Estratégia
CONCURSOS

Aul

Engenharia Civil (Edificações) p/ Polícia Federal (Perito - Área 7 - Engenharia Civil) - 2019

Professor: Marcus Campiteli, Time Marcus Campiteli

Olá, Pessoal.

Este curso baseia-se no edital para Perito da Polícia Federal, de 2018, na área de Engenharia Civil.

A banca dos últimos concursos da PF, de 2002, 2004, 2012 e 2018, foi do Cespe, atual Cebraspe.

Este curso de Obras e Edificações abrangerá as seguintes matérias do edital, com as respectivas datas das aulas:



Aula	Assunto	Data
0	Fundações	19/6
1	Questões de Fundações Comentadas	22/6
2	Sondagens	26/6
3	Concreto Armado e Protendido	29/6
4	Concreto Protendido	3/7
5	Concreto Pré-Moldado	6/7
6	Estruturas Metálicas	10/7
7	Alvenaria	13/7
8	Impermeabilização	17/7
9	Pisos	20/7
10	Revestimentos	24/7
11	Pinturas	27/7
12	Madeira, Materiais Cerâmicos e Vidro	31/7
13	Cobertura	3/8
14	Esquadrias	6/8
15	Instalações Elétricas	10/8
16	Instalações Hidrossanitárias	13/8
17	Combate a Incêndios	17/8
18	Análise Orçamentária	20/8
19	SINAPI	24/8
20	Planejamento, Programação e Controle	27/8

21	Análise Estrutural	31/8
22	Resistência dos Materiais	3/9
23	Avaliação de Imóveis	6/9
24	Perícia	10/9
25	Patologias	17/9
26	Acompanhamento de Obras Públicas	24/9
27	Lei 8666 e RDC	1/10
28	Lei das Estatais e Pregão	8/10
29	Lei das Concessões	15/10
30	Lei das PPPs	22/10

Agora, antes de apresentar a Aula 0, deixe eu me apresentar.

Sou engenheiro civil formado pelo Instituto Militar de Engenharia - IME e trabalho como auditor de controle externo no Tribunal de Contas da União – TCU. Fiz mestrado em engenharia civil na UnB e concluí com a dissertação: Medidas para Evitar o Superfaturamento em Obras Públicas decorrente dos Jogos de Planilha.

Na trajetória de concursos, após a elaboração de resumos, resolução de muitas questões e estudo focado, obtive aprovação nos concursos de Perito da Polícia Federal em Engenharia Civil, em 2004, e Auditor Federal de Controle Externo do TCU na área de obras públicas, em 2005. Hoje trabalho neste último.

Trabalhei durante seis anos como engenheiro militar e estou há onze no TCU, sempre participando de auditorias em obras públicas.

Na área de aulas, ministrei cursos de engenharia civil, presenciais e à distância, para o concurso do TCU, TCEs, TCMs, Câmara dos Deputados, CGU, CGEs, CGMs, Perito da PF, PCs, DNIT, CEF, ANTT, Bacen, MPU, MPEs, TRTs, TRFs, TJs, Petrobras, MPOG, ANAC, Funai, Assembleias Legislativas, Câmaras Municipais, Terracap, Artesp, Embasa, DPEs, Detran, Novacap, Saneago, Transpetro, Sabesp, entre outros.

Agora que vocês me conheceram um pouco, retornemos ao nosso curso.

Sabemos que as bancas cobram detalhes da bibliografia disponível nos livros e nas normas acerca do abrangente campo da engenharia civil previsto no edital. Por isso, apresento a teoria dos assuntos de forma detalhada e com base primordial nas normas da ABNT, por serem a fonte mais confiável. Com isso, vocês já estarão habituados aos textos passíveis de serem fontes das questões. Subsidiariamente recorro a livros consagrados de engenharia civil.

Busco mesclar figuras e fotos didáticas aos textos na busca de tornar a matéria o mais amigável possível, de forma a facilitar ao máximo o entendimento das informações truncadas das normas.

O desafio do estudo dessa especialidade é conseguir objetividade diante da sua vasta abrangência. E pretendo alcançar esse objetivo neste curso por meio da apresentação das questões. Afinal, não temos tempo a perder.

Primeiramente apresento a vocês a teoria e as questões relacionadas aos conteúdos teóricos, sem gabarito. Posteriormente, apresento as mesmas questões comentadas e, na parte final, reapresento as questões tratadas na aula, com o gabarito na última folha, para que vocês possam treinar.

Em muitas das questões, os comentários complementam a teoria trazendo mais informações.

Costumo destacar em negrito informações que acho com cara de questão.

Críticas e sugestões poderão ser feitas no próprio sistema do Estratégia assim como encaminhadas ao seguinte endereço de e-mail: marcus_campiteli@hotmail.com.

Estarei no fórum de dúvidas para respondê-los.

Informações e dicas adicionais são publicadas no **Instagram: @profmarcuscampiteli**.

Espero que caia na prova somente o que vocês estudem !!!

Bons estudos e boa sorte !!!

Então, vamos à aula demonstrativa para que vocês possam conhecer melhor o que encontrarão ao longo do curso.

Aula 00: Fundações 5
1 – Introdução ..... Erro! Indicador não definido.
1.1 – Conceitos 6
2 – Fundações Superficiais 7
2.1 – Sapata 7
2.1.1 – Execução 9
2.2 – Bloco 9
2.3 – Radier 11
2.4 – Sapata associada 11
2.5 – Viga de fundação 11
2.6 – Sapata corrida 12
2.7 – Outras Considerações sobre Sapatas 13
2.7.1 – Viga Alavanca ou de equilíbrio 14
3 – Fundação Profunda 16
3.1 – Estaca 16
3.1.1 – Estacas de Concreto Moldadas in loco 17
3.1.2 – Estaca Pré-Moldada ou Pré-Fabricada de Concreto 29
3.1.2.1 – Estaca cravada por percussão 29
3.2 – Tubulão 36
3.2.1 – Tubulões a Céu Aberto 38
3.2.2 – Tubulões a Ar Comprimido 39
3.3 – Caixão 43
3.4 – Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento 43
4 – Outras Considerações 44
4.1 – Efeito de grupo de estacas ou tubulões 44
4.2 – Estacas em Grupo 45
4.3 – Solos Expansivos 45
4.4 – Solos Colapsíveis 46
4.5 – Atrito Lateral 46
5 – Questões Comentadas 46
6 – Lista de Questões Apresentadas na Aula 50

7 – Gabarito 59

8 – Referências Bibliográficas 60

AULA 00: FUNDAÇÕES

Olá, pessoal.

Vamos dar início ao nosso curso com o assunto Fundações.

Os comentários das questões apresentadas encontram-se na Aula 1.

Esta aula de fundações está focada na norma da ABNT NBR 6122/2019. As partes atualizadas ou acrescentadas em relação à versão desta aula com base na norma anterior estão em amarelo.

O conteúdo é complementado com livros consagrados na área, em especial os livros Fundações: Teoria e Prática, da editora PINI, Técnica de Edificar, do autor Walid Yazigi, e Exercícios de Fundações, do autor Urbano Rodriguez Alonso. Demais fontes são mencionadas no texto.

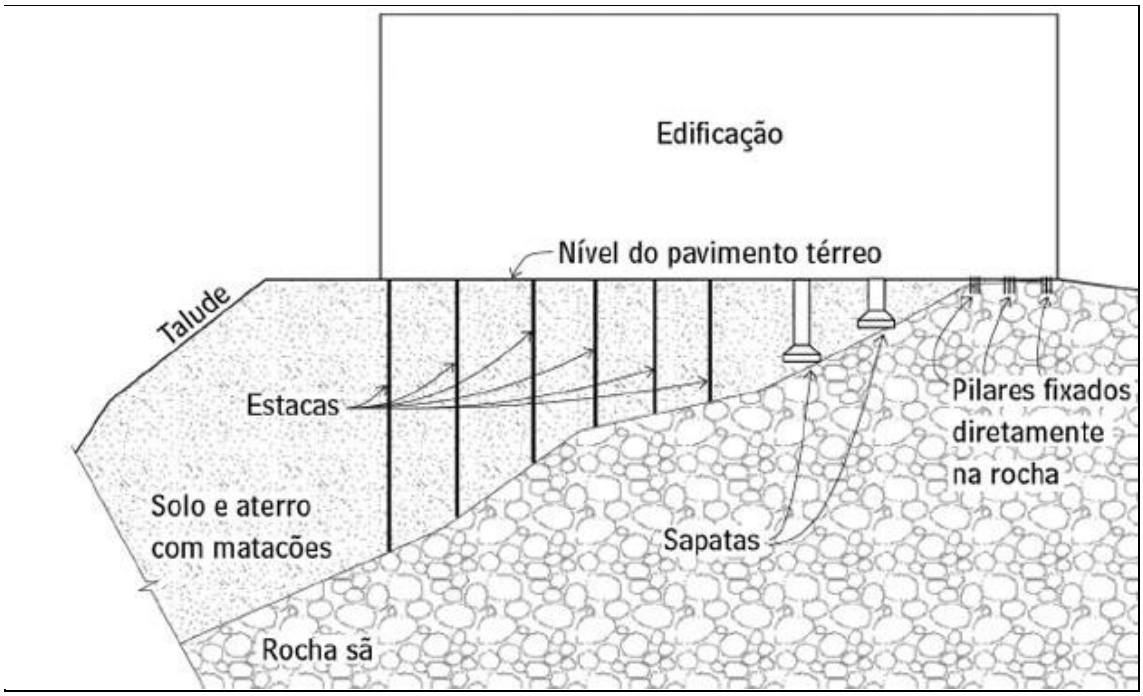
Bons Estudos!

1 - INTRODUÇÃO

As fundações são responsáveis pela transmissão das cargas das edificações, pontes, viadutos etc. ao solo, seja de forma direta, por fundações superficiais, seja de forma indireta, por fundações profundas.

As fundações superficiais, diretas ou rasas são representadas pelas sapatas, blocos, radier, sapatas associadas, vigas de fundação e sapatas corridas.

Já as fundações profundas são representadas, basicamente, pelas estacas e tubulões.



Fonte:<www.revistatechne.com.br>

As estacas podem ser divididas em estacas moldadas *in loco* e estacas pré-moldadas.

As estacas moldadas *in loco* são representadas pelas estacas broca, Strauss, Franki, Raiz, Hélice Contínua entre outras, e as estacas pré-moldadas podem ser de concreto, metálicas ou de madeira.

Os tubulões dividem-se, basicamente, entre os tubulões a céu aberto e os tubulões a ar comprimido.

Mas antes de estudarmos os diferentes tipos de fundações, vamos ver alguns conceitos importantes para o entendimento da teoria e que são cobrados em questões de concurso.

1.1 – CONCEITOS

a) Recalque

Movimento vertical descendente de um elemento estrutural. **Quando** o movimento for **ascendente**, denomina-se **levantamento**. Convenciona-se representar o recalque com o sinal positivo.

b) Recalque diferencial específico

Relação entre as **diferenças dos recalques** de dois apoios **e** a **distância entre eles**.

c) Cota de arrasamento

Nível em que deve ser deixado o topo da estaca ou tubulão, demolindo-se o excesso ou completando-o, se for o caso. Deve ser definido de modo a deixar que a estaca e sua armadura

penetrem no bloco com um comprimento que garanta a transferência de esforços do bloco à estaca.

d) Nega

A nega corresponde à **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 pequena grandeza, em geral é medida **por uma série de dez golpes**. Ao ser fixada ou fornecida, deve ser sempre acompanhada do peso do pilão e da altura de queda ou da energia de cravação (martelos automáticos).

Pode-se dizer que a nega é uma medida indireta e dinâmica da capacidade de carga da estaca.

e) Repique

O repique corresponde à parcela elástica da penetração máxima de uma estaca, decorrente da aplicação de um golpe do martelo ou pilão.

Também pode-se dizer que o repique é uma medida indireta e dinâmica da capacidade de carga da estaca, contudo é pelo deslocamento elástico do topo da estaca.

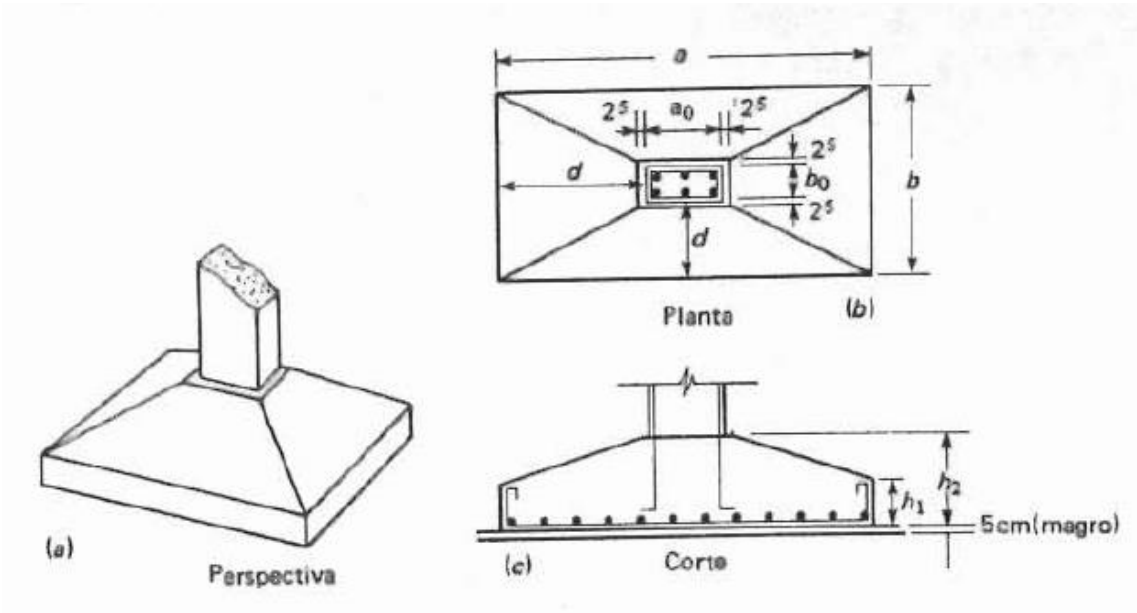
2 – FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS

2.1 – SAPATA

As sapatas são elementos de fundação executados em **concreto armado**, de altura reduzida em relação às dimensões da base, que se caracterizam principalmente por trabalhar à flexão e dimensionados de modo que as **tensões de tração** neles produzidas não sejam resistidas pelo concreto, **mas sim pelo emprego da armadura**.

Elas são indicadas para solos com alta capacidade de suporte e costumam ser mais econômicas que outros tipos de fundação.

Apresento a vocês as figuras a seguir para melhor compreensão das informações apresentadas. A primeira figura em corte apresenta tanto a armadura vertical do pilar quanto a horizontal na parte inferior da sapata. Esta armadura horizontal que é responsável por suportar as tensões de tração.





Fonte: <www.revistatechne.com.br>



Fonte: <www.revistatechne.com.br>

2.1.1 – EXECUÇÃO

a) Escavação das Cavas

Na escavação em solo, caso se utilizem equipamentos mecânicos, a profundidade de escavação deve ser paralisada no mínimo a 30 cm acima da cota de assentamento prevista, sendo a parcela final removida manualmente.

b) Preparação para a Concretagem

Antes da concretagem, o solo ou rocha de apoio das sapatas deve ser vistoriado pelo engenheiro, que confirmará *in loco* a capacidade de suporte do material. Esta inspeção pode ser feita com penetrômetro de barra manual ou outros ensaios expeditos de campo.

Caso haja necessidade de aprofundar a cava da sapata, pode-se preencher a diferença de cota de assentamento com concreto não estrutural (consumo mínimo de cimento de 150 kg/m^3) ou aumentar o comprimento do pilar. Nesse caso deve-se consultar o projetista estrutural.

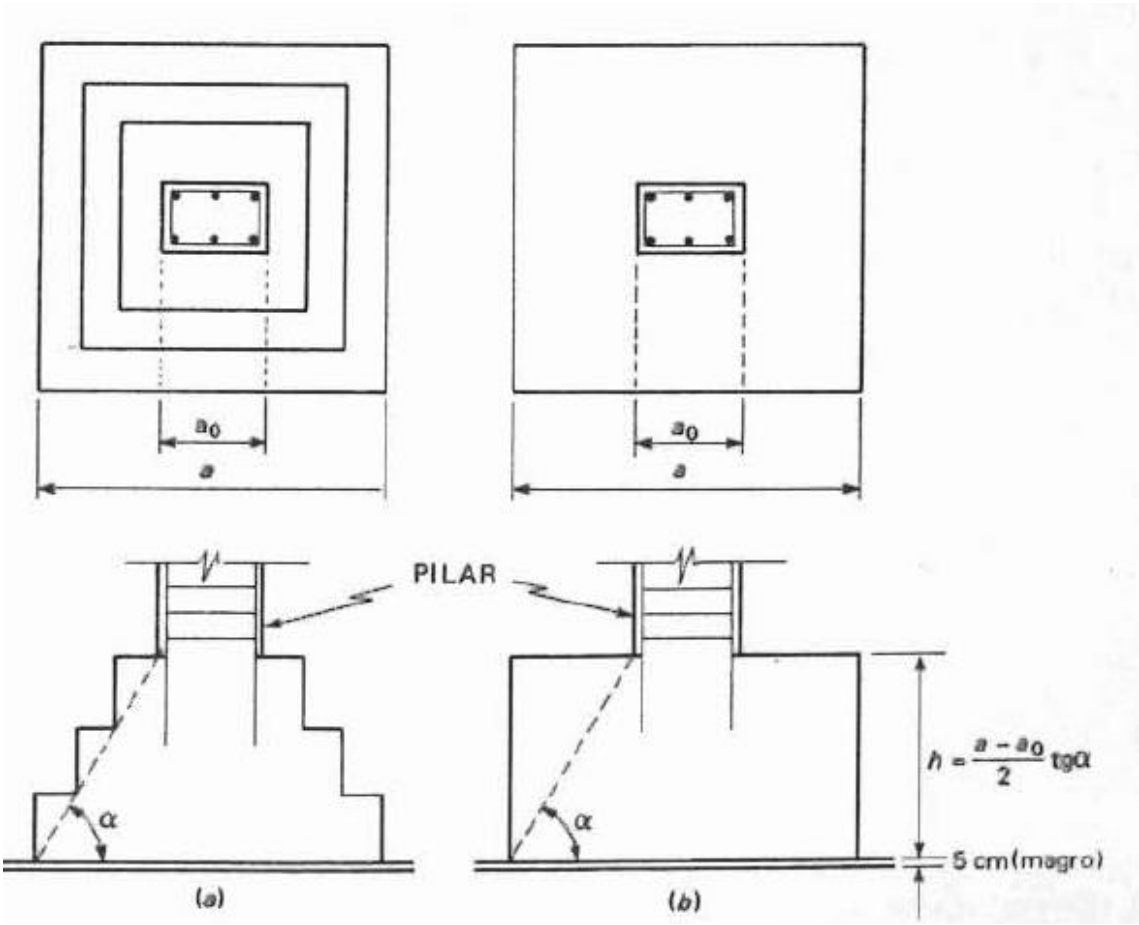
O preenchimento com concreto deve ocupar todo o fundo da cava e não só a área de projeção da sapata.

2.2 – BLOCO

Os blocos são elementos de fundação rasa de concreto ou de outros materiais tais como alvenaria ou pedras, dimensionados de modo que as **tensões de tração** nele resultantes sejam **resistidas pelo material**, **sem necessidade de armadura**.

Pode ter suas faces verticais, inclinadas ou escalonadas e apresentar normalmente em planta seção quadrada ou retangular.

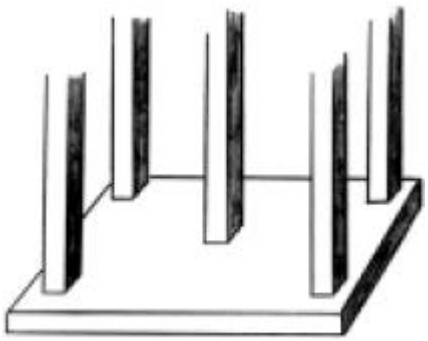


- 

Não confundir blocos de fundação com **blocos de coroamento** ou de capeamento, os quais são construídos sobre estacas ou tubulões, e são armados de modo a **transmitir a carga dos pilares para os elementos da fundação profunda**.

2.3 – RADIER

Elemento de fundação rasa dotado de rigidez para receber e distribuir mais do que 70% das cargas da estrutura.

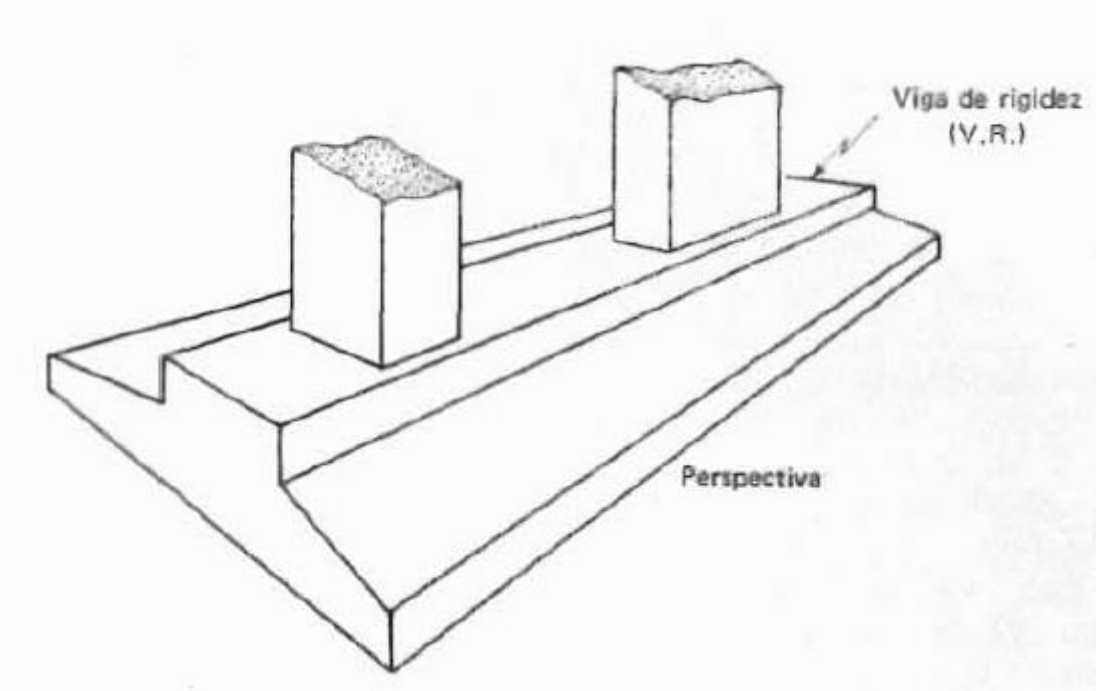


2.4 – SAPATA ASSOCIADA

Sapata **comum a dois pilares**, assim como à sapata comum a mais do que dois pilares, quando não alinhados e desde que representem menos de 70% das cargas da estrutura.

2.5 – VIGA DE FUNDAÇÃO

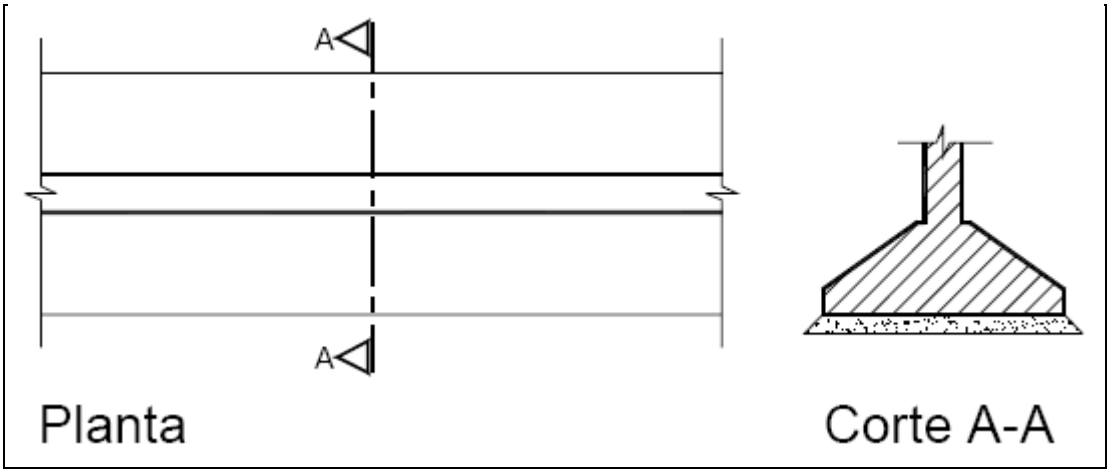
De acordo com a literatura, é um elemento de fundação superficial **comum a vários pilares**, cujos **centros**, em planta, estejam situados no **mesmo alinhamento**. A NBR 6122/2010 deixou de prever esse tipo de fundação.



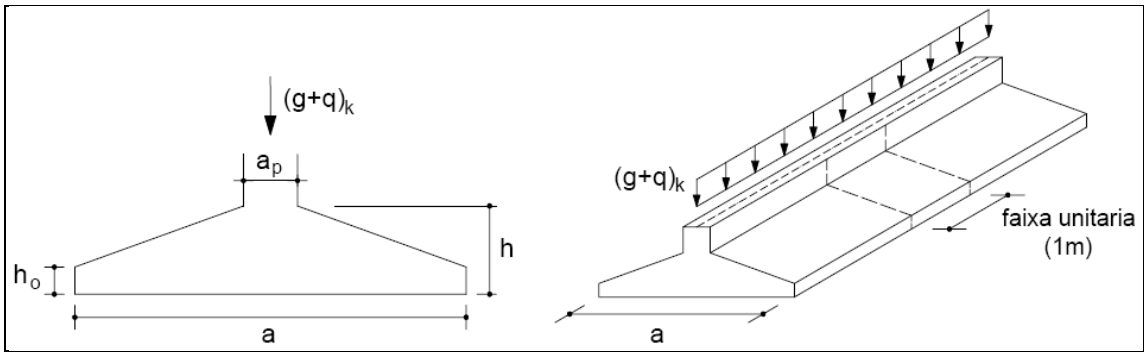
2.6 – SAPATA CORRIDA

Sapata sujeita à ação de uma carga distribuída linearmente ou de três ou mais pilares ao longo de um **mesmo alinhamento**, desde que representem menos de 70% das cargas da estrutura.

Verifica-se o enquadramento da viga de fundação no conceito de sapata corrida.



Fonte: <www.ufsm.br>



Fonte: <www.ufsm.br>

2.7 – Outras Considerações sobre Sapatas

De acordo com o livro Exercícios de Fundações, do autor Urbano Alonso Rodriguez, as fundações rasas só são vantajosas quando a área ocupada pela fundação abranger, no máximo, de 50% a 70% da área disponível. E de uma maneira geral, esse tipo de fundação não deve ser usada nos seguintes casos:

- aterro mal compactado;

- argila mole;

- areia fofa e muito fofa;

- existência de água onde o rebaixamento do lençol freático não se justifica economicamente.

Relembrando, quando a sapata suporta apenas um pilar diz-se que ela é uma sapata isolada. Caso o pilar seja de divisa (fronteira com o terreno vizinho), a sapata é chamada de divisa. Quando a sapata suporta dois ou mais pilares, cujos centros, em planta, estejam alinhados, é denominada viga de fundação. Quando a sapara é comum a vários pilares, cujos centros, em planta, não estejam alinhados é denominada sapata associada ou radier parcial

De acordo com o mesmo livro, para se obter um projeto econômico, deve ser feito o maior número possível de sapatas isoladas. Só no caso em que a proximidade entre dois ou mais pilares resultem na sobreposição das sapatas isoladas deve-se lançar mão de uma sapata associada ou de um viga de fundação.

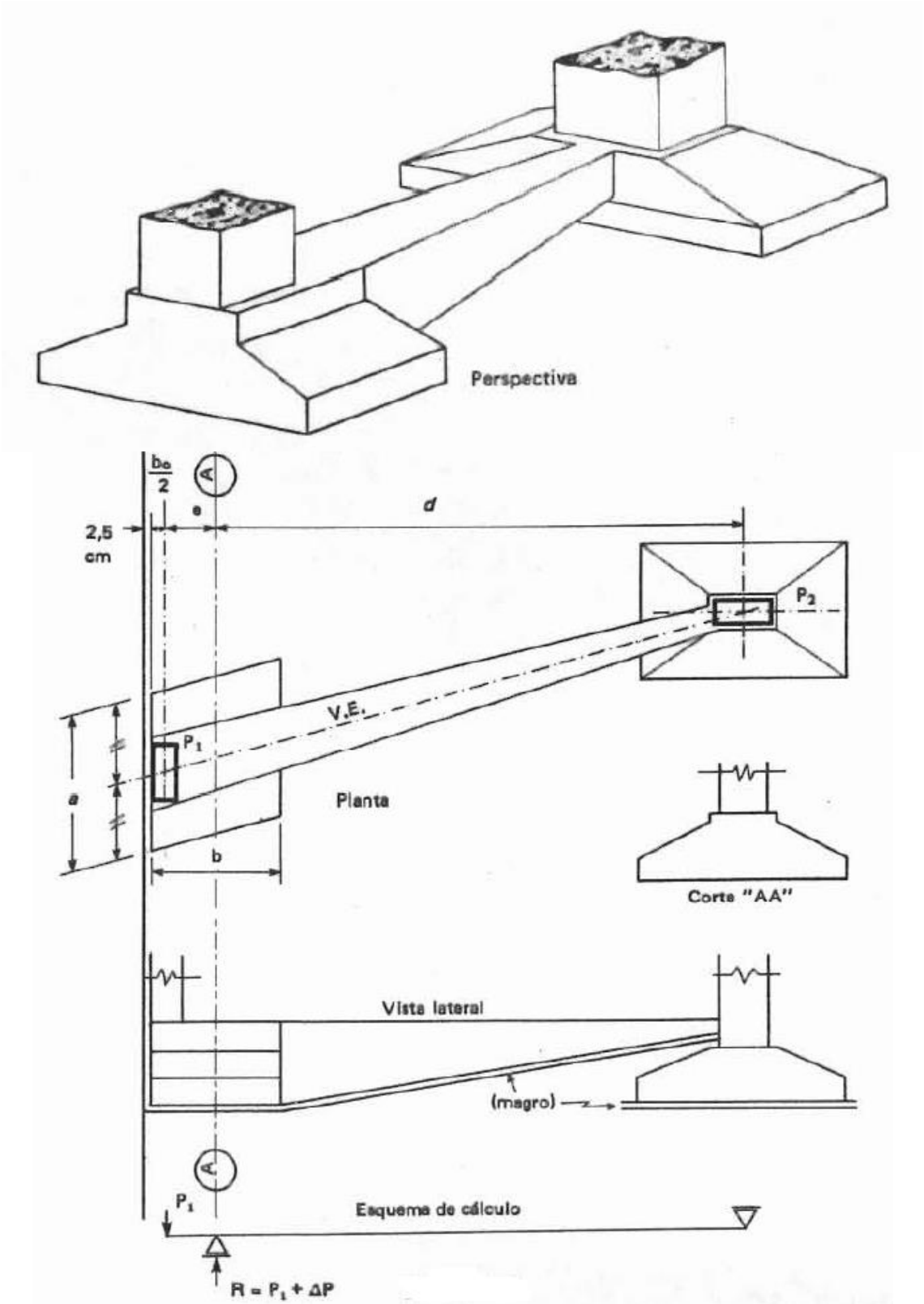
A viga que une os dois pilares, de modo a permitir que a sapata trabalhe com tensão constante, denomina-se viga de rigidez.

Em regra, o condicionamento econômico da sapata associada está diretamente ligado à obtenção de uma viga de rigidez econômica. Para tanto, deve-se buscar que os momentos negativos desta viga sejam aproximadamente iguais ao momento positivo, em módulo.

Nos casos de pilares de divisa ou próximos a obstáculos onde não seja possível fazer com que o centro de gravidade da sapata coincida com o centro de carga do pilar, pode-se adotar uma viga de equilíbrio ou viga-alavanca ligada a outro pilar, criando-se uma estrutura capaz de absorver o momento resultante da excentricidade decorrente do fato de o pilar ficar excêntrico com a sapata.

2.7.1 – VIGA ALAVANCA OU DE EQUILÍBRIO

Elemento estrutural que **recebe as cargas** de um ou dois **pilares** (ou pontos de carga) e é dimensionado de modo a **transmiti-las centradas às fundações**. Da utilização de viga de equilíbrio resultam cargas nas fundações diferentes das cargas dos pilares nelas atuantes.



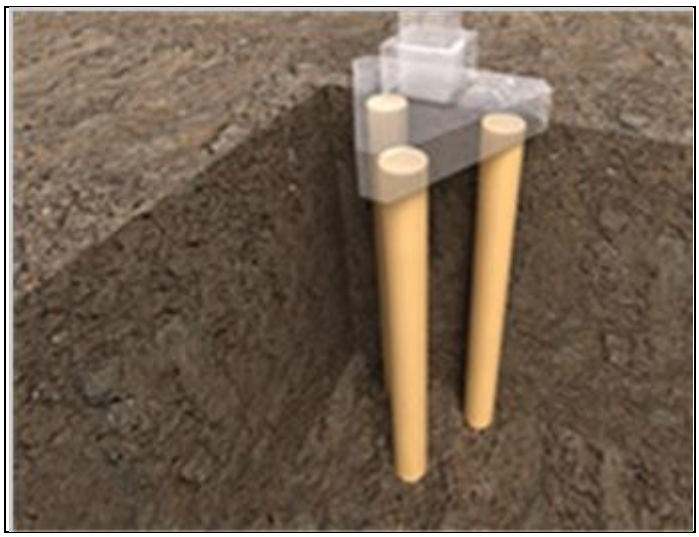
Notas:

a) Quando ocorre uma redução da carga, a fundação deve ser dimensionada, considerando-se apenas 50% desta redução.

b) Quando da soma dos alívios totais puder resultar tração na fundação do pilar aliviado, sua fundação deve ser dimensionada para suportar a tração total e pelo menos 50% da carga de compressão deste pilar (sem o alívio).

3 – FUNDAÇÃO PROFUNDA

Elemento de fundação que transmite a carga ao terreno pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, sendo sua ponta ou base apoiada em uma profundidade **superior a oito vezes a sua menor dimensão** em planta e no mínimo 3,0 m; quando não for atingido o limite de oito vezes, a denominação é justificada. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões.



Fonte: < www.leonardi.com.br>

É obrigatório o uso de lastro de concreto magro com espessura não inferior a 5 cm para a execução do bloco de coroamento de estaca ou tubulão.

A cabeça da estaca deve ficar pelo menor 5 cm acima do lastro.

3.1 – ESTACA

Elemento de fundação profunda executado inteiramente por equipamentos ou ferramentas, **sem que**, em qualquer fase de sua execução, **haja trabalho manual em profundidade**. Os materiais empregados podem ser: madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado *in loco*, argamassa, calda de cimento, ou qualquer combinação dos anteriores.

A **estaca mista** é um tipo de fundação profunda constituída de **dois segmentos** de materiais diferentes (madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado *in loco* etc).

A estaca mista deve satisfazer aos requisitos correspondentes aos dois tipos de materiais associados, conforme considerados anteriormente em estacas de um único elemento estrutural.

3.1.1 – ESTACAS DE CONCRETO MOLDADAS *IN LOCO*

As estacas moldadas *in loco* são executadas enchendo-se de concreto, argamassa ou calda de cimento **perfurações previamente executadas no terreno**, através de escavações ou de deslocamento do solo pela cravação de soquete ou de tubo de ponta fechada, podendo ser total ou parcialmente armada.

O deslocamento do solo é quando não há retirada de material da perfuração.

Estas perfurações, quando escoradas, podem ter suas paredes suportadas por revestimento a ser recuperado ou a ser perdido, ou por lama tixotrópica (lama bentonítica).

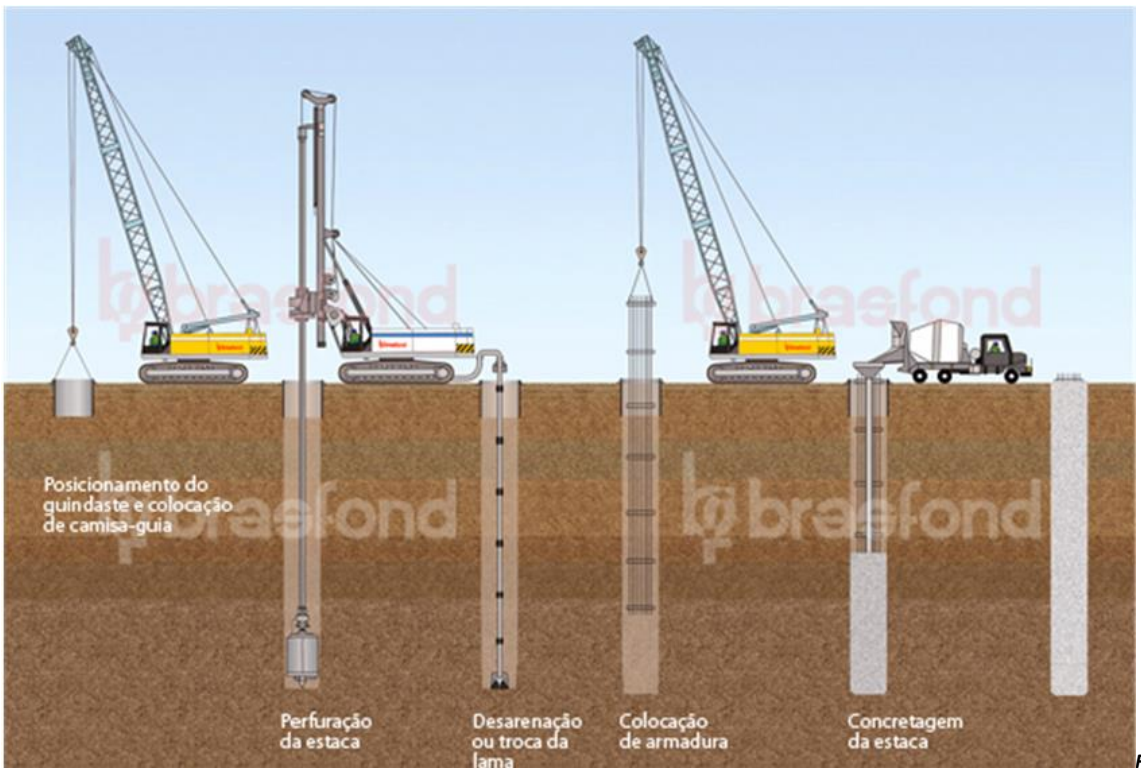
a) Estaca Raiz

Estaca **armada** e preenchida com **argamassa de cimento e areia**, moldada *in loco*, executada através de **perfuração rotativa ou rotopercussiva**, **revestida integralmente**, no trecho em solo, por um conjunto de **tubos metálicos recuperáveis**.

A estaca raiz é armada em todo seu comprimento.

Elas possuem diâmetro nominal entre 150 mm a 500 mm.

A perfuração em solo é executada por meio da rotação imposta por uma perfuratriz rotativa ou rotopercussiva ao revestimento, que desce com o uso de circulação direta de água injetada com pressão pelo seu interior. Pode-se adicionar polímero, sendo **vedado o uso de lama bentonítica**.



Fonte: <www.brasfond.com.br>

Quando ocorrerem solos muito duros ou muito compactos, pode-se executar pré-perfuração avançada por dentro do revestimento.

Ao se encontrar matacões ou topo de rocha, a perfuração é prosseguida por dentro do revestimento mediante emprego de equipamento adequado para perfuração de rocha. Esta operação, necessária para atravessar o matacão ou embutir a estaca na rocha, causa, usualmente, uma diminuição do diâmetro da estaca que deve ser considerada no dimensionamento.

Após o término da perfuração e antes do início do lançamento da argamassa, se limpa internamente o furo através da utilização da composição de lavagem e, posteriormente, procede-se à descida da armadura, montada em feixe ou em gaiola, que é apoiada no fundo do furo.

O furo é preenchido com argamassa mediante bomba de injeção, através de um tubo descido até a ponta da estaca. O preenchimento é feito de baixo para cima até a expulsão de toda água de circulação contida no interior do revestimento.

Após o preenchimento do furo, inicia-se a extração do revestimento.

A cada trecho de no máximo 1,5 m de tubo de revestimento retirado, o nível de argamassa deve ser verificado e completado.

Para estacas de diâmetros menores ou iguais a 200 mm, periodicamente, coloca-se a cabeça de injeção no topo do revestimento e aplica-se pressão que pode ser de ar comprimido ou através da bomba de injeção de argamassa. Após a aplicação da pressão e retirada dos tubos de revestimento, o nível da argamassa é completado.

Não se pode executar estacas com espaçamento inferior a 5 diâmetros em intervalo inferior a 12 horas. Esta distância refere-se à estaca de maior diâmetro.

A argamassa a ser utilizada deve ter fck > 20 MPa e deve satisfazer as seguintes exigências:

a) consumo de cimento ≥ 600 kg/m^3;

b) fator água/cimento entre 0,5 e 0,6;

c) agregado: areia.

b) Microestacas ou Estaca Injetadas

A microestaca é uma estaca moldada *in loco*, executada através de perfuração rotativa com tubos metálicos (revestimento) ou rotopercussiva por dentro dos tubos, no caso de matacão ou rocha. Esta estaca é armada e injetada, **com calda de cimento ou argamassa**, através de tubo **"manchete"**, visando aumentar a resistência do atrito lateral.

Este tipo de estaca comporta duas variantes com relação à armadura: na primeira delas introduz-se um tubo metálico com função estrutural, dotado de manchetes para a injeção e na segunda, a armadura é constituída de barras (ou gaiola) e a injeção é feita através de um tubo de PVC, de matéria prima virgem não reciclado, também dotado de manchetes.

A perfuração em solo é executada por meio de perfuratriz rotativa que desce o revestimento através de rotação com o uso de circulação direta de água injetada no seu interior. Quando ocorrerem solos muito duros ou muito compactos, pode-se executar pré-perfuração avançada por dentro do revestimento.

Ao se alcançar matacão ou topo rochoso, a perfuração é prosseguida por dentro do revestimento mediante emprego de martelo de fundo ou sonda rotativa. Esta operação, necessária para atravessar o matacão ou embutir a estaca na rocha causa, usualmente, uma diminuição do diâmetro da estaca que deve ser considerada no dimensionamento.

Antes da colocação da armadura se limpa internamente o furo através de lavagem. Posteriormente é descida a armadura constituída de tubo metálico manchetado ou gaiola que é apoiada no fundo do furo.

Quando em gaiola, as barras são montadas com um tubo de PVC manchetado. As válvulas manchete devem ser espaçadas no máximo 1 m.

A **calda de cimento** é aplicada por meio de bomba de injeção, através de hastes dotadas de obturadores duplos. A primeira injeção, chamada injeção da bainha ou preenchimento, deve ser feita a partir da extremidade inferior do tubo e deve preencher o espaço anelar entre o tubo e o furo. O revestimento é retirado após a injeção da bainha.

As injeções posteriores (primária, secundária, etc.) são feitas de baixo para cima em cada manchete, verificando-se os volumes, as pressões e critérios de injeção previstos em projeto.

Não se devem executar estacas com espaçamento inferior a 5 diâmetros em intervalo inferior a 12 horas. Esta distância refere-se à estaca de maior diâmetro.

A argamassa a ser utilizada ter fck > 20 MPa e deve satisfazer as seguintes exigências:

a) consumo de cimento não inferior a 600 kg/m3;

b) fator água I cimento entre 0.5 e 0,6; e

c) agregado: areia e pedrisco.

c) Estaca tipo broca

Tipo de fundação profunda executada por **perfuração com trado manual** e posterior concretagem, sempre acima do lençol freático, ou seja, é uma estaca escavada mecanicamente (sem emprego de revestimento ou de fluido estabilizante).

Deve possuir comprimento mínimo de 3,0 m, utilizada para pequenas construções, com cargas limitadas a 100 kN.

Recomenda-se para as estacas tipo broca um **diâmetro mínimo de 20 cm e máximo de 50 cm**. Estas estacas são indicadas para pequenas cargas (da ordem de 50 a 100 kN).

O concreto deve ser lançado do topo da perfuração com o auxílio de funil, devendo apresentar **fck ≥ 15 Mpa**, **consumo de cimento > 300 kg/m³** e consistência plástica.

Em geral, estas estacas não são armadas, utilizando-se somente ferros de ligação com o bloco. Quando necessário, a estaca pode ser armada para resistir aos esforços da estrutura.

A perfuração manual restringe a utilização destas estacas a pequenas cargas pela pouca profundidade que se consegue alcançar (da ordem de 6 a 8 m) e também pela não garantia de verticalidade do furo.



Fonte: <www.ufsm.br>

Pode-se também executar a perfuração com o emprego de soquete. Nesse caso, a estaca broca será do tipo estaca apiloada.

d) Estaca tipo Strauss

É uma estaca de concreto moldada *in loco*, executada através da **escavação**, mediante emprego de uma **sonda (piteira),** com a simultânea introdução de revestimento metálico, com guincho mecânico, em segmentos rosqueados (revestimento total com camisa metálica), até que se atinja a profundidade projetada.

O processo consiste na retirada de terra com sonda ou piteira e a simultânea introdução de tubos metálicos rosqueáveis entre si, até atingir a profundidade desejada e a posterior **lançamento do concreto e a retirada gradativa do revestimento (com o guincho manual) e o simultâneo apiloamento do concreto**.

O **revestimento integral** assegura a estabilidade da perfuração e garante as condições para que não ocorra a mistura do concreto com o solo ou o estrangulamento do fuste da estaca.

Este tipo de estaca não deve ser utilizado em areias submersas ou em argilas muito moles saturadas.

A ponta da estaca deve estar em material de baixa permeabilidade para permitir as condições necessárias para limpeza e concretagem.

Apresenta capacidade de carga menor que as estacas Franki e pré-moldadas de concreto, assim como **limitação quanto à presença de lençol freático**.

Elas abrangem uma faixa de carga da ordem de 200 a 800 kN.

A estaca Strauss é indicada para locais confinados devido ao equipamento ser pequeno e leve, e **provoca pouca vibração**.

Quando executadas uma ao lado da outra (estacas justapostas), podem servir de cortina de contenção para a execução de subsolos (desde que devidamente armadas).

A execução é iniciada através da aplicação de repetidos golpes com o pilão ou a piteira para formar um pré-furo com profundidade de 1,0 m a 2,0 m, dentro do qual é colocado um segmento curto de revestimento com coroa na ponta. A seguir prossegue-se a perfuração com repetidos golpes da sonda e eventual adição de água que vai removendo o solo. Na medida em que o furo é formado, os tubos de revestimento vão sendo introduzidos até que a profundidade prevista seja atingida. Concluída a perfuração, é lançada água no interior dos tubos para sua limpeza. A água e a lama são totalmente removidas pela piteira e o soquete é lavado.



Fonte:<www.mrsondagens.com>



Fonte:<www.mrsondagens.com>

O concreto é lançado através de funil no interior do revestimento, em quantidade suficiente para se ter uma coluna de aproximadamente 1,0 m, que deve ser apiloado para formar a ponta da estaca. Continuando-se a execução da estaca, o concreto é lançado e apiloado com a simultânea retirada do revestimento.

A retirada do revestimento deve ser feita com guincho manual de forma lenta, para evitar a subida da armadura, quando existente, e a formação de vazios, garantindo-se que o concreto esteja acima da ponta do revestimento. A concretagem deve ser feita até a superfície do terreno.

No caso das estacas não sujeitas a tração ou a flexão, a **armadura é apenas de arranque sem função estrutural** e as barras de aço podem ser posicionadas no concreto, uma a uma, **sem estribos**, imediatamente após a concretagem, deixando-se para fora a espera prevista em projeto.

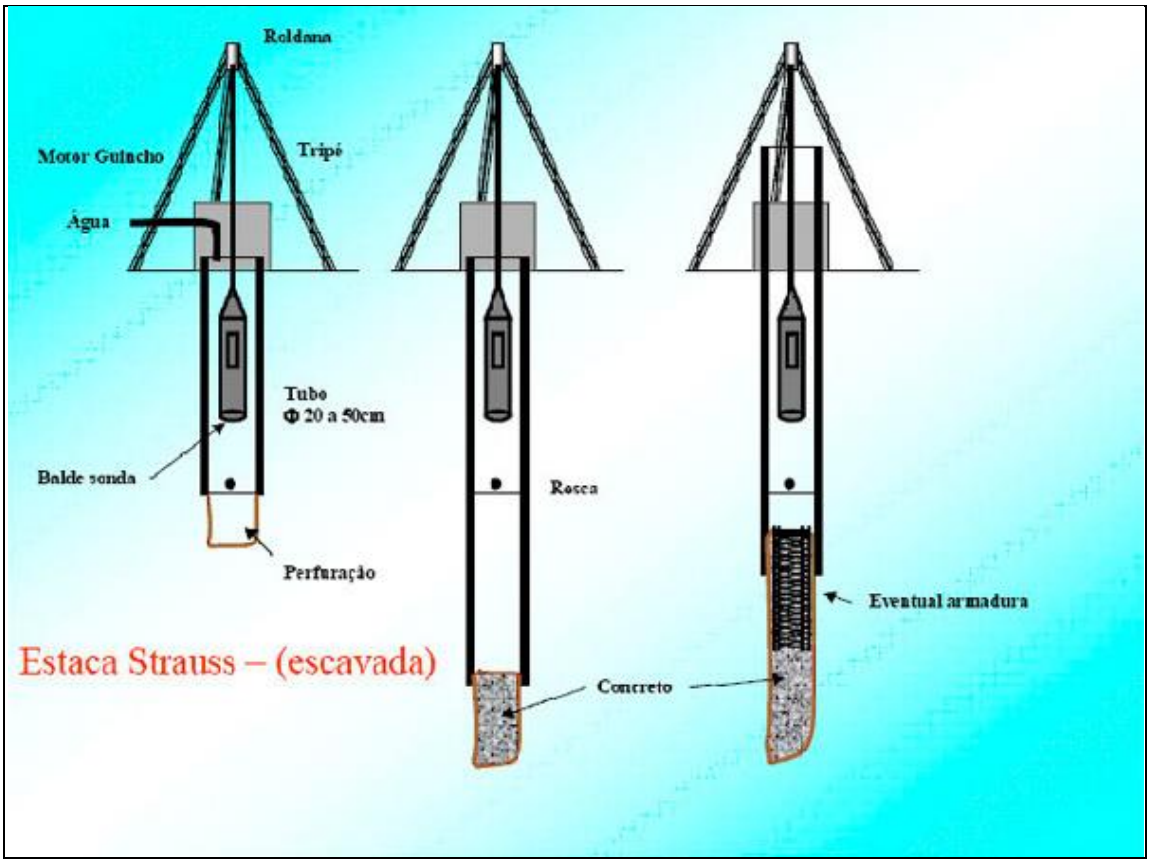
Para estacas armadas, a gaiola de armadura deve ser introduzida no revestimento **antes da concretagem**. Neste caso o soquete deve ter diâmetro menor que o da armadura. Nas estacas dimensionadas para suportar tração ou flexão, o projeto da armadura deve obedecer aos seguintes critérios:

a) o diâmetro mínimo para execução de estacas armadas é de 32 cm;

b) os estribos podem ser individuais ou em espiral com passo entre 15 cm e 30 cm.

Caso as características do terreno permitam, o revestimento com o tubo pode ser parcial.

Recomenda-se que as estacas Strauss tenham o seu **diâmetro limitado a 500 mm**.



Fonte: < www.fxsondagens.com.br>

O concreto utilizado deve apresentar **fck ≥20 Mpa**, aos 28 dias, **consumo de cimento ≥ 300 kg/m³** e abatimento ou *slump test* entre 8 e 12 cm para estacas não armadas e de 12 a 14 cm para estacas armadas. Os agregados devem ter diâmetro entre 12,5 mm e 25 mm.

Caso ao final da perfuração exista água no fundo do furo que não possa ser retirada pela sonda, deve-se lançar um volume de concreto seco para obturar o furo. Neste caso, deve-se desprezar a contribuição da ponta da estaca na sua capacidade de carga.

Pelo menos 1% das estacas, e no mínimo uma por obra, deverá ser exposta abaixo da cota de arrasamento e, se possível, até o nível d'água, para verificação da sua integridade e qualidade do fuste.

e) Estaca tipo Franki

Estaca moldada *in loco* executada pela cravação, por meio de sucessivos golpes de um pilão, de um tubo de ponta fechada por uma **bucha seca** constituída de pedra e areia, previamente firmada na extremidade inferior do tubo por atrito. Esta estaca possui **base alargada** e é **integralmente armada**.

Atingida a cota de apoio, procede-se à expulsão da bucha, execução de base alargada, instalação da armadura e execução do fuste de concreto apiloado com a simultânea retirada do revestimento.

A execução da estaca pode apresentar alternativas executivas em relação aos procedimentos da estaca padrão como, por exemplo: perfuração interna (denominado “cravação à tração”), fuste pré-moldado; fuste encamisado com tubo metálico perdido; fuste executado com concreto plástico vibrado ou sem execução de base alargada.

A cravação do tubo é executada por meio de golpes do pilão na bucha seca que adere ao tubo por atrito até a obtenção da nega.

As negas de cravação do tubo devem ser obtidas de duas maneiras em todas as estacas:

a) para 10 golpes de 1,0 m de altura de queda do pilão; e

b) para 1 golpe de 5,0 m de altura de queda do pilão.

O seu processo executivo (cravação de um tubo com a ponta fechada e execução de base alargada) causa muita vibração.

Atingida a cota de projeto e obtida a nega especificada, se expulsa a bucha através de golpes do pilão com o tubo preso à torre. A seguir introduz-se um volume de concreto seco (fator água/cimento = 0,18), formando assim a base.

Na confecção da base é necessário que os últimos 0,15 m^3 sejam introduzidos com uma energia mínima de 2,5 MN x m para as estacas com diâmetro igual ou inferior a 450 mm e de 5,0 MN x m para estacas com diâmetro de 450 mm até 600 mm. Para as estacas com diâmetros de 700 mm os últimos 0,25 m^3 devem ser introduzidos com uma energia mínima de 9,0 MN x m. Em caso de volume diferente, a energia deve ser proporcional ao volume.

A energia é obtida pelo produto do peso do pilão pela altura de queda e pelo número de golpes.

Ao final da execução da base, coloca-se a armadura que deve ser nela ancorada.

A armadura é integral, pois faz parte do processo executivo da estaca e também é fundamental para permitir o controle executivo. É constituída de no mínimo quatro barras de aço CA-50. A extremidade inferior da ferragem é feita com aço CA-25 (em forma de cruzeta) soldada à armadura principal.

A concretagem do fuste é feita lançando-se sucessivas camadas de pequeno volume de concreto seco (fator água/cimento = 0,36) com apiloamento e simultânea retirada do tubo. No caso de fuste vibrado o fator a/c deverá ser adequado a essa metodologia executiva.

Nesta operação deve-se garantir uma altura mínima de concreto dentro do tubo.

A concretagem deve ser feita até pelo menos 0,30m acima da cota de arrasamento.

Deverá ser controlado o encurtamento da armadura durante a execução do fuste.

No caso de execução de uma estaca tipo Franki é necessário que todas as demais estacas situadas em um círculo igual a cinco vezes o diâmetro da estaca estejam cravadas e concretadas há pelo menos 12 horas.

Quando se deseja eliminar o risco de levantamento das estacas vizinhas ou minimizar os efeitos de vibração, deve-se empregar metodologia executiva apropriada, como pré-furo, “cravação a tração” ou furo de alívio.

Pelo menos 1% das estacas, e no mínimo uma por obra, deverá ser exposta abaixo da cota de arrasamento e, se possível, até o nível d'água, para verificação da sua integridade e qualidade do fuste.

O **consumo mínimo de cimento é de 350 kg/m^3** e o fck do concreto deve ser ≥ 20 Mpa, aos 28 dias.

A faixa de carga dessas estacas é de 550 a 1.700 kN.

Não se recomendam essas estacas nos seguintes casos:

- terrenos com matacões;

- locais com construções vizinhas precárias;

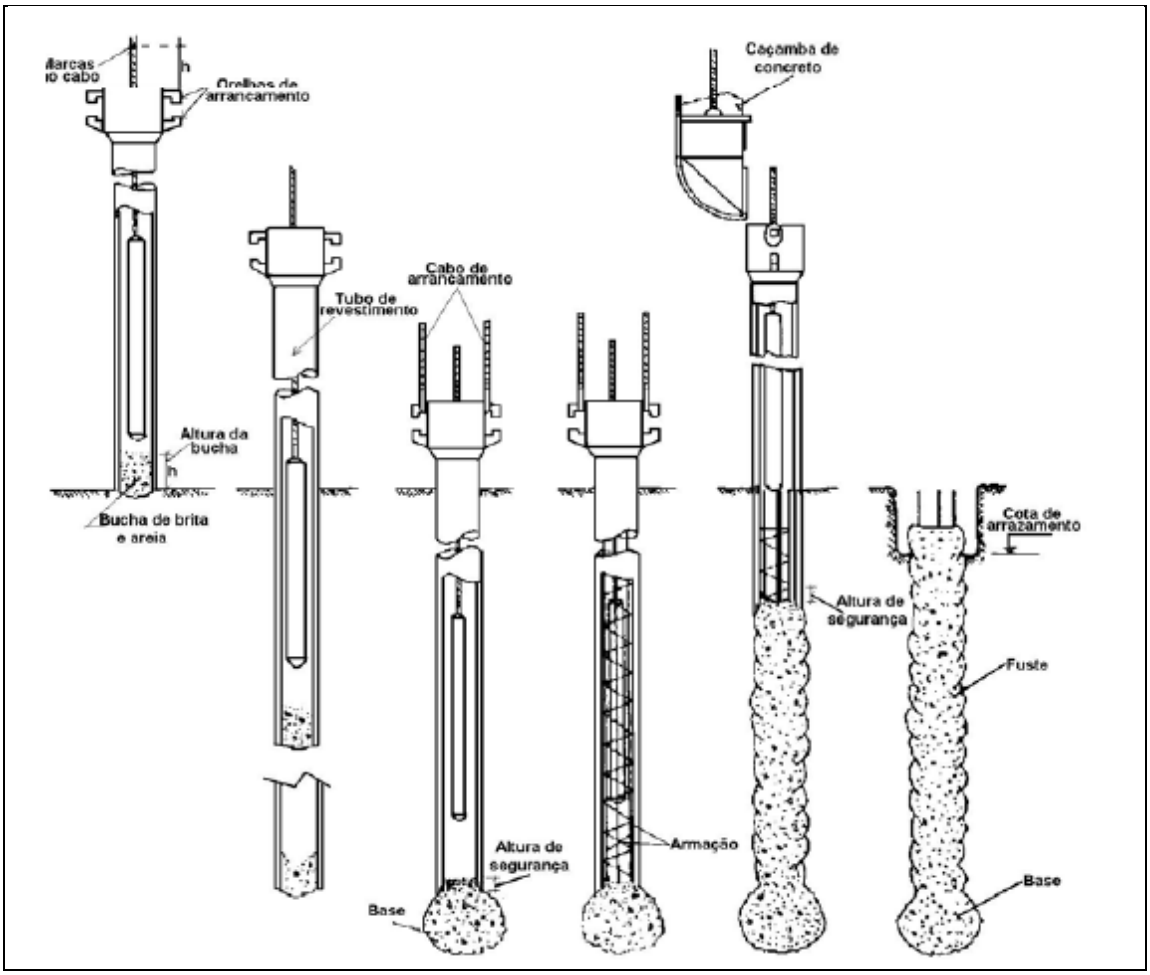
- terrenos com camadas de argila mole saturada (problema de estrangulamento de fuste).

Neste último caso, um possível recurso é reforçar a própria argila mole como uso de areia, cravando-se o tubo, que a seguir é cheio de areia e arrancando o mesmo. A seguir, recrava-se o tubo (com a bucha refeita). A adição de areia na argila mole pode ser feita mais de uma vez.

Outro recurso possível é a concretagem em argilas moles, que consiste em preencher totalmente o tubo de concreto plástico e, a seguir, removê-lo com auxílio de martelo vibratório (estacas com fuste vibrado).

Ao contrário das estacas pré-moldadas, essas estacas são recomendadas para o caso de a camada resistente encontrar-se a profundidades variáveis.

No caso de terrenos com pedregulhos ou pequenos matacões relativamente dispersos, pode-se utilizar esse tipo de estacas.



f) Estaca Hélice

As estacas hélice podem ser do tipo contínua monitorada ou do tipo de deslocamento monitorada.

f.1) Estaca Hélice Contínua Monitorada

Estaca de concreto moldada *in loco*, executada mediante a introdução no terreno, por rotação, de um trado helicoidal contínuo. A injeção de concreto é feita pela haste central do trado simultaneamente à sua retirada, sendo a **armadura** introduzida **após a concretagem da estaca**.

O concreto é bombeado pelo interior da haste com sua simultânea retirada. A ponta da haste é fechada por uma tampa para evitar entrada de água ou contaminação do concreto pelo solo. Esta tampa é aberta pelo peso do concreto no início da concretagem.

Se a concretagem da estaca for feita com o trado girando, este deve girar no sentido da perfuração.

Recomenda-se as seguintes dosagens para o concreto:

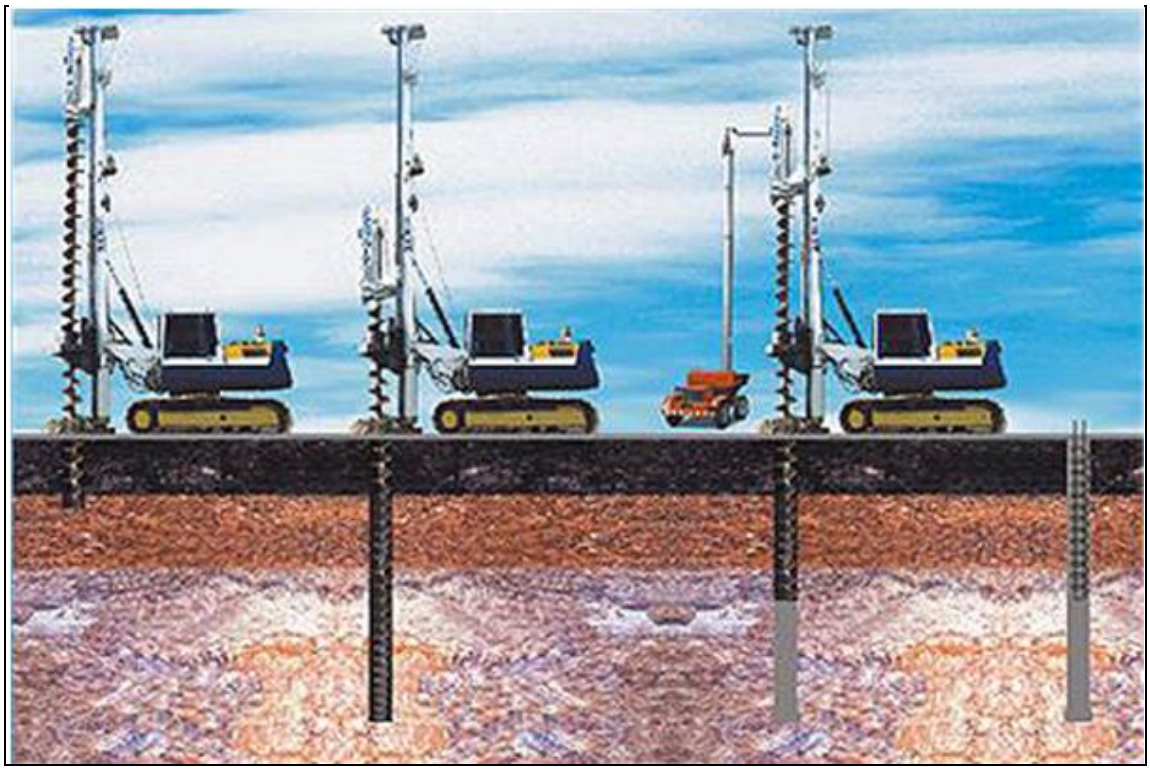
a) para o C30, consumo mínimo de cimento de 400 kg/m^3 e fator a/c ≤ 0,6;

b) para o C40, consumo mínimo de cimento de 400 kg/m^3 e fator a/c ≤ 0,45.

A **colocação da armadura**, em forma de gaiola deve ser feita imediatamente **após a concretagem** e limpeza das impurezas do topo da estaca. Sua descida pode ser auxiliada por peso ou vibrador. A armadura deve ser enrijecida para facilitar a sua colocação. Os centralizadores, caso utilizados, devem ser colocados aproximadamente 1,0 m do topo e 1,0 m da ponta da armação.



Fonte: <www.leonardi.com.br>



Fonte:<www.solossantini.com.br>

Essas estacas são indicadas para áreas urbanas, por não ocasionar vibrações e ruídos exagerados. São utilizadas também em pré-escavações para introdução de perfis metálicos, caso não se deseje uma estaca moldada *in loco*.

O que mais caracteriza o sistema é a alta produtividade e o número reduzido de pessoas para a execução das estacas.

A estaca pode ser executada com inclinação de até 14°.

O torque e o arranque do equipamento do trado helicoidal variam de acordo com o diâmetro e comprimento da estaca.

Não se devem executar estacas com espaçamento inferior a 5 diâmetros (estaca de maior diâmetro) em intervalo inferior a 12 h. Isso porque a concretagem é feita sob pressão e o concreto tem abatimento alto, o que pode provocar ruptura do solo entre elas.

Pelo menos 1% das estacas, ou no mínimo uma, deve ser exposta abaixo da cota de arrasamento e, se possível, até o nível d'água, para verificação da sua integridade e qualidade do fuste.

f.2) Estaca Hélice de Deslocamento Monitorada

Estaca de concreto moldado *in loco*, que consiste na introdução no terreno, por rotação, de um trado especial dotado de aletas, **sem que haja retirada de material**, o que ocasiona um deslocamento do solo junto ao fuste e à ponta. A injeção de concreto é feita pelo interior do tubo central, simultaneamente à sua retirada por rotação. A armadura é sempre introduzida **após a concretagem da estaca**.

Devido à grande resistência desenvolvida durante a perfuração, o equipamento deverá ter um torque compatível com o diâmetro da estaca e características do terreno, sendo de no mínimo de 200 kN.m. Os diâmetros usuais das estacas hélice de deslocamento variam entre 310 mm e 610 mm.

Além disso, a estaca hélice de deslocamento apresenta a peculiaridade de permitir que a armadura seja colocada pelo tubo central do trado antes da concretagem. Neste caso a tampa metálica será perdida.

g) Estacas escavadas com uso de fluido estabilizante

São estacas escavadas com uso de fluido estabilizante que pode ser lama bentonítica para perfuração ou polímeros sintéticos, naturais ou naturais modificados para sustentação das paredes da escavação.

A concretagem é submersa, com o concreto deslocando o fluido estabilizante em direção ascendente para fora do furo.

Podem ter seções circulares, também denominadas "estacões", retangulares (denominadas barretes) ou seções compostas.

g.1) Escavação

Antes de iniciar a escavação da estaca e com o objetivo de guiar a ferramenta de escavação, deve ser cravada uma camisa metálica ou executada uma mureta-guia. Estas guias devem ser cerca de 5 cm maiores que a estaca projetada, e devem ser embutidas no terreno com um comprimento não inferior a 1m.

A escavação da estaca é feita simultaneamente ao lançamento do fluido, cuidando-se para que o seu nível esteja sempre, no mínimo, 2,0 m acima do lençol freático.

A perfuração deve ser contínua até a sua conclusão. Caso não seja possível, o efeito da interrupção deve ser analisado devendo ser adotadas medidas que garantam a carga de projeto, como por exemplo, o seu aprofundamento.

A verificação das características da lama deve ser realizada por meio de ensaios (peso específico, viscosidade, pH e teor de areia), cujo material é retirado do fundo da escavação através de um coletor de amostras. Posteriormente, posiciona-se a armação de projeto e o tubo tremonha.

g.2) Colocação da armadura

Antes do início da concretagem, e estando o fluido dentro das especificações indicadas, é feita a colocação da armadura de projeto. A armadura deve ser colocada com espaçadores para assegurar o cobrimento de projeto e sua centralização.

g.3) Concretagem

A técnica de concretagem é submersa e contínua. Utiliza-se tubo tremonha e a concretagem é executada imediatamente após as operações anteriores devendo ser feita, até no mínimo, 50 cm acima da cota de arrasamento.

Recomenda-se as seguintes dosagens para o concreto:

a) para o C30, consumo mínimo de cimento de 400 kg/m^3 e fator a/c ≤ 0,6;

b) para o C40, consumo mínimo de cimento de 400 kg/m^3 e fator a/c ≤ 0,45.

g.4) Demais detalhes de Execução

Não se devem executar estacas com espaçamento inferior a 5 diâmetros em intervalo inferior a 12 horas. Esta distância refere-se à estaca de maior diâmetro.

Pelo menos 1% das estacas, e no mínimo uma por obra, deverá ser exposta abaixo da cota de arrasamento e, se possível, até o nível d'água, para verificação da sua integridade e qualidade do fuste.

g.5) Fluido Estabilizante

Para estabilização da escavação, pode-se utilizar lama bentonítica ou fluido polimérico com função de densidade, viscosidade e reboco (*cake*).

O fluido estabilizante é uma mistura formada pela adição de bentonita de perfuração (padrão API 13A) ou aditivos poliméricos, misturados em água com baixo teor de dureza e pH neutro em equipamentos de alta turbulência, utilizando concentrações variáveis em função da necessidade da viscosidade, densidade e reboco (*cake*) que se pretende obter.

A bentonita possui três propriedades físico-químicas para estabilização das paredes e limpeza da estaca**: densidade, viscosidade e reboco** (*cake*).

A lama bentonítica, depois de misturada, deve ficar em repouso por 12 h para sua plena hidratação.

Ao contrário da bentonita, cada polímero tem uma função específica, portanto a indicação do fluido polimérico deve observar o tipo de solo escavado. O fluido deve conter um ou mais polímeros para densidade, viscosidade e reboco (*cake*), em proporções e tipos (por exemplo: PHPA

– poliacrilamida-, Goma Xantana, PAC – celulose polianiônica-, CMC – carboximetilcelulose -) que dependerão do tipo de solo perfurado.

3.1.2 – Estaca Pré-Moldada ou Pré-Fabricada de Concreto

Estaca constituída de segmentos de pré-moldado ou pré-fabricado de concreto e **introduzida no terreno por golpes de martelo de gravidade, de explosão, hidráulico ou por martelo vibratório**. Para fins exclusivamente geotécnicos não há distinção entre estacas pré-moldadas e pré-fabricadas, e para os efeitos da NBR 6122/2019, elas são denominadas pré-moldadas.

As **estacas cravadas são denominadas "estacas de deslocamento".**

O dimensionamento estrutural deve ser feito limitando-se o f_{ck} a 40 MPa.

Nas duas extremidades da estaca, deve ser feito um reforço da armadura transversal, para levar em conta as tensões de cravação.

No caso de ocorrência de camada de argila mole, devem ser utilizadas estacas com características estruturais mínimas em função dos comprimentos cravados, **considerados a espessura da camada de argila mole**, o processo de cravação, a inércia do elemento, o número de emendas, a linearidade do eixo e os momentos de segunda ordem, obedecendo a:

a) menor momento resistente de sua seção transversal → $W_{min} \geq 930\ cm^3$;

b) estacas com comprimentos entre 20,0 m e 30,0 m → raio de giração (i) ≥ 5,4 cm;

c) estacas com comprimentos acima de 30,0 m → raio de giração (i) ≥ 6,4 cm.

As estacas pré-moldadas podem ser constituídas por um único elemento estrutural (madeira, aço, concreto armado ou protendido) ou pela associação de dois desses elementos (**e não mais do que dois**), quando será denominada "estaca mista".

3.1.2.1 – Estaca cravada por percussão

Tipo de fundação profunda em que a própria estaca ou um molde é introduzido no terreno por golpes de martelo (por exemplo: de gravidade, de explosão, de vapor, de diesel, de ar comprimido, vibratório). Em certos casos, esta cravação pode ser precedida por escavação ou lançagem.



Fonte: <www.meksol.com.br>



Fonte: <www.geotecnet.com.br>

a) Estacas de madeira

As estacas de madeira têm sua carga estrutural admissível calculada sempre em função da seção transversal mínima, adotando-se tensão admissível compatível com o tipo e a qualidade da madeira, conforme estabelecido na ABNT NBR 7190.

As estacas de madeira são empregadas usualmente para obras provisórias. Se forem usadas para **obras permanentes, terão que ser protegidas** contra ataque de fungos, bactérias aeróbicas, térmitas etc.

A ponta e o topo devem ter diâmetros maiores que 15 cm e 25 cm, respectivamente, e o segmento de reta que une os centros das seções da ponta e do topo deve estar compreendido integralmente no interior do perímetro da estaca.

O topo das estacas deve ser protegido por cepos ou capacetes **menos rígidos** para minimizar danos durante a cravação. Entretanto, quando, durante a cravação, ocorrer algum dano na cabeça da estaca, a parte afetada deve ser cortada.

As estacas de madeira devem ter seus topos (cota de arrasamento) permanentemente abaixo do nível d'água.

Em terrenos com matacões, devem ser evitadas as estacas de madeira.

Quando se tiver que penetrar ou atravessar camadas resistentes, as pontas devem ser protegidas por ponteira de aço.

A cravação é normalmente executada com martelo de queda livre, cuja relação entre o peso do martelo e o peso da estaca seja a maior possível, respeitando-se a relação mínima de 1,0.

No caso em que a cota de arrasamento estiver abaixo da cota do plano de cravação, pode-se utilizar um elemento suplementar, denominado "prolonga" ou "suplemento", com comprimento ≤ 2,50 m.

A **nega deve ser medida em todas as estacas ao final da cravação**. Devem ainda ser registrados os **diagramas de cravação** em **pelo menos 10 % das estacas**, escolhidas entre as mais próximas aos furos de sondagem.

b) Estacas metálicas ou de aço

Elemento estrutural produzido industrialmente, podendo ser constituído por perfis laminados ou soldados, simples ou múltiplos, tubos de chapa dobrada ou calandrada, tubos (com ou sem costura) e trilhos.

As estacas metálicas devem ser **dimensionadas** de acordo com a ABNT NBR 8800, considerando-se a **seção reduzida da estaca**.

Sua faixa de carga varia em torno de 400 a 3.000 kN. Embora seja o tipo de estaca mais cara por unidade de carga, ela pode ser vantajosa nos seguintes casos:

- quando não se deseja vibração durante a cravação (principalmente se forem perfis simples);

- quando servem de apoio a pilares de divisa, pois eliminam o uso de vigas de equilíbrio e ajudam no escoramento no caso de subsolos (perfis com pranchões de madeira).

As estacas de aço devem resistir à corrosão pela própria natureza do aço ou por tratamento adequado. Quando estiverem **total e permanentemente enterradas**, independentemente da situação do lençol d'água, **dispensam tratamento especial, desde que seja descontada a espessura indicada na tabela a seguir:**

Espessura de compensação de corrosão

Classe	Espessura mínima de sacrifício mm
Solos em estado natural e aterros controlados	1,0
Argila orgânica; solos porosos não saturados	1,5
Turfa	3,0
Aterros não controlados	2,0
Solos contaminados [a]	3,2
[a] Casos de solos agressivos devem ser estudados especificamente.	

Nas estacas em que a **parte** superior ficar **desenterrada**, **é obrigatória a proteção** com camisa de concreto ou outro recurso de proteção do aço (por exemplo: pintura, proteção catódica, etc.), ou aumento de espessura de sacrifício definida em projeto.

As estacas devem ser retilíneas, assim consideradas as que apresentem flecha máxima de 0,2% do comprimento de qualquer segmento nela contido.

As tolerâncias dimensionais e os requisitos para aceitação de estacas em perfis metálicos estão descritos a seguir:

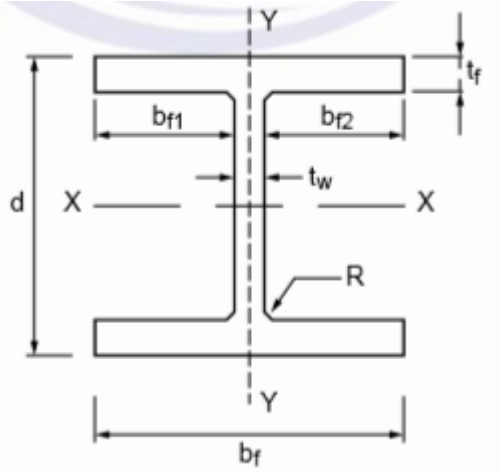
a) massa linear e comprimento (mm): a massa linear dos perfis podem variar de +3 a -2,5 % e o comprimento de 0 a + 100mm;

b) com relação as dimensões: a tolerância da altura varia de +8 a -5 mm e a largura da mesa (b_f) de +6 a –5 mm;

c) a flecha máxima é de 0,2 % de comprimento de qualquer elemento;

d) centralização de alma com tolerância de 5 mm, conforme equação e Figura a seguir:

$$E = \frac{b_{11} - b_{12}}{2}$$



No caso de peças reutilizadas, deve ser verificada a seção real mínima da peça. **A redução de área da seção transversal**, em qualquer ponto da estaca, **deve ser de no máximo 20 % do valor nominal da peça nova**. A carga admissível ou a força resistente de cálculo deve ser fixada após análise dos aspectos geotécnicos de transferência de carga para o solo.

E no caso de trilhos reutilizados, devem ser empregados elementos cuja composição química seja de aço-carbono comum, devendo ser evitados aços especiais, duros, face à dificuldade de emendas. Se este tipo de trilho for empregado, o projeto deve especificar os procedimentos de soldagem.

b.1) Cravação

A cravação pode ser feita por percussão, prensagem ou vibração.

Para evitar danificar a estaca durante a cravação por percussão, o uso de martelos mais pesados e com menor altura de queda é mais eficiente do que o uso de martelos mais leves e com grande altura de queda.

Na cravação com martelo de queda livre, o peso do martelo deve ser ≥ 10 kN (1 tf) ou ≥ 30 kN (3 tf) para estacas com carga de trabalho entre 0,7 MN (70 tf) e 1,3 MN (130 tf).

Pode-se adotar martelos automáticos ou vibratórios observando as recomendações dos fabricantes.

Em casos correntes é vedada a utilização de elemento suplementar, denominado **"prolonga" ou "suplemento"**. Somente é admitido seu uso em **situações excepcionais**, com comprimento total ≤ **2,50 m** e com as necessárias alterações de nega e repique.

Para cravação em terrenos resistentes, podem ser empregadas pré-perfurações. Nesse caso, o eventual desconfinamento deve ser considerado pelo projetista. A cravação final deve ser feita sem influência deste recurso.

Caso sejam feitas medições, **as tensões durante a cravação devem ser limitadas a 90 % do limite de escoamento do aço**.

No caso de ocorrência de camada de argila mole, deve-se levar em conta o comprimento cravado e a inércia da peça metálica a fim de reduzir a possibilidade da ocorrência de instabilidade dinâmica direcional (drapejamento) durante a cravação.

Na cravação por **percussão ou vibração**, os **segmentos** utilizados devem ter **comprimento ≤ de 2 m**. Isto não se aplica às estacas cravadas estaticamente.

A nega e o repique devem ser medidos em todas as estacas. Exceções devem ser justificadas. Deve-se elaborar o diagrama de cravação em 100 % das estacas.

Pode ocorrer relaxação ou cicatrização do terreno. Para sua identificação recomenda-se a determinação da nega descansada (alguns dias após a cravação). Se a nova nega for superior à obtida no final da cravação, deve-se recravar a estaca.

A relaxação ou cicatrização variam de poucas horas para solos não coesivos e até alguns dias para solos argilosos.

c) Estacas pré-moldadas de concreto

As estacas de concreto pré-moldado podem ser de concreto armado ou protendido, vibrado ou centrifugado, com qualquer forma geométrica da sua seção transversal, devendo apresentar **resistência compatível com os esforços de projeto e decorrentes do transporte, manuseio, cravação e eventuais solos agressivos**.

A cravação de estacas pode ser feita por percussão ou prensagem. O sistema de cravação deve ser dimensionado de modo a levar a estaca até a profundidade prevista sem danificá-la. Para essa finalidade, o uso de **martelos mais pesados e com menor altura de queda é mais eficiente** do que o uso de martelos mais leves e com grande altura de queda.

A faixa de carga dessas estacas varia na faixa entre 200 a 1.500 kN. Normalmente, não se recomendam essas estacas nos seguintes casos:

- terrenos com presença de matacões ou camadas de pedregulhos;

- terrenos em que a previsão da cota da ponta da estaca seja muito variável, de modo que não seja possível selecionar regiões de comprimento constante (a exemplo de solos residuais com a matriz próxima da região da ponta da estaca);

- caso de construções vizinhas em estado precário.

c.1) Cravação

Na cravação com martelo de queda livre, o peso do martelo deve ser ≥ 20 kN (2 tf) e ≥ 75% do peso da estaca ou ≥ 40 kN (4 tf) para estacas com carga de trabalho entre 0,7 MN (70 tf) e 1,3 MN (130 tf).

Em casos correntes é vedada a utilização de elemento suplementar, denominado “prolonga” ou “suplemento”. Somente é admitido seu uso em situações excepcionais, com comprimento total limitado a 2,50 m e com as necessárias alterações de nega e repique. Tal dispositivo pode ser fabricado de aço ou de concreto, e sua utilização deve garantir o bom posicionamento da estaca no final da cravação e a minimização da perda de eficiência do sistema de cravação até que esta seja concluída.

Para cravação em terrenos resistentes, podem ser empregadas pré-perfurações (sustentadas ou não) ou auxiliadas por jato d’água (lançagem). Nesse caso, o eventual desconfinamento deve ser considerado pelo projetista. De qualquer maneira a cravação final deve ser feita sem influência deste recurso.

As tensões de compressão na cravação não devem superar 85% da resistência nominal do concreto, menos a protensão, se for o caso. No caso de estacas protendidas, as tensões de tração devem ser ≤ 90% do valor da protensão mais 50% da resistência nominal do concreto à tração. No caso de estacas armadas as tensões de tração devem ser ≤ 70% da tensão de escoamento do aço da armadura. Esses limites podem ser aumentados em 10% caso sejam feitas medições da tensões durante a cravação.

As estacas pré-moldadas podem ser emendadas através de anéis soldados ou outros dispositivos. O uso de luvas de encaixe exige várias condições.

Pode haver aproveitamento das sobras de estacas resultantes da diferença entre a estaca efetivamente levantada e a estaca arrasada, desde que se tenha um comprimento mínimo de 2 m e seja utilizado somente um segmento de sobra por estaca. Posteriormente, a sobra deverá ser o primeiro elemento a ser cravado.

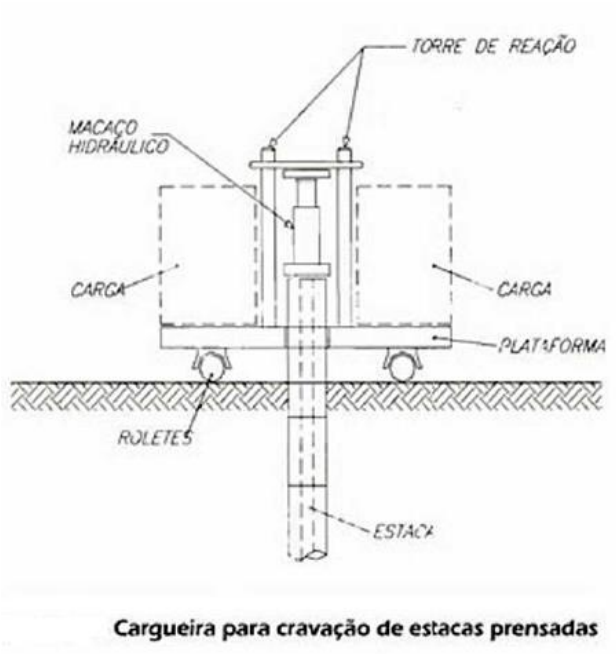
Da mesma forma que para as estacas metálicas, pode ocorrer relaxação ou cicatrização do terreno. Para sua identificação recomenda-se a determinação da nega descansada (alguns dias após a cravação). Se a nova nega for superior à obtida no final da cravação, deve-se recravar a estaca.

No caso de estacas com concreto danificado abaixo da cota de arrasamento, deve-se fazer a demolição do trecho comprometido e recompô-lo até esta cota. Estacas cujo topo resulte abaixo da cota de arrasamento prevista devem ser emendadas fazendo-se o transpasse da armadura.

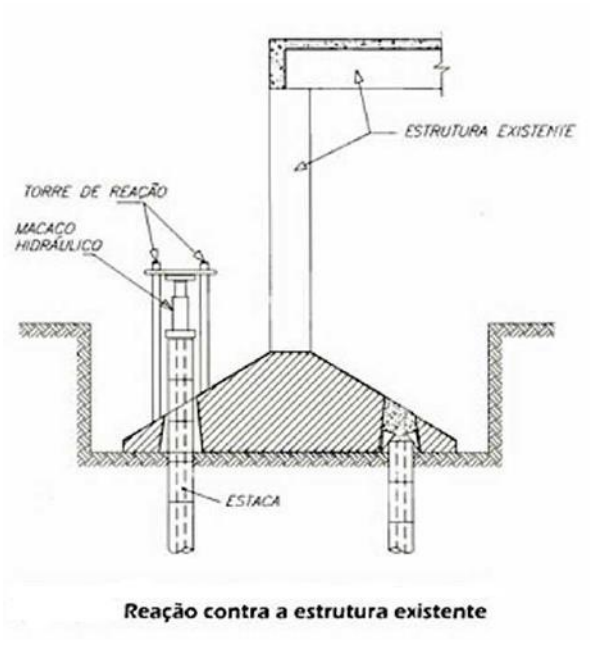
d) Estaca de Reação ou tipo Mega ou Prensada

Estaca de concreto ou metálica introduzida no terreno por meio de **macaco hidráulico** reagindo contra uma estrutura já existente ou criada especificamente para esta finalidade.

Essas estacas são constituídas por segmentos de concreto armado ou metálicos. **A principal característica** deste tipo de estaca é a sua **cravação estática através de macaco hidráulico**, reagindo contra estrutura existente e compatível à resistência dos esforços que serão aplicados. Também podem reagir contra cargueira ou tirantes ancorados no solo ou na estrutura.



Cargueira para cravação de estacas prensadas



Reação contra a estrutura existente

Nas estacas de concreto pré-moldado o dimensionamento estrutural deve ser feito utilizando-se as ABNT NBR 6118 e ABNT NBR 9062, limitando o fck a 25,0 MPa.

As estacas metálicas devem ser dimensionadas de acordo com a ABNT NBR 8800 e a resistência característica mínima do aço à compressão deve ser de fyk ≥ 200 MPa.

O dimensionamento estrutural deve ser feito considerando-se a máxima carga de cravação prevista e com coeficiente de ponderação especificado $\gamma_f = 1,2$.

Embora sua origem esteja relacionada com o emprego em reforços de fundações, podem também ser usadas como fundação inicial nos casos em que há necessidade de reduzir a vibração ao máximo e quando nenhum outro tipo de estaca pode ser feito.

Sua faixa de carga situa-se em torno de 700 kN.

d.1) Cravação

Deve ser realizada através de macaco hidráulico acionado por bomba elétrica ou manual dotada de manômetro. O macaco hidráulico deve ter capacidade ao menos 20 % maior que a carga prevista de cravação.

Durante a cravação deve ser realizado o "gráfico de cravação" anotando-se a carga aplicada à estaca à cada metro e cravação.

Para a estaca ser aceita a mesma deve ser submetida a dois tipos de carga: um até a carga máxima (uma e meia vez a carga de trabalho) mantida durante 5 min. Os recalques elástico e residual são medidos nesse estágio. A estaca é, então, submetida ao segundo carregamento, igual à carga de trabalho, mantida durante 10 min e o recalque residual é medido.

A cravação pode ser auxiliada com processo executivos especiais, tais como: inundação do solo, jatos d'agua pelo interior dos segmentos, retirada do solo embuchado nas estacas metálicas tubulares, vibrações e outros.

Quando os segmentos forem de concreto a emenda será feita por simples superposição ou através de solidarizarão especificada em projeto. As emendas de segmentos metálicos serão feitas por solda ou rosca.

Finalizada a cravação é feito o encunhamento definitivo. Frequentemente com a colocação de cabeçote de concreto armado, tijolinhos e cunhas, coerente com as cargas impostas. Com menor frequência o encunhamento pode ser feito diretamente na estrutura por outros métodos que garantam a solidariedade estrutural do sistema.

As cargas de cravação e de encunhamento deverão ser de no mínimo 1,5 vezes a carga de trabalho.

3.2 – TUBULÃO

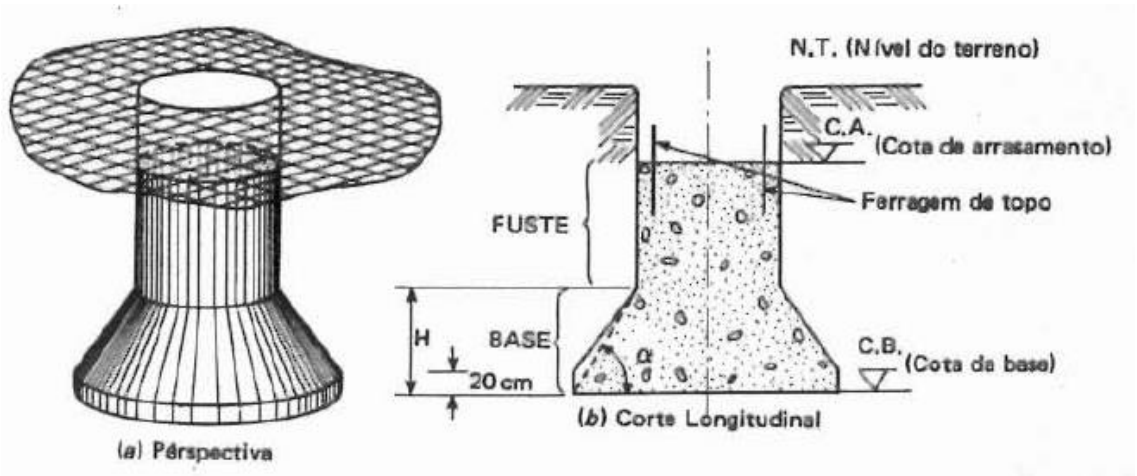
Elemento de fundação profunda em que, pelo menos na etapa final da escavação do terreno, faz-se necessário o **trabalho manual em profundidade** para executar o alargamento de base ou pelo menos para a limpeza do fundo da escavação, uma vez que neste tipo de fundação as cargas são resistidas preponderantemente pela ponta.

Neste tipo de fundação **as cargas são transmitidas essencialmente pela base** a um substrato de maior resistência.

Pode ser feito a céu aberto ou sob ar comprimido (pneumático) e ter ou não base alargada. Pode ser executado com ou sem revestimento, podendo este ser de aço ou de concreto. No caso de revestimento de aço (camisa metálica), este poderá ser perdido ou recuperado.



Fonte: <www.leonardi.com.br>



O concreto para a execução dos tubulões deve satisfazer as seguintes exigências:

- para o C25, o consumo mínimo de cimento de 280 kg/m^3 e fator a/c ≤ 0,6;

- para o C40, o consumo mínimo de cimento de 360 kg/m^3 e fator a/c ≤ 0,45.

- abatimento ou "slump test": entre 100 mm e 160 mm (classe S100);

- agregado: diâmetro entre 9,5 mm a 25mm (brita 2);

- teor de exsudação < 4%.

A integridade dos tubulões deve ser verificada em no mínimo um por obra, por meio da escavação de um trecho do seu fuste.

Não é necessário o uso de vibrador. Por esta razão o concreto deve ter plasticidade suficiente para assegurar a ocupação de todo o volume da base.

Quando previstas cotas variáveis de assentamento entre tubulões próximos, a execução deve ser iniciada pelos tubulões mais profundos, passando-se a seguir para os mais rasos.

Não pode ser feito trabalho simultâneo em bases alargadas em tubulões cuja distância, de centro a centro, seja inferior a 2,5 vezes o diâmetro da maior base.

Quando a base do tubulão for assente sobre rocha inclinada, pode-se escalonar a superfície ou utilizar chumbadores para evitar o deslizamento do elemento de fundação.

Sempre que a concretagem não for feita imediatamente após o término do alargamento e sua inspeção, nova inspeção deve ser feita por ocasião da concretagem, limpando-se cuidadosamente o fundo da base e removendo-se a camada eventualmente amolecida pela exposição ao tempo ou por águas de infiltração.

3.2.1 – TUBULÕES A CÉU ABERTO

Este tipo de fundação é empregado acima do lençol freático, ou mesmo abaixo dele nos casos em que o solo se mantenha estável sem risco de desmoronamento e seja possível controlar a água do interior do tubulão.

a) Escavação do fuste

O fuste pode ser escavado manualmente por poceiros ou através de perfuratrizes até a profundidade prevista em projeto.

b) Alargamento da base

A base pode ser escavada manual ou mecanicamente. Quando mecanicamente é obrigatória a descida de poceiro para remoção do solo solto que o equipamento não consegue retirar.

Antes da concretagem o material de apoio das bases deverá ser inspecionado por profissional habilitado, que confirma *in loco* a capacidade suporte do material, autorizando a concretagem. Esta inspeção poderá ser feita com penetrômetro de barra manual.

c) Colocação da armadura

A armadura do fuste deve ser colocada tomando-se o cuidado de não permitir que nesta operação torrões de solo sejam derrubados para dentro do tubulão.

Quando a armadura penetrar na base ela deve ser projetada de modo a permitir a concretagem adequada da base, devendo existir aberturas na armadura de pelo menos 30cm x 30cm.

d) Concretagem

A concretagem do tubulão deverá ser feita imediatamente após a conclusão de sua escavação.

Em casos excepcionais, nos quais a concretagem não tenha sido feita imediatamente após o término do alargamento e sua inspeção, nova inspeção deve ser feita, removendo-se material solto ou eventual camada amolecida pela exposição ao tempo ou por águas de infiltração.

A concretagem é feita com o concreto simplesmente lançado da superfície, através de funil com comprimento mínimo de 1,5m.

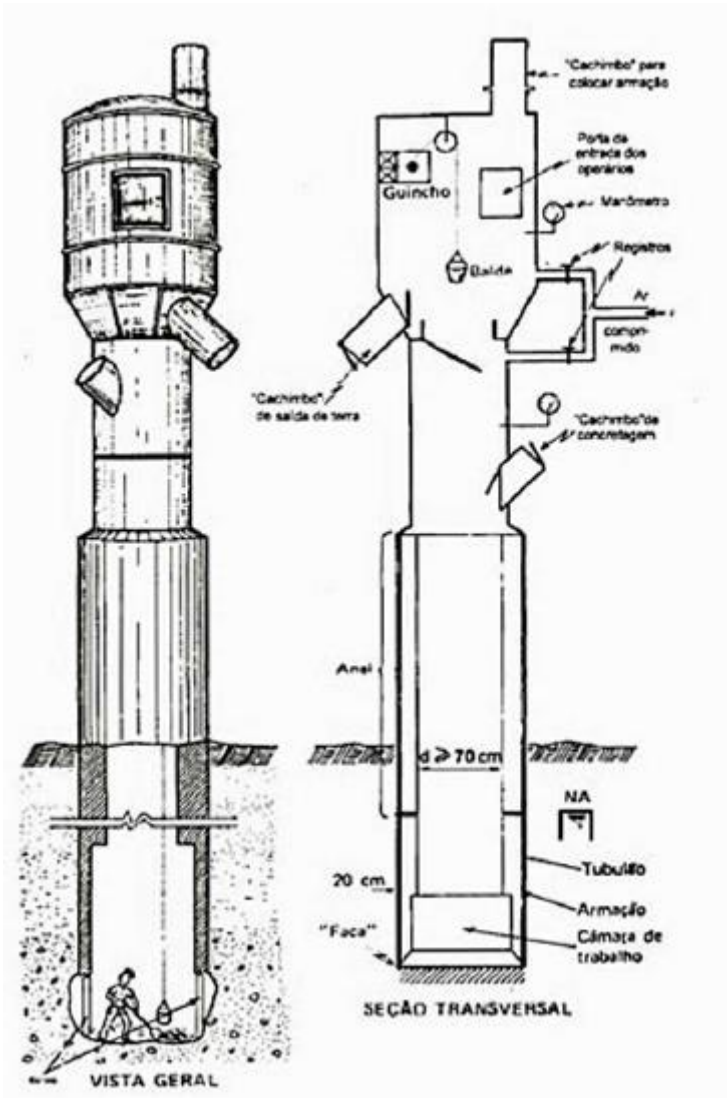
3.2.2 – TUBULÕES A AR COMPRIMIDO

Este tipo de solução é empregado sempre que se pretende executar tubulões abaixo do nível d'água em solos que não se mantêm estáveis sem risco de desmoronamento e não seja possível controlar a água do interior do tubulão.

A escavação do fuste destes tubulões é **sempre** realizada com **auxílio de revestimento** que pode ser de concreto ou de aço (perdido ou recuperado).

Adapta-se **um equipamento pneumático** (figura a seguir) que permita a execução a seco dos trabalhos, sob pressão conveniente de ar comprimido.

A pressão máxima de ar comprimido empregada é da ordem de 3 atm (0,3 MPa), razão pela qual os tubulões pneumáticos têm a sua profundidade limitada a cerca de 30 m abaixo do nível da água.



a) Trabalho sob ar comprimido

Só se admitem trabalhos sob pressões superiores a 0,15 MPa quando as seguintes providências forem tomadas:

a) equipe permanente de socorro médico à disposição na obra;

b) câmara de descompressão equipada disponível na obra;

c) compressores e reservatórios de ar comprimido de reserva;

d) renovação de ar garantida, sendo o ar injetado em condições satisfatórias para o trabalho humano.

b) Escavação

Inicialmente deve ser concretado o primeiro segmento ou aprumado o revestimento metálico diretamente sobre a superfície do terreno ou em uma escavação preliminar de dimensões maiores que o diâmetro do revestimento (poço primário).

A sequência deve ser feita com a concretagem ou soldagem sucessiva dos segmentos metálicos de revestimento à medida que a escavação manual vai sendo executada. Revestimentos de concreto só podem ser introduzidos no terreno depois que o concreto estiver com resistência suficiente para suportar a escavação.

Quando o nível d'água for atingido, deverá ser instalada no topo da camisa a campânula de ar comprimido o que permite a execução a seco dos trabalhos. Para camisas de concreto, a aplicação da pressão de ar comprimido só pode ser feita quando o concreto atingir a resistência especificada em projeto.

Deve-se evitar a aplicação de pressão excessiva para eliminar água eventualmente acumulada no tubulão.

c) Alargamento da base

Atingida a cota prevista para a implantação da camisa abre-se a base, que é escavada manualmente. Durante esta operação, a camisa deve ser escorada de modo a evitar sua descida.

Antes da concretagem, o material de apoio das bases deverá ser inspecionado por profissional habilitado que confirmará *in loco* a capacidade suporte do material, autorizando a concretagem. Esta inspeção poderá ser feita com penetrômetro de barra manual.

d) Colocação da armadura

A armadura de ligação fuste-base é colocada pela campânula e montada no interior do tubulão, devendo ser projetada de modo a permitir a concretagem adequada da base, deixando-se aberturas na armadura de pelo menos 30 cm x 30 cm.

e) Concretagem

Em obras dentro d'água a camisa pode ser concretada sobre estrutura provisória e descida até o terreno com auxílio de equipamento, ou concretada em terra e transportada para o local de implantação. O mesmo procedimento pode ser adotado para camisas metálicas.

Em casos especiais, principalmente em obras em que se passa diretamente da água para rocha, a camisa de concreto pode ser confeccionada com a forma e dimensão da base. Neste caso devem ser previstos recursos que assegurem a ligação ou vedação de todo o perímetro da base com a superfície da rocha, a fim de evitar fuga ou lavagem do concreto.

Sempre que a concretagem não for feita imediatamente após o término do alargamento e sua inspeção, nova inspeção deve ser feita, limpando-se cuidadosamente o fundo da base e removendo-se a camada eventualmente amolecida pela exposição ao tempo ou por água de infiltração.

O concreto é lançado através do cachimbo de concretagem da campânula, devendo-se planejar cuidadosamente esta operação de forma a não interrompê-la antes do previsto.

O concreto é lançado sob ar comprimido, no mínimo até uma altura que impeça o seu levantamento pelo empuxo hidrostático.

e.1) Tubulões revestidos com camisa de concreto

Caso durante as operações de instalação das peças da camisa de concreto seja **atingido o lençol d'água** do terreno e não seja possível esgotá-lo com bombas, deve ser **adaptado ao tubulão um equipamento pneumático** que permita a execução a seco dos trabalhos, sob pressão conveniente de ar comprimido.

A camisa é concretada por trechos sobre a superfície do terreno (ou em escavação preliminar) e introduzida no terreno por escavação interna. Depois de introduzido no terreno um elemento, concreta-se o seguinte, e assim por diante, até se atingir o comprimento final previsto.

A armadura necessária pode ser colocada totalmente na camisa ou parte nela e parte no núcleo.

Quando o tubulão for escavado com uso de ar comprimido, a armadura transversal (estribos) deve ser calculada considerando-se uma pressão igual a 1,5 vezes a máxima pressão de trabalho prevista, desprezando-se empuxos externos de solo e água.

Em casos especiais, principalmente em obras em que se passa diretamente da água para rocha, **as camisas podem ser já confeccionadas com alargamento** de modo a facilitar a execução da base alargada. Neste caso devem ser previstos recursos que assegurem a ligação ou vedação de todo o perímetro da base com a superfície da rocha, a fim de evitar fuga ou lavagem do concreto.

e.2) Tubulões revestidos com camisa de aço

Quando o tubulão for total e permanentemente enterrado, deve-se descontar uma espessura da camisa de aço para compensar a corrosão, conforme as mesmas regras das estacas metálicas e espessuras da tabela a seguir:

Espessura de compensação de corrosão

Classe	Espessura mínima de sacrifício mm
Solos em estado natural e aterros controlados	1,0
Argila orgânica; solos porosos não saturados	1,5
Turfa	3,0
Aterros não controlados	2,0
Solos contaminados [a]	3,2
[a] Casos de solos agressivos devem ser estudados especificamente.	

A camisa metálica deve ser dimensionada de acordo com a ABNT NBR 8800, devendo ainda ser considerados os esforços de instalação (cravação, vibração etc.).

No tubulão com camisa de aço, a repartição da carga entre a camisa e o núcleo de concreto é diferente na situação de ruptura e na situação de trabalho. Em consequência duas verificações de segurança devem ser feitas, nas condições a seguir indicadas:

a) segurança contra estado limite último (ruptura):

- solicitações características multiplicadas por $\gamma_f = 1,4$;

- **camisa de aço: considerada como armadura longitudinal**, com tensão de escoamento do aço (f_{yk}) dividida por $\gamma_s = 1,15$;

- resistência característica à compressão do concreto (f_{ck}) dividida por $\gamma_c = 1,5$ e multiplicada por 0,85 (efeito Rüsch).

b) segurança contra estado limite de serviço (microfissuração):

- solicitações características multiplicadas por $\gamma_f = 1,4$;

- **camisa de aço: contribuição à resistência desprezada**;

- resistência característica à compressão do concreto (f_{ck}) dividida por $\gamma_c = 1,3$ e multiplicada por 0,85 (efeito Rüsch);

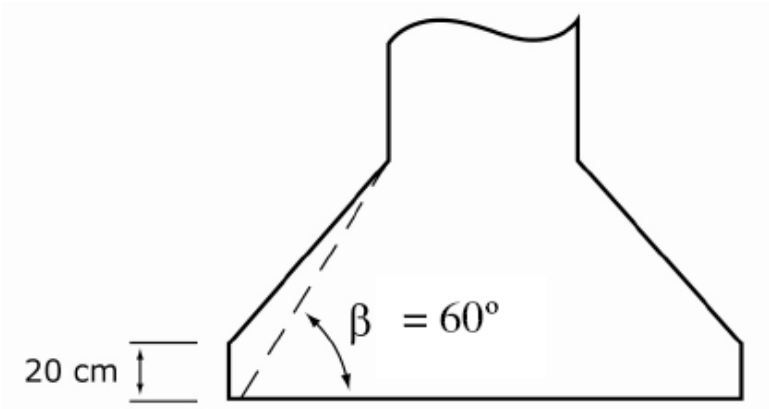
- **resistência característica à tração do concreto admitida nula**.

f) Demais Considerações

Os tubulões devem ser dimensionados de maneira que as bases não tenham alturas superiores a 1,8 m. Para tubulões a ar comprimido, as bases podem ter alturas de até 3,0 m, desde que as

condições do maciço permitam ou sejam tomadas medidas para garantir a estabilidade da base durante a sua abertura.

Havendo base alargada, esta deve ter a forma de um tronco de cone (com base circular ou no formato de falsa elipse), superposto a um cilindro (ou falsa elipse) de no mínimo 20 cm de altura, denominado rodapé, conforme a Figura a seguir. O ângulo β, também indicado na mesmo figura, deve ser maior ou igual a 60º.



Na utilização do Método Estático para a determinação da carga admissível ou da força resistente de cálculo de tubulões, quando o atrito lateral for considerado, deve ser desprezado um comprimento de fuste igual ao diâmetro da base, imediatamente acima do início do alargamento.

3.3 – Caixão

Este tipo de fundação profunda estava previsto na NBR 6122, de 1996, mas deixou de ser mencionado nas versões posteriores da NBR 6122.

Naquela versão definia-se Caixão como elemento de fundação profunda de forma prismática, **concretado na superfície** e instalado por escavação interna. Na sua instalação pode-se usar ou não ar comprimido e sua base pode ser alargada ou não.

3.4 – Preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento

a) Estacas de concreto ou argamassa e Tubulões

No caso de estacas de concreto ou com argamassa inadequados abaixo da cota de arrasamento ou estacas cujo topo resulte abaixo da cota de arrasamento prevista, deve-se fazer a demolição do comprimento e recompô-lo até a cota de arrasamento.

O material a ser utilizado na recomposição das estacas deve apresentar resistência não inferior ao da estaca.

Na demolição podem ser utilizados ponteiros ou marteletes leves (Potência <1000 Watts) para seções de até 900 cm^2. O uso de marteletes maiores fica limitado a estacas cuja seção seja superior a 900 cm^2. O acerto final do topo das estacas demolidas deverá ser sempre efetuado com o uso de ponteiros ou ferramenta de corte apropriada.

b) Microestacas ou Estacas Injetadas

Na demolição podem ser utilizados ponteiros ou marteletes leves (Potência <1000 Watts).

c) Estacas metálicas ou de aço

Deve ser cortado o trecho danificado durante a cravação ou excesso em relação à cota de arrasamento, recompondo-se, quando necessário, o trecho de estaca até esta cota, ou adaptando-se o bloco.

O sistema de transferência dos esforços (de compressão, horizontais, de tração e momentos) do bloco de coroamento para as estacas metálicas deverá ser estudado e detalhado juntamente com o projetista da estrutura.

d) Estacas de madeira

Deve ser cortado o trecho danificado durante a cravação ou o excesso em relação à cota de arrasamento.

Caso a nova cota de topo esteja abaixo da cota de arrasamento prevista, deve-se fazer uma emenda que resista a todas as solicitações.

4 – Outras Considerações

O efeito favorável da subpressão (esforço vertical de empuxo hidrostático atuante em estruturas enterradas) no alívio de cargas nas fundações **não pode ser considerado**, exceto quando o projetista demonstrar que a variabilidade foi considerada.

A fundação situada em cota mais baixa deve ser executada em primeiro lugar, a não ser que se tomem cuidados especiais, durante o processo executivo, contra desmoronamentos.

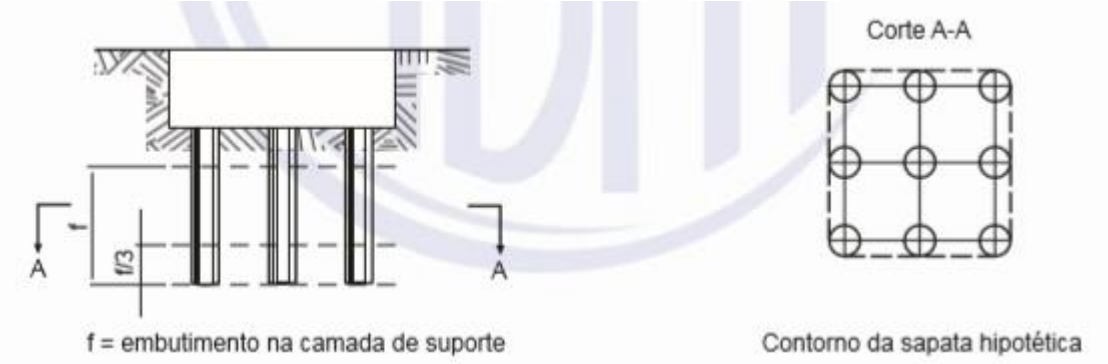
Quando não se dispõe do cálculo estrutural, pode-se estimar a ordem de grandeza das cargas da fundação a partir do porte da obra. Assim, para estruturas em concreto armado destinadas a moradias e escritórios, pode-se adotar a carga média de 12 kPa/andar, ou seja, 1.200 kgf/m^2/andar.

4.1 – Efeito de Grupo de Estacas ou Tubulões

Processo de interação das diversas estacas ou tubulões que constituem uma fundação, ao transmitirem ao solo as cargas que lhes são aplicadas. Esta interação acarreta uma superposição

de tensões, de tal sorte que o recalque do grupo resulta, em geral, diferente daquele do elemento isolado.

A carga admissível ou força resistente de cálculo de um grupo de estacas ou tubulões não pode ser superior à de uma sapata hipotética definida da seguinte forma: a sapata teria contorno igual ao do grupo e estaria apoiada numa cota superior à da ponta das fundações, sendo a diferença de cotas igual a 1/3 do comprimento de penetração das fundações na camada de suporte, como mostrado na figura a seguir. Essas considerações não são válidas para blocos apoiados em fundações profundas com elementos inclinados.



4.2 – Estacas em Grupo

Quando as estacas fazem parte de grupos, devem-se considerar os efeitos desta execução sobre o solo, a saber, seu levantamento e deslocamento lateral, e suas consequências sobre as estacas já executadas.

Alguns tipos de solos, particularmente os aterros e as areias fofas, sofrem densificação (compactação) pela cravação das estacas e a sequência de execução destas estacas, em um grupo, deve evitar a formação de um bloco de solo compactado capaz de impedir a execução das demais estacas.

Havendo necessidade de atravessar camadas resistentes, pode-se recorrer à perfuração (solos argilosos) ou à lançagem (solos arenosos), tendo-se o cuidado de não descalçar as estacas já executadas. Em qualquer caso, **a sequência de execução deve ser do centro do grupo para a periferia**, ou de um bordo em direção ao outro.

4.3 – Solos Expansivos

São aqueles que, por sua composição mineralógica, **aumentam de volume** quando há um **aumento do teor de umidade**. Nestes solos não se pode deixar de levar em conta o fato de que, quando a pressão de expansão ultrapassa a pressão atuante, podem ocorrer deslocamentos para cima.

4.4 – Solos Colapsíveis

Solos de **elevada porosidade**, não saturados, sujeitos a **colapso por encharcamento**.

4.5 – Atrito Lateral

O **atrito lateral** é considerado **positivo** no trecho do fuste da estaca ou tubulão ao longo do qual o elemento de **fundação tende a recalcar mais que o terreno circundante**.

O **atrito lateral** é considerado **negativo** no trecho em que o **recalque do solo é maior que o da estaca ou tubulão**. Este fenômeno ocorre no caso de o solo estar em processo de adensamento, provocado pelo peso próprio ou por sobrecargas lançadas na superfície, rebaixamento de lençol d'água, pelo amolgamento da camada mole compressível decorrente de execução de estaqueamento etc.

Considera-se **ponto neutro** a profundidade da **seção** da estaca onde ocorre a **mudança do atrito lateral de negativo para positivo**, ou seja, onde o recalque da camada compressível é igual ao recalque da estaca.

Podem-se utilizar recursos (por exemplo, pintura betuminosa especial), visando diminuir os efeitos do atrito negativo.

5 – Questões Comentadas

Pessoal, todas as questões apresentadas nesta aula serão comentadas na Aula 1. Nesta aula demonstrativa deixo as questões abaixo comentadas para que vocês saibam como será o nosso curso. As demais questões apresentadas serão comentadas na próxima aula.

(46 – MPU/2004 - ESAF)

> As fundações indiretas do tipo estacas possuem características próprias, apresentando vantagens e desvantagens, o que nos permite optar por uma ou outra solução para a construção de edifícios, de acordo com cada caso. Considerando-se a estaca do tipo Strauss, é correto afirmar que:

A estaca Strauss, segundo a norma NBR 6122/2019, é uma estaca de concreto moldada *in loco*, executada através da **escavação**, mediante emprego de uma **sonda (piteira),** com a simultânea introdução de revestimento metálico, com guincho mecânico, em segmentos rosqueados (revestimento total com camisa metálica), até que se atinja a profundidade projetada.

a) sua maior vantagem é a viabilidade de execução em terrenos alagados, tornando-se barata e eficiente para este caso.

Pelo contrário, não se recomenda executar esse tipo de estaca abaixo do nível d'água, principalmente se o solo for arenoso, visto que pode tornar inviável secar a água dentro do tubo e, portanto, impedir a concretagem, conforme alerta Urbano Alonso Rodriguez, no seu livro "Exercícios de Fundações.

Walid Yazigi, no seu livro Técnica de Edificar, alerta também que não será permitida a execução de estacas Strauss em solos que apresentem camadas submersas de areia (que possam impedir a limpeza do furo para a concretagem) e/ou camadas de argila mole (que possam produzir o estrangulamento tio fuste quando da retirada da camisa metálica, estando o concreto ainda plástico).

Gabarito: Errada

b) sua maior desvantagem é a vibração que pode vir a causar danos aos terrenos e edifícios vizinhos.

Pelo contrário, a estaca Strauss é indicada para locais confinados devido ao equipamento ser pequeno e leve, e provocar pouca vibração.

Gabarito: Errada

c) sua principal desvantagem é a necessidade de macaco hidráulico para a cravação.

Conforme apresentado inicialmente, a estaca Strauss é executada através da escavação mediante emprego de uma sonda (também denominada piteira), com a simultânea introdução de revestimento metálico em segmentos rosqueados, até que se atinja a profundidade projetada.

Portanto, não se adota macaco hidráulico. Este é utilizado para as estacas prensadas ou do tipo Mega.

Gabarito: Errada

d) não é recomendado o seu uso abaixo do nível de água, principalmente se o solo for arenoso.

Essa informação está exatamente de acordo com o livro Exercícios de Fundações, do autor Urbano Alonso Rodriguez, conforme vimos no subitem "a":

"Não se recomenda executar esse tipo de estaca abaixo do nível d'água, principalmente se o solo for arenoso, visto que pode tornar inviável secar a água dentro do tubo e, portanto, impedir a concretagem."

Gabarito: Correta

e) é executada com o uso de lama bentonítica, sendo indicada somente para cargas elevadas em terrenos argilosos.

A estaca Strauss é um tipo de estaca escavada sem lama bentonítica. Conforme vimos, o escoramento do solo do furo é feito pelo tubo metálico em segmentos rosqueáveis.

Ademais, a capacidade de carga da estaca Strauss é inferior a de outras estacas, tais como as estacas Franki e pré-moldadas de concreto.

Gabarito: Errada

Gabarito: D

O dimensionamento ideal e a qualidade de execução de fundações de obras civis são requisitos fundamentais para o bom desempenho das construções. Acerca dessas fundações, julgue os itens a seguir.

144 – (TCU/2005)

O método de Schmertmann para o cálculo de recalques de fundações superficiais, que só é aplicável no caso de sapatas flexíveis apoiadas em solos predominantemente argilosos, baseia-se em valores de índices de resistência à penetração obtidos em sondagens à percussão.

Comentários

De acordo com o livro "Fundações: Teoria e Prática", o Método de Schmertmann foi proposto para o caso de **sapata rígida** de dimensões módicas apoiada em **areia** e baseia-se nos resultados de **ensaios de penetração contínua de cone (CPT)**.

Portanto, a questão está triplamente errada, nos itens negritados.

Gabarito: Errada

---

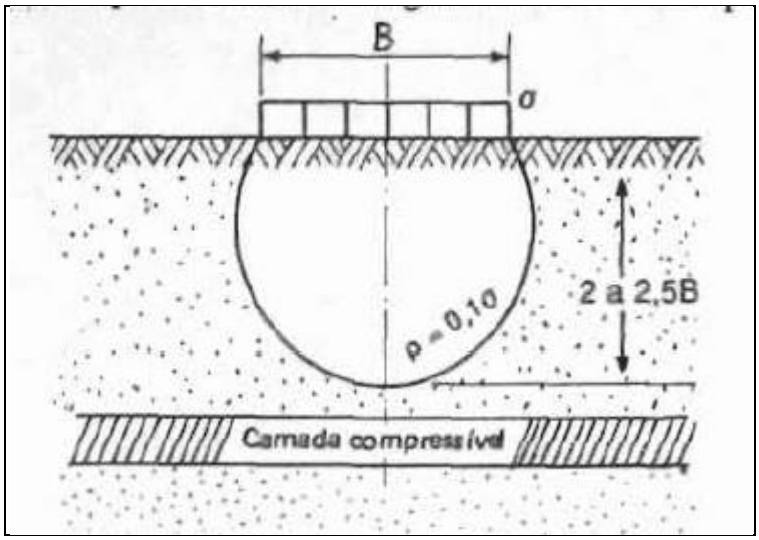
145 – (TCU/2005)

No caso de um elemento de fundação superficial estar distribuindo tensão vertical uniforme na superfície de uma camada de solo homogêneo, o bulbo de tensões é a região delimitada pela linha isóbara correspondente a 10% da tensão vertical na superfície e, nessa região, concentram-se as deformações mais significativas do solo de fundação, que provocarão recalque superficial do elemento de fundação.

Comentários

De acordo com o livro "Fundações: Teoria e Prática", para fins práticos considera-se o bulbo de tensões limitado pela isobárica de $\sigma=0,1.q$, ou seja, 10% de q, sendo q a tensão aplicada pela fundação superficial junto à superfície de contato com o solo.

E na norma NBR 8036 consta que as sondagens devem ser levadas até a profundidade onde o solo não seja mais significativamente solicitado pelas cargas estruturais, fixando-se como critério aquela profundidade onde o acréscimo de pressão no solo, devida às cargas estruturais aplicadas, for menor do que 10% da pressão geostática efetiva.



Gabarito: Correta

6 – Lista de Questões Apresentadas na Aula

(PF/2018)

Durante a execução das sapatas de fundação de um prédio, o engenheiro responsável pela obra constatou que a camada de solo onde uma das sapatas seria assentada correspondia a um bolsão de argila mole.

Acerca dessa situação hipotética e das características de fundações com sapatas, julgue os próximos itens.

1. **64 -**

A presença do bolsão de argila logo abaixo de uma das sapatas e condição suficiente para caracterizar um erro de projeto cometido pelo projetista.

2. **65 -**

Devido a sua profundidade mínima de execução, a sapata e classificada com fundação profunda moldada in loco.

3. **(105 – Câmara dos Deputados/2013)**

As fundações são convencionalmente classificadas em dois grandes grupos: fundações superficiais, também denominadas diretas, e fundações profundas.

4. **(47 – TRE-MT/2005)**

Com relação às estacas de fundação de obras prediais, entende-se por nega:

A) a penetração permanente de uma estaca, causada pela aplicação de um golpe do pilão.

B) a parcela elástica do deslocamento máximo de uma seção da estaca, decorrente da aplicação de um golpe do pilão.

C) um tipo de fundação profunda executada por perfuração com auxílio de um soquete.

D) o movimento vertical descendente da estaca sob a ação de carga estática.

E) a parte alargada da base de um tubulão.

5. **(103 – TRT-17/2009)**

O repique é a parcela elástica do deslocamento máximo de uma seção da estaca, decorrente da aplicação de um golpe do pilão.

6. **(54 – PF Nacional/2004)**

Em solo de baixa resistência nas primeiras camadas, deve-se usar sapata do tipo isolada rígida de concreto armado para a fundação.

7. **(96 – ANATEL/2006)**

Nas sapatas isoladas, a transmissão das cargas é feita por meio da base do elemento estrutural da fundação, sendo desprezada qualquer outra forma de transmissão das cargas.

8. (83 – MPE-AM/2008)

Em construções térreas ou com cargas relativamente baixas, para se transmitirem as cargas distribuídas ao terreno, recomenda-se a utilização de sapata do tipo isolada simples, ou armada.

9. (51 – STM/2018 – Cespe/Cebraspe)

No dimensionamento das fundações superficiais de um edifício de vinte andares, para melhor distribuir as pressões na interface fundação-solo e uniformizar os recalques, o projetista deve optar por sapatas de estrutura flexível.

10. (83 – PF Adm/2014 – CESPE)

Antes da concretagem de uma sapata isolada de concreto armado, deve ser lançado, sobre toda a superfície de contato solo-fundação, um lastro de concreto não estrutural, com no mínimo 5 cm de espessura.

11. (97 – MPE-TO/2006)

Blocos são elementos de fundação superficial de concreto que podem dispensar o emprego de armadura.

12. (22-5 – PF/2002)

Na possibilidade de utilização de fundação direta em solo compressível, a fundação em radier pode ser mais vantajosa que a em sapatas individuais, por minimizar os efeitos de recalques diferenciais entre elementos de fundação.

13. (102 – TRT-17/2009)

O radier é um tipo de bloco de aço que liga os pilares da construção a estacas individuais, que podem ser de concreto ou de aço.

14. (98 – MPE-TO/2006)

Radier é uma fundação profunda que utiliza a estaca-raiz como componente principal.

15. (101 – Câmara dos Deputados/2012)

Os principais tipos de fundações profundas incluem as estacas, os radiers e os tubulões.

16. (75 – SEGER-ES/2011)

A sapata associada é comum a vários pilares cujos centros, em planta, não estejam situados em um mesmo alinhamento.

17. (44 - INPI/2006)

As fundações são parte fundamental da estrutura das edificações. A respeito das características e do uso dos diferentes modelos de fundações, assinale a opção correta.

A) As sapatas são utilizadas quando o solo apresenta alta resistência, não havendo restrição ao seu emprego com cargas elevadas.

B) O bloco é um elemento de fundação de concreto armado que utiliza armadura para resistir a esforços de tração.

C) A viga de fundação é um elemento que recebe pilares alinhados, construída sempre de concreto armado.

D) Na fundação de tipo superficial, a carga é transmitida ao terreno através de sua base e(ou) superfície lateral.

E) A fundação profunda transmite a carga do edifício ao terreno por meio da distribuição das pressões sob a base da fundação.

18. (104 – Câmara dos Deputados/2013)

A capacidade de carga de estacas isoladas é definida por meio das tensões normais geradas ao nível de sua ponta, desprezado o atrito lateral.

19. (80 – CODEBA/2006)

A capacidade de carga de uma estaca é determinada exclusivamente pela resistência a compressão do solo de suporte.

20. (27-E – CGU/2008 – ESAF)

No caso do emprego de estacas raiz, as armações de estacas menores que 160 mm não possuem estribos.

21. (85 – ANA/2006)

As estacas do tipo raiz são cravadas e constituídas de perfis metálicos soldados.

22. (54 – TRT-9/2007)

A estaca raiz é caracterizada por estaca pré-moldada de concreto, com cravação vertical ou inclinada.

23. (54 – Petrobras/2008)

A utilização de estacas em fundações de edifícios é prática usual, devido à grande diversidade de situações onde as mesmas podem ser empregadas. Cada tipo de estaca tem características próprias, requer processos e tratamentos específicos. Com relação a estacas, assinale a opção correta.

A) Nas estacas do tipo raiz, a perfuração pode ser executada por processo rotativo ou rotopercussão.

B) Estacas de aço não necessitam de tratamento especial contra corrosão.

C) Brocas de concreto são estacas pré-fabricadas com armadura de aço para permitir cravação por percussão.

D) Estacas Strauss são executadas com a cravação de perfis metálicos com seção I.

E) Os tubulões não devem receber revestimento, sendo escavados no terreno de fundação.

24. (72 – TCE-AC/2009)

A respeito da estaca do tipo raiz, utilizada para a execução de fundações, assinale a opção correta.

A) Para garantir o atrito lateral, não é recomendado o revestimento do trecho em solo dessa estaca.

B) Para a execução da estaca em solo, emprega-se equipamento para perfuração rotativa ou rotopercussiva.

C) A broca de três asas ou tricone é utilizada para a perfuração de rocha durante a execução da estaca.

D) Como a estaca raiz é calculada para trabalhar comprimida, não é preciso armadura em aço para esse tipo de fundação.

E) O lançamento do concreto na estaca é feito com um funil metálico cujo tubo deve ficar imediatamente abaixo do nível do solo.

25. (82 – ANA/2006)

A estaca do tipo broca é executada com trado manual ou mecânico, sem uso de revestimento.

26. (37 – TRE-MA/2005)

São diversos os tipos de elementos de fundação que podem ser utilizados em obras civis. Entre tais elementos, a estaca apiloada é um tipo de fundação profunda executada

A) por perfuração com emprego de soquete.

B) por perfuração por meio de balde sonda, com uso parcial ou total de revestimento recuperável e posterior concretagem.

C) por escavação mecânica, com uso ou não de lama bentonítica, com revestimento parcial ou total e posteriormente concretada.

D) com base alargada obtida introduzindo-se certa quantidade de concreto por meio de golpes de pilão.

E) por meio de trado contínuo e injeção de concreto pela própria haste do trado.

27. (46 – MPU/2004 - ESAF)

As fundações indiretas do tipo estacas possuem características próprias, apresentando vantagens e desvantagens, o que nos permite optar por uma ou outra solução para a construção de edifícios, de acordo com cada caso. Considerando-se a estaca do tipo Strauss, é correto afirmar que:

a) sua maior vantagem é a viabilidade de execução em terrenos alagados, tornando-se barata e eficiente para este caso.

b) sua maior desvantagem é a vibração que pode vir a causar danos aos terrenos e edifícios vizinhos.

c) sua principal desvantagem é a necessidade de macaco hidráulico para a cravação.

d) não é recomendado o seu uso abaixo do nível de água, principalmente se o solo for arenoso.

e) é executada com o uso de lama bentonítica, sendo indicada somente para cargas elevadas em terrenos argilosos.

28. (27-A – CGU/2008 – ESAF)

A execução da estaca Franki é realizada pela cravação dinâmica de um tubo com bucha composta de areia e pedra.

29. (84 – ANA/2006)

As estacas do tipo Franki são construídas enchendo-se de concreto perfurações previamente executadas no terreno por meio da cravação de tubo de ponta fechada, que é recuperado após a execução da estaca.

30. (22-3 – PF/2002)

As estacas do tipo Franki são indicadas no caso de terrenos de fundação arenosos, compactos, como forma de minimizar os efeitos das vibrações do terreno sobre construções vizinhas, antigas ou em mau estado de conservação, durante o processo de execução da fundação.

31. (55 – PF Adm/2014 – CESPE)

De acordo com a NBR 6118, em edifícios residenciais de até cinco pavimentos, deve-se utilizar concreto simples para a execução de blocos de coroamento sobre as estacas de tipo Franki.

32. (60 – TCE-TO – Cespe)

Diversos são os tipos de elementos de fundações profundas. Assinale a opção que apresenta a definição correta de estaca do tipo hélice-contínua.

A) Estaca metálica com formato de hélice que é instalada no terreno por meio de torque aplicado por equipamento de grande porte.

B) Estaca moldada no terreno por meio de mistura de calda de cimento e solo local, executada por equipamento de grande porte, capaz de injetar a calda sobre pressão através de tubo de aço perfurado ao longo do seu comprimento, em forma de hélice, e capaz de revolver o solo ao seu redor.

C) Estaca em forma de hélice que é inserida no terreno por percussão associada a jateamento de água pela sua ponta até que esta atinja a cota estabelecida no projeto.

D) Estaca de concreto moldada in loco, executada por meio de trado contínuo helicoidal e injeção de concreto sob pressão controlada através da haste central do trado simultaneamente à sua retirada do terreno.

E) Estaca pré-moldada de concreto com topo em forma helicoidal, que é inicialmente cravada no terreno até que se atinja o trecho helicoidal, a partir de onde o processo de instalação passa a ser por rotação do conjunto.

33. (78 – CODEBA/2006)

A execução de estaca escavada a hélice contínua exige a presença de lençol freático.

34. (55 – TRT-9/2007)

Na execução de estaca do tipo hélice contínua, a armadura helicoidal é introduzida no concreto ainda fresco, com o auxílio de máquina de torque.

35. (84 – PF Adm/2014 – CESPE)

As estacas do tipo hélice contínua são indicadas para solos que contêm matacões; a perfuração pode ser executada por processo rotativo ou rotopercussão, com a possibilidade de atingir grandes profundidades (até 50 m).

36. (101 – INMETRO/2009)

Para o preparo da lama bentonítica, deve-se escolher como material o silte da escavação com granulometria mais fina.

37. (154 – TCU/2009)

A central de lama tem a finalidade principal de receber a combinação de silte e argila da escavação, para posterior encaminhamento para disposição em aterro controlado.

38. (70 – PF Adm/2014 – CESPE)

Na execução de fundações profundas, recomenda-se a utilização de estacas de madeira em terrenos que apresentem grande ocorrência de matacões.

39. (22- CGU/2008 - ESAF)

No preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento de estacas pré-moldadas de concreto, é incorreto afirmar que:

a) deve-se demolir uma parte da estaca até que a armadura fique exposta para o traspasse.

b) na demolição do topo das estacas, devem ser utilizados ponteiros com grandes inclinações em relação a horizontal.

c) deve-se deixar um comprimento de estaca suficiente para a penetração no bloco a fim de transmitir os esforços.

d) deve-se demolir o topo da estaca danificado durante a cravação ou acima da cota de arrasamento.

e) as armaduras devem penetrar no bloco de coroamento, mesmo quando estas não têm função resistente.

40. (35 – SEAD/PA – 2005)

Em um projeto de fundação de uma construção civil, entende-se por radier um

A) tipo de estaca cravada por prensagem e recomendada para situações de reforço de fundações.

B) tipo de estaca cravada por percussão contendo bulbo alargado na sua extremidade inferior.

C) elemento de fundação superficial que abrange todos os pilares da obra ou carregamentos distribuídos.

D) bloco de concreto rígido que transfere a carga de um pilar para o solo subjacente.

E) elemento de fundação profunda de forma prismática, concretado na superfície e instalado por escavação interna.

41. (99 – MPE-TO/2006)

Estaca cravada é um tipo de fundação profunda que utiliza diferentes materiais construtivos.

42. (145 – TCU/2011 – Cespe)

Por motivo de segurança, durante a execução de tubulões, a fiscalização não deve inspecionar o fundo da escava antes da concretagem.

43. (98 – INMETRO/2007)

O fuste de tubulões a céu aberto pode ser escavado manual ou mecanicamente.

44. (99 – INMETRO/2007)

Na execução de tubulões a ar comprimido, a campânula é o equipamento utilizado para transportar o material escavado.

45. (141 – TCU/2005)

A fundação do tipo caixão, por utilizar uma estaca de grandes dimensões, cravada por percussão, não é recomendada quando os prédios vizinhos à construção são sensíveis a vibrações do terreno.

46. (22 – CGU/2008 – ESAF)

No preparo da cabeça e ligação com o bloco de coroamento de estacas pré-moldadas de concreto, é incorreto afirmar que:

a) deve-se demolir uma parte da estaca até que a armadura fique exposta para o traspasse.

b) na demolição do topo das estacas, devem ser utilizados ponteiros com grandes inclinações em relação a horizontal.

c) deve-se deixar um comprimento de estaca suficiente para a penetração no bloco a fim de transmitir os esforços.

d) deve-se demolir o topo da estaca danificado durante a cravação ou acima da cota de arrasamento.

e) as armaduras devem penetrar no bloco de coroamento, mesmo quando estas não têm função resistente.

47. (44 – EBSERH/2018 – Cespe/Cebraspe)

O atrito negativo ocorre quando o recalque do solo é maior que o recalque do elemento de fundação profunda.

48. (77 – PF Regional/2004)

Com relação a cargas e segurança das fundações no projeto de fundações de obras urbanas, pode-se reduzir as cargas atuantes nos elementos de fundação devido à ação de subpressões até um valor máximo igual a 80% do valor da força decorrente das subpressões.

49. (145 – TCU/2005)

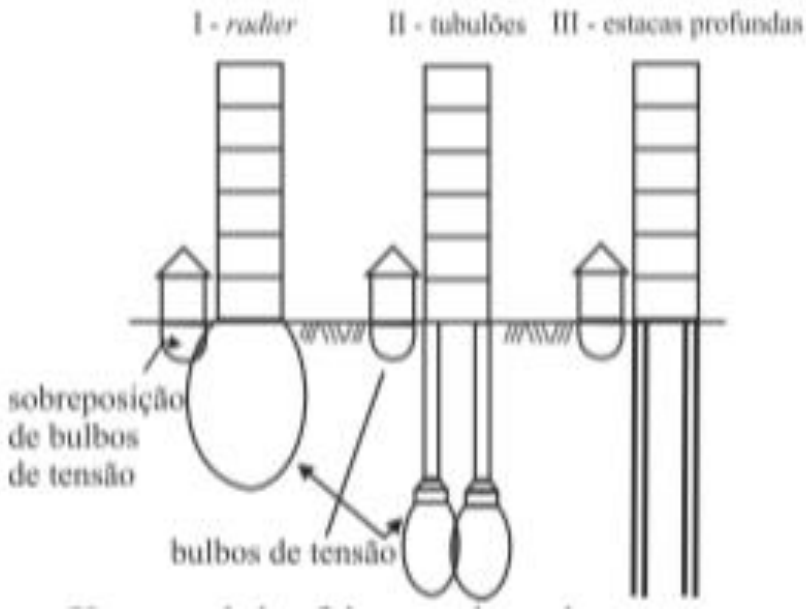
No caso de um elemento de fundação superficial estar distribuindo tensão vertical uniforme na superfície de uma camada de solo homogêneo, o bulbo de tensões é a região delimitada pela linha isóbara correspondente a 10% da tensão vertical na superfície e, nessa região, concentram-se as deformações mais significativas do solo de fundação, que provocarão recalque superficial do elemento de fundação.

50. (144 – TCU/2005)

O método de Schmertmann para o cálculo de recalques de fundações superficiais, que só é aplicável no caso de sapatas flexíveis apoiadas em solos predominantemente argilosos, baseia-se em valores de índices de resistência à penetração obtidos em sondagens à percussão.

51. (144 – TCU/2011 – Cespe)

Se uma estaca recalca mais que o solo que a envolve, diz-se que foi gerado atrito lateral positivo entre a estaca e o solo.



(STJ/2015 - Cespe)

Um engenheiro foi nomeado perito em um processo judicial em que o dono de uma residência térrea argumentou que um edifício construído no terreno vizinho ao seu teria causado diversas patologias no seu imóvel, como trincas generalizadas e afundamento de piso. Sabendo-se que a fundação da residência foi executada com o processo de radier e que não houve condições de se conhecer o processo de execução das fundações do edifício, o perito executou alguns estudos sobre as várias situações possíveis e suas prováveis consequências.

A figura ilustra três situações, cada uma delas associada a um tipo de fundação.

Considerando essas informações e a figura apresentada, que subsidiou a análise feita pelo engenheiro quanto à execução de fundações, julgue os itens seguintes.

52. 76 -

Com base nas situações I e II, é correto afirmar que, quanto maior o bulbo de tensão, maior será a tensão distribuída uniformemente no solo na totalidade da área compreendida pela envoltória do bulbo de tensão.

53. 77 -

A situação III foi descartada na análise feita pelo perito, pois, como não há bulbo de tensão considerável, não há risco de colapso na fundação do imóvel.

54. 78 -

Na situação II, por ser maior a profundidade da base dos tubulões, está afastada a possibilidade de colapso do solo e patologia na residência, apesar da sobreposição dos bulbos de tensão.

55. (85 - CGE-PI/2015 - Cespe)

Uma das formas de se detectarem situações anômalas durante a execução de estacas moldadas in loco é a comparação entre o volume teórico, quantificado no projeto, e a sua evolução com o real.

56. (86 - CGE-PI/2015 - Cespe)

Para a eliminação de dúvidas sobre as condições obtidas no processo construtivo, a verificação da integridade estrutural de fundações profundas pode ser feita a partir de ensaios do tipo PIT (pile integrity testing).

57. (43 – EBSERH/2018 – Cespe/Cebraspe)

No cálculo para projeto de fundações, deve-se considerar tanto o empuxo quanto o alívio de cargas provocado pelo efeito favorável da subpressão, os quais constituem ações decorrentes da existência de água.

7 – GABARITO

1) Errada	17) A	33) Errada	49) Correta
2) Errada	18) Errada	34) Errada	50) Errada
3) Correta	19) Errada	35) Errada	51) Correta
4) A	20) Correta	36) Errada	52) Errada
5) Correta	21) Errada	37) Errada	53) Errada
6) Errada	22) Errada	38) Errada	54) Errada
7) Correta	23) A	39) B	55) Correta
8) Errada	24) B	40) C	56) Correta
9) Errada	25) Correta	41) Correta	57) Errada
10) Correta	26) A	42) Errada	
11) Correta	27) D	43) Correta	
12) Correta	28) Correta	44) Errada	
13) Errada	29) Correta	45) Errada	
14) Errada	30) Errada	46) B	
15) Errada	31) Errada	47) Correta	
16) Correta	32) D	48) Errada	

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, Urbano R. Exercícios de Fundações. Editora Blucher.

- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 6122/2010 – Projeto e Execução de Fundações.

- Yazigi, Walid. Técnica de Edificar. São Paulo. Pini.

- Vários Autores. Fundações: Teoria e Prática. 2ª Edição. São Paulo. Pini.

ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE:
PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.

1. 

Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.

2. 

Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).

3. 

Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).

4. 

Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).

5. 

Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).

6. 

Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).

7. 

Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.

8. 

O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.