



Fundações Especiais



**A MELHOR OPÇÃO
PARA A SUA OBRA.**

Índice

02	Apresentação
04	Estacas Escavadas De Grande Diâmetro
11	Estacas Escavadas Embutidas Em Rocha
18	Paredes Diafragma E Estacas Barrete
26	Estacas Hélice Contínua
32	Estacas Ômega
35	Cravação De Estacas
39	Estacas Raíz
45	Tirantes
49	Geodrenos
52	Jet Grouting
56	Tratamento Para Túneis
59	Obras Fluviais, Marítimas E Portuárias
71	Provas De Carga
73	Informações Técnicas

Apresentação



FUNDESP

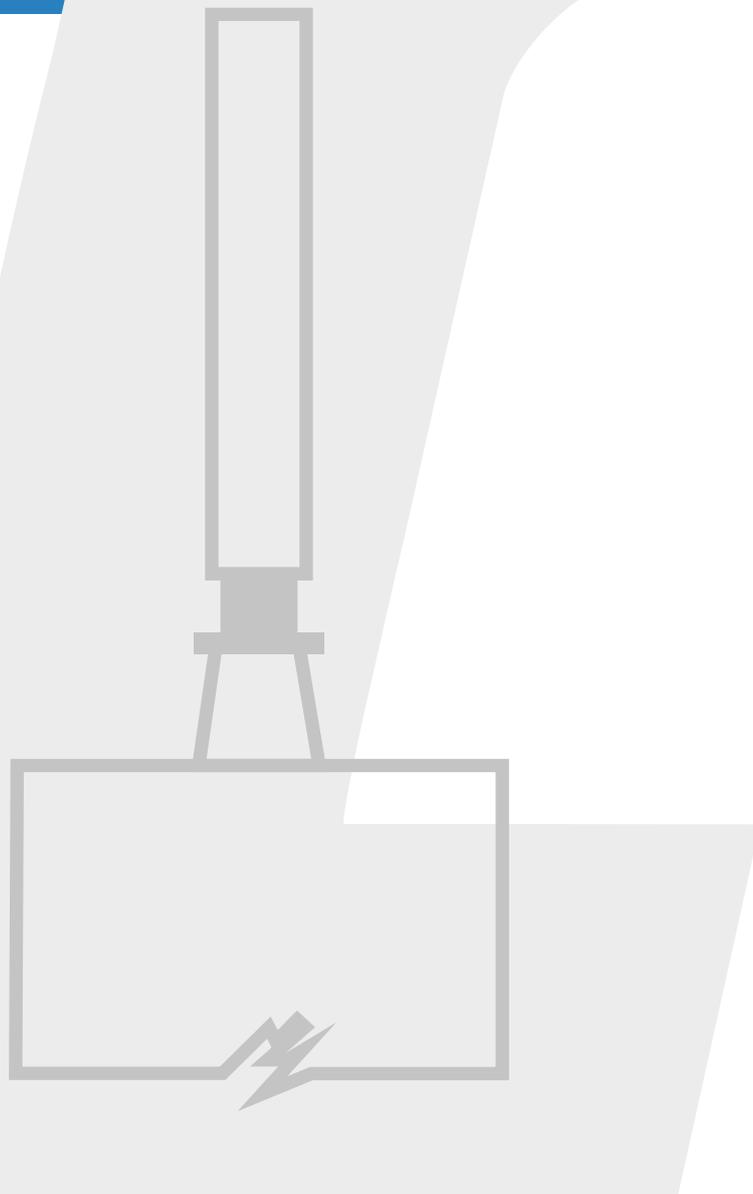
A **FUNDESP**- Fundações Especiais Ltda é uma empresa nacional altamente especializada no campo da engenharia de fundações e geotecnia.

Constituída em 1997, ocupa posição de grande prestígio no panorama nacional, graças a sua séria política de investimentos em novos equipamentos e tecnologia de ponta, bem como pela alta qualidade e especialização dos seus serviços.



- Vista aérea das instalações da FUNDESP, ocupando uma área de 20.000 m² em Jandira/SP

Estacas Escavadas De Grande Diâmetro



Entende-se geralmente por "**Estacas Escavadas de Grande Diâmetro**", aquelas escavadas ou perfuradas por rotação, com emprego de lama estabilizante (para suporte das escavações) e concretagem submersa, com diâmetro variando de 70 cm até em alguns casos, mais de 2,50m.

A frequência cada vez maior de construções pesadas e estruturadas com cargas concentradas muito elevadas, permitiu o desenvolvimento e uma constante utilização das estacas de grande diâmetro nas construções prediais e industriais.

A gradual substituição das mesas rotativas tradicionais acopladas a guindastes sobre esteiras de difícil manuseio e de alto custo de manutenção por equipamentos mais modernos e compactos, iniciado pioneiramente pela **FUNDESP**, além de ampliar ainda mais o campo de aplicação das estacas escavadas, proporciona sensíveis vantagens econômicas pela diminuição dos prazos de execução e pelos reduzidos custos de mobilização.

Além disso, a utilização destes equipamentos de última geração, que permitem entre outras coisas, revestir a perfuração por rotação com camisa metálica perdida ou recuperável, executar estacas escavadas inclinadas e a possibilidade de engastar em rochas brandas, facilitando ainda mais a substituição técnica e econômica de soluções tradicionais em estacas cravadas pré-moldadas, metálicas, tubulações pneumáticas, etc.

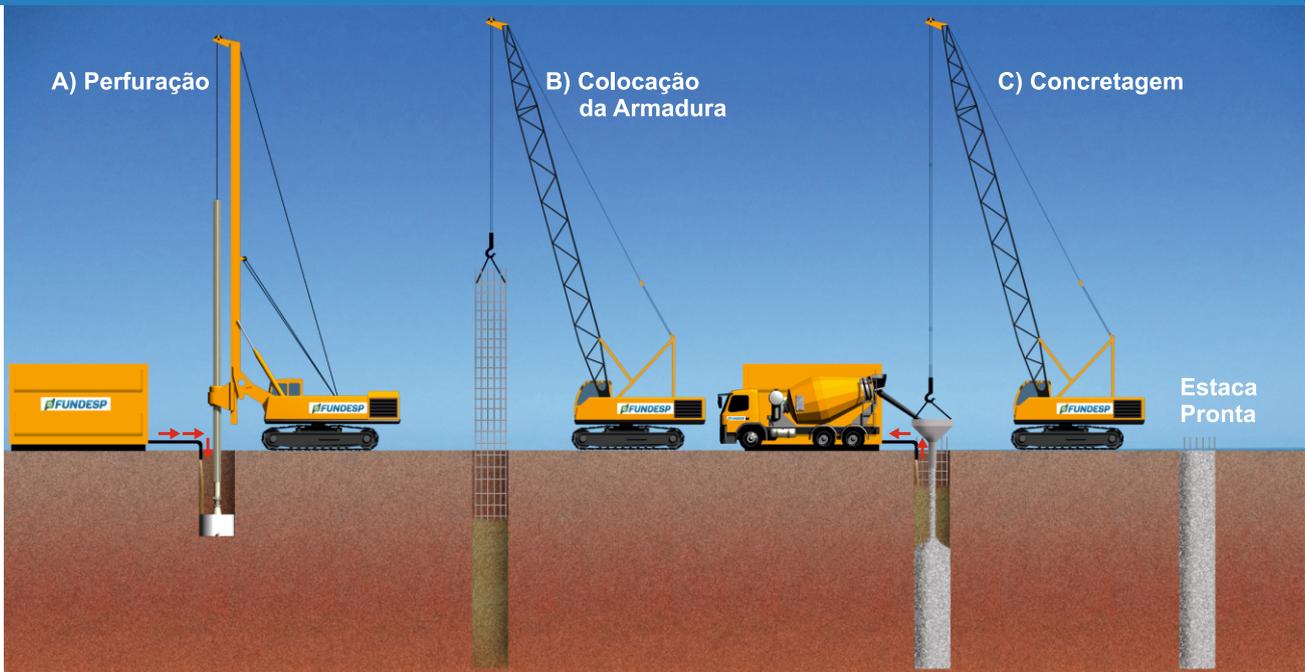


• Execução de Estacas Ø160cm com 50m de profundidade Alunorte - Barcarena/PA.



• Execução de Estacas Ø140cm na Ruta 1 - Uruguai.

Metologia Executiva



Esquema de execução de estacas de grande diâmetro com utilização de lama estabilizante (bentonítica ou polimétrica).

A) Perfuração:

Os equipamentos mais utilizados na execução de Estacas Escavadas são as mesas rotativas montadas em guindastes convencionais sobre esteiras e as perfuratrizes hidráulicas sobre esteiras, que acionam a haste telescópica (Kelly bar) que tem acoplada na sua extremidade inferior a ferramenta de escavação, cujo tipo varia em função da natureza do terreno a perfurar: trado, caçamba (balde) ou coroa.

Locada a estaca, antes do início da escavação, crava-se no terreno uma camisa metálica (tubo guia) com 1,50 m a 2,0 m de comprimento e diâmetro 10 cm maior que o diâmetro da estaca a ser executada.

À medida que penetra no solo por rotação, a ferramenta se preenche gradualmente e, quando cheia, a haste é levantada até a superfície e a ferramenta é automaticamente esvaziada por abertura do fundo, no caso da caçamba.

A mesa rotativa ou perfuratriz, que deverá ter torque adequado ao diâmetro, ao tipo de terreno e a profundidade exigida, inclui uma central hidráulica que comanda o “pull down” da haste telescópica para dar maior penetração à ferramenta de escavação.

Os equipamentos que operam com haste telescópica “Kelly” podem atingir cerca de 60 a 70 m de profundidade.

Quando a escavação atinge horizontes abaixo do lençol freático, a perfuração é normalmente executada na presença da lama estabilizante.

A técnica de perfurações profundas desenvolveu-se graças ao emprego da lama bentonítica, que tem a função de garantir a estabilidade do furo, evitando a utilização do revestimento em solo. A lama bentonítica é obtida misturando-se bentonita em pó com água, numa concentração variando normalmente de 3% a 8%, em misturadores de alta turbulência (30 a 80 kg por m³ de mistura).

B) Colocação da Armadura:

Terminada a perfuração inicia-se a troca ou limpeza da lama bentonítica através de hidrociclones e depois a colocação da armadura, por meio de guindaste auxiliar ou com o próprio guindaste da perfuratriz, devendo a armadura ser reforçada com anéis de enrijecimento e dotada de "roletes" distanciadores para garantir o necessário recobrimento (normalmente=5 cm).

C) Concretagem:

O sistema de concretagem utilizado na execução das estacas escavadas é o submersa, ou seja, aquele executado de baixo para cima de modo contínuo e uniforme.

Tal processo consiste na aplicação de concreto por gravidade através de um tubo (tremie), central ao furo, munido de uma tremonha (funil) de alimentação cuja extremidade, durante a concretagem, deve estar convenientemente imersa no concreto.

Após esta operação, prosegue-se com o lançamento de concreto, devendo-se manter um fluxo constante e regular a fim de se obter uma concretagem adequada, com o concreto preenchendo o furo de baixo para cima, garantindo a perfeita aderência do fuste da estaca ao terreno.

O concreto deve satisfazer as seguintes exigências:

- a) Abatimento ou "slump-test" = 22 ± 3 cm;
- b) Fator água - cimento inferior a 0,6.
- c) Resistência característica f_{ck} 20Mpa;
- d) Consumo de cimento não inferior a 400 kg/m³;
- e) Dimensão máxima do agregado 19 mm.



Contenção em Estacas Escavadas - Estação Sacomã - Metrô - SP

Vantagens da Estaca Escavada

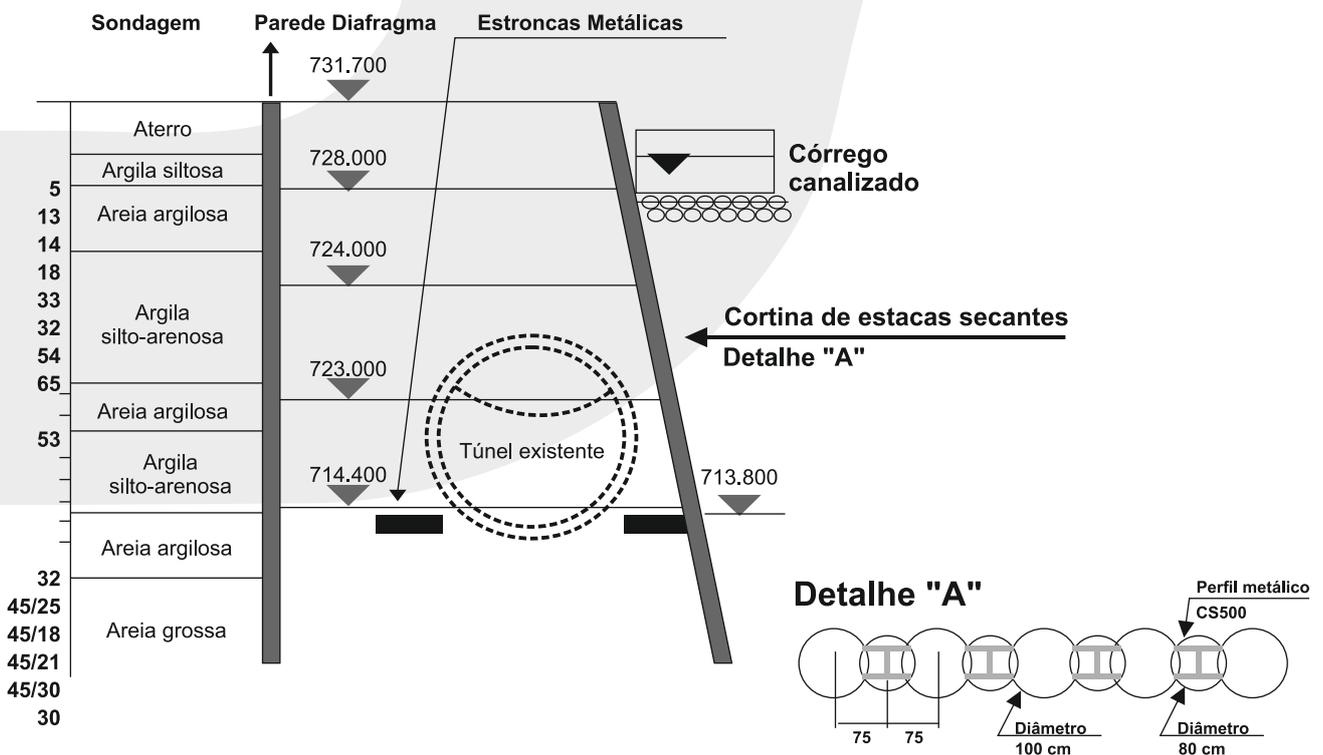


Vista canteiro de obra - Estação Sacomã - Metrô - SP

Dentre as principais vantagens que as estacas escavadas apresentam em relação aos outros tipos de estacas podemos citar:

- Conhecimento imediato e real de todas as camadas atravessadas e possibilidade de uma segura avaliação da capacidade de carga da estaca, mediante a coleta de amostra e seu eventual ensaio em laboratório;
- Ausência de vibração, pois a escavação se faz por rotação;
- Condições de resistir a cargas elevadas, reduzindo deste modo o volume dos blocos e o cronograma da obra;
- Possibilidade de atingir grande profundidade (60 a 80m);
- Possibilidade de executar as estacas em qualquer tipo de terreno, em presença ou não do nível d'água, e de atravessar matações de pequenas dimensões com a utilização de ferramentas especiais (trépano, trado);
- Possibilidade de trabalhar, com equipamentos especiais adaptados, em condições de pé direito limitados a 5 ou 6m;
- Possibilidade de executar estacas inclinadas;
- Possibilidade da utilização como cortina de contenção com estacas espaçadas ou secantes.

Cortina de estacas escavadas inclinadas e secantes para recuperação do túnel sob avenida Santo Amaro





Perfuração e encamisamento das estacas inclinadas secantes.



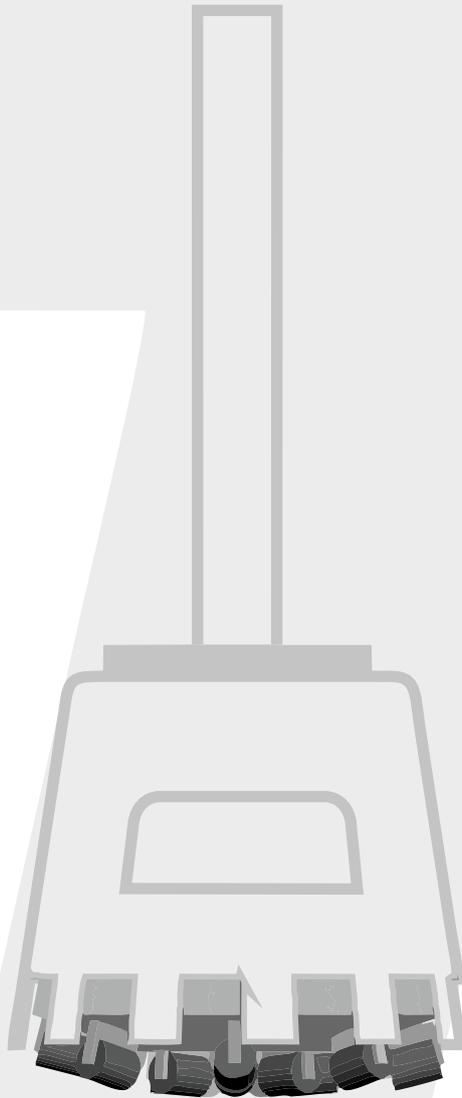
Liberação do Túnel após a escavação de 18m.



Vista da cortina após escavação da vala.



FUNDESP



Estacas Escavadas Embutidas em Rocha

Nos casos onde é necessário o embutimento das estacas escavadas em solos resistentes à ferramenta de escavação, ou em rocha, ou nas obras viárias onde tradicionalmente são utilizadas soluções em tubulões pneumáticos como pontes e viadutos, a **Fundesp** possui tecnologia e equipamentos especiais que permitem utilizar as seguintes metodologias:

A) Perfuração Mecânica:

A perfuração é executada, no trecho em solo, com as técnicas usuais da estaca escavada, com uso de lama estabilizante e caçamba como ferramenta de escavação, até encontrar solo resistente ou o topo rochoso. A caçamba é então substituída por um trado especial com pontas de tungstênio que, graças ao tipo de haste provida um sistema especial de autobloqueio dos elementos telescópicos, consegue transferir todo o torque da perfuratriz hidráulica à sua extremidade, possibilitando a perfuração em camadas de solos resistentes ou rochas brandas.

O material resultante da escavação é quase totalmente retirado prensado entre as lâminas do trado, enquanto o restante, depositado no fundo da perfuração, é retirado pelo sistema "air lift". Esse processo elimina todos os resíduos do fundo da perfuração, permitindo um contato melhor entre o concreto e a rocha. Em presença de rochas com resistência acima de 30 Mpa (AI, CI, FI) a **Fundesp** desenvolveu um sistema misto que consiste em aliviar previamente a rocha com uma série de furos de menor diâmetro, executados com martelo de fundo DTH, e depois com a utilização do trado com pontas de tungstênio.



Perfuração em Gnaisse com trado especial com diâmetro de 80cm.



Vista do furo após limpeza com air-lift.

B) Estacas Escavadas Ancoradas Em Rocha Com Estacas Raiz:

Esta solução pode ser utilizada quando, dependendo do tipo, da dureza da rocha, do comprimento da estaca ou do volume global dos serviços, ou quando os outros processos

tornam-se técnica ou economicamente inviáveis. Neste caso, o fuste é executado pelos sistemas usuais utilizando perfuratrizes rotativas com haste kelly, equipadas com caçambas ou trados e com aplicação da lama estabilizante ou camisa de revestimento, até encontrar e rocha.

Terminada a escavação e a limpeza da lama, a estaca é concretada normalmente, tendo o cuidado de colocar solidariamente à armação, tubos guias para permitir a posterior execução das estacas raízes, cujo número, diâmetro e dimensões variam em função da capacidade de carga da estaca (tração e/ou compressão) e das características da rocha.

Quando em presença de rocha muito fraturada ou com vazios, a execução das estacas raíz tem a vantagem de permitir também a injeção do maciço rochoso com argamassa, melhorando as características geomecânicas do mesmo.



Armaduras das estacas escavadas com tubos guia para execução de estacas raiz de ancoragem em rocha.

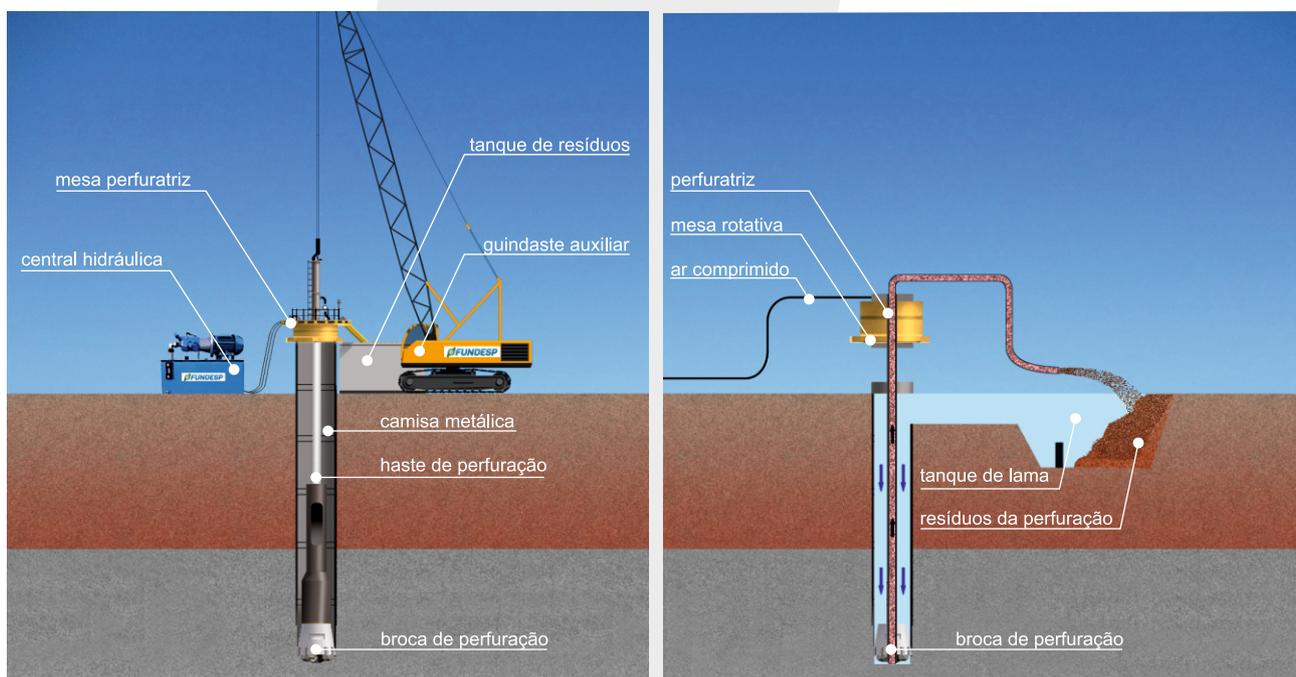


Estacas escavadas ancoradas em basalto em Estaca Raiz - Eclusa de Barra Bonita/SP

C) Perfuração Com Circulação Reversa:

A escavação é totalmente revestida no trecho em solo com camisa metálica perdida ou recuperável e a rocha é escavada por rotação, com uso de roller bit, e eliminado pelo processo de circulação reversa.

Esse processo consiste em injetar ar comprimido no tubo de perfuração, abaixo do nível d'água, ligeiramente acima da cabeça cortante. O ar penetra e expande dentro do tubo de perfuração, reduzindo a densidade interna da coluna de fluido, criando uma diferença de pressão entre o fluido no tubo de perfuração e o fluido da perfuração. Devido à densidade mais alta do lado externo, os materiais sólidos provenientes da perfuração passam para o tubo de perfuração através de uma abertura na broca de perfuração, subindo até a superfície. Injetando o ar corretamente, o fluxo de fluido é estabelecido dentro do tubo de perfuração. O princípio do air lift é utilizado para transportar os sólidos até a superfície. Esse sistema é conhecido como sendo altamente eficiente para perfurações de grande diâmetro e grandes profundidades, em obras "on-shore" e "off-shore" quando na presença de qualquer tipo de rocha.



Esquema de escavação em rocha com circulação reversa.

Detalhe sistema "Air-lift".

Seja qual for o procedimento utilizado, sempre é necessário lembrar que, nesse tipo de obra, é recomendável que a campanha de investigação geotécnica seja mais intensa, sendo recomendável como mínimo, sondagens rotativas a cada pilar, e profundidade de pelo menos 2 a 3 diâmetros abaixo da cota estimada para apoio das estacas e se possível, com ensaio de compressão simples no testemunho.



Detalhe da broca de perfuração Ø 2,00m com roller bit.



Detalhe da haste e broca de perfuração - Metrô - Salvador/BA.



Ponte sobre a Lagoa dos Ingleses - Belo Horizonte - MG.



Estação Faria Lima - São Paulo/SP



Edifício Universe - Curitiba - PR



Ponte sobre o Rio das Velhas - Belo Horizonte/MG

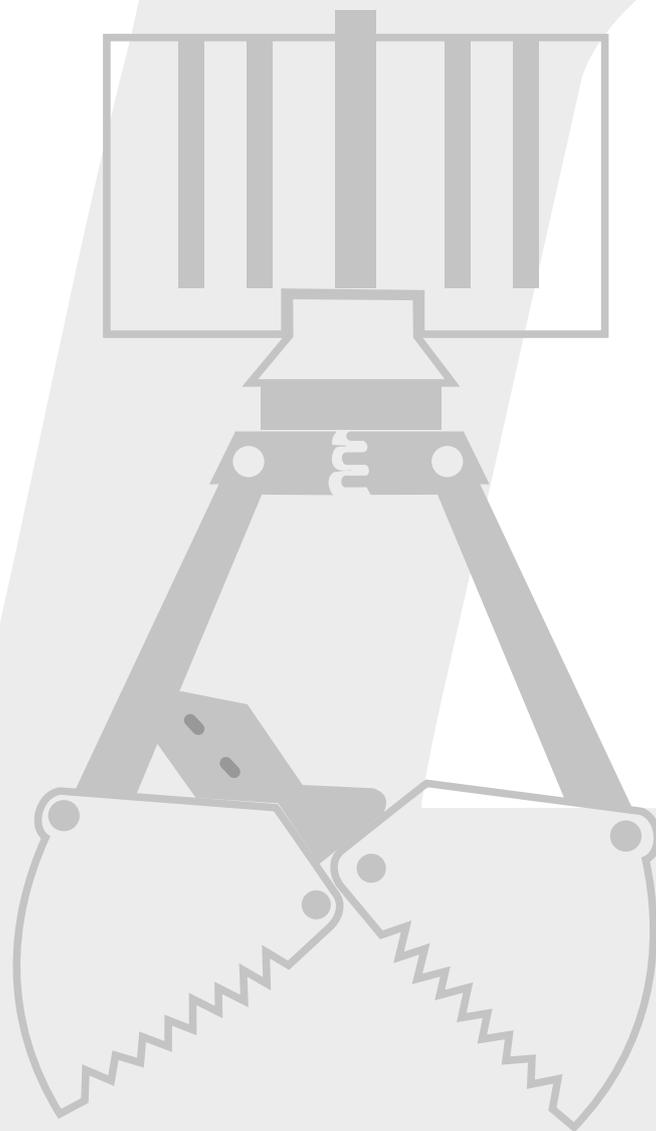


Residencial Villa Lobos - São Paulo/SP



Metrô Rio/RJ

Paredes Diafragma E Estacas Barrete



Parede Diafragma Moldada "In Loco"

A Parede moldada "in loco", ou diafragma contínuo, realiza no subsolo um muro vertical de concreto armado de espessura variável de 30 até 120cm, apto a absorver cargas axiais, empuxos horizontais e momentos fletores, podendo alcançar e superar profundidades superiores a 50m.

A parede diafragma é executada da superfície do terreno em painéis justapostos, com largura de 2,50m ou 3,20m, cuja continuidade é assegurada com o auxílio de um tubo ou chapajunta, colocado antes da concretagem e retirado logo após o início do endurecimento do concreto. As técnicas executivas das paredes diafragma são substancialmente idênticas às das estacas escavadas. A difusão sempre crescente deste sistema no setor da construção pesada e residencial se deve principalmente às vantagens que proporciona:

- Facilidade em adaptar-se à geometria do projeto;
- Quase total ausência de vibração;
- Não causar sensíveis desconpressões ou modificações no terreno, evitando assim, danos às estruturas vizinhas;
- Alcançar profundidades abaixo do nível da água;
- A possibilidade dos painéis fazerem parte da estrutura permanente;
- Servir como contenção de escavações profundas.

Metologia Executiva



Esquema de execução de parede moldada "in loco".



Parede Diafragma | Estação Eucaliptos | Metrô – SP

Aplicações

Pelas razões expostas, as paredes diafragma encontram hoje um vasto campo de atuação, podendo ser usadas com sucesso em variados setores da engenharia de fundação, por exemplo:

- Reservatórios contra enchentes (piscinões);
- Serviços de sub fundação e de proteção de obras ameaçadas pela erosão das águas;
- Cut-off em barragens ou ensecadeiras impedindo o fluxo d'água;
- Obras de canalização ou regularização das margens dos rios;
- Construção de metrô, emboque de túneis, passagens subterrâneas e de grandes escavações em centros urbanos;
- Execução de subsolos para prédios, garagens subterrâneas, etc;
- Grandes obras industriais para construção de poços ou silos enterrados;

- Execução de cais de atração e navios ou diques sêcos para estaleiros;
- Septos impermeabilizantes para evitar a contaminação do lençol freático.



Parede Diafragma com Clam-Shell hidráulico.



Parede Diafragma com Clam-Shell mecânico.



Edifício viol | Parede Diafragma com contrafortes.



ETE Alegria – RJ | Parede Diafragma poligonal.

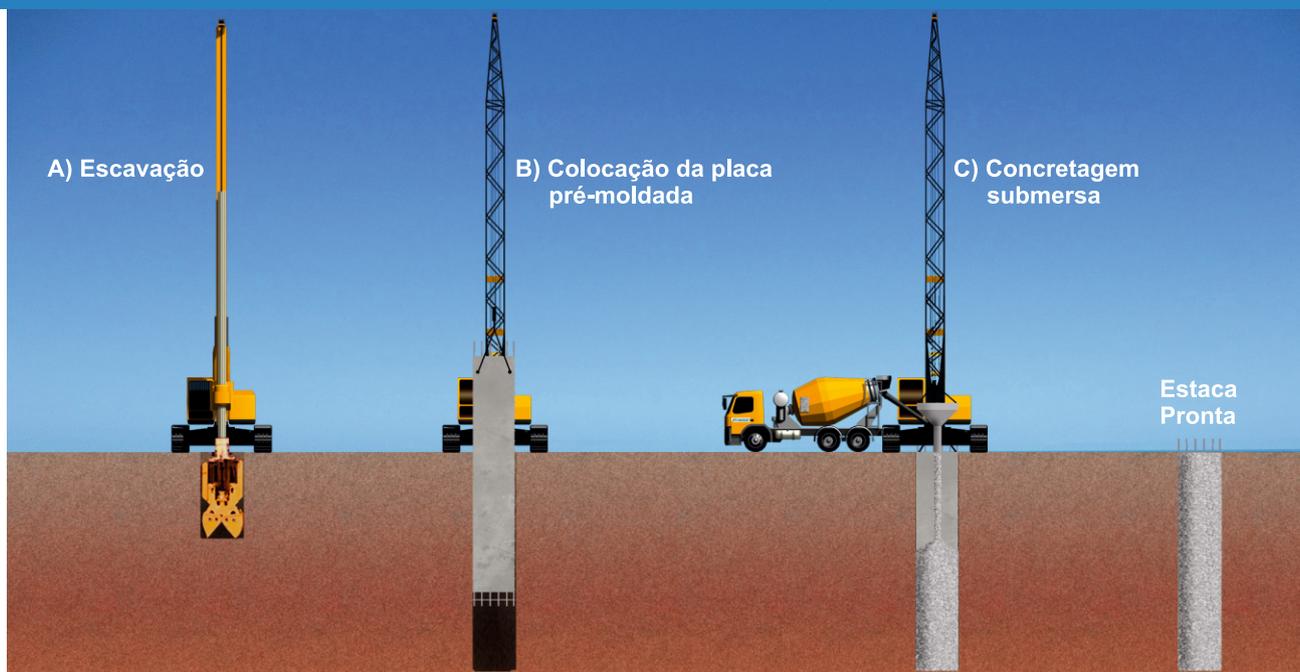


Armadura da Parede Diafragma com tubos guia para execução de estacas raiz.



Detalhe da instalação da armadura.

Parede Diafragma Pré-Moldada



Esquema de execução de parede pré-moldada.

A técnica de paredes diafragma tem sofrido constantes inovações, sendo a mais importante a utilização de painéis pré-moldados de concreto armado ou protendido.

O Painel pré-moldado pode ter um recobrimento menor, normalmente 3cm e concreto com fck superior a 25 Mpa. Deste modo, a resistência estrutural da parede pré-moldada é substancialmente superior a da moldada "in situ".

Evidentemente a parede pré-moldada não terá perdas de concreto, perdas estas que acarretam além do custo do material, custos de remoção dos bolsões de concreto. Estes valores podem ser muito elevados, principalmente em regiões de solo mole.

A fim de reduzir o peso do elemento pré-moldado, a parede pode ter a ficha concretada "in situ". Neste caso sugere-se o uso de placas vazadas onde a concretagem da ficha é realizada por dentro da placa.

Para garantir a estanqueidade das juntas, a lamela escavada com lama estabilizante é preenchida com "coulis" (mistura de cimento + bentonita + água), antes da colocação da placa pré-moldada.

Após a colocação da placa pré-moldada de concreto, o "coulis" preencherá o espaço entre as juntas, impedindo a passagem da água. Outra forma de evitar a passagem da água é utilizar juntas Fugenband, cuja eficiência tem sido bastante satisfatória.



Lançamento de placa pré-moldada | Metrô Fortaleza.



Detalhe da junta Fugenband | Metrô Fortaleza.



Lançamento de placa pré-moldada | Metrô Brasília.



Canalização do Córrego Águas Espraiadas | São Paulo

Parede Diafragma Plástica

A Parede diafragma plástica forma um paramento "estanque" de "coulis", mistura de cimento, bentonita e água, em proporções que variam em função da permeabilidade desejada, impedindo o fluxo d'água ou fluido indesejável.



Cutoff em Parede Plástica | PCH Canoa Quebrada/MT.



Escavação do Poço de Acesso | Estação Luz - Metrô SP.



Escavação do Poço de Acesso | Estação Luz - Metrô SP.

Estaca Barrete

As lamelas da parede diafragma podem ser usadas individualmente para resistirem a elevadas cargas verticais. Neste caso são geralmente denominadas de estacas barrete, estacas com seção transversal retangular, escavadas com “clam-shell”.

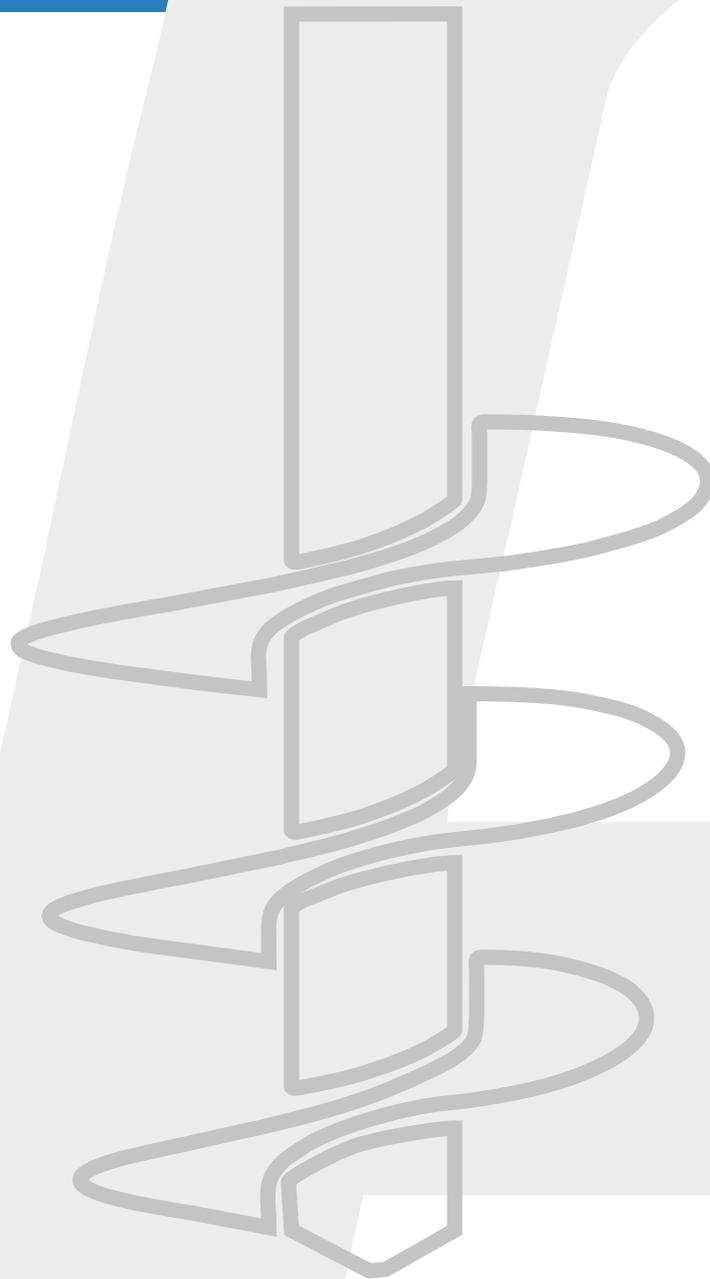


Barrete | VCP Três Lagoas/MS.



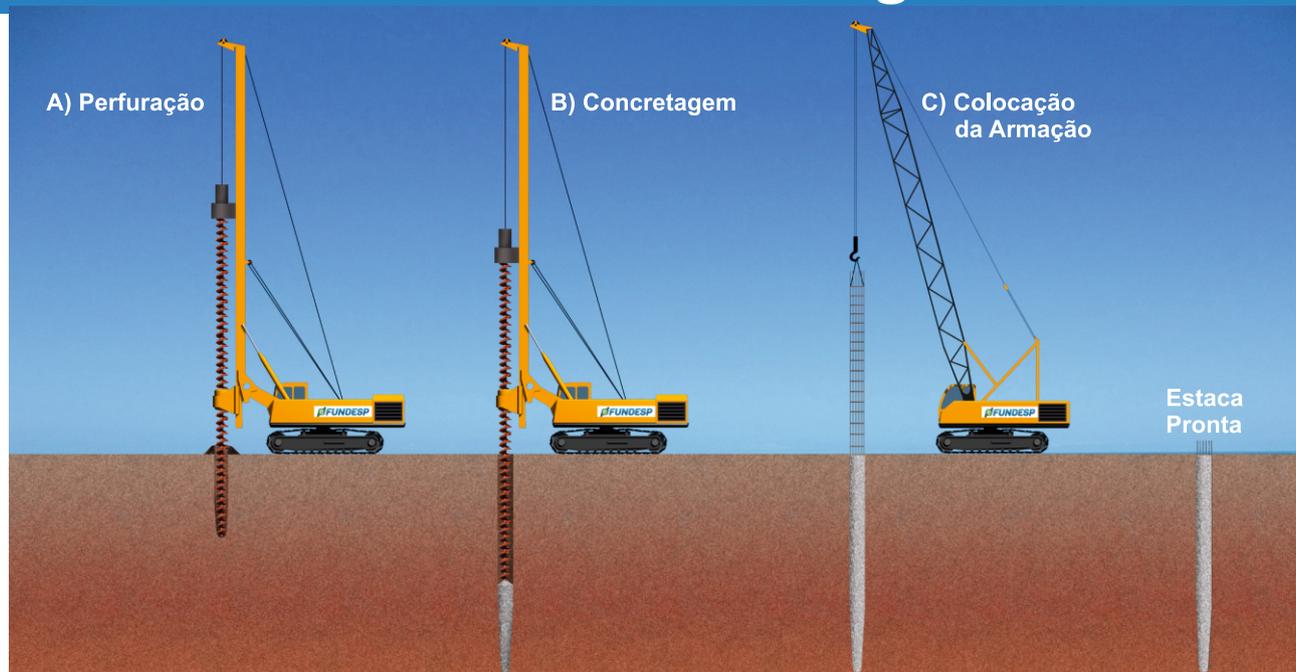
Barrete | Estação República - Metrô SP.

Estacas Hélice Contínua



A estaca hélice contínua é uma estaca de concreto moldada “in loco”, executada por meio de trado contínuo que é introduzido no terreno por rotação, e extraído simultaneamente a injeção de concreto através da haste central do trado.

Metologia Executiva



Esquema de execução da Estaca Hélice Contínua.

A) Perfuração:

A perfuração consiste em fazer a hélice penetrar no terreno por meio de torque apropriado para vencer a sua resistência.

A haste de perfuração é composta por uma hélice espiral solidarizada a um tubo central, equipada com dentes na extremidade inferior que possibilitam a sua penetração no terreno.

A metodologia de perfuração permite a sua execução em terrenos coesivos e arenosos, na presença ou não do lençol freático e atravessa camadas de solos resistentes com índices de SPT's acima de 50 dependendo do tipo de equipamento utilizado.

A velocidade de perfuração produz de 200 a 400m por dia dependendo do diâmetro, da profundidade e da resistência do terreno.

B) Concretagem:

Alcançada a profundidade desejada, o concreto é bombeado através do tubo central, preenchendo simultaneamente a cavidade deixada pela hélice que é extraída do terreno sem girar ou girando lentamente no mesmo sentido da perfuração.

O concreto normalmente utilizado apresenta resistência característica f_{ck} de 20 Mpa. é bombeável e composto de areia, pedrisco e consumo de cimento mínimo de 400Kg/m³, sendo facultativa a utilização de aditivos.

O abatimento ou "Slump" é mantido entre 190 e 250mm. Normalmente é utilizada bomba de concreto ligada ao equipamento de perfuração através de mangueira flexível. O preenchimento da estaca com concreto é normalmente executado até a superfície de trabalho, sendo possível o seu arrasamento abaixo da superfície do terreno, guardadas as precauções quanto a estabilidade do furo no trecho não concretado e a colocação da armação.

C) Colocação da armação:

O método de execução da estaca hélice contínua exige a colocação da armação após a sua concretagem.

A armação, em forma de gaiola, é introduzida na estaca por gravidade ou com auxílio de um pilão de pequena carga.

As estacas submetidas a esforços de compressão levam uma armação no topo, em geral de 6m de comprimento. No caso de estacas submetidas a esforços transversais ou de tração, é possível para comprimentos de armações de no máximo 18m, em função do método construtivo.

No caso de armações longas, as "gaiolas" devem ser constituídas de barras grossas e estribo espiral soldado na armação longitudinal para evitar a sua deformação durante a introdução no fuste da estaca.

Equipamentos

O equipamento empregado pela **FUNDESP** para cravar a hélice no terreno é constituído de uma perfuratriz hidráulica sobre esteiras, dotada de torre vertical de altura apropriada à profundidade da estaca; equipada com guias por onde corre a cabeça de rotação de acionamento hidráulico.

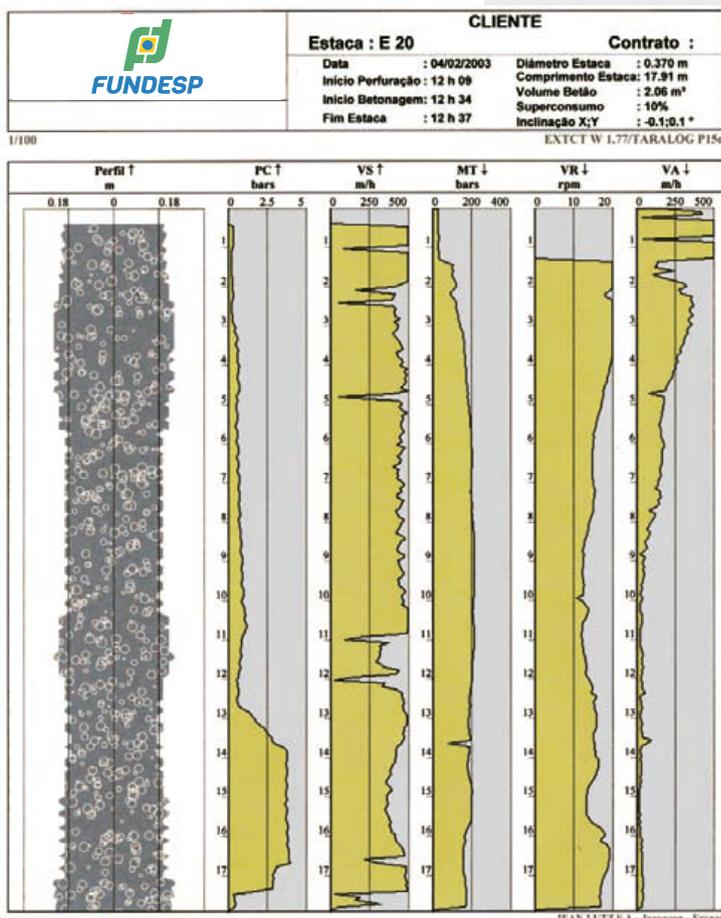
E com base no torque da cabeça de rotação e da capacidade de arrancamento da hélice, dados que podem ser encontrados no catálogo técnico do fabricante, é que se determina quais diâmetros e comprimentos máximos cada equipamento pode executar.

O equipamento deve ter capacidade para introduzir a hélice no terreno de maneira contínua, até a profundidade prevista em projeto, sem a retirada do trado, para que se minimise o desconfinamento do solo durante a perfuração.

Controle Executivo

Para controlar a pressão de bombeamento do concreto, a **FUNDESP** possui instrumento medidor digital, que informa todos os dados de execução da estaca, tais como: inclinação da haste, profundidade da perfuração, torque e velocidade de rotação da hélice, pressão de injeção, perdas e consumo de concreto. Os parâmetros indicados no mostrador digital são registrados e fornecidos a um microcomputador para aplicação de software que imprime o relatório da estaca com todas as informações obtidas no campo.

Aplicações



As estacas hélice contínua oferecem uma solução técnica e economicamente interessante nos seguintes casos:

- Em centros urbanos, próximos a estruturas existentes, escolas, hospitais e edifícios históricos, por não produzir distúrbios ou vibrações e de não causar desconpressão do terreno.
- Em obras industriais e conjuntos habitacionais onde, em geral, há um grande número de estacas sem variações de diâmetros, pela produtividade alcançada.
- Como estrutura de contenção, associada ou não a tirantes protendidos, próximo a estruturas existentes, desde que os esforços transversais sejam compatíveis com os comprimentos de armação permitidos.



Computador de bordo para monitoração da execução da Estacas Hélice Contínua.



Estacas Hélice Contínua Ø 80cm para contenção com armadura de 18m | Garagem Clínicas - São Paulo/SP



Preparação para colocação armadura de 18m | Luz - São Paulo.



Contenção em Hélice Contínua | Luz - São Paulo.



Execução de estaca Hélice Contínua.

Estaca Ômega



A Estaca Ômega é uma estaca de concreto moldada "in loco", com ausência total de vibração ou distúrbios durante a execução e sem a retirada do solo da escavação comportando-se como uma estaca de deslocamento.

Foi desenvolvida na Bélgica a partir de 1993, difundindo-se inicialmente para os países vizinhos da Europa, Reino Unido e Austrália. No Brasil foi introduzida pela **FUNDESP** no final de 1996.

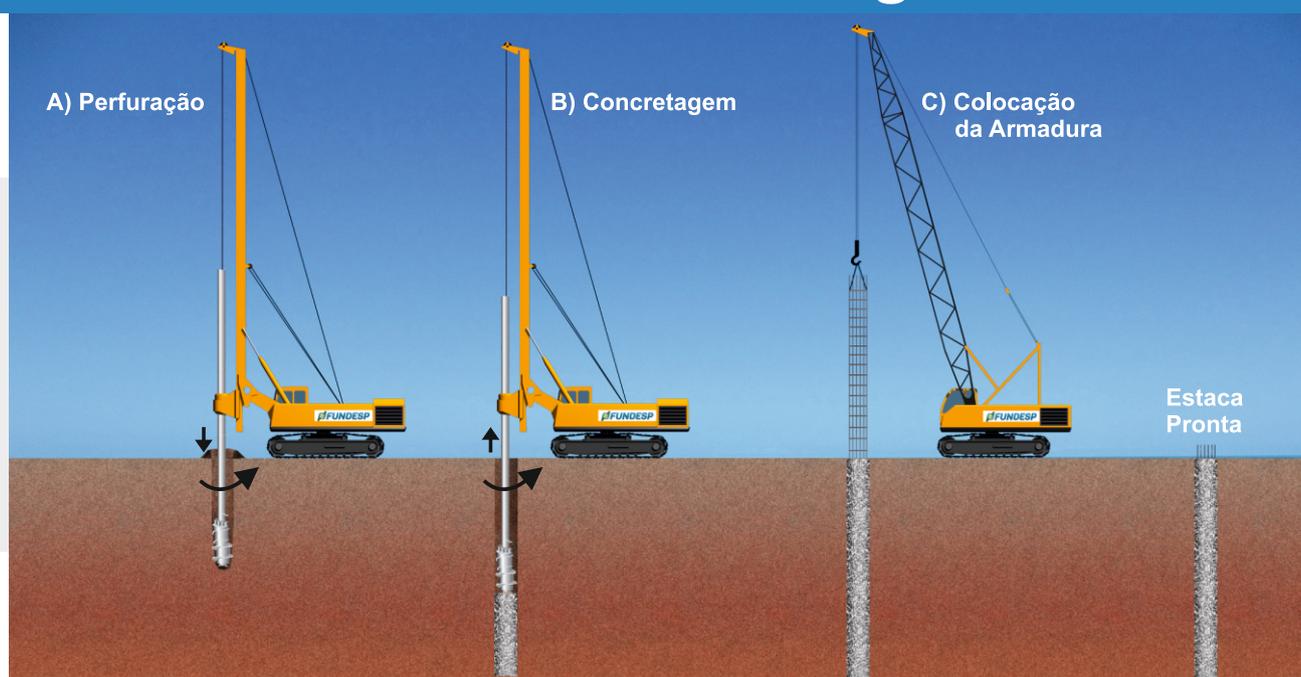
O princípio da estaca Ômega é baseado na forma do trado de perfuração, com o diâmetro e passo da hélice espiral aumentados progressivamente, de forma a utilizar a mínima energia necessária (torque), para deslocar e compactar lateralmente o terreno.

Os diâmetros do trado ômega disponíveis iniciam com 270mm a 470mm, com incrementos no diâmetro de 50mm. Não há nenhuma limitação teórica para os diâmetros do trado ômega, contanto que, haja quantidade de energia disponível (torque) para cravar o trado no terreno.

No que se refere à profundidade, é possível executar estacas de até 28m de profundidade, dependendo do tipo de solo e do equipamento, torque e diâmetros a serem utilizados.

O processo de execução da estaca ômega é basicamente o seguinte:

Metologia Executiva



Sequência Executiva da Estaca Ômega.

A) Perfuração:

A perfuração consiste em fazer o trado penetrar no terreno por rotação, através de uma mesa rotativa hidráulica, como na Hélice Contínua, deslocando e compactando lateralmente o solo, sem transportá-lo à superfície. O trado Ômega foi projetado, conforme já mencionado, de forma a utilizar o mínimo de energia possível otimizando o aproveitamento do torque, entretanto, a quantidade de torque necessária varia de acordo com o diâmetro do trado e o tipo de solo. Em geral, é necessário um torque mínimo de 180kN x m combinado à uma rotação de 8 a 10rpm. Esse processo permite a utilização de uma força vertical adicional (pull down) para facilitar o avanço do trado em camadas mais resistentes, quando necessário.

B) Concretagem:

Alcançada a profundidade determinada em projeto, o concreto é bombeado através do núcleo do trado sob pressão de 0,5 a 4,0kgf/cm², medido na parte mais alta do trado, permitindo um ganho na aderência entre o concreto e o solo. Durante a concretagem, a retirada do trado é feita girando-o no mesmo sentido da perfuração, permitindo que as aletas que compõem a parte superior do trado, empurrem lateralmente o solo que se encontrar sobre o trado.

C) Colocação da Armadura:

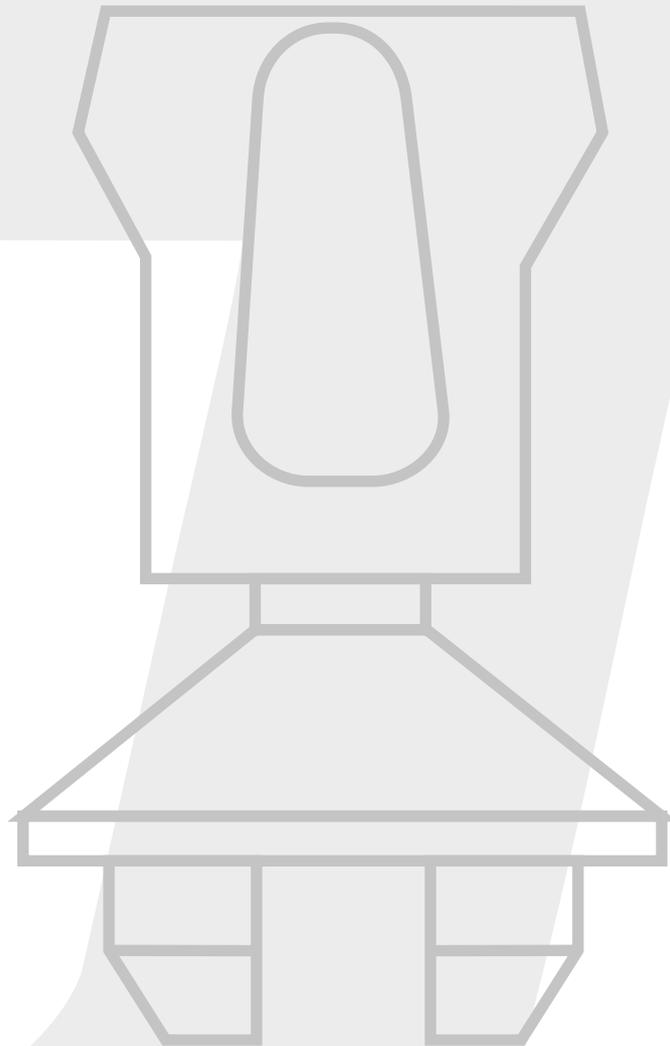
A armadura em forma de feixe ou gaiola pode ser introduzida na estaca antes da concretagem através do núcleo da cabeça de perfuração, ou diretamente no concreto após a concretagem, como é feito nas estacas hélice contínua. Todo o processo executivo é monitorado através de sensores ligados a um computador colocado na cabine do operador, para visualização e registro dos dados de execução.



Detalhe do fuste e ponta da Estaca Ômega.



Detalhe do trado de Estaca Ômega.



Cravação de Estacas

de Aço Tubulares,
Perfis, Pranchas ou
Concreto Pré-Moldado

As estacas de aço se caracterizam por serem facilmente cravadas em quase todos os tipos de terreno, podendo atingir elevada capacidade de carga e grandes profundidades pela facilidade de corte e emenda de seus elementos.

Quando inteiramente enterradas em terreno natural, as estacas de aço dispensam tratamento especial.

Em estacas de aço parcialmente imersas em água, ou em meio agressivo, é obrigatória a proteção com enchimento com concreto (quando tubulares) ou pintura à base de resina epoxi, proteção catódica, etc.

As estacas de aço podem ser cravadas por vibração ou percussão com martelos vibratórios ou de impacto.

A **FUNDESP** dispõe de martelos vibratórios elétricos (Soilmec VTE 12000; Tomen Vn410000) ou hidráulicos (PTCHT1; PTC13HT3; MGFRBH320; ICE 2216; Soilmec VTH-1) e martelos hidráulicos de impacto IHC-SC 150, e MAIT HH-7000.

O martelo hidráulico IHC SC 150, é apropriado para cravação de estacas de aço ou concreto, tanto on-shore com off-shore, ao ar livre ou submerso.

Uma característica do martelo hidráulico IHC SC 150, que o diferencia de outros martelos, é que a energia exercida sobre a estaca durante a cravação pode ser regulada continuamente entre 5% e 100%. A cada golpe a energia é medida e indicada no painel de controle. Portanto as operações de cravação são totalmente reguláveis até no caso de estar completamente submerso.

A cravação é possível em qualquer ângulo, até mesmo horizontalmente (energia máxima de cravação disponível até uma inclinação de 25%). A cravação submersa é possível conservando a máxima energia, mesmo a grandes profundidades.



Cravação de perfil metálico - Martelo Hh7000 - | Complexo Portuário do Açu - RJ.



Detalhe gabarito para Cravação de Estacas Prancha | Porto de São Francisco do Sul - SC



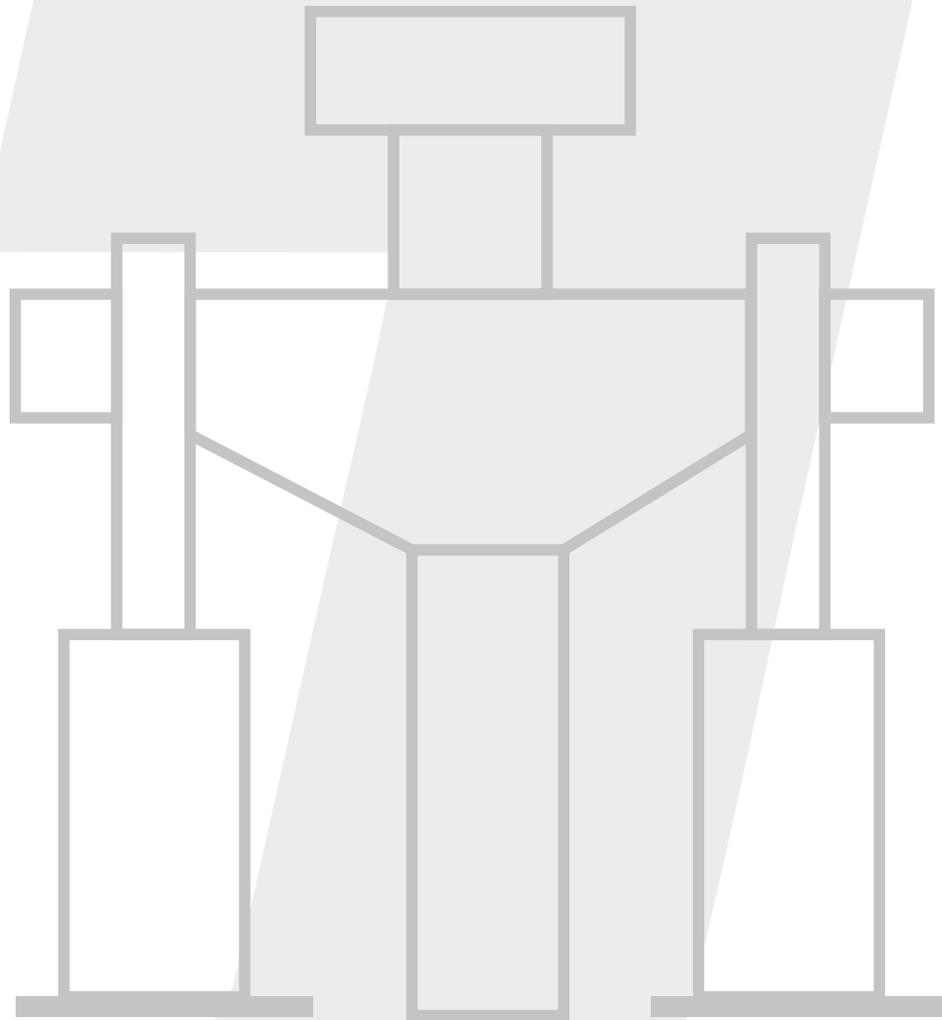
Cravação de Estaca Prancha - Vibrador Elétrico VTE Soilmec | Porto de São Francisco do Sul - SC.



Cravação de Estaca Pré Moldada - Martelo IHC | Campos dos Goytacazes - RJ.



Cravação de camisa metálica - Vibrador PCT50 | Ponte sobre o Rio Negro - Manaus/AM

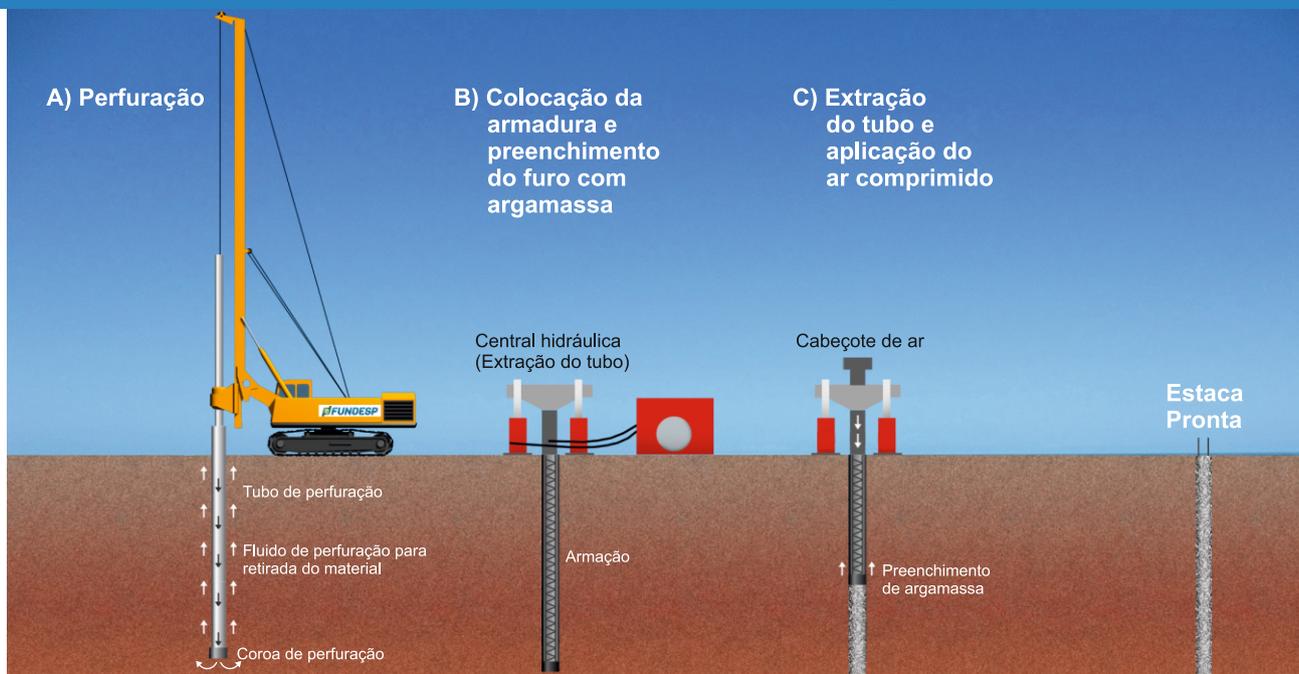


Estaca Raiz

A estaca raiz é uma estaca argamassada in loco, com diâmetro acabado variando de 80 a 450mm e de elevada tensão de trabalho do fuste, que é constituído de argamassa de areia e cimento e é inteiramente armado ao longo de todo o seu comprimento.

A estaca raiz foi desenvolvida na Itália, no final da década de 50 e tinha como função básica o reforço de fundações. No entanto, os recentes desenvolvimentos da técnica executiva e dos conhecimentos da mecânica dos solos permitiram aumentar, com segurança, a capacidade de carga e a produtividade deste tipo de estaca.

Metologia Executiva



Sequência executiva da Estaca Raiz.

A) Perfuração

A estaca raiz é executada em direção vertical ou inclinada, mediante o uso de rotação ou rotoperfuração com circulação de água, lama bentonítica ou ar comprimido, e pode, por meio de ferramentas especiais, atravessar terrenos de qualquer natureza, inclusive alvenarias, concreto armado, rochas e matações.

B) Colocação da Armadura e Preenchimento do Furo com Argamassa

Completada a perfuração em solo, com revestimento total do furo, é colocada a armadura necessária ao longo da estaca, procedendo-se a concretagem do fuste com a correspondente retirada do tubo de revestimento.

C) Extração do Tubo e Aplicação do Ar Comprimido

A concretagem é executada de baixo para cima, aplicando-se regularmente uma pressão rigorosamente controlada e variável em função da natureza do terreno.

Com este procedimento, além de se aumentar substancialmente o valor do atrito lateral, garante-se também a integridade do fuste, permitindo que se considere a resistência da argamassa no dimensionamento estrutural da estaca, conseguindo-se, deste modo, uma sensível redução na armadura e, conseqüentemente, no custo final da estaca.

Dentre os vários tipos de estaca injetada, com e sem pressão mantida, podemos afirmar que a estaca raiz apresenta a menor relação custo/carga, além de facilmente permitir o controle de qualidade realizado através de provas de carga.

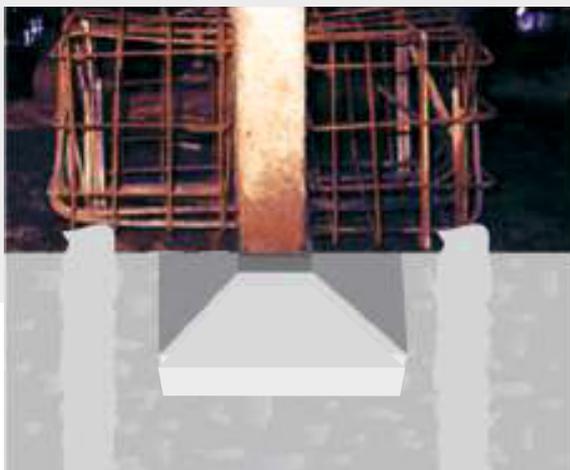
Controle de Execução

Devido ao método executivo, as estacas raiz podem suportar também elevadas cargas de tração. Este fato permite que sejam executadas provas de carga a compressão sem a necessidade do uso de tirantes ou cargueiras, utilizando-se simplesmente as estacas vizinhas como elemento de reação.

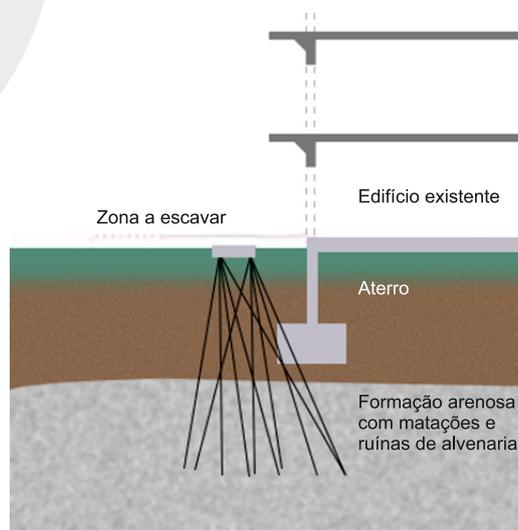
Principais Vantagens Técnicas

O processo de perfuração, não provocando vibrações, nem qualquer tipo de descompressão do terreno em conjunto com o reduzido tamanho do equipamento, torna esse tipo de estaca particularmente indicado em casos especiais como: reforço de fundações, fundações de obras com vizinhanças sensíveis a vibrações ou poluição sonora, ou em terrenos com presença de matações e para obras de contenções de talude.

A existência de modernos equipamentos que permitem a execução de estacas raiz com altas médias de produtividade e o uso de cargas de trabalho de até 2000 KN (200tf), aumentou muito a competitividade da estaca raiz em obras normais.



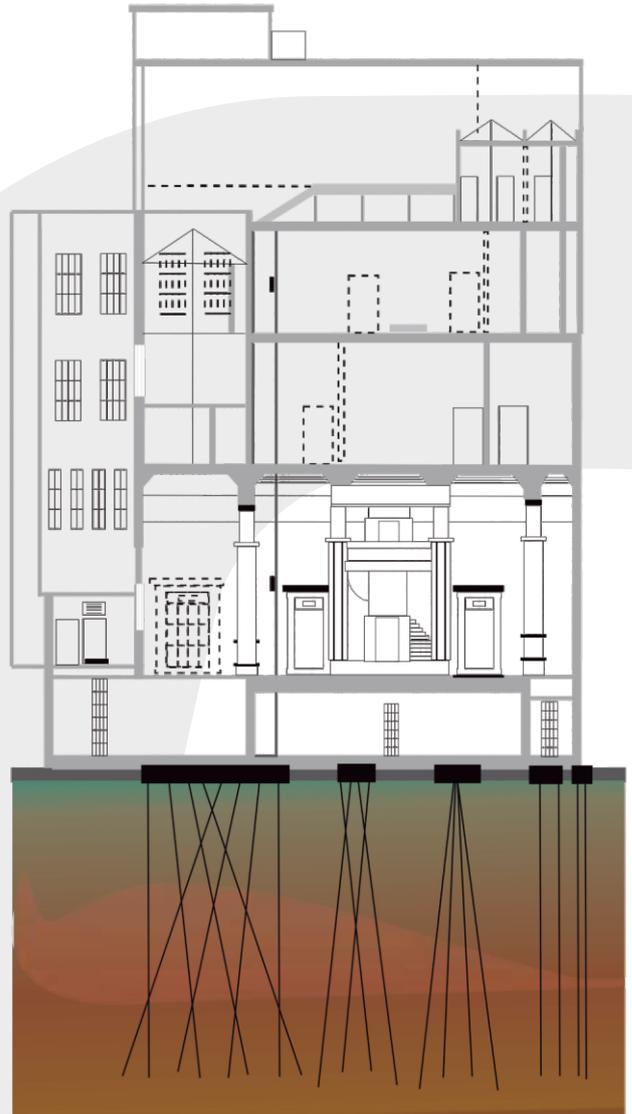
Estabilização do edifício FIB-BH com estacas raiz e execução de bloco adicional de reforço.



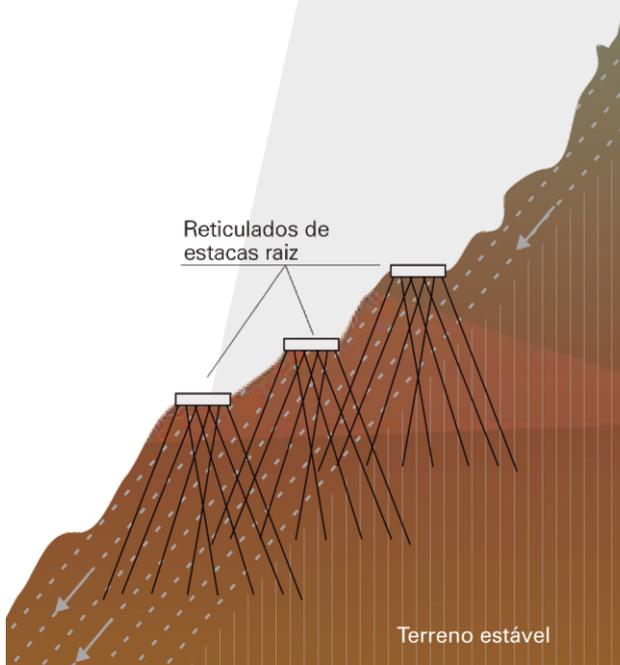
Esquema reticulado para substituição de parede diafragma.



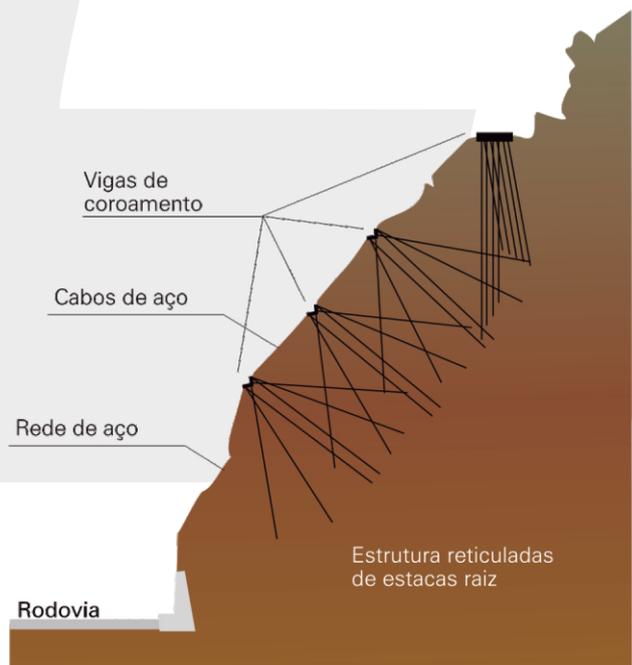
Reforço das fundações da Estação Júlio Prestes | São Paulo/SP.



Reforço de fundações do edifício histórico Banco Sudameris | São Paulo/SP.



Esquema típico de reticulado em terrenos soltos.



Esquema típico de reticulado em terrenos rochosos.



Detalhe Martelo de fundo com Bit 355 mm.



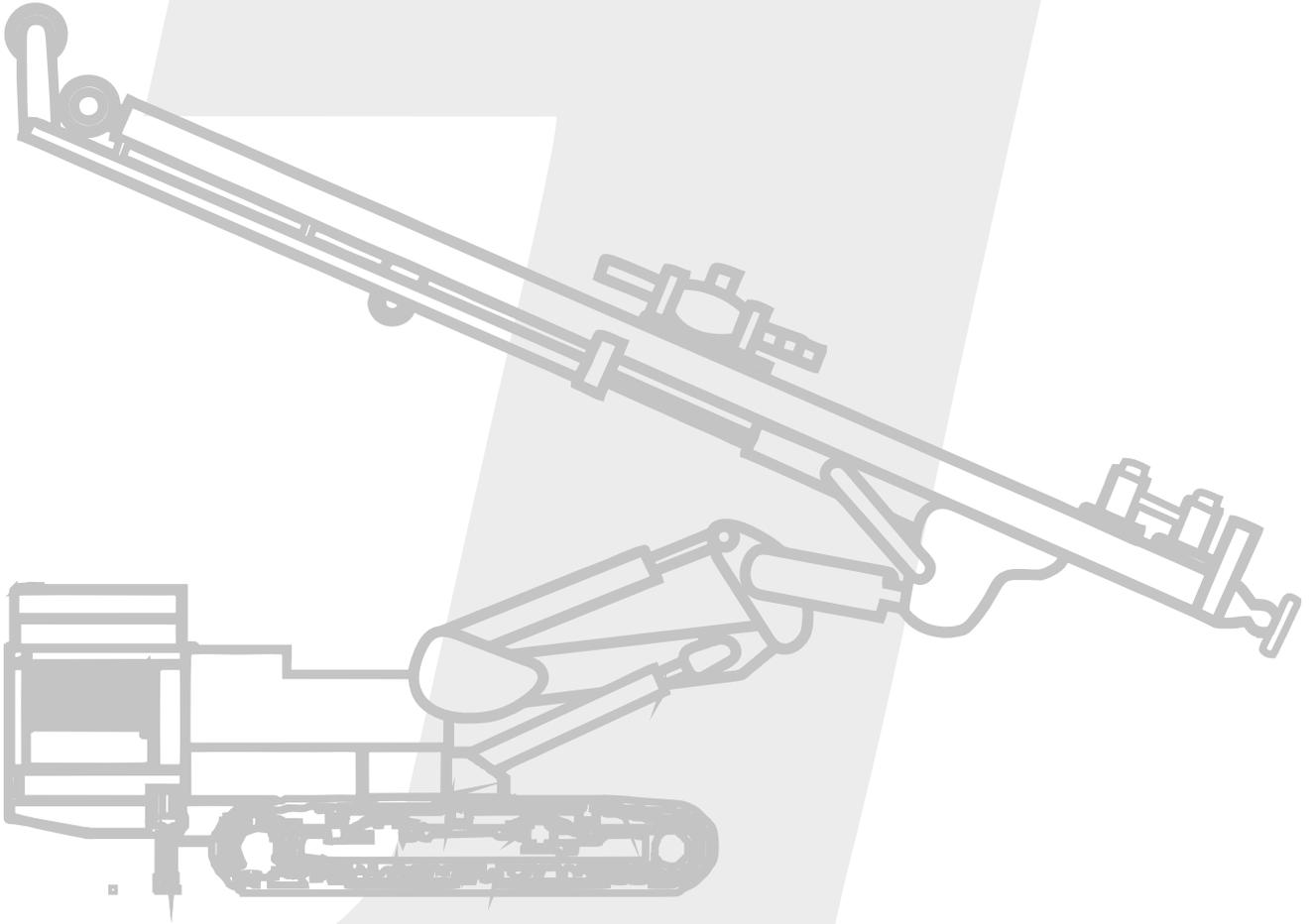
Estaca Raiz \varnothing 410 mm com limitação de pé-direito | Shopping Vitória/ES.



Execução de Estaca Raiz inclinada | Porto de São Francisco do Sul/SC



Execução de Estaca Raiz Ponte Estaiada | Rio Pinheiros - São Paulo/SP.



Tirantes

A FUNDESP executa tirantes de cabos ou monobarras de aços especiais que permitem exercer esforços de tração de 150 a 1.500 kN.

Os principais campos de aplicação são:

- Sustentação de paredes para escavações profundas;
- Contenção de taludes;
- Ancoragem de lajes para combater sub-pressões de água.

Metologia Executiva

A técnica executiva normalmente empregada é a seguinte:

A) Perfuração do solo com sonda rotativa, ou rotopercussiva, com inclinação, diâmetro e comprimentos de projeto.

B) Preenchimento da perfuração (revestida ou não) com caldas de cimento.

C) Colocação dos cabos de ancoragem junto com os tubos de injeção, preparados normalmente na obra.

D) Injeções de nata de cimento a pressões controladas na parte mais profunda da ancoragem, chamada bulbo, para cimentar e criar no solo a devida resistência.

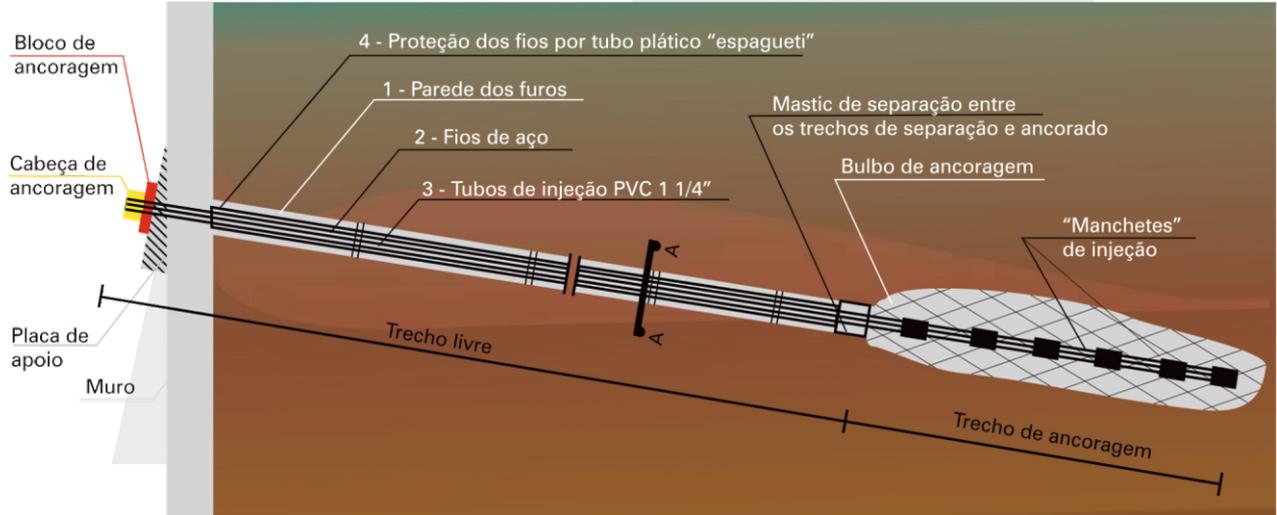
E) Colocação da cabeça de protensão.

F) Protensão dos cabos ou monobarras dos tirantes com macacos hidráulicos até a carga de projeto.

G) Caso necessário, pode-se providenciar novas protensões para compensar eventuais recalques do terreno em volta da área ativa.

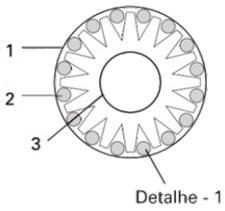
Os tirantes podem ser provisórios ou definitivos, sendo provisórios aqueles destinados a serem utilizados por tempo inferior a dois anos.

Cuidados especiais devem ser adotados para tirantes definitivos, entre os quais a proteção com pinturas anti-corrosivas, graxa, duto plástico envolvendo cada elemento fracionado, duto plástico envolvendo o conjunto de elementos fracionados e o preenchimento do vazio entre os dois dutos com calda de cimento.



Tirantes de fios ou cordoalha.

Corte A-A



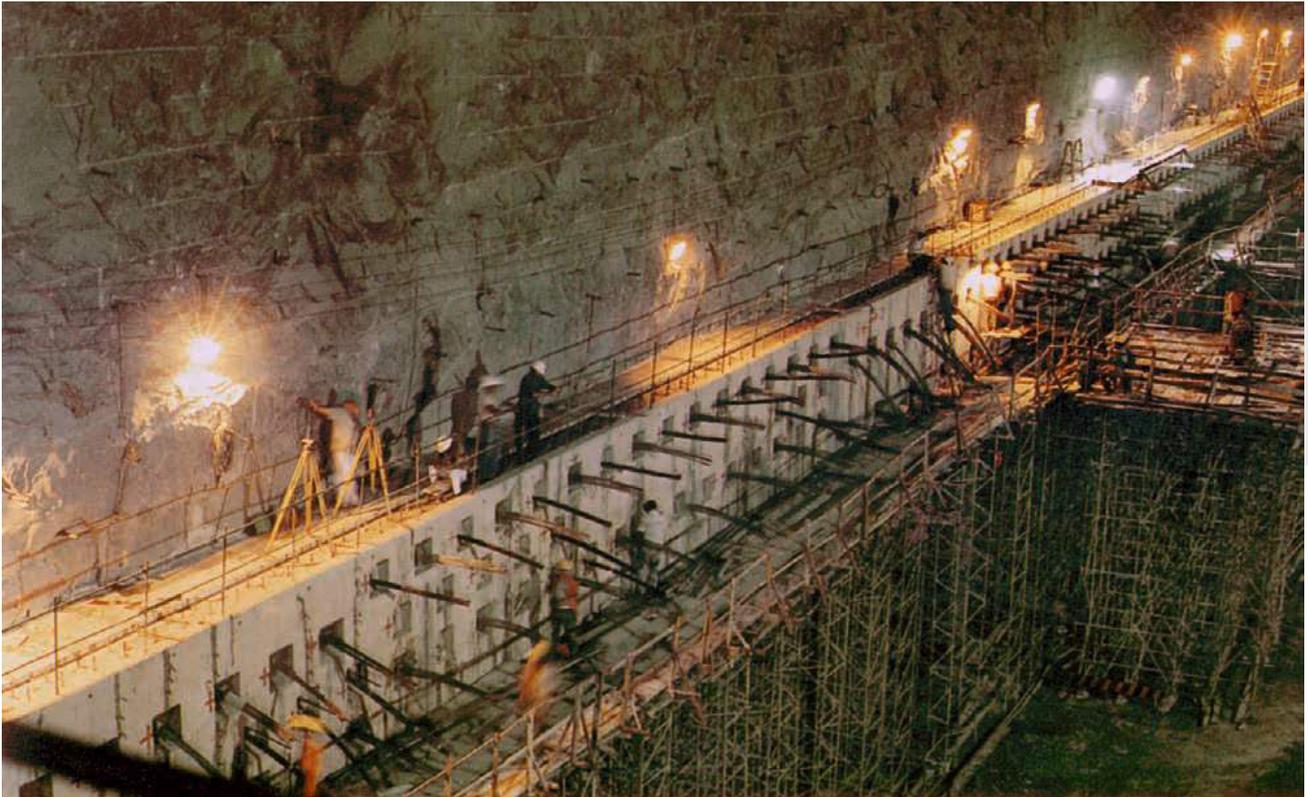
Detalhe - 1



Detalhe Cabeça do Tirante, Placa de apoio, bloco de ancoragem e fios (cabeleira).



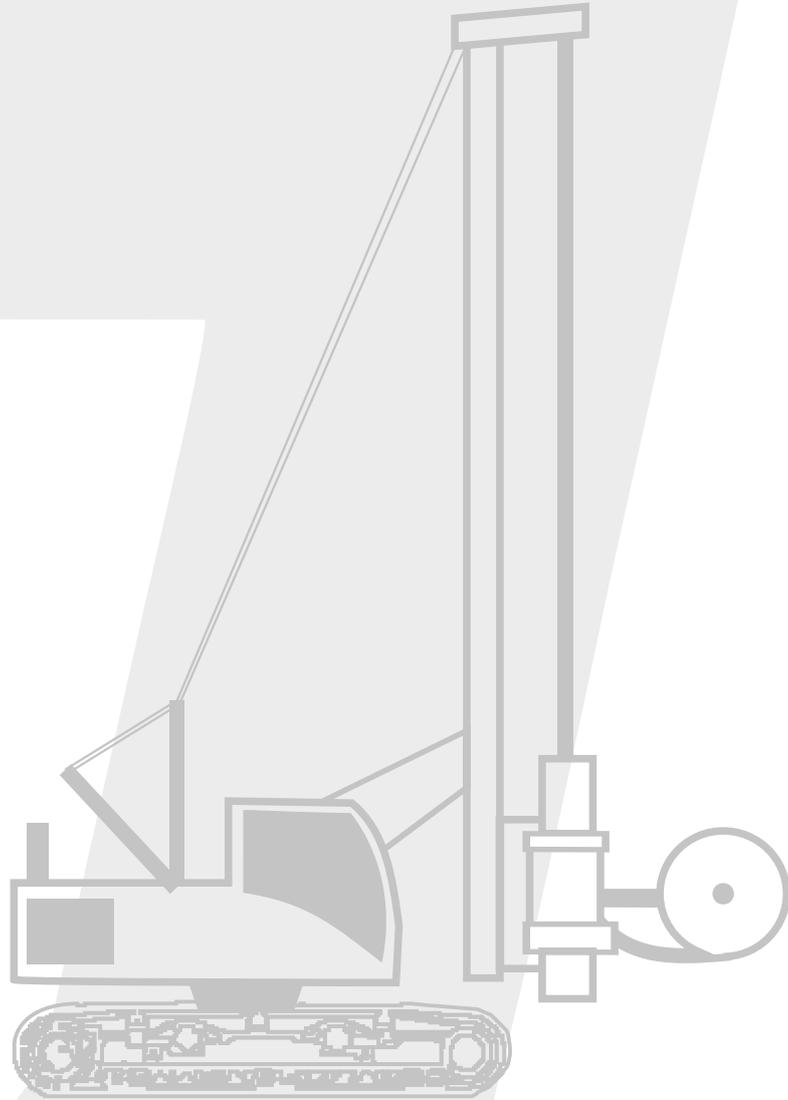
Perfuração de Tirantes em Parede Diafragma.



Execução de 520 tirantes Definitivos para carga de 1200kN para ancoragem das vigas de apoio das pontes rolantes | Usina Hidrelétrica Serra da Mesa - GO.



Tirantes provisórios em parede diafragma | CIEE - SP



Geodrenos

Com a utilização de drenos verticais fibroquímicos é possível a eliminação rápida da água do solo, ocasionando uma grande redução do tempo necessário ao adensamento de terrenos compressíveis.

Na prática, os drenos verticais são utilizados em terrenos argilosos moles e pouco permeáveis, permitindo também o aumento da resistência ao cisalhamento e, por conseguinte, da capacidade de suporte.

O emprego dos drenos faz com que a maior parte do recalque ocorra antes da execução da obra, trazendo substancial economia nos custos de manutenção, como por exemplo, no renivelamento e reconstrução de pavimentos, galerias, linhas férreas, rodovia, etc.

O processo de consolidação começa quando o terreno, sendo comprimido, filtra a água contida entre os poros das partículas sólidas, reduzindo seu volume.

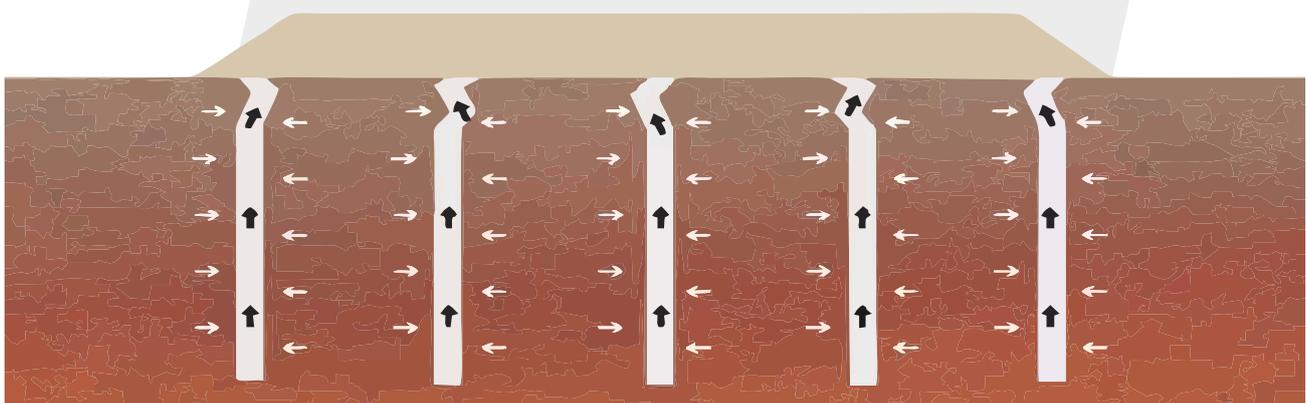
A consolidação é tanto mais lenta quanto menos permeável é o terreno

A instalação dos drenos verticais reduz sensivelmente o percurso que a água deve fazer para sair da área comprimida e chegar numa região permeável sem pressões, ou seja, nas colunas dos drenos.

Com o uso de drenos, o fluxo de água no interior da argila é predominantemente horizontal, enquanto no processo de adensamento normal o fluxo é vertical.

O Coeficiente de permeabilidade horizontal é substancialmente superior ao coeficiente de permeabilidade vertical, especialmente no caso de argilas moles sedimentares, conferindo ao uso de drenos, uma significativa vantagem adicional.

Metologia Executiva



Esquema do fluxo hídrico no Geodreno.

 areia  geodreno  terreno permeável

A execução de um dreno vertical consiste basicamente na introdução no terreno de um material com elevado coeficiente de permeabilidade e capacidade de resistir aos esforços de cravação e aos movimentos da camada argilosa provocados pelo adensamento e execução de aterros. Deste modo, os drenos pré-fabricados estão substituindo com vantagens os drenos de areia que, apesar de possuírem boa permeabilidade, apresentam muito pouca resistência aos movimentos da camada argilosa.

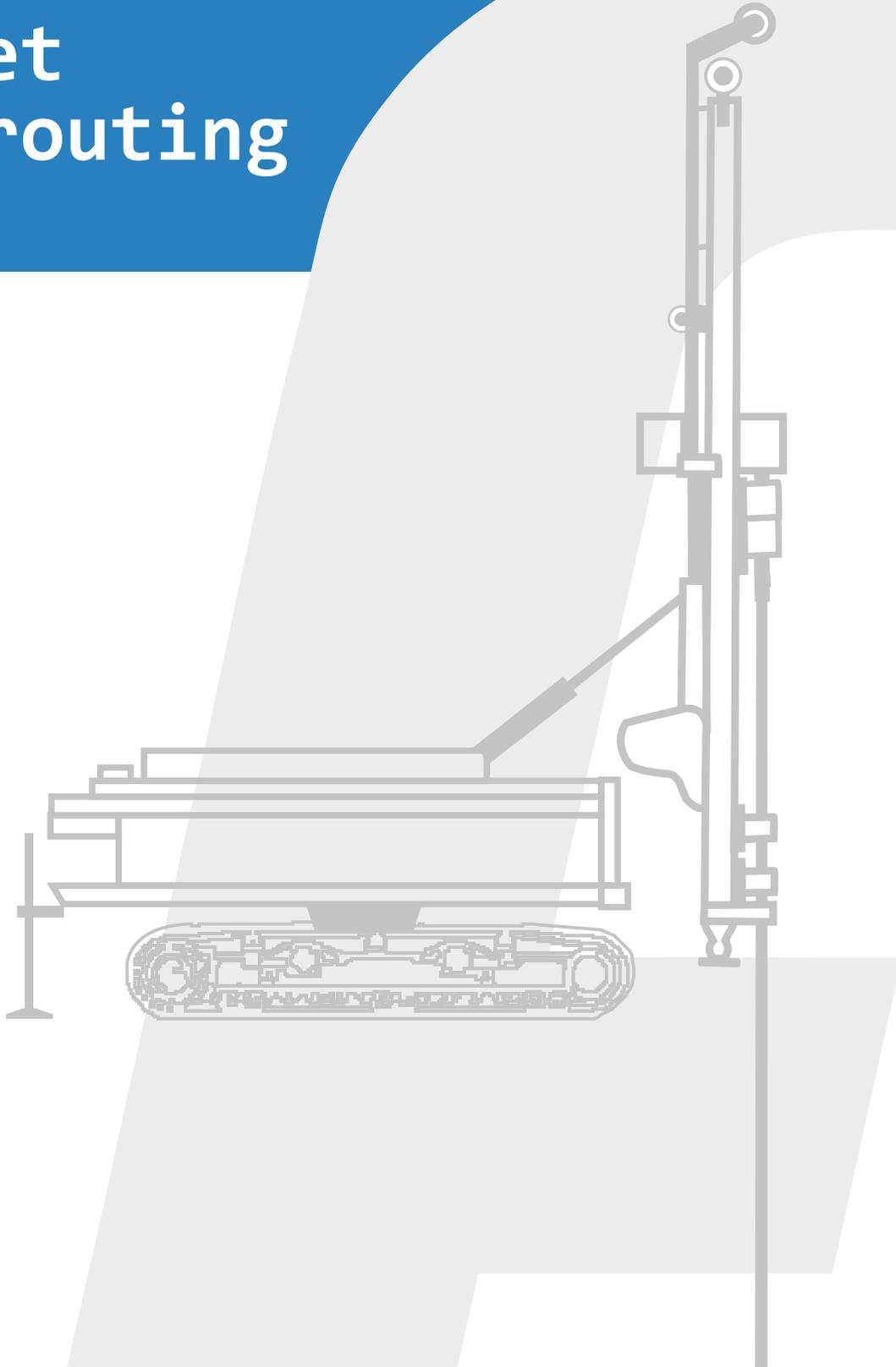
A torre de cravação é adaptada a um guindaste ou escavadeira hidráulica e suas características dependem das necessidades inerentes de cada obra. A **FUNDESP** possui equipamentos para cravar geodrenos até profundidades da ordem de 35m.

O geodreno é posicionado no interior da haste metálica vazada, sendo conectado a uma âncora que, além de evitar a penetração de solo no interior da haste, garante a fixação do dreno no terreno no final da cravação, ou seja, impede que o dreno se solte na ponta da haste ou que volte a subir durante a retirada da haste do terreno.



Cravação de geodrenos no encontro da ponte sobre o Rio Vila Nova | Macapá/AP

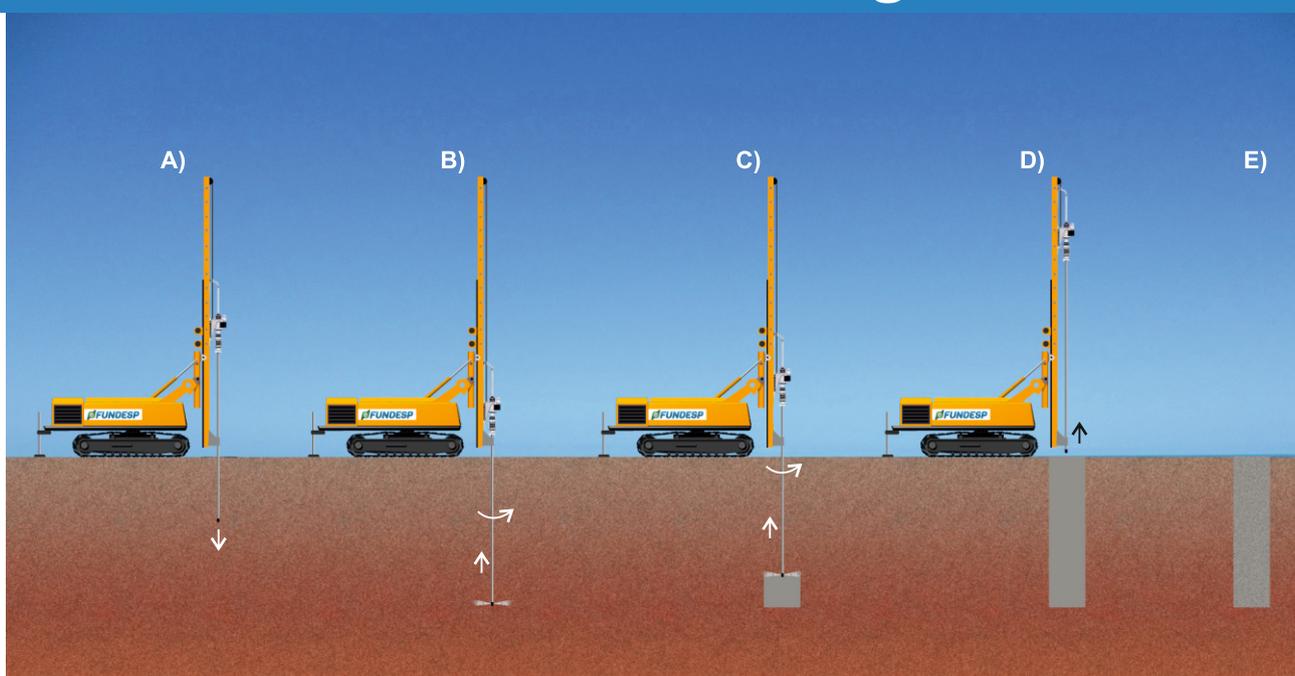
Jet Grouting



As técnicas tradicionais de consolidação de solos, baseadas em injeções de misturas de cimento, esbarram às vezes, em problemas como presença de terrenos com características de permeabilidade e granulometria muito heterogêneas com concentração maior de mistura nas zonas mais permeáveis e ausência de cimentação nas zonas menos permeáveis, além das dificuldades executivas quando seja necessário limitar a pressão de injeção para evitar danos a estruturas próximas.

Em função disso, desenvolveu-se um processo conhecido como Jet Grouting que, valendo-se da atuação de um jato de líquido (calda de cimento) introduzido no terreno a alta pressão e elevada velocidade através de um bico injetor, desagrega a estrutura do solo misturando-se intimamente com ela formando uma "coluna de solo de cimento".

Metologia Executiva



Esquema de execução de Jet Grouting.

A sequência executiva para possibilitar a formação de uma coluna é a seguinte:

A) Perfuração por destruição do núcleo até a profundidade de projeto (usando a ação de bombas de altíssima pressão). Esta perfuração é feita por um "monitor" acoplado a haste e provido de bicos injetores.

B) Introdução de uma válvula no monitor (esfera de aço) para bloquear a saída de líquido em direção axial desviando-os para bicos laterais. Atualmente usa-se válvula na extremidade da haste que ao iniciar o lançamento de calda de cimento com alta vazão, o fluxo é imediatamente desviado para os bicos injetores.

C) Início da fase de injeção da nata de cimento a altíssima pressão através de bicos injetores.

D) Levantamento das hastes de perfuração com velocidade de subida e de rotação determinadas previamente.

E) Coluna tratada de solo-cimento pronta.

As técnicas de execução de Jet Grouting utilizadas pela **FUNDESP** são:

- **C.C.P. - Chemical Churning Pile**

Permite execução de colunas de diâmetro médio entre 40 e 80cm, unicamente com a injeção de calda de cimento a alta pressão sem a utilização de ar comprimido.

- **J.G. - Jet Grouting**

Permite executar colunas de diâmetro médio entre 80 e 180cm e neste caso, é utilizado um jato de ar comprimido junto com o jato de calda de cimento.

- **C.J. - Column Jet**

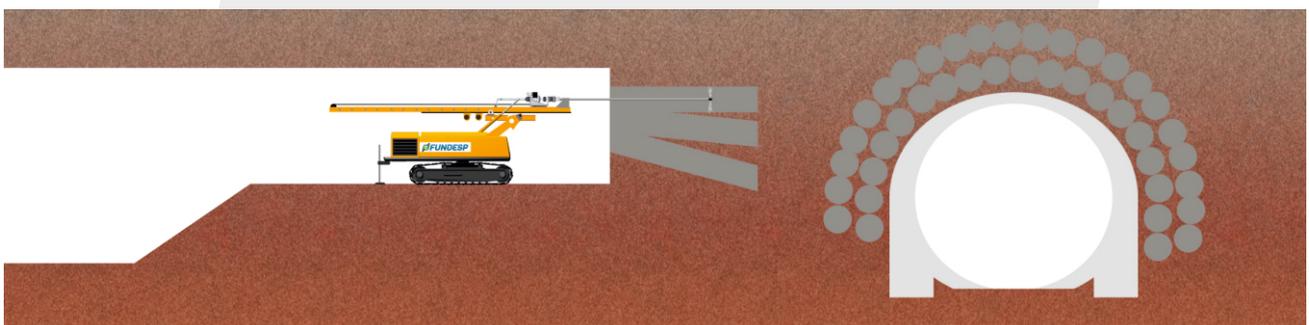
Permite executar colunas de diâmetro superior a 190cm e, neste caso, a água é injetada no terreno a altíssima pressão, fazendo uma pré-ruptura do mesmo enquanto a calda de cimento preenche os vazios.



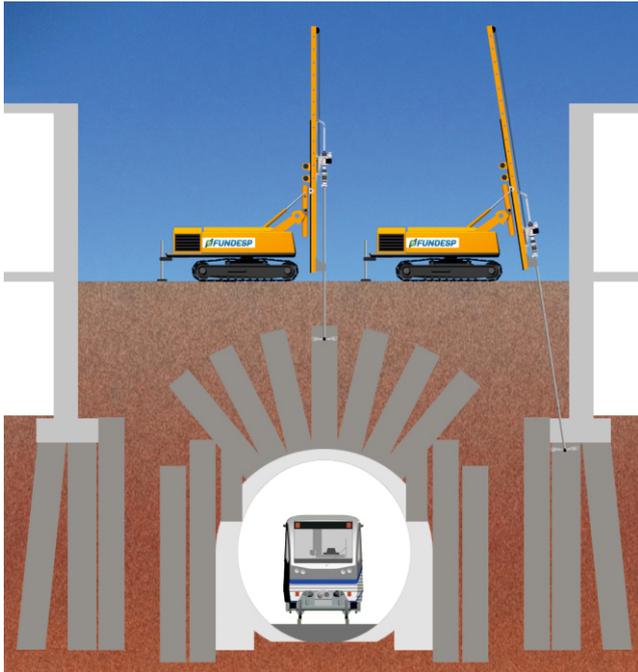
Detalhe da verificação do núcleo da coluna de Ø 120cm | Linha Verde - Sergipe/SE.



Bomba de Alta Pressão para Jet Grouting.



Consolidação do terreno para a escavação de túneis pouco profundos (esquema de consolidação do contorno do túnel).



Consolidação do terreno de fundações de edifícios (intervenção sobre estrutura pré-existente).

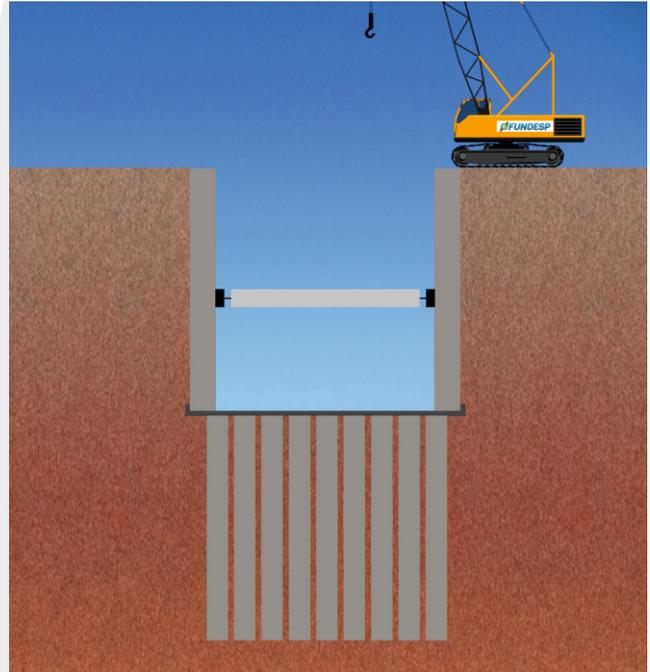


Diagrama de impermeabilização para escavação de poços.



Execução de Jet Grouting - Poço Brasil | Metrô SP

Uma série de fatores determina o diâmetro da coluna que entretanto deverá ser aferido, no campo, através de uma coluna "teste". Dentre esses fatores, os mais importantes são: tipo de solo e sua resistência, pressão da bomba de injeção, tempo de injeção num determinado horizonte, velocidade de rotação da haste, densidade da calda de cimento, diâmetro do bico injetor, velocidade de ascensão da haste, pressão e volume do ar comprimido, quando for o caso.

Tratamento para Túneis



Tratamento com enfilagem ou CCP Horizontal.



Execução de tratamento de rocha com enfilagens | Metrô Rio/RJ.



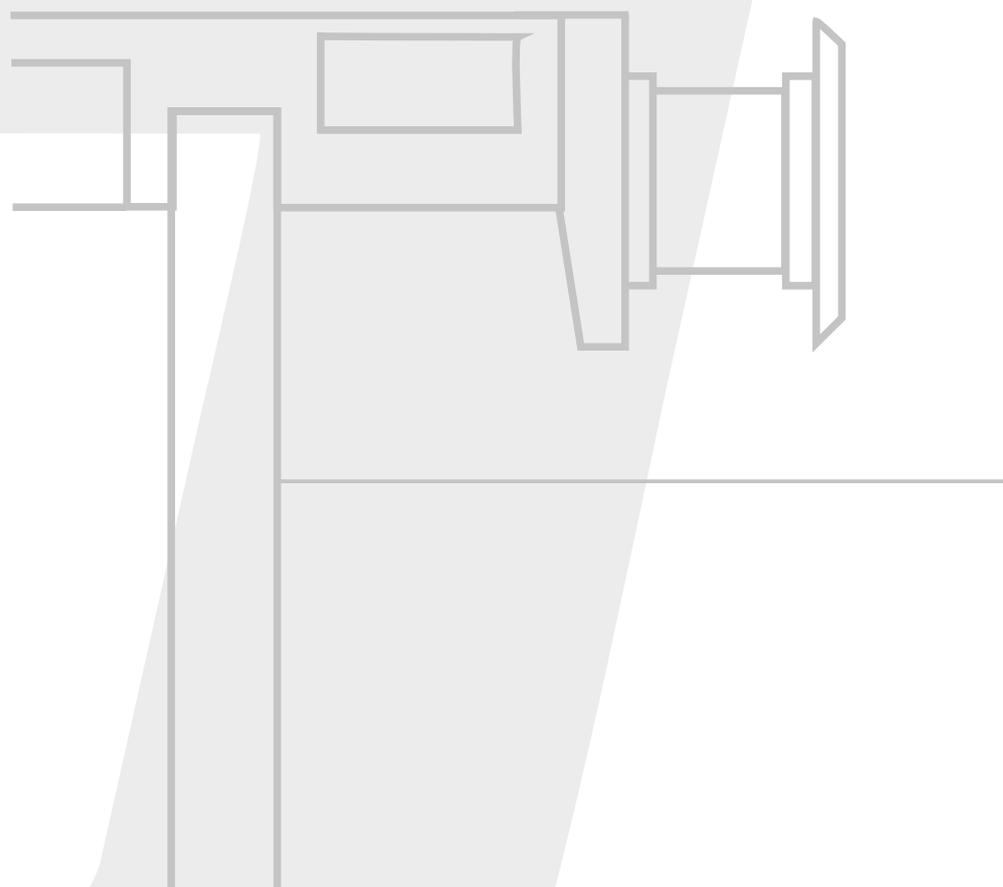
Execução de tratamento com enfilagens | Metrô Rio/RJ.



Tratamento de solo com CCPH para escavação do túnel da Av. Rebouças sob Av. Faria Lima | São Paulo/SP



FUNDESP



Obras Fluviais, Marítimas e Portuárias

Uma das áreas de aplicação das estacas de grande diâmetro, paredes diafragma, estacas embutidas em rocha e estacas raízes, é a área das obras marítimas e fluviais.

Para execução de cais, ancoradouros, pontes, etc., a **FUNDESP** dispõe de equipamentos especiais que podem ser adaptados rapidamente a qualquer necessidade ou tipo de obra: martelos vibratórios, entubadeiras e perfuratrizes para solo e rocha.

Visando oferecer novas alternativas rápidas e seguras para a execução de fundações de obras marítimas e fluviais, como por exemplo, tomadas d'água, pontes, plataformas offshore, cais, etc., a **FUNDESP** vem desenvolvendo com sucesso os seguintes processos executivos:

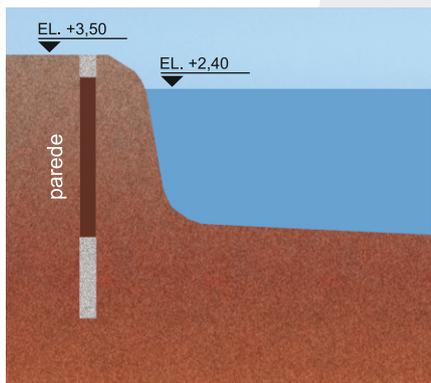
- **Execução de cais com parede diafragma pré-moldada.**

A parede diafragma pré-moldada possui grande resistência estrutural e ao meio ambiente agressivo, sendo possível ser utilizada em cais com lâminas de água de até 10m.

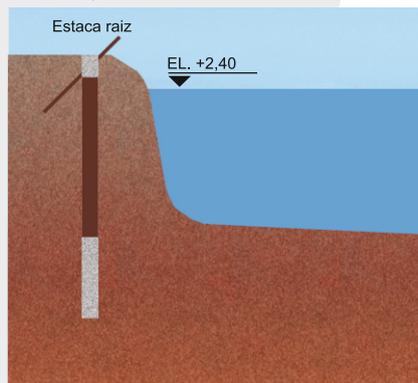
Utilizada em conjunto com estacas raiz ou tirantes, a parede diafragma tem condições de resistir a elevados esforços de atração e amarração.

Metologia Executiva

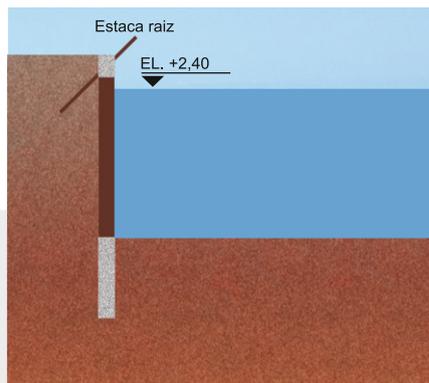
1. Execução da parede diafragma pré-moldada



2. Escavação inicial e execução da estaca raiz

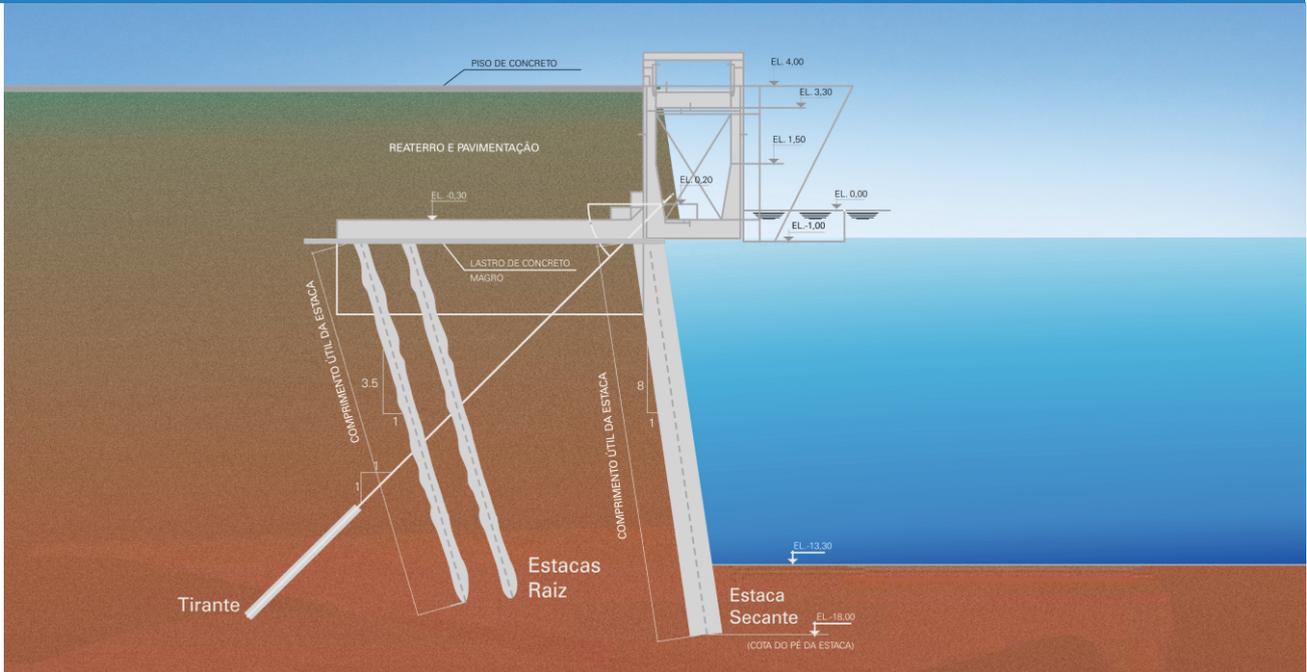


3. Escavação final



Vista Final do Cais de Barcaças da Petrobras | Reduc - RJ.

Execução do Cais da Portocel | Aracruz/ES



Detalhe do projeto.



Mureta guia para execução de Estaca Secantes Inclinadas - Portocel | Aracruz/ES.

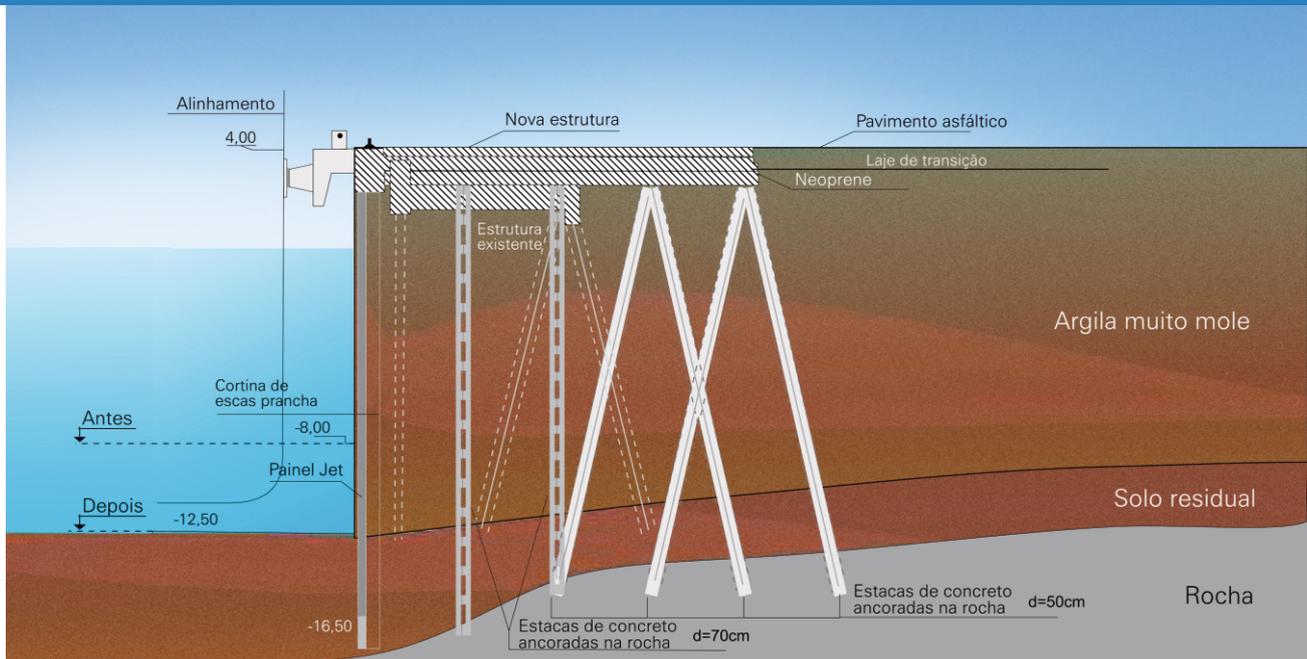


Perfuratriz TH2270 perfurando Estaca Secantes Inclinadas.



Vista da cortina em Estaca Secantes Inclinadas - Portocel | Aracruz/ES.

Rebaixamento do calado e reforço do Cais | São Francisco do Sul/SC



Cravação de estacas prancha.



Execução de estacas raízes inclinadas.



Vista do cais antes do reforço.



Vista do cais após ao reforço.

Ponte sobre o Rio Paraná | Paulicéia/SP



Execução de estacas escavadas com diâmetros 130, 140 e 190 cm embutidas em arenito e basalto.



Perfuratriz rotativa sobre flutuante.

Ponte sobre o Rio Santa Lucia | Montevideú/Uruguai



Visão geral da obra.



Equipamentos em operação.

Pier e sistema de ancoragem do terminal flexível de GNL da Baía de Guanabara/RJ



Execução de estaca escavada encamisada em solo e rocha.



Vista aérea da obra.

Ponte da Redinha sobre a Foz do Rio Potengi | Natal/RN



Concretagem da estaca.



Vista geral da ponte.



Vista geral da ponte executada.



Equipamentos sobre flutuante.



Operação de concretagem.



Cravação da camisa metálica com vibrador.



Perfuratriz Hidráulica em operação.



Execução de estacas escavadas Ø 200cm em solo e com embutimento em solo Ø 180cm.



Cravação da camisa metálica Ø 200cm.



Escavação em solo com Perfuratriz Hidráulica.



Vista da ponte sobre o Rio Madeira.

Estaleiro Rio Grande ERG 1 | Rio Grande/RS



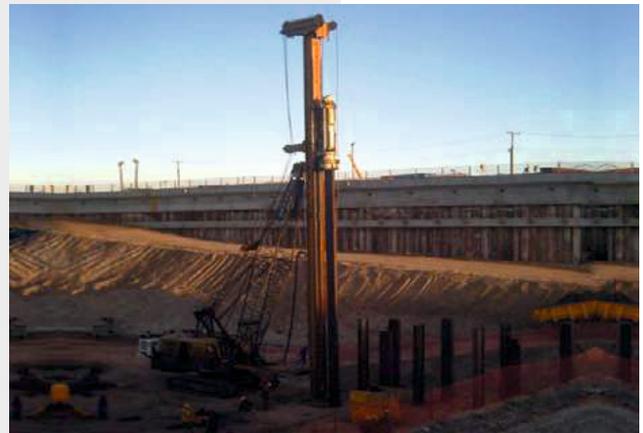
Vista das Estacas Prancha.



Vista do dique seco.



Vista geral da obra.



Cravação de perfis metálicos na laje de fundo.

Terminal Aquaviário Ilha Comprida | Taic/RJ



Cravação de estacas de concreto Ø 80cm vazadas.



Estacas cravadas e contraventadas.



Execução de pino em rocha com Estaca Raiz.



Içamento do equipamento "Offshore" de Estacas Raiz.

Ponte sobre o Rio Piauí | Porto Cavallo/Terra Caída/SE



Projeto Mexilhão | Caraguatatuba/SP



Cravação de estacas tubulares e estacas prancha metálica.

Ponte sobre o Rio Vila Nova | Macapá/AP



Vista geral da ponte.



Lançamento da armadura.

Ponte sobre o Rio Mundaú | Maceió/AL



Escavação sobre flutuante.



Vista geral das estacas em execução.



Concretagem das estacas.



Concretagem das estacas.

Terminal Marítimo da Ponta da Madeira - Píer IU | São Luis/MA



Cravação de estacas tubulares e estacas prancha metálica.

Reforços de fundações de pontes

- Ponte rodoviária da RFSA sobre o Rio Paraíba | São José dos Campos/SP



- Ponte rodoviária sobre o Rio Tietê a jusante da Usina de Promissão/SP



Perfuração das Estacas Raiz Ø 355mm em rocha internamente à camisas metálicas cravadas no tabuleiro da ponte.



Equipamento em operação sobre a ponte com tráfego parcialmente autorizado.



FUNDESP

Provas de Carga Estática

A prova de carga é incontestavelmente o melhor processo para avaliar a capacidade de carga de um elemento de fundação.

Com a tendência em aumentar cada vez mais a capacidade de carga das estacas e a dificuldade de encontrar no mercado empresas que tenham disponibilidade imediata de equipamentos para a execução deste tipo de serviço de alta capacidade, a **FUNDESP** resolveu oferecer mais um serviço aos seus clientes, equipando-se para executar provas de carga de 100 tf até 1200 tf à compressão.

O sistema de reação utilizado pela **FUNDESP** é composto por uma estrutura de uma ou mais vigas metálicas, ancoradas no terreno por tirantes ou estacas.



Estrutura de reação para prova de carga até 1200tf.



Conjunto de reação para prova de carga até 380tf.



FUNDESP

Informações Técnicas

Estacas Escavadas de Grande Diâmetro

• Dados para projeto



Ø (cm)	Área (m ²)	Perím. (m)	Distância mín. entre eixos (cm)	Cargas (tf) p/Ps		
				40 kgf/cm ²	50 kgf/cm ²	60 kgf/cm ²
70	0,385	2,20	140	154	192	231
80	0,502	2,57	160	201	251	302
90	0,636	2,83	180	255	318	382
100	0,785	3,14	200	314	393	471
110	0,950	3,46	220	380	475	570
120	1,131	3,787	240	452	556	679
130	1,327	4,08	260	531	664	797
140	1,539	4,40	280	615	770	924
150	1,767	4,71	300	706	1061	883
160	2,010	5,03	320	804	1005	1206
170	2,270	5,34	340	908	1135	1362
180	2,545	5,66	360	1018	1273	1527
190	2,836	5,97	380	1135	1418	1702
200	3,142	6,29	400	1257	1571	1886
220	3,802	6,92	440	1520	1901	2282
250	4,909	7,86	500	1964	2455	2946

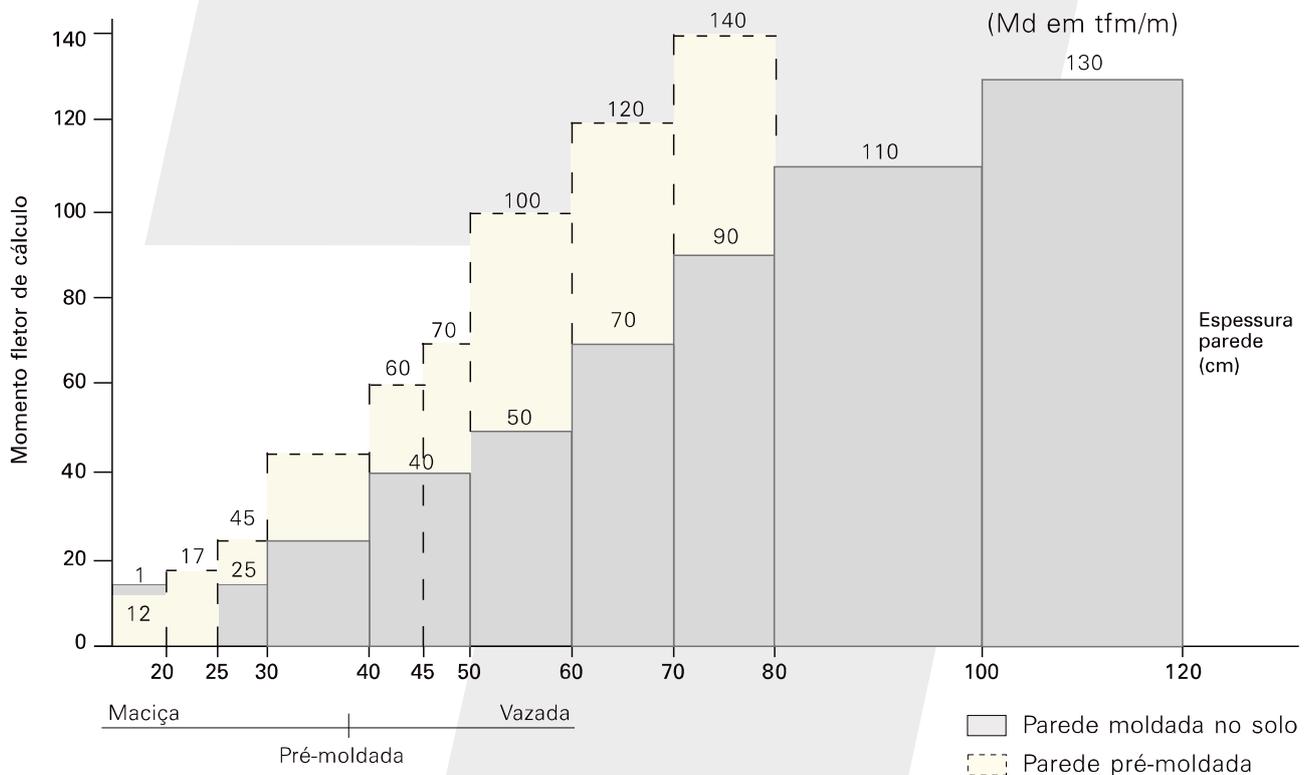
Estacas Barrete

• Dados para projeto



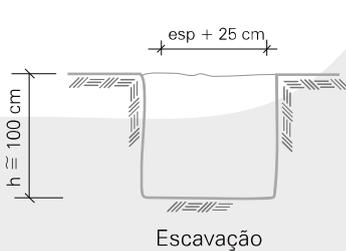
Dimensões (cm) (a x b)	Área (m ²)	Perím. (m)	Cargas (tf) p/Ps		
			30 kgf/cm ²	40 kgf/cm ²	50 kgf/cm ²
30 x 250	0,75	5,60	225	300	375
40 x 250	1,00	5,80	300	400	500
50 x 250	1,25	6,00	375	500	625
70 x 250	1,75	6,40	525	700	875
80 x 250	2,00	6,60	600	800	1000
100 x 250	2,50	7,00	750	1000	1250
120 x 250	3,00	7,40	900	1200	1500
40 x 320	1,28	7,20	384	512	640
50 x 320	1,60	7,40	480	640	800
60 x 320	1,92	7,60	576	768	960
70 x 320	2,24	7,80	672	896	1120

- Sugetão para cálculo preliminar da espessura de paredes diafragma em função do momento fletor de cálculo.

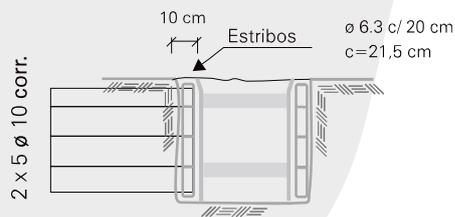


Notas:

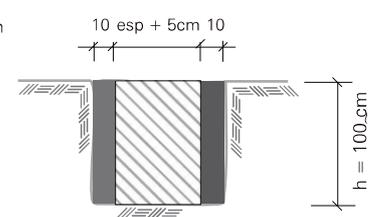
- 1) Características dos materiais:
 Aço CA - 50A ($f_{yd} > 5000 \text{ kg/cm}^2$) Concreto a) Moldada no solo $f_{ck} = 160 \text{ kg/cm}^2$ b) Pré-moldada $f_{ck} = 250 \text{ kg/cm}^2$
- 2) Na determinação da espessura final deverá ser feita uma análise das deformações admissíveis da parede.
- 3) Os valores aqui indicados devem ser considerados como sugestão para anteprojeto e podem ser alterados em função de características específicas de cada obra.



Escavação



Colocação da forma interna e armação



Concretagem, remoção da forma e reaterro com solo

A betonita a ser utilizada para o preparo da lama tixotrópica deve atender as seguintes especificações, segundo a NBR 6122:

Resíduos em peneira nº 200	1%
Teor de umidade	15%
Limite de liquidez	440
Viscosidade Marsh 1500/1000 da suspensão a 6º em água destilada	40 Seg
Decantação da suspensão a 6% em 24 horas	2%
água separada por presso-filtração de 450cm³ da suspensão a 6% nos primeiros 30 min., à pressão de 0,7 MPa (7 kg/cm²)	18cm³
pH da água filtrada	7 a 9
Espessura do "cake" no filtroprensa	2,5mm

A lama bentonítica é preparada numa instalação especial denominada central de lama. Esta central é dotada de um laboratório onde são feitos os ensaios para o controle de qualidade da lama.

Como a bentonita apresenta um inchamento muito acentuado quando na presença de água, é necessário que a lama bentonítica, antes de ser utilizada na escavação tenha um período de maturação de pelo menos 12 horas.

Apresentamos abaixo os parâmetros da lama exigidos pela NBR 61222 - Norma Brasileira de Projetos e Execução de Fundações.

Parâmetros	Valores	Equipamento para ensaio
Peso específico	1,025 a 1,10 g/cm ³	Densímetro
Viscosidade	30 a 90 Seg	Funil Marsh
pH	7 a 11	Papel de pH
“Cake”	1,0 a 2,0mm	“Filter Press”
Teor de areia	até 3%	“Baroid Sand Content” ou similar

Estacas Hélice Contínua

• Dados para projeto

Parâmetros	Unidade	Valores							
Diâmetro da estaca	cm	35	40	50	60	70	80	90	100
Carga de trabalho sugerida	tf	50	65	100	140	190	250	320	390
Distância Min. entre os eixos	cm	87,5	100	125	150	175	200	225	250
Volume	m ³ /m	0,096	0,126	0,196	0,283	0,385	0,503	0,636	0,785
Perímetro	cm/m	110	126	157	188	220	251	283	314
Diâmetro da armadura	cm	25	30	40	50	60	70	80	90
Distância até a divisa	cm	100	100	100	100	100	100	100	100

Estacas Ômega

• Dados para projeto

Parâmetros	Unidade	Valores				
Diâmetro da estaca	cm	27	32	37	42	47
Carga de trabalho sugerida	tf	34	48	65	83	104
Distância Min. entre os eixos	cm	81	96	111	126	177
Volume	m ³ /m	0,057	0,080	0,108	0,139	0,173
Perímetro	cm/m	85	101	116	132	148
Diâmetro da armadura	cm	17	22	27	32	37
Distância até a divisa	cm	100	100	100	100	100

- Comportamento à compressão de estacas hélice contínua x ômega x escavadas sem lama bentonítica, em solo residual de diabásio.

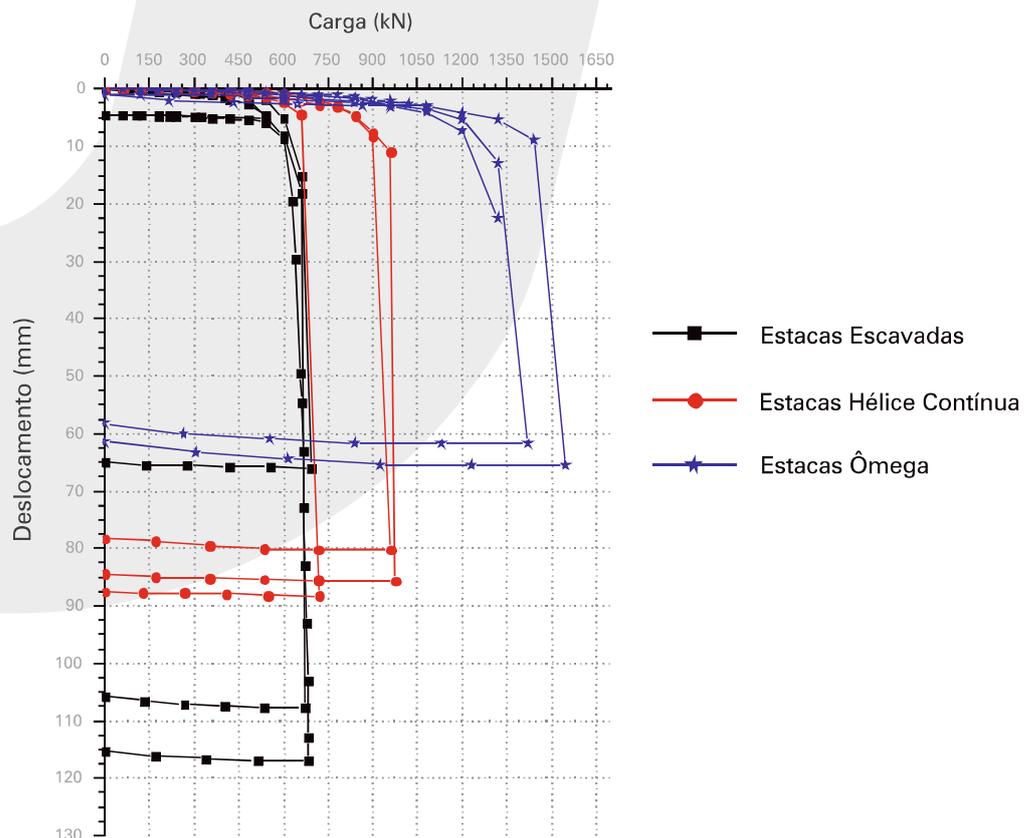
Estaca Ômega:
d=37 cm

Hélice Contínua:
d=40 cm

Estaca Escavada:
d=40 cm

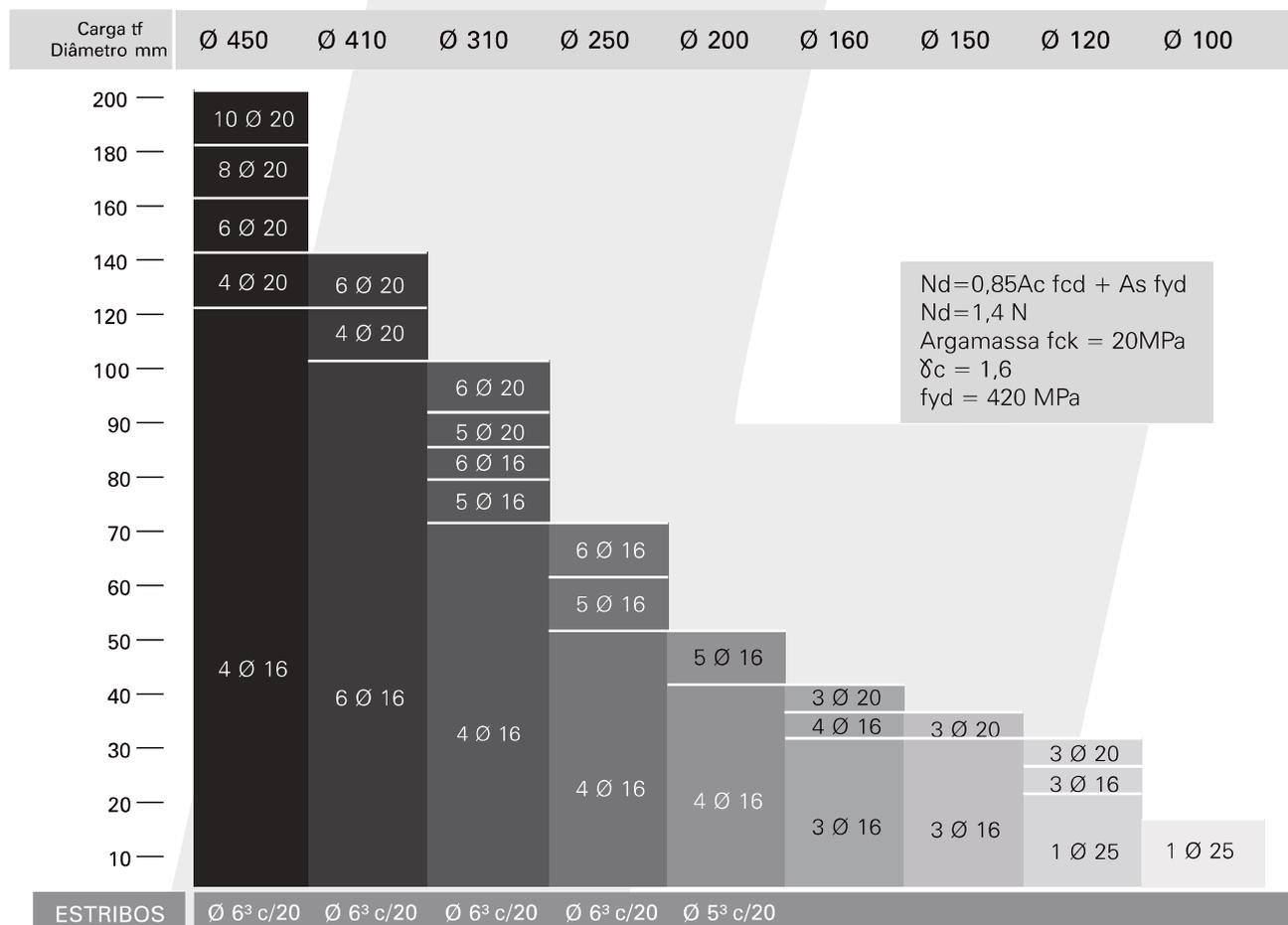
Prof. (m)	Perf. Geol.	S.P.T.	Torque Máx. (Km Fm)	Torque Residual	Penetração n° de golpes / 30 cm					Descrição do material	N.A. (m)
					10	20	30	40	50		
1	2	2	2	1						Argila Siltosa muito mole a mole, vermelha escura. (solo residual).	
2	3	2	1								
3	3	2	1								
4	4	2	12								
5	4	3	1						Silte arenoso, com nódulos de argila, fofo, vermelho escuro. (solo residual).	6,45	
6	5	4	2							7,00	
7	4	3	1								
8	4	4	2						Silte argiloso arenoso, fofo pouco compacto, laminado, com vestígios de rocha decomposta, variegado, vermelho claro, amarelo escuro. (solo residual).		
9	5	6	4								
10	5	8	5								
11	8	11	6								
12	8	11	7						**** (ver observação) ****		
13	9	13	10								
14	8	10	08						Limite da sondagem		
15	7	10	07								
16	5	10	07								
17	7	15	09								
18	7	12	08						18,80		
19	15	28	20								
20	23	35	24						20,45		

Lavagem por tempo - 30 min Prof. inicial: -- m. Estágios: 1ª -- cm 2ª -- cm 3ª -- cm	Leitura 1 06/02/99 2 09/02/99 3 --/--	Intervalo 18,77 17,00	N.A. (m) 18,77 ---	Método T. Cavadeira T. Espiral Lavagem	Início (m) 0,00 19,00	Fim (m) 18,45 20,45	Início: 05/02/99 Fim: 08/02/99 Revestimento: 19,00m
--	--	-----------------------------	--------------------------	---	-----------------------------	---------------------------	---



• Dados para projeto

Diâmetro da estaca (mm)	450	410	310	250	200	160	150	120	100
Diâmetro externo do tubo (mm)	406	355	275	220	168	140	127	102	80
àrea de secção transversal (cm ²)	1590	1320	755	491	380	201	177	113	79
Perímetro da estaca (cm)	141	126	88	79	63	50	47	38	31
Distância mínima entre eixos (cm)	135	130	100	80	70	60	60	60	60
Distância mínima eixo-divisa (cm)	40	30	30	30	30	30	30	30	30
Diâmetro extremo do estribo (mm)	330	280	200	155	110	-	-	-	-
Diâmetro interno da coroa (mm)	374	323	235	180	133	120	105	72	60
Diâmetro da estaca em rocha (mm)	355	305	228	178	127	101	76	-	-
Cimento (kg)	163	135	70	50	30	20	15	10	8
Area (L)	272	226	113	75	47	30	27	17	12
Armaço long. mínima CA-50 (mm)	10Ø20	6Ø20	6Ø20	6Ø16	5Ø16	4Ø16	1Ø25	1Ø25	1Ø25
Estribo CA-25 (mm)	Ø6,3	Ø6,3	Ø6,3	Ø6,3	Ø5	3Ø16	-	-	-



1 - Os valores máximos podem ser modificados em função das características do solo.

2 - As armaduras sugeridas podem ser modificadas sob consulta a nosso departamento técnico.

3 - As armaduras das estacas podem ser alteradas ao longo do fuste em função do diagrama de atrito lateral.

• Sugestão para determinação da capacidade de carga de estacas raiz.

A capacidade de carga a compressão de uma estaca raiz, com um diâmetro final $D < 45\text{cm}$ e injetada com uma pressão $S < 4\text{ kg/cm}^2$ (0,4 MPa), pode ser obtida através da seguinte fórmula:

$P_r = P_l + P_p$ onde:

P_r = carga de rotura

P_l = carga resistida pelo atrito lateral

P_p = carga resistida pela ponta

$P_l = \sum \beta_0 \beta_1 N U \Delta l$, onde:

N = SPT (golpes/30 cm)

U = perímetro final da estaca

$\beta_0 = 1 + 0,11\tau - 0,01 D$

D = diâmetro final da estaca em cm

τ = Pressão de injeção em kg/cm^2

$P_p = \beta_0 \beta_2 N A_b$, onde:

A_b = Área da base da estaca

$\beta_1 N$ e $\beta_2 N$ são obtidos em kg/cm^2

$\beta_0 \beta_1 N \leq 2,0\text{ kg/cm}^2$ (0,2 MPa)

$\beta_0 \beta_2 N \leq 50\text{ kg/cm}^2$ (5 MPa)

Valores de β

D \ τ	0	1	2	3
10	0,90	1,01	1,12	1,23
12	0,88	0,99	1,10	1,21
15	0,85	0,96	1,07	1,18
16	0,84	0,95	1,06	1,17
20	0,80	0,91	1,02	1,13
25	0,75	0,86	0,97	1,08
31	0,69	0,80	0,91	1,02
42	0,58	0,69	0,80	0,91

Valores de β_1 e β_2

Solo	$\beta_1(\%)$	β_2
Areia	7	3
Areia siltosa	8	2,8
Areia argilosa	8	2,3
Silte	5	1,8
Silte arenoso	6	2,0
Silte argiloso	3,5	1,0
Argila	5	1,0
Argila arenosa	5	1,5
Argila siltosa	4	1,0

O valor a ser adotado para τ deve ser analisado em conjunto com a firma executora das estacas, face a facilidade de executar provas de carga a compressão em Estaca Raiz.

• Aplicação do método proposto

Cálculo da capacidade de carga da estaca raiz E2. A partir da profundidade de 11,50m foi possível aplicar uma pressão de injeção de 2 kg/cm^2 .

Prof. (m)	N	β_0	$\beta_1(\%)$	β_2	Pl (tf)		Pp (tf)	Pr (tf)
					Pl	$\sum Pl$		
1	2	0,88	4	1,0	0,2	0,2	0,20	0,46
2	2	0,88	4	1,0	0,2	0,5	0,20	0,72
3	2	0,88	4	1,0	0,2	0,7	0,20	0,98
4	6	0,88	4	1,0	0,8	1,5	0,60	2,18
5	7	0,88	8	2,3	1,8	3,4	1,60	5,05
6	10	0,88	3,5	1,0	1,1	4,6	1,00	5,62
7	11	0,88	3,5	1,0	1,2	5,9	1,10	7,00
8	12	0,88	6	2,0	2,4	8,3	2,38	10,68
9	11	0,88	6	2,0	2,2	10,5	2,19	12,69
10	12	0,88	6	2,0	2,4	12,9	2,38	15,28
11	19	1,10	6	2,0	4,7	17,6	4,72	22,38
12	10	1,10	3,5	1,0	1,4	19,1	1,24	20,36
13	11	1,10	3,5	1,0	1,6	20,7	1,30	22,08
14	16	1,10	3,5	1,0	2,3	23,0	1,98	25,04
15	16	1,10	3,5	1,0	2,3	25,4	1,98	27,38
16	50	1,10	3,5	1,0	7,3	32,7	6,21	38,92
17	50	1,10	6	2,0	10,4	43,1	12,43	55,59

$$\Delta P_l = \beta_0 \beta_1 N U \Delta e$$

$$P_p = \beta_0 \beta_2 N A_b$$

$$U = \pi \times 12 = 38\text{cm}$$

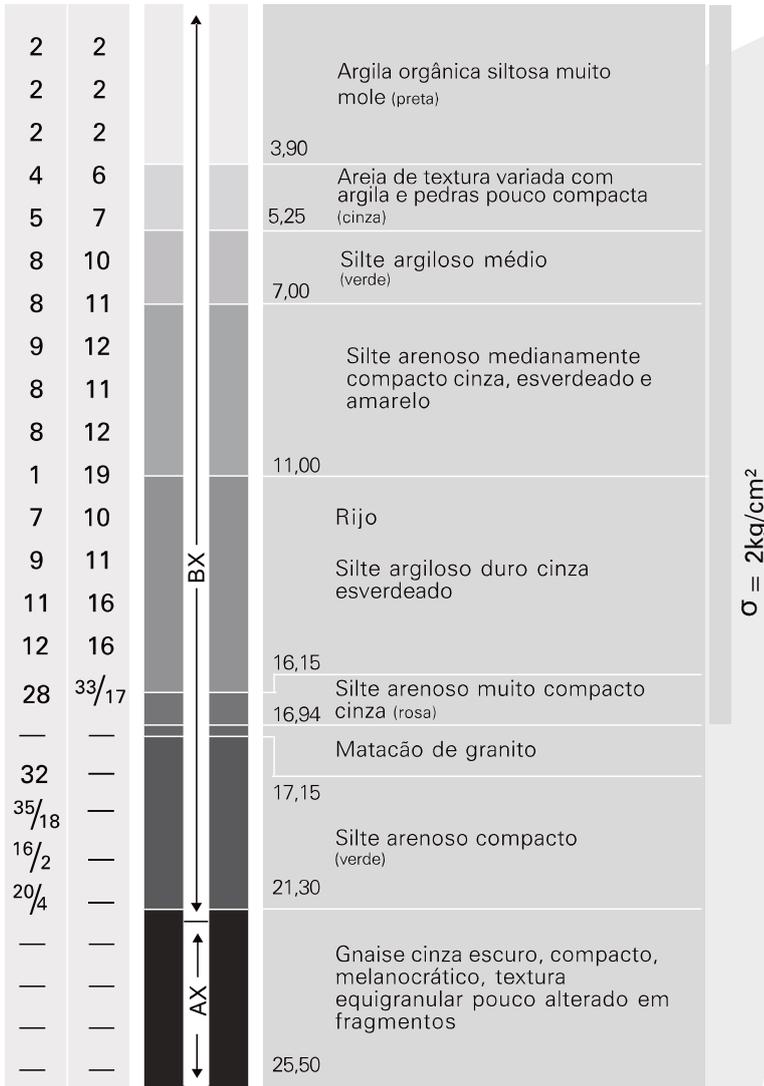
$$\Delta b = \frac{\pi \times 12^2}{4} - 113\text{cm}^2$$

Capacidade de carga obtida pelo método - 55,6 tf

Capacidade de carga obtida pela prova de carga - 50 tf

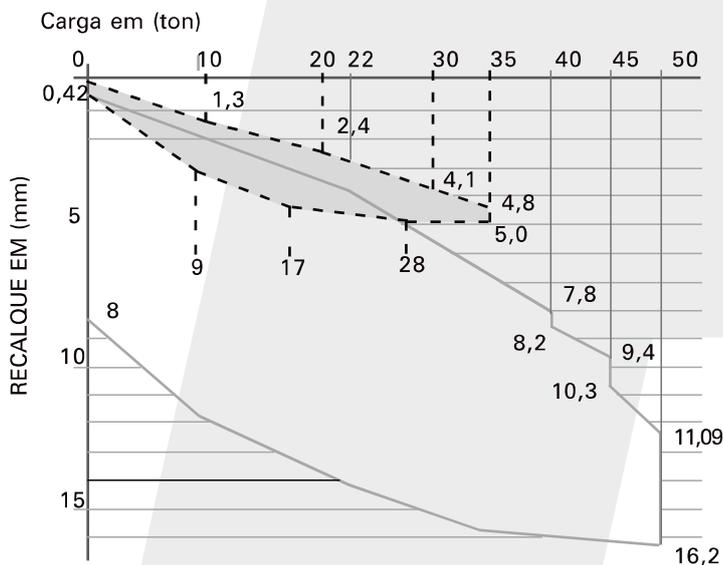
• Verificação prática do método de cálculo.

Sondagem



LIMITE DA SONDAGEM

Diagrama da prova de carga na E2m



Dados da estaca

- Estaca tipo = Raiz
- Número = E2
- Diâmetro perfurado = 17m
- Metros concretados = 101mm
- Diâmetro acabado = 120mm
- Carga de trabalho = 20tf
- Carga de ensaio = 50tf

Obra: Bamerindus - Palácio Avenida
 Cliente: Bamerindus
 Consultora: Técnica Granville

- Dados para projeto

Tipo	Aço	Armação (mm)	Seção (kgf/mm ²)	τ esc.	τ rup	carga máx. de ensaio	Carga de trabalho (tf)	
							provisório	permanente
Barra	Gewi	1 Ø 32	804	50	55	36	24	21
	Dywidag	1 Ø 32	804	85	105	62	41	35
Fio	CP 150 RB	6 Ø 8	302	135	150	37	24	21
		8 Ø 8	402			49	33	28
		10 Ø 8	503			61	41	35
		12 Ø 8	604			73	49	42
		4 Ø 12 ⁷	395			61	40	35
		6 Ø 12 ⁷	592			91	61	52
Cordoalha	CP 190 RB	8 Ø 12 ⁷	790	171	190	121	81	69
		10 Ø 12 ⁷	987			152	101	87
		12 Ø 12 ⁷	1184			182	121	104

As diferenças fundamentais entre os tirantes permanentes e provisórios estão no coeficiente de segurança, na proteção anticorrosiva do corpo e da cabeça do tirante e nos testes de protensão.

- Tirantes Permanentes:** são aqueles que se destinam às obras com duração superior a dois anos, que se incorporam a uma estrutura definitiva.
- Tirantes Provisórios:** são aqueles que se destinam às obras com duração até dois anos, após a construção das lajes da estrutura do edifício são desativados e os esforços transferidos para a estrutura.

Proteção classe 1 - É usada para tirantes permanentes em meio muito agressivo ou medianamente agressivo e para tirantes provisórios em meio muito agressivo. Necessita o emprego de duas barreiras físicas contra a corrosão em toda a extensão do tirante.

Proteção classe 2 - É usada para tirantes permanentes em meio não agressivo e tirantes provisórios em meio medianamente agressivo. No trecho livre mantém-se o mesmo tipo de proteção da classe 1 e no trecho ancorado protegido por calda de cimento injetada.

Proteção classe 3 - É usada para tirantes provisórios em meio não agressivo. No trecho livre é protegido por um duto plástico e o trecho de ancoragem é equipado com centralizadores e protegido com calda de cimento injetada.

Tirante - Cargas a serem aplicadas no ensaio de recebimento

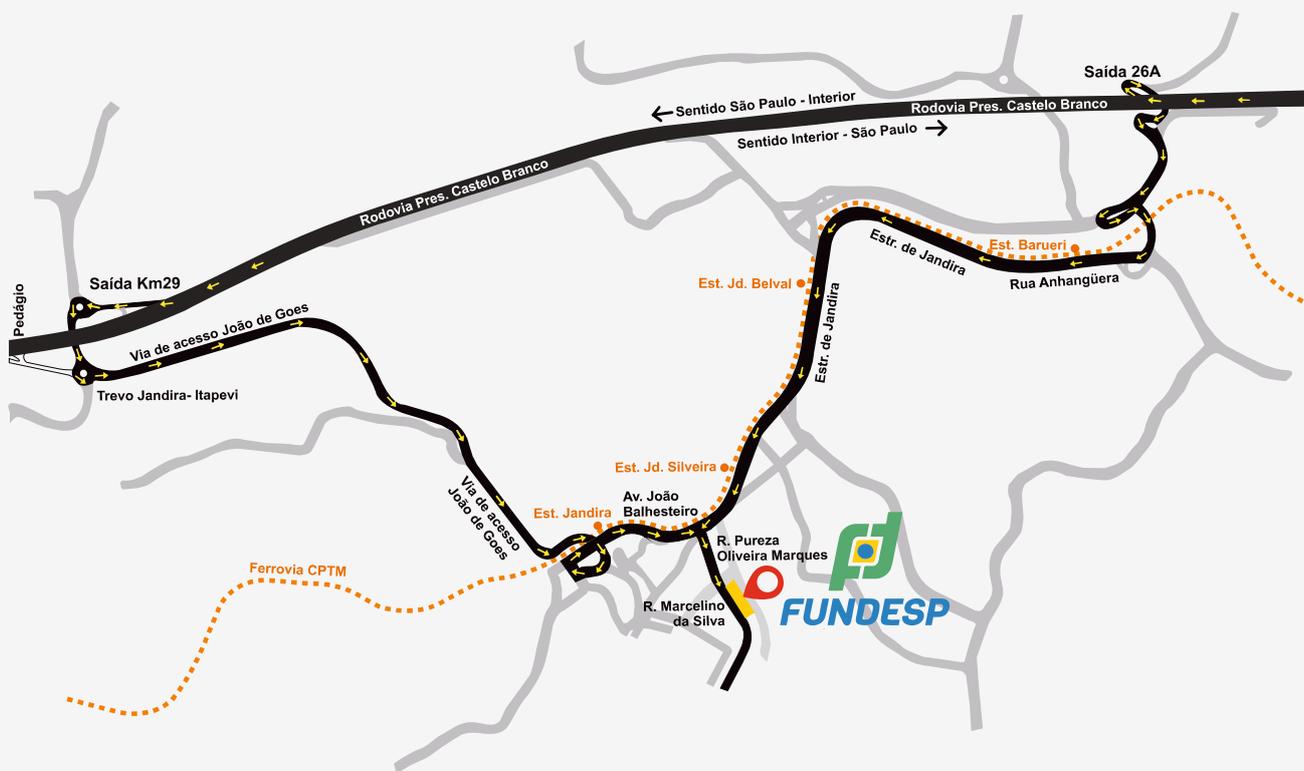
Permanente	10% dos tirantes	Fo e 0,3Ft ; 0,6Ft ; 0,8Ft ; 1,0Ft ; 1,2Ft ; 1,4Ft ; 1,6Ft ; e 1,75Ft
Permanente	90% dos tirantes	Fo e 0,3Ft ; 0,6Ft ; 0,8Ft ; 1,0Ft ; 1,2Ft ; 1,4Ft
Provisório	10% dos tirantes	Fo e 0,3Ft ; 0,6Ft ; 0,8Ft ; 1,0Ft ; 1,2Ft ; 1,5Ft
Provisório	90% dos tirantes	Fo e 0,3Ft ; 0,6Ft ; 0,8Ft ; 1,0Ft ; 1,2Ft

Fo = 0,1 x fyk x S

Ft = Carga de trabalho dos tirantes

Localização





Empresa nacional altamente especializada no campo da engenharia de fundações e geotecnia.

- Desde de 1977, uma das primeiras empresas no segmento da construção civil;*
- Atuamos em todo território brasileiro e américa latina.*
- Melhores profissionais em Fundações e Geotecnia.*
- Equipamentos de última geração para obras de grande porte.*



Rua Silvio Tozzi, 50
Jandira/SP - CEP 06602-020

+55 (11) 4619-9900

[fundesp@fundesp.com.br](mailto:fundespp@fundesp.com.br)

