SUDECAP
SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA CAPITAL

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE

CADERNO DE ENCARGOS SUDECAP

CAPÍTULO 4
FUNDAÇÕES

4ª Edição / Julho 2019

SUMÁRIO

4. FUNDAÇÕES 3
4.1. OBJETIVO 3
4.2. DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA 3
4.3. CONDIÇÕES GERAIS 4
4.4. FUNDAÇÕES EM SUPERFÍCIE 5
4.5. FUNDAÇÕES PROFUNDAS 8
4.6. PROVA DE CARGA DAS FUNDAÇÕES 25
4.7. REFERÊNCIAS 28

4. FUNDAÇÕES

4.1. OBJETIVO

O Caderno de Encargos SUDECAP visa estabelecer as 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. DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA

- 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 6122/10 - Projeto e execução de fundações
- NBR 6123/88 - Forças devidas ao vento em edificações
- NBR 6489/84 - Prova de carga direta sobre terreno de fundação
- NBR 6502/95 - Rochas e solos
- NBR 7190/97 - Projeto de estruturas de madeira
- NBR 7212/12 - Execução de concreto dosado em central - Procedimento
- NBR 7678/83 - Segurança na execução de obras e serviços de construção
- NBR 8800/08 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios
- NBR 9062/17 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado
- NBR 10908/08 - Aditivos para argamassa e concreto - Ensaios de caracterização
- NBR 11768/11 - Aditivos químicos para concreto de cimento portland - Requisitos
- NBR 12131/06 - Estacas - Prova de carga estática
- NBR 13208/07 - Estacas - Ensaio de carregamento dinâmico
- NBR 16258/14 - Estacas pré-fabricadas de Concreto
- NR 18 - Norma Regulamentadora 18 MTE
- NBR NM67/98 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone

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. Pode ser classificada conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação das fundações

Fundações Superficiais	Blocos de fundação		
	Sapatas	Corrida	
		Isolada	
		Associada	
	Vigas	Viga Baldrame	
		Viga de Fundação - Cintamento	
		Viga Alavanca ou de Equilíbrio	
	Radier		
Fundações Profundas	Estacas		Strauss
			Franki
		Concreto moldada in loco	Brocas
			Hélice contínua
			Escavada
			Raiz
		Pré-Moldada de Concreto	Cravada
			Prensada
		Metálica	Cravada
			Prensada
		Madeira	
	Tubulão	Céu aberto	
		Ar comprimido	

Durante a execução dos serviços, a natureza ou o comportamento do terreno poderão acarretar modificações no tipo de fundação adotada. Nestas hipóteses, deverá a CONTRATADA submeter à FISCALIZAÇÃO as alternativas possíveis para a solução do problema. Aprovada pela FISCALIZAÇÃO a solução mais conveniente caberá à CONTRATADA todas as providências concernentes às modificações do respectivo projeto.

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

Sempre que houver a necessidade de rebaixamento do lençol freático para execução das fundações, deverá 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 das obras. No entanto, quando houver a identificação, somente durante a obra, da necessidade de rebaixamento do lençol freático para 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, bem como de cuidados de execução, no sentido de assegurar a integridade e durabilidade da obra.

O concreto a ser utilizado deverá satisfazer às condições previstas em projeto (fck, "slumps", etc.), bem como às prescrições contidas nas especificações da obra, em tudo que lhe for aplicável admitindo-se o emprego do concreto convencional ou o concreto ciclópico, de acordo com o tipo de fundação.

O preparo adequado da superfície sobre a qual o concreto será lançado será governado pelas exigências de projeto, pelas condições e pelo tipo do material de fundação.

Havendo a necessidade de melhor avaliar e pesquisar o terreno objeto da construção, na medida em que as sondagens preliminares não foram suficientes em fornecer os dados necessários à segura execução das fundações propostas pelo projeto, deverá ser executada, a critério da FISCALIZAÇÃO, nova investigação geotécnica ou geológica extra (SPT ou rotativa).

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., estas deverão ser objeto de levantamento específico e serão objeto de complementação do projeto executivo de fundação.

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.

4.4. 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 transmite pela base, diretamente ao terreno de apoio, sendo desprezível a parcela correspondente à transmissão pelo atrito lateral.

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.
- Na execução das fundações em superfície, a CONTRATADA não deverá restringir-se à profundidade prevista em projeto; a escavação será levada até a cota onde o terreno apresentar a resistência definida em projeto.
- O fundo das valas, após devidamente compactados, deverá ser recoberto com uma camada de concreto magro de 5 cm.
- No preparo da fundação em rocha, visando proporcionar uma perfeita aderência rocha - concreto, a superfície da rocha deverá ser preparada com certa rugosidade, seguida de uma limpeza total e lavagem completa da área de fundação. Rochas soltas, argamassas secas, depósitos orgânicos, substâncias oleosas, friáveis (rocha sedimentar, metamórfica ou substancia 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.
- Rochas que não se desprendem facilmente com alavancas aplicadas manualmente não serão removidas.
- Antes do lançamento do concreto, as cavas deverão ser cuidadosamente 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 água em alta velocidade, jatos de areia ou outros métodos adequados, seguidos de uma total lavagem.
- O acúmulo de água de lavagem, que resulta nas depressões da fundação, deverá ser removido antes do início do lançamento do concreto. As águas, porventura existentes 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.

Durante o lançamento, a rocha deverá estar isenta de materiais finos e nas condições de “saturado superfície seca”, a fim de que não haja absorção de água do concreto fresco.

a. Blocos de fundação

Trata-se de fundação em superfície, isolada, rígida ou indeformável.

São utilizados quando as cargas estruturais não são muito elevadas e a taxa admissível no terreno não é muito reduzida. São caracterizados por sua grande altura. As seções dos blocos deverão ter dimensões

suficientes para que as tensões de tração não ultrapassem a tensão admissível do concreto.

Os blocos de fundação poderão ter fôrmas tronco cônicas ou tronco piramidais. Os blocos de fundação poderão apresentar faces inclinadas ou degraus verticais.

Em blocos de fundação de grandes volumes é conveniente a análise da necessidade de armaduras complementares. Não deve ser usado concreto simples para blocos sobre estacas.

A área da base de blocos de fundação deve ser determinada a partir da tensão admissível do solo para cargas não majoradas. A espessura média do bloco não pode ser menor do que 20 cm.

Deverá haver rigoroso controle de locação dos elementos. No caso da existência de tensões de tração será necessária a armação da base do bloco para absorção dos esforços devidos à flexão.

b. Sapatas

Elemento de fundação superficial, de 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.

Para a execução de sapata corrida em alvenaria ou baldrame, proceder às etapas de escavação e alvenaria de embasamento, onde os blocos serão assentados com argamassa de cimento e areia, cuidando-se para ter juntas verticais e horizontais de espessura constante. Evitar o uso de pedaços de blocos e observar, sempre, a amarração para execução da cinta de concreto armado. Com a finalidade de maior distribuição das cargas e afim de evitar deslocamentos indesejáveis muitas vezes é usado o próprio bloco como forma lateral.

Para pequenos baldrames de contenção, utilizar alvenaria de blocos preenchidos com concreto, de acordo com a resistência especificada em projeto.

Os esforços de tração produzidos na parte inferior da sapata serão absorvidos por armadura, que deverá estar convenientemente envolvida no concreto de modo a evitar a corrosão.

Para se evitar o aparecimento de tensões acima das previstas em projeto, deverá haver rigoroso controle na locação dos elementos, bem como nos respectivos ângulos de inclinação previstos.

No caso de sapatas contíguas, assentes em cotas diferentes, deverá se concretar primeiramente a sapata situada na cota mais baixa, respeitando-se também, as condições impostas na NBR 6122.

Competirá à CONTRATADA verificar se a taxa de fadiga (taxa de trabalho do terreno) é compatível com a adotada pelo autor do projeto de fundações, concretando as sapatas em camadas do solo que assegurem a perfeita estabilidade da obra.

Caso haja necessidade de aprofundar a cava da sapata, a diferença entre cota de assentamento prevista e cota “de obra” pode ser eliminada com preenchimento de concreto (fck ≥ 10 MPa) até a cota prevista. Alternativamente pode-se aumentar o comprimento do pilar, desde que seja feita consulta prévia ao projetista estrutural, que indicará as eventuais medidas adicionais que devem ser adotadas no que se refere à estrutura.

No caso de preenchimento com concreto, ele deve ocupar todo o fundo da cava e não só a área de projeção da sapata, devendo obrigatoriamente ser efetuado antes da concretagem da sapata.

O fundo da cava deve ser regularizado com concreto não estrutural, em espessura mínima de 5 cm.

A superfície final deve resultar plana e horizontal. Para sapatas assentes em rocha há necessidade de camada de regularização com espessura necessária para garantir uma superfície final plana e horizontal.

- Concretagem da sapata

Os procedimentos de concretagem devem obedecer às especificações do projeto estrutural, sendo obrigatório o controle tecnológico do aço e do concreto, conforme normas específicas. Após cura da sapata, deve ser procedido o reaterro compactado da cava.

b.1. Sapata isolada

Trata-se de fundação em superfície, isolada, semiflexível ou semirrígida, confeccionada em concreto armado.

Em planta, as sapatas isoladas ou os blocos não devem ter dimensões inferiores a 0,6 m.

- Sapatas rígidas

O comportamento estrutural pode ser caracterizado por trabalho à flexão nas duas direções, admitindo-se que, para cada uma delas, a tração na flexão seja uniformemente distribuída na largura correspondente da sapata, e também trabalho ao cisalhamento em duas direções.

- Sapatas flexíveis

Embora de uso mais raro, essas sapatas são utilizadas para fundação de cargas pequenas e solos relativamente fracos. Seu comportamento se caracteriza por trabalho à flexão nas duas direções, não sendo possível admitir tração na flexão uniformemente distribuída na largura correspondente da sapata. A concentração de flexão junto ao pilar deve ser, em princípio, avaliada e trabalho ao cisalhamento que pode ser descrito pelo fenômeno da punção.

b.2. Sapata corrida-contínua

Trata-se de fundação em superfície, contínua, rígida e que acompanha a linha das paredes, as quais lhes transmitem a carga por metro linear, ou quando a base de duas ou mais sapatas se superpõem, por exigência de cálculo. Para edificações cujas cargas não sejam muito grandes, pode-se utilizar alvenaria de tijolos ou blocos. Caso contrário, ou ainda para profundidades maiores do que 1 m, torna-se mais econômico o uso do concreto armado.

b.3. Sapata associada

Fundação comum a vários pilares, cujos centros, em planta, não estão situados em um mesmo alinhamento (radier parcial), e onde a proximidade entre dois ou mais pilares seja tal que as sapatas isoladas se superponham.

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

c. Vigas

c.1. Viga de equilíbrio ou Viga Alavanca

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

c.2. Vigas de fundação ou cintamento

Elemento estrutural de associação dos vários pontos de carga/fundação.

Na extremidade de cada sapata ou bloco de coroamento deve ser executada uma cinta de “amarração” (travamento) para reforço das ligações entre todos os elementos de fundação. A presença da cinta diminui o risco do aparecimento de fissuras nas paredes da edificação em caso de recalque diferencial, e distribui as cargas concentradas sobre o plano das fundações.

Construir cinta de fundação tem como finalidade absorver esforços não previstos, suportar pequenos recalques, distribuir o carregamento e combater esforços horizontais. A cinta de “amarração” geralmente é concebida de concreto armado.

Segundo Velloso e Lopes (2012), as fundações isoladas devem ser, sempre que possível, ligadas por cintas em duas direções ortogonais. As cintas desempenham papéis importantes, como (i) impedir deslocamentos horizontais das fundações, (ii) limitar rotações (absorvendo momentos) decorrentes de excentricidades construtivas, (iii) definir o comprimento de flambagem do primeiro trecho de pilares, no caso de fundações profundas ou de sapatas implantadas a grandes profundidades e (iv) servir de fundação para paredes no pavimento térreo.

c.3. Viga Baldrame

Viga baldrame é uma fundação rasa de apoio, feita de concreto armado. Ela percorre todo o comprimento das paredes da construção. É um tipo comum de fundação para pequenas edificações. Constitui-se de uma viga, que pode ser de alvenaria, de concreto simples ou armado, construída diretamente no solo, que pode ter estrutura transversal tipo bloco, sem armadura transversal, dentro de uma pequena vala para receber pilares alinhados. É mais empregada em casos de cargas leves como residências construídas sobre solo firme.

d. Radiers

Fundação em 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 à da obra.

Caberá à CONTRATADA, quando da escavação do local, atingir uma cota de assentamento mais homogênea possível e com uma taxa de trabalho do solo compatível com as cargas do projeto.

Deverá a CONTRATADA proceder a um perfeito nivelamento da área, levando em consideração a uniformidade das pressões a que será submetido o radier.

Os mesmos cuidados citados no item anterior deverão ser observados quando do lançamento das camadas de brita e do concreto magro.

Tanto em radiers homogêneos, quanto em radiers de espessuras variadas, deverá haver um perfeito nivelamento das lajes, de modo a não comprometer a estabilidade da obra.

4.4.3. Critérios de levantamento, medição e pagamento

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

a. 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.

b. Medição

A medição será efetuada aplicando-se os mesmos critérios de levantamento.

c. 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 em superfície, as cargas estruturais são transferidas para os solos de maior capacidade de suporte, situados em maiores profundidades, por meio de fundações ditas profundas.

Fundações profundas, do tipo estacas e tubulões, por exemplo, são elementos de fundação executados por equipamento à superfície do terreno, caracterizadas pelo seu comprimento e pequena seção transversal. 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;
- Compactar solos arenosos a fim de aumentar sua capacidade de carga (estaca de compactação);
- Levar a fundação a uma profundidade suficientemente segura aos fenômenos de erosão;
- Conter empuxo de terra ou de água.

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 da estaca, não sendo recomendável seu uso para determinação da capacidade de carga da estaca. Quando não definido no projeto ou em especificações, a nega admitida pela CONTRATANTE será de 20 mm para 10 golpes do martelo, obtida na terceira tentativa consecutiva.

As fundações não poderão ter os blocos invadindo o terreno vizinho nem o passeio da rua.

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 fôrmas de madeira. Como o fundo da cava será recoberto com concreto magro, 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. 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 penetrar no bloco de coroamento pelo menos 10 cm para estacas de concreto e 20 cm para estacas metálicas, salvo especificação contrária.

Os materiais a serem utilizados na produção de 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 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.

a. Estacas de concreto moldadas in loco

As estacas serão moldadas no solo por meio de tubo de aço ou equipamento adequado, com um bulbo de alargamento da própria massa de concreto, na base e deverão atender às normas da ABNT pertinentes ao assunto, em particular a NBR 6118 e a NBR 6122, além de:

- O diâmetro mínimo será de 25 cm;
- As estacas moldadas no solo poderão ser armadas ou não, com revestimento perdido ou recuperável, conforme o caso;

- A dosagem do concreto a ser utilizado na confecção das estacas deverá ser racional; admitir-se-á, contudo, a critério da FISCALIZAÇÃO, a dosagem empírica, quando a taxa nominal de trabalho da estaca for de 10 (dez) toneladas;
- No caso de se adotar a dosagem empírica, o concreto das estacas apresentará um teor mínimo de cimento, 300 kg/m³ de concreto, e será de consistência plástica;
- Em qualquer das hipóteses anteriores, deverá a CONTRATADA provar, junto à FISCALIZAÇÃO, que a dosagem do concreto a ser utilizado na confecção das estacas atende às exigências de projeto;
- Para o cumprimento das prescrições relativas aos concretos, deverão ser executados pela CONTRATADA, a critério da FISCALIZAÇÃO, todos os ensaios necessários à perfeita caracterização da qualidade do concreto empregado nas estacas;
- O espaçamento das estacas, de eixo a eixo, deverá ser, no mínimo, três vezes o diâmetro da menor delas;
- Quando não especificado de modo diverso, o recobrimento mínimo das armaduras das estacas será de 25 mm;
- As estacas sujeitas a deslocamento horizontal serão dotadas de armaduras e dispositivos adequados para absorver os esforços oriundos do citado deslocamento;
- As partes superiores dos fustes das estacas serão ligadas entre si por cintas ou blocos de fundações de concreto armado, em conformidade com indicações do projeto;
- Não se deverá utilizar blocos de coroamento com mais de 6 (seis) estacas;
- As estacas moldadas em solo podem ser dos seguintes tipos: Strauss, broca, escavada e Franki.

a.1. Estaca tipo Strauss

Estaca executada por perfuração do solo com uma sonda ou piteira e revestimento total com camisa metálica, realizando-se o lançamento do concreto e retirada gradativa do revestimento com simultâneo apiloamento do concreto

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

A concretagem é realizada lançando-se o concreto e retirando-se gradativamente o revestimento com o simultâneo apiloamento do concreto.

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

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

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

- Perfuração

O equipamento deve ser posicionado para assegurar a centralização e verticalidade da estaca.

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

Devem ser feitas tantas manobras quanto necessárias para que os tubos desçam livremente.

- Concretagem

O concreto é lançado através de funil no interior do revestimento, em quantidade suficiente para se ter uma coluna de aproximadamente 1m, que deve ser apiloado para formar a ponta da estaca.

Continuando-se a execução da estaca, o concreto é lançado e apiloado com a simultânea retirada do revestimento.

A retirada do revestimento deve ser feita com guincho manual de forma lenta, para evitar a subida da

armadura, quando existente, e a formação de vazios, garantindo-se que o concreto esteja acima da ponta do revestimento. A concretagem deve ser feita até a superfície do terreno.

- Sequência executiva

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

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

- Concreto

O concreto a ser utilizado deve satisfazer as seguintes exigências:

  - Consumo de cimento não inferior a 300 kg/m³;
  - Abatimento ou *slump test,* conforme NBR NM 67, entre 8 cm e 12 cm para estacas não armadas e de 12 cm a 14 cm para estacas armadas;
  - Agregado: diâmetro máximo 19 mm (brita 1);
  - Fck ≥ 20 MPa aos 28 dias, conforme NBR 6118, NBR 5738 e NBR 5739.

Os corpos de prova de concreto devem ser moldados de acordo com a NBR 5738 e ensaiados de acordo com a NBR 5739.

a.2. Estaca tipo Franki

São estacas moldadas “in loco”, executadas com revestimento metálico recuperável, de base alargada, sendo para isso necessário que os últimos 150 litros de concreto sejam introduzidos com uma energia mínima de 2,5 MNm, para estacas de diâmetro inferior ou igual a 45 cm e 5,0 MNm para estacas de diâmetro superior a 45 cm.

Poderá ser utilizada em qualquer tipo de solo. Merecerá cuidados especiais quando empregada em argilas submersas de consistência mole. Em argilas médias e rijas e em locais onde a cravação poderá acarretar danos a prédios vizinhos, será obrigatório que o fuste seja executado por escavação.

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

As estacas Franki são executadas através da cravação de um tubo por meio de sucessivos golpes de um pilão em uma bucha seca de pedra e areia aderida ao tubo.

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

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

- Perfuração

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

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

  - Para dez golpes de 1 m de altura de queda do pilão;
  - Para um golpe de 5 m de altura de queda do pilão.

Os pilões devem ter pesos e diâmetros mínimos conforme indicados NBR 6122.

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

A armadura é integral, pois faz parte do processo executivo da estaca e também é fundamental para permitir o controle executivo. É constituída de no mínimo quatro barras de aço CA-50, de acordo com a NBR 6122. A extremidade inferior da ferragem é feita com aço CA-25 (em forma de cruzeta) soldado à armadura principal.

- Concretagem do fuste

A concretagem do fuste é feita lançando-se sucessivas camadas de pequeno volume de concreto seco (fator

água/cimento = 0,36) com apiloamento e simultânea retirada do tubo. No caso de fuste vibrado, o fator a/c deve ser adequado a essa metodologia executiva.

Nesta operação deve-se garantir uma altura mínima de concreto dentro do tubo. A concretagem deve ser feita até pelo menos 0,3 m acima da cota de arrasamento.

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

- Sequência executiva

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

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

O concreto a ser utilizado deve satisfazer as seguintes exigências:

- Consumo de cimento não inferior a 350 kg/m³;
- Fck ≥ 20 MPa aos 28 dias, conforme NBR 6118, NBR 5738 e NBR 5739.

O concreto da primeira estaca e em no mínimo uma a cada cinco das demais deve ser ensaiado nas idades de sete dias e 28 dias.

O método de moldagem do corpo de prova deve ser modificado para levar em conta as condições executivas das estacas que preveem concreto seco apiloado por uma grande energia de compactação.

A moldagem do corpo de prova deve ser feita em um molde de 0,15 m de diâmetro e 0,3 m de altura e a haste de apiloamento deve ter peso de 50 N e diâmetro de 0,05 m. Cada camada de concreto deve ser apiloada no interior do molde com 50 pancadas da haste e altura de queda de 0,45 m.

O soquete a ser utilizado é o mesmo do ensaio de compactação de solo Proctor Modificado e o corpo de prova deve ser moldado em cinco camadas.

Os demais procedimentos de preparo do corpo de prova são aqueles da NBR 5738.

a.3. Estacas tipo Broca

São estacas moldadas “in loco”, executadas por perfuração manual ou mecânica, de modo a transmitir para camadas mais resistentes do solo, as cargas a que serão submetidas.

Seu uso será limitado a terrenos acima do nível do lençol freático, com coesão (por exemplo: argila) e pouca água, de forma a garantir que o furo permaneça aberto sem desmoronamento das paredes laterais.

a.4. Estaca Hélice Contínua

É uma estaca de concreto moldada in loco, executada mediante a introdução no terreno, por rotação, de um trado helicoidal contínuo. A injeção de concreto é feita pela haste central do trado simultaneamente a sua retirada. A armadura é sempre colocada após a concretagem da estaca.

Aplicável em terrenos coesivos e arenosos, na presença ou não de lençol freático. Não deverá ser utilizada na presença de matacões e rochas. Em função do porte do equipamento, as áreas de trabalho devem ser planas e de fácil movimentação. O equipamento de escavação deve ser posicionado e nivelado para assegurar a centralização e verticalidade da estaca.

A haste é dotada de ponta fechada por uma tampa metálica recuperável. A perfuração se dá de forma contínua por rotação, até a cota prevista em projeto.

O uso de prolongador é possível somente em condições especiais e desde que o solo, no trecho do prolongador, se mantenha estável.

- Concretagem

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

A pressão do concreto deve ser sempre positiva para evitar a interrupção do fuste e é controlada pelo operador durante toda a concretagem. A concretagem é executada até a superfície do terreno.

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

A colocação da armadura em forma de gaiola deve ser feita imediatamente após a concretagem.

Sua descida pode ser auxiliada por peso ou vibrador. A armadura deve ser enrijecida para facilitar a sua colocação.

- Sequência executiva

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

- Concreto

O concreto a ser utilizado deve satisfazer as seguintes exigências:

  - Consumo de cimento não inferior a 400 kg/m³;
  - Abatimento ou slump test igual a 22 ± 3 cm, conforme NBR NM 67;
  - Fator água/cimento ≤ 0,6;
  - Agregado: areia e pedrisco;
  - % de argamassa em massa: ≥ 55 %;
  - Traço tipo bombeado;
  - Fck ≥ 20 MPa aos 28 dias, conforme NBR 6118, NBR 5738 e NBR 5739.

Os corpos de prova de concreto devem ser moldados de acordo com a NBR 5738 e ensaiados de acordo com a NBR 5739.

Podem ser utilizados aditivos plastificantes, incorporadores de ar, retardadores, desde que atendam a NBR 10908, NBR 11768. É permitido o uso de agregados miúdos artificiais de acordo com a NBR 7212.

a.5. Estaca escavada

São estacas escavadas com uso de fluido estabilizante, que pode ser lama bentonítica ou polímero sintético para sustentação das paredes da escavação. A concretagem é submersa, com o concreto deslocando o fluido estabilizante em direção ascendente para fora do furo.

As estacas podem ter seções circulares (também denominadas estações), retangulares (também denominadas barretes) ou parede-diafragma, quando contínuas.

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

A escavação da estaca é feita simultaneamente ao lançamento do fluido, cuidando-se para que o seu nível esteja sempre no mínimo 1,5 m acima do lençol freático.

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

Uma vez terminada a escavação e antes da concretagem, deve ser verificada a porcentagem de areia em suspensão na lama e, em função deste valor, deve-se proceder à sua troca ou desarenação para garantir sua qualidade durante toda a concretagem.

Tratando-se do polímero, a decantação é imediata, não necessitando de desarenação, apenas limpeza do fundo.

Em função de especificação de projeto, podem ser necessários serviços adicionais para uma plena limpeza do fundo da escavação através de sistema de bombeamento submerso de alta eficiência, a fim de melhorar o contato concreto-solo ou rocha.

A armadura deve ser colocada com espaçadores para assegurar o cobrimento de projeto e sua centralização.

- Concretagem

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

Não se devem executar estacas com espaçamento inferior a cinco diâmetros em intervalo inferior a 12 h. Esta distância refere-se à estaca de maior diâmetro. No caso de parede-diafragma o prazo para concretagem de painéis contíguos é de 24 h.

- Características da lama bentonítica

É uma lama formada pela mistura de bentonita com água limpa, em misturadores de alta turbulência, com uma concentração variável em função de viscosidade e densidade que se pretende obter.

- Concreto

O concreto a ser utilizado deve satisfazer as seguintes exigências:

- Consumo de cimento mínimo de 400 kg/m³;
- Abatimento ou slump test igual a (22 ± 3) cm, segundo NBR NM 67;
- Fator água/cimento ≤ 0,6;
- Dimensão máxima do agregado: 19 mm (brita 1);
- % de argamassa em massa: ≥ 55 %;
- Traço tipo bombeado;
- Fck ≥ 20 MPa.

Os corpos de prova de concreto devem ser moldados de acordo com a NBR 5738 e ensaiados de acordo com a NBR 5739.

a.6. Estaca raiz

A estaca raiz é uma estaca moldada *in loco*, em que a perfuração é revestida integralmente, em solo, por meio de segmentos de tubos metálicos (revestimento) que vão sendo rosqueados à medida que a perfuração é executada. O revestimento é recuperado.

A estaca raiz é armada em todo o seu comprimento e a perfuração é preenchida por uma argamassa de cimento e areia.

A perfuração em solo é executada por meio de perfuratriz rotativa ou rotopercussiva que desce o revestimento através de rotação com o uso de circulação direta de água injetada no seu interior.

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

Em solos com matacões ou embutimento em rocha**,** deve-se repetir os procedimentos para perfuração em solo até que se atinja matacão ou topo rochoso.

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

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

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

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

Periodicamente, coloca-se a cabeça de injeção no topo do revestimento e aplica-se pressão que pode ser de ar comprimido ou através da bomba de injeção de argamassa. Após a aplicação da pressão e retirada dos tubos de revestimento, o nível da argamassa é completado.

Não se deve executar estacas com espaçamento inferior a cinco diâmetros em intervalo inferior a 12 h.

Esta distância refere-se à estaca de maior diâmetro.

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

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

Na demolição podem ser utilizados ponteiros ou marteletes leves (potência < 1 000 W) para seções de até

900 cm². O uso de marteletes maiores fica limitado às estacas cuja seção seja superior a 900 cm².

O acerto final do topo das estacas demolidas deve ser sempre efetuado com o uso de ponteiros ou ferramenta de corte apropriada.

- Argamassa

A argamassa a ser utilizada deve ter *f*ck ≥ 20 MPa e deve satisfazer as seguintes exigências:

- Consumo de cimento não inferior a 600 kg/m³;
- Fator água/cimento entre 0,5 e 0,6;
- Agregado: areia e/ou pedrisco.

Os corpos de prova de concreto devem ser moldados de acordo com a NBR 5738 e ensaiados de acordo com a NBR 5739.

Podem ser utilizados aditivos plastificantes, incorporadores de ar, aceleradores e retardadores, desde que atendam às NBR 10908, NBR 11768.

É permitido o uso de agregados miúdos artificiais de acordo com a NBR 7212.

Deve ser preenchida a ficha de controle diariamente para cada estaca, devendo conter pelo menos as seguintes informações:

- Identificação da obra e local e nome do contratante e executor;
- Data da execução com anotação dos horários de início e fim da cada etapa;
- Identificação ou número da estaca;
- Diâmetro do revestimento e nominal da estaca executada;
- Cota do terreno;
- Comprimento executado;
- Desaprumo e desvio de locação;
- Características dos equipamentos de perfuração e injeção;
- Consumo de materiais (armadura e argamassa) por estaca;
- Verificação da integridade de no mínimo uma estaca da obra por meio da escavação de um trecho do seu fuste;
- Pressão aplicada sobre a argamassa;
- Anormalidades de execução;
- Observações pertinentes.

b. Estacas de concreto pré-moldadas

Nas estacas de concreto pré-moldadas ou pré-fabricadas, o dimensionamento estrutural deve ser feito utilizando-se as NBR 6118 e NBR 9062, limitando o fck a 40,0 MPa.

Nas duas extremidades da estaca, deve ser feito um reforço da armadura transversal, para levar em conta as tensões de cravação. O fabricante deve apresentar curvas de interação flexo-compressão e flexo-tração do elemento estrutural.

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

- Equipamento

A cravação de estacas pode ser feita por percussão, prensagem ou vibração. A escolha do equipamento deve ser feita de acordo com o tipo, dimensão da estaca, características do solo, condições de vizinhança, características do projeto e peculiaridades do local. O sistema de cravação deve estar sempre bem ajustado e com todas as suas partes constituintes, tanto estruturais quanto acessórias, em perfeito estado, a fim de evitar quaisquer danos às estacas durante a cravação, e deve ser dimensionado de modo a levar a estaca até a profundidade prevista sem danificá-la. Para essa finalidade, o uso de martelos mais pesados e com menor altura de queda é mais eficiente do que o uso de martelos mais leves e com grande altura de queda.

Quando a cravação for executada com martelo de queda livre, devem ser observadas as seguintes condições:

- Peso do martelo não inferior a 20 kN;
- Peso do martelo no mínimo igual a 75 % peso total da estaca;
- Peso do martelo não inferior a 40 kN para estacas com carga de trabalho entre 0,7 MN e 1,3 MN;
- Para estacas cuja carga de trabalho seja superior a 1,3 MN, a escolha do sistema de cravação deve ser previamente analisada.

No uso de martelos automáticos ou vibratórios, devem ser seguidas as recomendações dos fabricantes.

No caso em que a cota de arrasamento esteja abaixo da cota do plano de cravação, pode-se utilizar um elemento suplementar, denominado ”prolonga” ou “suplemento”.

Para cravação de estacas através de terrenos resistentes, podem ser empregadas pré-perfurações (sustentadas ou não) ou auxiliadas por jato d’água ("lançagem").

O fabricante de estacas pré-moldadas deve apresentar resultados de ensaios de resistência do concreto nas várias idades. Em cada estaca deve constar a data de sua moldagem.

- Emendas

As estacas pré-moldadas de concreto podem ser emendadas, desde que resistam a todas as solicitações que nelas ocorram durante o manuseio, a cravação e a utilização da estaca. As emendas devem ser através de anéis soldados ou outros dispositivos que permitam a transferência dos esforços de compressão, tração (mesmo durante a cravação) e flexão. Deve-se, ainda, garantir a axialidade dos elementos emendados.

A nega e o repique devem ser medidos em todas as estacas, atendendo-se às condições de segurança.

Deve-se elaborar o diagrama de cravação em 100 % das estacas.

Deve ser preenchida a ficha de controle diariamente para cada estaca, devendo constar as seguintes informações:

- Identificação da obra e local, e nome do contratante e executor;
- Data da cravação e/ou recravação, quando houver;
- Identificação ou número da estaca, com as datas e horário de início e término da cravação;
- Comprimentos cravado e útil das estacas;
- Composição dos elementos utilizados;
- Peso do martelo e altura de queda para a determinação da nega;
- Suplemento utilizado, tipo e comprimento;
- Características do pré-furo, quando houver;
- Intervalo de tempo decorrido na cravação;
- Características geométricas da estaca;
- Cotas do terreno e de arrasamento;
- Características do suplemento utilizado, tipo e comprimento;
- Desaprumo e desvio de locação;
- Características e identificação do equipamento de cravação;
- Negas e repiques ao final de cravação e na recravação, quando houver;
- Especificação dos materiais e insumos utilizados;
- Deslocamento e levantamento de estacas por efeito de cravação de estacas vizinhas;
- Observações e anormalidades de execução.

b.1. Pré-moldada cravada

Deverão ser dotadas de armadura para resistir aos esforços de transporte, manipulação e cravação, além do trabalho normal a que estarão sujeitas, inclusive deslocamento horizontal;

O dimensionamento será conforme NBR 6122 e NBR 6118. As estacas pré-moldadas podem ser de concreto armado ou protendido, vibrado ou centrifugado, com qualquer forma geométrica da seção transversal, devendo apresentar resistência compatível com os esforços de projeto e decorrentes do transporte, manuseio, cravação e eventuais solos agressivos.

- Equipamento

A cravação de estacas pode ser feita por percussão, prensagem ou vibração. A escolha do equipamento deve ser feita de acordo com o tipo, dimensão da estaca, características do solo, condições de vizinhança, características do projeto e peculiaridades do local. O sistema de cravação deve estar sempre bem ajustado e com todas as suas partes constituintes, tanto estruturais quanto acessórias, em perfeito estado, a fim de evitar quaisquer danos às estacas durante a cravação, e deve ser dimensionado de modo a levar a estaca até a profundidade prevista sem danificá-la. Para essa finalidade, o uso de martelos mais pesados e com menor altura de queda é mais eficiente do que o uso de martelos mais leves e com grande altura de queda.

A folga do martelo e do capacete não deve ser superior a 3 cm em relação às guias do equipamento.

O formato do capacete deve ser adequado à seção da estaca e possuir superfície de contato plana, com encaixes com folga inferior a 3 cm, sendo periodicamente verificadas e corrigidas eventuais irregularidades. Suas dimensões externas devem ser compatíveis com as do martelo, de forma que a carga transmitida seja centrada.

Quando a cravação for executada com martelo de queda livre, devem ser observadas as seguintes condições:

- Peso do martelo não inferior a 20 kN;
- Peso do martelo no mínimo igual a 75 % peso total da estaca;
- Peso do martelo não inferior a 40 kN para estacas com carga de trabalho entre 0,7 MN e 1,3 MN;
- Para estacas cuja carga de trabalho seja superior a 1,3 MN, a escolha do sistema de cravação deve ser previamente analisada.

No uso de martelos automáticos ou vibratórios, devem ser seguidas as recomendações dos fabricantes.

- Cravação

O armazenamento e o içamento de estacas pré-moldadas na obra devem obedecer às prescrições do fabricante, que deve disponibilizar todas as informações necessárias para evitar fissuramento excessivo ou quebra das estacas.

No caso em que a cota de arrasamento esteja abaixo da cota do plano de cravação, pode-se utilizar um elemento suplementar, denominado ”prolonga” ou “suplemento”. Tal dispositivo pode ser fabricado de aço ou de concreto, e sua utilização deve garantir o bom posicionamento da estaca no final da cravação e a minimização da perda de eficiência do sistema de cravação até que esta seja concluída.

Para tanto, a utilização desse recurso, além de estar limitada a 3 m, deve obedecer às seguintes condições:

- Para dispositivos de concreto: momento resistente mínimo (Wmin) da haste do suplemento igual ao da estaca;
- Para dispositivos de aço: momento resistente mínimo (Wmin) da haste do suplemento não menor que 400 cm3.

Para cravação de estacas através de terrenos resistentes, podem ser empregadas pré-perfurações (sustentadas ou não) ou auxiliadas por jato d’água ("lançagem"). Neste caso, o eventual desconfinamento deve ser considerado no projeto. De qualquer maneira a cravação final deve ser feita sem influência deste recurso.

O sistema de cravação deve ser dimensionado de modo que as tensões de compressão durante a cravação sejam limitadas a 85 % da resistência nominal do concreto, menos a protensão, se for o caso. No caso de estacas protendidas, as tensões de tração devem ser limitadas a 90 % do valor da protensão mais 50 % da resistência nominal do concreto à tração, e no caso de estacas armadas as tensões de tração devem ser limitadas a 70 % da tensão de escoamento do aço utilizado na armadura.

Estes limites podem ser aumentados em 10 %, caso sejam feitas medições das tensões durante a cravação.

- Critérios de aceitação das estacas

O fabricante de estacas pré-moldadas deve apresentar resultados de ensaios de resistência do concreto nas várias idades. Em cada estaca deve constar a data de sua moldagem.

- Emendas

As estacas pré-moldadas de concreto podem ser emendadas, desde que resistam a todas as solicitações que nelas ocorram durante o manuseio, a cravação e a utilização da estaca. As emendas devem ser através de anéis soldados ou outros dispositivos que permitam a transferência dos esforços de compressão, tração (mesmo durante a cravação) e flexão. Deve-se, ainda, garantir a axialidade dos elementos emendados.

O uso de luva de encaixe somente será aceito se forem obedecidas as seguintes restrições: seja feita uma única emenda por estaca, não haja tração ou flexão tanto na cravação quanto na utilização da estaca, as luvas de encaixe não possuam geometria diferente da geometria dos segmentos de estacas que serão unidos e as folgas existentes entre a luva e os segmentos de estacas nunca sejam superiores a 10 mm. As luvas de encaixe devem, também, obedecer às seguintes características previstos na NBR 6122 quanto à corrosão.

É permitido o aproveitamento das sobras de estacas resultantes da diferença entre a estaca efetivamente levantada e a estaca arrasada, desde que se atenda simultaneamente a:

- Corte do elemento aproveitado seja feito de modo a manter a ortogonalidade da seção em relação ao seu eixo longitudinal;
- Se tenha um comprimento mínimo de 2 m;
- Seja utilizado apenas um segmento de sobra por estaca;
- A sobra seja sempre o primeiro elemento a ser cravado.

- Nega, repique e diagrama de cravação

A nega e o repique devem ser medidos em todas as estacas, atendendo-se às condições de segurança.

Deve-se elaborar o diagrama de cravação em 100 % das estacas.

Há terrenos que têm comportamento de relaxação e outros de cicatrização. Para sua identificação é recomendada a determinação de nega descansada (alguns dias após o término da cravação).

A relaxação ou cicatrização variam de poucas horas para os solos não coesivos a até alguns dias para os solos argilosos. Quando a nova nega for superior à obtida no final da cravação, as estacas devem ser recravadas.

Quando a nova nega for inferior à obtida ao final da cravação, deve-se limitar o número de golpes para não causar danos à estaca. Neste caso a nega originalmente especificada deve ser reavaliada.

No caso de estacas com concreto danificado abaixo da cota de arrasamento, deve-se fazer a demolição do trecho comprometido e recompô-lo até esta cota. Estacas cujo topo resulte abaixo da cota de arrasamento prevista devem ser emendadas fazendo-se a transpasse da armadura. O material a ser utilizado na recomposição deve apresentar resistência não inferior à do concreto da estaca.

O topo da estaca, acima da cota de arrasamento, deve ser demolido. A seção resultante deve ser plana e perpendicular ao eixo da estaca e a operação de demolição deve ser executada de modo a não causar danos.

Na demolição devem ser utilizados ponteiros trabalhando com pequena inclinação, para cima, em relação à horizontal para estacas cuja área seja inferior a 380 cm2. O uso de marteletes leves (potência < 1000 W) é permitido para seções de 380 cm² a 900 cm². O uso de marteletes maiores fica limitado às estacas cuja área seja superior a 900 cm². O acerto final do topo das estacas demolidas deve ser sempre efetuado com o uso de ponteiros ou ferramenta de corte apropriada.

Deve ser preenchida a ficha de controle diariamente para cada estaca, devendo constar as seguintes informações:

- Identificação da obra e local, e nome do contratante e executor;
- Data da cravação e/ou recravação, quando houver;
- Identificação ou número da estaca, com as datas e horário de início e término da cravação;
- Comprimentos cravado e útil das estacas;
- Composição dos elementos utilizados;
- Peso do martelo e altura de queda para a determinação da nega;
- Suplemento utilizado, tipo e comprimento;
- Características do pré-furo, quando houver;

- Intervalo de tempo decorrido na cravação;
- Características geométricas da estaca;
- Cotas do terreno e de arrasamento;
- Características do suplemento utilizado, tipo e comprimento;
- Desaprumo e desvio de locação;
- Características e identificação do equipamento de cravação;
- Negas e repiques ao final de cravação e na recravação, quando houver;
- Especificação dos materiais e insumos utilizados;
- Deslocamento e levantamento de estacas por efeito de cravação de estacas vizinhas;
- Observações e anormalidades de execução.

b.2. Pré-moldada prensada

Este tipo de estaca será utilizado apenas com o reforço de fundação. Entretanto, será admitido, somente em casos excepcionais, quando for inadmissível qualquer vibração, choque ou ruído na confecção da fundação de uma edificação.

As estacas cravadas a reação, também denominadas estacas prensadas, ou ainda estacas mega, são constituídas por segmentos de concreto armado ou metálicos. A principal característica deste tipo de estaca é a sua cravação estática através de macaco hidráulico, reagindo contra cargueira ou estrutura existente, se esta resistir aos esforços que serão aplicados.

- Cravação

Deve ser realizada através de macaco hidráulico acionado por bomba elétrica ou manual. A escolha do macaco hidráulico deve ser feita de acordo com o tipo e dimensão da estaca, características do solo, carga especificada no projeto e peculiaridades do local.

Em solos porosos a cravação pode ser auxiliada através da saturação do solo e em areia compactas com jatos de água pelo interior do segmento. Quando os segmentos forem de concreto, a emenda será feita por simples superposição ou através de solidarização especificada em projeto. As emendas de segmentos metálicos serão feitas por solda ou rosca.

Finalizada a cravação, é colocado o cabeçote sobre a estaca para permitir o encunhamento que deve ser feito por cunhas e calços.

Deve ser preenchida a ficha de controle diariamente para cada estaca, devendo constar pelo menos as seguintes informações:

- Identificação da obra, local, número da estaca e nome do contratante e executor;
- Data da cravação;
- Tipo de estaca e características geométricas;
- Ensaios de resistência do concreto, quando for o caso;
- Comprimento cravado da estaca;
- Quantidade de segmentos utilizados;
- Carga de encunhamento;
- Características do cabeçote e da estrutura de reação;
- Desaprumo e desvio de locação;
- Características e identificação do equipamento de cravação;
- Número e dimensão de calços;
- Número e dimensão de cunhas;
- Descrição da eventual armadura;
- Características da calda ou argamassa de preenchimento quando empregadas;
- Anormalidades de execução;

- Observações pertinentes.

c. Estacas metálicas

Trata-se de elementos de fundação constituídos por perfis laminados ou soldados, simples ou múltiplos, tubos de chapa dobrada (seção quadrada, circular ou retangular), apresentando elevada resistência de ponta, bem como carga de trabalho em torno de 800 kg/cm².

Serão empregadas em qualquer tipo de solo, sendo mais indicadas para os casos onde as peças têm função múltipla (fundação, escoramento e estrutura).

- Equipamento

A cravação de estacas pode ser feita por percussão, prensagem ou vibração. A escolha do equipamento deve ser feita de acordo com o tipo, dimensão da estaca, características do solo, condições de vizinhança, características do projeto e peculiaridades do local. O sistema de cravação deve estar sempre bem ajustado e com todas as suas partes constituintes, tanto estruturais quanto acessórias, em perfeito estado, a fim de evitar quaisquer danos às estacas durante a cravação, e deve ser dimensionado de modo a levar a estaca até a profundidade prevista sem danificá-la. Para essa finalidade, o uso de martelos mais pesados e com menor altura de queda, é mais eficiente do que o uso de martelos mais leves e com grande altura de queda.

No caso em que a cota de arrasamento estiver abaixo da cota do plano de cravação, pode-se utilizar um elemento suplementar, denominado “prolonga” ou “suplemento”. O comprimento do suplemento deve ser limitado a 2,5 m.

Para cravação de estacas através de terrenos resistentes, podem ser empregadas pré-perfurações.

Procedimentos para as emendas devem ser detalhados em projeto.

A nega e o repique devem ser medidos em todas as estacas, atendendo-se às condições de segurança.

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

- Controle

Deve ser preenchida a ficha de controle diariamente para cada estaca, devendo constar as seguintes informações:

- Identificação da obra e local, e nome do contratante e executor;
- Data da cravação e/ou recravação, quando houver;
- Identificação ou número da estaca, com as datas e horário de início e término da cravação;
- Comprimento cravado da estaca e comprimento útil das estacas;
- Composição dos elementos utilizados;
- Peso do martelo e altura de queda para a determinação da nega;
- Suplemento utilizado, tipo e comprimento;
- Características do pré-furo, quando houver;
- Intervalo de tempo decorrido na cravação;
- Características geométricas da estaca;
- Identificação ou número da estaca com datas de horário e término da cravação;
- Cotas do terreno e de arrasamento;
- Características do suplemento utilizado, tipo e comprimento;
- Desaprumo e desvio de locação;
- Características e identificação do equipamento de cravação;
- Negas e repiques ao final de cravação e na recravação, quando houver;
- Especificação dos materiais e insumos utilizados;
- Deslocamento e levantamento de estacas por efeito de cravação de estacas vizinhas;
- Observações e anormalidades de execução.

d. Estacas de madeira

São elementos de fundação profunda, atualmente, aplicadas apenas em casos particulares e constituídas das seguintes madeiras: maçaranduba, pau d'arco, ipê, baraúna e, mais comumente, o eucalipto.

Será de responsabilidade da empreiteira, sempre que forem adotadas estacas de madeira de espécies de árvores nativas, providenciar o documento de origem florestal (DOF) que representa a licença para transporte e uso de tais produtos de origem florestal.

As estacas de madeira somente poderão ser utilizadas quando totalmente submersas, não sendo permitido seu emprego em terrenos com matacões. A FISCALIZAÇÃO admitirá apenas em casos excepcionais, após prévia autorização.

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

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

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

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

A escolha do equipamento deve ser feita de acordo com a estaca, suas dimensões, características do solo, condições de vizinhança e peculiaridades do local.

As folgas do martelo e do capacete não devem ser superiores a 3 cm em relação às guias do equipamento.

O sistema de cravação deve ser dimensionado de modo a levar a estaca até a profundidade prevista para sua capacidade de carga, sem danificá-la.

A madeira deve atender aos requisitos da NBR 7190.

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

Sempre que houver dúvida sobre o desempenho das estacas, devem ser feitas provas de carga.

Deve ser preenchida a ficha de controle diariamente para cada estaca, devendo constar as seguintes informações:

- Identificação da obra e local, nome do contratante e executor;
- Data da cravação;
- Identificação ou número da estaca, com as datas e horário de início e término da cravação;
- Dimensões da seção e comprimento útil;
- Suplemento utilizado, tipo e comprimento;
- Desaprumo e desvio de locação;
- Características e identificação do equipamento de cravação;
- Negas ou repiques no final de cravação e na recravação, quando houver;
- Especificação dos materiais;
- Deslocamento e levantamento de estacas por efeito de cravação de estacas vizinhas;
- Observações e anormalidades de execução.

e. Tubulões

Elemento estrutural, cilíndrico, construído concretando-se um poço aberto no terreno (tubulão não revestido ou a céu aberto) ou fazendo-se descer por escavação interna ou cravação, com equipamento, um tubo de concreto armado ou aço que é preenchido de concreto simples ou armado (ar comprimido – pneumático).

e.1. Tubulões a céu aberto

São elementos cuja função é transmitir as cargas estruturais para os solos de maior capacidade de suporte, situados em maiores profundidades. São caracterizadas por seção transversal que permite escavação interna, com entrada de pessoal em seu interior. Os tipos existentes se diferenciam por modo de execução:

Tubulão não-revestido: executado por escavação manuais ou mecânicas, sempre acima do nível d'água natural ou rebaixado, sem risco de desmoronamento;

Tubulão revestido: utilizado em terrenos com baixa coesão; a escavação deverá possuir escoramento para contenção lateral.

Trata-se de uma fundação profunda, escavada manual ou mecanicamente, em que, pelo menos na sua etapa final, há descida de pessoal para alargamento da base ou limpeza do fundo quando não há base.

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

Este tipo de fundação é empregado acima do lençol freático, ou mesmo abaixo dele, nos casos em que o solo se mantenha estável sem risco de desmoronamento e seja possível controlar a água do interior do tubulão, respeitando-se as Normas de segurança, em particular conforme a Portaria 3214 do Ministério do Trabalho e Emprego - NR 18.

O fuste pode ser escavado manualmente por poceiros ou através de perfuratrizes até a profundidade prevista em projeto. Quando escavado a mão, o prumo e a forma do fuste devem ser conferidos durante a escavação.

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

Antes da concretagem, o material de apoio das bases deve ser inspecionado por engenheiro, que confirmará in loco a capacidade suporte do material, autorizando a concretagem. Esta inspeção pode ser feita com penetrômetro de barra manual.

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

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

- Concretagem

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

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

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

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

- Sequência executiva

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

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

Os tubulões devem ser concretados até a cota de arrasamento. O concreto a ser utilizado deve satisfazer as seguintes exigências:

- Consumo de cimento não inferior a 300 kg/m³;
- Abatimento ou slump test conforme ABNT NBR NM 67 entre 8 cm e 12 cm;
- Agregado: diâmetro máximo 25 mm (brita 2);
- Fck ≥ 20 MPa aos 28 dias, conforme NBR 6118, NBR 5738 e NBR 5739.

Os corpos de prova de concreto devem ser moldados de acordo com a NBR 5738 e ensaiados de acordo com a NBR 5739.

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

e.2. Tubulões a ar comprimido

Utilizados em locais com N.A. elevado, onde não seja possível o esgotamento da água. Usa-se injeção de ar comprimido nos tubulões para impedir a entrada de água, pois a pressão interna é maior que a pressão da água. A pressão empregada é no máximo de 3 ATM, limitando a profundidade em 30 m abaixo do N.A. e existe o perigo de desmoronamento das paredes.

Trata-se de uma fundação profunda, escavada manual ou mecanicamente, em que, pelo menos na sua etapa final, há descida de pessoal para alargamento da base ou limpeza do fundo quando não há base.

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

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

Em qualquer etapa de execução dos tubulões, deve-se atender à legislação trabalhista em vigor para trabalho em ambiente sob ar comprimido (Portaria 3214 do Ministério do Trabalho e Emprego - NR 18).

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

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

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

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

A base é escavada manualmente. Durante esta operação, a camisa deve ser escorada de modo a evitar sua descida.

Antes da concretagem, o material de apoio das bases deve ser inspecionado por engenheiro que confirmará in loco a capacidade suporte do material, autorizando a concretagem. Esta inspeção pode ser feita com penetrômetro de barra manual. Atingida a cota prevista para a implantação da camisa, abre-se a base.

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

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

O mesmo procedimento pode ser adotado para camisas metálicas.

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

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

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

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

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

Quando previstas cotas variáveis de assentamento entre tubulões próximos, a execução deve ser iniciada

pelos tubulões mais profundos, passando-se a seguir para os mais rasos. Os tubulões devem ser concretados até a cota de arrasamento. O concreto a ser utilizado deve satisfazer as seguintes exigências:

- Consumo de cimento não inferior a 300 kg/m³;
- Abatimento ou *slump test* conforme ABNT NBR NM 67: entre 8 cm e 12 cm;
- Agregado: diâmetro máximo 25 mm (brita 2);
- Fck ≥ 20 MPa aos 28 dias, conforme NBR 6118, NBR 5738 e NBR 5739.

Os corpos de prova de concreto devem ser moldados de acordo com a NBR 5738 e ensaiados de acordo com a NBR 5739.

Deve ser preenchida a ficha de controle diariamente para cada tubulão, devendo conter pelo menos as seguintes informações:

- Identificação da obra e local, nome do contratante e do executor;
- Data e horário do início e fim da concretagem;
- Data de término da escavação da base;
- Identificação ou número do tubulão;
- Nível d'água;
- Dimensões do fuste e da base;
- Profundidade ou cota de apoio da base;
- Consumo de materiais por tubulão;
- Desaprumo e desvio de locação;
- Identificação das características do equipamento (compressores, campânulas etc.);
- Tempos de compressão e de descompressão; jornadas de trabalho;
- Especificação dos materiais e insumos utilizados;
- Volume de concreto real e teórico;
- Anormalidades de execução;
- Observações pertinentes.

4.5.4. Critérios de levantamento, medição e pagamento

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

a. Levantamento (quantitativo para projeto)

No caso de estacas, o levantamento será efetuado por metro (m) a ser executado, baseado na profundidade prevista no perfil de sondagem e no projeto de fundações.

No caso de tubulões, o levantamento será efetuado dentro dos mesmos critérios acima, separando-se os serviços de escavação (m³), concreto (m³) e armação (kg). Os volumes de escavação e concreto serão calculados através do volume do cilindro e do tronco de cone, baseado nas medidas de projeto. O transporte e a carga do material escavado, serão levantados pelos critérios descritos no Capítulo 3 - Trabalhos em terra, deste Caderno de Encargos.

b. Medição

No caso de estacas, a medição será efetuada por metro (m) efetivamente cravado, não sendo objeto de medição, possíveis sobras ou quebra de estacas, cortes ou emendas.

No caso de tubulões, a medição será efetuada adotando-se os mesmos critérios de levantamento baseando-se nas medidas do local.

c. 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 sua cravação, possíveis cortes 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 NBR 6122 e NBR 6118 e aos Códigos e Posturas dos Órgãos Oficiais que jurisdicionem 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. Fundações de superfície

a. Condições gerais

Obriga-se a CONTRATADA a realizar, pelo menos, duas provas de carga, em locais previamente designados pela FISCALIZAÇÃO.

Para perfeita verificação do comportamento das fundações, poderão ser exigidas, a critério da FISCALIZAÇÃO, novas provas de carga, responsabilizando-se a FISCALIZAÇÃO pelo pagamento.

Se os resultados não satisfizerem as condições pré-estabelecidas pela FISCALIZAÇÃO, as provas de carga subsequentes que se fizerem necessárias para comprovação da taxa de trabalho, após a correção das irregularidades, serão executadas às expensas da CONTRATADA.

As provas de carga deverão obedecer ao preconizado na NBR 6489, além do adiante especificado:

Serão executadas diretamente no terreno de base das fundações;

Serão efetuadas, de preferência, nos trechos mais desfavoráveis do terreno.

b. Instalação e aparelhamento

A cota da superfície de carga deverá ser sempre a mesma que a das bases da futura fundação.

A placa para aplicação das cargas deverá ser rígida, ter uma área não inferior a 0,5 m² (geralmente usa - se placa circular com diâmetro de 0,80 m), sendo colocada sobre o solo em seu estado natural, devidamente nivelado.

O dispositivo de transmissão de carga a ser utilizado deverá ser um macaco hidráulico, munido de bomba e manômetro, devidamente aferidos, reagindo contra uma carga de reação (caixão carregado, viga de reação, etc.).

Os recalques serão medidos por extensômetros sensíveis a 0,01 mm, colocados em dois pontos diametralmente opostos da placa, que deverão estar livres da influência dos movimentos da placa e do caixão de reação, devendo seus apoios acharem-se a uma distância igual a pelo menos 1,5 vezes o diâmetro da placa, medida a partir do centro e nunca inferior a 1,5 m.

c. Execução

O carregamento será efetuado em estágios sucessivos, com aplicação de incrementos de tensão correspondente a 20 % da taxa de trabalho provável do solo.

Em cada estágio da carga, a tensão será mantida constante, procedendo-se a leitura das deformações, imediatamente após a aplicação dessa carga e quando decorridos 1, 2, 4, 8, 15, 30 e 60 minutos.

O estágio é encerrado quando se obtém um acréscimo de deformação, de uma leitura para a seguinte, inferior a 5 % da deformação ocorrida no estágio.

Caso não ocorra a ruptura do solo, a prova de carga será conduzida até que se observe recalque total de 25 mm (considerado, pela FISCALIZAÇÃO, como excessivo) ou que se atinja carga equivalente ao dobro da taxa de trabalho provável no solo.

Desde que não ocorra a ruptura, a carga máxima alcançada no ensaio deverá ser mantida pelo menos durante 12 horas.

Em seguida, deve-se fazer o descarregamento em estágios sucessivos, não superiores a 25 % da carga total, lendo-se os recalques de maneira idêntica ao carregamento.

d. Resultados

Como resultado do ensaio, deverá ser apresentada uma curva pressão x deformação, onde serão anotados

os tempos iniciais e finais de cada estágio. Anexo à curva dos resultados serão fornecidas, ainda, as seguintes informações:

- Dia e hora do início e fim da prova;
- Situação do local da prova no terreno e cota da superfície carregada em relação a um RN bem determinado (preferencialmente o adotado no levantamento topográfico);
- Referência aos dispositivos de carga e medida;
- Ocorrências excepcionais durante a carga.

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

e. Interpretação dos resultados

A carga admissível das fundações superficiais, baseada na prova de carga, será determinada dentro do seguinte critério:

Ruptura do solo: caso ocorra a ruptura do solo, será considerada como taxa de trabalho do terreno a metade do valor da tensão que provocou a ruptura;

Sensibilidade da estrutura: caso não ocorra a ruptura do solo, a carga admissível será adotada, admitindo-se a metade da carga que conduz a um recalque de 25 mm;

Caso não ocorra ruptura do solo, nem se atinja o recalque compatível com a sensibilidade da estrutura (fixado em 25 mm no elemento isolado), adotar-se-á, como pressão admissível, a pressão adotada em projeto.

f. Providências complementares

Caso as provas de carga não obtenham resultados satisfatórios, caberá a CONTRATADA, às suas expensas, adotar todas as providências necessárias para a viabilidade das fundações, tais como: novas provas de cargas, redimensionamento das fundações e elementos intermediários, reforço das fundações, modificações das cotas de assentamento, controle de recalques, etc.

Quaisquer das providências mencionadas deverão ser previamente submetidas à apreciação e autenticação da FISCALIZAÇÃO.

Devem ser considerados os seguintes fatores na sua determinação:

- Características geomecânicas do subsolo;
- Profundidade da fundação;
- Dimensões e forma dos elementos de fundação;
- Influência do lençol d'água;
- Eventual alteração das características do solo (expansivos, colapsíveis etc.) devido a agentes externos (encharcamento, alívio de tensões etc.);
- Características ou peculiaridades da obra;
- Sobrecargas externas;
- Inclinação da carga;
- Profundidade mínima

Nas divisas com terrenos vizinhos, salvo quando a fundação for assente sobre rocha, tal profundidade não deve ser inferior a 1,5 m. Em casos de obras cujas sapatas ou blocos estejam majoritariamente previstas com dimensões inferiores a 1 m, essa profundidade mínima pode ser reduzida.

4.6.3. Fundações profundas

a. Considerações gerais

As provas de carga deverão obedecer à NBR 12131, além do adiante especificado. Serão efetuadas, de preferência, nas estacas que estiverem com maior carga em relação à sua capacidade e, no caso de estacas carregadas de ponta, nos trechos mais desfavoráveis quanto à resistência do terreno.

Em se tratando de fundações profundas à base de estacas, obriga-se a CONTRATADA a realizar, pelo menos, duas provas de carga, em locais previamente designados pela FISCALIZAÇÃO, sobre estacas de blocos distintos. Para a perfeita verificação do comportamento das fundações, serão exigidas, a critério da

FISCALIZAÇÃO, novas provas de carga, responsabilizando-se a FISCALIZAÇÃO pelo pagamento das mesmas. Se as provas de carga não satisfizerem as condições pré-estabelecidas pela FISCALIZAÇÃO, as provas de carga que se fizerem necessárias para comprovação da carga admissível serão realizadas às expensas da CONTRATADA.

b. Instalação e aparelhamento

Serão adotados processos que garantam aplicação axial da carga e que evitem choques ou trepidações durante a realização das provas.

Será aconselhável a utilização dos macacos hidráulicos, munidos de bomba e manômetros, devidamente aferidos, opondo-se a uma carga de reação estável – caixa carregada, ancoragem, etc. – sendo vantajoso prever-se, para maior garantia de axiabilidade, uma rótula na cabeça do macaco ou da estaca.

Os recalques do topo da estaca serão medidos, simultaneamente, em dois extensômetros, sensíveis ao centésimo de milímetro, colocados em posição diametralmente opostas em relação à seção transversal da estaca.

Os dispositivos de referência para as medidas de recalques deverão estar ao abrigo de intempéries e suficientemente afastados para não serem influenciados pelo movimento das estacas dos terrenos circunvizinhos, do caixão, da ancoragem, etc.

Os apoios dos dispositivos referidos no item anterior deverão situar-se a uma distância igual a, pelo menos, 05 (cinco) vezes o diâmetro das estacas e nunca inferior a 150 cm.

c. Execução

Nas estacas pré-fabricadas de concreto, de madeira ou aço, a prova de carga somente deverá ser iniciada 24 horas após a sua cravação, no caso de terreno arenoso e após 5 dias, no mínimo, em se tratando de terreno argiloso.

No caso de estacas moldadas no solo, a prova de carga só deverá ser realizada após um tempo mínimo de cura de 15 dias, exceto se usado cimento de alta resistência inicial ou aditivos aceleradores. Contudo, o uso do cimento de resistência inicial e de aditivos aceleradores ficarão condicionados à prévia autorização da FISCALIZAÇÃO.

Deverá ser moldado um bloco de concreto armado, na cabeça da estaca, com armadura devidamente dimensionada. Antes do processo de moldagem do bloco, a cabeça da estaca deverá ser convenientemente preparada. É importante que a estaca fique perfeitamente centrada no bloco.

O carregamento da estaca deverá ser feito em estágios sucessivos não superiores a 20 % da carga de trabalho provável ou fixada para a estaca.

Em cada estágio da carga, os deslocamentos deverão ser lidos imediatamente após a aplicação da carga correspondente, efetuando-se leituras, quando decorridos os seguintes tempos, a partir da aplicação da carga, 1, 2, 4, 8, 15, 30 e 60 minutos, até a estabilização dos deslocamentos. A estabilização poderá ser admitida quando a diferença entre duas leituras sucessivas corresponder a um máximo de 5 % do deslocamento havido no estágio.

O intervalo de tempo entre estágios deverá ser de, no mínimo, 30 minutos.

O ensaio, caso não seja levado até a ruptura, será continuado até observar-se um deslocamento (medido no topo da estaca), compatível com a sensibilidade da estrutura (fixado pela PBH em 15mm) ou até 1,5 vezes a carga de trabalho prevista para a estaca.

Em quaisquer dos casos, não sendo atingida a ruptura, a carga máxima de ensaio deverá ser mantida durante 12 horas, pelo menos, após a estabilização dos deslocamentos.

A descarga, sempre que possível, será efetuada por estágios sucessivos não superiores a 25 % da carga total atingida no ensaio. Cada estágio deverá ser mantido até a estabilização das deformações.

O intervalo de tempo entre intervalos de descarga não poderá ser inferior a 15 minutos.

d. 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. Anexo ao gráfico, serão fornecidos os seguintes elementos:

- Localização da estaca no terreno, arrasamento, altura do bloco, volume (para estacas moldadas no local) e indicação dos furos de sondagem;

- Características e dados gerais da estaca testada: tipo, dimensões, cota de arrasamento, volume da estaca e da base (para estacas moldadas no solo), armação (se for o caso), tensão do concreto, data da cravação, data da moldagem, altura do bloco, etc.;
- Dados da cravação: tipos de bate-estacas e do martelo, peso do martelo, altura e tipo da queda ou energia de cravação, nega em cada série de golpes por minuto, etc.;
- Descrição sucinta dos dispositivos de carga, de medida e aferição dos manômetros;
- Ocorrências excepcionais verificadas durante a prova; perturbações dos dispositivos de carga e medida; modificações na superfície do terreno contíguo à estaca; alterações eventuais nos pontos fixos de referência, etc.;
- Diagrama - número de golpes (n) x penetração (e) - obtido na cravação das estacas relacionadas para as provas de carga;
- Nega do último golpe, obtida pela expressão e/10, sendo “e” a penetração alcançada com os últimos 10 golpes de cravação;
- Confirmação da viabilidade do comprimento alcançado pelas estacas, mediante cálculo com o emprego de fórmulas próprias a cada tipo de solo (deverá ser apresentado o demonstrativo de cálculo);
- Dia e hora do início e fim da prova;
- Representação das características do terreno de acordo com a sondagem mais próxima.

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

e. Interpretação dos resultados

A carga admissível da estaca, baseada na prova de carga, será determinada dentro do seguinte critério:

- Ruptura do solo: caso ocorra a ruptura do solo, será considerada, como taxa admissível da estaca, a metade do valor da tensão que provocou a ruptura do solo;
- Sensibilidade da estrutura: caso não ocorra a ruptura do solo, a carga admissível da estaca será adotada admitindo-se 1/1,5 da carga que conduz a um recalque compatível com a sensibilidade da estrutura projetada (fixado pela PBH em 15 mm);
- Caso não ocorra ruptura do solo, nem se atinja o recalque compatível com a sensibilidade da estrutura (fixado em 15 mm), adotar-se-á, como carga admissível da estaca, a carga adotada em projeto.

f. Providências complementares

Caso as provas de cargas não obtenham resultados satisfatórios, caberá a CONTRATADA, às suas expensas, adotar todas as providências necessárias para a viabilidade das fundações, tais como: novas provas de cargas, redimensionamento das fundações e elementos intermediários, reforço das fundações, modificações das cotas de assentamento (recravação), controle de recalques, etc.

Quaisquer das providências mencionadas deverão ser previamente submetidas à apreciação e autenticação da FISCALIZAÇÃO.

4.7. REFERÊNCIAS

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

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.

NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento

NBR 6122:2010 - Projeto e execução de fundações

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