

Fundações e Contenções

Fundação com tubulões

Perfuração profunda usada na construção de pontes e viadutos exige atenção à compatibilidade do material de base com a tensão de projeto adotada e a instabilidade do solo. Saiba como inspecionar o serviço

Por Melina Fogaça
Edição 20 - Novembro/2012



Tubulões a ar comprimido usados na construção dos pilares de sustentação de duas pontes da Linha Verde, em Curitiba

A execução de fundações com tubulões é indicada especialmente para obras com cargas consideradas elevadas (acima de 3 mil kN), - como, por exemplo, pontes, viadutos e prédios de grande porte - para solos com presença de lençol freático e que apresentam riscos de desabamento.

Os tubulões são elementos de fundação profunda em concreto moldado in loco que transmitem as cargas estruturais para os solos de maior capacidade de suporte. Consistem no encamisamento da estrutura do fuste com anéis de concreto ou tubos de aço. Podem ser a céu aberto, com e sem escoramento, e a ar comprimido, com revestimento metálico ou de concreto.



Acima operários fazem o alargamento da base. Ao lado e abaixo fotos mostram escavação mecânica do fuste



"Os elementos de fundação em concreto moldado in loco (tubulões a céu aberto) são obtidos por meio do preenchimento com concreto de escavações no terreno, previamente executadas, de seção circular e formato cilíndrico (fuste, base e tronco cônica)", explica o gerente técnico e de planejamento da Progeo Engenharia e especialista em fundação pesada e geotecnia, Luiz Antonio Naresi Jr.

Já os tubulões pneumáticos têm a função de transmitir as cargas estruturais para solos de maior capacidade de suporte situados em locais que apresentam maiores profundidades, sendo caracterizados por seção transversal, o que permite a escavação interna, com entrada de pessoal em seu interior.

Quando os tubulões são escavados manualmente, podem ser dotados de base alargada tronco-cônica - sendo então executados acima do nível d'água, natural ou rebaixado. O modelo também se aplica a casos especiais em que abaixo do nível da base seja possível bombear a água, sem que haja possibilidade de desmoronamento ou perturbação no terreno de fundação.

Seja qual for a tecnologia (in loco ou a ar comprimido), os tubulões permitem a inspeção do solo ou da rocha na fundação, na cota de abertura de base. De acordo com o diretor

técnico da GeoCompany, Roberto Kochen, a utilização do sistema é uma vantagem em relação a elementos de fundação profunda em que o controle é apenas indireto, como, por exemplo, as estacas pré-moldadas.

Vistorias em canteiro

Na fiscalização desse tipo de obra, o primeiro passo é verificar as condições do solo junto à base do tubulão com a presença de um profissional especializado, que deve verificar a base (nivelamento, resistências e presença de materiais não previstos) antes da liberação da concretagem, explica a diretora do Centro de Tecnologia de Obras de Infraestrutura do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Gisleine Campos.

Luis Antonio Naresi lembra que a liberação do disparo da base deve ser feita pelo engenheiro especialista em fundação e geotecnia para confirmação se o que estava previsto no projeto, da tensão da base de fundação, é confirmada no local da abertura da base.

Durante a execução também é fundamental vistoriar a manutenção da estabilidade da escavação, seja do fuste ou da base do tubulão. Nesses casos, para solos não coesivos ou em que exista a tendência de fechar o fuste, indica-se o uso do revestimento. Para garantir uma escavação estável, também recomenda-se a utilização de ar comprimido sob o nível d'água em solos de permeabilidade significativa.

Fichas de fiscalização



Boletim de Tubulão à Céu Aberto				
Obra:			Tubulão nº:	
Local:			data:	
Responsável:				
Material Escavado				
Horário			Diâmetro do fuste (mm)	Profundidade (m)
Data	Início	Término		
Concretagem				
Horário			Consumo de cimento/m ³	Volume
Data	Início	Término		
			Resistência (MPa)	
Fuste				
Diâmetros			Comprimento real	
Cotas				
Assentamento			Arrasamento	
Fundo				
Topo da Base				
Base				
Altura		Diâmetro		Dimensões
Observações:				
• - Características do equipamento				
Nível d'água				
Paralisações				
Estrutura de Apoio				
Nome do Executor			Assinatura do Executor	

Tabela de fiscalização de fundações de tubulão desenvolvida pelo Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo (DER/SP)

Caso ocorram irregularidades na instalação do sistema, especialmente desalinhamento do fuste e dificuldade de abertura e concretagem da base, é preciso corrigir imediatamente, pois o tubular não pode ficar muito tempo aberto para não sofrer alívio de tensões e perda de resistência do solo. "A concretagem pode ser feita em curto prazo", explica Kochen.

A norma NBR 6.122/10 - Projeto e Execução de Fundações, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - que fixa as condições básicas a serem

observadas no projeto e na execução de fundações de edifícios, pontes e outras estruturas - determina que quando as características do solo indicarem problema no alargamento da base, deve-se prever o uso de injeções, aplicações superficiais de cimento, ou até mesmo escoramento, com o objetivo de evitar desmoronamento.

A normativa também recomenda que a base do tubulão deva ser dimensionada de modo a evitar alturas superiores a 2 m. Somente em casos excepcionais, justificados, admitem-se alturas superiores. É preciso ainda evitar a realização de trabalhos simultâneos em bases alargadas de tubulões, cuja distância, de centro a centro, seja inferior a duas vezes o diâmetro de maior base, valendo essa recomendação tanto para escavação, quanto para concretagem, especialmente quando se tratar de tubulões a ar comprimido.

Segundo Gisleine Campos, do IPT, cada caso precisa ser analisado individualmente e, ao se detectar qualquer problema durante a escavação ou concretagem do elemento, é necessário contatar o projetista responsável para que sejam avaliadas as condições de segurança e os eventuais impactos negativos do problema no desempenho e na estabilidade da obra em execução.

Em canteiro, é aconselhável ao fiscal checar, ainda, os registros das variações das camadas geológicas em boletins de perfuração apropriados e as diversas camadas de solo/alteração/matacão e rocha. Além das questões ligadas à saúde dos trabalhadores, especialmente no caso de uso de ar comprimido, situação que exige preparo prévio e tempo reduzido de trabalho dos operários.

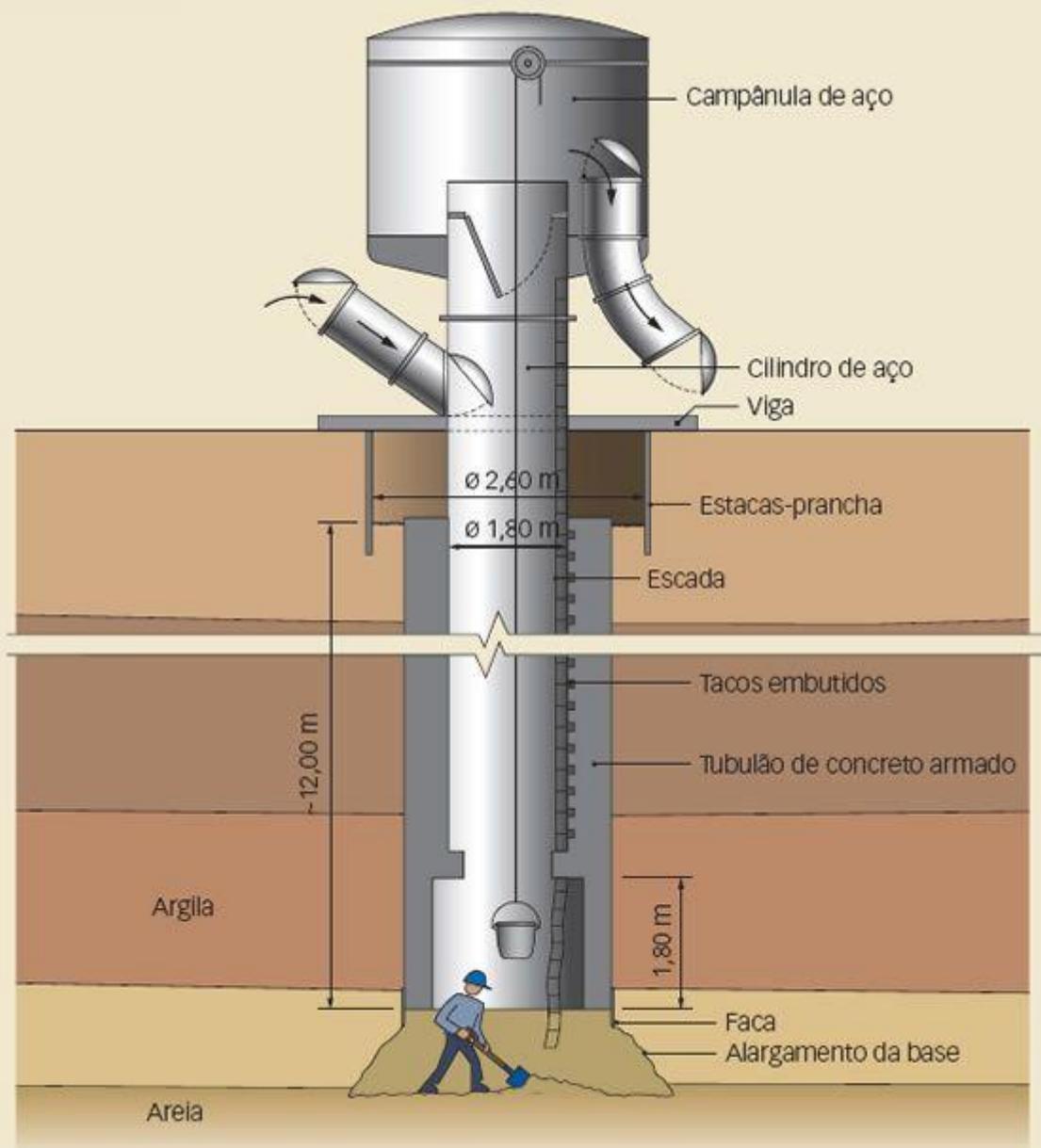
Equipamentos

Entre os principais equipamentos utilizados na fundação com tubulão pneumático estão: campânula, compressor de ar comprimido 900 pcm, filtro de ar com carvão ativado e serpentina para resfriamento da campânula. "A utilização de ar comprimido é feita caso se encontre, durante a escavação, o lençol freático de água. Caso contrário, a perfuração é contínua, sem a necessidade de compressão", explica Naresi. Sendo necessária a realização de uma obra completa com tubulões a ar comprimido, a quantidade de equipamentos se torna mais específica em função do dimensionamento

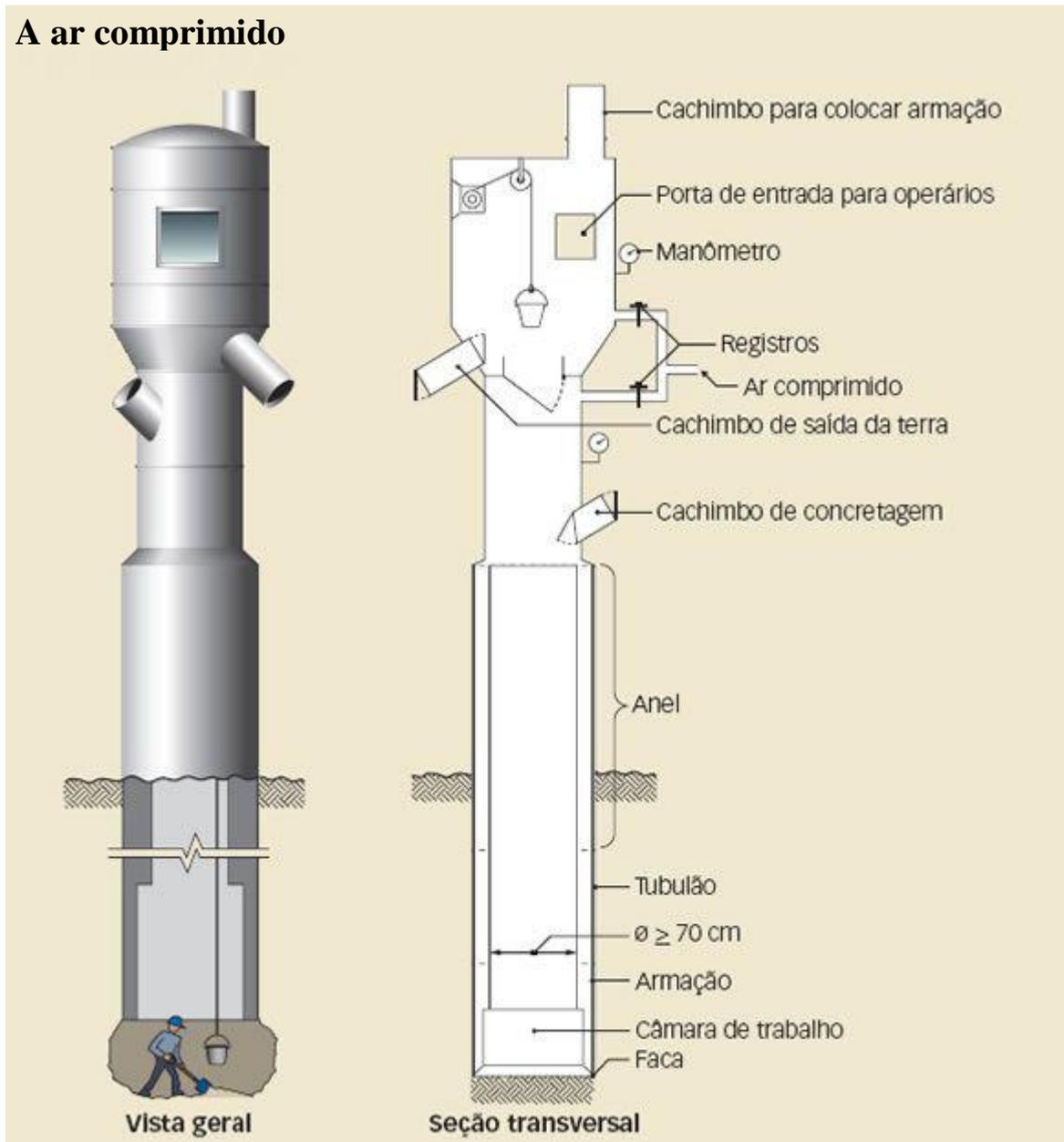
quantitativo face à produção e ao tipo de revestimento da camisa, sendo alguns equipamentos básicos, alguns opcionais e outros específicos para obras com uso de camisa de aço e concreto.

Tubulões

A céu aberto



A ar comprimido



Nesse caso, além dos equipamentos citados, seriam adicionados: grupo gerador a diesel ou energia elétrica, mangotes vibradores $\varnothing 45$ mm, mangotes vibradores $\varnothing 60$ mm, motovibradores elétricos, piteira ou hamer grab, rede de ar comprimido com acessórios, reservatório de ar comprimido e resfriadores.



Inserção da armadura e armação montada na base do tubulão

Os equipamentos opcionais, em função da obra e das condições, são: furadeira manual elétrica, máquina de cortar ferro, guinchos elétricos, martelletes rompedores pneumáticos, martelletes rotativos pneumáticos, mesa de serra circular, moto-esmeril, reservatório de óleo diesel e veículo leve. Para tubulões com camisa de aço, Naresi aponta que é necessária a utilização de guindaste, máquina de solda e conjunto oxicorte, e martelo de impacto ou vibratório ou entubadora. Na execução de tubulões com camisa de concreto, estão inclusos câmara de trabalho, jogos de fôrma externa e jogos de fuste.

Para tubulões a céu aberto, a escavação normalmente é manual, com a utilização de pá e picareta, além do balde para a retirada do solo. Caso haja a necessidade de escavar o solo mecanicamente, podem-se utilizar os equipamentos de perfuração listados.

Normas técnicas

Além da NBR 6.122 para a execução de tubulões, devem ser observadas as normas NBR 6.118 - Projeto de Estrutura de Concreto, a NBR 7.678/83 - Segurança em Obras, e a NR-18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. A norma reguladora, NR-18, explica sobre aspectos do canteiro de obras e algumas especificações relacionadas ao meio ambiente, além de conter tópicos referentes à execução de tubulões, como, por exemplo, a necessidade da utilização de sistema de segurança com travamento para equipamentos de descida e içamento de trabalhadores e materiais nas obras de tubulões a céu aberto.

Medição e pagamento

Em geral, para os serviços de fundações realizados com tubulões, cobra-se o serviço por metro escavado, tendo-se sempre um valor fixo para mobilização e desmobilização da equipe e dos equipamentos. De acordo com o especialista em fundação pesada e geotécnica, Luiz Antonio Naresi Jr., algumas notificações em relação ao pagamento da medição dos serviços de fundação com tubulão podem ser pagas segundo alguns critérios:

SERVIÇO	PAGAMENTO
Mobilização e instalação de equipe e equipamentos	por equipe/campânula
Escavação a céu aberto em material de 1ª categoria (solo)	por m ³
Escavação a céu aberto em material de 2ª categoria (alteração)	por m ³
Escavação a céu aberto em material de 3ª categoria (matacão/rocha)	por m ³
Escavação a ar comprimido com auxílio de campânulas em material de 1ª categoria (solo)	por m ³
Escavação a ar comprimido com auxílio de campânulas em material de 2ª categoria (alteração de rocha)	por m ³
Escavação a ar comprimido com auxílio de campânulas em material de 3ª categoria (matacão/rocha)	por m ³
Fornecimento, montagem e aplicação de aço	por kg
Fornecimento, montagem e aplicação de fôrma de madeira ou metálica circular	por m ²
Fornecimento, aplicação e lançamento de concreto	por m ³
Desmobilização de equipe e equipamentos	por equipe/campânula