

## CONSIDERAÇÕES SOBRE PARTICULARIDADES DAS FUNDACÕES, CONTENÇÕES E ESTRUTURAS NA CIDADE DE SANTOS

### A) FUNDACÕES

#### 1) Soluções usuais

O subsolo de Santos apresenta muitas variações, que determinam algumas soluções, sendo mais usuais os seguintes tipos de fundações:

**1.1)** Para edifícios de até 11 pavimentos: fundação direta na 1ª camada de areia, com recalques de 05cm a 40cm, dependendo da região, com exceção para a Zona Noroeste, onde não existe a 1ª camada de areia, o que obriga fundações profundas.

**1.2)** Para edifícios de 12 a 15 pavimentos é usada fundação profunda na 2ª camada de areia, quando existir, com recalques de até 05 cm e comprimentos de 20m a 36m:

- com estacas pré-moldadas com pré-furo, com pequenas vibrações;
- com estacas escavadas tipo hélice contínua monitorada, sem vibrações (até 24m);
- com estacas escavadas com lama bentonítica ou polímero (estacões), sem vibrações;
- com estacas raiz, sem vibrações.

**1.3)** Para edifícios com mais de 16 pavimentos é usada fundação muito profunda, ou na rocha, de 50m a 60m de profundidade com recalque desprezível:

- com estacões escavados, sem vibrações;
- com estacas metálicas cravadas com pré-furo, para minimizar vibrações.

Exigências de norma tornam necessária a busca pelo melhor resultado em relação ao recalque máximo admissível, portanto verticalizar torna-se uma imposição de qualidade. Outro fator favorável à verticalização é o menor custo por tonelada suportada por pilar.

#### 2) CUSTOS COMPARATIVOS

Os custos de uma fundação variam de acordo com o tipo utilizado:

- fundação direta pode representar até 4% do custo da obra;
- fundação profunda na 2ª camada de areia pode representar até 10% do custo da obra;
- fundação profunda em solo residual ou rocha pode representar até 15% do custo da obra.

Numa avaliação aproximada poderíamos dizer que, em Santos, as fundações muito profundas consomem um volume de concreto da ordem de 70% do volume necessário para a execução total da estrutura da edificação. No caso de utilização de estacas metálicas a relação do peso do aço cravado com o peso total do aço utilizado na estrutura é, também, da ordem de 70%.

## **B) CONTENÇÕES**

1) As soluções possíveis para as obras de contenção para a execução de subsolos podem ser:

### **1.1) Um subsolo semi-enterrado (até -2,30m):**

- muro de arrimo com 16cm a 20cm de espessura, em fundação direta corrida;
- muro de arrimo com 16cm a 25cm de espessura, com perfis cravados na divisa e pranchamento;
- estacas de concreto justapostas moldadas in loco.

### **1.2) Mais de um subsolo:**

- parede diafragma de 40cm a 50cm com laje de subpressão (solução com risco de infiltrações e rebaixamento excessivo do lençol freático);
- parede diafragma corta-fluxo com ficha passando na camada de argila sem laje de subpressão (solução possível graças à existência dessa camada de argila marinha impermeável, causadora de todos os prédios tortos da cidade);
- parede diafragma com laje de subpressão em solo reforçado com colunas de Jet Grouting;
- parede com estacas pranchas metálicas cravadas por vibração.

## **2) METODOLOGIAS, PRAZOS E CUSTOS**

Um fator muito importante para a execução de subsolos é a metodologia de construção a ser empregada.

No caso de um subsolo, a solução consagrada é a escavação geral, deixando bermas de contenção junto às divisas, que serão removidas em trechos pequenos e alternados com submuração de vizinhos. No caso de cravação de perfis junto às divisas, a vibração causada por esse processo pode prejudicar as edículas e muros existentes.

No caso de mais de um subsolo, a solução com parede diafragma e tirantes provisórios representa uma redução de prazo e custos significativos, se comparada com o chamado método invertido, em que se implantam perfis provisórios para apoio das lajes dos subsolos superiores, antes da execução dos blocos de fundação e pilares definitivos.

Comparando-se os prazos de execução de obras de um subsolo semi-enterrado (de 03 a 04 meses até a conclusão da laje do térreo) com os prazos de execução de

obras de dois ou três subsolos (de 10 a 12 meses até a conclusão da laje do térreo) verifica-se um atraso significativo na execução da estrutura.

Os custos das contenções podem ser avaliados pelo custo por vaga de veículo que cada solução proporciona. No caso de dois subsolos, o custo de uma vaga chega a 06 vezes o custo de uma vaga no caso de um subsolo semi-enterrado. No caso de três subsolos esse custo pode chegar a 08 vezes.

Os custos das contenções em relação ao custo total da obra são, respectivamente:

- um subsolo semi-enterrado: 1,5%;
- dois subsolos: 8%;
- três subsolos: 16%.

### C) ESTRUTURAS DE CONCRETO

Um aspecto importante que onera bastante as estruturas edificadas em Santos diz respeito aos critérios obrigatórios de durabilidade adotados pela Norma Brasileira a partir de 2004 (NB 6118-03). Tais critérios obrigam que os projetos de estruturas de concreto executadas em ambiente de agressividade forte (marinho) adotem resistências mínimas maiores ( $f_{ck} \geq 30$  MPa) e cobrimentos mínimos também maiores (3,5cm).

Comparando-se com os critérios para a cidade de São Paulo ( $f_{ck} \geq 25$ MPa e cobrimentos de 2,5cm), teremos um custo adicional para as estruturas ficarem de acordo com as prescrições normativas.

Finalmente, gostaríamos de sugerir, a seguir, algumas considerações para facilitar a adequada aplicação da Norma, sem conflitar com o Código de Obras:

- requadro de vigas externas, que poderiam invadir alguns poucos centímetros (05cm a 10cm) o recuo para permitir cobrimentos maiores;
- requadro externo de elementos decorativos e estruturais (pilares) de até 30cm (note que essa "invasão" só se efetiva no último andar escalonado);
- recuo constante de terraços acima de 5,50m de recuo com dois lados livres ao invés dos três lados atuais para garantia de privacidade entre as unidades.

Santos, 03 de novembro de 2009.

Engº Clovis dos Santos