

Estacas pré-fabricadas de concreto

Uso de técnica para fundações profundas depende de variáveis geológicas, construtivas e de características do canteiro. Saiba quando e como especificar

Por Juliana Nakamura
Edição 38 - Maio/2014

Estacas pré-moldadas de concreto são utilizadas com regularidade há mais de seis décadas no Brasil para execução de fundações profundas - normalmente entre 6 m e 40 m de profundidade. O sistema, que pode ser armado ou protendido, é indicado nos casos em que a camada resistente do solo que se busca para suportar a estrutura encontra-se muito profunda ou sob uma camada espessa de solo mole.

Entre as vantagens associadas ao uso dessa metodologia está a possibilidade de maior controle da qualidade final das peças. Eurico Leite Carvalhaes Filho, coordenador do Comitê de Estacas Pré-fabricadas da Associação Brasileira da Construção

Industrializada do Concreto (Abcic), conta que o processo de fabricação industrial permite, ainda, controle e rastreabilidade das diversas etapas produtivas até a montagem no canteiro de obras. "Além disso, uma vez atendidos todos os requisitos especificados na NBR 9.062 - Projeto e Execução de Concreto Pré-



A cravação das estacas pré-fabricadas de concreto normalmente ocorre pelo processo de percussão com martelos de queda livre. Durante o processo, deve ser realizado o controle de nega e repique

moldado, o ambiente fabril assegura um incremento na qualidade e na produtividade da obra ao propiciar fluxo contínuo de produção", diz Carvalhaes.



Na Arena Corinthians, em São Paulo, foram utilizadas 3.100 estacas pré-moldadas de concreto, além de 594 pilares igualmente pré-moldados, 3.174 vigas e 11.682 lajes. Parte das peças foi produzida no próprio terreno da Arena e parte em uma fábrica localizada em Santana de Parnaíba, na Grande São Paulo

Em geral, a execução de 50 m diários é um índice de produtividade considerado bom quando se usam estacas pré-fabricadas, lembrando que variações podem ocorrer em função das características do solo, profundidade da fundação, condições do terreno e distância entre estacas. "O uso de pré-fabricado induz, ainda, à menor geração de resíduos nas obras", pontua o engenheiro da Abcic.

"Esse tipo de fundação, contudo, não é recomendado para estruturas com cargas horizontais ou trações elevadas", comenta o engenheiro Luis Fernando de Seixas Neves, projetista do escritório Cepollina Engenheiros Consultores. Outra restrição é em obras que exigem índices de emissão de ruídos e vibrações reduzidos, já que a cravação das estacas geralmente é efetuada à percussão.

"Obras com condições logísticas favoráveis de acesso que comportem movimentações simultâneas mais livres e maior número de equipamentos bate-estacas podem utilizar esta metodologia, que apresenta rendimentos executivos similares a outros tipos de fundações mais custosas. Por outro lado, obras com terrenos confinados e divisas restritas que dificultem a cravação, com prazos mais arrojados de término, não devem optar por esta metodologia", acrescenta o engenheiro Carlos Olivares, gerente de obras da Racional Engenharia.

Em obras de infraestrutura, as estacas pré-fabricadas e pré-moldadas de concreto encontram aplicação na construção de pontes, aeroportos e arenas esportivas, entre outros. Recentemente, Arena Corinthians, Estádio da Fonte Nova, Estádio Mané Garrincha e Arena Pantanal recorreram à tecnologia, ora com peças produzidas em indústrias específicas, ora com peças fabricadas em usinas de pré-moldagem instaladas no próprio canteiro.

Especificação

As estacas pré-fabricadas de concreto têm produção regida pela recém-publicada NBR 16.258:2014 - Estacas Pré-fabricadas de Concreto - Requisitos, que padroniza os critérios da fabricação, manuseio e estocagem dos materiais feitos em concreto armado ou protendido.

As peças são fornecidas em elementos com comprimentos variáveis entre 4 m e 12 m. Quando há necessidade de comprimentos maiores, as estacas podem ser emendadas pela união soldada de dois anéis previamente fundidos nas extremidades, ou pela utilização de luvas de aço, criando uma "rótula" no local da emenda.

As estacas protendidas são fundidas com concreto com f_{ck} 40 MPa, estruturadas com aço com bitolas de 5 mm, 6 mm e 8 mm. Dependendo do fornecedor, a seção transversal da estaca pode ser quadrada, redonda, sextavada, octogonal ou estrela. Já as estacas armadas podem ter seção cheia ou vazada (com seção redonda ou sextavada).

Segundo Carlos Olivares, a definição técnica para escolha do tipo de estaca mais adequado envolve variáveis geológicas, conhecimento apurado do terreno por meio de sondagens prévias, análise dos riscos de execução e segurança envolvidos, logística, prazos e custos. "Não se pode definir a metodologia sem o entendimento do contexto integrado do projeto", diz ele.



Executada pela Camargo Corrêa, a construção do Terminal de Barcaças Oceânicas da ArcelorMittal, em Vitória, empregou estacas pré-fabricadas de 90 cm de diâmetro com comprimentos de 20 m a 23 m. As peças, de seção octogonal, foram fabricadas em concreto protendido com resistência de 40 MPa e submetidas a processo de cura a vapor por 12 horas



Transportadas até o canteiro de obras por caminhões, as estacas devem ser descarregadas por meio de guincho ou de corda

Projeto e maquinário

O projeto de fundações com estacas pré-moldadas deve considerar os carregamentos da estrutura, a resistência das camadas do solo e a viabilidade de acesso e de movimentação de bate-estacas no canteiro. Também deve determinar qual equipamento será utilizado para cravação das estacas.

O maquinário pode ser de queda-livre, hidráulico ou pneumático (diesel), sobre rolo ou sobre esteira, e é definido em função das cargas, dimensões das estacas, acessos, capacidade de suporte do solo na cota de cravação etc. Em geral, equipamentos dotados de martelos do tipo queda- livre proporcionam eficiência (relação entre a energia disponível e aquela efetivamente transferida às estacas) situada entre 40% e 60% e eficácia (número de golpes por minuto desferido sobre as estacas) entre 30 e 40.

Já os equipamentos dotados de martelos hidráulicos proporcionam eficiência de 75% a 90% e eficácia entre 60 e 100, além de possibilitarem maior velocidade de manobras e, por consequência, redução de tempo nas operações de cravação. Antes de iniciar a cravação, a fiscalização deverá aprovar o equipamento a ser utilizado pela construtora. Para tanto, deverá checar: a altura da torre, incluindo-se aí a altura máxima de queda do martelo; tipo e peso do martelo; além de equipamentos auxiliares.

Contratação

A contratação de uma empresa para desenvolver projeto de fundações e executar as estacas pré-fabricadas de concreto deve tomar como ponto de partida o atendimento aos padrões preconizados nas normas técnicas existentes.

A filiação a associações confiáveis e a análise de condição e capacidade de fornecimento (qualitativa e quantitativa) podem ser utilizadas como critérios para a seleção de fornecedores. Nesse sentido, cabe consultar o portfólio da empresa e visitar a fábrica. "Outro fator de suma importância é a responsabilidade técnica e a rastreabilidade dos insumos que compõem a fabricação de estacas e os controles tecnológicos oferecidos", pontua o engenheiro Olivares.

A análise das propostas deve levar em consideração ensaios geotécnicos, programação de visitas de campo, acompanhamento das sondagens, além dos produtos ofertados e dos prazos de entrega previstos. "O prazo de fornecimento, variável de acordo com o empreendimento, deve ser negociado e também precisa ser estabelecido em contrato, pois depende de ambas as partes", comenta Carvalhaes.

Fiscalização

Os critérios da execução de fundações em estacas pré-fabricadas de concreto estão previstos na NBR 6.122/2010. "Para evitar imprevistos na execução, revisões do orçamento e atrasos de cronograma é necessário um profundo estudo

do solo durante a execução do projeto pela campanha de sondagens executadas por empresas idôneas, análise de cravabilidade e contratação de empresa de cravação com experiência", diz Eurico Carvalhaes.

"Os atrasos de cronograma quase sempre estão ligados a bate-estacas que não aparecem na obra na data marcada ou produção de estacas abaixo do esperado", ressalta Neves. Nessa hora, facilita muito o construtor contar com o apoio de uma empresa com capacidade técnica comprovada e bom histórico de atuação.

No processo executivo, desde a descarga mecanizada, a atenção da equipe de obra deve ser rigorosa. "Definições logísticas de acesso de equipamentos e plano sequencial de execução devem ser previamente traçados antes do início da atividade", pontua Carlos Olivares.



Norma publicada em fevereiro deste ano disciplinou os critérios da fabricação, manuseio e estocagem das estacas pré-fabricadas de concreto

A verificação prévia das estacas é importante para assegurar que elas sejam capazes de absorver os esforços de projeto. Isso pode ser feito por meio de ensaios de esclerometria, auscultação e de inspeção visual. Antes de liberar as estacas para a cravação, é importante que as peças sejam examinadas individualmente em relação aos seguintes quesitos:

- Isenção de fissuras;
- Retilneidade do eixo;
- Perpendicularidade da superfície do topo em relação ao eixo;
- Indicação dos pontos previstos para içamento e manuseio;
- Indicação do f_{ck} do concreto e armação utilizada.

Além disso, é necessário que o contratante observe alguns pontos durante a fiscalização dos serviços. Entre eles, destacam-se o controle de negas e repiques. "Essas duas metodologias de controle são de fácil execução e fornecem dados importantes com respeito à qualidade do estaqueamento", afirma Luis Fernando de Seixas Neves.

Nega é o deslocamento permanente da estaca para dez golpes do martelo com a mesma altura de queda. O repique, por sua vez, é obtido ao final da cravação, traçando uma reta de referência e depois mantendo o lápis na estaca durante o golpe. Normalmente obtém-se dez repiques durante a obtenção da nega (dez golpes).

As estacas deverão ser cravadas até a profundidade indicada no projeto e/ou até serem obtidas as negas apresentadas pela construtora e previamente aprovadas pela fiscalização, que deve manter um registro completo da cravação de cada estaca. Tal planilha deve apresentar, minimamente, itens como data da cravação, identificação da estaca, número de referência de fabricação da estaca, cota de cravação, comprimento cravado, nega, nome e assinatura do engenheiro supervisor da empresa de estaqueamento e nome e assinatura do contratante.

Por fim, é necessária a realização de ensaios de baixa deformação (PIT), de Carregamento Dinâmico e Prova de Carga Estática, conforme preconizado nas normas técnicas.

Remuneração

Para pagamento, as estacas devem ser medidas por metro linear, entre as cotas da ponta e a do seu arrasamento. Os blocos de coroamento devem ser medidos e pagos à parte. Normalmente não se computam, para efeito de medição, os comprimentos correspondentes:

- às estacas rejeitadas pela fiscalização, adquiridas em excesso, defeituosas e removidas após a cravação ou abandonadas nos locais de cravação;
- às partes defeituosas que foram cortadas;
- às perdas decorrentes da aquisição de estacas com comprimento maior que o comprimento útil cravado;
- aos topos inaproveitáveis usados na cravação.

REFERENCIAIS TÉCNICOS

NBR 6.118 - Projeto de Estruturas de Concreto Armado - Procedimento;

NBR 6.122 - Projeto e Execução de Fundações - Procedimento;

NBR 6.484 - Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos - Método de Ensaio;

NBR 8.681 - Ações e Segurança nas Estruturas - Procedimento;

NBR 9.062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado - Procedimento;

NBR 12.131 - Estacas - Prova de Carga Estática - Método de Ensaio;

NBR 13.208 - Estacas - Ensaio de Carregamento Dinâmico - Método de Ensaio.

ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS



1) Cravação

A cravação das estacas é normalmente feita pelo processo de percussão, com martelos de queda livre. A relação entre o peso do pilão e o da estaca (P_p/P_e) deve ser a maior possível, com valor mínimo recomendável de 0,7. Durante a cravação, o bate-estacas é posicionado no piquete indicador do centro da estaca a ser cravada. A torre do equipamento é apurmada e, com um cabo auxiliar de manobras, a estaca é posicionada nessa torre, com a base assentada sobre o

local adequado no solo. Em seguida, o martelo juntamente com o capacete é descido até seu encaixe na cabeça da estaca. Por fim, é executada a cravação.

2) Controle simultâneo

As estacas deverão ser cravadas até a profundidade indicada no projeto e/ou até serem obtidas as negas apresentadas pela construtora e previamente aprovadas pela fiscalização, que deve manter um registro completo da cravação de cada estaca. Durante os golpes de cravação, é feito o controle da capacidade de carga das estacas cravadas por meio de sinais do deslocamento máximo (nega e repique elástico).

3) Emendas

A execução de fundações profundas pode requerer emendas nas estacas, as quais devem ter desempenho igual ou superior aos segmentos emendados. A norma de execução em vigor (NBR 6.122) cita dois tipos de solução: emenda com luva de encaixe e emenda por solda.