

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA USP  
PEF 0522 - MECÂNICA DOS SOLOS E FUNDAÇÕES  
6ª LISTA DE EXERCÍCIOS: Fundações por estaca - **RESOLUÇÃO**

**Questão 1.** Quais os vários tipos de estacas existentes no mercado? Quais os métodos construtivos das estacas moldadas "in loco"?

*Resposta:* Os tipos existentes de estaca são: Madeira, pré-moldada de concreto, metálica, broca, escavada com trado mecânico, "strauss", franki, hélice contínua, micro-estaca, raiz.  
As estacas moldadas "in loco" são executadas com trado manual, trado mecânico com ou sem lama estabilizante, e, utilizando equipamentos especiais.

**Questão 2.** Como definir qual a melhor estaca a ser utilizada em um projeto de fundações? Discuta as vantagens e desvantagens das estacas escavadas em relação às estacas cravadas.

*Resposta:* A definição da melhor estaca a ser utilizada em um projeto depende de vários fatores, entre eles: carregamento máximo resistido pela estaca de acordo com as necessidades do projeto, custo, vizinhança, proximidade a centros urbanos, nível de água, velocidade de execução e etc.  
As estacas cravadas apresentam maior capacidade de carga em relação as estacas escavadas por promoverem uma compactação durante a cravação garantindo melhor contato do solo com a estaca. No entanto, estas estacas provocam vibrações que podem ser prejudiciais a construções vizinhas além de possuírem baixa produtividade.  
As estacas escavadas, diferente das cravadas, promovem um desconfinamento do solo acarretando em menor capacidade de carga. Por outro lado, estas estacas não provocam vibrações e garantem boa produtividade.

**Questão 3.** O que é "nega" para um estaca cravada?

*Resposta:* "Nega" é a medida da penetração permanente de uma estaca, causada pela aplicação de um golpe de martelo ou pilão, sempre relacionada com a energia de cravação. Dada a sua grandeza, em geral é medida para uma série de dez golpes. A execução das estacas é feita pela cravação até alcançar a cota de nega definida pelo projeto. Por exemplo, com uma nega de 2 mm significa dizer que alcança-se a cota de nega quando, ao final da cravação, alcançar camadas que penetra-se apenas 20 mm com 10 golpes - 20/10. Esta medida serve como controle de cravação das estacas cravadas.

**Questão 4.** Discutir a viabilidade de construir o edifício de 18 andares e 3 subsolos, cuja planta de pilares foi apresentada na 5ª lista de exercícios, no terreno cujo subsolo pode ser representado pela sondagem SP01.

*Resposta:* Considerando que o empreendimento está localizado em um centro urbano pode-se eliminar todas as estacas cravadas por conta das vibrações que serão geradas. Admitindo também que o nível de água é elevado e sabendo que a mobilização do equipamento após escavação é inviável as estacas broca, escavada com trado mecânico e strauss não são possíveis. Assim, restam apenas as estacas hélice contínua e estaca escavada mecanicamente com uso de lama bentonítica (barrete), que são estacas que podem ser executadas antes da escavação até a cota final de implantação.

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP  
 FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA USP  
 PEF 0522 - MECÂNICA DOS SOLOS E FUNDAÇÕES  
 6ª LISTA DE EXERCÍCIOS: Fundações por estaca - **RESOLUÇÃO**

**Questão 5.** Devido à dificuldade construtiva para executar subsolos neste terreno, o projetista resolveu eliminar os subsolos e construir o edifício com 21 andares. Admitindo a mesma distribuição de cargas discuta as possíveis soluções de fundação. Elabore o projeto de fundações em estacas. Proceda a escolha do tipo de estaca e da capacidade de carga nominal mais adequada. Estime o comprimento das estacas.

*Resposta:* Utilizando a lista de pilares da lista de exercício 5, sabe-se que a carga máxima é de:

$$P_{15} = 5400 \text{ kN}$$

Para atender a este carregamento, com as condições mencionadas anteriormente, deve-se usar estacas escavadas. Como o carregamento é alto será necessário utilizar mais de uma estaca por pilar para atender a solicitação. Admitindo no máximo quatro estacas por pilar, é necessário que se tenha uma estaca que suporte no mínimo 1350 kN de carga vertical. As estacas que atendem a esta exigência são as estacas hélice contínua e estacas escavadas mecanicamente. Neste caso serão escolhidas as estacas escavadas mecanicamente.

Para estimar o comprimento da estaca será utilizada a seguinte relação:

$$L = \sum N_{SPT} \approx 1,5 \sigma_c$$

Admitindo que serão utilizadas quatro estacas neste pilar:

$$P_{estaca} = 1350 \text{ kN}$$

Estaca escavada mecanicamente

Diâmetro = 70 cm

$\sigma_{conc} = 40 \text{ kgf/cm}^2$

Carga de trabalho = 1539,4 kN

Tensão na seção da estaca = 52,6 kgf/cm<sup>2</sup>

Sondagem SP-01

z (m)	NSPT	Soma NSPT
1	0	0
2	8	8
3	8	16
4	6	22
5	0	22
6	0	22
7	0	22
8	2	24
9	2	26
10	12	38
11	15	53
12	15	68
13	13	81
14	15	96

A profundidade em que a soma do NSPT é igual a tensão na seção da estaca é de 11 m sendo este o comprimento estimado para atender a solicitação de 1350 kN.

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA USP  
PEF 0522 - MECÂNICA DOS SOLOS E FUNDAÇÕES  
6ª LISTA DE EXERCÍCIOS: Fundações por estaca - **RESOLUÇÃO**

**Questão 6.** A Figura 1 apresenta um prédio construído em Ubatuba. Este edifício abaixou 3 m e girou, aproximadamente 4 meses após a sua ocupação. A ruptura foi instantânea. Sabe-se que a ruptura ocorreu por causa das fundações que eram estacas de concreto pré-moldada. O que pode ter causado a ruptura?

*Resposta:* Dois possíveis problemas que podem ter causado tal ruptura foram: mal dimensionamento geotécnico da fundação aliado a falta de controle durante cravação ou provável camada de solo mole não identificada por falha na investigação geotécnica acarretando em uma fundação subdimensionada. Provavelmente as fundações do prédio da esquerda que sofreu ruptura foi realizada com o mesmo projeto de fundação do prédio da direita que se encontra intacto. No entanto, o solo de fundação deve ter alterado entre os dois prédios sendo então necessário fundações mais profundas para o prédio da esquerda.

Com base na descrição do problema a estrutura recalcou 3 metros como um todo e em seguida girou. O giro ocorreu provavelmente por que a fundação do lado direito atingiu camadas mais resistentes enquanto que as estacas do lado esquerdo continuaram recalcando, fazendo com que a estrutura rotacionasse por conta do recalque diferencial.