



TIPOS DE FUNDAMENTAÇÕES

FUN
DA SEM
COMPLICAÇÕES
ÇÕES

As Fundações são classificadas em fundações diretas /rasas e indiretas/profundas.

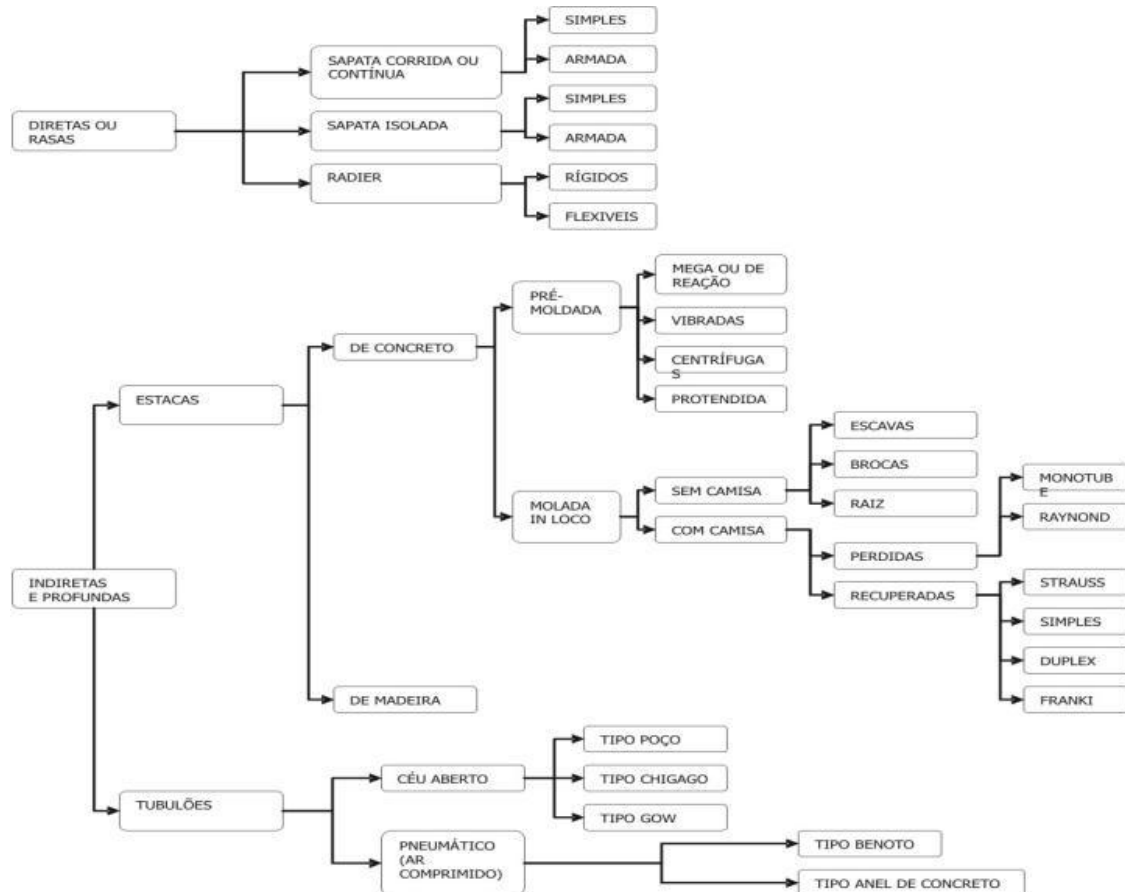
Fundação rasa (direta ou superficial)

As fundações rasas ou fundações diretas são aquelas em que a carga é transmitida ao solo por meio de elementos superficiais, sem a necessidade de equipamentos de grande porte para a cravação ou escavação de seus componentes.

É um elemento de fundação cuja base está assentada em profundidade inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação, recebendo aí as tensões distribuídas que equilibram a carga aplicada;

Fundação profunda

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



FUNDAÇÕES PROFUNDAS

ESTACA HÉLICE CONTÍNUA MONITORADA

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



Perfuração

A perfuração se dá pela introdução do trado, de forma contínua por rotação, até a cota prevista em projeto, com mínimo desconfinamento do solo.

A perfuratriz deve ser posicionada e nivelada para assegurar a centralização e verticalidade da estaca. O diâmetro do trado deve ser verificado para assegurar as premissas de projeto. A haste é dotada de ponta fechada por uma tampa metálica recuperável.

Concretagem

Atingida a cota de ponta prevista no projeto e com toda a tubulação cheia de concreto, inicia-se a fase de concretagem da estaca. Nesta operação deve existir perfeita coordenação entre os operadores do equipamento da hélice contínua e do responsável pela bomba do concreto que opera no cocho. O operador do equipamento avisa por sinal sonoro o operador do cocho para que este comece o lançamento do concreto e concomitantemente se inicia o levantamento do trado da hélice contínua para a expulsão da tampa e início da concretagem. Desta forma, procura-se garantir o contato efetivo do concreto da ponta da estaca com o solo competente.

Não se permite subir o trado da hélice contínua, para possibilitar a expulsão da tampa antes do início do lançamento do concreto. A pressão do concreto deve ser sempre positiva para evitar a interrupção do fuste e é controlada pelo operador durante toda a concretagem.

Na etapa de concretagem a monitoração eletrônica deve registrar ao menos a velocidade de subida do trado, a pressão de injeção do concreto e o volume bombeado. A concretagem é executada até a superfície do terreno.

Colocação da armadura

A colocação da armadura em forma de gaiola deve ser feita imediatamente após a concretagem e limpeza das impurezas do topo da estaca. Sua descida pode ser auxiliada por peso ou vibrador.

A armadura deve ser enrijecida para facilitar a sua colocação. Os centralizadores, caso utilizados, devem ser colocados aproximadamente 1,0 m do topo e 1,0 m da ponta da armação.

Controle do processo executivo

Todas as fases de execução da estaca devem ser monitoradas eletronicamente a partir de sensores instalados na perfuratriz, registrando-se:

- a) nivelamento do equipamento e prumo do trado;
- b) pressão no torque;
- c) velocidade de avanço do trado;

- d) rotação do trado;
- e) cota de ponta do trado;
- f) pressão de concreto durante a concretagem;
- g) sobreconsumo de concreto;
- h) velocidade de extração do trado.

Concreto

O concreto deve atender ao disposto na Tabela 4 quanto à classe de agressividade I, II, III e IV e observar as seguintes características:

- a) para o C30, abatimento entre 220 mm e 260 mm S 220, diâmetro de agregado de 4,75 mm a 12,5 mm e teor de exsudação inferior a 4 %;
- b) para o C40, abatimento entre 220 mm e 260 mm S 220, diâmetro de agregado de 4,75 mm a 12,5 mm e teor de exsudação inferior a 4 %.

ESTACA ESCAVADA COM USO DE FLUÍDO ESTABILIZANTE

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

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

As estacas podem ter seções circulares (também denominadas estacões), retangulares (também denominadas barretes) ou seções compostas.



Escavação

Antes de iniciar a escavação da estaca e com o objetivo de guiar a ferramenta de escavação, deve ser cravada uma camisa metálica ou executada uma mureta-guia. Estas guias devem ser cerca de 5 cm maiores que a estaca projetada e devem ser embutidas no terreno com um comprimento não inferior a 1,0 m.

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

A perfuração deve ser contínua até a sua conclusão. Caso não seja possível, o efeito da interrupção deve ser analisado, devendo ser adotadas medidas que garantam a carga de projeto, como, por exemplo, o seu aprofundamento. A verificação da cota de ponta da estaca deve ser feita por meio de um cabo de medida graduado.

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

Colocação da armadura

Antes do início da concretagem, e estando o fluido dentro das especificações indicadas na NBR 6122/2019, é feita a colocação da armadura de projeto. 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.

Controles executivos

Durante a execução de uma estaca escavada com uso de fluido estabilizante devem ser controlados:

- a) a ferramenta de escavação (caçamba ou clamshell) quanto a folgas e dimensões para evitar quaisquer desvios executivos durante a escavação;
- b) o nivelamento e o prumo do equipamento de escavação;
- c) o nível do fluido em relação ao nível do lençol freático;
- d) as características do fluido antes da concretagem;
- e) as características do concreto.

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 deve atender ao disposto na Tabela 4 quanto à classe de agressividade I, II, III e IV e observar as seguintes características:

- a) para o C30, abatimento entre 220 mm e 260 mm S 220, diâmetro de agregado de 9,5 mm a 25 mm e teor de exsudação inferior a 4 %;
- b) para o C40, abatimento entre 220 mm e 260 mm S 220, diâmetro de agregado de 9,5 mm a 25 mm e teor de exsudação inferior a 4 %.

ESTACA ESCAVADA MECANICAMENTE

São estacas moldadas in loco, por meio da concretagem de um furo executado por trado espiral, que são empregadas 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.



Escavação

A perfuração é feita com trado curto acoplado a uma haste até a profundidade especificada em projeto, devendo-se confirmar as características do solo através da comparação com a sondagem mais próxima. Quando especificado em projeto, o fundo da perfuração deve ser apiloado com soquete.

Colocação da armadura

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

No caso de estacas submetidas a esforços de tração, horizontais ou momentos, a armadura projetada deve ser colocada no furo antes da concretagem.

Concretagem

A concretagem deve ser feita no mesmo dia da perfuração, através de um funil que tenha comprimento mínimo de 1,5 m. A finalidade deste funil é orientar o fluxo de concreto.

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

Concreto

O concreto deve atender ao disposto na Tabela 4 quanto a classe de agressividade I, II, III e IV e observar as seguintes características:

- a) para o C25, abatimento entre 100 mm e 160 mm S 100, diâmetro de agregado de 9,5 mm a 25 mm e teor de exsudação inferior a 4 %;
- b) para o C40, abatimento entre 100 mm e 160 mm S 100, diâmetro de agregado de 9,5 mm a 25 mm e teor de exsudação inferior a 4 %.

ESTACA PRÉ-MOLDADA OU PRÉ-FABRICADA DE CONCRETO / ESTACA METÁLICA

Pré-fabricada de Concreto

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.



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.

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

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.

Nega, repique e diagrama de cravação

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

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.

Estaca Metálica

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

Cravação

Para cravação de estacas através de terrenos resistentes, podem ser empregadas pré-perfurações. Neste caso, o eventual desconfinamento deve ser considerado pelo projetista das fundações.

De qualquer maneira a cravação final deve ser feita sem influência deste recurso. Caso sejam feitas medições, as tensões durante a cravação devem ser limitadas a 90% do limite de escoamento do aço.



Emendas e soldas

Procedimentos para as emendas devem ser detalhados em projeto.

Nas emendas com solda, o eletrodo a ser utilizado deve ser especificado em projeto, sendo compatível com o material da estaca, e de classe não inferior ao tipo AWS E 7018 para os aços ASTM A36, A572 e aços-carbono comuns. Quando a composição química do aço exigir eletrodos e procedimentos de soldagem especiais, estes devem ser especificados em projeto e aprovados por profissional habilitado.

O topo do elemento inferior, quando danificado, deve ser cortado até o nível em que sua seção não apresente sinais de dano. Atenção especial deve ser dada à linearidade entre os segmentos unidos.

Controle para verificação e avaliação dos serviços

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

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.

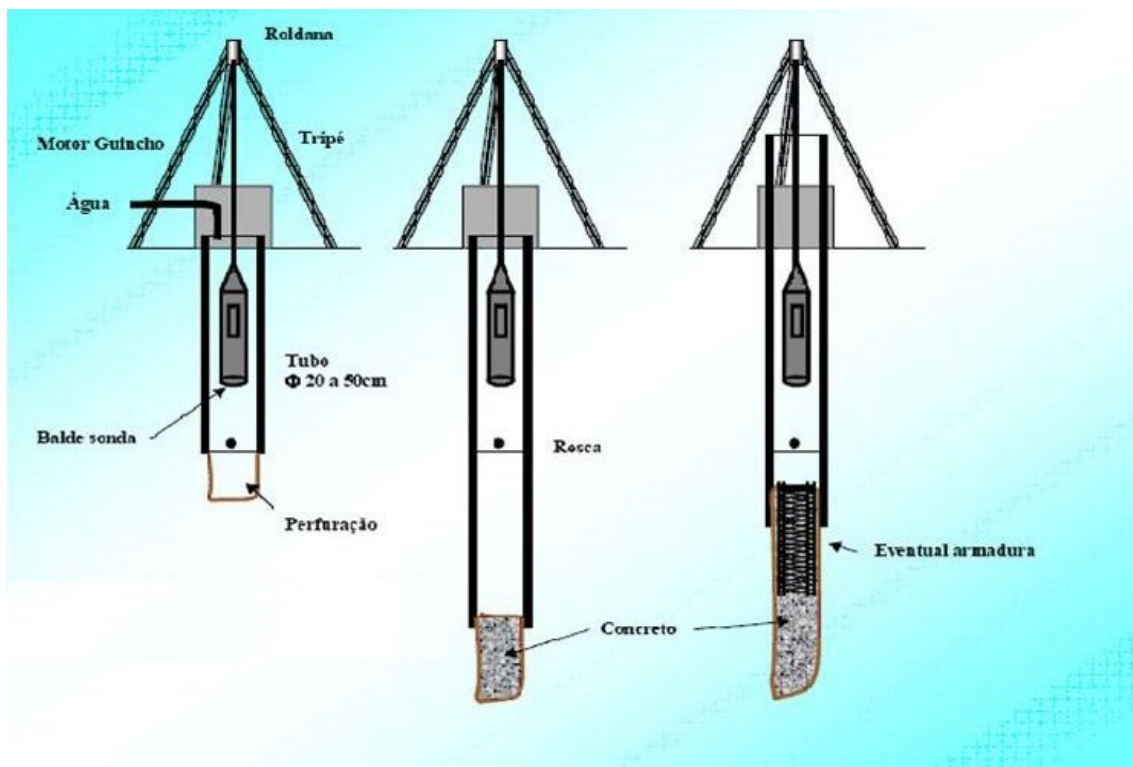
Quando a nova nega for inferior à obtida ao final da cravação, deve-se limitar o número de golpes para não causar danos à estaca. Neste caso a nega originalmente especificada deve ser reavaliada.

ESTACA STRAUSS

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, com guincho mecânico, em segmentos rosqueados, até que se atinja a profundidade projetada.

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.

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 1,0 m a 2,0 m, dentro do qual é colocado um segmento curto de revestimento com coroa na ponta. A seguir prossegue-se a perfuração com repetidos golpes da sonda e eventual adição de água que vai removendo o solo. Na medida em que o furo é formado, os tubos de revestimento vão sendo introduzidos até que a profundidade prevista seja atingida.

Concluída a perfuração, é lançada água no interior dos tubos para sua limpeza. A água e a lama são totalmente removidas pela piteira e o soquete é lavado.

Concretagem

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

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

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

Concreto

O concreto a ser utilizado deve satisfazer as seguintes exigências:

- a) consumo de cimento igual ou superior a 300 kg/m³;
- b) abatimento ou slump test conforme ABNT NBR NM 67 entre 8 cm e 12 cm para estacas não armadas e de 12 cm a 14 cm para estacas armadas;
- c) agregado: diâmetro entre 12,5 mm e 25 mm;
- d) fck ≥ 20 MPa aos 28 dias, conforme ABNT NBR 6118, ABNT NBR 5738 e ABNT NBR 5739.

ESTACA DE REAÇÃO (MEGA OU Prensada)

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 estrutura existente e compatível à resistência dos esforços que serão aplicados. Também podem reagir contra cargueira ou tirantes ancorados no solo ou na estrutura.



Cravação

Deve ser realizada através de macaco hidráulico acionado por bomba elétrica ou manual dotada de manômetro. Esse conjunto macaco hidráulico-bomba-manômetro deve estar aferido com data inferior a um ano, contado do início da obra. A escolha do macaco hidráulico e da escala do manômetro deve ser feita de acordo com a carga de cravação especificada no projeto e peculiaridades do local.

O macaco hidráulico deve ter capacidade ao menos 20 % maior que a carga prevista de cravação. Durante a cravação deve ser realizado o “gráfico de cravação” anotando-se a carga aplicada à estaca à cada metro e cravação.

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

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 em projeto. As emendas de segmentos metálicos são feitas por solda ou rosca.

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

Carga de cravação

As cargas de cravação e de encunhamento devem ser especificadas em projeto, devendo ser de no mínimo 1,5 vez a carga de trabalho.

TUBULÃO A CÉU ABERTO

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 a legislação em vigor



Escavação do fuste

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.

Alargamento da base

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

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

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.

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

Concreto

O concreto deve atender à classe de agressividade I, II, III e IV e observar as seguintes características:

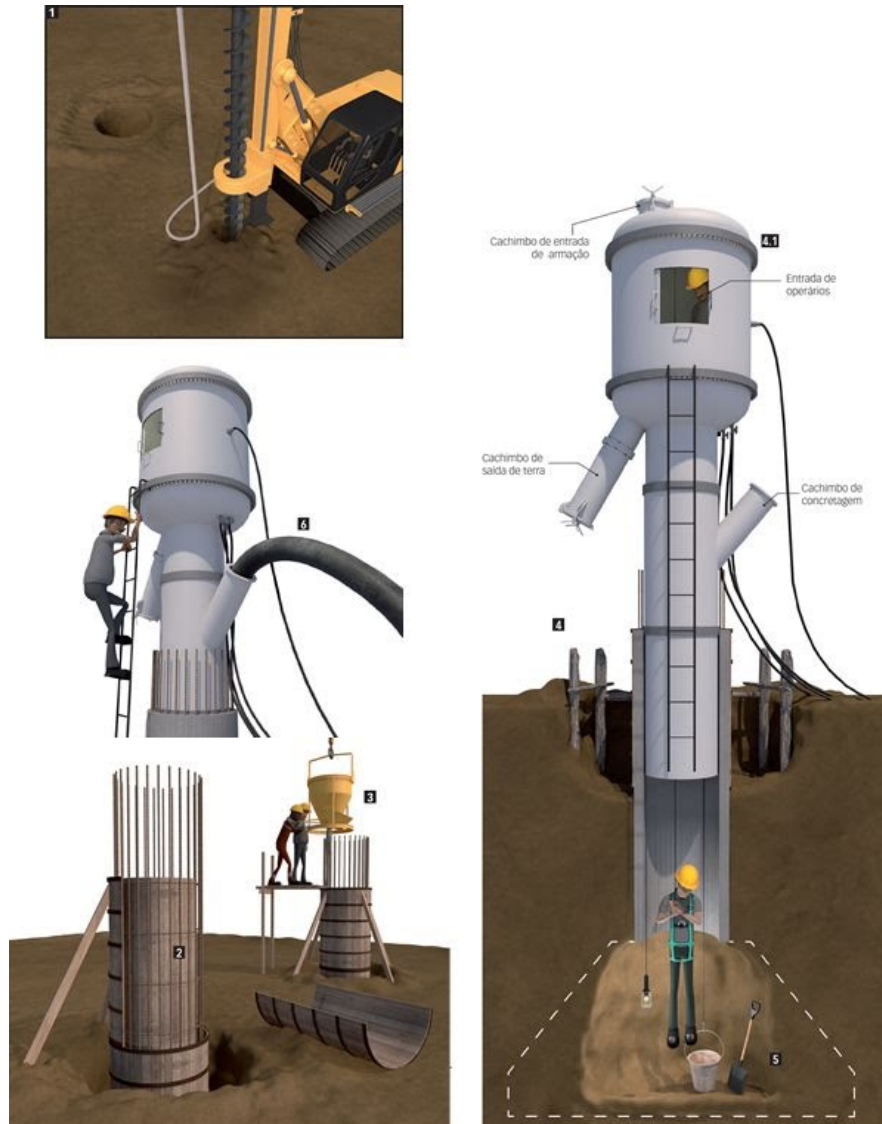
- a) para o C25, abatimento entre 100 mm e 160 mm S 100, diâmetro de agregado de 9,5 mm a 25 mm e teor de exsudação inferior a 4%;
- b) para o C40, abatimento entre 100 mm e 160 mm S 100, diâmetro de agregado de 9,5 mm a 25 mm e teor de exsudação inferior a 4%.

TUBULÃO A AR COMPRIMIDO

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 solução é empregado sempre que se pretende executar tubulões abaixo do nível d'água em solos que não atendam às condições mínimas. A escavação do fuste destes tubulões é sempre realizada com auxílio de revestimento que pode ser de concreto ou de aço (perdido ou recuperado).



Trabalho sob ar comprimido

Em qualquer etapa de execução dos tubulões, deve atender à legislação em vigor (ver Bibliografia) para trabalho em ambiente sob ar comprimido.

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

- a) equipe permanente de socorro médico à disposição na obra;
- b) câmara de descompressão equipada disponível na obra;
- c) compressores e reservatórios de ar comprimido de reserva;
- d) renovação de ar garantida, sendo o ar injetado em condições satisfatórias para o trabalho humano.

Escavação

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

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

Quando o nível d'água for atingido, 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.

Alargamento da base

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 profissional habilitado que confirma 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.

Concretagem

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

Em casos especiais, principalmente em obras em que se passa diretamente da água para rocha, a camisa de concreto pode ser confeccionada com a forma e 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 interrompe-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.

Concreto

O concreto deve atender ao disposto na Tabela 4 quanto à classe de agressividade I, II, III e IV e observar as seguintes características:

- a) para o C25, abatimento entre 100 mm e 160 mm S 100, diâmetro de agregado de 9,5 mm a 25 mm e teor de exsudação inferior a 4%;
- b) para o C40, abatimento entre 100 mm e 160 mm S 100, diâmetro de agregado de 9,5 mm a 25 mm e teor de exsudação inferior a 4%.

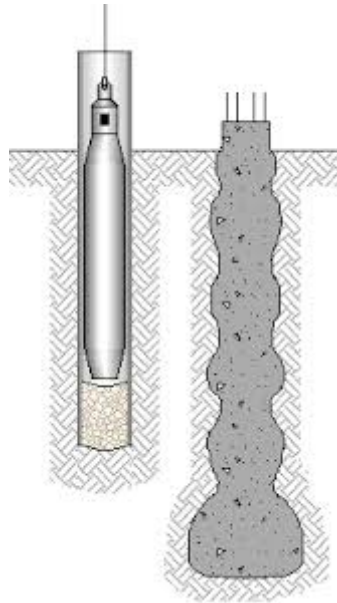
ESTACA FRANKI

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.



Cravação do tubo

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

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

- a) para dez golpes de 1,0 m de altura de queda do pilão;
- b) para um golpe de 5,0 m de altura de queda do pilão.

Execução da base alargada

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

Na confecção da base é necessário que os últimos $0,15 \text{ m}^3$ sejam introduzidos com uma energia mínima de $2,5 \text{ MN} \times \text{m}$ para as estacas com diâmetro igual ou inferior a 450 mm e de $5,0 \text{ MN} \times \text{m}$ para estacas com diâmetro de 450 mm até 600 mm. Para as estacas com diâmetro de 700 mm, os últimos $0,25 \text{ m}^3$ devem ser introduzidos

com uma energia mínima de $9,0 \text{ MN} \times \text{m}$. Em caso de volume diferente, a energia deve ser proporcional ao volume.

A energia é obtida pelo produto do peso do pilão pela altura de queda e pelo número de golpes, controlando-se o volume injetado pela marca do cabo do pilão em relação ao topo do tubo.

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 30 cm acima da cota de arrasamento. Deve ser controlado o encurtamento da armadura durante a execução do fuste.

Concreto

O concreto a ser utilizado deve satisfazer as seguintes exigências:

- a) consumo de cimento igual ou superior a 350 kg/m^3 ;
- b) $f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$ aos 28 dias

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) de 1,0 m a 1,5 m, 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.



Perfuração Em solo

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

A água usada na perfuração deve ser limpa, podendo ser utilizada água de reuso, inclusive água reciclada proveniente da perfuração

Para estacas de diâmetro acabado iguais ou inferiores a 250 mm a bomba deve ter em sua curva características mínimas de vazão de 15 m³/h a pressão de 120 mca.

Para diâmetros acabados iguais ou superiores a 310 mm a bomba tenha em sua curva características mínimas de vazão de 25 m³/h a pressão de 150 mca.

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

Perfuração Em solos com matacões ou embutimento em rocha

Deve-se repetir os procedimentos constantes acima 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.

Limpeza e colocação da armadura

Após o término da perfuração e antes do início do lançamento da argamassa, limpe-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.

Injeção de preenchimento

O furo é preenchido com argamassa mediante bomba de injeção, através de um tubo posicionado na 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.

Retirada do revestimento

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

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

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

Argamassa

A argamassa a ser utilizada deve ter $f_{ck} \geq 20$ MPa e deve satisfazer as seguintes exigências:

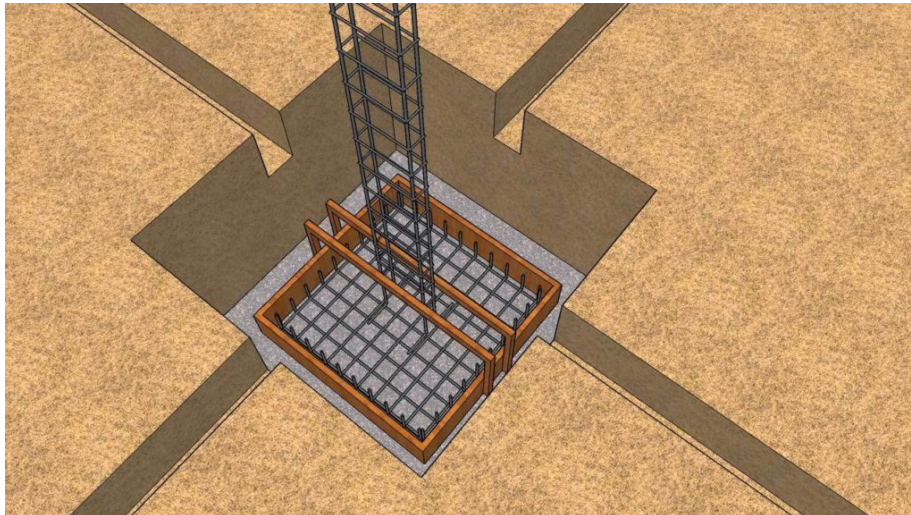
- a) consumo de cimento igual ou superior a 600 kg/m³;
- b) fator água/cimento entre 0,5 e 0,6;
- c) agregado: areia.

FUNDAÇÕES RASAS

SAPATAS ISOLADAS

Elemento de fundação rasa, de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas pelo emprego de armadura especialmente disposta para esse fim.

A sapata isolada é a mais comum nas edificações, sendo aquela que transmite ao solo as ações de um único pilar. As formas que a sapata isolada pode ter, em planta, são muito variadas, mas a retangular é a mais comum.



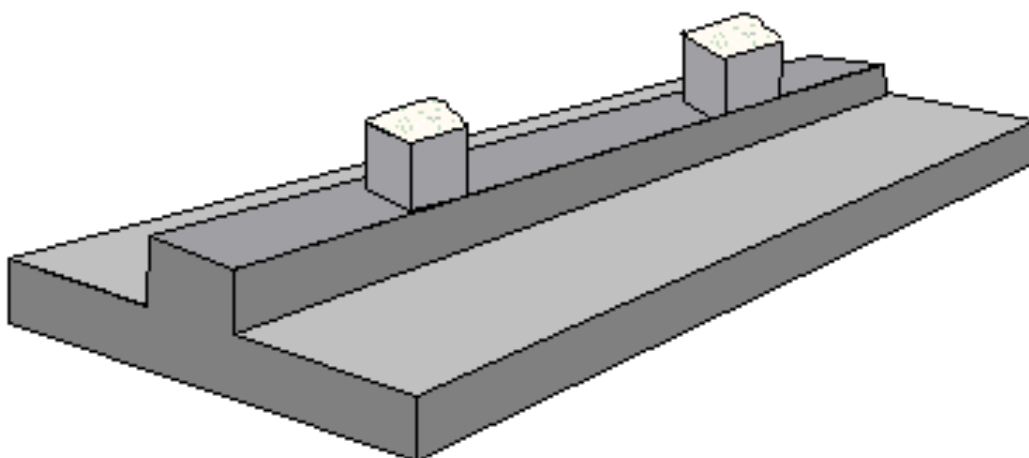
Execução

Para construção de uma sapata isolada, são executadas as seguintes etapas:

1. fôrma para o rodapé, com folga de 5 cm para execução do concreto “magro”;
2. posicionamento das fôrmas, de acordo com a marcação executada no gabarito de locação;
3. preparo da superfície de apoio;
4. colocação da armadura;
5. posicionamento do pilar em relação à caixa com as armações;
6. colocação das guias de arame, para acompanhamento da declividade das superfícies do concreto;
7. concretagem: a base poderá ser vibrada normalmente, porém para o concreto inclinado deverá ser feita uma vibração manual, isto é, sem o uso do vibrador.

SAPATA ASSOCIADA

Sapata comum a dois pilares; a denominação se aplica também a sapata comum a mais do que dois pilares, quando não alinhados e desde que representem menos de 70% das cargas da estrutura.



SAPATA CORRIDA

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



RADIER

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

Considerando os carregamentos envolvidos nas obras de interesse social e para resistências admissíveis de solo em torno de $0,7 \text{ kgf/cm}^2$ talvez um radier em concreto armado resultasse mais econômico, o que deve ser questionado. Entende-se que a Escolha do tipo de fundação deve ser fruto da análise de diversas alternativas e não se deve deixar levar pelas imposições do sistema que se apresente no mercado

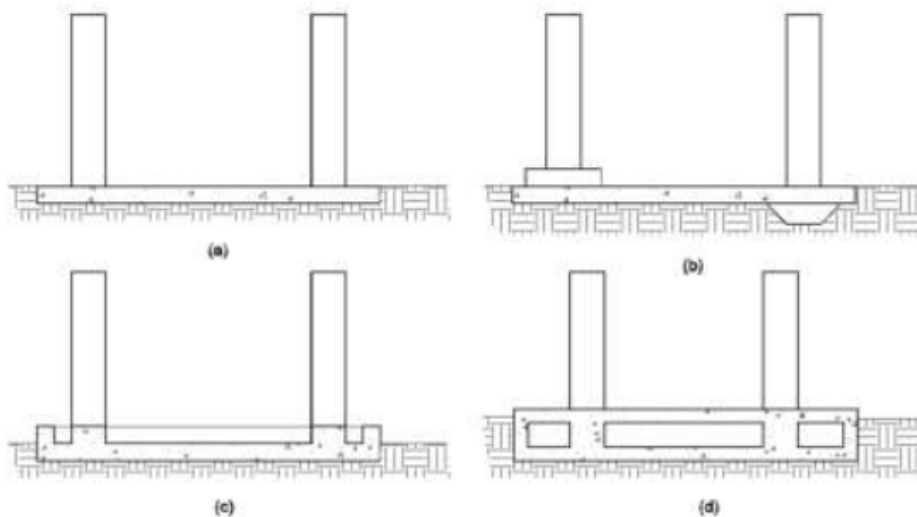
Não existe norma brasileira específica para a fundação em radier em que sejam estabelecidos os critérios de dimensionamento e as recomendações construtivas. O tema radier vem sendo tratado apenas como capítulos inseridos em alguns livros

sobre fundações, carecendo de rotinas sistematizadas que facilitem o trabalho do engenheiro estrutural

Quanto a Geometria

VELLOSO e LOPES (2014) classificam o radier em quatro tipos principais de acordo com a geometria

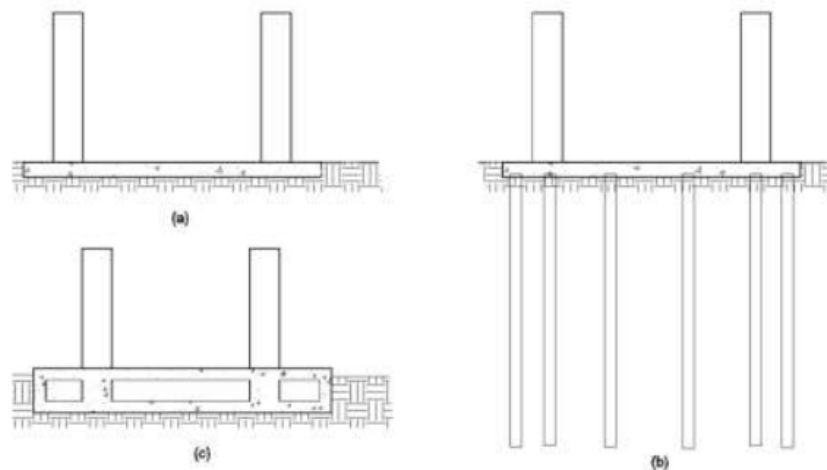
- Liso;
- Com pedestais ou cogumelos;
- Nervurado;
- Em caixão



Radiers: (a) lisos; (b) com pedestais; (c) nervurados; (d) em caixão.

Quanto à forma de suporte

- Apoiado diretamente sobre solo;
- Apoiado em estacas;
- Caixão flutuante.



Radiers: (a) diretamente sobre o solo; (b) em estacas; (c) em caixão flutuante.

O radier é um tipo de fundação superficial na qual toda a carga da edificação é transferida para uma laje maciça de concreto. Por se tratar de uma fundação direta – que distribui uniformemente todo o peso da edificação no terreno –, pode ser utilizado em variados tipos de solo, desde que seja feita uma análise conjunta do cálculo estrutural e do estudo da capacidade de carga do sol.

Classificada como rasa ou direta, a fundação radier se apoia diretamente na superfície do solo. É composta por lajes de concreto armado que abrangem toda a projeção da edificação. Mas não deve ser especificada para estruturas em que as cargas se concentrem em pontos de apoio isolados.



A fundação em radier é adotada quando?

- As áreas das sapatas se aproximam ou até mesmo se interceptam;
- A capacidade de suporte do solo é baixa;
- Quando se deseja uniformizar os recalques;
- O solo contém camadas compressíveis de espessuras variáveis e distribuídas erráticamente, formando bolsões de baixa capacidade de carga, dificultando a estimativa dos recalques diferenciais;
- O solo tem capacidade de carga tão baixa que é preciso remover parte dele, e o peso da superestrutura é propositalmente usado para equilibrar o peso da camada de solo removida (fundação em caixão flutuante);
- Quando o equipamento e/ou a estrutura a serem suportados são sensíveis a recalques diferenciais;
- Quando as estruturas, tais como chaminés, torres e silos, sugerem pelo seu formato o radier como fundação



Como é feita a Execução da Fundação Radier

Antes do início da execução, deve-se dar atenção aos fatores que influenciam diretamente o desempenho da laje como o tipo de solo, a uniformidade do suporte da base, a qualidade do concreto, o tipo e espaçamento das juntas e o

acabamento superficial. O ponto que merece grande destaque é o conhecimento da natureza e características do solo sobre o qual o radier será executado.

Como o desempenho estrutural do radier depende tanto da qualidade do concreto como também das propriedades do solo sobre o qual está apoiado, as recomendações da literatura estrangeira são enfatizadas para a dosagem, a fabricação, a aplicação e o acabamento do concreto e também para a caracterização e a preparação do solo para proporcionar um suporte uniforme para a laje.

O radier é composto por uma laje espessa de concreto armado que ocupa toda a área da edificação, conforme cálculos e projeto. Para a execução do radier, primeiramente deve ser realizada a limpeza da superfície do terreno e a escavação até a cota de implantação. Depois disso, o terreno deve ser nivelado e compactado adequadamente.

Em seguida, é colocada uma lona apropriada para a impermeabilização e um lastro de brita, cuja espessura varia entre cinco a dez centímetros e que tem como objetivo proteger a armadura do radier das matérias orgânicas, componentes e umidade do solo. Também são colocadas formas de madeira na lateral, de modo a fazer o fechamento da área que será concretada conforme previsto e indicado no projeto de fundações e estrutural.

Logo após, são inseridas as armaduras dimensionadas no projeto estrutural, tendo como base as informações do estudo geotécnico. O espaçamento entre elas, assim como as dimensões, depende das particularidades de cada edificação, assim como dos parâmetros de deformabilidade e resistência do solo.

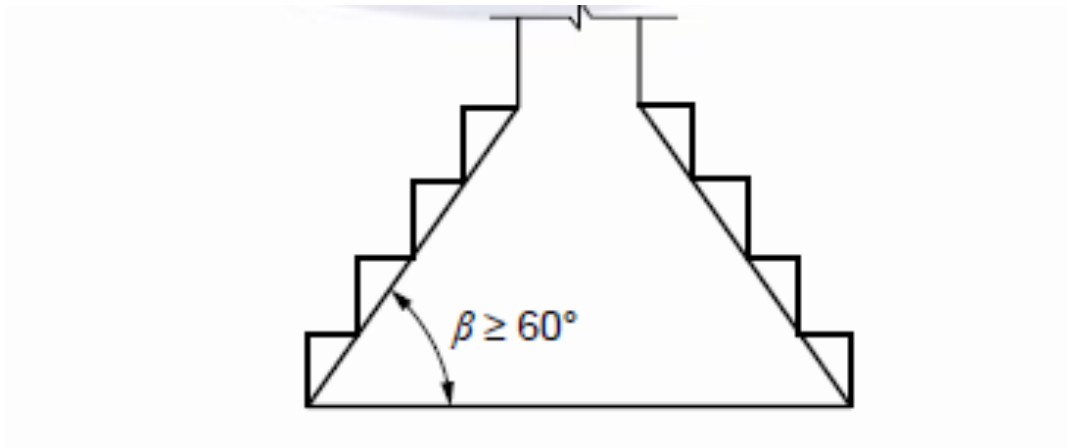
Em geral, as armaduras são reforçadas sob as paredes e pilares, permitindo que essas cargas aplicadas possam migrar para as áreas próximas, promovendo uma espécie de repartição desses esforços.

As instalações hidrossanitária e elétrica devem ser posicionadas e executadas antes da concretagem, evitando furos e cortes após a execução, reduzindo o retrabalho e a elevação do custo da fundação. Em seguida, é realizada a concretagem e deve ser realizada a cura apropriada, a fim de evitar manifestações patológicas.

BLOCO

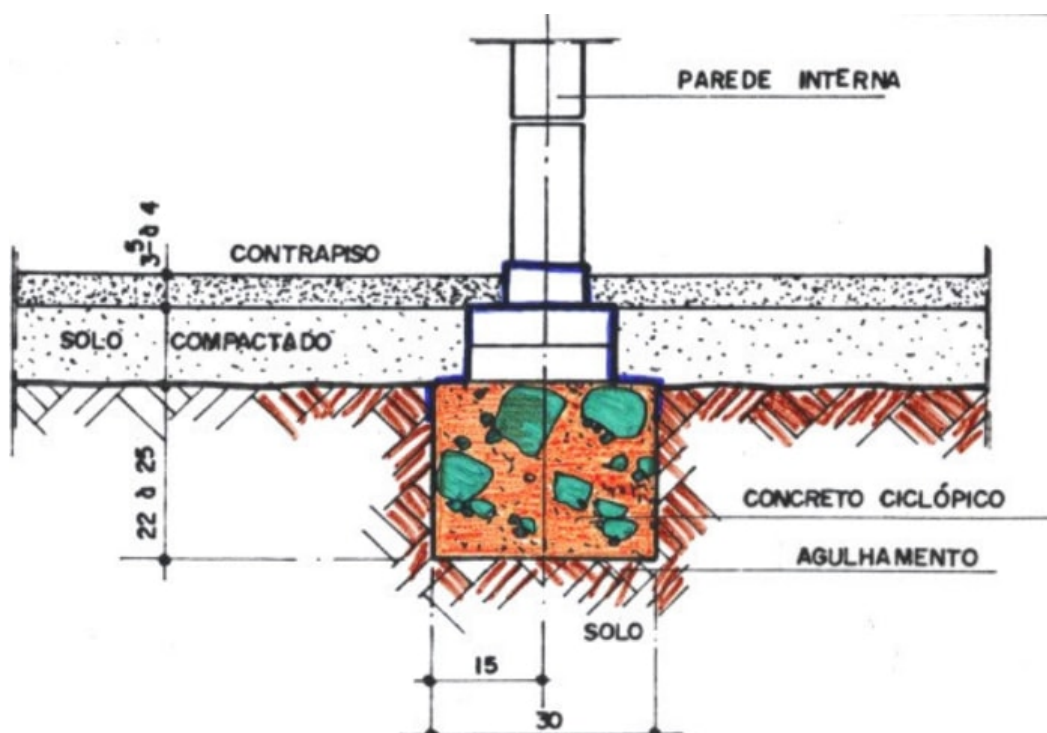
Elemento de fundação rasa de concreto ou outros materiais tais como alvenaria ou pedras, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas pelo material, sem necessidade de armadura.

Os blocos de fundação devem ser dimensionados de tal maneira que o ângulo β , mostrado na Figura 6, seja maior ou igual a 60° .



O que caracteriza a fundação em blocos é o fato da distribuição de carga para o terreno ser aproximadamente pontual, ou seja, onde houver pilar existirá um bloco de fundação distribuindo a carga do pilar para o solo. Os blocos podem ser construídos de pedra, tijolos maciços, concreto simples ou de concreto armado. Quando um bloco é construído de concreto armado ele recebe o nome de sapata de fundação.

Assumem a forma de bloco escalonado, ou pedestal, ou de um tronco de cone. Alturas relativamente grandes e resistem principalmente por compressão.



Profundidade mínima em Fundações Rasas

Nas divisas com terrenos vizinhos, salvo quando a fundação for assente sobre rocha, a profundidade de apoio não pode ser inferior a 1,5 m. Em casos de obras cujas sapatas ou blocos tenham, em sua maioria, dimensões inferiores a 1,0 m, essa profundidade mínima pode ser reduzida.

A cota de apoio de uma fundação deve ser tal que assegure que a capacidade de suporte do solo de apoio não seja influenciada pelas variações sazonais de clima ou por alterações de umidade.

Generalidades

A grandeza fundamental para o projeto de fundações rasas é a tensão admissível, que é a máxima tensão que, aplicada ao terreno pela fundação rasa ou pela base de tubulão, atende, com fatores de segurança predeterminados, aos estados limites últimos (ruptura) e de serviço (recalques, vibrações etc.).

Fatores a serem considerados para a determinação da tensão admissível ou da Tensão Admissível:

- 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, contaminação, agressividade etc.);
- Alívio de tensões;
- Características ou peculiaridades da obra;
- Sobrecargas externas;
- Inclinação da carga;
- Inclinação do terreno;
- Estratigrafia do terreno;
- Recalques.

FONTES

- NBR 6122:2019 – Projeto e Execução de Fundações
- Análise de Radiers de Concreto Estrutural – Irani Pereira dos Santos Vilela
- Projeto de Estrutura de Fundação em Concreto tipo Radier - Luís Eduardo Santos Dória
- Fundações Superficiais: Velloso e Lopes
- <https://www.escolaengenharia.com.br/radier/>
- https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/fundacao-radier-saiba-quando-usar-vantagens-e-desvantagens_16578_10
- <https://blog.apl.eng.br/fundacao-radier-como-funciona-e-qualis-sao-os-seus-beneficios/>
- <https://www.mapadaobra.com.br/capitacao/radier-de-concreto-armado-e-opcao-competitiva-para-fundacoes-diretas/>