



FAAP
Desde 1947

geofix

10° Curso de
**ENGENHARIA
APLICADA ÀS
OBRAS DE
FUNDAÇÕES E
CONTENÇÕES**



ESTACA ESCAVADA, BARRETE E RAIZ (EM SOLO E ROCHA): CONCEITOS BÁSICOS, EXECUÇÃO E CASOS DE OBRA

Eng. Celso Nogueira Corrêa

- INTRODUÇÃO
- ESTACÃO E BARRETE
 - ESTACA RAIZ
- CASOS DE OBRA

INTRODUÇÃO

FUNDAÇÃO

- ELEMENTOS ESTRUTURAIS
- TRANSMITEM PARA O SOLO AS AÇÕES ATUANTES NA ESTRUTURA

CONDIÇÕES:

- 1- NÃO OCORRA RECALQUES PREJUDICIAIS AO SISTEMA ESTRUTURAL (ELS)
- 2- NÃO OCORRA RUPTURA DO ELEMENTO DE FUNDAÇÃO E NEM DO SISTEMA FUNDAÇÃO-SOLO (ELU).

CRITÉRIOS DE PROJETO

DIMENSIONAMENTO NO ESTADO LIMITE ÚLTIMO E DE SERVIÇO (ELU e ELS)

- Limite de recalques e deslocamentos excessivos



DIMENSIONAMENTO

QUAL A CARGA ADMISSÍVEL?

- NÃO CAUSA RUPTURA,
- RECALQUES ADMISSÍVEIS PELA ESTRUTURA.

$$Q_{adm} \leq \frac{Q_{rup}}{FS} \gg \text{Atendido ELU, e}$$

Q_{adm} não deve causar recalques excessivos (ELS)

TIPOS DE FUNDAÇÃO: (NBR6122-2019)

FUNDAÇÃO DIRETA: Sapatas isoladas, sapatas corridas e radier.

FUNDAÇÃO PROFUNDA: São **ESTACAS** e tubulões (que podem ser a céu aberto e a ar comprimido).

ESTACAS: Podem ser divididas em pré-fabricadas e **MOLDADAS “IN LOCO”**.

MOLDADAS “IN LOCO”,

Brocas manuais

Estacas Escavadas peq. diâm.

Estacas Strauss

Hélice Contínua Monitorada

Franki

Micro estacas injetadas

Hollow Auger

Omega

RAIZ

ESTACA ESCAVADA GDE. DIÂM.

BARRETE

ESCOLHA DA FUNDAÇÃO:

- **NATUREZA E CARACTERÍSTICAS DO SOLO, LENÇOL FREÁTICO** (investigação geotécnica “in situ”, poços de prova e ensaios de laboratório);
- **TOPOGRAFIA, ARQUITETURA, VIZINHOS** (projetos e visita ao local);
- **DISPOSIÇÃO, GRANDEZA E NATUREZA DAS CARGAS** (fornecidas pelo projeto de estrutura);
- **LIMITAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS DE FUNDAÇÕES EXISTENTES NO MERCADO E AS RESTRIÇÕES TÉCNICAS IMPOSTAS A CADA TIPO DE FUNDAÇÃO** (conhecimento do engenheiro geotécnico de projeto e ou das empresa);
- **NOÇÕES DO CUSTO** (material, mão-de-obra, transporte) das soluções possíveis.



FAAP
Desde 1947

geofix

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE: ESTACÕES E BARRETES



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

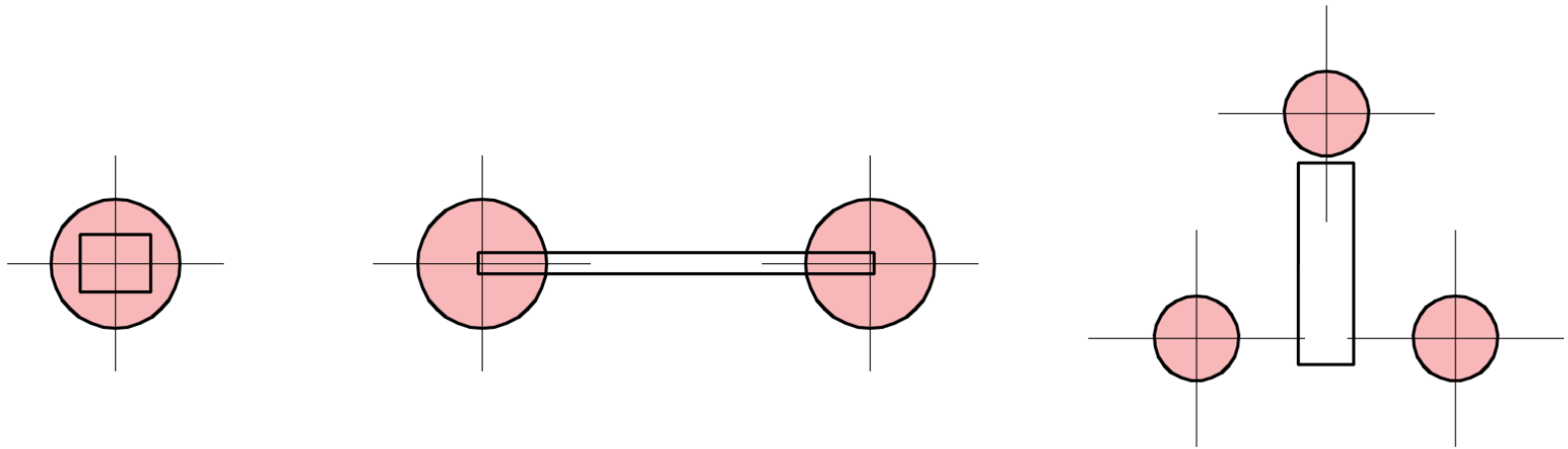
Existem dois tipos de estacas escavadas com fluido estabilizante:

- a) **ESTACÕES:** seções circulares - $0,60 \leq D \leq 2,50$ m, escavadas por rotação.

- b) **BARRETES OU ESTACAS DIAFRAGMA:** seção retangular, escavadas com “clam-shells”.
 - 0,30 a 1,20 m na menor dimensão
 - 2,50 e 3,20 m na maior dimensão, ou
 - formando **figuras geométricas**

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

EXEMPLOS DE GEOMETRIA DE BLOCOS

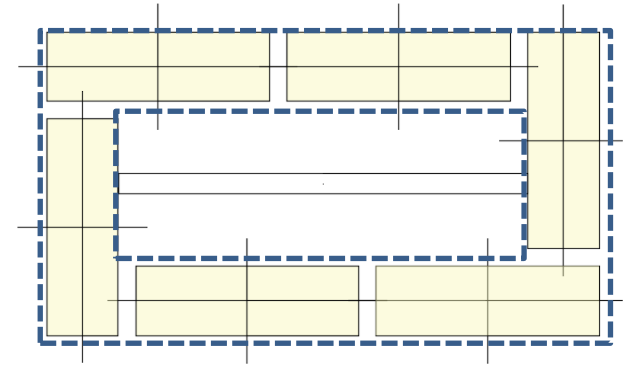
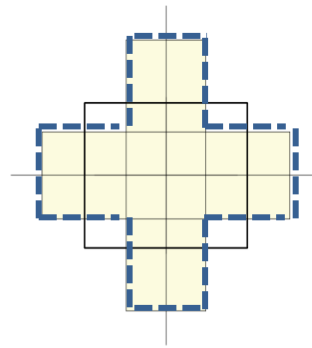
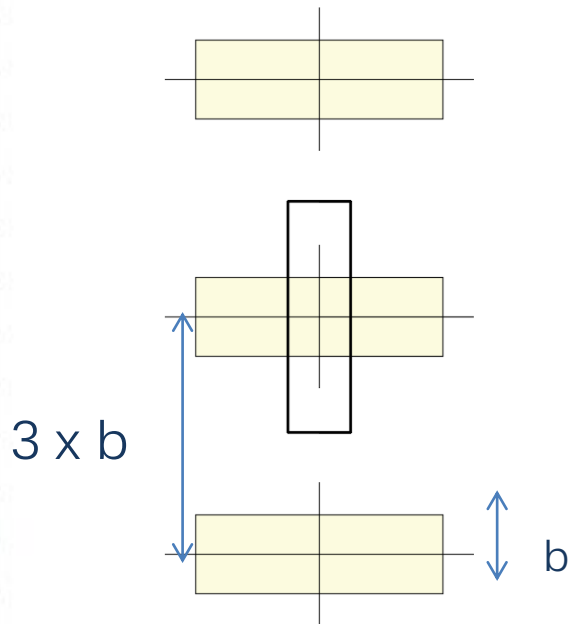


ESPAÇAMENTO ENTRE ESTACAS USUAL DE PROJETO = $3 \times \emptyset$

PARA ESTACAS EXECUTADAS EM MENOS DE 12H,
ESPAÇAMENTO = $5 \times \emptyset$

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

EXEMPLOS DE GEOMETRIA DE BLOCOS



Bloco em cruz e em célula

Adotado o perímetro colado das estacas para estimativa de capacidade de carga da fundação

Espaçamento entre estacas = $3 \times b$

b = menor dimensão da estaca

Para estacas executadas em menos de 12h, espaçamento = $5 \times b$

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Características Executivas

- Estacas escavadas por caçamba, conectadas a hastes rotativas,
- Fluido estabilizante (lama bentonítica ou polímero) cuja função é estabilizar as paredes das escavações, manter resíduos da escavação em suspensão. O ideal é que o nível da lama na escavação esteja pelo menos 2,00 m acima do nível do lençol freático.
- Concretagem submersa
- Cargas elevadas
- Condições adversas do subsolo, tais como solo mole, areias fofas lençol freático a pouca profundidade etc.

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

CARACTERÍSTICAS EXECUTIVAS

- Não causa vibração,
- Baixo índice de ruído
- Necessita de área relativamente grande para a instalação dos equipamentos e acessórios necessários à sua escavação;
- Podem ser executadas de cota muito acima do arrasamento.

OBS: Por questões ambientais, o uso dos polímeros, ou técnicas para substituição da lama bentonítica vem sendo muito utilizadas.

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Características do fluido estabilizante – Lama

TABELA DA NBR 6122-2019

Propriedades	Valores	Equipamentos para ensaio
Densidade	1,025 g/cm ³ a 1,10 g/cm ³	Densímetro
Viscosidade	30 s/qt a 90 s/qt	Funil Marsh
pH	7 a 11	Indicador de pH
Teor de areia	Até 3 %	Baroid sand content ou similar

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Características do fluido estabilizante – Polímero

TABELA DA NBR 6122-2019

Propriedades	Valores	Equipamentos para ensaio
Densidade	1,005 g/cm ³ a 1,10 g/cm ³	Densímetro
Viscosidade	35 s/qt a 120 s/qt	Funil Marsh
pH	8 a 12	Indicador de pH
Teor de areia	Até 4,5 %	Baroid sand content ou similar

Coletores de Amostra de Fluido



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Características do fluido estabilizante

- Densidade – Balança de lama



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Características do fluido estabilizante

- Viscosidade



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Características do fluido estabilizante

- PH



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Características do fluido estabilizante

- Teor de Areia



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Características do concreto

- $f_{ck} \geq 30$ Mpa – (C30)
 - Consumo mínimo de cimento = 400kg/m^3
 - Abatimento (“Slump-test”) = $22 + 4$ cm
 - Fator água/cimento $\leq 0,60$
 - Diâmetro máximo do agregado entre 4,75 e 12,5 mm.
 - % de argamassa em massa $\geq 55\%$.



FAAP
Desde 1947

geofix

SEQUÊNCIA DA EXECUÇÃO DAS ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DA
ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES E GEOTECNIA



SINDICATO DAS EMPRESAS DE ENGENHARIA DE
FUNDAÇÕES E GEOTECNIA DO ESTADO DE SÃO PAULO

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em solo



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE



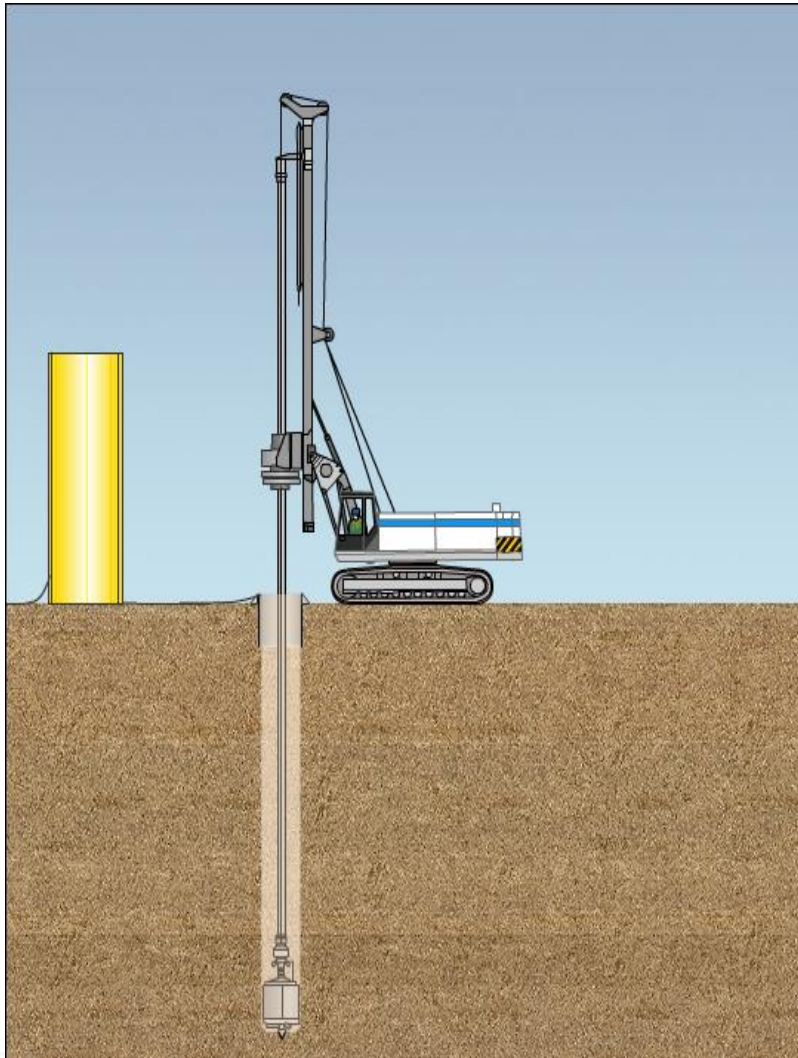
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em solo



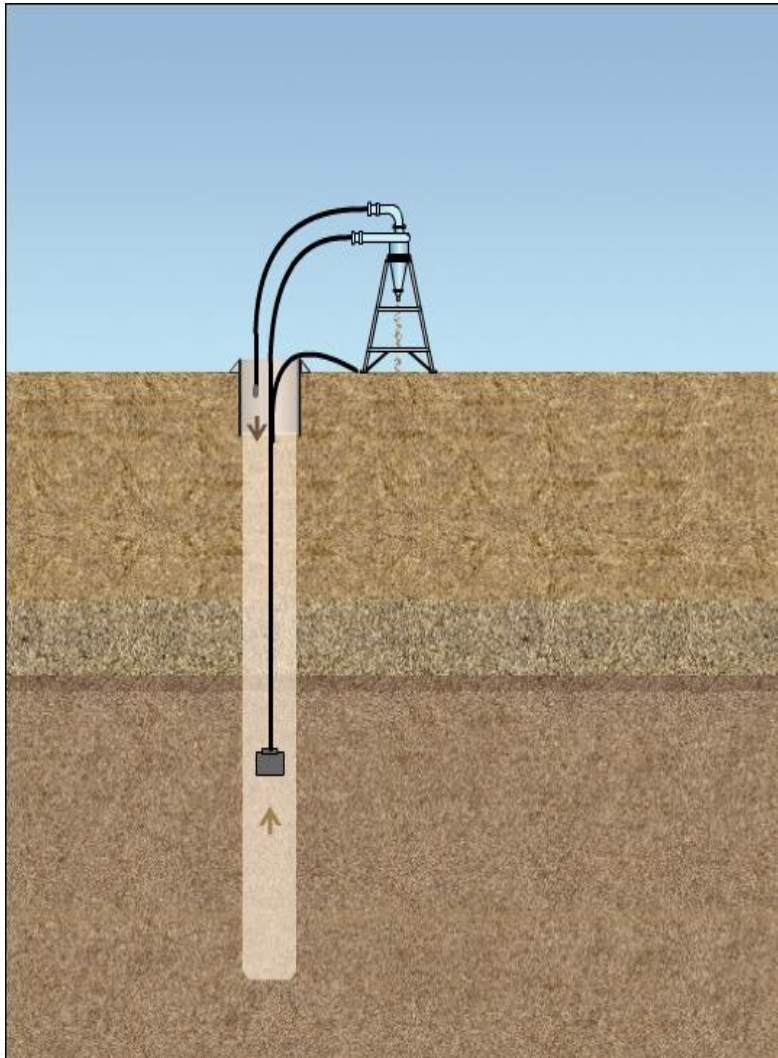
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em solo



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em solo



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em solo



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

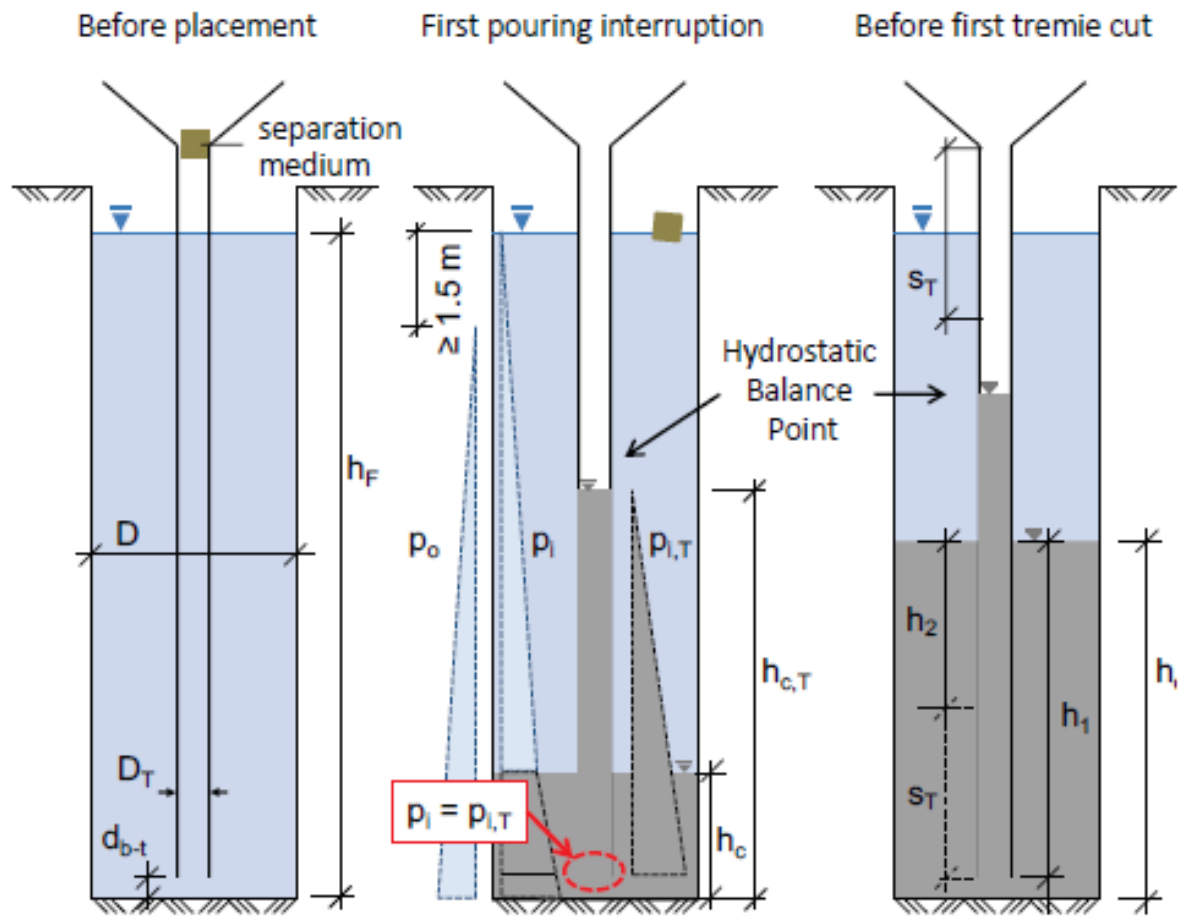


ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

FIGURE 15 PHASES IN THE TREMIE POUR SEQUENCE



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Arrasamento das estacas



Estaca concretada, pronta para ser arrasada

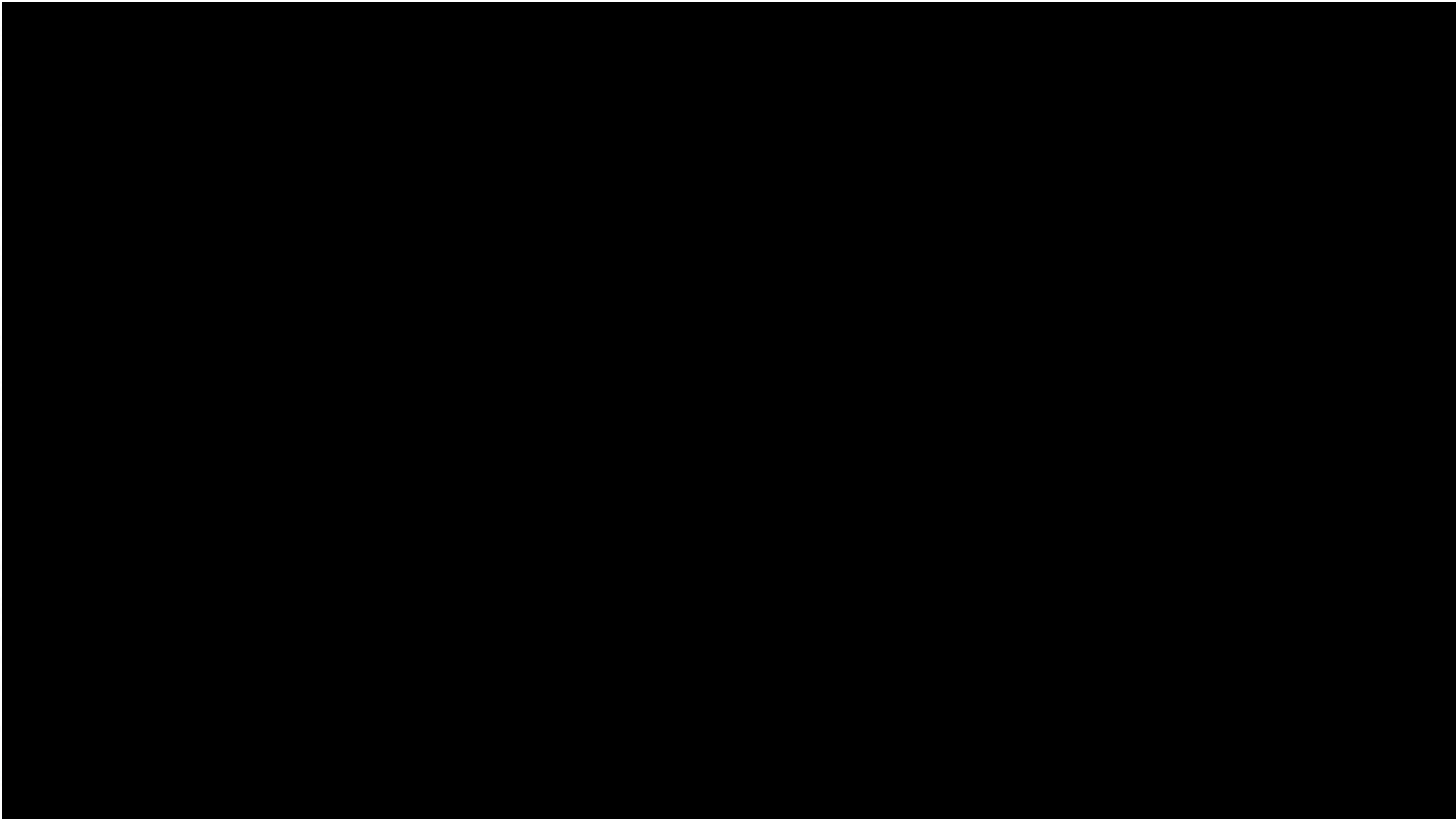
Arrasamento das estacas

Arrasamento das estacas, executado com rompedor na posição horizontal.

Cabeça, plana, horizontal e 5 cm acima do lastro de concreto magro.

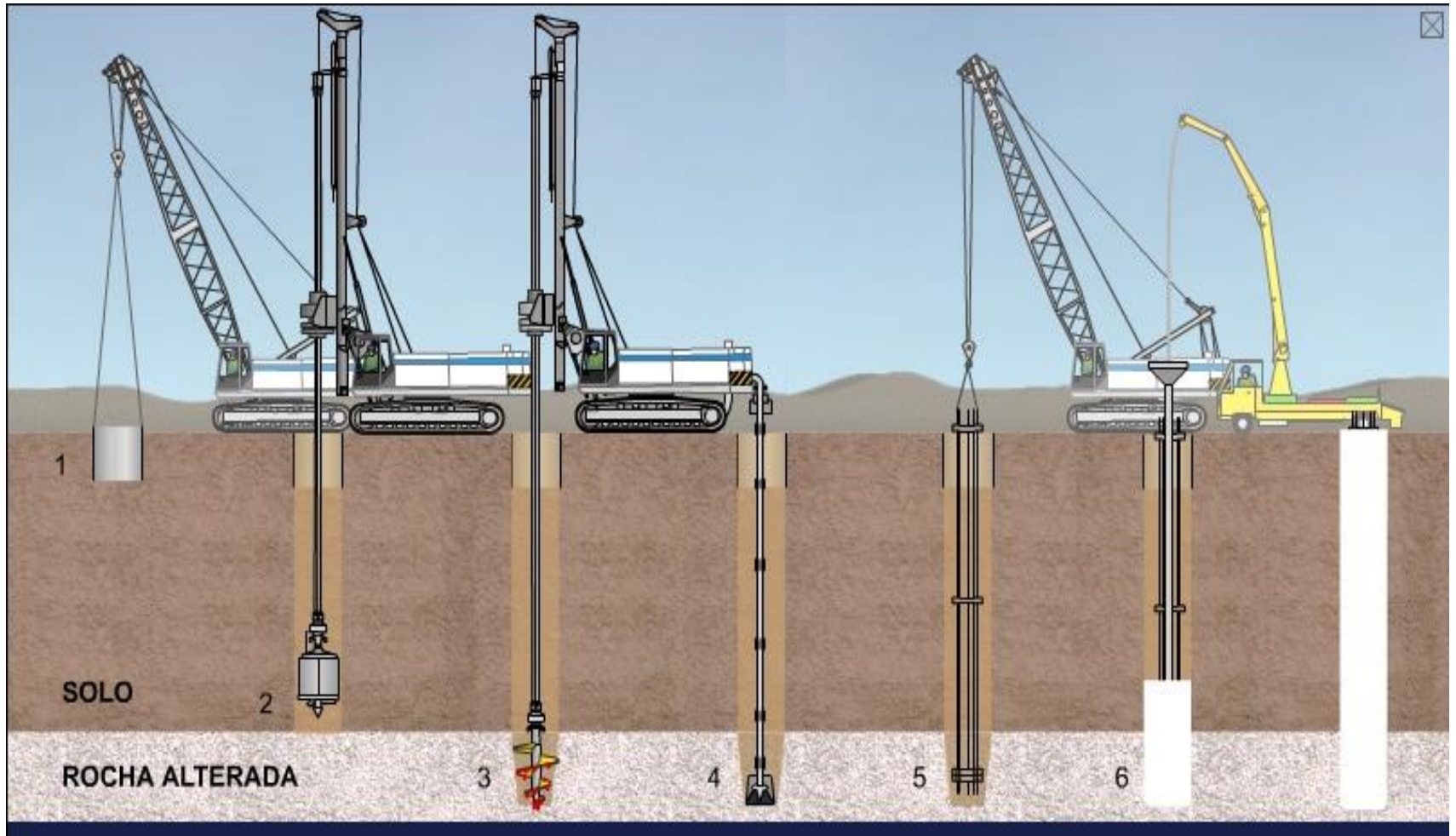


SEQUÊNCIA EXECUTIVA



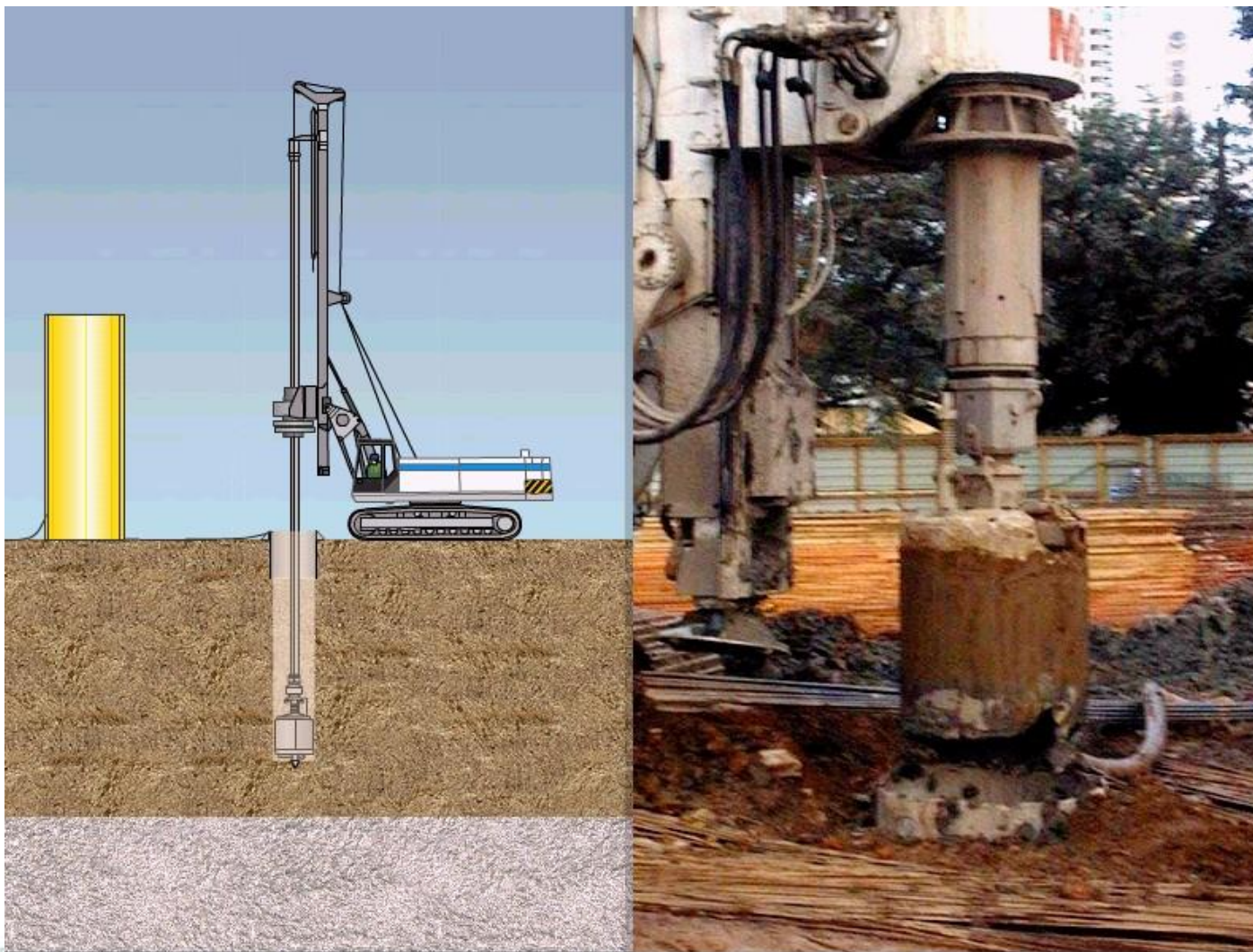
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Perfuração em solo e rocha alterada



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha alterada



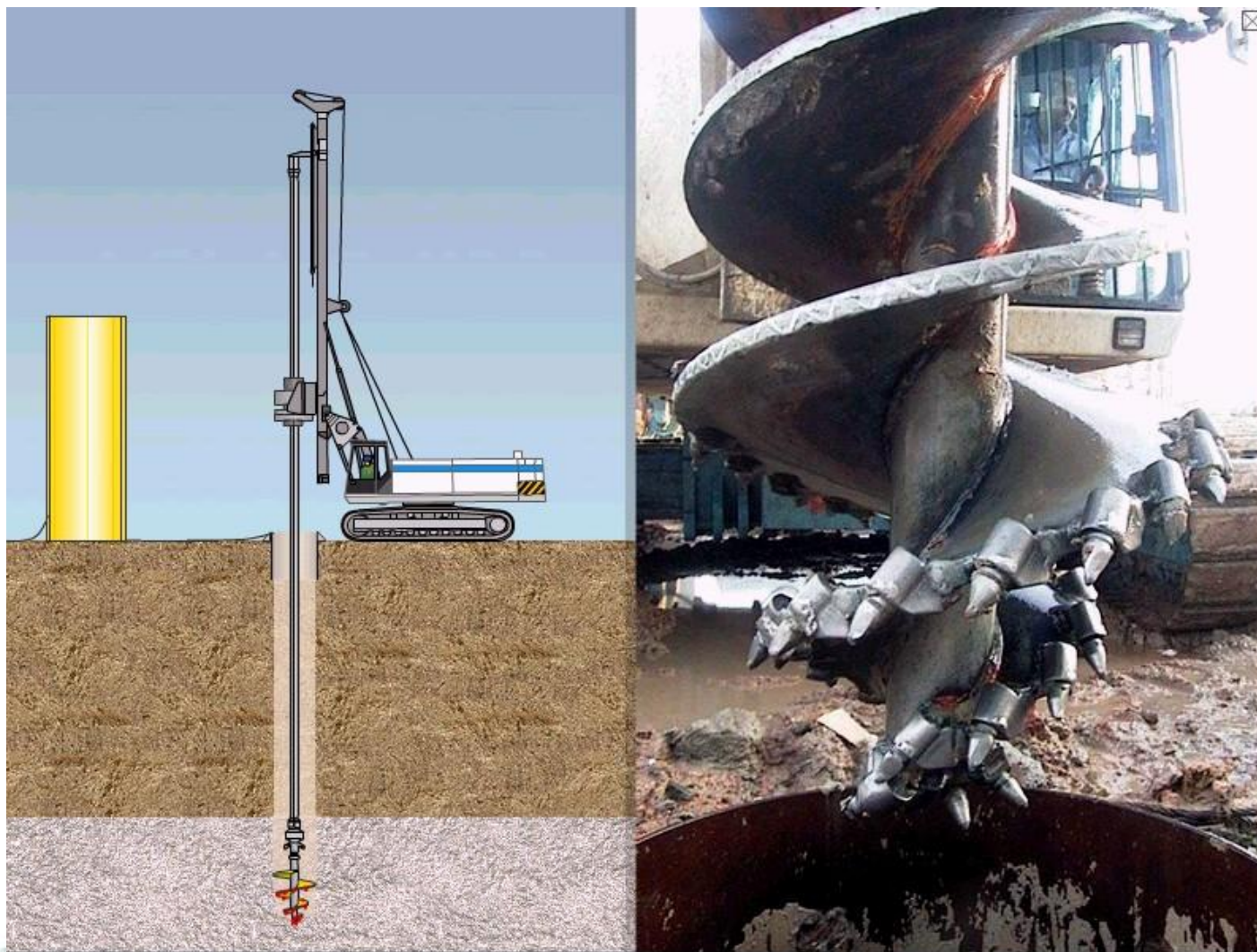
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha alterada



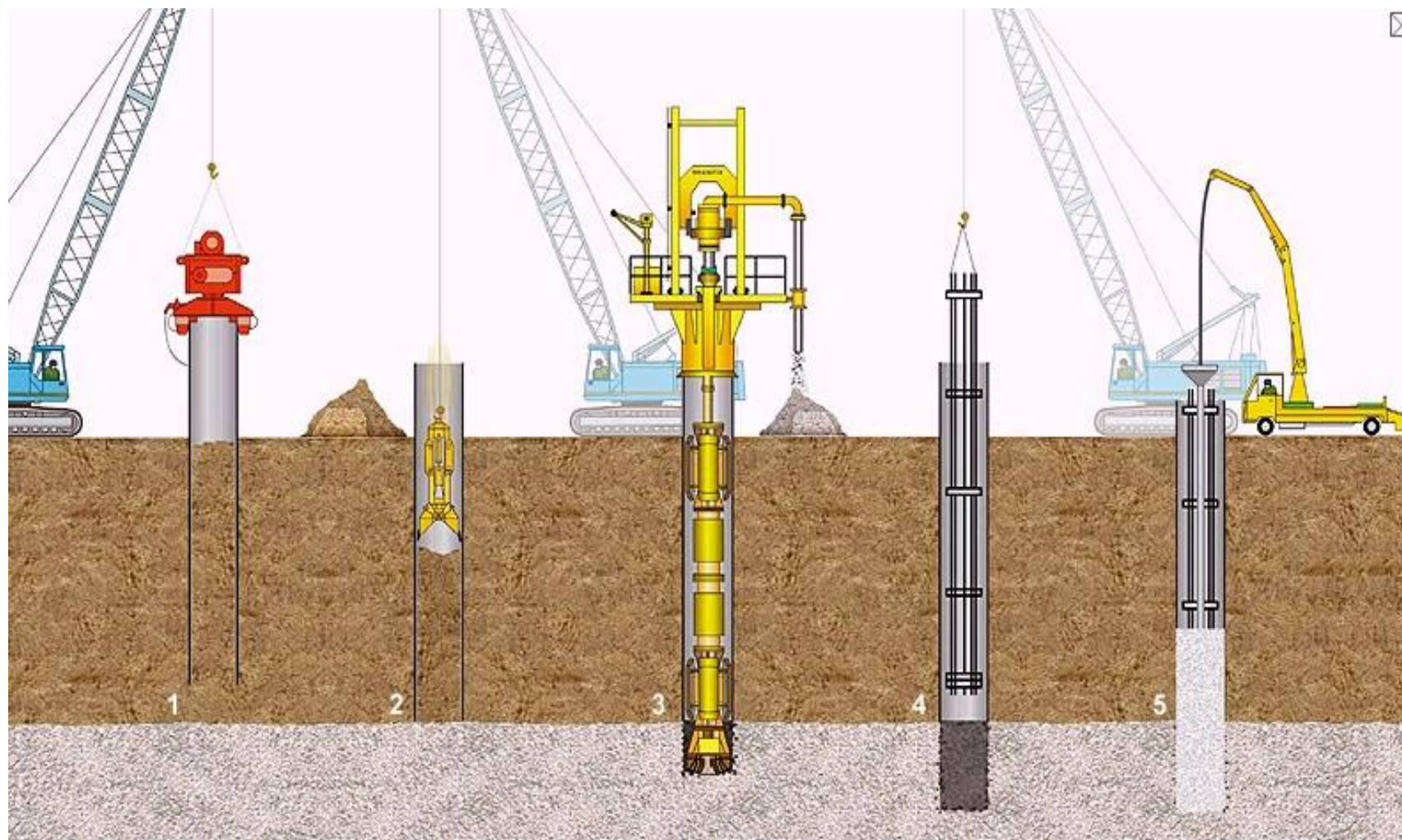
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha alterada



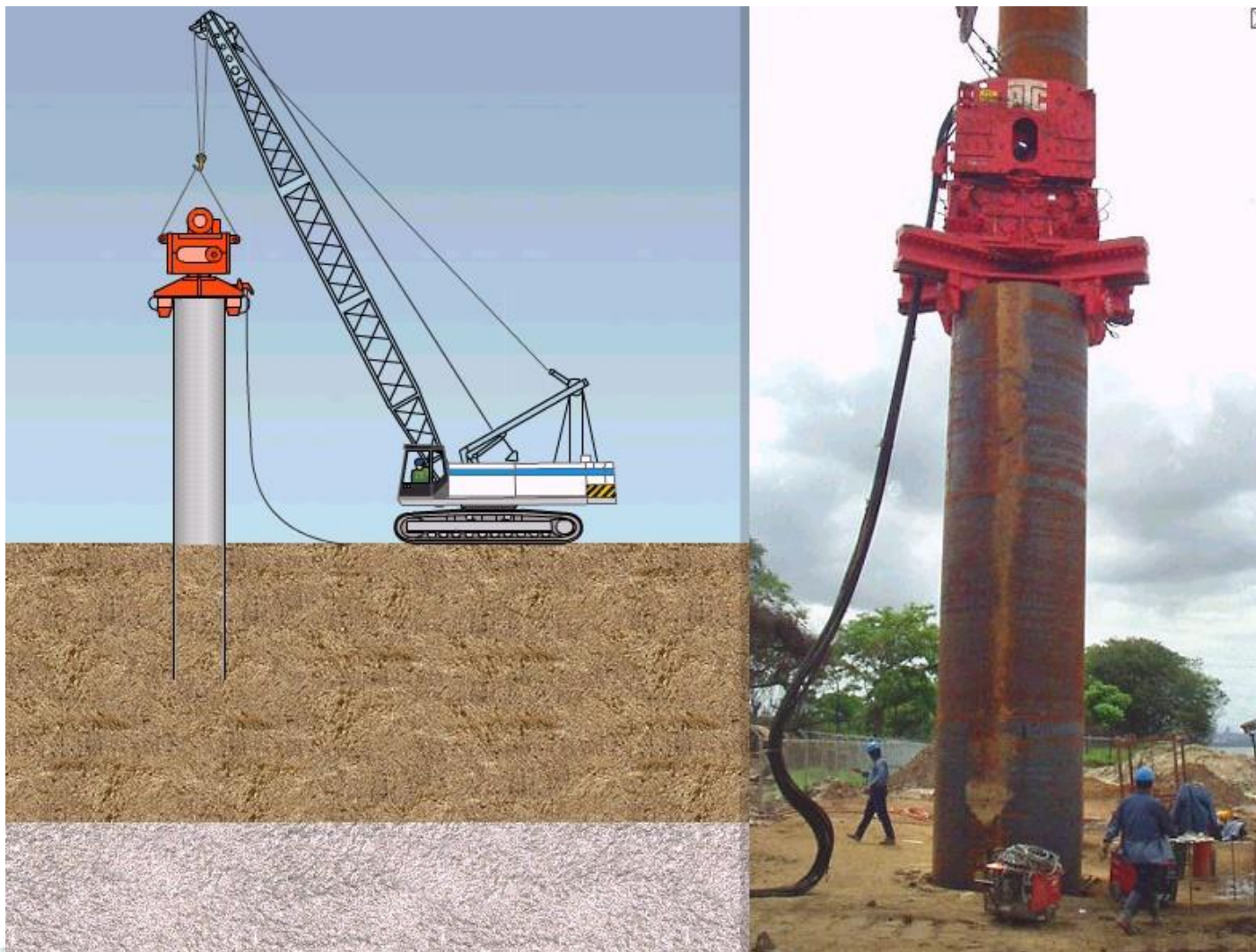
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha sã e camisa metálica integral



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha sã e camisa metálica integral



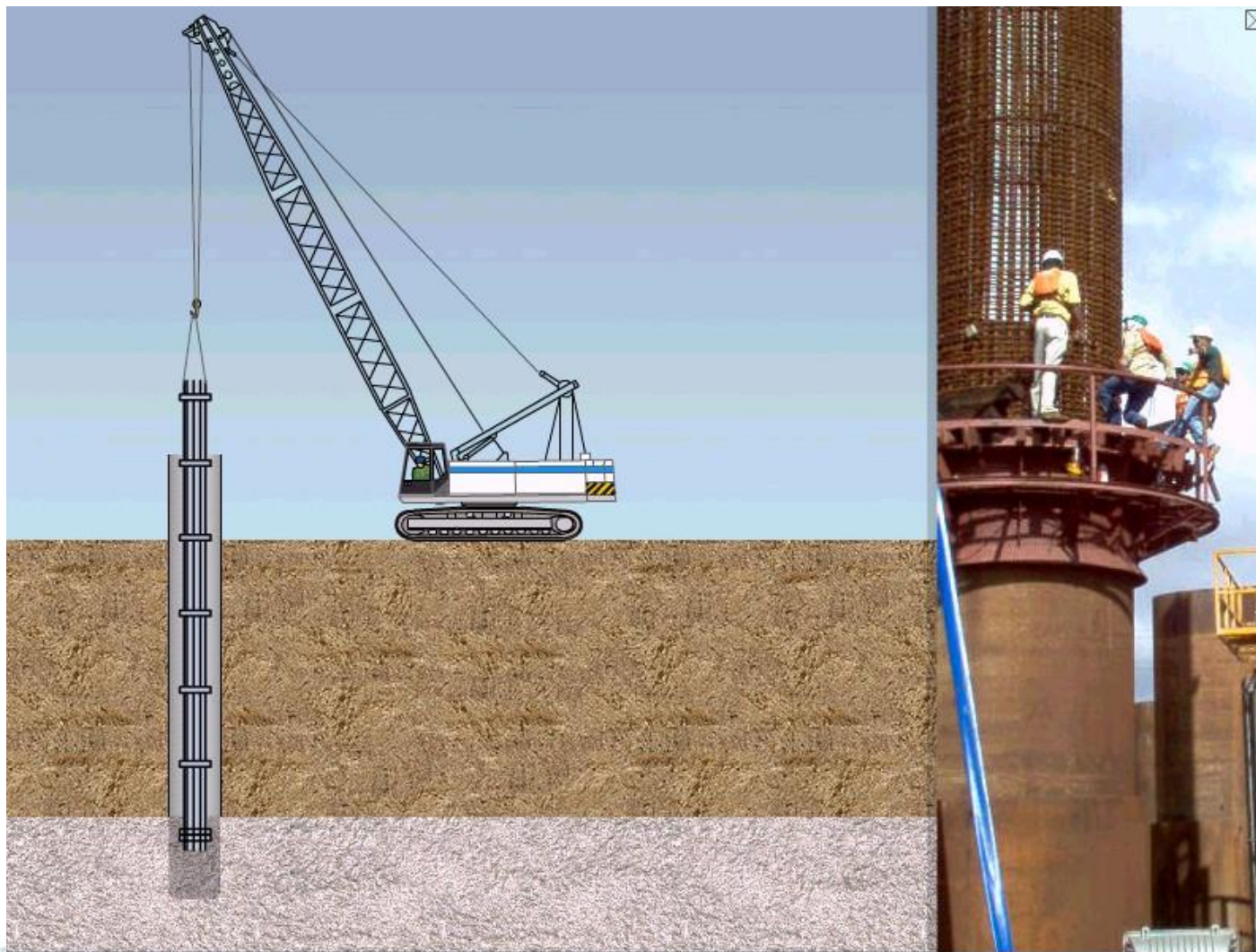
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha sã e camisa metálica integral



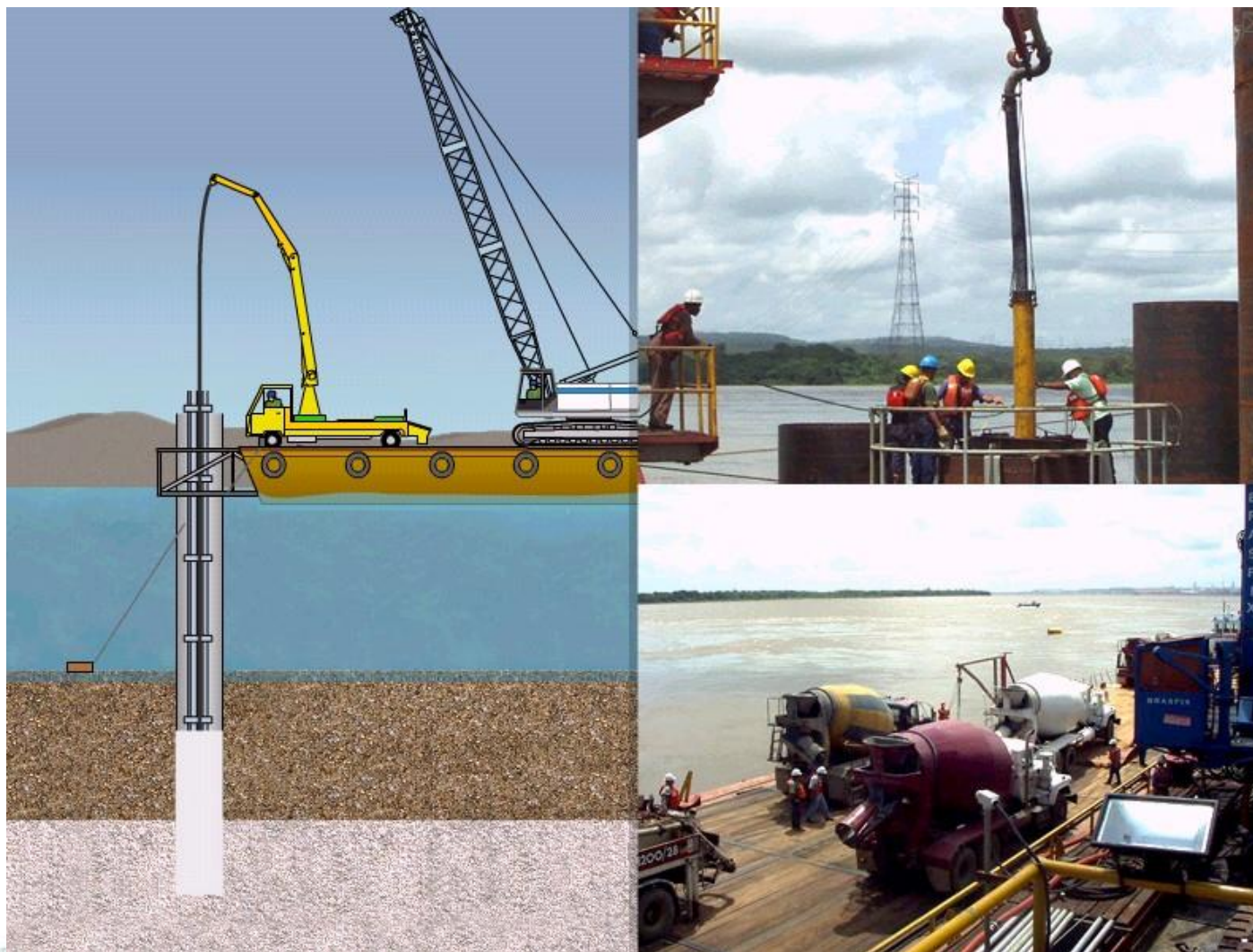
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha sã e camisa metálica integral



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha sã e camisa metálica integral

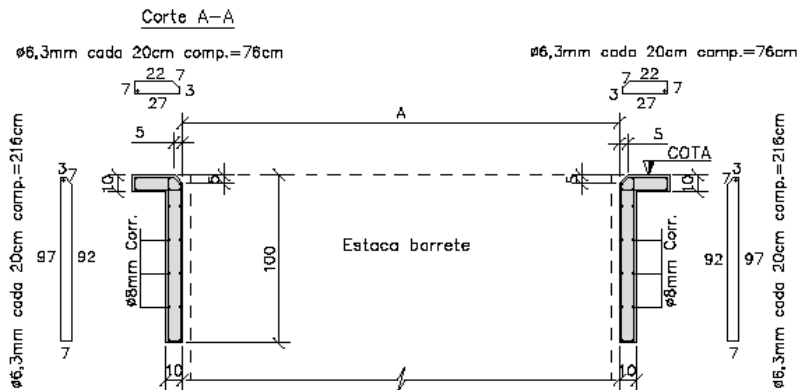
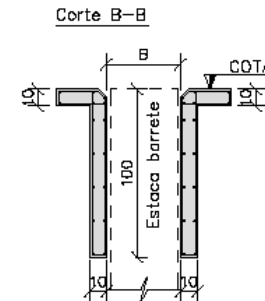
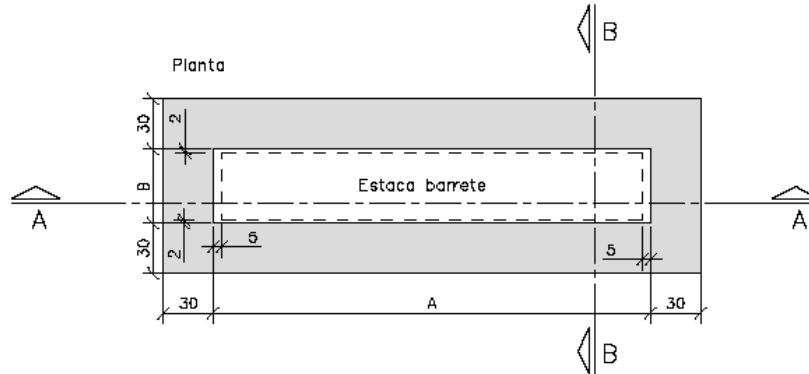


ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete

DETALHE DE MURETA GUIA PARA BARRETE

(Sem escala)



Barrete		Peso da Aço por mureta guia		
Dimensões		Aço CA 50 [kg]		
A	B	ø6,3mm	ø8mm	TOTAL
250	40	25,76	40,13	65,89
320	40	31,48	48,43	79,91
250	50	25,76	41,32	67,08
320	50	31,48	49,61	81,09
250	60	27,18	42,50	69,68
320	60	32,91	50,80	83,71
250	70	27,18	43,69	70,87
320	70	32,91	51,98	84,89
250	80	28,62	44,87	73,49
320	80	34,34	53,17	84,48

CONCRETO fck ≥ 20 MPa

BARRETE – MURETA GUIA

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete

Equipamento – perfuração em solo:



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete

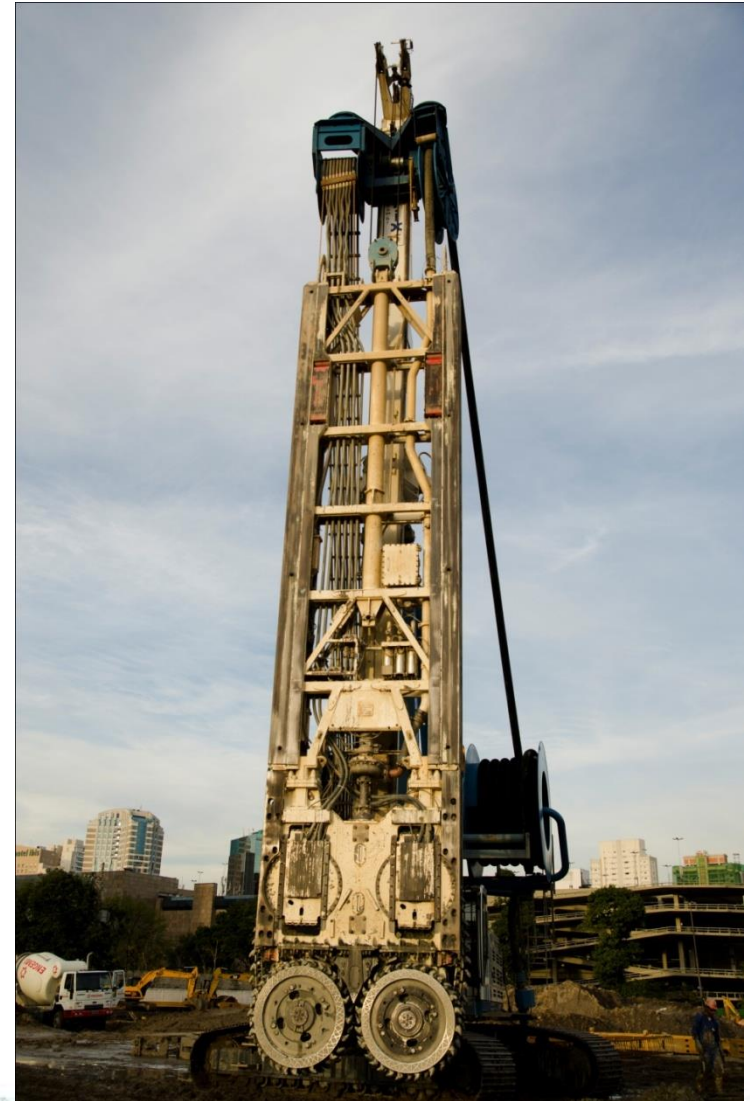


Vídeo: Escavação com “clam shell”.
Fonte: Acervo ZF.

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete

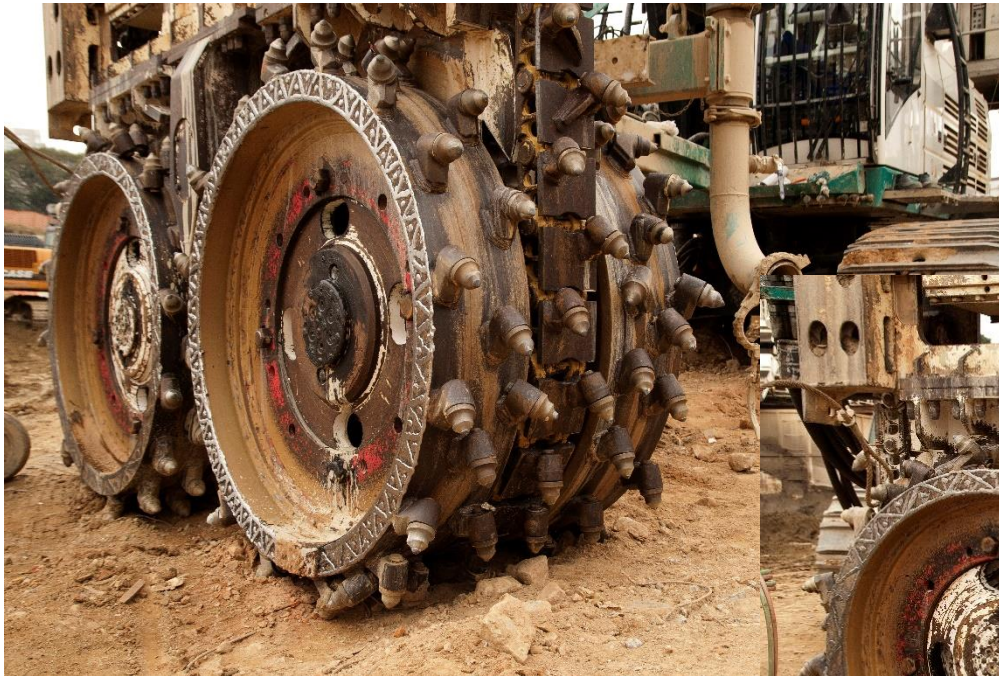
Equipamento – perfuração em rocha:



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete

Equipamento – fresa:





FAAP
Desde 1947

geofix

ESTACAS RAIZ



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DA
ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES E GEOTECNIA



SINDICATO DAS EMPRESAS DE ENGENHARIA DE
FUNDAÇÕES E GEOTECNIA DO ESTADO DE SÃO PAULO

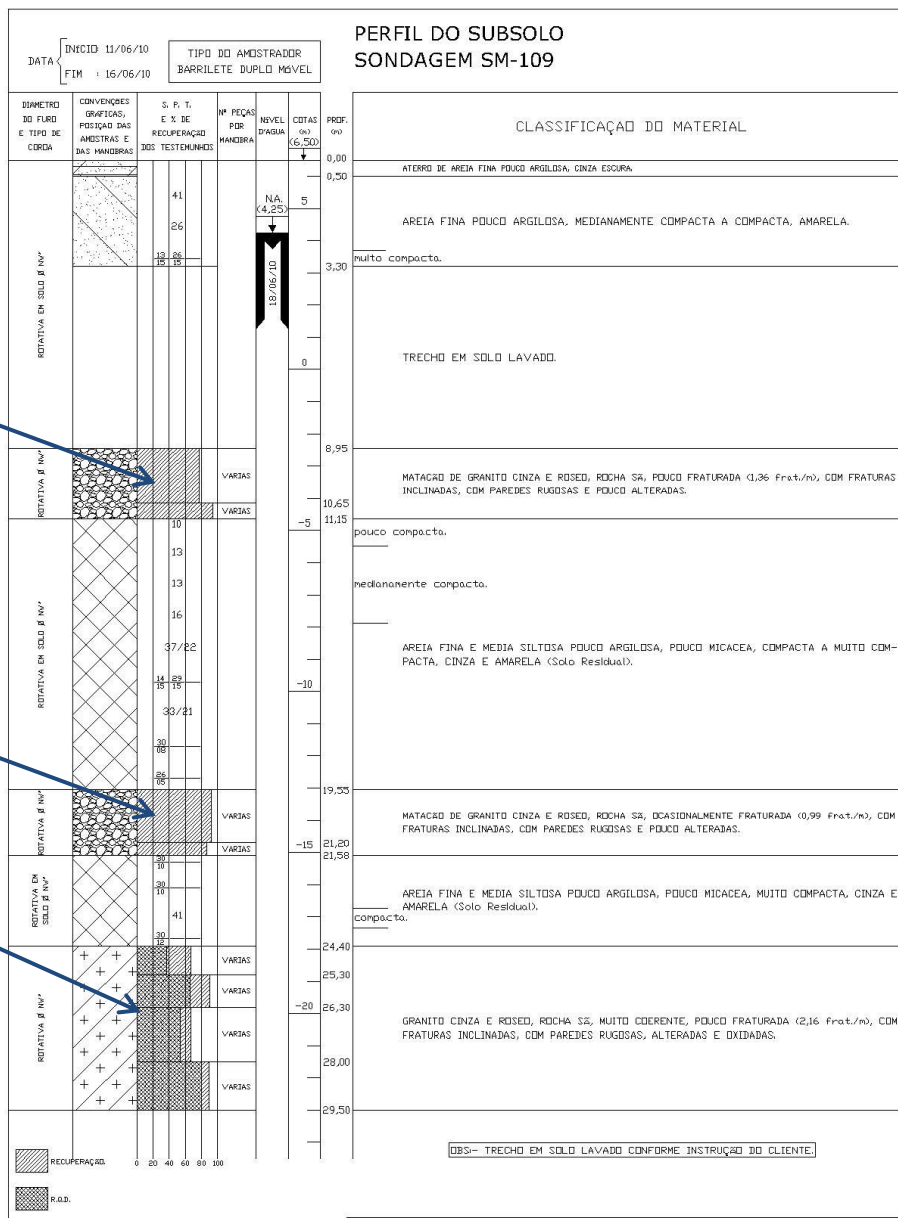
ESTACAS RAIZ

Definições e propriedades

- Diâmetro, entre 150 e 500 mm,
- Elevada capacidade de carga,
- Essencialmente resistência por atrito lateral,
- Indicada para locais de difícil acesso - presença de matacões, reforço de fundações existentes, entre outros;
- Apoiada em rocha na ponta, pode ser empregada também como estaca de resistência de ponta.
- Atravessa qualquer tipo de terreno, inclusive rocha, matacão, concreto armado e alvenaria.
- Não causam vibração nem alívio de tensões do terreno.

ESTACAS RAIZ

Sondagem – necessidade de estaca raiz

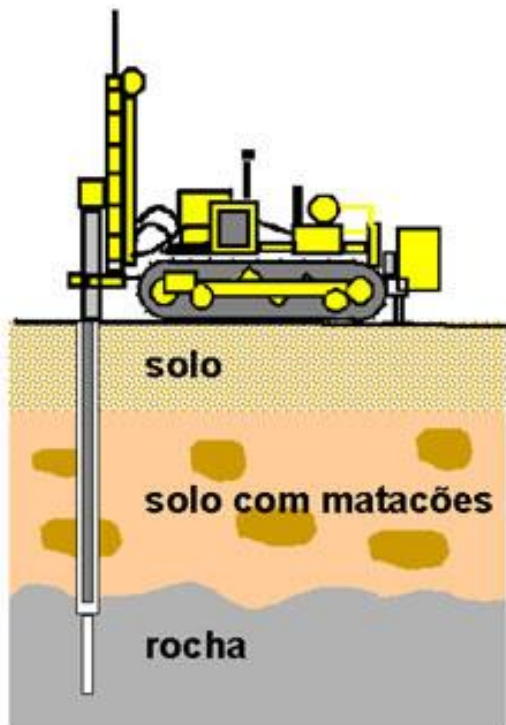


Matação

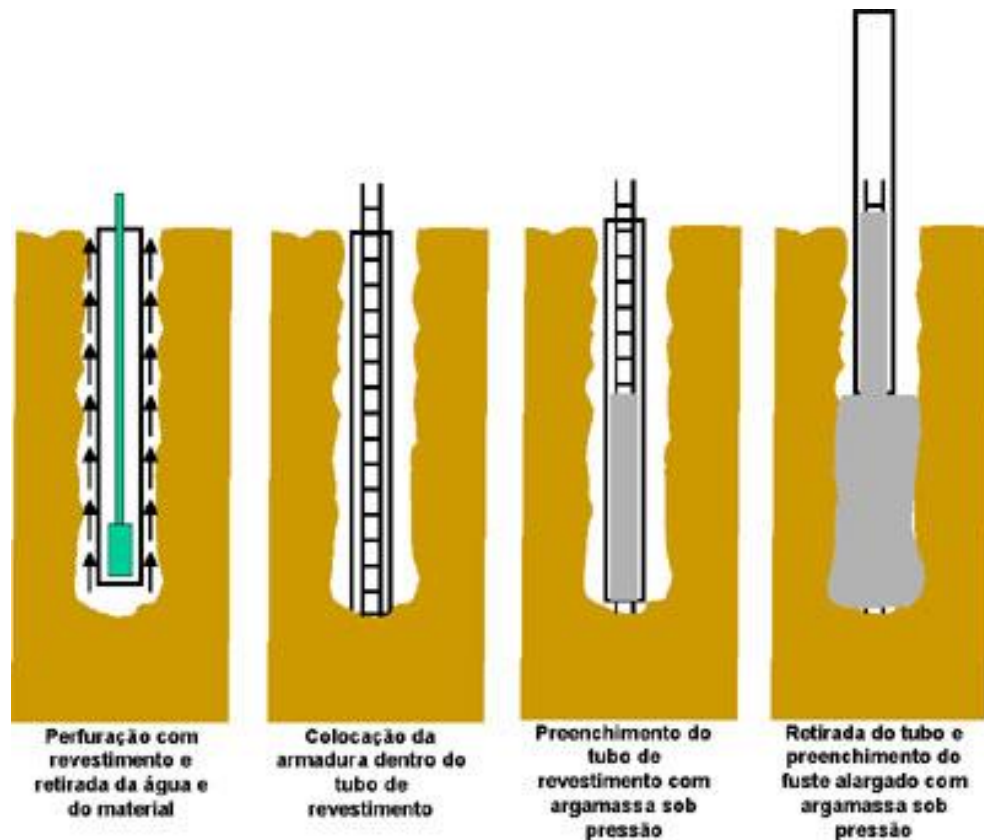
Matação

Rocha

ESTACAS RAIZ



Equipamento de perfuração de estacas raiz

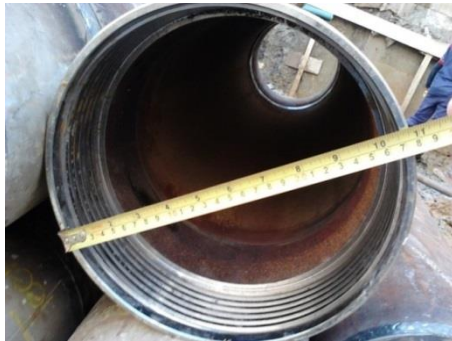


Execução de estaca tipo raiz

ESTACAS RAIZ

Procedimento

1. Perfuração: é realizada por rotação de tubos auxiliada por circulação de água e quando necessário o tricône é utilizado por dentro da camisa metálica e avança a escavação. Depois o revestimento segue com mais facilidade. Na extremidade do tubo é acoplada uma coroa de perfuração adequada às características geológicas da obra.



2. Instalação da armação: após a perfuração, continua-se com a injeção de água sem avançar a perfuração, para limpeza do furo. A seguir instala-se a armadura.



ESTACAS RAIZ



1 - Diâmetro da estaca (mm)	450	410	310	250	200	160	150	120	100
2 - Diâmetro externo do tubo (mm)	406	355	275	220	168	140	127	102	80
3 - Área de secção transversal (cm ²)	1590	1320	755	491	380	201	177	113	79
4 - Perímetro da estaca (cm)	141	126	98	79	63	50	47	38	31
5 - Distância mínima entre eixos (cm)	135	130	100	80	70	60	60	60	60
6 - Distância mínima eixo-divisa (cm)	40	30	30	30	30	30	30	30	30
7 - Diâmetro extremo do estribo (mm)	330	280	200	155	110	-	-	-	-
8 - Diâmetro interno da coroa (mm)	374	323	235	180	133	120	105	72	60
9 - Diâmetro da estaca em rocha (mm)	355	305	228	178	127	101	76	-	-
10 - Cimento (kg)	163	135	70	50	30	20	15	10	8
11 - Area (L)	272	226	113	75	47	30	27	17	12
12 - Armação long. mínima CA-50 (mm)	10 Ø 20	6 Ø 20	6 Ø 20	6 Ø 16	5 Ø 16	4 Ø 16	3 Ø 16	1 Ø 25	1 Ø 25
13 - Estribo CA-25 (mm)	Ø 6,3	Ø 6,3	Ø 6,3	Ø 6,3	Ø 5	-	-	-	-

ESTACAS RAIZ



(Fig.01)



(Fig.03)



(Fig.04)



(Fig.02)

ESTACAS RAIZ



ESTACAS RAIZ



ESTACAS RAIZ



ESTACAS RAIZ

Reforço de fundações



ESTACAS RAIZ

Reforço de fundações





FAAP
Desde 1947

geofix

CASO DE OBRA.



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

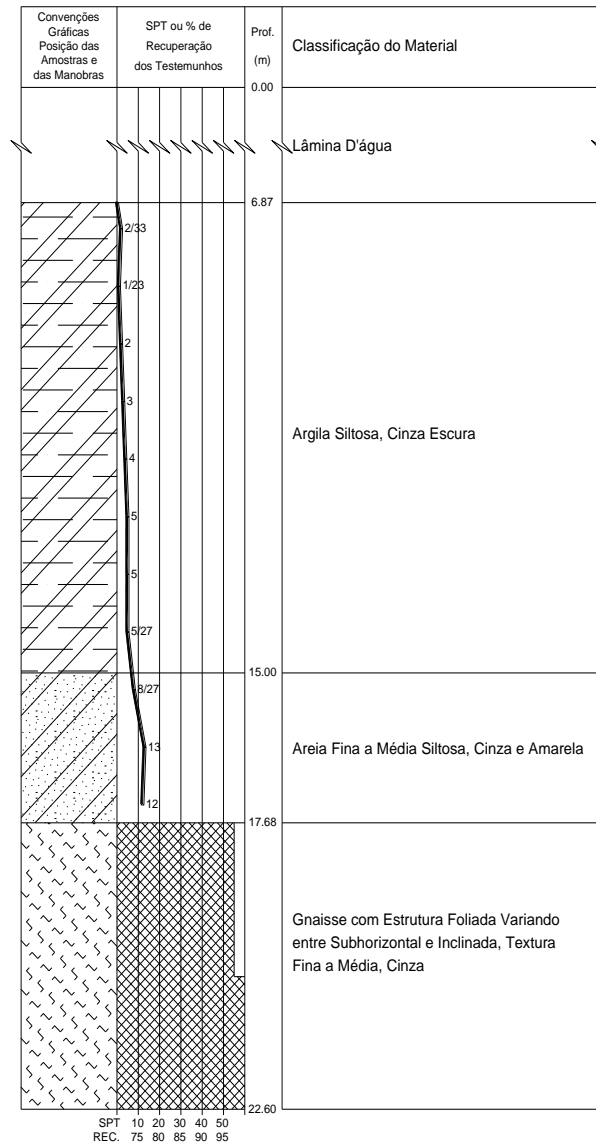
Casos de obra



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra

Sondagem



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra



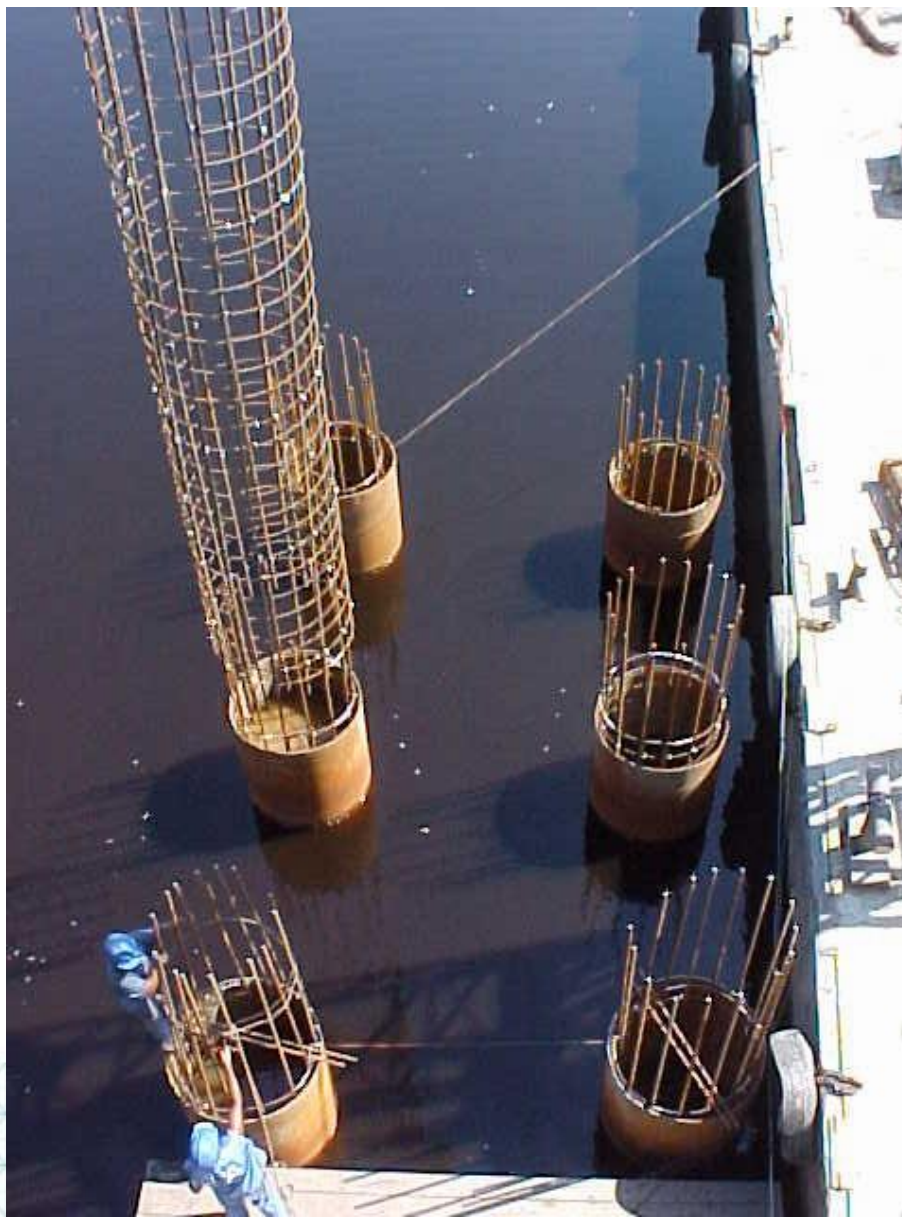
ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra





FAAP
Desde 1947

geofix

FIM
OBRIGADO
CELSO@ZFSOLOS.COM.BR



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DA
ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES E GEOTECNIA



SINDICATO DAS EMPRESAS DE ENGENHARIA DE
FUNDAÇÕES E GEOTECNIA DO ESTADO DE SÃO PAULO

