



PREFEITURA MUNICIPAL
DE BELO HORIZONTE

Prefeitura Municipal de Belo
Horizonte – PBH

Secretaria Municipal de Obras e
Infraestrutura – SMOBI

Superintendência de
Desenvolvimento da Capital –
SUDECAP

Diretoria de Planejamento e
Controle de Empreendimentos –
DPLC-SD

Departamento de Informações e
Procedimentos Técnicos –
DPIT-SD

Gerência de Normas e Padrões
Técnicos – GENPA-SD

CADERNO DE ENCARGOS SUDECAP

Este documento faz parte do
Caderno de Encargos SUDECAP
disponível no Portal PBH.

São reservados à Prefeitura
Municipal de Belo Horizonte todos
os direitos autorais. Desde que o
documento seja referenciado, é
permitida a reprodução do seu
conteúdo. A violação dos direitos
autorais sujeita os responsáveis às
sanções cíveis, administrativas e
criminais previstas da legislação.



SUDECAP
SUPERINTENDÊNCIA DE
DESENVOLVIMENTO DA CAPITAL

CAPÍTULO 4

FUNDAÇÕES

4ª EDIÇÃO

PUBLICAÇÃO: 15/07/2019

ATUALIZAÇÃO: 25/04/2024

SUMÁRIO

4. FUNDAÇÕES.....	2
4.1. OBJETIVO.....	2
4.2. LEGISLAÇÃO APLICÁVEL, NORMAS E PRÁTICAS COMPLEMENTARES.....	2
4.3. CONDIÇÕES GERAIS	3
4.4. FUNDAÇÕES EM SUPERFÍCIE	6
4.5. FUNDAÇÕES PROFUNDAS	8
4.6. PROVA DE CARGA DAS FUNDAÇÕES	17
REFERÊNCIAS.....	17



4 FUNDAÇÕES

4.1 OBJETIVO

O Caderno de Encargos SUDECAP visa estabelecer condições e prescrições relativas à execução dos diversos tipos de fundações existentes, fornecendo informações inerentes à sua execução, critérios de levantamento, medição e pagamento.

4.2 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL, NORMAS E PRÁTICAS COMPLEMENTARES

ASTM D5882/16 - *Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations.*

NBR 5738/15 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.

NBR 5739/18 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.

NBR 6118/14 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.

NBR 6120/19 - Ações para o cálculo de estruturas de edificações.

NBR 6122/22 - Projeto e execução de fundações.

NBR 6123/88 - Forças devidas ao vento em edificações

NBR 6484/20 - Solo - Sondagem de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio.

NBR 6489/19 - Solo - Prova de carga estática em fundação direta.

NBR 6502/22 - Solos e rochas - Terminologia.

NBR 7190/97 - Projeto de estruturas de madeira.

NBR 7212/21 - Concreto dosado em central - Preparo, fornecimento e controle.

NBR 7678/83 - Segurança na execução de obras e serviços de construção.

NBR 8036/83 - Programação de sondagens de simples reconhecimento do solo para fundações de edifícios.
- Procedimento.

NBR 8681/03 - Ações e segurança nas estruturas - Procedimento.

NBR 9062/17 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.

NBR 9603/15 - Sondagem a trado - Procedimento.

NBR 10067/95 - Princípios gerais de representação em desenho técnico.

NBR 13208/07 - Estacas - Ensaio de carregamento dinâmico.

NBR 14931/04 - Execução de estruturas de concreto - Procedimento.

NBR 16258/14 - Estacas pré-fabricadas de concreto - Requisitos.

NBR 16903/20 - Prova de carga estática em fundação profunda.

NBR 17007/21 - Soldagem de aços para emendas de estacas de fundações - Requisitos.

NBR NM67/96 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.

Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego.

4.3 CONDIÇÕES GERAIS

A fundação é um dispositivo de suporte da superestrutura de uma edificação que permite a devida sustentação e estabilidade às construções. Dependendo das condições do solo e da obra, podem ser classificadas em diretas e indiretas, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação Geral das Fundações. Fonte: Elaboração própria.

Fundações Diretas	Rasas	Blocos de Fundação		
		Sapatas	Corrida	
			Isolada	
			Associada	
		Vigas	Viga Alavanca ou de Equilíbrio	
			Radier	
Fundações Indiretas	Profunda	Tubulão	A céu aberto	
	Profunda	Estacas	Moldada "in loco"	Strauss
				Franki
				Brocas
				Hélice contínua
				Escavada
				Raiz
			Pré-Fabricada de Concreto	Cravada
				Prensada
			Metálica	Cravada
				Prensada
			Madeira	

De maneira geral, para a execução de qualquer um dos tipos relacionados, a CONTRATADA deve estar ciente que todos os escoramentos necessários ficarão à cargo e sob responsabilidade da mesma.

Sempre que houver a necessidade de rebaixamento do lençol freático para a execução das fundações deve haver uma Portaria de Outorga válida, obtida junto ao IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas). Dessa forma, sempre que tal intervenção for identificada na etapa de projeto, todas as providências serão tomadas para obtenção de tal outorga antes do início das obras. No entanto, somente durante a obra, quando houver a identificação da necessidade de rebaixamento do lençol freático para a execução das fundações, a FISCALIZAÇÃO deverá ser informada, para que seja estudado como serão elaborados todos os materiais necessários ao pedido de outorga junto ao IGAM, conforme determinado nas "Instruções para Elaboração de Processos de Outorga" do referido órgão.

Na execução de subsolos, quando for o caso, será determinado o nível superior efetivo do lençol d'água, com vistas à impermeabilização de cortinas e lajes, o que será feito mediante escavação de poço piloto. A proteção das armaduras e do próprio concreto contra a agressividade de águas subterrâneas será objeto de estudos especiais por parte da CONTRATADA, na etapa de projetos, bem como de cuidados de execução, no sentido de assegurar a integridade e durabilidade da obra.

O preparo adequado das superfícies sobre o qual o concreto será lançado deve ser estabelecido pelas exigências de projeto em decorrência das condições locais e pelo tipo do material de fundação.

É recomendado que, na fase de obra, com o objetivo de melhor avaliar e pesquisar o terreno objeto da construção, e até mesmo com o objetivo de alinhar os dados com as sondagens realizadas na fase de projeto, seja executada nova investigação geotécnica ou geológica (SPT ou rotativa).

Devem também ser realizados os ensaios dos materiais utilizados assim como ensaios de integridade e desempenho, conforme recomendado em Normas Técnicas que tratam da matéria. Tais ensaios devem ser especificados e quantificados na fase de projetos, pelo Responsável Técnico, devendo estarem inseridos na planilha de serviços do empreendimento.

Uma vez detectada a necessidade de se realizar contenções especiais do tipo cachimbo, tubulão de contenção, parede diafragma, cortina atirantada, muro de arrimo, terra armada, etc., não previstas no projeto inicial, estas deverão ser objeto de levantamento específico e serão objeto de complementação do projeto executivo de fundação inclusive com a realização dos devidos ajustes contratuais.



Se durante a execução dos serviços, fatores não previstos incidirem sobre a natureza ou o comportamento do terreno gerando a necessidade de ajustes e/ou revisão do projeto de fundação, a CONTRATADA deverá submeter o fato à FISCALIZAÇÃO, apresentando justificativas técnicas sobre a impossibilidade de execução. Desta forma, a FISCALIZAÇÃO deverá acionar a empresa projetista por meio da FISCALIZAÇÃO de projetos para que esta tome as devidas providências.

A metodologia de execução relativa aos itens forma, escoramento, desforma, etc., integrantes do grande grupo fundações, encontra-se referenciada no Capítulo 6 - Estruturas de Concreto e de Aço, deste Caderno de Encargos.

4.3.1 Condições específicas

O concreto a ser utilizado deverá satisfazer às condições previstas em projeto (f_{ck} , “slump”, etc.). A Tabela 2 apresenta parâmetros como referência para estacas moldadas *in loco*.

Tabela 2 - Estacas moldadas *in loco*: parâmetros, apresentado na NBR 6122. Fonte: Adaptado de ABNT (2022).

Tipo de estaca	Classe de agressividade ambiental (CAA) conforme ABNT NBR 6118	Classe de concreto/resistência característica da argamassa ou concreto	γ_c	% de armadura mínima e comprimento útil mínimo (incluindo trecho de ligação com o bloco)		Tensão de compressão simples atuante abaixo da qual não é necessário armar (exceto ligação com o bloco) MPa	Anexo onde se encontram definidos concreto/argamassa
				Armadura %	Comprimento m		
Hélice/hélice de deslocamento/hélice com trado segmentado ^a	I, II	C30	2,7	0,4	4,0	6,0	N / O / P
	III, IV	C40	3,6				
Escavadas sem fluido	I, II	C25	3,1	0,4	2,0	5,0	I
	III, IV	C40	5,0				
Escavadas com fluido	I, II	C30	2,7	0,4	4,0	6,0	J
	III, IV	C40	3,6				
Strauss ^b	I, II	20 MPa	2,5	0,4	2,0	5,0	G
Franki ^b	I, II, III, IV	20 MPa	1,8	0,4	Integral	—	H
Raiz ^{b,c,d}	I, II, III, IV	20 MPa	1,6	0,4	Integral	—	K
Microestacas ^{b,c,e}	I, II, III, IV	20 MPa	1,8	0,4	Integral	—	M
Estaca trado vazado segmentado ^{a,d}	I, II, III, IV	20 MPa	1,8	0,4	Integral	—	L

^a Nestas estacas, o comprimento máximo da armadura é limitado devido ao processo executivo.

^b Neste tipo de estaca, o diâmetro a ser considerado no dimensionamento é o diâmetro externo do revestimento.

^c O espaçamento entre face de barras deve ser de um diâmetro da barra e no mínimo 20 mm. As taxas máximas de armadura são de 8 % A_c para diâmetros menores ou iguais a 310, e de 6 % A_c para diâmetros iguais ou superiores a 400 mm. As taxas máximas devem ser verificadas na seção de maior concentração de aço (considerando inclusive as emendas por transpasse). Em situações críticas, o dimensionamento pode ser feito em função da área de aço ($f_{yk} \geq 500$ MPa; A_s = área de aço), conforme a seguir:

- quando $A_s \leq 6$ % A_c , o dimensionamento deve ser feito considerando a estaca trabalhando como pilar de concreto (a resistência da estaca é formada pela parcela do concreto e pela parcela do aço);
- quando $A_s \geq 6$ % A_c , o dimensionamento deve ser feito considerando que todo o esforço solicitante deve ser resistido apenas pelo aço da seção da estaca (a parcela resistente do concreto é desprezada).

^d Argamassa.

^e Calda de cimento.

Antes do início das etapas de concretagem, deverão ser conferidas as dimensões dos elementos de fundação podendo ser estes constituídos por formas, escavações, etc.; com o objetivo de determinar os volumes de concreto utilizados, que por sua vez deverão estar compatíveis com os indicados em projeto, assim como nas notas fiscais de compra, levando em consideração a sua classificação.

Caso ocorra, durante a execução das fundações, algum fato que venha a alterar os volumes/quantitativos iniciais previstos em projeto, a FISCALIZAÇÃO deverá criar um registro de tal ocorrência podendo ser este composto por relatório, fotografia e também, realizar anotação em Diário de Obras. Deverá ser realizada a

apuração das causas que motivaram a geração de custos adicionais referentes aos volumes/quantitativos excedentes. Tal ação se faz necessária para esclarecimentos caso ocorram questionamentos futuros.

Para a FISCALIZAÇÃO da execução de fundações em concreto, são apresentados como referência de itens a serem verificados, baseados em procedimentos técnicos elaborados pelo IBRAOP (Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas), tendo sido compilados nas tabelas apresentadas abaixo.

A Tabela 3 apresenta quadro com procedimentos de referência para a realização desta verificação na execução de concreto, as Tabelas 4 e 5 de aço e de forma, respectivamente, e a Tabela 6, por sua vez, observações gerais sobre fundações.

Tabela 3 - Procedimentos de referência para a verificação na execução de concreto. Fonte: Adaptado de Instituto Brasileiro de Obras Públicas - IBRAOP (2015).

Referência para a verificação na execução de concreto em fundações
<ul style="list-style-type: none">• Para avaliar as características e qualidade do concreto e dos seus elementos constituintes, devem ser solicitados os laudos e/ou ensaios do controle tecnológico realizado, comparando-se com as características determinadas no projeto.• As características do cimento podem ser identificadas na própria embalagem do material ou nas especificações constantes nas notas fiscais do fornecedor da CONTRATADA.• A resistência característica do concreto deve ser verificada nas especificações constantes nas notas fiscais do fornecedor da CONTRATADA e nos resultados de ensaios laboratoriais. (SUPRESSÃO ESCLEROMETRIA).• Em relação à aparência geral do concreto, a FISCALIZAÇÃO deverá verificar, por inspeção visual, a ocorrência de falha de concretagem (vazios, nichos, trados (brocas), etc.) na estrutura, bem como quebras e fissuras nos elementos estruturais.• A FISCALIZAÇÃO, sempre que possível, deverá realizar inspeção “in loco” das fundações quando estas estiverem em execução, momento em que é possível melhor avaliação visual dos elementos, registrando os elementos estruturais das fundações.• As seções e comprimentos dos elementos estruturais deverão ser verificados a partir da comparação entre o projetado e o executado, selecionando-se, na obra, alguns elementos estruturais mais acessíveis ou em execução, verificando-se, quando possível, as dimensões de blocos, sapatas, radier, tubulões e estacas por meio de instrumentos de aferição.• Após a identificação dos elementos executados, devem ser levantadas as respectivas quantidades de concreto, utilizando-se as informações constantes do projeto estrutural ou obtidas na obra, confrontando-se com o boletim (planilha) de medição.• A avaliação da ordem de grandeza do volume de concreto utilizado na obra pode ser efetuada a partir das notas fiscais do fornecedor da CONTRATADA, comparando-se com o volume medido.• As aberturas e orifícios previstos em projeto para passagens de tubulações e dutos devem ser verificados por meio de inspeção visual.

Tabela 4 - Procedimentos de referência para a verificação na execução de aço. Fonte: Adaptado de Instituto Brasileiro de Obras Públicas - IBRAOP (2015).

Referência para a verificação na execução de aço em fundações
<ul style="list-style-type: none">• A resistência característica do aço pode ser identificada no próprio material ou nas especificações constantes nas notas fiscais do fornecedor da CONTRATADA.• A bitola do aço utilizada nas estruturas deve ser verificada mediante a utilização de instrumentos de medição.• Após a identificação dos elementos executados, devem ser levantadas as quantidades de aço dos elementos identificados, utilizando-se as informações constantes do projeto estrutural ou obtidas na obra, confrontando-se com o boletim (planilha) de medição.• O cobrimento das armaduras deve ser verificado a partir dos espaçadores existentes, que afastam as barras de aço das formas ou do solo, e do alinhamento das barras de aço dentro das formas ou do solo, comparativamente ao indicado em projeto, medindo-se a distância entre as barras de aço e as formas ou solo nos elementos estruturais selecionados.• A avaliação da ordem de grandeza da quantidade de aço utilizado na obra pode ser efetuada a partir das notas fiscais do fornecedor da CONTRATADA, comparando-se com a quantidade medida.

Uma vez finalizada a montagem das armações dos elementos de fundação, a FISCALIZAÇÃO deverá conferir se as posições, as bitolas, os espaçamentos entre as posições, as dimensões, as amarrações e/ou soldas, o emprego dos espaçadores (necessários para o recobrimento especificado), foram realizadas de forma correta e se estão de acordo com as especificações descritas no projeto.

A aferição do quantitativo de aço, efetivamente utilizado na obra, será realizada a partir da conferência das armações dos elementos de fundações montados e tabelas de aço existentes nos projetos de fundação e ainda, pode-se utilizar como balizador os quantitativos descritos nas notas fiscais das compras realizadas pela CONTRATADA, para o referido empreendimento.

Tabela 5 - Procedimentos de referência para a verificação na execução de forma. Fonte: Adaptado de Instituto Brasileiro de Obras Públicas - IBRAOP (2015).

Referência para a verificação na execução de forma em fundações
<ul style="list-style-type: none">• Verificar, por meio de instrumentos de medição, se as formas executadas ou as cavas realizadas no solo, conforme especificados em projeto, garantem as corretas dimensões da peça estrutural (largura, altura e comprimento), bem como, no caso da utilização de forma, sua estanqueidade, através da observação quanto à existência de “fendas” que permitam a fuga da nata de cimento.• Atenção especial deverá ser dada para os casos em que tenham sido executadas fundações sem a utilização de formas, em face das características do solo e determinação do projeto e assim, deve ser verificado se houve lançamento de quantitativos indevidos em medição.• Após a identificação dos elementos executados, devem ser levantadas as quantidades de forma efetivamente aplicadas, utilizando-se das informações/especificações constantes do projeto estrutural e/ou de fundações ou obtidas na obra, confrontando-se com o boletim (planilha) de medição.• As aberturas e orifícios previstos para passagens de tubulações e dutos, bem como a locação das fundações, deverão ser verificados por meio de inspeção visual e/ou instrumentos de aferição apropriados, atentando para a compatibilização com os projetos de instalações, tais como: drenagem, hidrossanitária, elétrica, rede de dados, etc.

Tabela 6 - Observações gerais para a verificação na execução de fundações em concreto. Fonte: Adaptado de Instituto Brasileiro de Obras Públicas - IBRAOP (2015).

Verificações gerais na execução de fundações em concreto
<ul style="list-style-type: none">• Durante o processo de execução das fundações é fundamental que a FISCALIZAÇÃO realize a inspeção “in loco”, acompanhando suas etapas pois, ultrapassada essa fase, tais serviços estarão, na maioria dos casos, sob o solo, sem possibilidade de visualização direta. Recomenda-se ainda que seja criado um registro fotográfico dos mesmos.• A FISCALIZAÇÃO deverá verificar “in loco” se a execução da fundação é compatível com os perfis de sondagem existentes e se está seguindo a solução especificada em projeto, tendo por base as dimensões, quantidades e locação de blocos de coroamento, sapatas, estacas e tubulões. No tocante às estacas e tubulões, devem ser verificadas suas seções, comprimentos, quantidades por bloco e tipo adotado.• Em relação às estacas cravadas, a FISCALIZAÇÃO deverá solicitar os relatórios de cravação de estacas com a finalidade de comparar as quantidades medidas e projetadas com as efetivamente executadas.• No tocante ao perfil de sondagem, deve ser verificada a compatibilidade deste com os seguintes elementos encontrados “in loco”, entre outros: nível do lençol freático, ponto de nega na cravação das estacas, características visuais e tácteis do solo e dimensões e declividades do terreno.

4.4 FUNDAÇÕES EM SUPERFÍCIE

4.4.1 Definições

Define-se como fundação em superfície - rasa ou direta - aquela colocada imediatamente abaixo da parte mais inferior da superestrutura, onde as pressões se transmitam pela base, diretamente ao terreno de apoio, sendo desprezível a parcela correspondente à transmissão pelo atrito lateral. A Tabela 7 apresenta quadro esquemático com os principais tipos de fundação em superfície, aplicações, características e requisitos para utilização.

Tabela 7 - Quadro esquemático tipos de fundações em superfície. Fonte: Elaboração própria.

TIPO	APLICAÇÕES	CARACTERÍSTICAS	REQUISITOS
BLOCO	Superfície isolada, rígida ou indeformável utilizada em condições de baixa carga.	<p>Executados em concreto simples (não armado), em profundidades inferiores a 1,00 m, onde se dará a incidência de pequenas cargas.</p> <p>Seções com dimensões suficientes para que as tensões de tração não ultrapassem a tensão admissível do concreto.</p> <p>Podem apresentar formas tronco cônicas ou tronco piramidais com faces inclinadas ou degraus verticais.</p> <p>Não deve ser confundido com blocos de coroamento (armados).</p> <p>É responsável por transferir o carregamento para o solo.</p>	<p>Não demanda equipamentos específicos e mão de obra especializada. São utilizados equipamentos convencionais (pá, picareta, alavanca, etc.) necessários para a escavação do solo nos pontos de implantação.</p>
SAPATA	Em condições de baixa a média capacidade de carga.	<p>Executado em concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas pelo emprego de armadura especialmente dispostas para esse fim. Pode ter espessura constante ou variável e sua base em planta é normalmente quadrada, retangular ou trapezoidal.</p> <p>Acompanha o projeto de pilares da edificação, podendo ser: isolada, para pilares isolados centrais; associada, para pilares centrais próximos; alavancadas, para sapatas de divisa ou corrida, quando atua em cargas distribuídas como as paredes de alvenaria estrutural e muros de arrimo.</p>	
VIGAS	Para amarração e/ou distribuição de cargas entre elementos de super estruturas e elementos de fundação	Vigas de equilíbrio ou alavanca - recebem as cargas dos pilares e as distribui de forma centrada às fundações;	
RADIER	Superfície contínua e rígida, apresentando em geral a disposição de uma plataforma ou laje de concreto armado ou não. As cargas são transmitidas ao solo através de uma superfície igual ou superior a área de implantação da obra.	Semelhante a uma laje de concreto armado, abrange todos ou parte dos pilares de uma edificação sendo usual em bases de equipamentos ou quando buscamos uniformizar os recalques, como na solução em <i>steel frame</i> ou <i>wood frame</i> , bem como em projetos que apresentaram sapatas com bases muito próximas umas das outras e a soma das áreas das bases ultrapasse 60 a 70 % da área total da projeção da edificação.	<p>Não demanda equipamentos específicos e mão de obra especializada. São utilizados equipamentos convencionais (pá, picareta, alavanca, etc.) necessários para a escavação do solo nos pontos de implantação, sendo preciso regularizar e nivelar a área.</p>

4.4.2 Condições Específicas

Para a execução dos blocos, sapatas e vigas de fundação, deverão ser observadas as seguintes condições:

- Durante a etapa de escavação das valas, a CONTRATADA deverá providenciar dispositivos para a prevenção de acidentes, tais como cercas, gradis, tapumes, etc.;
- O fundo das valas, após devidamente compactado, deverá ser recoberto com uma camada de concreto não estrutural de 5 cm;
- Nas laterais das cavas sempre devem ser instaladas formas de madeira. Não será permitido concretar contra barranco.
- Para os casos de existência de rocha, visando proporcionar uma perfeita aderência rocha - concreto, a superfície da rocha deverá ser preparada com certa rugosidade. Rochas soltas, argamassas secas, depósitos orgânicos, substâncias oleosas, friáveis (rocha sedimentar, metamórfica ou substância que é facilmente desmontada, fraturada, desmanchada, dissolvida ou destruída) e outros materiais estranhos, deverão ser removidos. Fissuras abertas, impregnadas de argila ou outros materiais finos deverão ser limpas com jatos de ar e água até uma

profundidade adequada;

- Durante o lançamento do concreto, a rocha deverá estar isenta de materiais finos e na condição de “saturado com superfície seca”, a fim de que não haja absorção de água do concreto fresco;
- Antes do lançamento do concreto, as cavas deverão ser limpas, isentas de quaisquer materiais que sejam nocivos ao concreto, tais como: madeiras, solos carreados por chuvas, etc.;
- A complementação da limpeza será efetuada através do uso de picaretas, alavancas, vassouras duras, jatos de ar e/ou água em alta pressão, jatos de areia ou outros métodos adequados, seguidos de um processo de lavagem total;
- O acúmulo de água de lavagem, que ocorrer nas depressões da fundação, deverá ser removido antes do início do lançamento do concreto. As águas que porventura permanecerem nas valas deverão ser totalmente esgotadas;
- Os corrimentos de água que procedem da parte externa da fundação a ser concretada deverão ser direcionados para locais de bombeamento.

4.4.3 Critérios de levantamento, medição e pagamento

As peças de fundação de superfície deverão ser levantadas por nível, separando-as por tipo (exemplo: blocos, vigas baldrames, cortinas, cintas, etc.).

4.4.3.1 Levantamento (quantitativo para projeto)

O levantamento será efetuado separando-se todas as atividades necessárias à execução, em função das suas respectivas unidades, correspondendo sobretudo às ações de: escavação (m³), formas (m²), armação (kg) e concreto (m³).

Quando se tratar de pequenos baldrames de alvenaria de blocos de concreto, preenchidos com concreto, será levantado por m³.

Os serviços de escavação, transporte e reaterro do material escavado serão levantados pelos critérios descritos no Capítulo 3 - Trabalhos em terra, deste Caderno de Encargos.

4.4.3.2 Medição

A medição será efetuada aplicando-se os mesmos critérios de levantamento considerando os quantitativos efetivamente executados e aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

4.4.3.3 Pagamento

Os serviços serão pagos aos preços unitários contratuais, contemplando todas as ações inerentes à sua execução, de acordo com os critérios de medição descritos anteriormente.

4.5 FUNDAÇÕES PROFUNDAS

4.5.1 Definições

Quando os solos próximos à superfície do terreno são dotados de baixa capacidade de carga e são compressíveis, não permitindo o emprego de fundações de superfície, as cargas estruturais são transferidas para os solos de maior capacidade de suporte, situados em maiores profundidades, por meio de fundações profundas.

São em geral de forma cilíndrica ou prismática, sendo suas principais funções:

- Transferir cargas a certa profundidade, em solos com pouca capacidade de suporte, por meio de atrito lateral ao longo do fuste (estacas flutuantes);
- Transferir cargas, através de água ou de camadas pouco resistentes, a um nível do terreno suficientemente capaz de absorvê-las (estacas carregadas de ponta);
- Transferir cargas ao terreno por meio de atrito lateral e de ponta;
- Levar a fundação a uma profundidade suficientemente segura aos fenômenos de erosão;
- Conter empuxo de terra ou de água.

Segundo a NBR 6122:

- Estaca é o “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-fabricado, concreto moldado *in loco*, argamassa, calda de cimento, ou qualquer combinação dos anteriores”

(Figura 1);

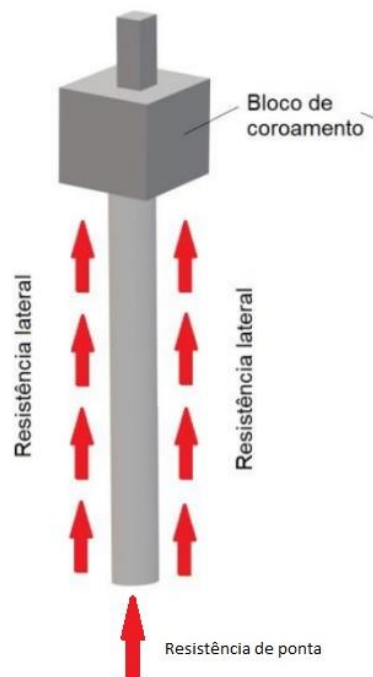


Figura 1 - Desenho esquemático de estaca. Fonte: Elaboração própria.

Nota: Desenho elaborado em 20/10/2022.

- Tubulão é o 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” (Figura 2).

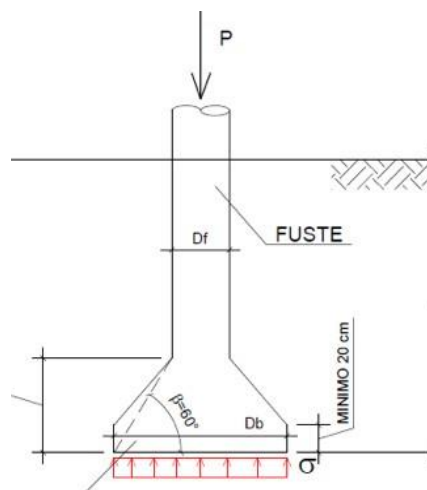


Figura 2 - Desenho esquemático de tubulão. Fonte: Elaboração própria.

Nota: Desenho elaborado em 20/10/2022.

As Tabelas 8, 9 e 10 apresentam quadros esquemáticos com os principais tipos de fundações profundas, aplicações, características e requisitos para utilização.

Tabela 8 - Quadro esquemático tipo de fundação de estacas moldadas in loco. Fonte: Elaboração própria.

TIPO	APLICAÇÕES	CARACTERÍSTICAS	REQUISITOS
TRADO MANUAL	Possui baixa capacidade de suporte sendo indicada para terrenos de baixa a média consistência e compacidade, para cargas limitadas a 100 kN.	Executada por meio da escavação do solo utilizando usualmente trado (broca) manual e posterior preenchimento com concreto.	Trado (broca) manual tipo concha ou helicoidal.
TRADO MECANIZADA	Em obras onde se faz necessária uma rápida produção, podendo alcançar profundidades consideráveis, com a possibilidade de diâmetros diversos.	Fabricadas por meio da concretagem de um furo executado por trado (broca) espiral, empregado onde o perfil do subsolo tem características tais que o furo se mantenha estável, sem necessidade de revestimento ou de fluido estabilizante. A profundidade é limitada à ausência de água durante todo o processo executivo, da perfuração à concretagem.	Utilizado um trado (broca) curto acoplado a uma haste onde se dá a perfuração, até a profundidade especificada em projeto. Quando indicado, o fundo da perfuração deve ser apiloado com soquete.
ESTACÃO (ESTACA ESCAVADA COM FLUÍDO ESTABILIZANTE)	Em qualquer tipo de solo, gerando baixos índices de ruído e vibração. Essas estacas são executadas geralmente quando se tem cargas elevadas e condições adversas do subsolo tais como solo mole, areias fofas, lençol freático a pouca profundidade, dentre outros.	<p>A estabilidade da perfuração é assegurada pelo uso de fluido estabilizante (ou água, quando houver também revestimento metálico).</p> <p>Recebe a denominação de "estação" quando a escavação é feita por caçamba acoplada a uma perfuratriz rotativa, e "estaca barrete" quando a seção de escavação for retangular, realizada com a utilização de <i>clam-shell</i>.</p> <p>O fluido estabilizante, que pode ser lama bentonítica ou polímero sintético, permite a sustentação das paredes da escavação. A concretagem é submersa, com o concreto deslocando o fluido estabilizante em direção ascendente, onde este é retirado para reciclagem e aproveitamento.</p>	<p>São utilizadas perfuratrizes rotatórias para estacas com seções circulares com diâmetro variando entre 0,60 e 2,00 m (também denominadas "estacões"), retangulares (denominadas barretes) ou seções compostas.</p> <p>Os barretes (ou estacas diafragma) possuem seção transversal retangular (de 0,30 por 0,60 m na menor dimensão e 2,50 por 3,20 na maior dimensão) escavadas com equipamento denominado "<i>clam-shell</i>".</p>
MICRO ESTACA	Em situações onde ocorre a presença de interferências naturais tais como lâmina de rocha, matacões e também solo concrecionado ou artificiais (presença de entulhos, concreto e alvenarias). Condições onde se tem a proximidade de outras estruturas, sensíveis à vibração, ruído ou restrições em planta ou pé-direito reduzido e por fim, reforço estrutural.	<p>Estaca armada e injetada com calda de cimento ou argamassa, através de tubo "manchete", visando aumentar a resistência do atrito lateral. Com relação à armação, permite duas possibilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> A introdução de um tubo metálico com função estrutural, dotado de manchetes para a injeção; A armadura é constituída de barras (ou gaiola) e a injeção é feita através de um tubo de PVC, de matéria prima virgem e não reciclado, também dotado de manchetes (sem função estrutural). 	São utilizadas perfuratrizes rotativas que perfuram o solo no diâmetro especificado em projeto. Na presença de rochas, pode-se utilizar martelos de fundo (<i>down the hole</i>) para facilitar no processo de perfuração. Para isto é necessária a utilização de compressores de ar comprimido com alta pressão e vazão pois os martelos são roto-percussivos.



TIPO	APLICAÇÕES	CARACTERÍSTICAS	REQUISITOS
RAIZ	Mesmo apresentando diâmetro reduzido, que normalmente varia de 100 a 450 mm, possui elevada capacidade de carga em decorrência de sua resistência por atrito lateral em relação ao terreno.	Estaca armada em todo o seu comprimento, preenchida com argamassa de cimento e areia.	A perfuração do solo é executada por meio da rotação imposta por uma perfuratriz rotativa ou rotopercussiva, interna a um revestimento composto por um conjunto de tubos metálicos recuperáveis que é integral introduzido durante a execução e desce com o uso de circulação direta de água injetada, com pressão pelo seu interior. Pode-se adicionar polímero, sendo vetado o uso de lama bentonítica.
STRAUSS	<p>Possui boa relação custo/ benefício se comparada a outros métodos de fundações profundas, entretanto, é mais indicada para estruturas de pequeno e médio porte, devido a sua baixa carga admissível.</p> <p>A norma recomenda que as estacas Strauss tenham seu diâmetro limitado a 50 cm.</p>	<p>Executada através da escavação, mediante emprego de uma sonda conhecida como "piteira", com a simultânea introdução de um revestimento metálico segmentado e rosqueáveis, até que se atinja a profundidade projetada.</p> <p>Em seguida é realizada a gradativa concretagem e apiloamento do mesmo com a simultânea retirada do revestimento metálico.</p> <p>Não provocar grandes vibrações ao solo nem apresentar ruídos indesejados causados pelo processo de cravação, como ocorre como a estaca Franki, são características positivas.</p>	<p>O equipamento deve ser posicionado para assegurar a centralização e a verticalidade da estaca. A execução é iniciada através da aplicação de repetidos golpes com o pilão ou piteira, para formar um pré-furo com profundidade de 1,0 a 2,0 m, no qual é colocado um segmento curto de revestimento com uma coroa na ponta.</p> <p>Em seguida prossegue-se a perfuração que se dá 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 em projeto seja atingida.</p> <p>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. Serão feitas tantas manobras quanto necessárias para que os tubos desçam livremente até a cota estabelecida em projeto.</p>
FRANKI	Dimensionadas para que a carga originada da superestrutura (que variam de 500 a 1700 kN) seja suportada pela resistência de ponta assim como por atrito lateral. Adotada em condições em que a camada resistente é localizada em profundidades variáveis.	<p>Possui base alargada no formato de um bulbo, composto por material granular ou concreto sendo integralmente armada. Pode apresentar alternativas executivas em relação aos procedimentos da estaca padrão como por exemplo:</p> <ul style="list-style-type: none">• Perfuração interna (denominada "cravação à tração");• Fuste pré-fabricado; fuste encamisado com tubo metálico perdido;• Fuste executado com concreto vibrado e ainda sem execução de base alargada. <p>O fuste pode ser executado com revestimento perdido ou não, ou ainda com elemento pré-fabricado.</p>	<p>Utilizando um equipamento tipo bate estaca, um tubo metálico é cravado no solo por meio de golpes de um pilão em uma bucha seca (aderida ao tubo), composta por material granular, o que gera vibração no solo.</p> <p>Usualmente, para estacas de até 15 m de profundidade, utiliza-se pilão com massa mínima variando de 1,0 a 3,0 t e diâmetro de 300 a 600 mm.</p> <p>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 (tubo metálico).</p>



TIPO	APLICAÇÕES	CARACTERÍSTICAS	REQUISITOS
HÉLICE CONTÍNUA MONITORADA	Utilizadas para fundações de solos argilosos, siltosos e arenosos, com ou sem a presença de lençol freático. Apresentam alta capacidade de carga e maior eficiência na execução, em decorrência da possibilidade de se fazer o monitoramento. Possibilidade de execução próximo às divisas, uma vez que não provoca vibração do terreno e deslocamentos laterais de solo durante sua execução.	<p>Executada por meio da introdução de um trado helicoidal contínuo no terreno, por rotação, e posterior injeção de concreto que ocorre simultaneamente a retirada do trado. O concreto passa por um tubo central existente na própria haste do trado e tem sua pressão de injeção controlada, com o objetivo de evitar vazios no fuste da estaca.</p> <p>Sua execução também é viável em solos com a presença de lençol freático podendo alcançar grandes profundidades. Capazes de suportar grandes carregamentos, torna viável a execução de uma quantidade menor de estacas reduzindo os custos de implantação das fundações.</p> <p>Caracteriza-se por ter a armadura colocada somente após o lançamento do concreto.</p>	<p>O equipamento empregado permite o monitoramento da execução das estacas por meio de equipamentos eletrônicos capazes de controlar o torque, o avanço, a concretagem, a pressão, dentre outros; garantindo assim maior controle na execução e na segurança dos elementos da fundação. Sua alta velocidade de execução permite uma otimização do cronograma da obra.</p> <p>O equipamento deve apresentar características mínimas, estabelecidas pelo projetista e pelo executor, de modo a assegurar que seja atingida a profundidade especificada no projeto, com torque e força de arranque compatíveis com o diâmetro da estaca e com a resistência do solo a ser perfurado.</p>
HÉLICE DE DESLOCAMENTO (ÔMEGA)	Em se tratando de fundações profundas, é considerada o aprimoramento das estacas hélice contínua, pode chegar a uma profundidade de até 28 m.	<p>Sua execução consiste na introdução de um trado no terreno, sem que haja retirada de material e assim, não há deslocamento do solo junto ao fuste e à ponta.</p> <p>A injeção de concreto é feita sob pressão, pelo interior do tubo central existente no trado, simultaneamente à retirada do mesmo por rotação.</p> <p>A armadura é sempre introduzida após a concretagem da estaca.</p>	<p>O equipamento utilizado possui alto torque, compatível como diâmetro da estaca a ser perfurada, uma vez que existe grande resistência envolvida durante a operação. Todo o processo é monitorado por sensores existentes no equipamento, ligados a um computador existente na cabine do operador.</p> <p>O trado rotativo é dotado de aletas e é cravado por rotação, por meio de uma mesa rotativa hidráulica, com deslocamento lateral do solo, sem que ocorra o transporte do material escavado à superfície.</p>
TRADO VAZADO SEGMENTADO	Possui aplicação para cargas superiores inclusive abaixo do nível d'água.	<p>Com sessões circulares e diâmetro constante, podem atingir 24 m de profundidade, suportando cargas de até 130 t. Quando atingida a profundidade indicada em projeto, o concreto é bombeado de forma que o trado é retirado com velocidade controlada.</p> <p>A pressão do concreto bombeado fará com que este preencha todos os vazios existentes no orifício até a superfície. A colocação da ferragem deve ser feita logo após o término da concretagem.</p>	<p>Executada com maquinário hidráulico, através da perfuração do terreno por uma haste tubular envolta por um trado (seguimentado) onde a cada 6 m perfurados, outro trado é mobilizado e acoplado na extremidade. Esta ação é repetida até que se alcance a profundidade indicada em projeto. Na ponta inferior do trado, existe uma tampa metálica (que evita a entrada de terra ou de água na haste, enquanto o trado perfura o solo), porém essa tampa é expulsa com a pressão do concreto.</p> <p>A operação é monitorada por sensores que levam informações a um sistema central pelo qual se tem o controle de prumo, torque, profundidade e velocidade de perfuração.</p>

Tabela 9 - Quadro esquemático tipo de fundação de estacas pré-fabricadas. Fonte: Elaboração própria.

TIPO	APLICAÇÕES	CARACTERÍSTICAS	REQUISITOS
CONCRETO ARMADO	Produzidas por meio do processo de vibração do concreto, podendo suportar capacidades de até 200 t.	São introduzidas no terreno por golpes de martelo de gravidade, de explosão, hidráulico ou por martelo vibratório.	Os equipamentos utilizados podem efetuar a operação por percussão ou prensagem sendo definido de acordo com as especificações da estaca que será utilizada, as características do solo, condições dos imóveis no entorno, projeto, dentre outros. A associação de martelos com maior peso e menor altura de queda garante maior eficiência no processo de cravação se comparado a martelos com menor peso operando em maiores alturas de queda.
CONCRETO PROTENDIDO	Produzidas com concreto protendido utilizando cordoalhas de aço CP 175 RB com cargas de protensão, podendo suportar carregamentos de até 100 t.		
CONCRETO CENTRIFUGADO	Usualmente indicada quando no local de implantação predomina solos siltsos ou de pouca resistência de forma que as camadas de suporte se apresentam em maiores profundidades.	Se comparado aos demais tipos de estacas, possuem maior qualidade uma vez que seu processo de fabricação ocorre em ambiente controlado e desta forma, fica reduzida a possibilidade de existirem falhas no fuste durante o processo de concretagem, que se dá por meio da incorporação de bolhas de ar na estrutura. A ausência desses espaços vazios proporciona ótima impermeabilidade.	Em seu processo de cravação, que se dá por meios de golpes de martelo, as estacas centrifugadas comprimem o solo lateralmente acarretando no aumento da compacidade no seu entorno, garantindo assim maior eficiência do elemento quanto à resistência lateral. Diferente do processo de escavação, a cravação evita que sejam retirados dos locais de estaqueamento, volumes de terra que seriam transportados dentro do canteiro ou para áreas de destinação final, externas ao canteiro.
MEGA	Cravadas por meio de prensagem utilizando-se de macaco hidráulico, normalmente são utilizadas como reforços de fundações ou substituições de fundações existentes, utilizando como base de apoio a própria estrutura da edificação.	As estacas Mega, também denominadas estacas prensadas, cravadas a reação, são constituídas por segmentos de concreto armado ou metálicos. A principal característica é a cravação estática através de macaco hidráulico, reagindo contra estrutura existente e compatível à resistência dos esforços que serão aplicados. Também podem reagir contra cargas ou tirantes ancorados no solo ou na estrutura. Tem como ponto positivo a sua viabilidade de aplicação com a finalidade de recuperação de patologias sem a necessidade de demolições, porém, em contrapartida, apresenta alto custo e tempo de execução impactantes.	Seu processo de cravação se dá por meio da utilização de macaco hidráulico acionado por bomba elétrica ou manual, dotado de manômetro. A escolha do macaco hidráulico e da escala do manômetro deve ser feita de acordo com a carga de cravação especificada em projeto. A cravação pode ser auxiliada com processo executivos especiais, tais como: inundação do solo, jatos d'água pelo interior dos segmentos, retirada do solo embuchado nas estacas metálicas tubulares, vibrações e outros. Quando os segmentos forem de concreto, a emenda é feita por simples superposição ou através de solidarização especificada. As emendas de segmentos metálicos são feitas por solda ou rosca.

Tabela 10 - Quadro esquemático tipo de fundação tubulão. Fonte: Elaboração própria.

TIPO	APLICAÇÕES	CARACTERÍSTICAS	REQUISITOS
TUBULÃO	Em regiões de difícil acesso para máquinas e equipamentos, sua implantação ocorre por meio da escavação manual do fuste, alargamento da base e posterior limpeza.	Na etapa final da escavação, pelo menos, faz-se necessário o trabalho manual e em profundidade para executar o alargamento de base ou a limpeza da área inferior da escavação. Distribui as tensões para o solo predominantemente pela base assim como as fundações rasas.	Execução simples, não demandando equipamentos específicos e mão de obra especializada, tornando-a vantajosa operacionalmente e economicamente.

As Tabelas 11 e 12 apresentam, quadros esquemáticos com os tipos de fundações profundas de madeira e metálica (de aço), aplicações, características e requisitos para utilização.

Tabela 11 - Quadro esquemático tipo de fundação profunda de madeira. Fonte: Elaboração própria.

TIPO	APLICAÇÕES	CARACTERÍSTICAS	REQUISITOS
MADEIRA	Em obras provisórias. Caso utilizadas em obras definitivas, permanentes, se faz necessário que sejam protegidas contra-ataque de fungos, bactérias aeróbicas, térmitas, dentre outros. São utilizadas abaixo do nível de água, o topo da estaca de madeira deve ter diâmetro superior a 25 cm e proteção para não sofrer danos durante a cravação. A ponta da estaca de madeira deve ter diâmetro maior do que 15 cm e deve ser protegida com ponteira de aço quando for necessário penetrar camadas resistentes do solo. A cravação é geralmente executada com martelo de queda livre.	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 previsto em norma específica (NBR 7190).	O equipamento utilizado consiste em estrutura com martelo que atua em queda livre pelo qual a relação entre o peso do martelo e o peso da estaca deve ser a maior possível, respeitando-se a relação mínima de 1,0 e assim, a estaca é cravada no solo protegida por cabeça metálica.

Tabela 12 - Quadro esquemático tipo de fundação profunda metálica (de aço). Fonte: Elaboração própria.

TIPO	APLICAÇÕES	CARACTERÍSTICAS	REQUISITOS
MÉTALICA (DE AÇO)	Possui alta capacidade de carga podendo ser utilizada em obras de portes diversos com ganho significativo de velocidade em decorrência de sua fácil execução.	Normalmente são confeccionadas com perfis metálicos soldados ou laminados, podendo ser muito resistente a corrosão e a oxidação se atender a propriedades específicas de fabricação e tratamento. Além de sua resistência superior, em se tratando de compressão e tração, podem ser emendadas com facilidade, oferecendo pouca resistência na penetração, gerando baixa vibração no solo.	A cravação de estacas pode se dar por meio de equipamentos de percussão, prensagem ou vibração, que serão especificados de acordo com as dimensões das estacas, características do solo, condições dos imóveis existentes nas imediações da obra. O equipamento deverá ser dimensionado de modo a conduzir a estaca até a profundidade especificada em projeto sem danificá-la, sendo mais eficiente a utilização de martelos mais pesados e com menor altura de queda.

4.5.2 Condições específicas

Na execução das estacas, o operador não deverá restringir-se, rigorosamente, à profundidade prevista no projeto, realizando, porém, a cravação até onde a nega da estaca e o material extraído indicarem a presença de camada suficientemente resistente para suportar a obra a ser executada.

A definição da nega a ser aplicada será empregada para o controle de cravação e uniformidade das estacas, não sendo recomendável seu uso para determinação da capacidade de carga da estaca.

As fundações não poderão ter os blocos e/ou demais elementos invadindo os terrenos vizinho ou ultrapassando os limites de divisa com o passeio da rua (área pública).

No caso de estacas parcialmente cravadas no solo, deverá ser apresentada justificativa de segurança das

mesmas quanto à flambagem.

As estacas terão o comprimento mínimo necessário, evitando-se, tanto quanto possível, soldas ou emendas.

Quando da cravação de estacas vizinhas, sobretudo a distâncias inferiores a 5 (cinco) diâmetros e, mais particularmente, no caso de peças moldadas no solo, serão tomados os maiores cuidados no sentido de evitar a possível danificação das estacas existentes (recém cravadas), pela penetração das novas.

Em todos blocos de coroamento deverão ser utilizadas formas de madeira. Como o fundo da cava será recoberto com uma camada de concreto não estrutural, deverá ser evitado que ele cubra a cabeça das estacas. Para tanto, recomendar-se-á que a cabeça da estaca fique em cota mais alta que o fundo da escavação se atentando ao detalhe do engaste especificado em projeto. A cota definitiva só deverá ser atingida após o lançamento do concreto magro.

As cabeças das estacas, caso seja necessário, deverão ser cortadas com ponteiros até que se atinja a cota de arrasamento prevista, não sendo admitido nenhum outro aparelho para tal serviço. Não será admissível a utilização de sistemas pneumáticos que possam ocasionar vibração excessiva nas estacas.

Para cortar o concreto serão utilizados ponteiros bem afiados, trabalhando horizontalmente e se possível um pouco inclinado para cima.

O corte do concreto será efetuado em camadas de pouca altura, iniciando da periferia em direção ao centro. As cabeças das estacas deverão ficar sempre em posição normal ao eixo das mesmas.

As estacas deverão engastar no bloco de coroamento conforme as determinações especificadas em projeto.

Os materiais a serem utilizados no processo de execução das estacas (água, pedra, areia, aço, cimento e madeira), deverão respeitar as prescrições contidas nas respectivas normas da ABNT. É permitida a utilização de aditivos e adições desde que respeitadas as especificações dos fabricantes.

Deverá a CONTRATADA apresentar à FISCALIZAÇÃO planilha contendo:

- Comprimento real da estaca abaixo do arrasamento;
- Suplemento utilizado - tipo e comprimento;
- Desaprumo, desvios de locação e quebras ocorridas;
- Características do equipamento de cravação contendo: peso do martelo, diâmetro, altura de queda do martelo, número de golpes/minuto, etc.;
- Cota de arrasamento;
- Número de golpes/metro para cada estaca;
- Data da cravação;
- Nega final obtida em cada estaca (para 10 golpes de martelo);
- Deslocamento e levantamento de estacas, por efeito de cravação de estacas vizinhas, quando ocorrer.

Deverá a CONTRATADA apresentar diagrama de cravação em pelo menos 10 % das estacas, sendo obrigatoriamente incluídas as estacas mais próximas aos furos de sondagem.

Em relação a prova de carga em fundações profundas esta será objeto de abordagem específica, contida no final deste capítulo.

No caso de estacas isoladas não travadas, em duas direções aproximadamente ortogonais, será tolerado um desvio, entre eixos de estaca e ponto de aplicação da resultante das solicitações do pilar, de 10 % do diâmetro da estaca. Será obrigatório, na verificação de segurança à flambagem do pilar, levar em conta um acréscimo de flambagem dependente das condições de engastamento da estaca.

4.5.3 Critérios de levantamento, medição e pagamento

As peças de fundação profunda deverão ser levantadas por nível, separando-as por tipo (exemplo: estaca trado, estaca hélice contínua, estaca strauss, etc.).

4.5.3.1 Levantamento (quantitativo para projeto)

As Tabelas 13 e 14 apresentam, respectivamente, quadros esquemáticos com os critérios definidos de levantamento de quantitativos (para projeto) de tubulões e de estacas perfuradas com equipamento manual ou com a utilização de equipamentos mecânicos (trado manual, trado mecanizado, strauss, hélice contínua e raiz).

Tabela 13 - Quadro esquemático com critérios de levantamento para tubulões. Fonte: Elaboração própria.

TUBULÕES	Fuste: em metros cúbicos (m³), conforme o diâmetro e profundidade, indicado no projeto de fundações.
	Alargamento de base: em metros cúbicos (m³), conforme dimensões indicadas no projeto de fundações.
	Concreto: já considerado nas composições dos tubulões, inclusive perdas.
	Afastamento do material escavado: não será objeto de levantamento.
	Aço: não contemplado na composição devendo ser levantado conforme quantitativos indicados no projeto de fundações e lançados em item específico.
	Carga e transporte do material oriundo da escavação: não contemplado na composição devendo ser levantado a parte, pelos critérios descritos no Capítulo 3 - Trabalhos em terra, deste Caderno de Encargos.

Tabela 14 - Quadro esquemático com critérios de levantamento para estacas perfuradas. Fonte: Elaboração própria.

ESTACAS PERFURADAS	Em metro (m) conforme as quantidades, tipos e demais especificações destes elementos indicadas no projeto.
	Concreto/argamassa: já considerado nas composições, inclusive perdas.
	Afastamento do material escavado: não será objeto de levantamento.
	Aço: não contemplado na composição devendo ser levantado conforme quantitativos indicados no projeto de fundações e lançados em item específico.
	Carga e transporte do material oriundo da escavação: não contemplado na composição devendo ser levantado a parte, pelos critérios descritos no Capítulo 3 - Trabalhos em terra, deste Caderno de Encargos.

Para o caso de estacas cravadas, o levantamento será efetuado por metro (m) considerando as quantidades, os tipos e demais especificações indicadas no projeto de fundações.

Em se tratando dos serviços de arrasamento, estes serão levantados por unidade, considerando o tipo e diâmetro de estaca a ser arrasada.

4.5.3.2 Medição

A medição dos serviços de fundações profundas será realizada seguindo os critérios de levantamento descritos no item anterior, conforme cada tipo de fundação, considerando os quantitativos efetivamente realizados.

As perdas de concreto, decorrentes do processo de execução, são diferentes para cada tipo de fundação e desta forma já foram consideradas nas composições de custo unitário não sendo objeto de medição.

Em se tratando de estacas cravadas, no que diz respeito as emendas necessárias e/ou quebras decorrentes do processo de execução, estas ações não serão objeto de levantamento e medição.

Em se tratando dos serviços de arrasamento, estes serão levantados por unidade, considerando o tipo e diâmetro de estaca a ser arrasada, devendo ser observado que:

- O afastamento do material demolido não será objeto de levantamento;
- A carga e transporte do material oriundo da demolição não está contemplado na composição e deve ser levantado a parte, pelos critérios descritos no Capítulo 2 - Demolições e remoções, deste Caderno de Encargos.

4.5.3.3 Pagamento

Os serviços serão pagos aos preços unitários contratuais, contemplando todas as ações inerentes a sua execução e controle. No caso de estacas, o fornecimento inclui seu transporte, cravação e emendas.



4.6 PROVA DE CARGA DAS FUNDAÇÕES

4.6.1 Objetivo

Determinar, por meios diretos, as características de deformação ou resistência do terreno.

A execução das fundações deverá satisfazer às normas da ABNT atinentes ao assunto, especialmente às NBR 6122 e NBR 6118 e ao Código de Postura do Município de Belo Horizonte que jurisdiciona a localidade onde será executada a obra.

Um dos tópicos mais importantes do controle tecnológico é a realização da prova de carga em fundações, que objetiva determinar, por meios diretos, as características de deformação ou resistência do terreno.

4.6.2 Fundação direta rasa

4.6.2.1 Condições gerais

O RESPONSÁVEL TÉCNICO do projeto deve determinar a quantidade e localização dos ensaios de prova de carga, devendo tais serviços estarem previstos na planilha para que a FISCALIZAÇÃO DE OBRAS possa verificar o comportamento do solo antes de executar a fundação.

Se os resultados não satisfizerem as condições pré-estabelecidas pelo projeto, a FISCALIZAÇÃO deverá acionar o RESPONSÁVEL TÉCNICO do projeto para análise e caso necessário revisão.

As provas de carga deverão obedecer ao preconizado na NBR 6489.

4.6.2.2 Apresentação dos resultados

Como resultado do ensaio, deverá ser apresentada uma curva pressão x deformação, onde serão anotados os tempos iniciais e finais de cada estágio. Os requisitos para apresentação dos resultados estão descritos na NBR 6489.

A CONTRATADA deverá, de imediato, enviar o resultado da prova de carga à FISCALIZAÇÃO. Somente após esta apresentação a FISCALIZAÇÃO autorizará a execução das fundações.

4.6.3 Fundações profundas

4.6.3.1 Considerações gerais

O RESPONSÁVEL TÉCNICO do projeto deve determinar a quantidade e localização dos ensaios de prova de carga, devendo tais serviços estarem previstos na planilha para que a FISCALIZAÇÃO DE OBRAS possa verificar o comportamento do solo antes de executar a fundação.

Se os resultados não satisfizerem as condições pré-estabelecidas pelo projeto, a FISCALIZAÇÃO deverá acionar o RESPONSÁVEL TÉCNICO do projeto para análise e caso necessário revisão.

As provas de carga estática deverão obedecer à NBR 16903.

4.6.3.2 Apresentação dos resultados

Os resultados das provas de carga serão apresentados graficamente, através de uma curva carga - recalque, onde figurem as observações efetuadas no início e no fim de cada estágio, com indicação também dos tempos decorridos. Os requisitos para apresentação dos resultados estão descritos na NBR 16903.

A CONTRATADA deverá, de imediato, enviar o resultado da prova de carga à FISCALIZAÇÃO. Somente após a apresentação e aprovação dos resultados a FISCALIZAÇÃO autorizará a concretagem dos blocos de coroamento.

4.7 REFERÊNCIAS

ABCP, "Manual de Estruturas - Fundação" - Recomendações.

BORN, R. B. "Análise Experimental do Comportamento de Estacas Carregadas Lateralmente em um Solo Residual", Dissertação, UFRS, 2019.

BRASIL, Banco do; Caderno de Encargos; Departamento de Engenharia. Divisão de Projetos, Concorrência e Manutenção eletromecânica, 1984.

CAPUTO, H. P. Mecânica dos solos e suas aplicações. 6ª. ed. Volume 2. Rio de Janeiro; São Paulo: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 1987, 498 p.

GUEDES, Milber Fernandes, 1925. Caderno de encargos. 3 Ed. Atual. São Paulo: Ed. Pini, 1995. 662p.

HACHICH, Waldemar; FALCONI, Frederico F.; SAES, José Luiz; FROTA, Régis G. Q.; CARVALHO, Celso



S.; NIYAMA, Sussumu. Fundações: teoria e prática. - 2. ed. - São Paulo: Pini, 1998.

IBRAOP. Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas. PROC IBR EDIF 043/15 - Verificar a qualidade e a quantidade dos serviços na execução das fundações em concreto. Florianópolis, 2015. 5p.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHMID, F. - Patologia das Fundações; Editora Oficina de Textos; São Paulo, 2005.

THIESEN, S. "Aplicação de ferramenta SIG para mapeamento geotécnico e cartas de aptidão para fundação a partir de ensaios SPT: um estudo de caso em Blumenau/SC". 2016. 208f (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

THOMAZ, Ercio. Tecnologia, Gerenciamento e Qualidade na Construção. 1. ed. São Paulo: Editora Pini, 2001.450p.

VELLOSO, D. A; LOPES, F. R. Fundações: Critérios de Projeto, Investigações do Subsolo, Fundações Superficiais, Fundações Profundas. São Paulo: Oficina dos Textos, 2010.

SILVA, J. L. "Metodologia de projeto de fundações por estacas incluindo probabilidade de ruína", Dissertação, Escola de Engenharia de São Carlos - USP, 2006.

YAZIGI, W. A Técnica de Edificar. Segunda Edição. São Paulo, Pini, 1999. 639p.