem subterrânea do Hospital das Clínicas em São Paulo, e de mais de 17 metros na Estação da Luz, CPTM (valas da Rua Mauá e Pinacoteca do Estado).

#### Estacas ômega

**A ponta parafuso ômega** - A ponta da hélice ômega consiste de um longo parafuso de aço de diâmetro incrementado descontinuamente no topo, com variados graus de inclinação, para cada diâmetro diferente (Bottiau & Cortvrindt, 1994). Na figura 2 apresenta-se um detalhamento da ponta do parafuso hélice ômega.

A forma do parafuso foi desenvolvida de tal maneira que o volume de solo transportado entre as pás da hélice ômega pode ser armazenado em cada nível para as diferentes seções da hélice

ce parafuso. Por exemplo, o volume entre as pás da seção VI - VI da figura 3 é igual ao volume entre as pás da seção V - V. Este solo é deslocado até atingir o nível do diâmetro nominal, sendo então compactado à lateral do furo.

Acima do diâmetro nominal, há mais quatro pás, cada uma se estendendo por aproximadamente 225 graus em torno do eixo da hélice ômega, sobrepondo-se por, aproximadamente, 45° uma sobre a outra (detalhe 3 da figura 2). Todo material que, eventualmente, desmorona do furo da estaca sobre a parte superior do parafuso, é transportado pelas pás superiores em sentido à ponta, sendo posteriormente, compactado lateralmente até atingir o nível do diâmetro nominal.

Para a figura 2 a seguinte legenda se aplica: 1) seção vazada do tubo por onde desce o concreto; 2) tubo de aço; 3) pá da hélice superior (no total a parte superior é composta de 4 pás); 4) abas ou aletas metálica; 5) seccionamento do diâmetro; 6) diâmetro nominal; 7) pá da hélice ômega; 8) ângulo de transição (marca a mudança de diâmetro); 9) tampa metálica provisória.

Van Impe (1994) afirma que a combinação do passo e diâmetro crescente na ponta do parafuso, associados à forma da parte superior do parafuso, garante melhor deslocamento lateral de solo e maior penetrabilidade à hélice parafuso da ômega, sem qualquer parcela de solo transportado.

**Metodologia Executiva**

A metodologia executiva da estaca ômega é similar à da hélice contínua. Ambas são executadas em três etapas (perfuração, concretagem e armação), diferenciando-se basicamente na etapa de perfuração.

**Perfuração** - A perfuração é executada por cravação do parafuso da ômega no terreno por rotação, como um pro-

cesso de aparafusamento da hélice ômega no solo, podendo ser empregada a mesma máquina utilizada para as estacas hélice contínua, com um torque apropriado, para que o parafuso vença a resistência do solo, alcançando a profundidade determinada em projeto. O torque é aplicado por meio de uma mesa rotativa, situada no topo da hélice parafuso.

Assim como para a hélice contínua, a ponta é recuperada com solda dura apropriada após desgaste e existe na face inferior da hélice, uma tampa metálica provisória recuperável, que é expulsa na fase de concretagem.

**Concretagem** - O processo de concretagem é muito similar ao da hélice contínua. Na extração do trado, o giro é mantido lento e no mesmo sentido da perfuração, garantindo o deslocamento do solo.

O concreto utilizado possui as mesmas características e propriedades do utilizado para a hélice contínua e já abordado aqui. Como não possui hélice com pás, e não retira solo durante a sua execução, esta estaca dispensa o limpador mecânico para as pás da hélice. Não é necessária a retirada e disposição fi-

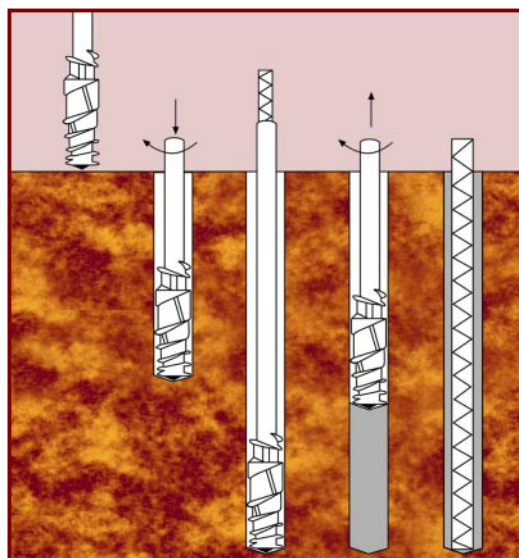


Figura 3 - Sequência executiva de estacas ômega (Bottiau et. al., 1998)

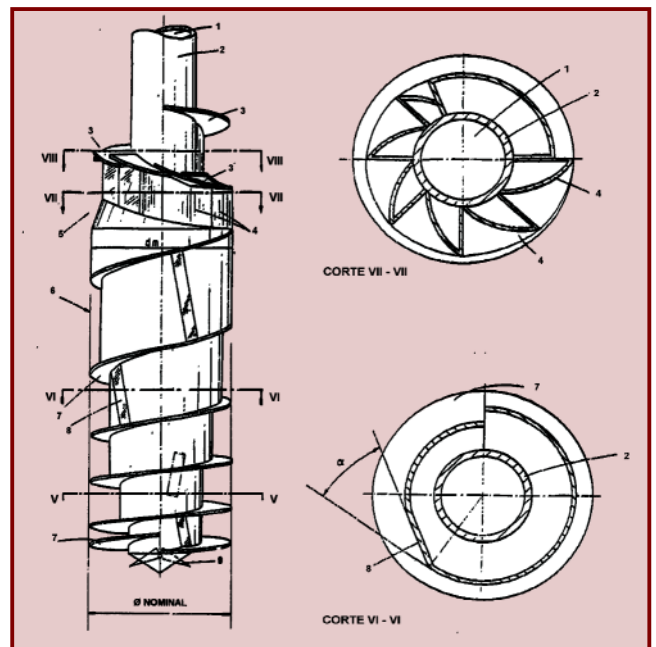


Figura 2 - Detalhes da ponta hélice ômega (Fundesp, 2002)

nal do material de descarte. Assim sendo, também não haverá o problema de subida de concreto pelas pás.

**Colocação da armadura** - A colocação da armadura nestas estacas pode ser feita após a concretagem, como para a hélice contínua, ou concomitante à concretagem. No Brasil, usualmente, a armadura está sendo instalada posteriormente a concretagem.

**MONITORAMENTO E CONTROLE DE EXECUÇÃO**

As estacas hélice contínua e estacas ômega são monitoradas na execução por meio de um sistema computadorizado específico. O equipamento utilizado para a monitoração destas estacas é o mesmo. O equipamento mais comum usado no Brasil é o aparelho chamado Taracord, lembrando-se que existem outros. Estes equipamentos permitem 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.

Após executada a estaca, o equipamento produz uma folha de controle com os referidos dados. Esta folha de controle pode ser impressa no local, com o uso de uma impressora de campo ligada ao equipamento por meio de interface paralela ou armazenada em cartão de memória



**Hélice ômega preparada para iniciar a perfuração na estação Vila das Belezas**

e depois transferido os dados para um computador no escritório.

Apesar da monitoração nos fornecer o valor do sobreconsumo de concreto e a variação da seção ao longo da profundidade, a precisão e a confiabilidade destes pode ser discutida. Imprecisões e erros nos dados fornecidos pela monitoração podem ocorrer, por diversos motivos. Entre eles, citamos: sistema de monitoração não calibrado de forma correta ou apresentando algum dano, danos nos sensores, bombas com muito uso ou sem manutenção (o que causa menor eficiência, conduzindo fatalmente a erros de medida de volume de concreto e por consequência de pressão de injeção), medidores mal ou não calibrados e defeito nos cabos de transmissão de dados, entre outros.

A precisão no valor de sobreconsumo ou subconsumo de concreto depende da precisão do volume medido. O volume de concreto é fornecido por um transdutor de pressão que informa o volume de concreto por bombeada, ou seja, a cada pico de pressão. A medida correta do volume de concreto é muito importante, pois a partir dela, por meio de correlações, determina-se se o fuste da estaca esta íntegro, ou se esta havendo seccionamento do mesmo.

#### ASPECTOS RELEVANTES DA EXECUÇÃO

Entre outros diversos aspectos que influem na correta execução das estacas hélice contínua e estacas ômega, pode-se destacar, os que seguem:

**Procedimentos prévios à execução das estacas** - Previamente ao início da execução das estacas existem alguns procedimentos importantes que cabe aqui relatar. Em função do tamanho e porte dos maquinários necessários para a execução destas estacas, há necessidade de avaliação de possíveis trajetos e itinerários para acesso ao local da obra

e instalações. Também, de acessibilidade e deslocamentos da perfuratriz dentro das instalações da própria obra, e de capacidade de suporte do terreno mediante o equipamento.

A programação de fornecimento do concreto deve ser previamente estudada, definida e concretizada de forma a evitar-se quaisquer atrasos e conseqüentes interrupções ou impedimentos à condução otimizada dos trabalhos.

**Controle da concretagem** - Este talvez seja o item mais importante para a garantia de qualidade da estaca. Ao mesmo tempo é o fator que tem causado os maiores problemas em estacas hélice na prática, não só por dificuldades de se obter um concreto de qualidade devido ao processo executivo, mas também, em razão do concreto não ser de responsabilidade da empresa executora da estaca, e sim da concreteira (fornecedora de concreto), que é normalmente contratada pela construtora da obra, e não pela empresa executora das fundações.

A substituição do pedrisco por pó de pedra, por exemplo, pode causar perda de resistência da estaca e efeito bucha no concreto durante a concretagem ou até mesmo entupimento da mangueira.

Um outro aspecto que pode causar perda de desempenho em estacas hélice contínua e estacas ômega é na etapa de



**Pilão utilizado para execução de estacas hélice contínua na estação da Luz, próxima aos prédios da rua Mauá.**

início ou reinício da concretagem, ao término do concreto de um caminhão e início do bombeamento de concreto de um novo caminhão. Pode haver uma subida demasiadamente rápida da perfuratriz.

**Pressão de injeção** - A pressão de injeção do concreto influi na homogeneidade e integridade da estaca. A pressão normalmente utilizada é de 1 a 2 bar, sendo zero para os casos de execução em camadas de argilas moles ou solos muito fracos.

Face o seu processo executivo, as estacas ômega normalmente necessitam de uma maior pressão na injeção do concreto. Albuquerque (2001), obteve uma pressão de injeção do concreto de 74% a 134% maior para a estaca ômega, em comparação com a hélice contínua. Isto pode ser um fator limitante ao processo em solos resistentes e rochas brandas

A pressão de injeção do concreto, pode influir na capacidade de carga das estacas. Possivelmente, maior pressão de injeção leva a um maior confinamento lateral no fuste da estaca e a um maior atrito lateral na mesma. Van Impe et. al. (1998) realizaram estudos do comportamento de estacas ômega, instrumentando-as com *tell-tales* e modificando os parâmetros de execução, o que refletiu na forma da curva carga x recalque e na capacidade de carga. As estacas executadas com maior pressão de injeção e que tiveram fuste e base alargadas obtiveram melhor comportamento quanto à capacidade de carga.

A pressão de concreto tratada até aqui abordados referia-se a pressão no topo da hélice dada por picos de pressão, dada por um transdutor de pressão. A pressão real aplicada no contato ponta da hélice-solo, não é este valor exato e será influenciada pela pressão do solo nos arredores da ponta da perfuratriz.

Segundo Brons & Kool (1988), para estacas hélice contínua, há uma frágil correlação entre a pressão medida no topo e a pressão aplicada na ponta da hélice. Estes valores podem apresentar uma grande dispersão, tanto para estacas hélice contínua como para estacas ômega, pois esta dispersão de valores se dará em razão da diferença na

plasticidade do concreto ao longo do tubo de concretagem, rugosidade do tubo, diâmetro da estaca, velocidade de extração da perfuratriz, propriedades do concreto, fator água-cimento e outros. Estes fatores somados serão responsáveis pela pressão na ponta da hélice contínua ou parafuso ômega.

Em muitos casos, a pressão na ponta da perfuratriz não será a soma da pressão aplicada no topo mais a coluna de concreto dentro do tubo de concretagem. Verifica-se isto, através da figura 4, donde constatamos que a maioria dos pontos se situam à direita da reta a 45° que parte da origem, o que representa que a pressão logo abaixo da ponta da hélice contínua, é maior que a pressão aplicada no topo e fornecida pela monitoração. No entanto, está longe de ser a soma da pressão aplicada no topo mais a coluna de concreto, que neste caso está representada pela segunda linha que sai do ponto 4,0 bar para pressão logo abaixo da ponta da estaca e 0 bar de pressão no topo da hélice, e no desenho está indicada pela expressão *no friction*.

**Sistema de injeção do concreto** - Para que a estaca seja corretamente executada, e atinja requisitos de qualidade e desempenho, para a qual foi projetada, é importante que o sistema de injeção de con-

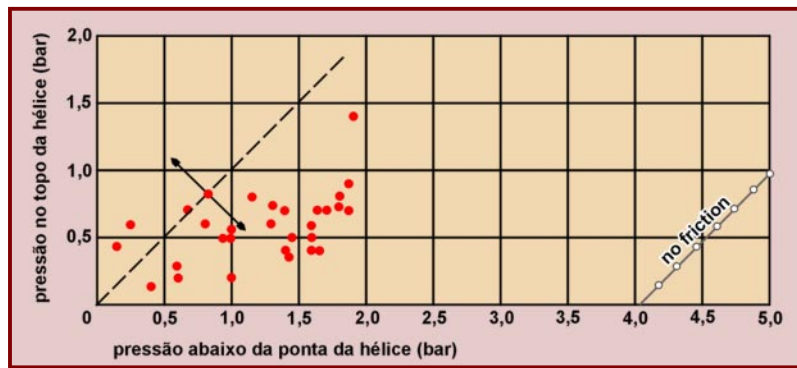


Figura 4 - Pressão medida no topo da hélice em comparação com a pressão abaixo da ponta (Brons & Kool, 1988)

creto (bomba, mangueira etc.), esteja em perfeito estado de funcionamento. Lembremos que, todos estes aspectos tratados aqui com relação ao sistema de injeção de concreto, são válidos para ambas as estacas, já que o sistema utilizado é o mesmo para estes dois tipos de estacas.

Quanto ao sistema de injeção, outro aspecto que merece consideração é a chamada limpeza de rede (limpeza do sistema de injeção de concreto). Como descrito por Velloso & Alonso (2000), ao final de um dia de trabalho, o cocho é limpo com aplicação de óleo. Antes de se começar a primeira estaca do dia seguinte a rede precisa ser lubrificada para permitir uma fluência do concreto. Para esta lubrificação costuma-se misturar dois sacos de cimento (de 50 Kg) em cerca de 200 litros de água (calda de lubrificação) dentro do cocho. Então, a calda é lançada por meio de bombeamento do concreto, como se a estaca estivesse sendo concretada. Quando toda a calda tiver sido lançada fora e se estiver garantido de que toda a rede já está com concreto, interrompe-se o lançamento do mesmo, tampa-se o trado e inicia-se a perfuração da estaca.

O não cumprimento de tal medida pode comprometer o desempenho da estaca. Velloso & Alonso (2000), na mesma publicação, mostram o comportamento de duas estacas hélice contínua de pequeno diâmetro (25cm e 12m de comprimento), distantes entre si de 1,40 m e executadas, uma sem limpeza e a outra com limpeza de rede. A estaca executada com limpeza de rede teve, durante a prova de carga estática, um comportamento normal, enquanto que a executada sem limpeza, sofreu um recalque brusco ao atingir 350 KN, só retomando a carga após um recalque de 36,15 mm.

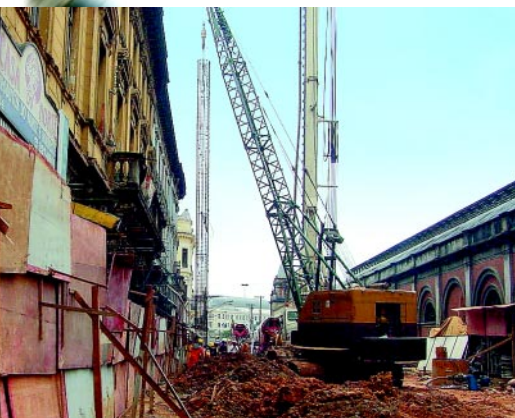
## ASPECTOS GEOTÉCNICOS

**Solos muito resistentes** - A execução neste tipo de terreno merece do executor de estacas hélice contínua, um cuidado especial, pois com o intuito de se garantir o comprimento mínimo da estaca, é necessário algumas vezes, “aliviar” a perfuração, ou seja, girar o trado parado para quebrar o atrito e possibilitar o avanço. Tal procedimento, na medida em que transporta o solo, provoca desconfinamento do terreno e, assim, redução da capacidade de carga. Este alívio, também pode ser necessário, em algumas vezes na extração da hélice.

No caso de estacas ômega, a maior dificuldade que este tipo de terreno apresenta à sua execução é a força necessária para a perfuração, já que esta estaca necessita de mais torque que a hélice, e em solos resistentes isto dificulta em muito a sua execução. Além de que para a ômega, não há o recurso de “aliviar” o solo para auxiliar na perfuração, como é feito para a hélice contínua.

**Camada de argila mole confinada** - A execução em camadas de argilas moles confinadas é problemática em relação a um elevado sobreconsumo de concreto e à ruptura do solo em razão da pressão do concreto.

Na concretagem, tem que haver um controle rigoroso da subida do trado, para garantir o sobreconsumo, e assim, a integridade da estaca. Como o solo é frágil e o concreto é injetado sob pressão, o sobreconsumo deverá ser grande, por ruptura do solo desta camada. Normalmente por estes motivos, concretase sob pressão nula nesta camada. Há registros, com sucesso, de obras em que a camada mole tinha 6,00 metros de espessura.



Proximidade do equipamento e da armadura na sua colocação com os prédios antigos da rua Mauá, estacas hélice contínua executadas na estação da Luz

**Camada de argila mole superficial** - Neste caso, o maior problema pode ser o peso do equipamento que pode ser excessivo para a capacidade de suporte do terreno, como descrito no item procedimentos prévios a execução das estacas. Em alguns casos, pode ser necessária a escavação da camada superficial até se atingir uma camada de maior capacidade de carga para suporte do equipamento de execução da estaca. Com relação à execução da estaca, a concretagem deve ser feita até se atingir a cota do terreno, pois, caso contrário, pode haver desmoronamento de solo que pode contaminar o concreto da cabeça da estaca.

Por falta de capacidade de suporte do solo, a concretagem não pode ser feita também com pressão, normalmente a pressão de concretagem para este tipo de solo é zero. Por isso, recomenda-se armar a estaca ao longo de toda camada mole.

Cita-se ainda a possibilidade, do trado hélice contínuo, puxar o equipamento de execução para baixo, com a hélice ficando instável ou até mesmo tombar antes da perfuração.

E, finalmente, deve-se tomar cuidado, para garantir que o topo do trado sempre esteja acima da cota superior da argila mole, evitando-se que a prolonga (região sem trado) atinja esta camada, e devido a ausência de trado sem solo, crie um alívio.

**Camadas de areias puras na região da ponta** - Em estacas hélice contínuo, neste tipo de terreno, deve-se ter cuidado para garantir a resistência de ponta. Para isto, deve-se iniciar a concretagem com giro lento do trado, no sentido da introdução do trado, de modo a criar um componente ascendente e evitar a queda de grãos de areia. Esse giro deve ser lento para minimizar o efeito de transporte, evitando, assim, o desconfinamento do solo.

Em areias, pode ocorrer grande mobilização de tensões, o que implicará em elevado torque necessário para a execução de estacas hélice contínuo (Van Impe, 1994). Neste tipo de terreno, para estaca ômega, não foi verificado até o momento comportamento anômalo ou dificuldades extras à sua execução que sejam relacionadas ao terreno.




**Vala com estacas hélice contínua e estacas hélice contínua atirantadas já escavada e estorcada na estação da Luz**

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desempenho destas estacas, primordialmente da hélice contínua, será severamente influenciado pela perícia e experiência do operador do equipamento de execução da estaca. Na prática têm-se verificado maiores problemas em relação ao controle e garantia de um concreto de características tais, que permita a colocação da armadura, e alcance o desempenho previsto para a estaca. O problema de exsudação é freqüente nestes tipos de estacas.

A monitoração é uma ferramenta valiosa de controle do processo de execução, porém não é perfeita, e está sujeita a imprecisões de medidas, devido a correlações utilizadas para medições de pressão de injeção, por exemplo, e a erros devidos a danos no sistema de monitoração, calibração não adequada do sistema, danos nos sensores, bombas com muito uso ou sem manutenção, defeitos nos cabos de transmissão de dados, entre outros. Portanto, não deve ser desprezado um controle rigoroso da execução, por parte de um engenheiro de fundações que conheça muito bem os aspectos relacionados ao processo executivo destas estacas.

A folha de controle obtida na monitoração eletrônica destas estacas pode tornar-se uma importante ferramenta de controle dos parâmetros de projeto, desde que, pesquisas futuras permitam correlacionar estes com os dados fornecidos pela monitoração. Maiores detalhes executivos e outros aspectos que influenciarão no desempenho destas estacas podem ser obtidos no trabalho de Almeida Neto (2002). 

### REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, P. J. R. (2001)** - Estacas escavadas, hélice contínua e ômega: estudo do comportamento à compressão em solo residual de diabásio, através de provas de carga instrumentadas em profundidade. 260 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- ALMEIDA NETO, J. A. (2002)** - Análise do desempenho de estacas hélice contínua e ômega - Aspectos executivos. 187 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- BOTTIAU, M.; CORTDVRINDT, G. (1994)** - Recent experience with the omega-pile. In: INTERNATIONAL CONFERENCE AND EXHIBITION ON PILING AND DEEP FOUNDATIONS, 5<sup>th</sup>, Bruges. Proceedings. Bruges: DFI, p. 3.11.1 - 3.11.7.
- BOTTIAU, M.; et. al. (1998)** - Load testing at fely test site: introducing the Omega B\* pile. In: INTERNATIONAL GEOTECHNICAL SEMINAR ON DEEP FOUNDATIONS ON BORED AND AUGER PILES, 3<sup>rd</sup>, Ghent-Belgium. Proceedings. Rotterdam: A. A. Balkema, p. 187-199.
- BRONS, K. F.; KOOL, A. F. (1988)** - Methods to improve the quality of auger piles. In: INTERNATIONAL GEOTECHNICAL SEMINAR ON DEEP FOUNDATIONS ON BORED AND AUGER PILES, 1<sup>st</sup>, Ghent-Belgium. Proceedings. Rotterdam: A. A. Balkema, p. 269-272.
- BUSTAMANTE, M.; GIANESELLI, L. (1998)** - Installation parameters and capacity of screwed piles. In: INTERNATIONAL GEOTECHNICAL SEMINAR ON DEEP FOUNDATIONS ON BORED AND AUGER PILES, 3<sup>rd</sup>, Ghent-Belgium. Proceedings. Rotterdam: A. A. Balkema, p. 95 -108.
- FUNDESP (2002)** - Comunicação pessoal.
- PENNA, A. S. D. et. al. (1999)** - A estaca hélice contínua - a experiência atual. 1<sup>a</sup> ed. São Paulo: FALCONI, F. F. & MARZIONNA, J. D. (Ed.). ABMS/ABEF/IE. 162p.
- VAN IMPE, W. F. (1994)** - Influence of screw pile installation parameters on the overall behaviour. Workshop "Piled foundations: full scale investigations, analysis and design". Napels, dez. 1994.
- VAN IMPE, W. F. et. al. (1998)** - Load settlement behaviour versus distinctive - pile execution parameters. In: INTERNATIONAL GEOTECHNICAL SEMINAR ON DEEP FOUNDATIONS ON BORED AND AUGER PILES, 3<sup>rd</sup>, Ghent-Belgium. Proceedings. Rotterdam: A. A. Balkema, p. 355-366.
- VELLOSO, D. A. ; ALONSO, U. R. (2000)** - Previsão, controle e desempenho de fundações. In: NEGRO Jr. et. al. previsão de desempenho x comportamento real. São Paulo: ABMS/NRSP. p. 95-139, nov. 2000.