

ACOMPANHAMENTO DE ESTACAS HÉLICE CONTINUA MONITORADA

Celso Nogueira Corrêa¹

Resumo: O objetivo é mostrar casos onde o acompanhamento de estacas Hélice Contínua Monitorada (HCM), foi feito a partir de uma proposta de Alonso (2000 e 2003), para encontrar uma maneira de confirmar as hipóteses de projeto baseadas nos ensaios disponíveis (sondagens à percussão SPT eventualmente com medida de torque).

Conforme aventado por Alonso nos trabalhos citados “a execução de qualquer tipo de fundação deve ser controlada durante a execução e caso as premissas de projeto sejam confirmadas nada deve ser mudado. Caso contrário se ocorrerem diferenças a equipe de projeto deve proceder às devidas revisões ou novas investigações geotécnicas”.

Mostraremos nesse trabalho casos em que utilizando o procedimento proposto, foi possível constatar que as premissas de projeto estavam corretas e casos onde isso não se verificou.

Temos que ter em mente que esse procedimento não deve ser único e de que é preciso analisar os demais eventos que possam interferir na execução de uma estaca ou das sondagens, o perfil geotécnico da região, topografia, acidentes geológicos, ocorrências da obra, etc.

Hélice, execução, acompanhamento.

INTRODUÇÃO:

Antes do procedimento propriamente dito faremos um breve relato das etapas de execução da estaca HCM.

Pode-se dividir a execução das estacas HCM em três etapas principais: introdução do trado, concretagem e instalação da armadura.

Nesse trabalho vamos nos ater com mais detalhes à etapa de introdução do trado já que nessa etapa é que temos que definir se o comprimento previsto em projeto deverá ser confirmado ou não.

Introdução do trado:

Conforme já devidamente explicado em outros trabalhos, Maia C. M.(1998) e em livro específico, entre outros, a execução da estaca consiste na introdução no terreno de trado contínuo por rotação decorrente de um torque cujo valor máximo será em função do tipo de equipamento, diâmetro do trado e das características do solo.

O sistema de monitoração registra instantaneamente a profundidade de penetração, velocidade de rotação, velocidade de avanço e pressão na bomba de injeção do torque necessário durante a escavação do solo.

Nessa fase é importante que o desconfinamento provocado pelo transporte de material pela hélice seja minimizado controlando-se a velocidade de avanço e de rotação do trado, pois uma velocidade de avanço excessiva pode prender o trado e por outro lado uma velocidade de avanço muito reduzida pode funcionar apenas como transportador de solo desconfinando a lateral da escavação. Esse desconfinamento está diretamente relacionado com a capacidade de carga das estacas.

1.Engenheiro da Zaclis, Falconi - Rua Embaixador Leão Veloso, 102 - telefax 3873 2500
email: celso@zaclisfalconi.com.br

Concretagem:

Quanto a concretagem, resumidamente, depois de atingida a profundidade desejada inicia-se o bombeamento do concreto através da haste central interior à hélice. A partir daí retira-se o trado de forma lenta e continua garantindo-se até o final da concretagem que haja um sobreconsumo de concreto e a pressão, indicada no equipamento de monitoração seja sempre positiva.

Durante a retirada do trado, um limpador mecânico remove o solo confinado entre as hélices (em trados de pequenos diâmetros essa limpeza pode ser manual).

Instalação da armadura:

Após concretada a estaca a armadura é colocada com cuidados para não contaminar o concreto. É desejável que se tenha uma armadura suficientemente rígida e pesada para facilitar a sua instalação.

HISTÓRICO:

Desde que essa estaca se tornou prática comum no país, há uma dificuldade em se determinar um procedimento de acompanhamento pelo projetista, consultor ou engenheiro de obra. A seguir vamos discutir aspectos relativos ao acompanhamento da etapa **instalação do trado** e determinação do comprimento em função desse acompanhamento.

Na execução os parâmetros mais observados são:

A pressão da bomba hidráulica necessária para gerar o torque, pois realmente é um parâmetro que tem relação direta com a resistência ao cisalhamento do solo e, portanto também diretamente relacionado com torque do SPTT. Porém quando a pressão para o torque atinge valores “desconfortáveis” para o equipamento a prática é manter a velocidade de rotação e diminuir muito a velocidade de avanço a fim de “aliviar” a escavação diminuindo assim a pressão do torque até valores aceitáveis e prosseguir a escavação. Nesse caso o acompanhamento para verificar as condições do solo e confirmar o comprimento previsto fica muito prejudicado.

Velocidade de avanço do trado depende da velocidade de rotação para que o trado enrosque-se no solo e desça sem restrições ou auxílio da máquina à medida que o guincho da máquina solte o cabo sem esforço, quando solicitado pelo trado. Novamente voltamos para o fato de se atingir dessa maneira valores de pressão de torque desconfortáveis sendo necessário segurar o trado com o guincho diminuindo assim a velocidade de avanço e mantendo a rotação para diminuir o torque, prejudicando a tentativa de se observar uma resposta do solo à escavação numa análise comparativa com trechos anteriores.

Velocidade de rotação não deve ser muito alta, pois grandes velocidades de avanço impõe pressões de torques altos muito antes da profundidade prevista e novamente sendo necessário o alívio já explicado.

Ao longo do tempo observamos várias dificuldades de acompanhamento além da grande variação, durante uma mesma perfuração, dos parâmetros expostos acima, como por exemplo: a grande variedade de equipamentos com capacidades distintas e equipamentos de registro também diferentes impossibilitando determinar uma relação em números absolutos entre o torque medido pelo equipamento e torque da sondagem SPTT ou até mesmo com o próprio SPT. Além disso, em uma mesma máquina se o operador mudar a marcha durante a escavação em um mesmo material obteremos número de torque distintos.

Há também o fato de que na sondagem SPTT a medida de torque não sofre influência do acúmulo do atrito ao longo da profundidade e na execução da estaca o torque medido pela máquina é acumulativo.

Outra dificuldade é que esses registros só são analisados ao final da obra, (muitas vezes o equipamento já não está mais na obra), quando é entregue pelo executor os boletins de execução e a solução de eventuais problemas torna-se complicada.

A análise tátil-visual do material que está no trado pode ser feita, porém nesse momento a estaca já foi concretada e qualquer alteração necessária só pode ser feita na próxima estaca.

PROCEDIMENTO PROPOSTO:

Tendo em vista essas dificuldades, a proposta é executar testes antes do início da execução das estacas em locais próximos as sondagens ou escolhidos estrategicamente na obra.

Nesses testes são anotados manualmente os três valores: velocidade rotação, velocidade de avanço e pressão do torque de metro em metro.

A introdução do trado deve ser executada de maneira que não tenha influência de nenhum dispositivo do equipamento, ou seja, se possível deve-se manter a velocidade de rotação constante e comparar a variação da pressão de torque e da velocidade de avanço com a profundidade em relação à variação, também com a profundidade, de SPT e ou SPTT da sondagem mais próxima, conforme explicado por Alonso nos trabalhos já mencionados. A introdução do trado pode ser feita lentamente para evitar alívios muitas vezes necessários para se atingir grandes profundidades. Resumindo a intenção é tentar observar a resposta do terreno à introdução do trado de maneira constante ao longo da profundidade.

Após essa comparação é possível observar a concordância ou não dos valores medidos com as sondagens. É importante ressaltar que essa é uma análise qualitativa e não quantitativa, em nenhum momento estamos preocupados com valores absolutos dessas grandezas, visto que, como já afirmado, o que se mede é a pressão de injeção do óleo para girar a mesa que impõe o torque ao trado. A forma dos diagramas e como eles variam com a profundidade e entre si é que vai indicar uma boa concordância com a sondagem ou não.

Além disso, ao final da introdução do trado é possível retirar o mesmo sem rotacioná-lo e, portanto verificar o material ao longo da escavação e comparar com as características das sondagens.

Caso haja concordância com as sondagens sabemos que as estimativas feitas em projeto podem ser confirmadas, caso contrário, serão necessárias novas sondagens e ou uma nova análise da situação.

CASOS REAIS DE OBRA:

Obra A:

Trata-se de uma obra na região do ABC na grande São Paulo. Nessa obra foram feitas duas campanhas de sondagens por empresas diferentes e também testes por duas empresas diferentes com equipamento de capacidade diferentes.

Na primeira campanha de sondagens foram feitos quatro furos. O perfil da região consiste basicamente de uma camada superficial de aterro com 2,00 a 6,00 m de espessura de argila sobre solo residual de silte arenoso pouco argiloso com compacidade crescente com a profundidade de até 23,50 m. O nível d'água foi encontrado entre 8,00 e 13,00 m de profundidade.

Na segunda campanha foram executados mais dois furos que confirmaram o perfil da primeira campanha, apenas com compacidade ligeiramente superior em toda camada de silte (solo residual).

Mostraremos nesse caso três testes (fig. 1, 2 e 3) próximos as sondagens da primeira e segunda campanha.

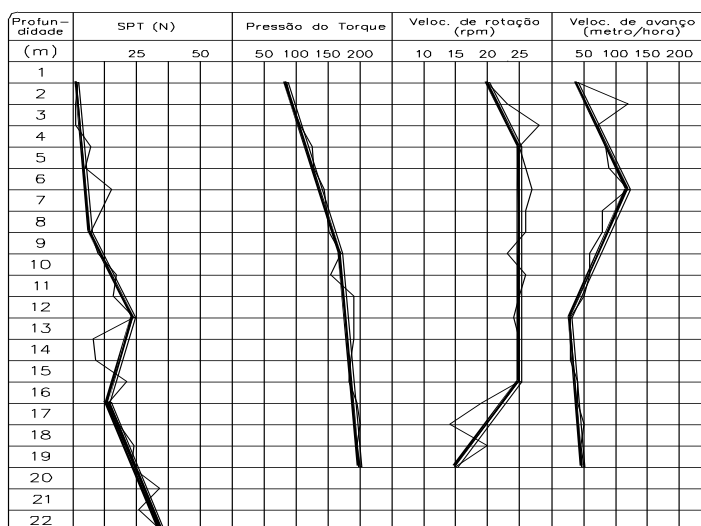


Fig. 1

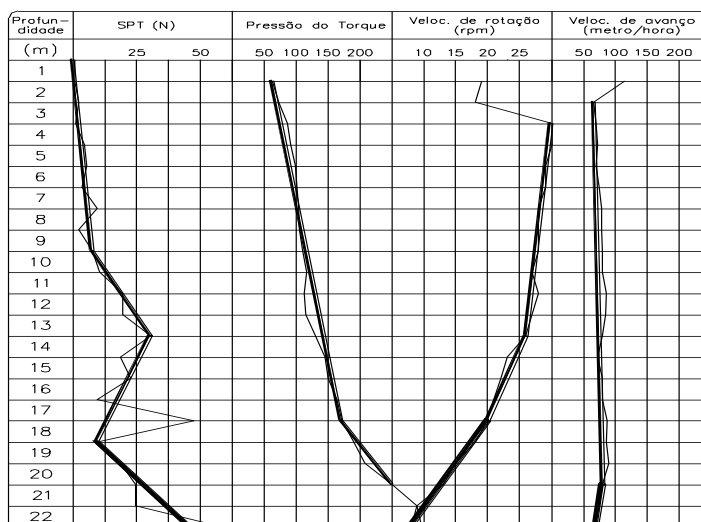


Fig. 2

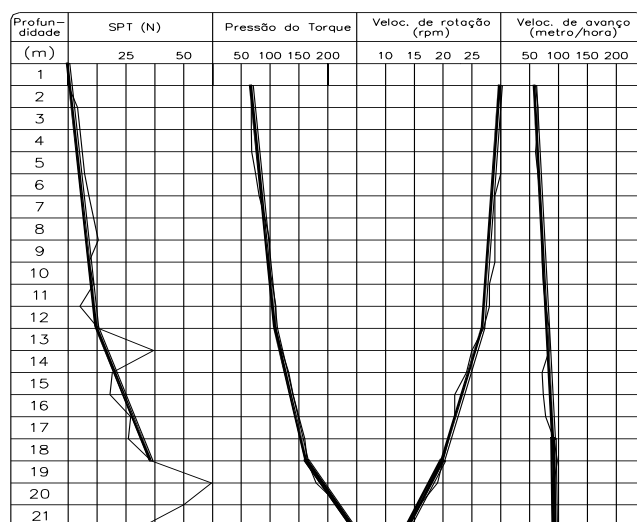


Fig. 3

Obra B:

Trata-se de um caso em Mogi das Cruzes – S.P. em um terreno bastante acidentado com um declive de 9,00 m em 150 m de distância, onde o sub-solo é composto por uma camada de aluvião de até 6,00 m de espessura com camada de argila arenosa sobre argila orgânica, muito mole. Sob o aluvião seguem-se camadas de argila arenosa e areia argilosa, Sedimentos Terciários da Bacia de São Paulo, com consistência e compacidade crescentes com a profundidade sendo que nos últimos metros sondados, 9,00 a 16,00 m, trata-se de uma argila dura com SPT entre 22 e 38/15. O nível d’água foi encontrado a aproximadamente 0,65 m.

Nesse caso são mostrados quatro testes executados com o mesmo equipamento em locais diferentes da obra (fig. 4, 5, 6 e 7).

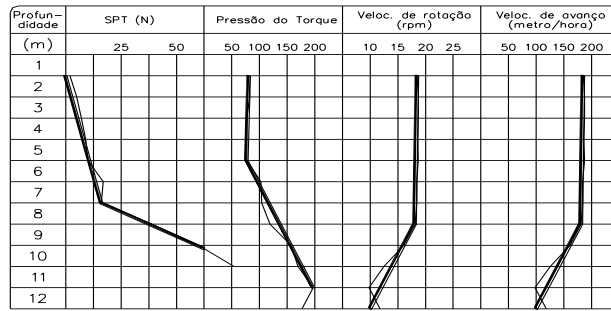


Fig. 4

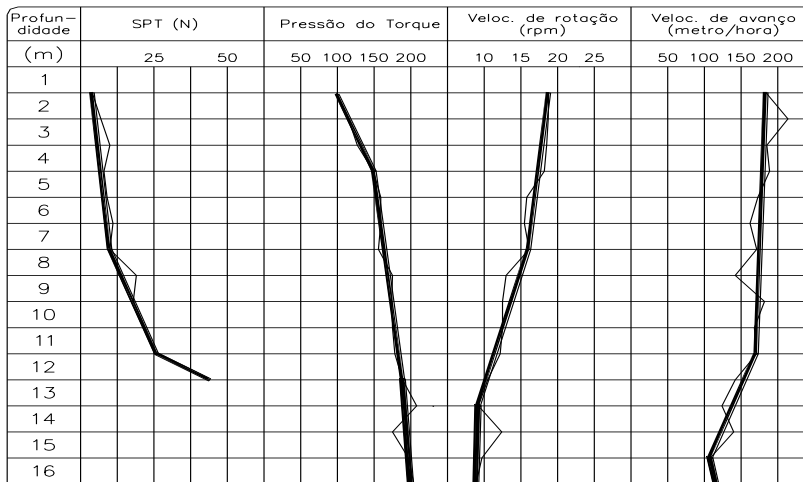


Fig. 5

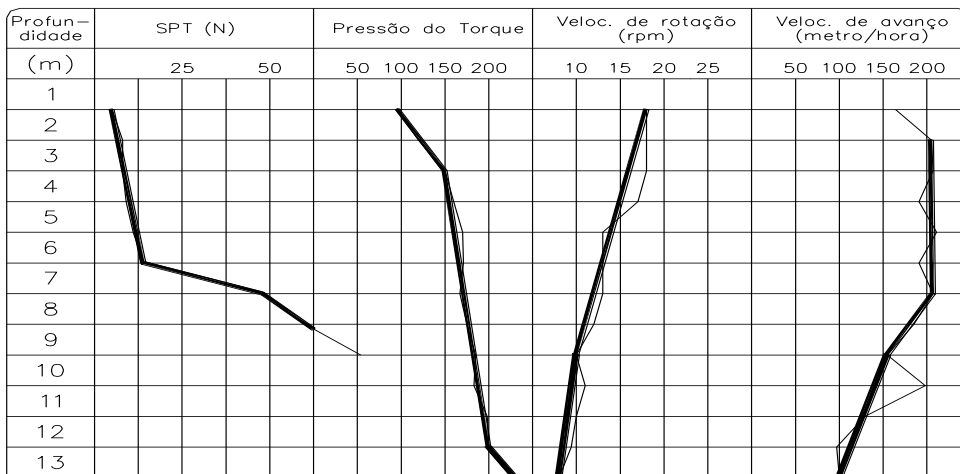


Fig. 6

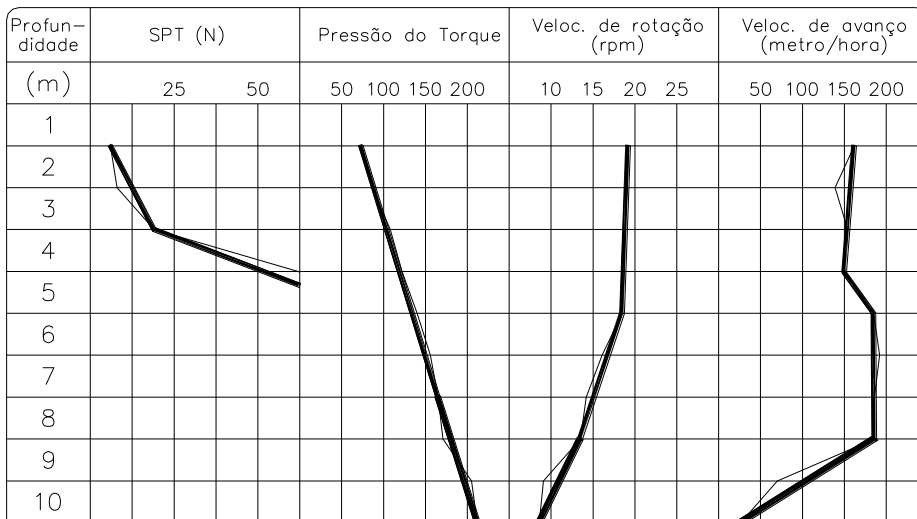


Fig. 7

Obra C:

Trata-se de uma obra na região sul da cidade de São Paulo, onde o perfil geotécnico é constituído de uma camada superficial de aterro de até 4,00 m de espessura sobre solo sedimentar composto por camadas alternadas de areia argilosa e argila siltosa e arenosa até 20,45 m (profundidade atingida pelas sondagens) com SPT crescente com a profundidade. O nível d'água foi encontrado a 4,50 m de profundidade.

Mostraremos dois testes feitos nessa obra para confirmação dos comprimentos previstos em dois pontos diferentes do terreno e com diâmetros de trado diferentes (fig. 8 e 9).

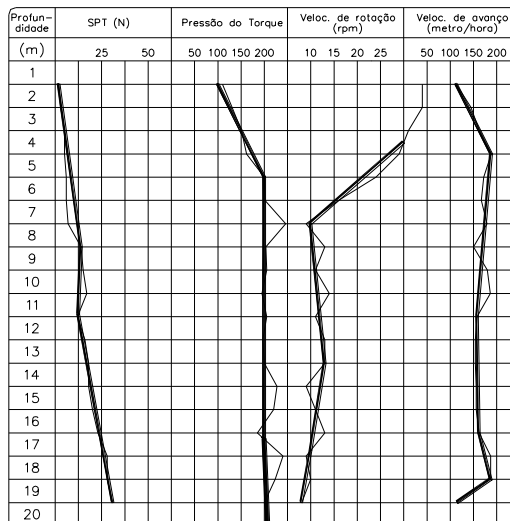


Fig. 8

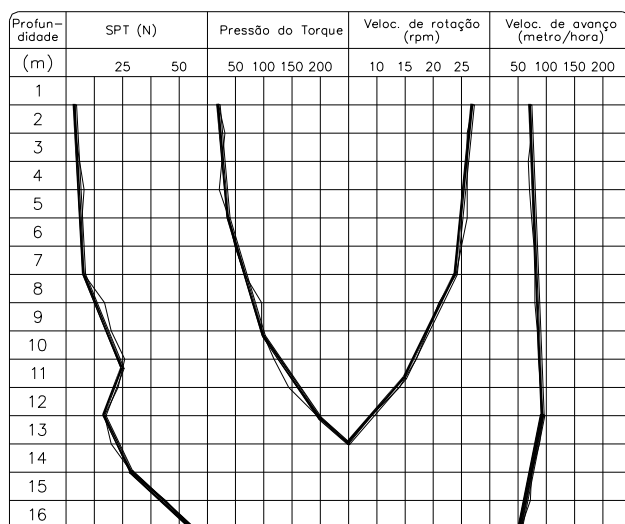


Fig. 9

ANÁLISE DOS RESULTADOS:

Apenas para facilitar a interpretação dos resultados as linhas mais grossas indicam tendências dos diagramas.

No caso da obra A (região do ABC), na fig. 1 observamos uma boa concordância com a sondagem, pois há uma melhora no solo indicada na sondagem a partir dos 17,00 m. A partir desse ponto o "torque" e a velocidade de avanço se mantiveram constantes e houve uma redução na velocidade de rotação. Nesse caso o "torque" não teve aumento acentuado nos últimos metros porque a melhora indicada na sondagem é pequena nesse trecho em relação ao restante.

Na fig. 2, observa-se que há uma melhora acentuada na sondagem e portanto um aumento acentuado no "torque", e redução nas velocidades de avanço e rotação. Nesse caso os três parâmetros variaram indicando que a melhora do solo nesse trecho é realmente significativa, talvez melhor do que a indicada na sondagem.

Na fig. 3, a velocidade de rotação diminui continuamente a partir dos 11,00 m e o "torque" aumenta 5,00 aos 19,00 m e de maneira acentuada entre 20,00 e 21,00 m. Já a velocidade de avanço aumenta em toda perfuração apresentando uma redução acentuada apenas entre 18,00 e 21,00 m, coincidindo com a sondagem.

De maneira geral, tendo em vista também a análise táctil visual do material escavado nos três casos, podemos concluir que os testes confirmaram as sondagens e que os comprimentos previstos poderiam ser mantidos.

Nos testes não foi possível detectar a diferença entre as duas campanhas de sondagens.

Na obra B (Mogi das Cruzes), podemos observar que dois testes (fig. 4 e 5) apresentaram boa concordância com as sondagens. Na fig. 4 até 7,00 m os parâmetros se mantêm praticamente constantes com pequeno aumento do "torque" e pequena redução da velocidade de avanço. Dos 8,00 aos 12,00 m, há redução brusca das velocidades de avanço e rotação e aumento acentuado do "torque" que confirma o que mostra a sondagem.

Na fig. 5, não há alterações acentuadas nos parâmetros da perfuração, o "torque" aumenta gradativamente com a profundidade e as velocidades de avanço e rotação diminuem também gradativamente. A sondagem até 11,00 m mostra que esse comportamento é compatível, mas com 12,00 m há um aumento acentuado do SPT e os parâmetros da perfuração não mostraram esse aumento, além disso a sondagem parou com 12,00 m e o teste atingiu 16,00 m. Isso mostra que a compatibilidade foi parcial, ou seja, até 11,00 m.

Nas fig. 6 e 7, isso fica mais evidente pois as sondagens são curtas 9,00 e 6,00 m, com aumento bastante acentuado nos últimos 3,00 m. Os testes foram até 13,00 e 10,00 m respectivamente, ou seja, 4,00 m além das sondagens e só nos últimos 3,00 m a velocidade de rotação tem uma diminuição brusca. Os demais parâmetros tem variações constantes.

Nesse caso foi necessário alterar os comprimentos previstos das estacas.

Na obra C, na zona sul de São Paulo, os dois testes foram compatíveis com as sondagens.

Na fig. 8, podemos dividir o teste em três partes, até os 6,00 m, o "torque" aumenta devido ao aumento da velocidade de avanço. Entre 8,00 e 16,00 m os parâmetros se mantêm praticamente constantes, confirmando o que mostra a sondagem e dos 16,00 aos 20,00 m a sondagem mostra uma pequena melhora e as velocidades de avanço e rotação diminuem mantendo o "torque constante.

Na fig. 9, também até os 7,00 m os parâmetros se mantêm constantes, ou seja, se as velocidades não aumentam o "torque" também não. Dos 8,00 aos 13,00 m a velocidade de avanço continua praticamente constante, a rotação diminui e o "torque" aumenta e dos 14,00 aos 16,00 m a rotação fica baixa e constante o torque aumenta e o avanço diminui confirmando o indicado nos dois últimos metros da sondagem.

Nesse caso os comprimentos previstos foram mantidos na execução.

CONCLUSÕES:

Na norma NBR 6122, vários tipos de estacas têm procedimento próprio para controle e confirmação da previsão de projeto quando da ocasião da execução.

Nas estacas pré-moldadas há obtenção de negas e repiques. Durante a cravação é possível fazer gráfico de cravação anotando-se nº de golpes a cada metro ou 0,50 m, comparando-se posteriormente o resultado com as sondagens.

O mesmo vale para as estacas tipo "Franki". Na cravação se obtêm negas na camisa e na execução da base obtêm-se o número de golpes mínimos para atingir a energia necessária de abertura de base em função do volume.

Nas estacas escavadas de grande diâmetro com uso de lama bentonítica (ou barrete), estacas escavadas de pequeno diâmetro com trado espiral, Strauss ou brocas manuais é possível se verificar durante a escavação, por uma análise táctil-visual, as características do solo e verificar a compatibilidade com as sondagens antes da concretagem.

As exceções são a estaca raiz e a hélice contínua. Na primeira a escavação é muito destrutiva impossibilitando uma análise melhor do material. Na segunda estamos tentando, com esse trabalho, estabelecer um procedimento.

No caso das estacas hélice contínua a intenção do procedimento aqui indicado é verificar se as sondagens são confirmadas ou não, pois todos os métodos de cálculo disponíveis para capacidade de carga são baseados nas sondagens com ou sem torque.

Os casos acima mostram a utilidade desse procedimento principalmente com as estacas testes antes do início do estaqueamento, e a importância de sondagens confiáveis.

Acreditamos que esse pode ser o passo inicial para se ter um procedimento de controle desse tipo de estaca que está sendo largamente utilizado, sem perder de vista que a prova de carga estática é a única maneira de verificação do desempenho de uma estaca.

Muitas dúvidas ainda precisam ser esclarecidas, como por exemplo a adequação aos tipos de solos, pois nota-se que em alguns casos de solos arenosos a introdução do trado é mais fácil e o procedimento pode não ser sensível às alterações de compacidade do solo, e muitas outras que certamente só surgirão se esse procedimento se tornar corriqueiro.

BIBLIOGRAFIA

Alonso, U.R. e Velloso, D.A. (2000) "Previsão e Desempenho - Comportamento Real" - publicação da ABMS-NRSP.

Alonso, U.R. (2003) "Critérios de Inspeção e Recebimento de Serviços dos Principais Tipos de Fundações (Verificação de Desempenho)" – Palestra realizada no SindusCon - SP

"Estacas Hélice Contínua – A Experiência Atual" – ABMS/ABEF/Instituto de Engenharia – 08/1999

Maia, C.M. (1998) Nota Técnica – "Estacas Executadas com Trado Hélice no Seminário de Ghent 98".

RESPOSTAS ÀS QUESTÕES DO RELATOR.

1. Como foi a dificuldade de se anotar manualmente os dados do monitor?

Não há dificuldades. Basta se posicionar na entrada da cabine e visualizar o monitor. Eventualmente pede-se a ajuda do operador para observar um dos valores, como por exemplo, a profundidade.

2. Como você avaliaria a situação de diâmetros diferentes das estacas com o uso de mesmo equipamento e mesmas sondagens?

Estamos realizando esse procedimento com vários diâmetros e apesar de não ter feito ainda um estudo específico sobre sua influência, notamos que não é relevante, pois a interpretação dos diagramas é apenas quanto a forma e não quanto a valores. Porém é recomendável que quando haja troca de trado na mesma obra, se faça um novo teste antes da execução das estacas.

3. Quais foram os diâmetros das estacas?

Na obra A os testes foram realizados com o trado de 80 cm de diâmetro. Pois se tratava do maior número de estacas da obra.

Na obra B o diâmetro utilizado foi o de 30 cm e na obra C foram utilizados dois diâmetros diferentes, 60 e 70 cm.