



Prof. Marco Pádua

FUNDAÇÕES PROFUNDAS

Estacas e Tubulões

As Fundações Profundas são destinadas a embasar a superestrutura nas camadas mais resistentes do subsolo localizadas além da zona superficial donde qualquer tipo de Fundação Rasa inviabilizaria esta intenção. Indicadas para solos argilosos essas estruturas de fundações são representadas pelas estacas escavadas e cravadas, os tubulões a céu aberto e a ar comprimido.

1) BATE-ESTACAS

() O processo mais usado para a cravação das estacas, emprega bate-estacas, os quais podem ser divididos de acordo com o martelo, nos seguintes grupos: bate-estacas de gravidade, de simples efeito e de duplo efeito.

a) Bate-estaca de gravidade – A energia para cravação da estaca é transmitida pela queda livre de um peso a uma altura pré-determinada. () Esse dispositivo é denominado martelo ou macaco e sua queda é orientada através de duas guias laterais. () A cabeça das estacas deve ser protegida por um cabeçote de ferro ou madeira, cuja finalidade é permitir uma distribuição uniforme das tensões dinâmicas, transmitidas pelo martelo. O máximo de eficiência desse tipo de bate-estacas é da ordem de 10 pancadas por minuto. () O inconveniente desse bate-estaca é que a obtenção da nega fica a critério do operador e de sua experiência na operação de queda do martelo.

b) Bate-estacas de simples efeito – Nesse equipamento o martelo desloca-se ao longo de um embolo fixado à estrutura do bate-estaca, sendo levantado pela ação dos gases sob pressão e caindo pelo próprio peso. () A altura de queda depende da quantidade de gases da câmara, obtendo um ritmo de 40 a 50 pancadas por minuto.

c) Bate-estacas de duplo efeito – É uma variante aperfeiçoada do tipo anterior. Os gases sob pressão são injetados no cilindro, tanto para a operação de levantamento como para a operação de queda. () Nesse caso, não há queda livre e a frequência de cravação é muito maior, da ordem de 250 a 300 pancadas por minuto.

2) ESTACAS PRÉ-FABRICADAS

São utilizadas, essencialmente, para transmissão de cargas às camadas profundas do terreno. As razões que levam ao seu emprego são: técnicas e econômicas. () As estacas são indicadas quando a taxa admissível do terreno for inferior ao carregamento transmitido pela estrutura e uma fundação direta ficar sujeita a um recalque incompatível com a mesma. () Quanto aos esforços a que estão sujeitas, podemos classificá-las em: estacas de compressão, de tração e de flexão.

Normalmente as estacas são cravadas verticalmente e trabalham à compressão, entretanto, as estacas-pranchas trabalham à flexão.

a) Estacas de madeira – () São feitas de madeira roliça ou com seção uniforme, descascada, com diâmetro de 18,0 a 35,0 cm e comprimento de 5,00 a 8,00 m, devendo ser reta, tolerando-se uma curvatura de 1 a 2% do comprimento, resistente, barata e de fácil aquisição. No Brasil, a madeira mais utilizada é o eucalipto.

() As estacas de madeira oferecem como vantagens, a facilidade de transporte e manuseio, o corte fácil em comprimentos variáveis e baixo custo.

As desvantagens da utilização das estacas de madeira são relacionadas com sua durabilidade.

() A madeira é sujeita ao apodrecimento, causado por um fungo aeróbio, cujo desenvolvimento depende da coexistência de ar e água, portanto, essas estacas devem estar sempre submersas. Uma variação do nível da água acarretará um enfraquecimento na zona de transição entre o nível da água e o ar. () A vida média de uma estaca de madeira, no caso de um rebaixamento do lençol de água, é de 8 a 10 anos. () As estacas de madeira suportam cargas da ordem de 10 a 15 tons. O término da cravação depende das medições quanto à penetração da estaca em dez golpes consecutivos.

A essa penetração chamamos nega. () Contendo dupla finalidade, a primeira verifica se todas as estacas estão atingindo uma camada resistente, determinada pela Sondagem e a segunda é obter dados para cálculo da capacidade de carga, aplicando-se as fórmulas chamadas dinâmicas.

O conceito de nega está ligado à altura de queda e ao peso do martelo, do tipo de bate-estacas, e à velocidade das batidas. () Usando o bate-estaca por gravidade, o pilão deve pesar 500 kg para uma queda de 1,50 m. Quando o comprimento da estaca não for suficiente para obtenção da nega, necessitamos emendá-la, para tanto a sambladura (emenda) deverá ser para esforços de compressão.

b) Estacas de aço – Em geral são constituídas de perfil metálico na forma de "H" ou de duplo "T" de aba larga. () Apresentam como vantagens, a facilidade de transporte e manuseio, bem como a cravação devido ao baixo atrito causado pela inexpressiva espessura das chapas; são obtidas em qualquer comprimento, sem que haja qualquer tipo de perda; facilidade de corte e de emenda por meio de solda elétrica.

() Além do custo elevado, as desvantagens são a fragilidade ao ataque de águas agressivas, porém, não influenciando em seu comportamento desde que não haja movimento. Havendo, sua capacidade será enfraquecida ao longo do tempo.

c) Estacas de concreto armado, pré-moldadas – Fabricadas em concreto no próprio canteiro da obra ou por indústrias especializadas, cravadas por meio de um bate-estaca, após o concreto atingir resistência satisfatória. () Sua armadura destina-se a anular esforços de momentos fletores resultantes no içamento e transporte. Já os esforços de compressão da cravação são perfeitamente absorvidos pelo concreto. O levantamento deverá gerar os menores momentos, para melhor aproveitamento da ferragem, condição que é satisfeita quando igualamos o momento positivo ao negativo. () A colocação do cabo para levantamento deve ser feita a 0,3 L da cabeça da estaca, sendo que L = ao seu comprimento. Quando a estaca é de grande comprimento, esta deve ser levantada por dois pontos, escolhidos de modo que os momentos negativos sejam iguais aos momentos positivos. () De acordo com a fabricação, ferragem e forma têm-se quatro tipos: vibrada, centrifugada, protendida e mega ou de reação.

d) Vibrada – Possui seção quadrada, cantos chanfrados, é vibrada em mesa ou com vibrador manual de imersão, tem armadura longitudinal de aço comum e estribos, sendo mais reforçada nas extremidades.

Essa estaca pode trabalhar à tração com pequena excentricidade; suas dimensões e capacidade de carga são:

Seção 20 x 20 cm ___ 4 a 10 m de comprimento ___ carga de 20 tons.

() Seção 25 x 25 cm ___ 4 a 14 m de comprimento ___ carga de 30 a 35 tons.

Seção 30 x 30 cm ___ 4 a 10 m de comprimento ___ carga de 35 a 40 tons.

e) Centrifugada – Com seção circular, confeccionada pelo método de centrifugação à alta velocidade; a armadura longitudinal é de aço especial de alta resistência CA-50 e com cintamentos duplos. A estaca pode ainda ser apresentada com núcleo vazado. São encontradas comercialmente com as seguintes características:

25 cm de diâmetro ___ 4 a 14 m de comprimento ___ carga de 25 tons.

() 40 cm de diâmetro ___ 4 a 10 m de comprimento ___ carga de 60 tons.

f) Protendida – De seção quadrada, comprimento variável, cantos vivos, onde se localizam os ferros longitudinais de protensão e cintada. () É empregado aço CA-150 que apresenta resistência três vezes maior que o aço CA-50. Esse tipo de estaca apresenta as seguintes características:

Seção 15 x 15 cm ___ carga de 16 tons.

Seção 18 x 18 cm ___ carga de 20 tons.

Seção 23 x 23 cm ___ carga de 30 tons.

g) Mega ou de reação – Essas estacas são constituídas de elementos justapostos, com comprimento da ordem de 80 cm a 1 m. A cravação é feita usando como reação a própria carga do prédio pronto ou um caixão carregado, especialmente feito para esse fim.

As desvantagens são:

- Dificuldade de transportar estacas pré-moldadas pela restrição quanto ao uso do concreto projetado para resistir apenas a determinados esforços;
- o corte da sobra é trabalhoso;
- as emendas das estacas desse tipo são complicadas e demoradas;
- trabalhando em locais com cotas variáveis de terreno firme, há muitas perdas ou sobras de estacas.

Pelo fato de serem concretadas fora da obra, permitem como vantagem, melhor controle da dosagem do concreto, vibração e execução.

A cravação de estacas pré-moldadas em presença de águas agressivas gera problemas de corrosão. () A água penetrando através do concreto atinge os ferros, os quais ao se oxidarem aumentam de volume, estourando-o e expondo sua armadura a mais agressividade. Podemos adotar os seguintes recursos para proteger a estaca:

- Cálculo do concreto no estágio I, o que evita o aparecimento de fissuras durante o levantamento;
- pintura da estaca com produtos de base asfáltica;
- vitrificação da estaca, o que, entretanto, diminui a elasticidade desejada para o levantamento da mesma.

Há também, situações onde uma estaca pré-moldada tem seu comprimento total cravado sem encontrar a nega. () Nesse caso a cravação deve prosseguir utilizando-se um suplemento de madeira, que é retirado quando se atinge a nega suficiente. Após, escava-se e a emenda é executada a partir da cabeça da estaca, como se fosse uma coluna até o nível necessário. Para a cravação as estacas deverão estar bem alinhadas e apumadas, com guias que impeçam seu desvio. () Serão arrancadas ou abandonadas as estacas que se desviarem do eixo mais que 1/5 do seu diâmetro. O espaço mínimo entre os eixos das estacas deve ser igual a 2,5 vezes o seu diâmetro. Um grupo de estacas requer um bloco de fundação para sua união, servindo de base para o pilar. Os blocos são interligados por vigas de concreto, conhecidas como baldrame.

3) ESTACAS MOLDADAS "IN LOCO"

- **a) Strauss, com camisa recuperada** – São semelhantes à broca e executada com tubo de revestimento, cujo diâmetro varia de 25 a 50 cm. As fases de sua execução são discriminadas a seguir:
- Posicionar o primeiro elemento do tubo de revestimento em posição contra o solo.
- Colocar água no tubo.
- () O balde sonda é introduzido dentro do tubo que, contendo um fundo falso, provocará formação de lama, facilitando sua penetração ou de várias peças rosqueadas.
- Essa operação prossegue até que seja atingida uma camada resistente, determinado pela dificuldade de avanço do balde sonda, pelo exame do material retirado ou quando temos perfis de sondagem.
- Atingida a profundidade necessária, o furo deve ser limpo e, preferencialmente seco. Possível quando em presença de argila, devido ao seu baixo coeficiente de permeabilidade. Por este fator isto se torna difícil em solos arenosos.
- () O concreto é lançado no interior do tubo e compactado através de um peso com cerca de 200 kg. sendo que, em solos arenosos permeáveis, o mesmo é lançado dentro da água.
- À medida que se apiloa o concreto, o tubo de revestimento vai sendo retirado.

() Essa estaca apresenta as seguintes vantagens:

- É executada com o comprimento estritamente necessário, comum a todas as estacas moldadas *in loco*;
- não utiliza bate-estacas, eliminando vibrações, sempre prejudiciais aos prédios vizinhos;
- o tripé empregado tem dimensões reduzidas, permitindo sua execução em locais onde as demais não podem ser realizadas pelo porte de seus equipamentos.

Por outro lado, as estacas Strauss têm os seguintes inconvenientes:

- Não permite constatar a qualidade da execução em relação a pega do concreto embutido no terreno; na hipótese da existência de águas agressivas, esta entrará em contato com o concreto ainda fresco;
- () a retirada do tubo deve ser feita por pessoa muito experiente; qualquer falha nessa operação acarretará uma descontinuidade do fuste, invalidando completamente a estaca; isto ocorre devido à aderência da coluna de concreto dentro do tubo que tende a acompanhá-lo quando da sua retirada.

A capacidade de cargas dessas estacas é a seguinte:

- () 25 cm de diâmetro ___ carga de 20 a 25 tons;
50 cm de diâmetro ___ carga de até 80 tons;
existindo ainda outros diâmetros.

b) Tração – Esse tipo de estaca é também conhecido como estaca Franki devido à patente do seu modo de cravação. Os três tipos atualmente em uso têm os seguintes diâmetros e capacidade de carga:

- 40 cm de diâmetro ___ carga de 70 tons.;
() 52 cm de diâmetro ___ carga de 130 tons.;
60 cm de diâmetro ___ carga de 170 tons.

As cargas acima variam com a natureza do terreno. () Quanto ao comprimento dessas estacas não há grandes restrições, pois já foram executadas com 40 m. A execução dessa estaca obedece as operações a seguir.

- () Colocação de uma bucha de areia, pedra e concreto endurecido no interior do tubo; agindo sobre a bucha há um pilão cujo peso e diâmetro depende do diâmetro da estaca.
- À medida que a bucha é expulsa do tubo sob a ação do peso, mais material é colocado.
- () Em determinado instante, o atrito entre a bucha e o tubo é tão grande que este é arrastado, penetrando no solo através do apiloamento.
- O apiloamento prossegue e, conseqüentemente a cravação, até obtermos a nega. () Isto é possível utilizando um martelo de 3 tons., caindo de uma altura de 5 m, e assim termos uma penetração do tubo de 3 a 8 mm.
- A expulsão da bucha se dá com a suspensão do tubo em torno de 4 m e a continuidade do apiloamento.
- () Para formar a base alargada conhecido como cebolão, o concreto com consistência de farinha é lançado e apiloado, resultando na subida do tubo de revestimento.
- A partir daí coloca-se a armadura, constituída de ferros longitudinais, soldados a uma sucessão de anéis (cinta).
- Inicia-se a concretagem do fuste, apiloando o concreto com o peso passando por dentro da armadura. Nesta fase existe o risco de interrupção da coluna de concreto pelo levantamento rápido do tubo.

() Esse inconveniente é eliminado pelo controle feito através de marcações no cabo de aço que segura o pilão, feitas no início da concretagem e da elevação do tubo sendo que, no fundo, corresponde ao limite superior do tubo.

Desse modo, durante a concretagem essa marca deve estar sempre fora do tubo. Durante o apiloamento do concreto, a ferragem pode ser atingida pelo pilão e amassada. Isto pode ser evitado amarrando-se na sua parte superior um cabo de aço que, passando por uma roldana, possui na extremidade um peso.

Se a armadura sofrer deformações, durante o apiloamento, fará o peso subir vagarosamente. O comportamento do peso determinará o comprometimento da armadura. O uso da armadura na estaca impossibilita uma interrupção do fuste, pela aderência do concreto ao tubo, quando este é arrancado. O concreto a ser empregado deve ter pouca água a fim de facilitar o apiloamento.

Essa estaca apresenta as seguintes vantagens: ()

- É executada com o comprimento estritamente necessário (vantagem comum a todas as estacas moldadas in loco);

- grande aderência ao solo, devido à rugosidade do fuste;
- melhor distribuição das pressões, proporcionada pela base alargada;
- grande capacidade de carga.

E, como desvantagens têm:

- Pega do concreto em contato com o solo;
- a grande vibração provocada durante a cravação pode prejudicar os prédios vizinhos;
- () em terrenos com camadas de argila media ou rija a cravação poderá abalar estacas já executadas, causando ruptura entre a base e o fuste, podendo ser evitado com o uso de uma broca para atravessá-la;
- igualmente ocorre, quando o terreno é todo de argila mole, cujo comportamento assemelha-se ao de um fluido. Ao concluir uma estaca e imediatamente executar outra próxima, a argila mole ao movimentar-se pela passagem do tubo, exercerá pressões elevadas sobre esta recém-executada, podendo desviá-la. Para evitar esse tipo de acidente devemos cravar o tubo através de reação (ponta aberta) sem retirada de material. Uma vez atravessada a camada de argila, o tubo é esvaziado através do balde sonda, introduzindo a bucha e continuando com o processo normal de cravação.

c) Estacas por compressão – É uma estaca moldada in loco sendo que o tubo é recuperado, possuindo patente no modo de cravação. Geralmente é usado um tubo de diâmetro igual a 40 cm, fechado na ponta por uma ponteira de concreto armado, reforçada com anel de ferro. () A cravação é feita como uma peça pré-moldada, por meio de um martelo de 4 t, caindo de 1 m de altura e com um bate-estacas a vapor de simples efeito. A nega usual é de 7 a 8 mm por golpe. Depois de obtida a nega enche-se o tubo de uma só vez com concreto plástico, retirando-o a seguir, também numa única operação. As vantagens e desvantagens dessa estaca são as mesmas citadas para a estaca de tração.

d) Estacas duplex – No caso da estaca duplex, usa-se a estaca de compressão simples, em seguida, sobre esta, ainda com o concreto fresco, repete-se a operação anterior. Com isso obtém-se uma estaca de diâmetro maior e conseqüentemente de maior capacidade de carga. O problema de não se encontrar nega com uma estaca duplex é solucionado com uma estaca triplex ou pela execução da chamada estaca comprimida, a qual possui base alargada. Esse alargamento é obtido erguendo-se o tubo cerca de 4 m, enchendo-o de concreto e recravando. Como vantagem específica, as estacas duplex e triplex apresentam grande capacidade de carga e podem ser executadas com comprimento de até 20 m. () A capacidade de carga pode chegar a até 100 tons. () No caso da execução dessa estaca em terreno com argilas orgânicas, usa-se o seguinte artifício: crava-se o tubo até o terreno firme, preenchendo-o com areia e em seguida retirando-o e tornando a cravá-lo no mesmo lugar como se fosse uma duplex. Desse modo formamos uma camada de areia que protegerá o concreto fresco, contra o efeito da argila orgânica.

e) Estacas moldadas "in loco" de camisa perdida, Raymond – () O tubo de revestimento é corrugado, cravado com auxílio de um mandril interno, mais resistente. Encontrada a nega, retira-se o mandril e inicia-se a concretagem.

Pode ser executada com qualquer comprimento, variando conforme necessário em cada ponto. Não sofre ataque de águas agressivas, pois tem o tubo protetor.

f) Monotube – As dobras do tubo são em sentido contrário ao do Raymond. A grande vantagem dessa estaca é que a concretagem é feita dispensando-se o mandril em virtude da menor resistência do tubo. As estacas de tubo perdido não são executadas no Brasil devido ao seu alto custo.

() As estacas atuam de três formas diferentes: A estaca coluna, após atravessar várias camadas de solo, apoia-se em rocha viva; a estaca de ponta atravessa terrenos resistentes a ponto de gerar a nega necessária para sua finalidade; a estaca de atrito lateral não encontra resistência ao atravessar determinados tipos de solos, ficando a cargo de sua área de contato, sua estabilidade.

Entre esses tipos citados, interessa à Mecânica dos Solos as estacas de ponta e de atrito, classificação esta teórica, uma vez que na realidade as estacas apresentam as duas resistências, a de ponta e a de atrito, preponderando, é claro, uma das parcelas, conforme a natureza do terreno.

g) Estaca Hélice-continua – Executadas por equipamento mecanizado composto de conjunto motorizado acoplado a uma torre onde está fixado uma rosca cuja função é a de escavar o solo e ao mesmo tempo esvaziar a perfuração. Sua profundidade pode chegar a 24 m e um diâmetro de até 1,1 m. () Após a perfuração o concreto é bombeado pelo próprio equipamento com pressão adequada, retirando a rosca estaticamente e com velocidade controlada, sendo que toda a operação é monitorada por computador de bordo, fornecendo informações detalhadas sobre as fundações executadas. Este equipamento pode perfurar inclusive rochas brandas ou alteração de rochas e tem um rendimento de até 4.000 m por mês. É um sistema muito utilizado em medias e grandes obras, principalmente em centros urbanos por não produzir nenhum tipo de vibração.

() **Atrito negativo** – É um efeito contrário ao esperado para uma estaca que ocorre em aterro executado em camada de argila mole sobre outra mais resistente, cujo recalque causará o afundamento da mesma.

Esta situação é frequente em fábricas e galpões, quando o piso é constituído de uma camada pouco espessa de concreto, apoiados diretamente no terreno. Ao se carregar esse piso, quer com mercadorias, quer com máquinas, a camada mole passa a recalcar, originando o atrito negativo.

4) TUBULÕES

() A execução de uma fundação em tubulões consiste na escavação, manual ou mecânica, de um poço, até encontrar terreno firme, alargando sua base a fim de transmitir a carga do pilar considerando uma pressão compatível com as características do terreno.

a) Tubulões a céu aberto – Pode ser usado em terreno suficientemente coesivo e acima do nível de água, dispensando o escoramento. () O diâmetro depende da carga e da maneira de execução, sendo que aberto manualmente, seu diâmetro mínimo será de 70 a 80 cm, a fim de que o poceiro possa trabalhar livremente. () Admitindo-se que o concreto trabalhe à taxa de 50 kgf/cm², o tubulão de diâmetro = 80 cm terá uma capacidade de até 250 tons. Concluimos então, que esse tipo de tubulão só será econômico para cargas próximas a 250 tons. Entretanto em algumas situações ele se tornará econômico, mesmo para cargas menores.

() Como o objetivo é conseguir uma fundação econômica, convém não usar armação, quer no fuste quer na base cujo ângulo deve ter 30°, sem canto vivo entre suas faces e um rodapé com altura entre 20 e 30 cm, para garantir um bom preenchimento na concretagem.

A forma usada preferencialmente para a base é a circular, embora no caso de fundação de divisa, se adote a falsa elipse. () Quando se faz armação da cabeça do tubulão, os ferros são colocados em forma de círculos concêntricos, para evitar o rompimento da mesma por esforços de tração.

Outros calculistas consideram a cabeça do tubulão como se fora um terreno com uma resistência de 50 kgf/cm², e armam-na segundo esse critério.

b) Tubulão tipo Chicago – () O poço aberto em etapas terá pranchas de escoramento travadas por anéis metálicos que, após uma sequência de operações até atingir a base, receberá a concretagem.

c) Tubulão tipo Gow – () O escoramento é feito por meio de tubos de aço com 2 m de diâmetro onde inicia-se a escavação para, em seguida, cravar-se outro de diâmetro menor, gerando nova escavação e assim sucessivamente, até que se atinja a profundidade desejada.

Os tubos são recuperados à medida que a concretagem progride.

() A vantagem que o método Gow apresenta sobre o Chicago é poder atravessar uma camada de areia abaixo do nível d' água, desde que esta se assente sobre uma camada de argila, onde o tubo venha a se apoiar e impeça a penetração da água antes do término da escavação.

d) Tubulão pneumático – Ao executar um tubulão num terreno onde seja necessário atravessar o nível do lençol freático, o esgotamento da escavação por meio de bombas, é inexequível. Havendo, também, o perigo de desmoronamentos, principalmente na execução da base.

() Esses obstáculos são vencidos com o uso do tubulão pneumático, o qual mantém a água afastada da câmara de trabalho por meio de ar comprimido.

Os procedimentos de execução de um tubulão de ar comprimido dividem-se em método clássico, usando elementos de concreto, ou o equipamento Benoto, através de tubos de aço. Pelo método clássico, iniciam-se os trabalhos com a concretagem de um tubo. Os diâmetros variam de acordo com a capacidade do tubulão. Assim, podemos ter:

d (m)	1,00	1,30	1,60
D (m)	1,20	1,60	2,00
Carga (tons.) max	600	1.000	1.800

Método clássico – () Os tubos pré-moldados ou concretados “in loco” são posicionados sobre o terreno e, em seguida, os operários penetram em seu interior e iniciam a escavação até chegar sob a face do tubulão, permitindo sua descida por seu próprio peso, dando lugar a outro subsequente.

As operações descritas repetem-se até que se atinja o nível de água, a qual é removida por bombeamento. Quando este não for suficiente instala-se o equipamento no qual introduzimos ar comprimido. Permitindo assim a entrada e saída dos operários no tubulão, a retirada do material escavado e a concretagem, sem perda de pressão. O funcionamento pode ser esquematizado da seguinte forma:

- fecham-se as portas e injeta-se o ar comprimido, até atingir a pressão conveniente, isto é, até expulsar a água do tubulão;
- havendo uma separação entre as câmaras os operários entram e fecham as aberturas. Injeta-se o ar. Quando a pressão na campânula igualar a pressão do tubulão, a porta divisória se abre sob a ação de seu próprio peso; os operários que estavam na campânula descem e iniciam a escavação;
- () a terra escavada sobe para a campânula, por meio de um guincho e é retirada da mesma obedecendo as operações de fechar e abrir comportas quando é lançada no cachimbo que, estando cheio cairá por gravidade após a comunicação feita com o exterior através de um código sonoro próprio.
- Os trabalhos prosseguem na forma descrita, até atingir a profundidade onde se abrirá a base, que é a fase mais perigosa da execução do tubulão; em geral é feita por etapas, iniciando-se pela escavação na parte central, a fim de confirmar o tipo de terreno com o indicado pela sondagem;
- para prosseguir o alargamento da base, o tubulão deverá ser escorado, o que poderá ser feito internamente, na face, ou externamente na campânula. O material existente abaixo da face só deverá ser retirado no fim, para evitar fuga de ar pela mesma;
- () pronto o alargamento da base, esta deverá ser vedada com argila ou nata de cimento, para evitar perda de ar, seguindo-se então a fase de concretagem com lançamento através do cachimbo de concretagem, cujas portas de enchimento e esvaziamento deverão ser abertas intercaladamente, mantendo a pressão dentro do tubulão. () Durante a fase de concretagem, os operários ficam na parte superior da campânula, esperando a formação de um lastro de concreto na base para que possam descer e adensá-lo;
- tanto a compressão quanto a descompressão devem ser feitas em estágios, e sua duração deverá evitar prejuízo ao pessoal. O abandono da campânula deverá obedecer ao processo inverso da entrada. () A pressão máxima de trabalho não deve ultrapassar 3 atm a qual equivale a 30 m abaixo do nível da água.

A descompressão só poderá ser feita quando for concluído o tubulão. Caso contrário, a água invadiria as escavações, provocando desmoronamentos. Se o concreto já colocado for suficiente para equilibrar a pressão da água, aí sim.

Equipamento Benoto – Como o custo da escavação, sob ar comprimido, é muito elevado, procurou-se reduzi-la a um mínimo. () Isso foi conseguido com o emprego de tubos de revestimento de aço, que podem ser emendados por solda e do equipamento Benoto, dotado de movimento de rotação, capaz de romper o atrito do terreno.

A escavação no interior desses tubos é feita mecanicamente até atingir a profundidade prevista para a base. Nessa ocasião coloca-se a campânula de ar comprimido e os operários descem para proceder à abertura da base como no caso clássico.

5) **REFORÇO DE FUNDAÇÕES** – Em algumas ocasiões há necessidade de substituir ou reforçar as fundações de uma estrutura em virtude de sua fragilidade ou prejuízos causados por construções vizinhas. Não há, propriamente, uma teoria sobre o assunto e alguns casos exigem soluções inéditas. Entretanto, há alguns recursos que são frequentemente empregados. Suponhamos que se queira construir um prédio com subsolo, tendo por vizinho uma construção que transmite suas cargas ao terreno por meio de uma sapata corrida. A escavação onde será edificada a nova construção deve ser iniciada pela parte central. () A divisa com o prédio existente deverá ficar com um maciço de terra de largura igual a 1 m, sendo que a inclinação dependerá da natureza do terreno. A seguir, executam-se, nesse maciço, o que segue:

- Escavações de 1,0 a 1,5 m de largura, espaçadas de 2,0 em 2,0 m e que se estendem sob a fundação a ser reforçada;
- constrói-se, então, um maciço de alvenaria com tijolos para preencher esse espaço deixando-se uma folga de 10 cm para posterior encunhamento;
- concluídos os encunhamentos de todos os maciços executados, iniciam-se as aberturas e preenchimento daqueles intercalados.

Em alguns casos é necessário escorar o terreno. Depois de pronto, o reforço deverá coincidir com a antiga fundação, ou seja, na divisa. Aí sim será realizado o rebaixamento do solo ou as fundações da nova obra.

Evidentemente, esse processo não se aplica a construção que transmitam suas cargas por meio de elementos isolados, como sapatas. () Nesse caso é preciso reforçar cada sapata isoladamente e o serviço consistirá em três fases distintas:

- Escoramento inicial da estrutura;
- execução da nova fundação;
- transferência da carga à nova fundação.

O escoramento é de grande importância, evitando recalques durante a escavação.

QUESTIONÁRIO:

- 1) Qual o nome do dispositivo usado na cravação de estacas e como funciona?
- 2) Descreva a execução do tubulão do tipo Chicago.
- 3) Qual o rendimento do bate-estacas quando se usa a pressão dos gases apenas para erguer o dispositivo?
- 4) Quais são as especificações básicas para as estacas de madeira?
- 5) Quais são as especificações básicas para os tubulões a céu aberto?
- 6) Qual o critério de inutilização para estacas pré-moldadas?
- 7) Qual a durabilidade das estacas de madeira?
- 8) Descreva a execução do tubulão do tipo Gow.
- 9) Qual a finalidade da nega na cravação de estacas?
- 10) Qual é a primeira operação realizada na execução de uma estaca de tração conhecida como Franki?
- 11) Qual o processo utilizado para a cravação de estacas?
- 12) Cite as desvantagens do uso de estacas de aço.
- 13) Especifique a seção para uma estaca vibrada de 11 m e capacidade para 32 tons.
- 14) A cravação de estacas por gravidade gera quais inconvenientes?
- 15) Descreva o que venha ser atrito negativo quando do uso de estacas pré-moldadas.
- 16) Como se processa a retirada de material escavado do tubulão pneumático e como se dá a comunicação entre os operários?
- 17) O ataque de água agressiva em estacas pré-moldadas pode gerar quais problemas?
- 18) Como classificamos as estacas quanto ao esforço a que estão sujeitas?
- 19) Como funciona o balde sonda nas estacas tipo Strauss?
- 20) Qual a configuração básica para se ter um tubulão de gasto reduzido?

- 21) Qual a carga máxima para uma estaca de madeira?
- 22) Quais são os tipos disponíveis de estacas de concreto?
- 23) De que forma distribuímos as tensões e protegemos a estaca na cravação?
- 24) Qual as especificações para um bate-estacas por gravidade?
- 25) O método Gow, para tubulões a céu aberto, oferece qual vantagem?
- 26) O descuido na retirada do tubo de revestimento da estaca Strauss poderá gerar qual problema?
- 27) Como proceder na execução de um tubulão que precise atravessar o lençol freático?
- 28) Cite as vantagens do uso de estacas de aço.
- 29) Qual o recurso utilizado na redução de custos de execução de tubulões?
- 30) Qual o rendimento do bate-estacas quando se usa a pressão dos gases para erguer e cravar o dispositivo?
- 31) Qual a maior profundidade executada com uma estaca Franki?
- 32) Qual fator torna o uso da estaca de madeira desfavorável?
- 33) Como é feita a concretagem nas estacas Strauss?
- 34) Como é executada a cravação das estacas por compressão?
- 35) Qual a capacidade de carga para um tubulão a céu aberto de 80 cm de diâmetro?
- 36) Qual a função da armadura nas estacas pré-fabricadas?
- 37) Descreva as três modalidades de estacas quanto ao seu desempenho.
- 38) Qual é a capacidade de carga de uma estaca Strauss com 25 cm de diâmetro?
- 39) Qual o diferencial quanto a armadura empregada nas estacas protendidas?
- 40) De que maneira o tubo é cravado no estaqueamento Franki?
- 41) Qual a disposição da armação na cabeça do tubulão?
- 42) Cite as vantagens das estacas Franki.
- 43) O que fazer no caso de não se atingir a nega na cravação de estacas?
- 44) Descreva a execução do tubulão do tipo pneumático pelo método clássico.
- 45) Cite as vantagens das estacas Strauss.
- 46) O que fazer para cravar estacas duplex em solos compostos de argilas orgânicas?
- 47) Como fica a proteção dos operários no lançamento do concreto dentro do tubulão pneumático?
- 48) Como proceder para reforçar fundações de edificações vizinhas dotadas de sapatas isoladas?
- 49) Qual fator preponderante determina o uso de estacas?
- 50) Quais são as vantagens oferecidas pelas estacas de madeira?
- 51) Quais materiais compõe o cebolão quando empregamos estacas Franki?
- 52) Defina a execução de tubulões.
- 53) Em qual posição devemos colocar o cabo de levantamento nas estacas de concreto?
- 54) Qual a capacidade de carga para as estacas duplex e triplex?
- 55) Quais dados determinam a nega nas estacas Franki?
- 56) Como proceder para reforçar fundações de edificações vizinhas compostas por sapata corrida?
- 57) Quais são as especificações para uma estaca de concreto centrifugada com capacidade para 50 tons.?
- 58) O que pode ocorrer na cravação de uma estaca Franki próxima a outra já executada?
- 59) Qual seria a especificação para uma estaca Franki com capacidade de 100 tons?
- 60) Qual a pressão dentro do tubulão pneumático?
- 61) Como funciona o processo Raymond, considerando estacas moldadas “in loco”?
- 62) Qual o procedimento após o alargamento da base em um tubulão pneumático executado pelo método clássico?
- 63) Como proceder para evitar a interrupção da coluna de concreto pelo levantamento rápido do tubo nas estacas Franki?
- 64) Qual é o procedimento de concretagem das estacas hélices continua?