

geofix
40 anos

5° Curso de
**ENGENHARIA
APLICADA ÀS
OBRAS DE
FUNDAÇÕES E
CONTENÇÕES**



Faculdade de
Engenharia
Out. Escola Técnica Paroquial Ciências

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

Eng. Frederico F. Falconi
Eng. Virgínia L. Maset

INTRODUÇÃO

O que é fundação?

São elementos estruturais cuja função é transmitir para o terreno as ações atuantes na estrutura. Uma fundação deve transferir e distribuir seguramente as ações da superestrutura ao solo, de modo que não cause recalques prejudiciais ao sistema estrutural ou ruptura do solo.

A escolha do tipo de fundação deve considerar aspectos que vão desde a natureza dos solos até o orçamento completo da obra. Deverão ser conhecidos pelo menos:

- natureza e características do solo no local da obra;
- posicionamento do lençol freático;
- disposição, grandeza e natureza das cargas a serem transferidas ao subsolo;
- limitações dos tipos de fundações existentes no mercado e as restrições técnicas impostas a cada tipo de fundação;
- Levantamento planialtimétrico e cadastral da área e das áreas vizinhas;
- Condições das construções vizinhas à área da construção;
- orçamento completo (material, mão-de-obra, transporte) das soluções possíveis.

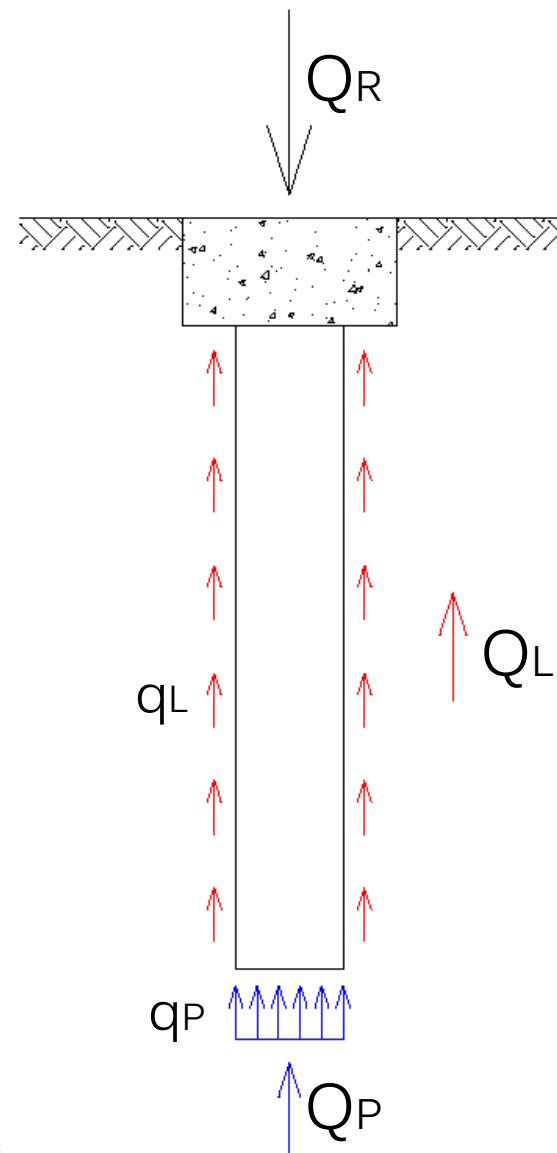
CRITÉRIOS DE PROJETO E DIMENSIONAMENTO

Carga admissível

Carga aplicada sobre a estaca que não causa ruptura e provoca apenas recalques suportáveis pela estrutura.

$$Q_R + W = Q_P + Q_L$$

$$Q_R = A_P \cdot q_P + U \cdot \sum(\Delta \ell \cdot q_L)$$



CRITÉRIOS DE PROJETO E DIMENSIONAMENTO

Estado Limite Último (ELU)

- Limite de ruptura do elemento estrutural

$$N_d = \frac{0,85 \cdot f_{ck} \cdot A_c}{\gamma_c} + \frac{A_s \cdot f_{yk}}{\gamma_s}$$

- Limite de ruptura do maciço de solo



CRITÉRIOS DE PROJETO E DIMENSIONAMENTO

Estado Limite de Serviço (ELS)

- Limite de recalques e deformações excessivas



CRITÉRIOS DE PROJETO E DIMENSIONAMENTO

Ruptura física (Q_{uu}): $\delta s/\delta Q$ tende a infinito

Ruptura convencional (Q_{uc}): relacionada a deslocamentos no topo da estaca

Deslocamento em estacas escavadas:

- em argila: 10% ϕ
- em solos granulares: 30% ϕ

CRITÉRIOS DE PROJETO E DIMENSIONAMENTO

$$Q_R = Q_U = A_P \cdot q_P + U \cdot \sum (\Delta \ell \cdot q_L)$$

Em que:

Q_R : carga de ruptura;

Q_U : carga última (ELU);

A_P : área de ponta;

q_P : resistência de ponta;

U : perímetro da estaca;

q_L : adesão lateral;

$\Delta \ell$: comprimento da estaca na camada considerada.

CRITÉRIOS DE PROJETO E DIMENSIONAMENTO

São certas as afirmações?

1. Utiliza-se uma única sondagem como sendo representativa e adota-se esse valor para toda a obra;
2. Fixa-se a carga admissível e verifica-se em quais profundidades isso ocorre;
3. Fixa-se a profundidade e verifica-se qual a carga admissível;
4. Verifica-se a profundidade e qual a carga admissível naquela profundidade.

CRITÉRIOS DE PROJETO E DIMENSIONAMENTO

Pré-moldada $\phi 25\text{cm}$ para 30tf

ou

Estação $\phi 80\text{cm}$ para 250tf ?

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE: ESTACÕES E BARRETES

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Existem basicamente dois tipos de estacas escavadas com fluido estabilizante:

a) Estacões: estacas circulares com diâmetro variável entre 0,8 e 3,0m, escavadas por rotação.

b) Barretes ou estacas diafragma: estacas com seção transversal retangular ou alongadas, escavadas com “clam-shells”.
40, 50 , 60, 70 ,80, 100, 120 x250 ou 320 cm

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Definições e características

- Essas estacas são executadas geralmente quando se tem cargas elevadas e condições adversas do subsolo que tornam difícil e/ou antieconômico o uso de outros tipos de fundação;
- Trata-se de estacas moldadas in loco com uso de fluido estabilizante (lama bentonítica ou polímero) cuja função é estabilizar as paredes das escavações, garantir a boa qualidade das peças executadas com concretagem submersa e manter resíduos da escavação em suspensão, evitando sua deposição no fundo da escavação. Esse tipo de estaca não causa vibração, porém necessita de área relativamente grande para a instalação dos equipamentos e acessórios necessários à sua escavação;
- Tem-se utilizado polímeros(poliacrilamida) ou técnicas para substituição total ou parcial da lama bentonítica.

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Características do fluido estabilizante

- Densidade – Balança de lama
1,025 a 1,100 g/cm³
- Viscosidade – Funil de Marsh
30 a 90 s (lama bentonítica)
> 100s (polímero)
- pH – Papel pH
7 a 11
- Teor de areia – Baroid sand content
≤ 3% (lama bentonítica)
0% (polímeros – toda a areia decanta)

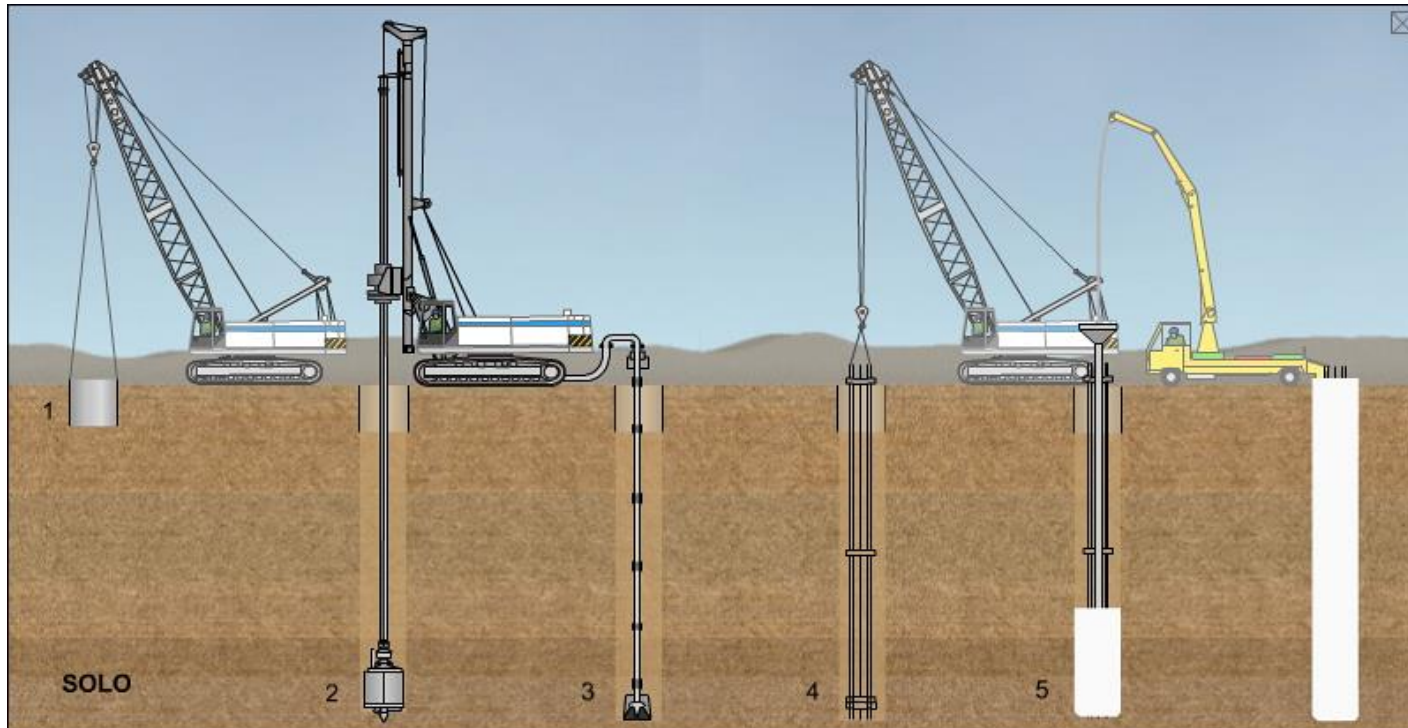
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Características do concreto

- $f_{ck} \geq 30$ MPa
 - Consumo mínimo de cimento = 400kg/m^3
 - Abatimento (“Slump-test”) = $22 \pm 3\text{cm}$
 - Fator água/cimento = 0,55
 - Diâmetro máximo do agregado não superior a 10% do diâmetro interno do tubo tremonha – pedra 1 com dimensão máxima característica de 19mm.

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em solo



1. Posicionamento da camisa guia.
2. Escavação da estaca com caçamba e lama bentonítica, até a cota de projeto.
3. Desarenação ou troca de lama.
4. Colocação da armadura.
5. Concretagem da estaca.

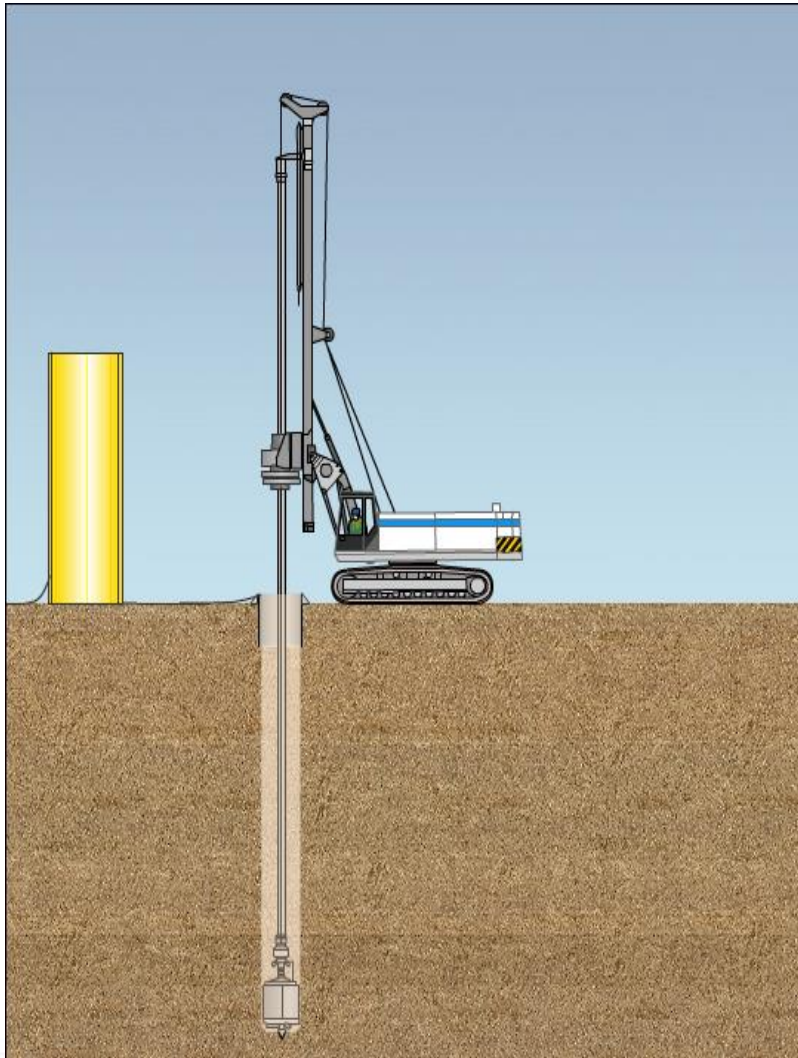
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em solo



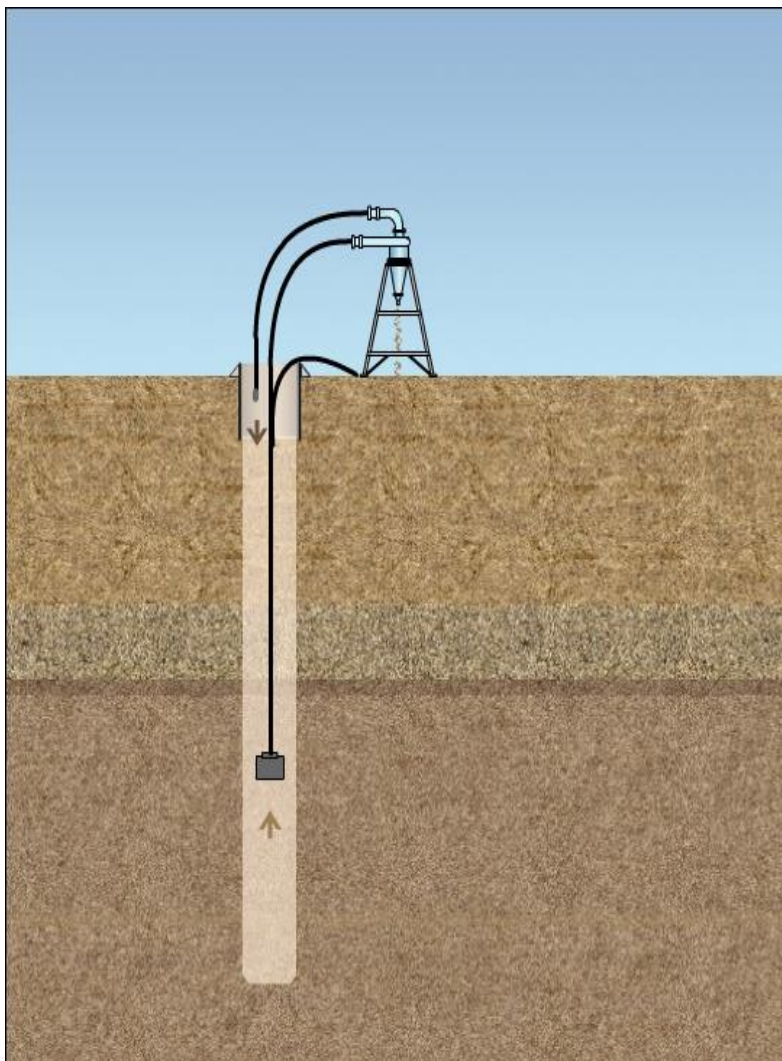
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em solo



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em solo



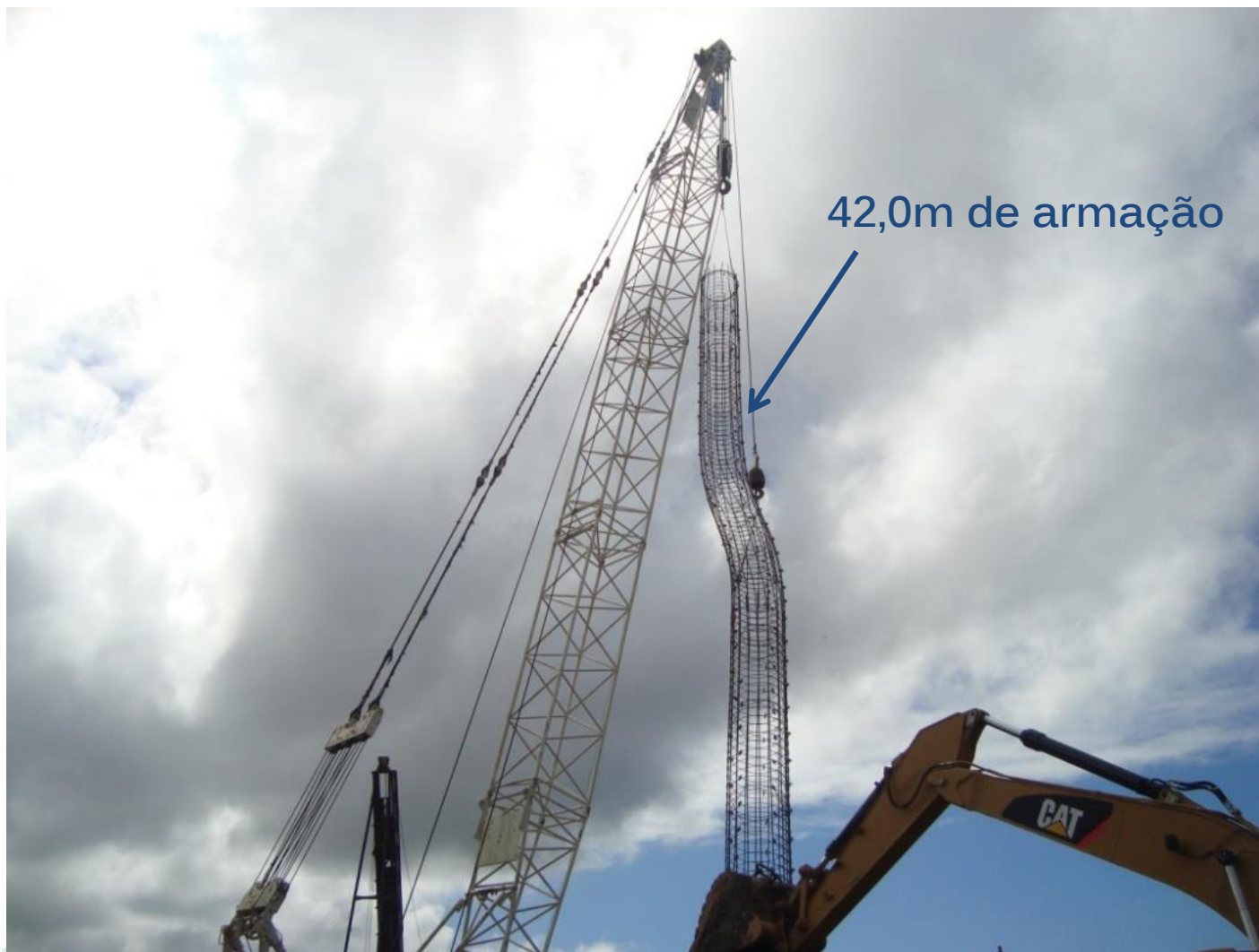
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em solo



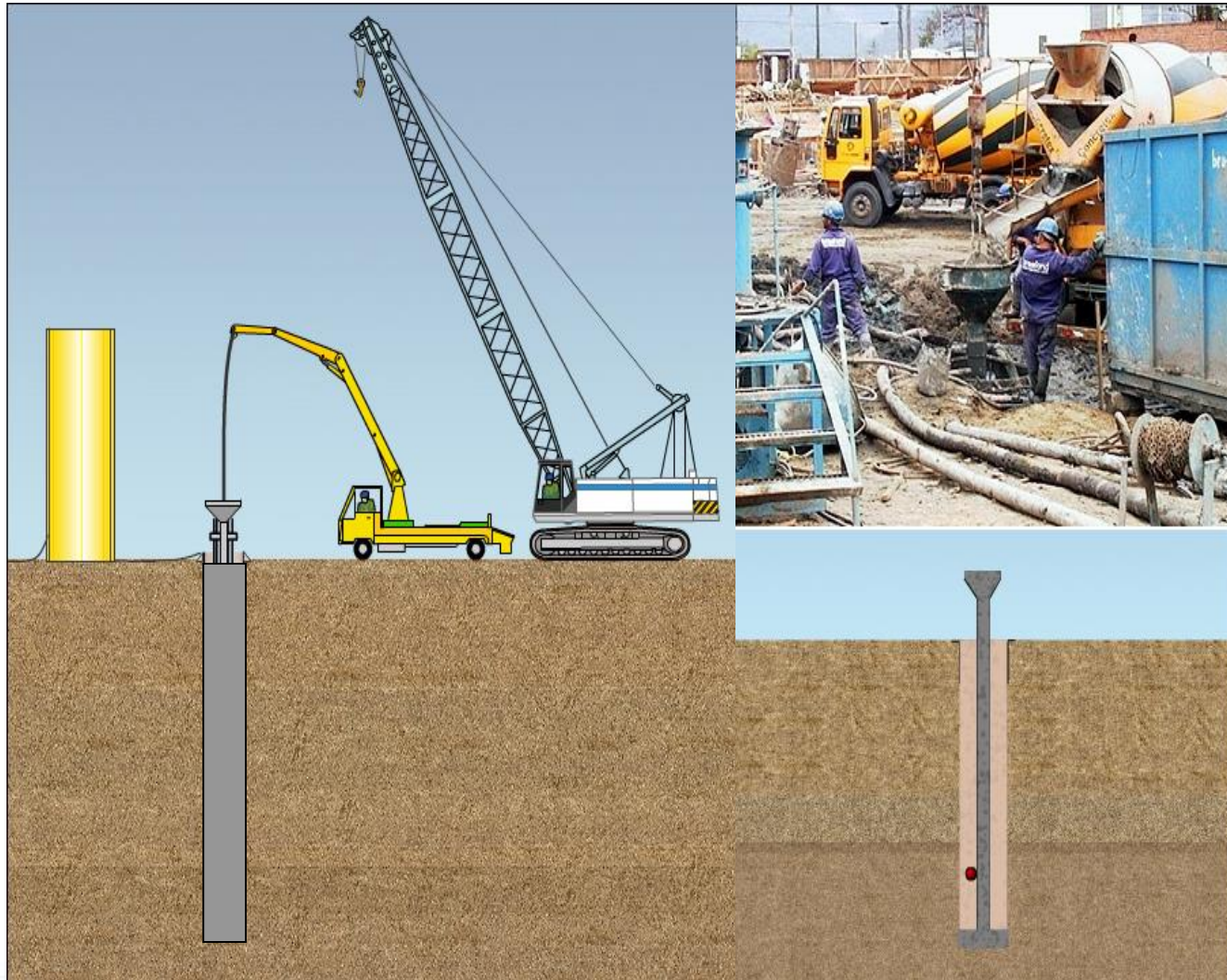
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

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



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Equipamento	Altura da torre (m)	Peso (tf)	Diâmetro máximo da estaca (m)	Profundidade máxima da estaca (m)	Profundidade máxima da barrette (m)
Mait HR 160	20,50	54,00	1,80	50	
Mait HR 180	20,50	54,00	2,00	60	
Mait HR 260	23,70	80,00	2,10	70	
Mait HR 300	29,00	80,50	2,10	80	
Bauer BG 28	26,70	95,00	2,00	70	
Bauer BG 36	30,50	140,00	2,50	70	
Bauer BG 40	27,50	140,00	3,00	80	
Bauer BG 50					55
C.Grande B125			1,50	40	
C.Grande B170			0,60	22	
C.Grande B250			2,00	62	46
C.Grande B300			2,20	67	46
C.Grande B300XP			2,50	90	34
C.Grande C400			1,00 x 2,50		30
C.Grande C600			1,00 x 3,20		42
C.Grande C850			2,50	72	
CMV TH 12-35			1,50	48	
CMV TH 16			1,60	48	
CMV TH 15-50			1,80	60	
CMV CF 20			2,50	90	
CMV CF 30			0,60 x 3,20		30
CMV CF 50			1,00 x 2,50		34
S150 Hid.			2,50	90	
S150 Mec			2,50	90	
Soilmec R312			1,60		38
Soilmec R622			1,80		50

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Arrasamento das estacas



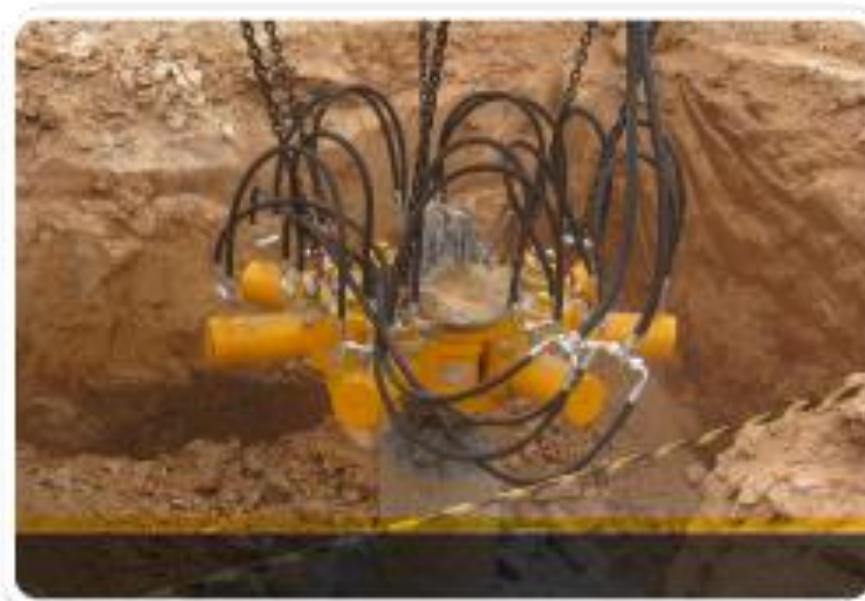
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Arrasamento das estacas



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Arrasamento das estacas



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE



Vídeo: Metodologia executiva – estacas escavadas com fluido estabilizante.
Fonte: Roca Fundações S/S Ltda.

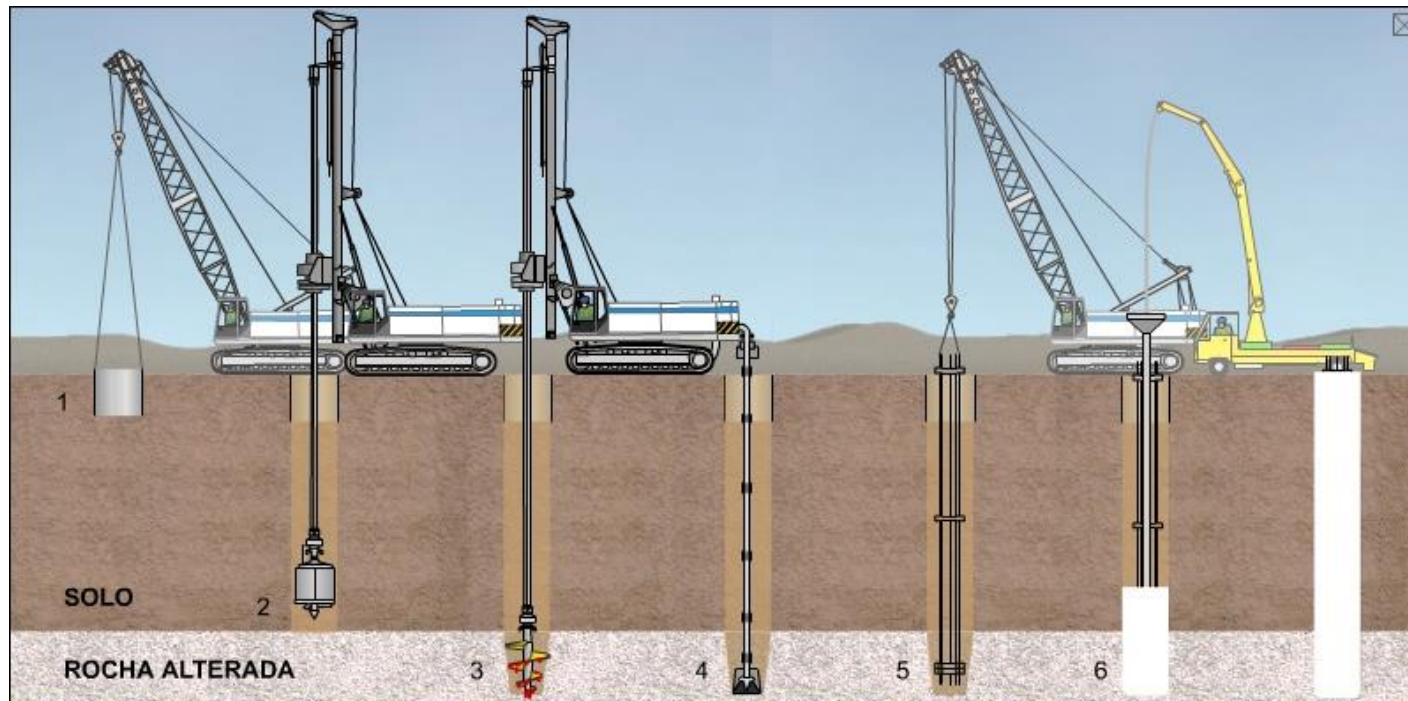
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE



Vídeo: Desarenador vibratório.
Fonte: Acervo ZF.

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Perfuração em solo e rocha alterada



1. Posicionamento rigoroso de camisa guia já que a estaca seria também pilar, nos subsolos.
2. Perfuração da estaca com caçamba e utilização de lama bentonítica, utilizando perfuratriz de torque superior a 22tm e haste auto-blocante, até o limite alcançado pela caçamba.
3. Substituição da caçamba por trado especial com bits de carboneto de tungstênio. Em função da maior dificuldade em se avançar à escavação, geralmente iniciava-se com trado de diâmetro menor até atingir-se o diâmetro de projeto.
4. Atingindo o limite de escavabilidade com esse equipamento, era feita uma cuidadosa limpeza do contacto concreto-rocha com o uso de "air-lift".
5. Colocação de armadura ao longo de todo o fuste já que as estacas também trabalhariam como pilar.
6. Concretagem da estaca.

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 alterada



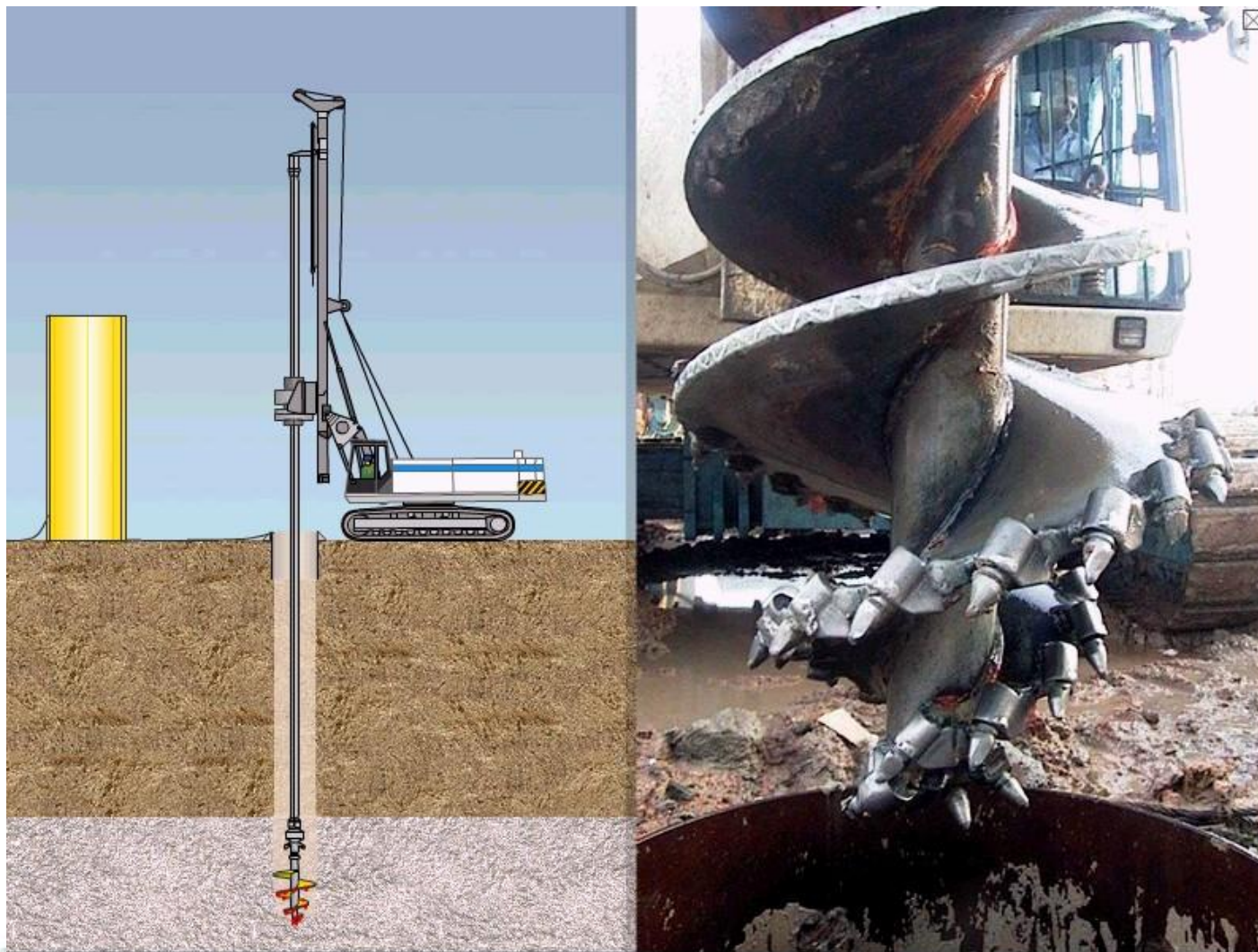
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha alterada



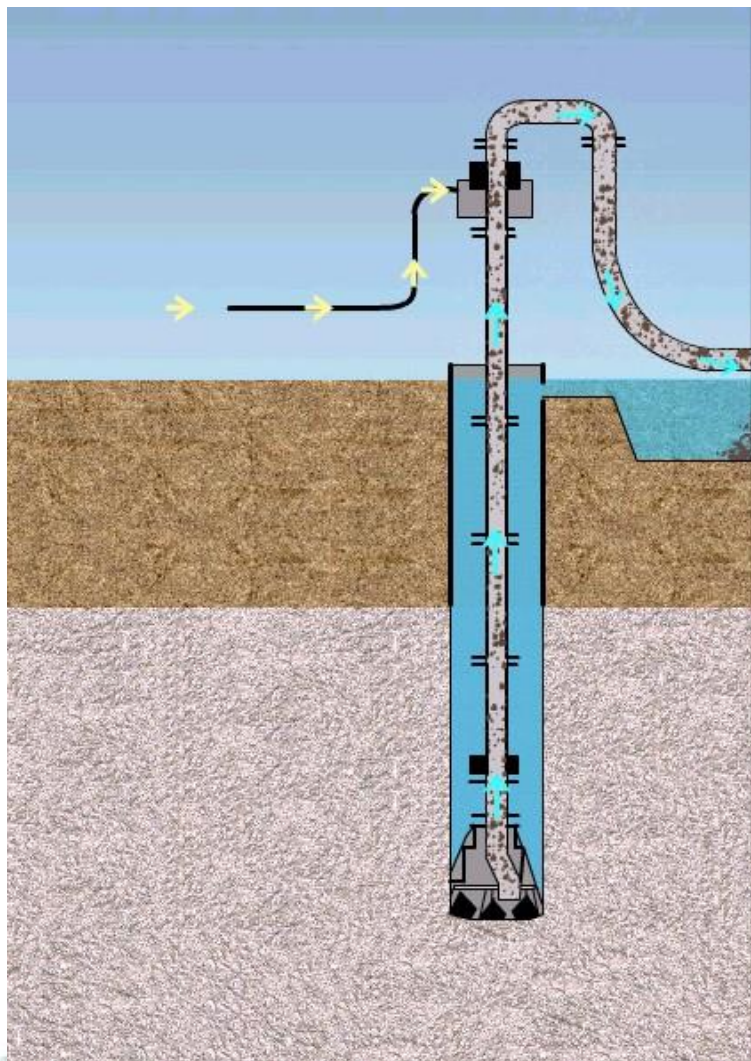
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha alterada



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha alterada



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha alterada



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha alterada – boletim de concretagem

OBRA	Edifício La Caravelle II - Escalexandre		PAINEL/ ESTACA Nº		P23	
LOCAL	Estrada Alexandre Migués Rodrigues, Praia das Astúrias, Guarujá - SP					
CLIENTE	Novacorp Asturias Empreendimentos Imobiliarios Ltda.			DATA	24/08/2010	
Cota da Parede Guia/ Camisa		100,21	Início		23/08/2010	
Cota do Fundo		55,21	Término		24/08/2010	
Cota de Arrazamento		98,01	Grande Ø		1400 mm	
Escavado		45,00	Lamela/Barrete		X m	
Concretado		42,80	Complemento		Largura	
Não Concretado		2,20				

CRONOMETRAGEM DOS TRABALHOS						
SERVIÇOS	DATAS	HORAS	PARALIZAÇÕES	DATAS	EQUIPAMENTOS (HORAS)	
Escavação	18-ago	07:30	Defeito Mecânico			
Trepanagem			Falta de Parede Guia			
Colocação de Juntas			Falta de água			
Colocação de Camisa	19-ago	00:30	Falta de Armação			
Colocação de Armação	19-ago	00:05	Falta de Basculante			
Colocação de tubo Trem.	19-ago	01:00	Falta de Concreto			
Concretagem	19-ago	02:55	Falta de Def. do Projeto			

ANTES DA ESCAVAÇÃO			DEPOIS DA ESCAVAÇÃO		
% de areia			% de areia		0,5
densidade (g/cm³)	1,27		densidade (g/cm³)		1,28
viscosidade (seg's)	81		viscosidade (seg's)		82
P.H.	10		P.H.		10

Nº	SLUMP	CONCRETO M³	HORARIO		NÍVEL		SUBIDA DE CONCRETO		TUBO	
			INÍCIO	FIM	INFERIOR	SUPERIOR	REAL (ml)	TEÓRICO (ml)	ML	FICHA
1	23,0	7,0	11:57	12:03	45,00	40,50	4,50	4,55	45,00	4,50
2	25,0	7,0	12:10	12:15	40,50	36,10	4,40	4,55	45,00	4,50
3	23,5	7,0	12:19	12:25	36,10	31,70	4,40	4,55	41,00	4,90
4	23,0	7,0	12:35	12:41	31,70	27,40	4,30	4,55	35,00	3,30
5	24,0	7,0	12:53	12:58	27,40	23,20	4,20	4,55	31,00	3,60
6	23,0	7,0	13:07	13:14	23,20	19,10	4,10	4,55	27,00	3,80
7	23,5	7,0	13:25	13:30	19,10	15,30	3,80	4,55	23,00	3,90
8	24,0	7,0	13:48	13:54	15,30	11,80	3,50	4,55	19,00	3,70
9	23,0	7,0	14:02	14:17	11,80	8,50	3,30	4,55	15,00	3,20
10	22,0	7,0	14:25	14:34	8,50	5,20	3,30	4,55	13,00	4,50
11	24,0	7,0	14:42	14:52	5,20	2,20	3,00	4,55	9,00	3,80

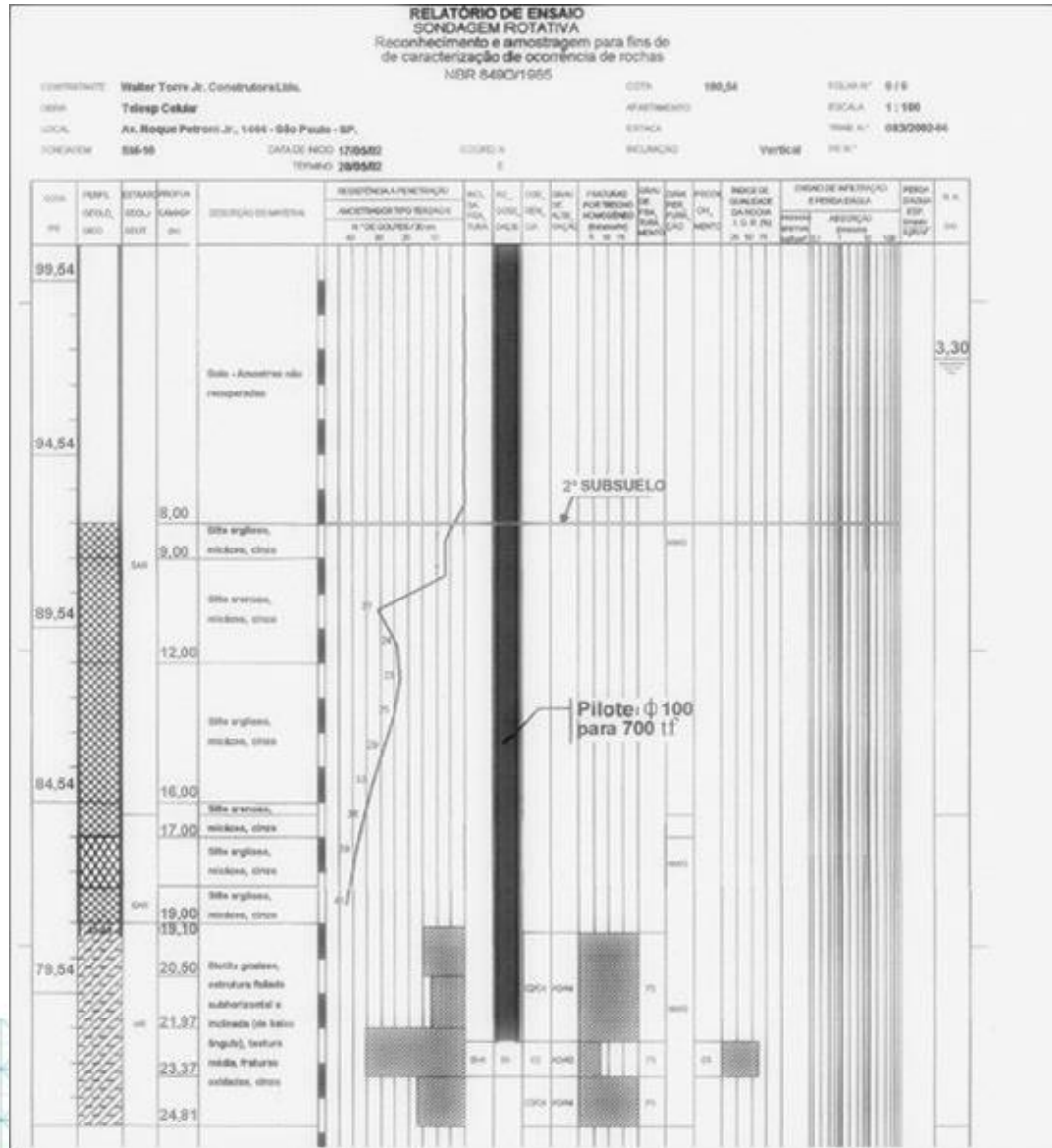
Volume Real (m³)	77,0	Volume Teórico (m³)	65,9	Diferença	16,87%
--------------------	------	-----------------------	------	-----------	--------

Diagrama de Consumo de Concreto

PRODUÇÃO	ESCAVAÇÃO (ml)	CONCRETAGEM (m³)	OBSERVAÇÕES
EEXECUTADO	45,00	77,0	
ACUMULADO MÊS	860,70	1066,0	
ACUMULADO OBRA	1073,90	1321,0	

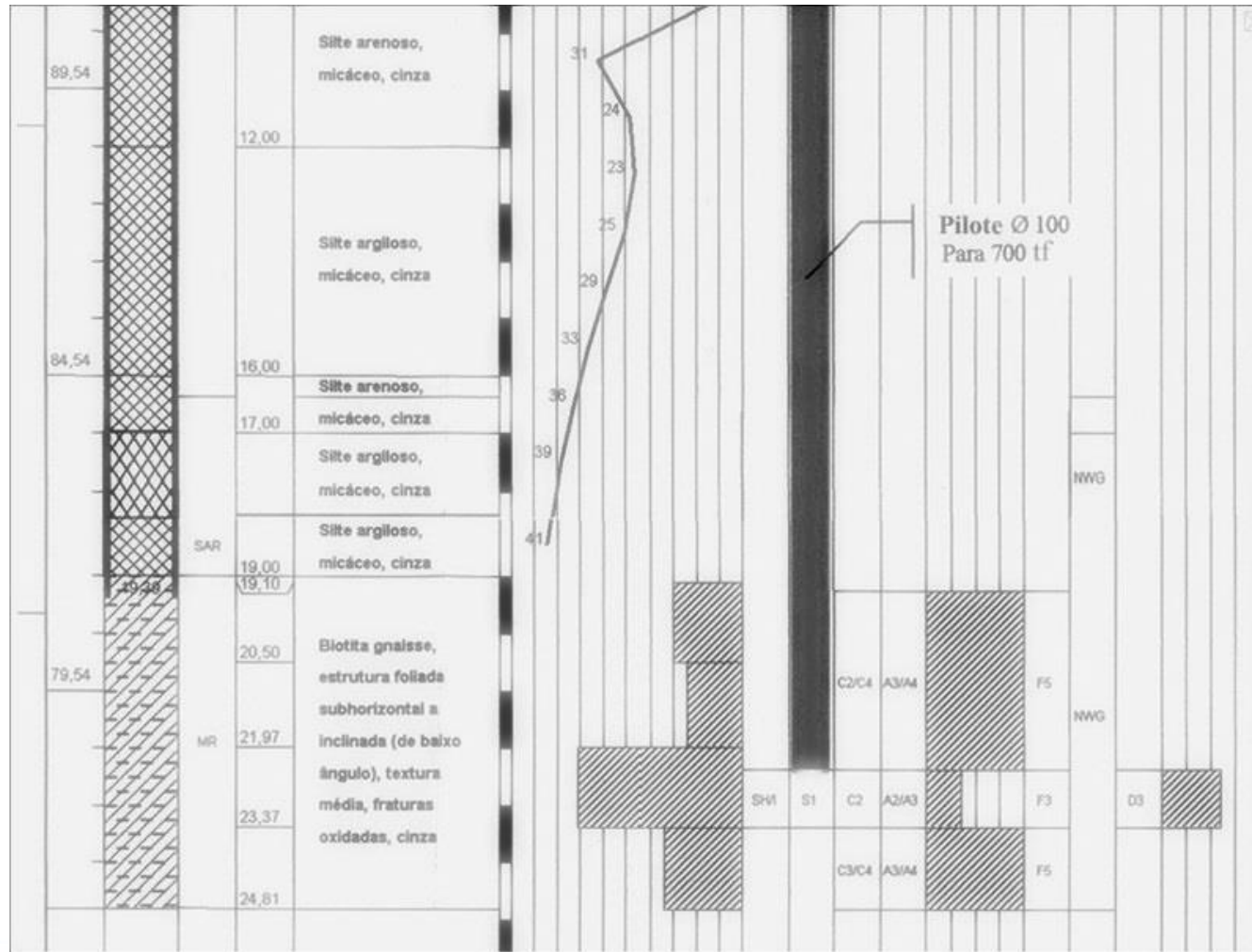
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha alterada



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha alterada



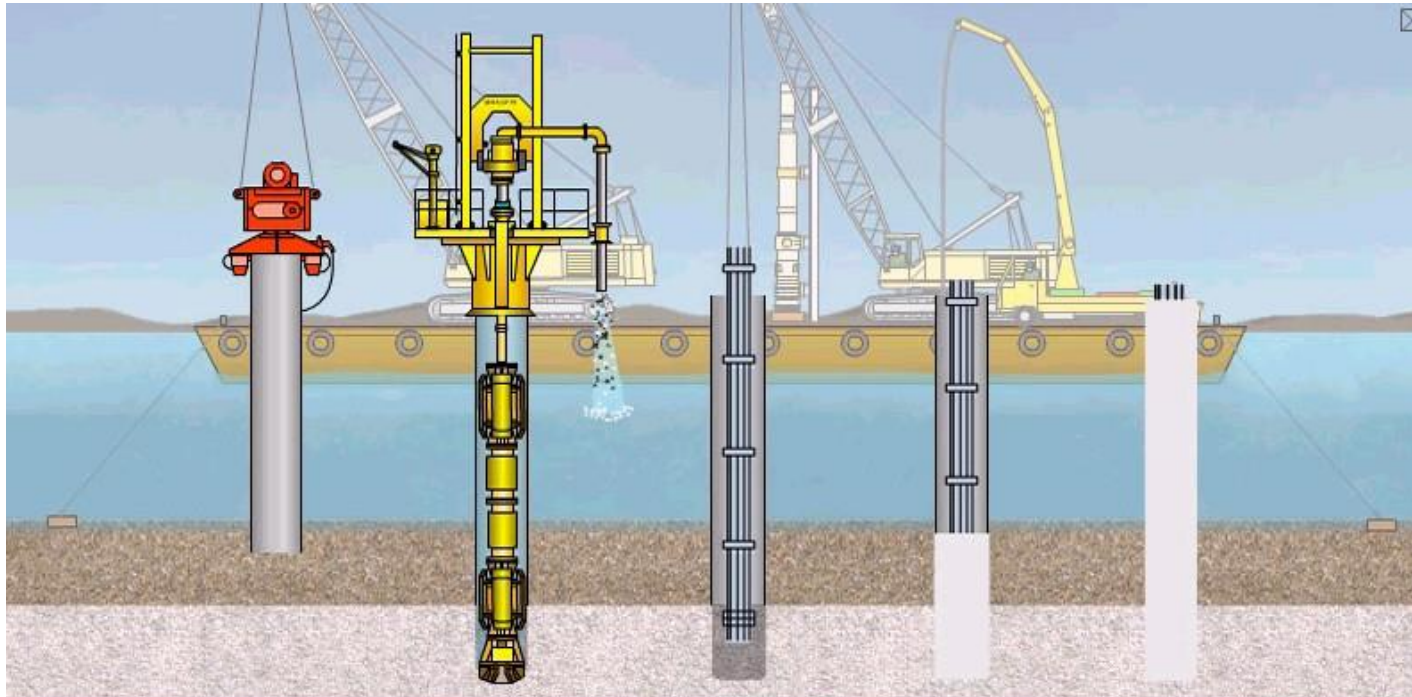
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Testemunho de sondagem – rocha alterada



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

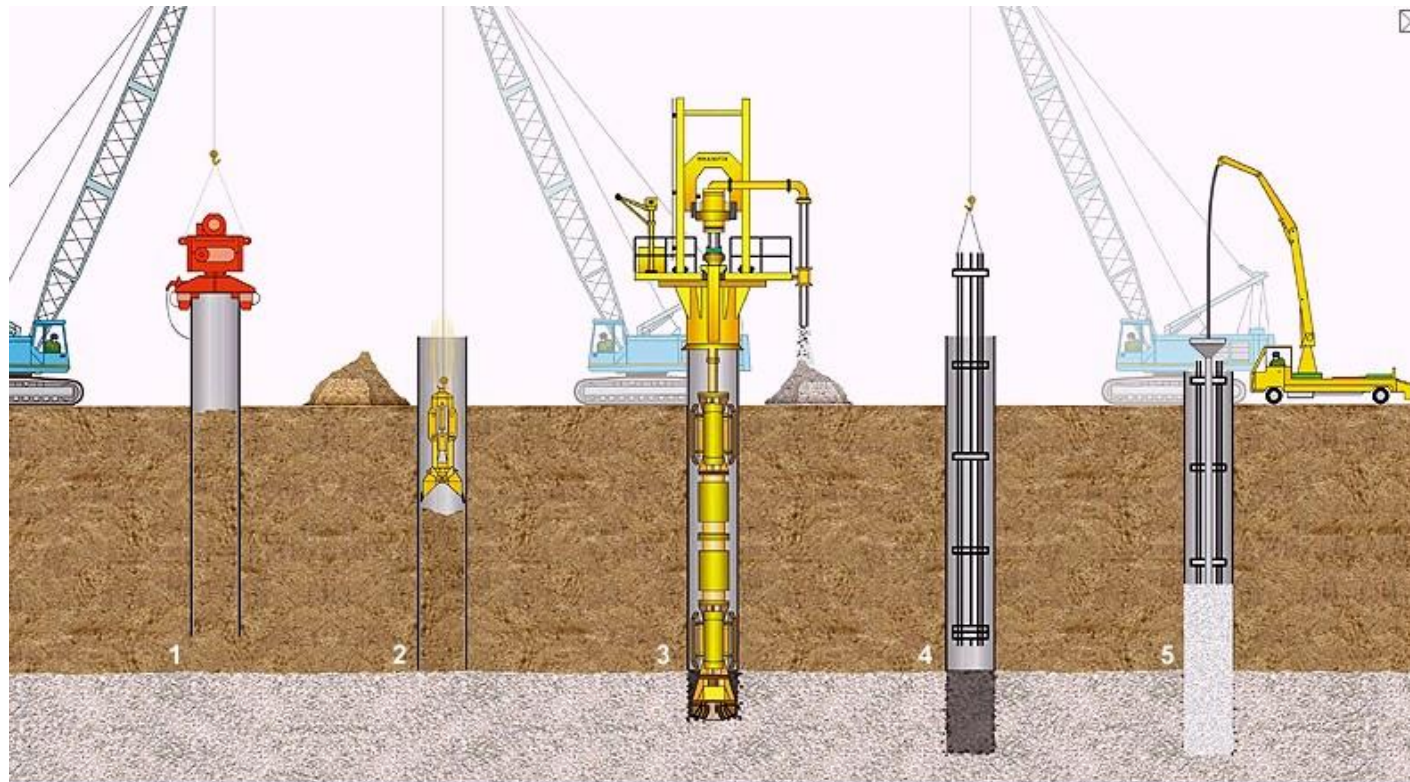
Estação em rocha sã



1. Hincado de la camisa metálica con martillo hidráulico o vibratorio para los pilotes en agua y con entubadora o martillo vibratorio para los pilotes en tierra, hasta la roca.
2. Posicionamiento, sobre la camisa metálica, de una perforadora Wirth PBA 818 o PBA 612 provista de una broca para la perforación de roca de diámetro 1.80 m. Para los pilotes en tierra la perforación está también siendo efectuada por una Wirth PBA además de una perforadora rotatorio R622 sobre orugas.
 - Perforación del pilote por circulación reversa, hasta la cota de diseño, penetrando hasta 8m en la roca.
 - Limpieza del pilote con sistema air lift.
3. Instalación de la armadura que, en función del peso (cerca de 50 t), es colocada en segmentos.
4. Hormigonado submerso
 - Movimiento de la gabarra hasta otro pilote

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha sã



1. Hincado de la camisa metálica utilizando martillo vibratório
2. Limpieza en el interior de la camisa metálica utilizando la cuchara
3. Excavación en roca utilizando Perforadora Hidráulica Wirth y composición de perforación con Roller bit.
4. Instalación de la armadura
5. Hormigonado submerso

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha sã



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha sã



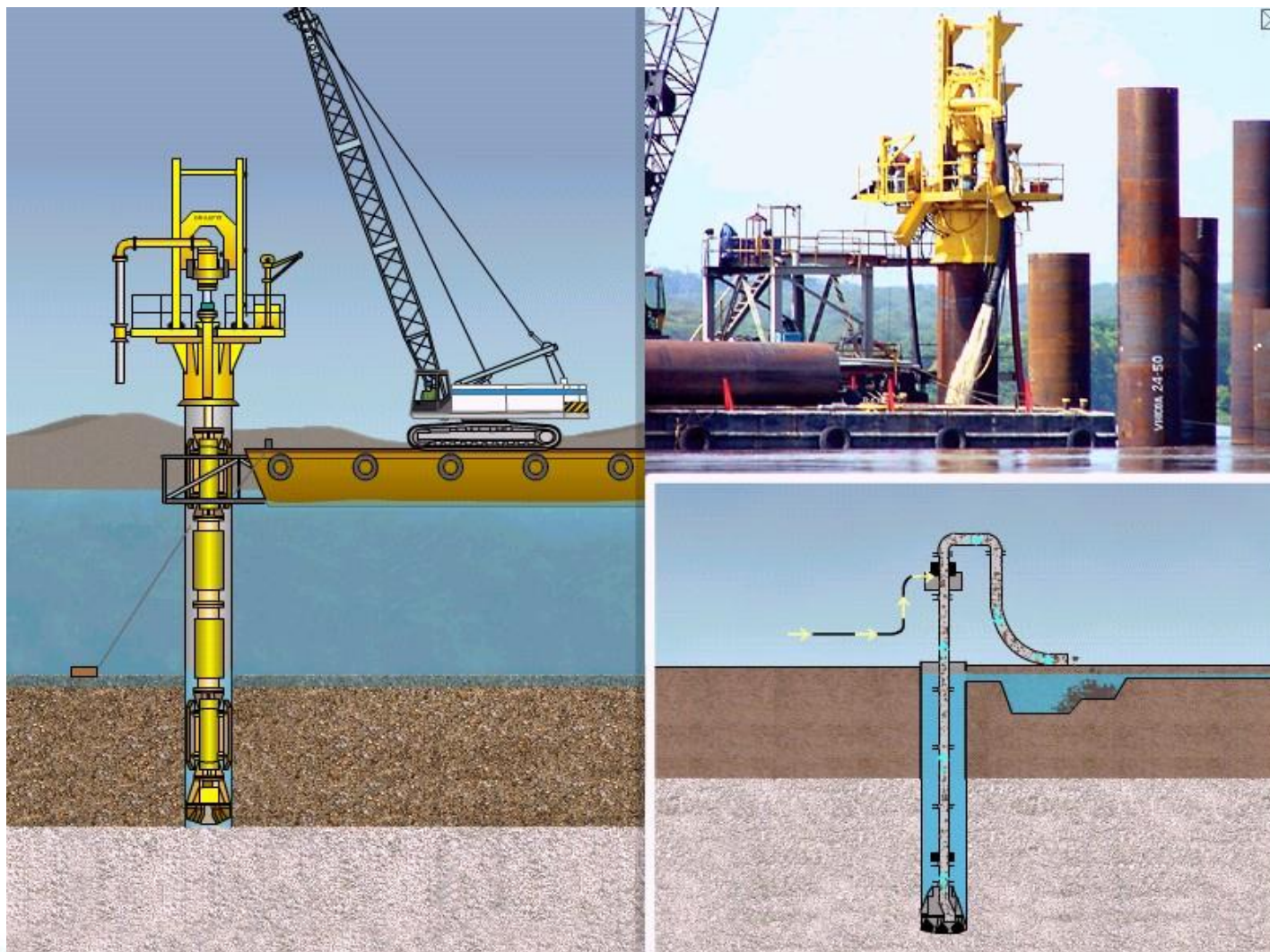
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha sã



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha sã



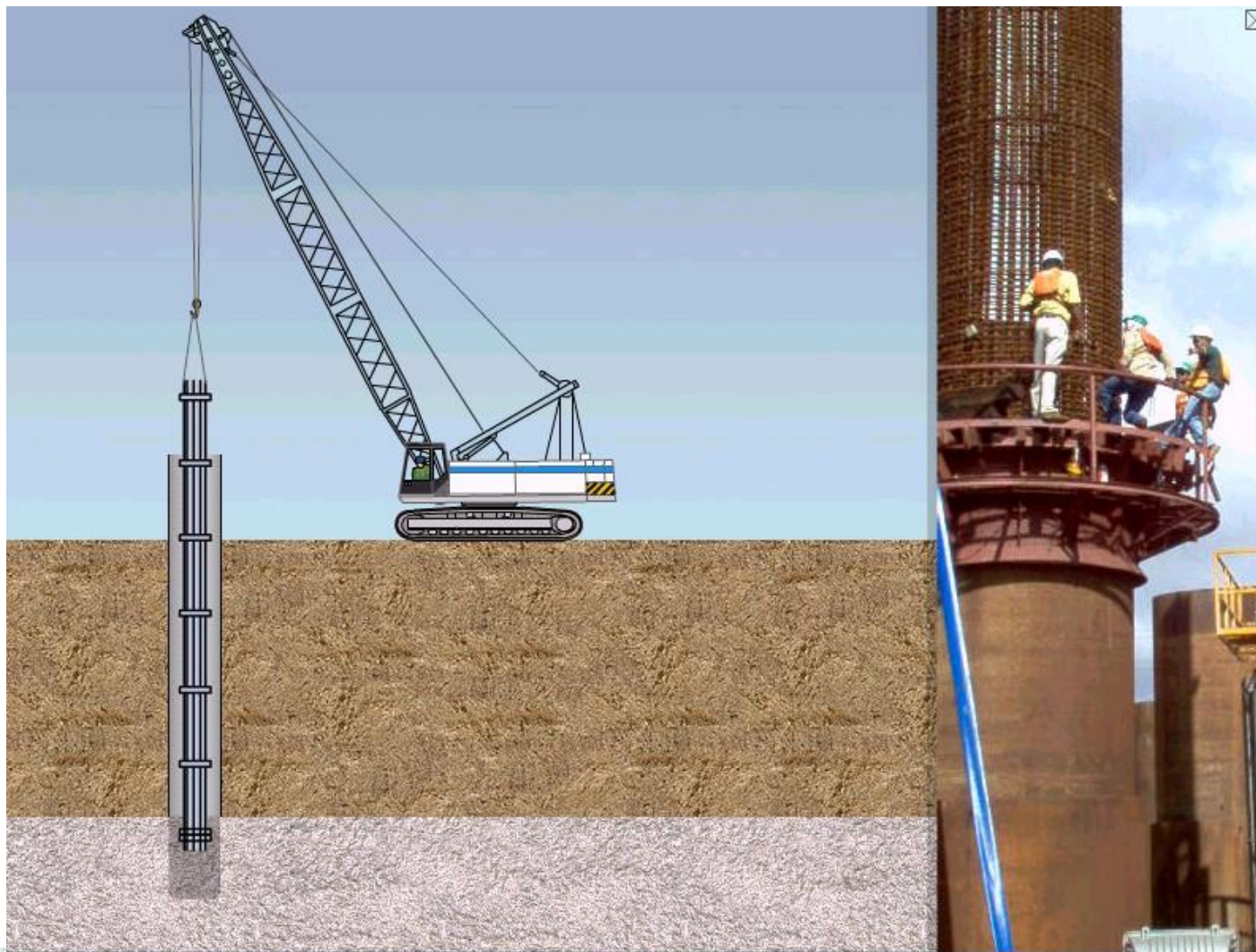
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha sã



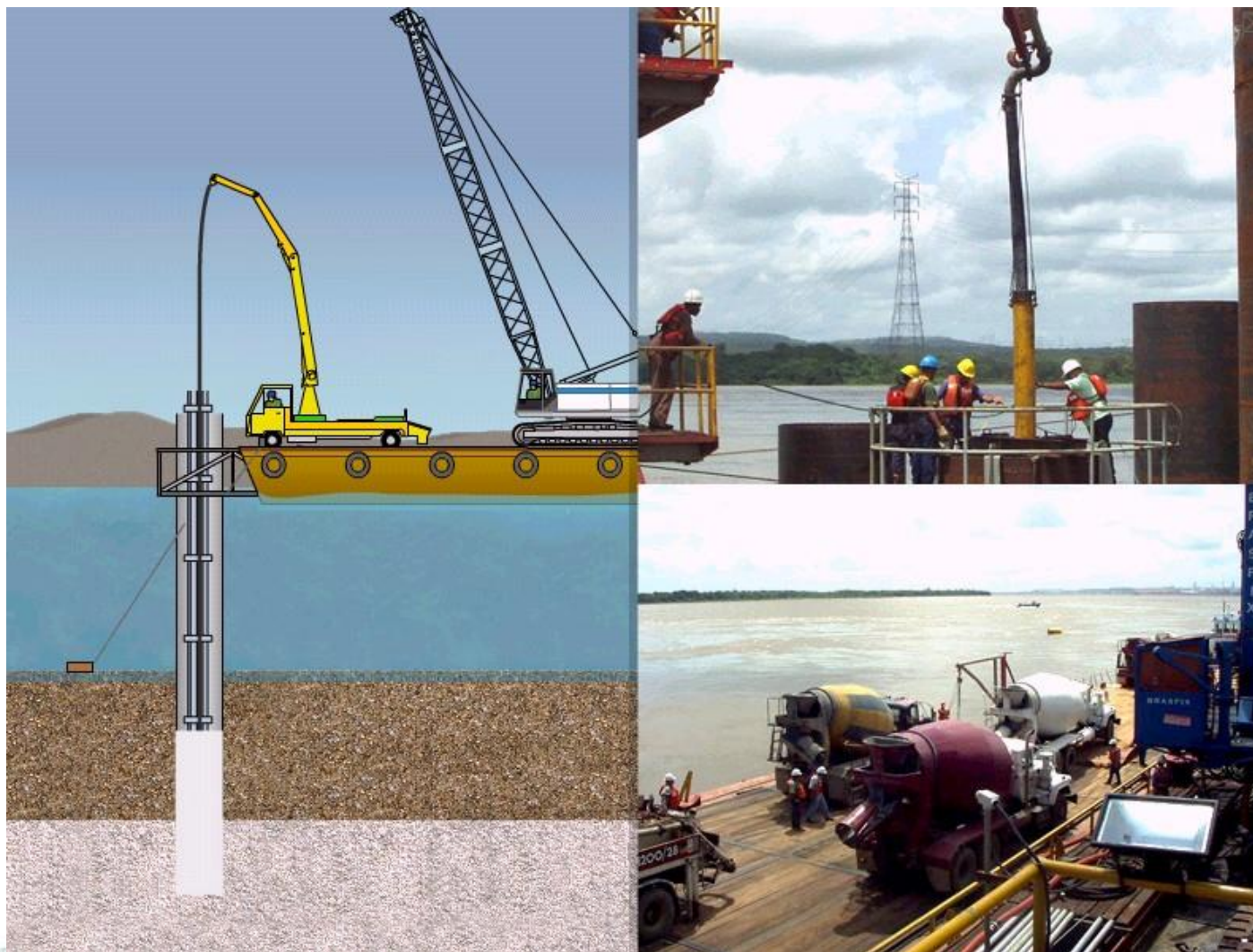
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha sã



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha sã



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Testemunho de sondagem – rocha sã



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Alternativa para embutimento em rocha em obras “on shore”

Processo executivo – estaca $\phi 1,20\text{m}$

1º passo: perfuração em solo com caçamba em um diâmetro acima da perfuração em rocha – rendimento de 15m/h.



Equipamento envolvido no processo:
Perfuratriz hidráulica

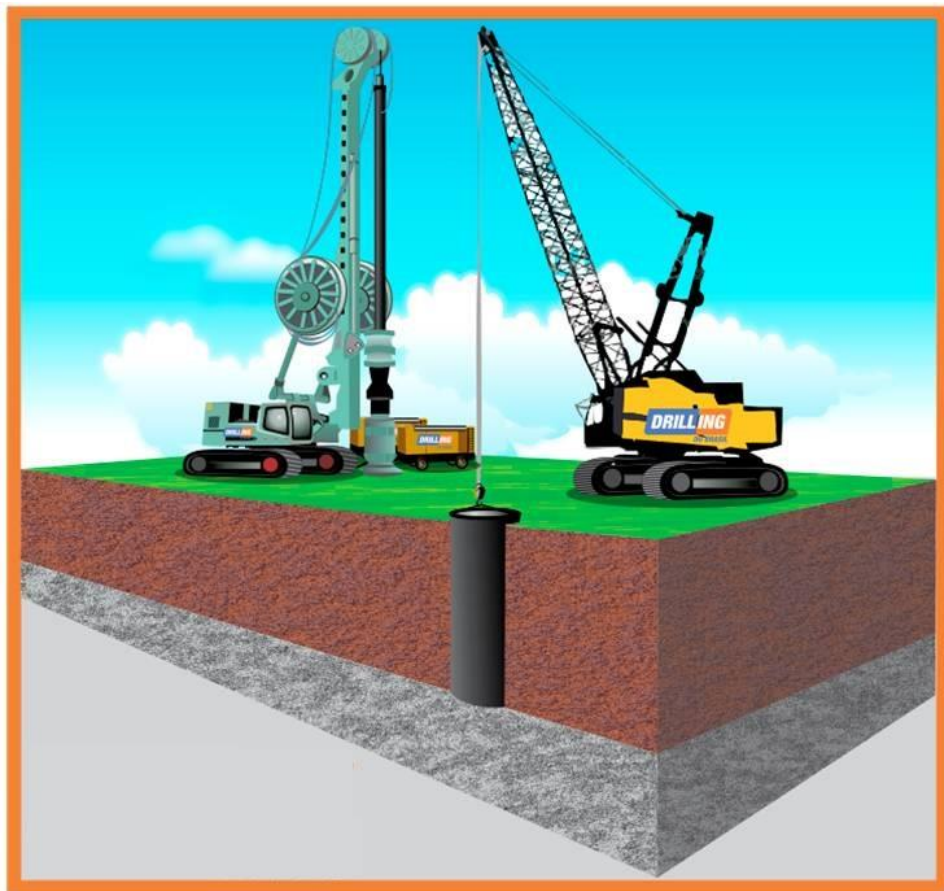


ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Alternativa para embutimento em rocha em obras “on shore”

Processo executivo – estaca $\phi 1,20\text{m}$

2º passo: encamisamento provisório do trecho em solo.



Equipamento envolvido no processo:
Guindaste de apoio



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Alternativa para embutimento em rocha em obras “on shore”

Processo executivo – estaca $\phi 1,20\text{m}$

3º passo: engaste da estaca em rocha com $\phi 1,20\text{m}$ com martelo rotopercussor – rendimento de 1 a 2m/h.



Equipamento envolvido no processo:
Martelo rotopercussor



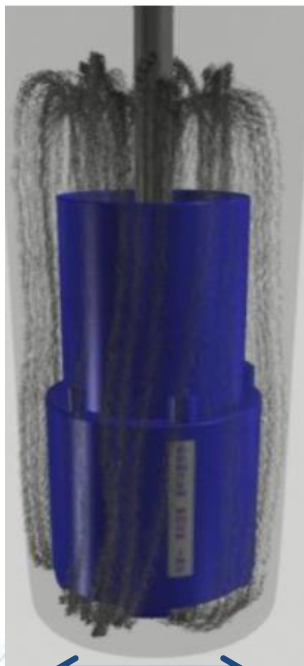
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Alternativa para embutimento em rocha em obras “on shore”

Processo executivo – estaca $\phi 1,20\text{m}$

4º passo: engaste com alargamento da estaca em rocha com $\phi 1,20\text{m}$ (A). Exige três compressores em série de 1200pcm cada. O engastamento na rocha pode ser feito até $\phi 3,50\text{m}$ (B) com martelo rotopercussor.

(A)



1,20m

(B)



até 3,50m

Equipamento envolvido no processo:
Martelo rotopercussor

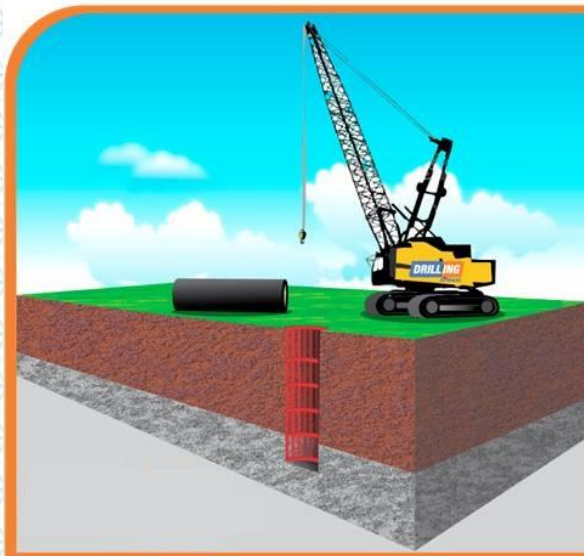


ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Alternativa para embutimento em rocha em obras “on shore”

Processo executivo – estaca $\phi 1,20\text{m}$

5º passo: recuperação da camisa metálica, concretagem, “air lift” e retirada da tubulação.



Colocação da armação e recuperação da camisa metálica.



Colocação do tubo de concretagem.



Execução da concretagem submersa ou a seco.

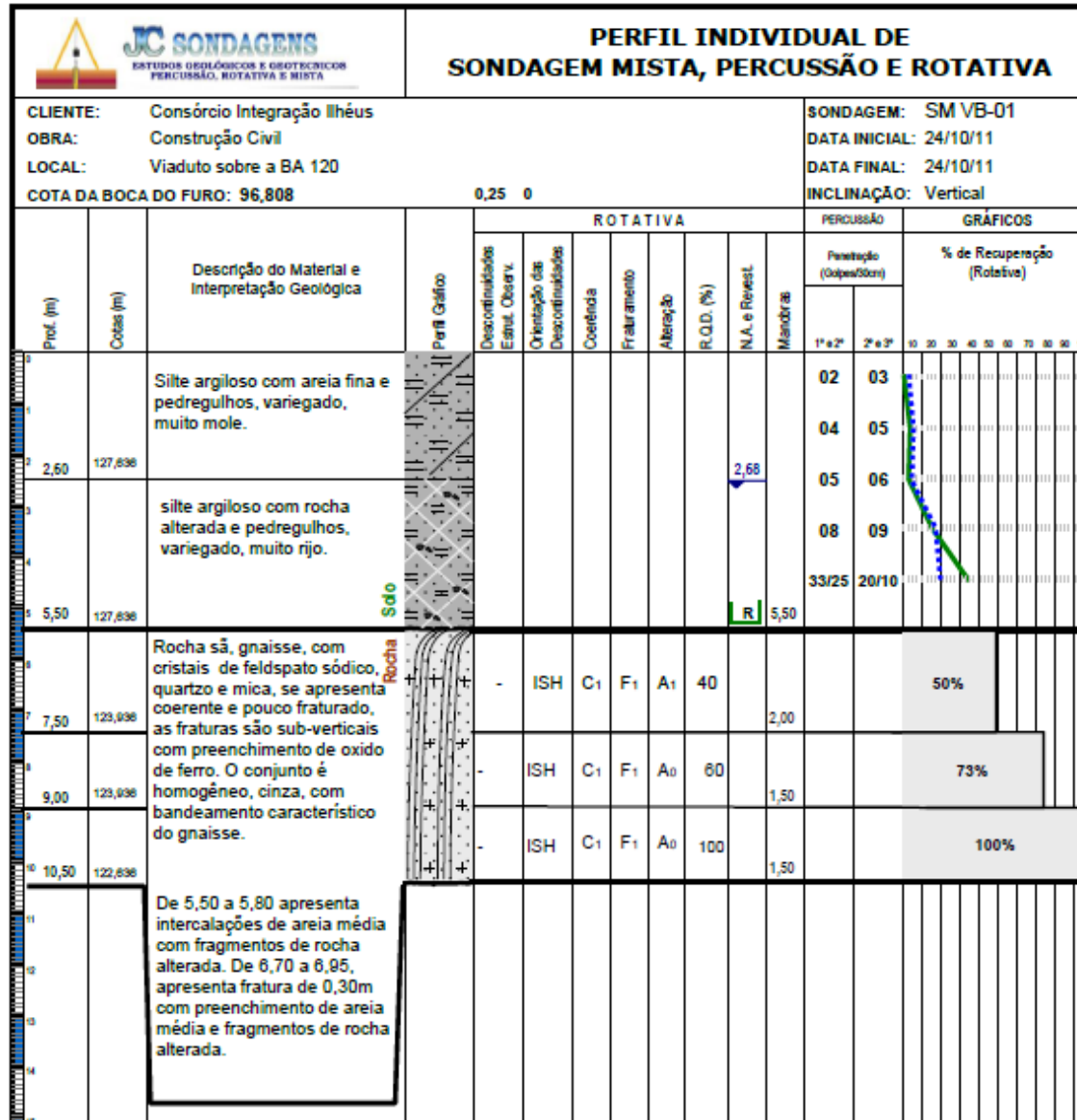
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Alternativa para embutimento em rocha em obras “on shore”



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estudo de caso



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

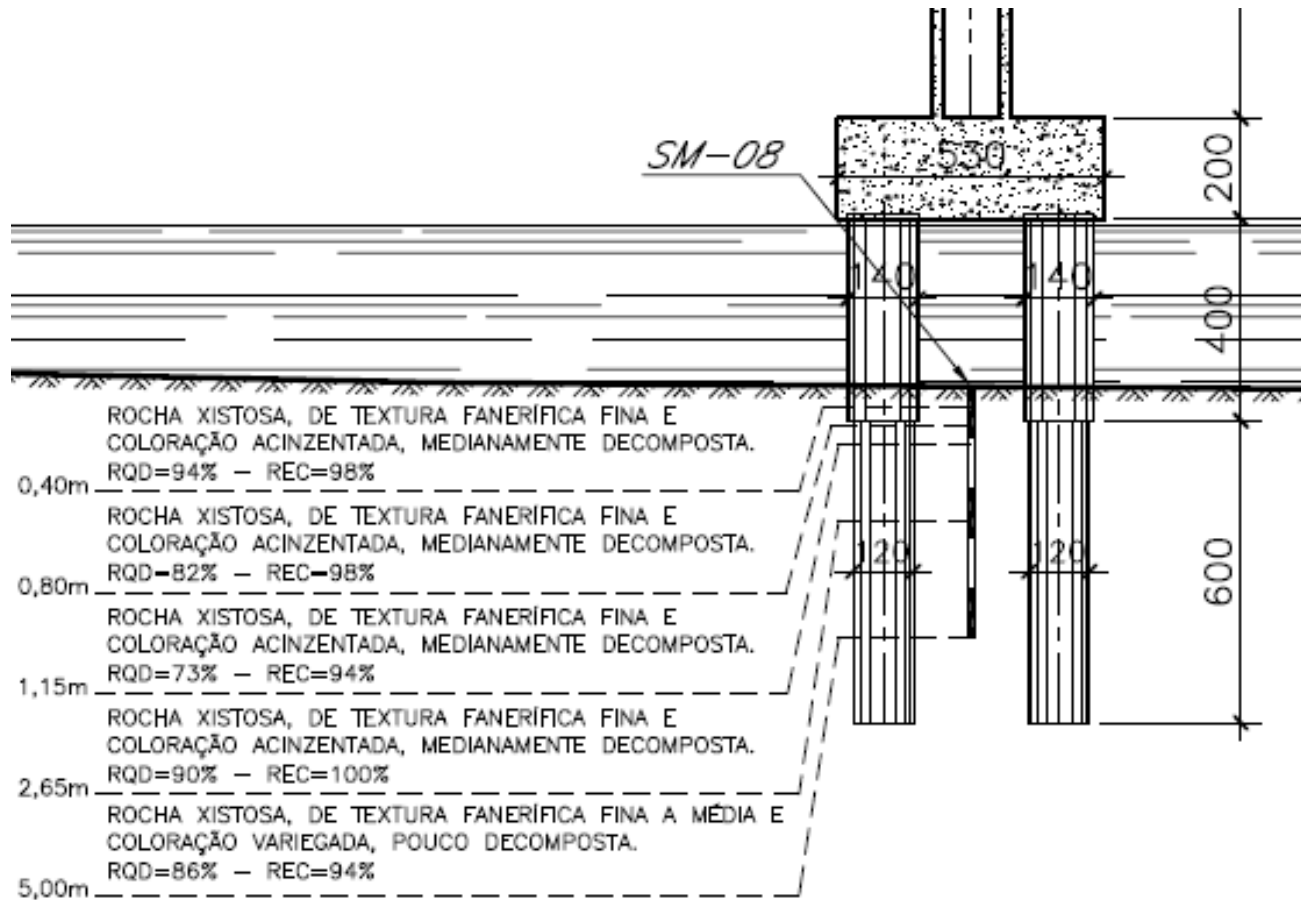
Estudo de caso



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estudo de caso

Escavação de 6m de “rock socket”:



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

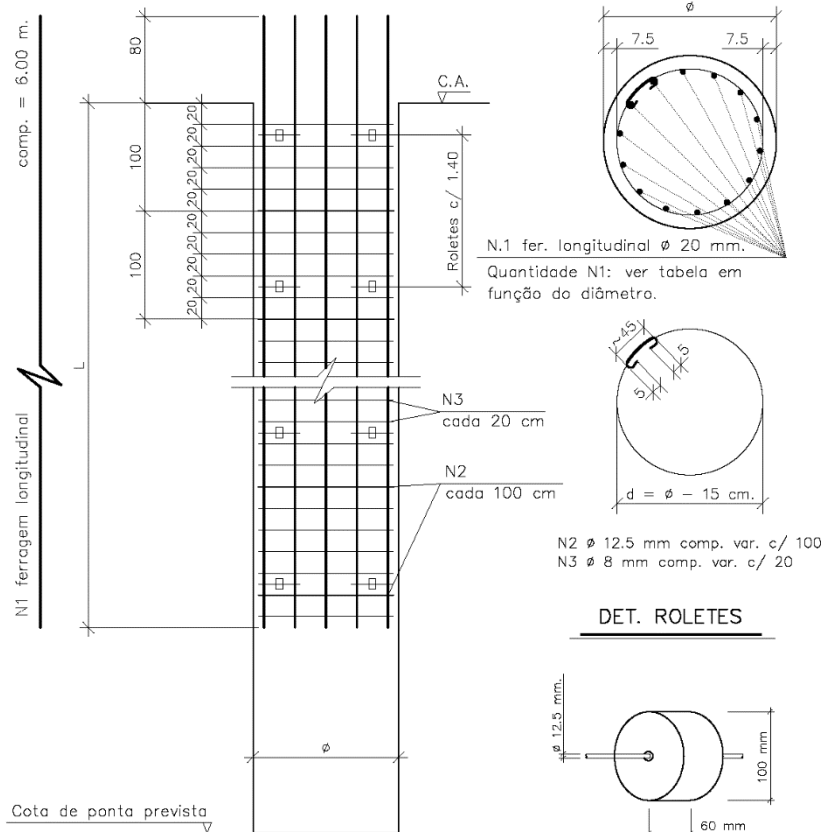
Estudo de caso



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

DET. TÍPICO P/ARMAÇÃO DAS ESTACAS ESCAVADAS

5/ESCALA



Diâmetro	Longitud.	Estribos		Peso do Aço CA 50 (kg/m)		
		N1 ϕ 20mm (quant.)	N2 ϕ 12,5mm. (m)	N3 ϕ 8mm. (m)	Peso por m de Estaca Armada	
ϕ				N 1	N 2	N 3
70	10	2,28	2,28	24,66	2,19	4,50
80	12	2,59	2,59	29,59	2,50	5,12
90	12	2,91	2,91	29,59	2,80	5,74
100	14	3,22	3,22	34,52	3,10	6,36
110	16	3,53	3,53	39,46	3,40	6,98
120	16	3,85	3,85	39,46	3,71	7,60
130	18	4,16	4,16	44,39	4,01	8,22
140	20	4,48	4,48	49,32	4,31	8,84
150	22	4,79	4,79	54,25	4,61	9,46
160	22	5,11	5,11	54,25	4,92	10,08
170	24	5,42	5,42	59,18	5,22	10,70

ESPECIFICAÇÃO DE TRAÇO PADRÃO ABEF/ABEG/ABESC PARA ESTACÃO

- FATOR ÁGUA/CIMENTO $\leq 0,60$
- BRITA 1 (DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA 19 mm)
- SLUMP NA NOTA FISCAL: 220 ± 30 mm
- CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO: 400 kg/m
- TEMPO PARA SACAR O PERFIL OU CHAPA³ JUNTA: ENTRE 4 E 6 HORAS APÓS A CHEGADA DA PRIMEIRA BETONEIRA NA OBRA (SÓ PARA PAREDE DE DIAFRAGMA)
- % DE ARGAMASSA EM MASSA $\geq 55\%$
(MASSA DO CIMENTO + MASSA DO AGREGADOS MIÚDOS) x 100 / (MASSA CIMENTO + MASSA DOS AGREGADOS MIÚDOS + MASSA DOS AGREGADOS GRAÚDOS)
- PODEM SER USADOS ADITIVOS PLASTIFICANTES
- PERMITIDO O USO DE AGREGADOS MIÚDOS ARTIFICIAIS CONFORME NBR7211
- ESPECIFICAR NA NOTA FISCAL A QUANTIDADE MÁXIMA DE ÁGUA A SER ADICIONADA NA OBRA CONSIDERANDO A ÁGUA RETIDA NA CENTRAL MAIS UMA ESTIMATIVA DE ÁGUA PERDIDA POR EVAPORAÇÃO
- RESPEITANDO-SE A ESPECIFICAÇÃO ACIMA, DEVE RESULTAR $30 \text{ MPa} \leq f_{ck} \leq 35 \text{ MPa}$.

DESC4.DWG

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete

Equipamento – perfuração em solo:



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete

Equipamento – perfuração em solo:



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete

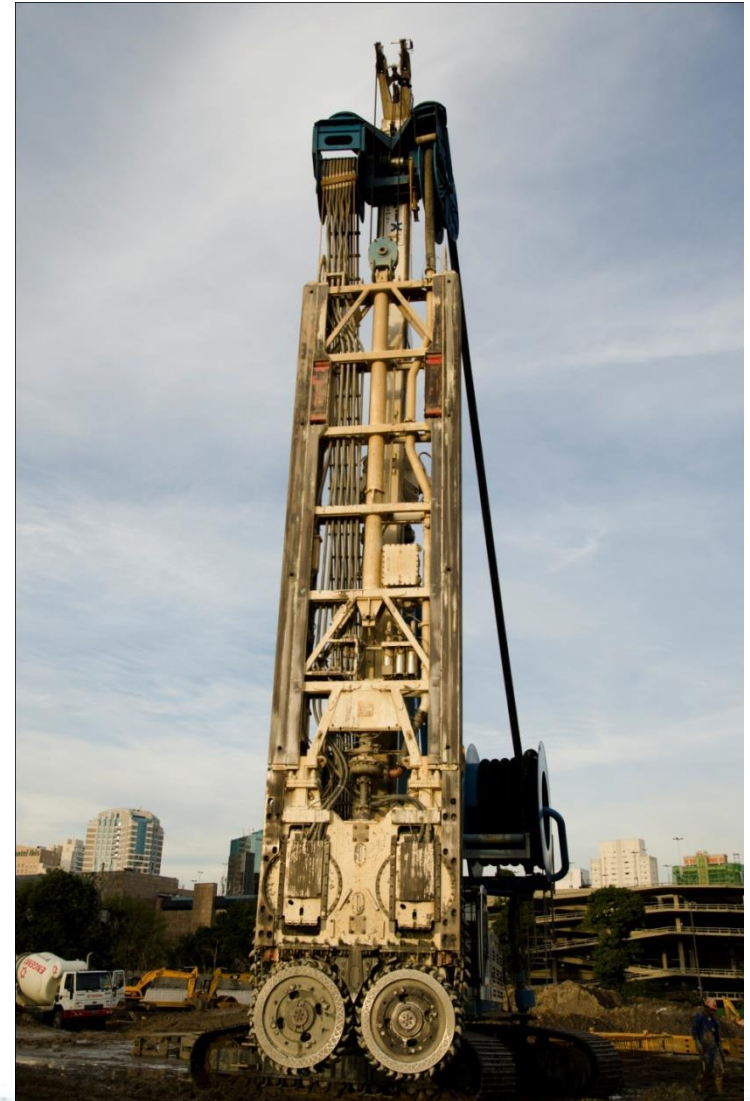


Vídeo: Escavação com “clam shell”.
Fonte: Acervo ZF.

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete

Equipamento – perfuração em rocha



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete



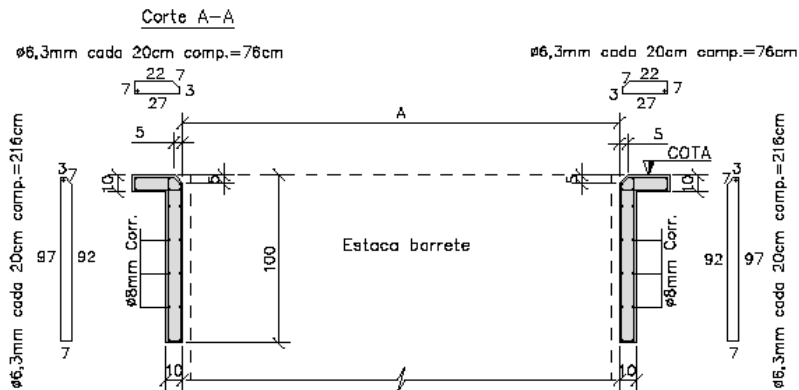
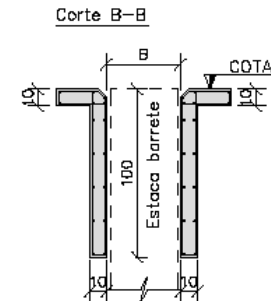
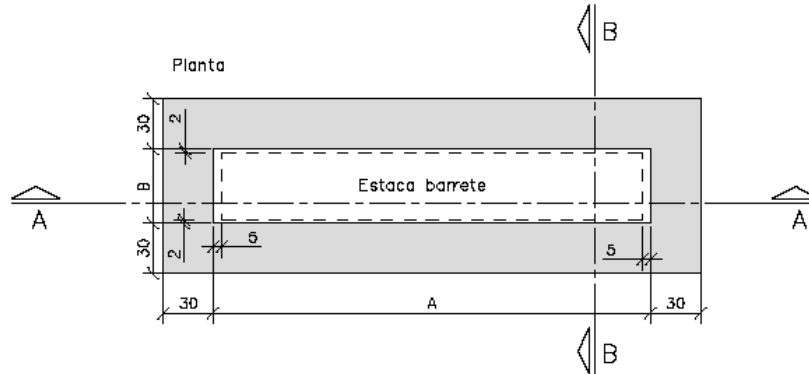
Vídeo: Hidrofresa.
Fonte: Geofix.

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

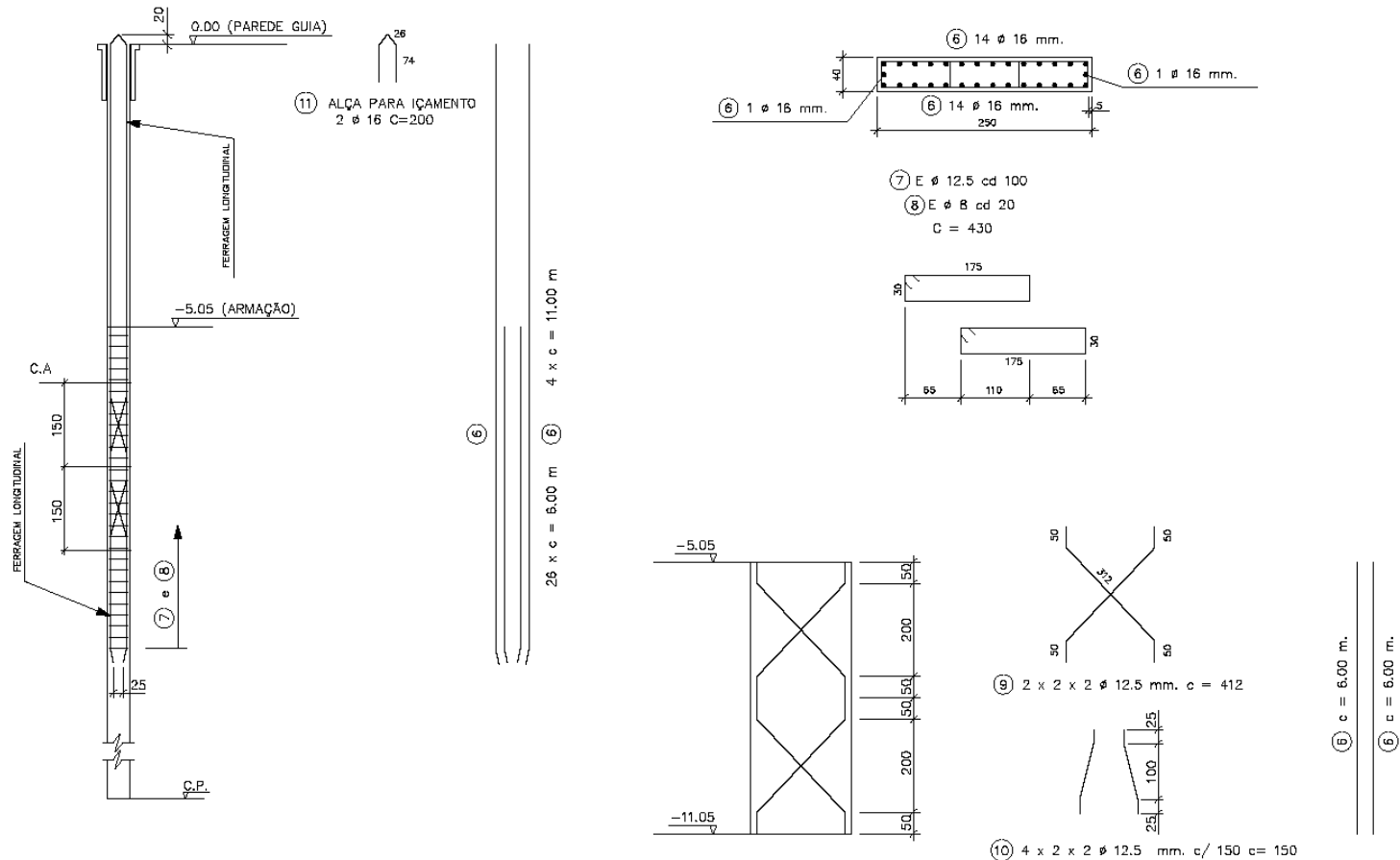
BARRETE – MURETA GUIA

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete

DETALHE DE ARMAÇÃO DAS ESTACAS BARRETE

(Sem escala)



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete



Vídeo: Arrasamento de estaca barrete.

Fonte: Acervo ZF.

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Dimensionamento

- A resistência de uma estaca depende da resistência do atrito lateral ao longo do fuste e da resistência de ponta.
- A primeira é totalmente mobilizada com deslocamentos milimétricos, enquanto para mobilização total da resistência de ponta podem ser necessários deslocamentos da ordem de 10 a 15% do diâmetro, ou seja, valores centimétricos.
- A NBR6122/2010 recomenda que 80% da carga de trabalho adotada seja resistida pelo atrito lateral.

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Dimensionamento

- A norma recomenda ainda que a carga admissível não seja superior a 50% da soma da resistência de atrito com a resistência de ponta, ou seja fator de segurança igual a 2.
- Com relação ao recalque admissível para a superestrutura, exige um coeficiente de segurança mínimo de 1,5 em relação à carga que induz o recalque admissível.

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Dimensionamento

- Com relação à carga estrutural admissível, limita o f_{ck} a um valor máximo de 20MPa, aplicado fator de redução de 1,9 para levar em conta as condições de concretagem submersa.

$$N_d = \frac{0,85 \cdot f_{ck} \cdot A_c}{1,9} + \frac{A_s \cdot f_{yk}}{1,15}$$

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Dimensionamento

- Para as estacas submetidas apenas a compressão, se a tensão de compressão for menor ou igual a 5 MPa a estaca só precisará ser armada no trecho superior com armadura mínima.
- Espaçamento usual entre eixos de estacas é de 2,5 diâmetros.

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Métodos de previsão de capacidade de carga

Métodos teóricos

Para o dimensionamento em projeto de fundações profundas, foram desenvolvidos métodos teóricos sobre a interação estaca-solo envolvendo diversos parâmetros geotécnicos relacionados à natureza do solo que, na maioria das vezes, não são facilmente obtidos.

“Pode-se observar que essas diversas teorias conduzem a resultados tremendamente díspares. De fato, o fator N_q varia cerca de cinco vezes entre os valores máximo e mínimo para $f = 30^\circ$ e cerca de dez vezes para $f = 40^\circ$.

Além do mais, uma variação de apenas 5° no ângulo de atrito, de 30° para 35° , pode significar um aumento de aproximadamente 100% na capacidade da carga, segundo Vesic (1963) e Berezantsev et al (1961), ou de cerca de 150%, segundo Meyerhof (1951).”

Décourt, 1996

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Métodos de previsão de capacidade de carga

Métodos semi-empíricos

Por conta da complexidade dos parâmetros dos métodos teóricos, muitos pesquisadores desenvolveram métodos semi-empíricos baseados em provas de carga estáticas, estudos estatísticos e em sua própria experiência, levando em consideração as características do solo de determinada região. Os mais utilizados para estacas escavadas são:

- Décourt-Quaresma;
- Aoki-Velloso;
- A.Teixeira;
- D. Cabral

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Métodos de previsão de capacidade de carga

Métodos semi-empíricos

Todos os métodos são baseados na fórmula

$$Q_U = Q_P + Q_S$$

sendo que:

$$Q_P = \alpha \cdot q_P \cdot A_P \quad (\text{parcela de ponta})$$

$$Q_S = \beta \cdot q_S \cdot A_S \quad (\text{atrito lateral})$$

A_S : área lateral da estaca

A_P : área de ponta da estaca

α e β : coeficientes que variam conforme o tipo de estaca e o tipo de solo

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Métodos de previsão de capacidade de carga

Décourt e Quaresma (1978)

Décourt e Quaresma desenvolveram um método de capacidade de carga com base nos valores de N_{SPT} .

Originalmente o método foi desenvolvido para estacas pré-moldadas. Alguns estudos tentaram adequar o método a outros tipos de estacas e também ao ensaio SPT-T.

A tensão de ruptura de ponta é dada por: $q_p = K \cdot N$

N = número médio de golpes na cota de ponta, 1m acima e 1m abaixo

O atrito lateral unitário é dado por: $q_s = \frac{N}{3} + 1$

N = número médio de golpes ao longo do fuste

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Métodos de previsão de capacidade de carga

Décourt e Quaresma (1978)

$$Q_U = q_P \cdot A_P + q_S \cdot A_S \longrightarrow Q_U = \alpha \cdot K \cdot N \cdot A_P + \beta \cdot U \cdot \sum \left[\Delta l \cdot \left(\frac{N}{3} + 1 \right) \right]$$

Uma vez obtida a capacidade de carga da estaca Q_U , deve-se obter a carga de trabalho de projeto.

Segundo os autores:

$$Q_U = \frac{\alpha \cdot K \cdot N \cdot A_P}{4} + \frac{\beta \cdot U \cdot \sum \left[\Delta l \cdot \left(\frac{N}{3} + 1 \right) \right]}{1,3}$$

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Métodos de previsão de capacidade de carga

Aoki e Velloso (1975)

No método de Aoki e Velloso, tanto a resistência de ponta q_p quanto o atrito lateral q_s são avaliados em função da tensão de ponta q_c do ensaio de penetração do cone CPT.

Na ausência de ensaio CPT, são utilizados os valores de N_{SPT} de acordo com a seguinte correlação:

$$q_c = K \cdot N$$

Assim, teremos:

$$q_p = \frac{K \cdot N}{F_1} \quad q_s = \alpha \cdot \frac{K \cdot N}{F_2}$$

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Métodos de previsão de capacidade de carga

Aoki e Velloso (1975)

$$Q_U = q_P \cdot A_P + q_S \cdot A_S \longrightarrow Q_U = \frac{K \cdot N}{F_1} \cdot A_P + U \cdot \sum \left(\alpha \cdot \frac{K \cdot N}{F_2} \cdot \Delta l \right)$$

Obtida a capacidade de carga da estaca Q_U , deve-se obter a carga de trabalho de projeto. Para o método de Aoki e Velloso:

$$Q_{AD} = \frac{Q_U}{2}$$

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Métodos de previsão de capacidade de carga

Teixeira (1996)

Este método de previsão de capacidade de carga de estacas foi apresentado no 3º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia (SEFE III), realizado em São Paulo.

Pelo método de Teixeira, a capacidade de carga à compressão de uma estaca pode ser obtida a partir da equação geral, introduzindo-se parâmetros α e β em função do tipo de estaca e do tipo de solo.

$$Q_U = \alpha \cdot N_P \cdot A_P + \beta \cdot U \cdot \sum (N_l \cdot \Delta l)$$

Valor médio do SPT medido no intervalo de 4ϕ acima da ponta da estaca e 1ϕ abaixo

Valor médio do SPT ao longo da estaca

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Métodos de previsão de capacidade de carga

Teixeira (1996)

Obtida a capacidade de carga da estaca Q_U , deve-se obter a carga de trabalho de projeto. Para o método de Teixeira:

Para estacas escavadas a céu aberto (tipo III):

$$Q_{AD} = \frac{\alpha \cdot N_p \cdot A_p}{4} + \frac{\beta \cdot U \cdot \sum(N_l \cdot \Delta l)}{1,5}$$

Para demais estacas (tipo I, II e IV):

$$Q_{AD} = \frac{Q_U}{2}$$

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Métodos de previsão de capacidade de carga

David Cabral (2000)

Em 2000, David Cabral propôs um método para determinação da capacidade de carga de estacas escavadas embutidas em rocha.

Segundo o autor:

- Deve-se contar apenas com a capacidade de carga do trecho em rocha (exceto para comprimento da estaca em solo $> 20\phi$ e $\overline{SPT} > 10$);
- A capacidade de ponta da estaca é diretamente proporcional à eficiência da limpeza da perfuração.

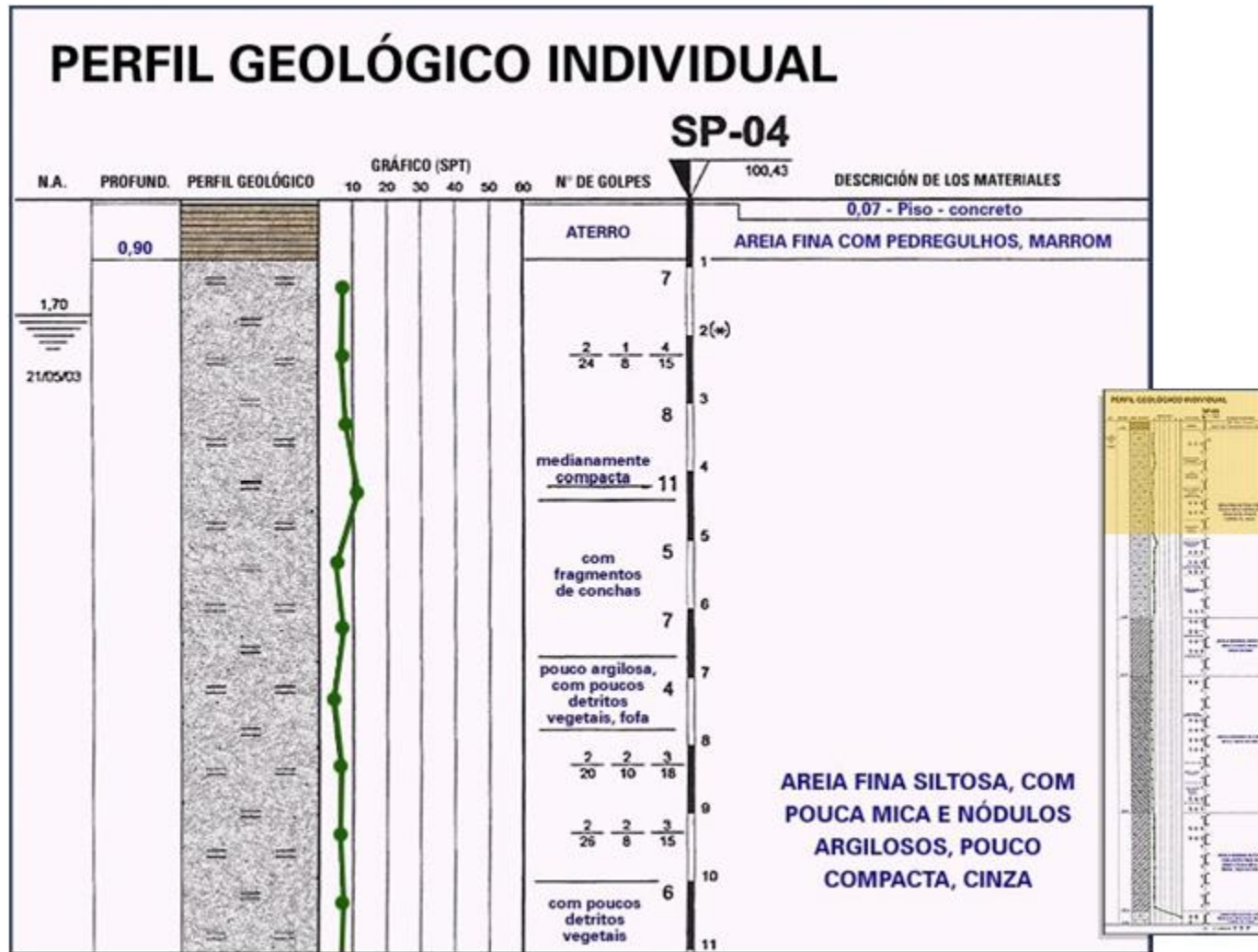
Ponta: $\sigma_{PR} = \beta_P \cdot \sigma_R$

Atrito lateral: $\sigma_{LR} < \frac{f_{ck}}{15} = 1,30 \text{ MPa}$

2,5 a 3,5% da
resistência de ponta

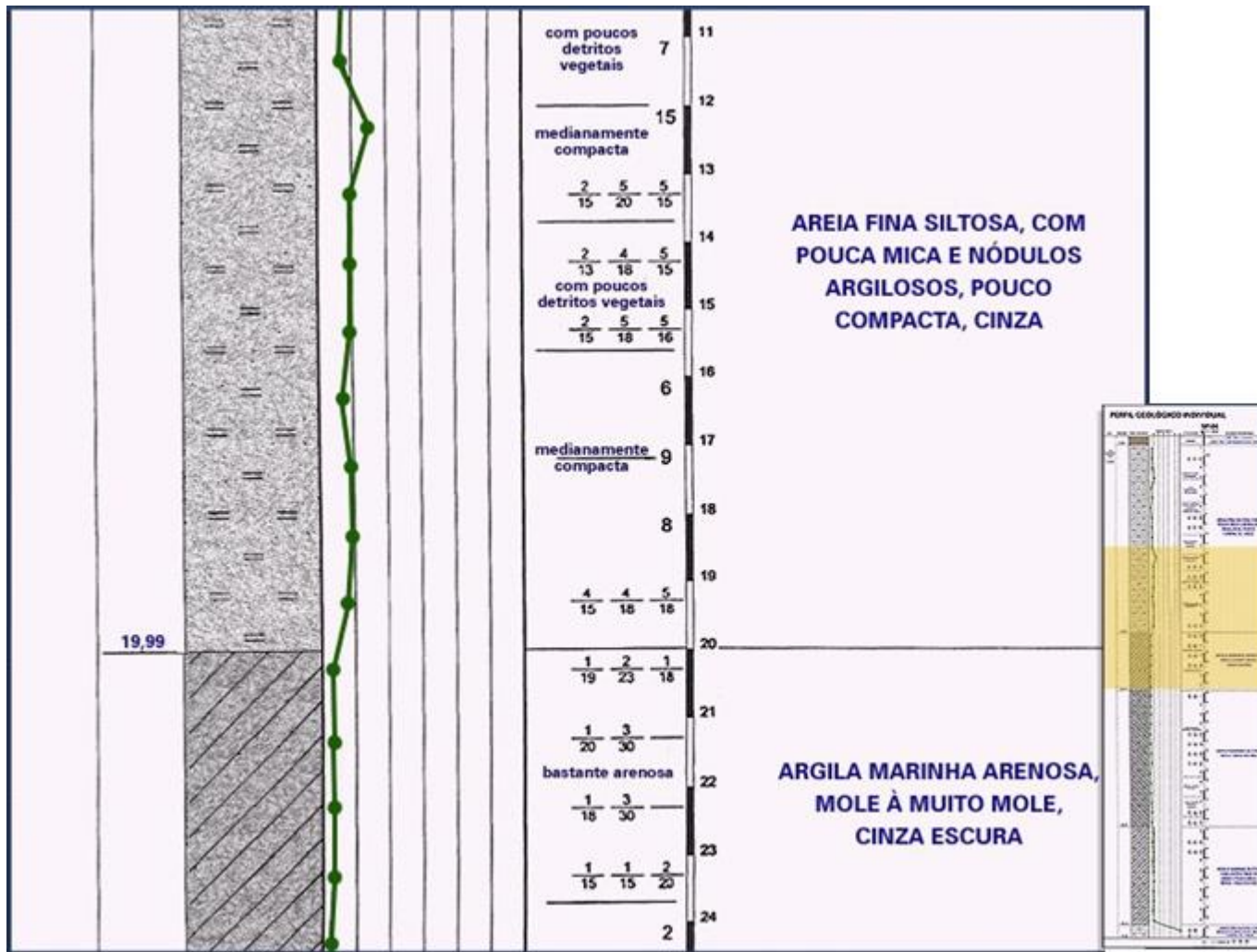
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Exemplo de obra – estação



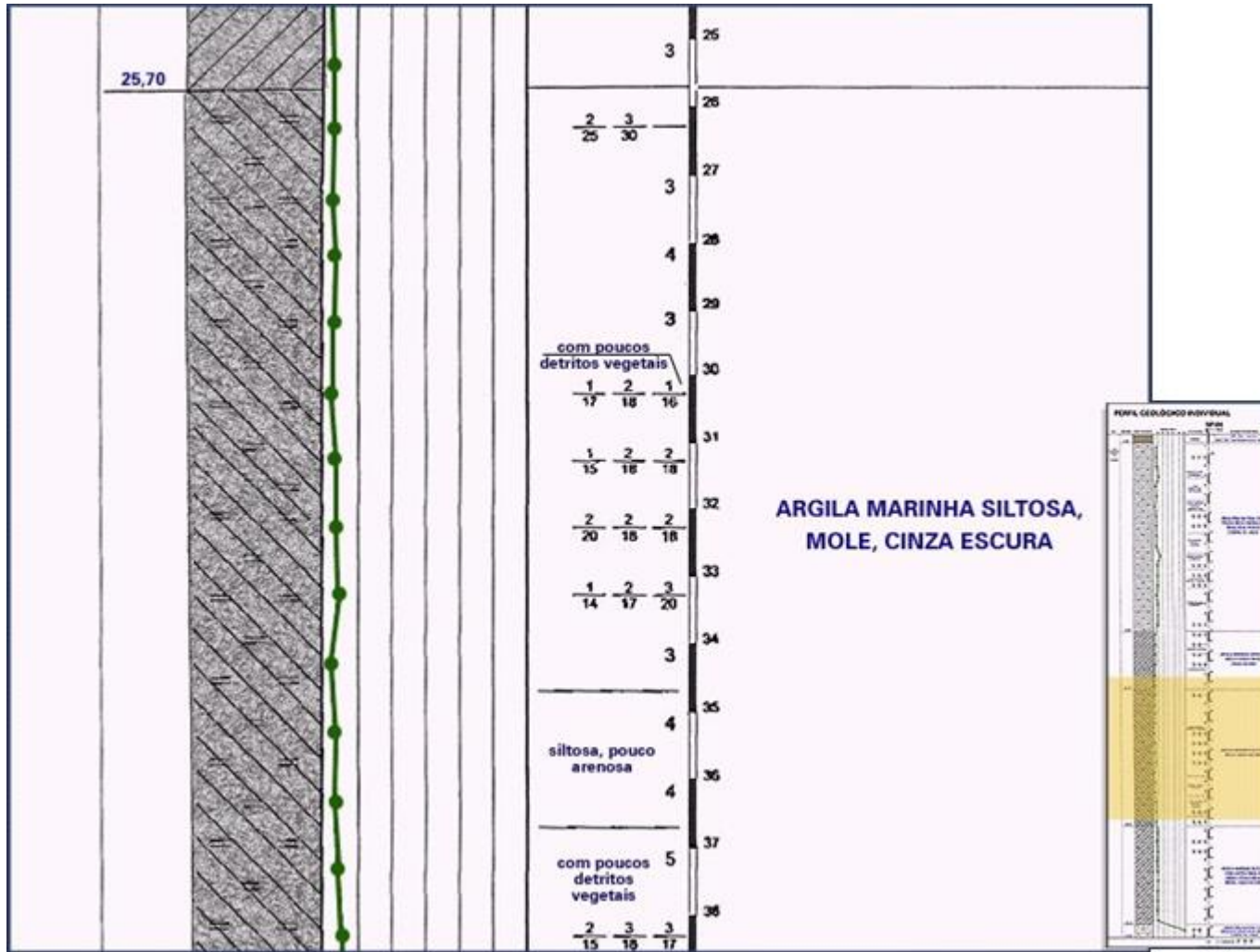
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Exemplo de obra – estação



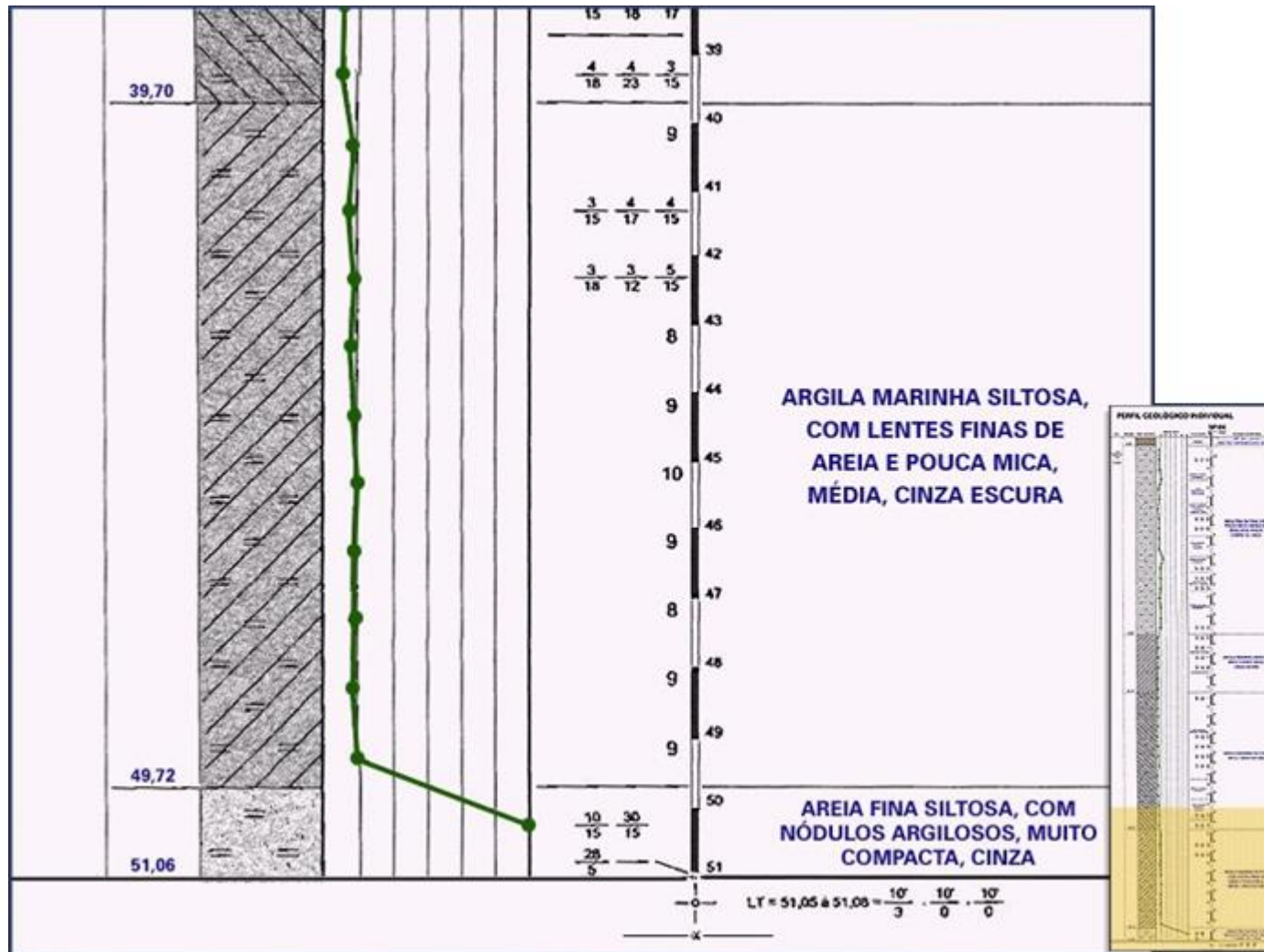
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Exemplo de obra – estação



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Exemplo de obra – estação



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Patologias

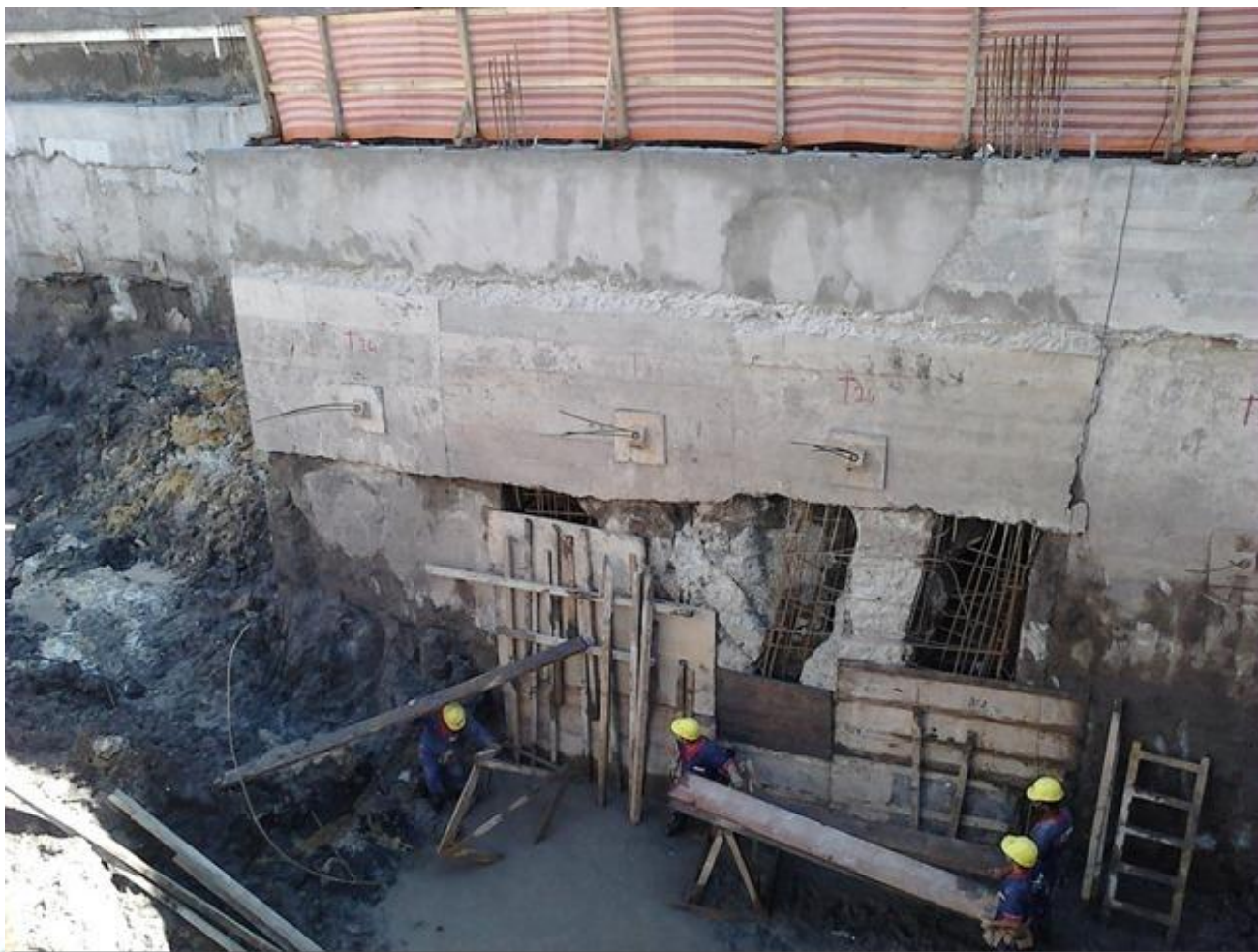
Falta de viga de coroamento em parede diafragma:



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Patologias

Falha de concretagem:



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Patologias

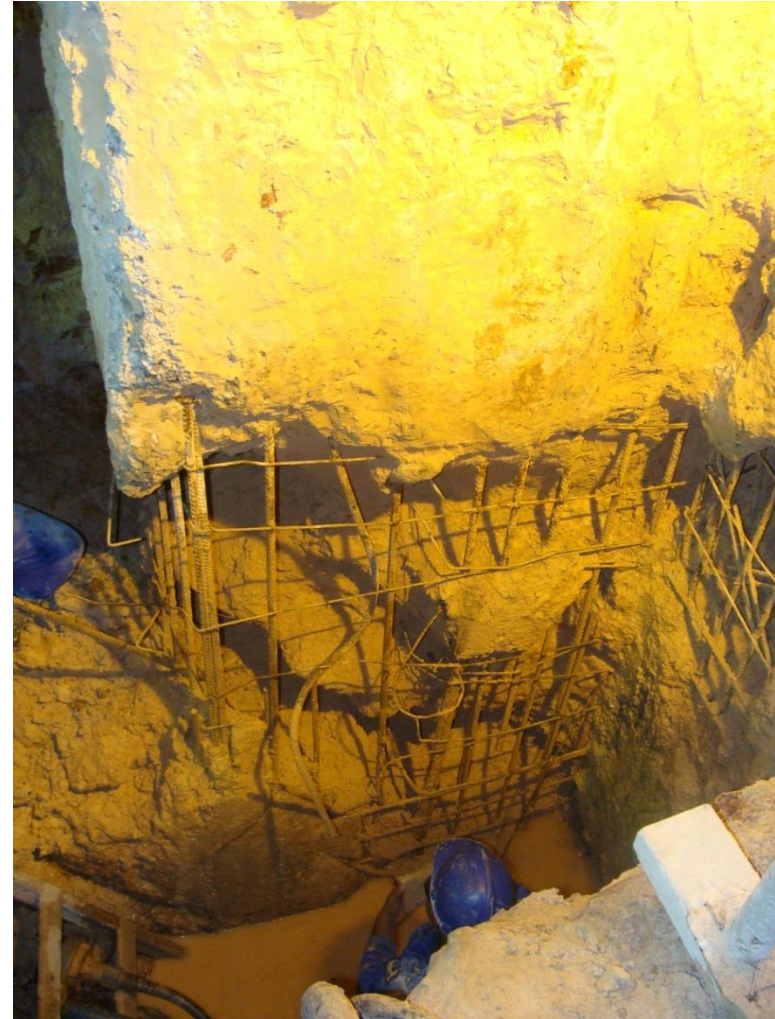
Falta de desarenação:



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Patologias

Falta de desarenação:



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Patologias

Falta de desarenação:

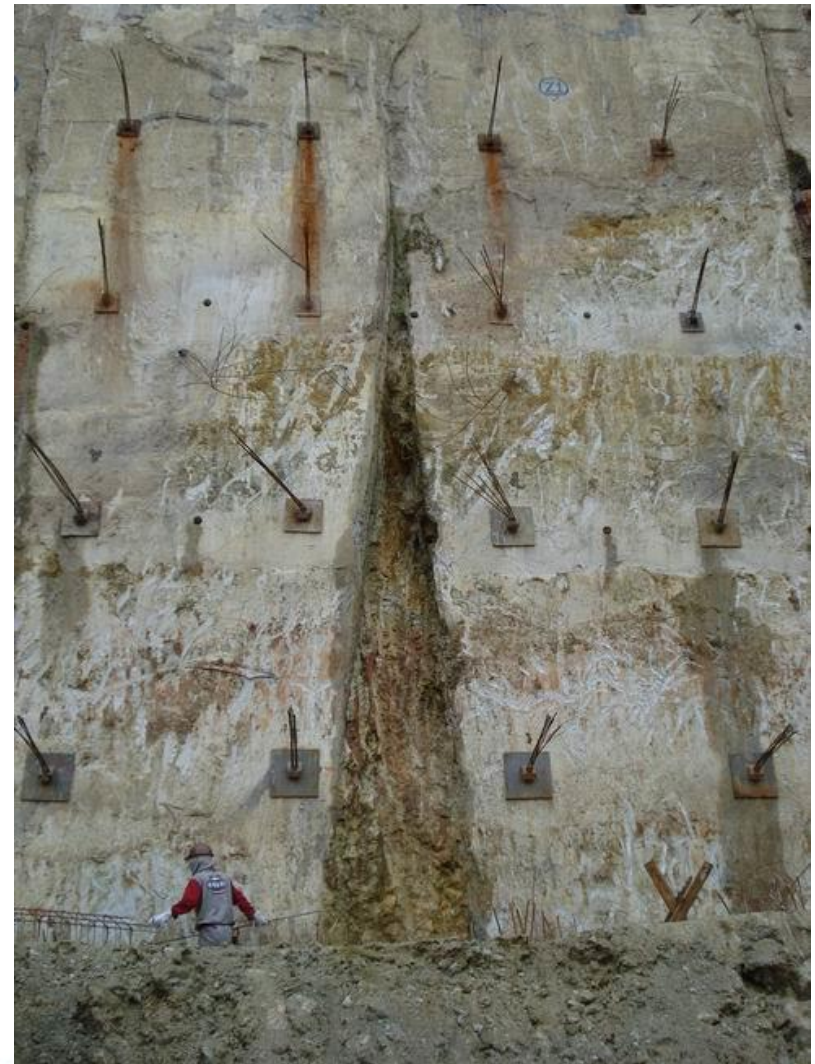
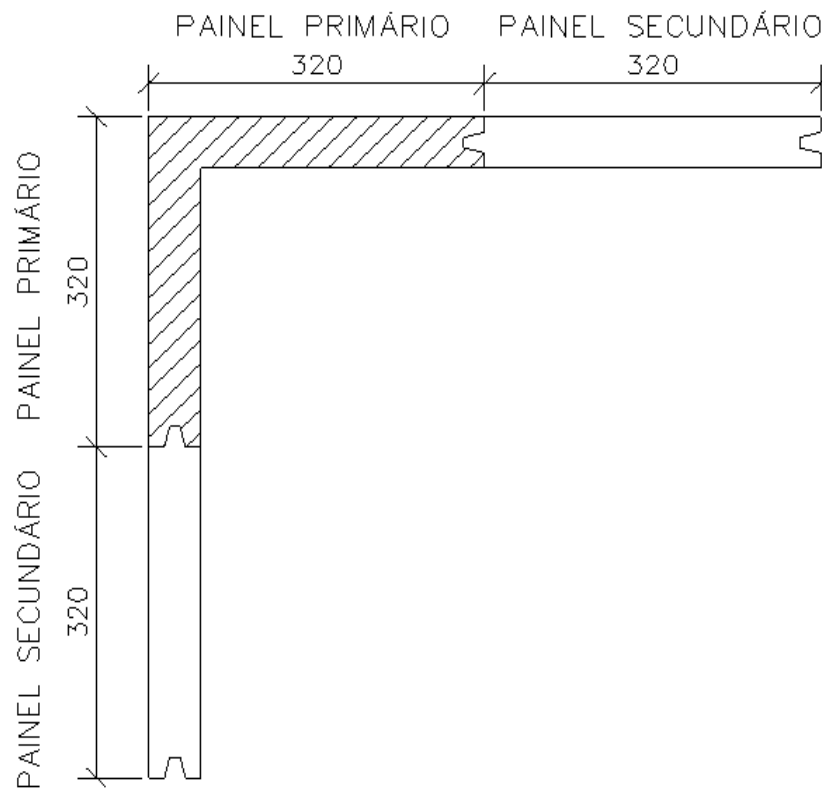


Vídeo: Patologia em parede diafragma.
Fonte: Acervo ZF.

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Patologias

Falta de desarenação:



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Patologias

Falha na concretagem devido a desbarrancamento durante a escavação (os 2m superiores foram argamassados): dificuldade na dosagem do polímero.



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Patologias

Cabeça do tirante com vazamento:



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Patologias

Ficha reduzida devido à dificuldade de perfuração:

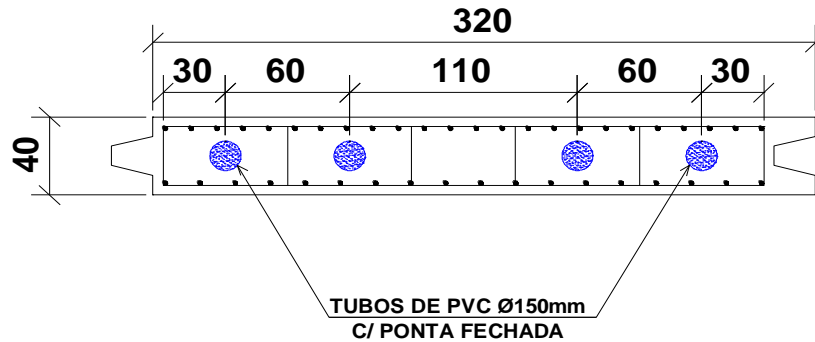


ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

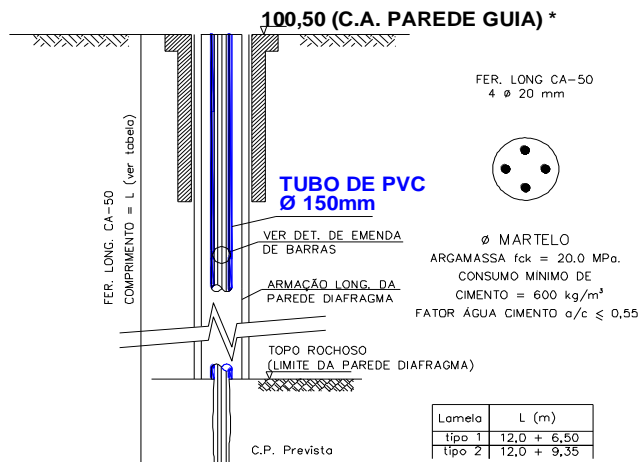
Patologias

Ficha reduzida devido à dificuldade de perfuração:

DETALHE TÍPICO DOS TUBOS DE PVC
PARA EXECUÇÃO DE ESTACAS RAIZ Ø130

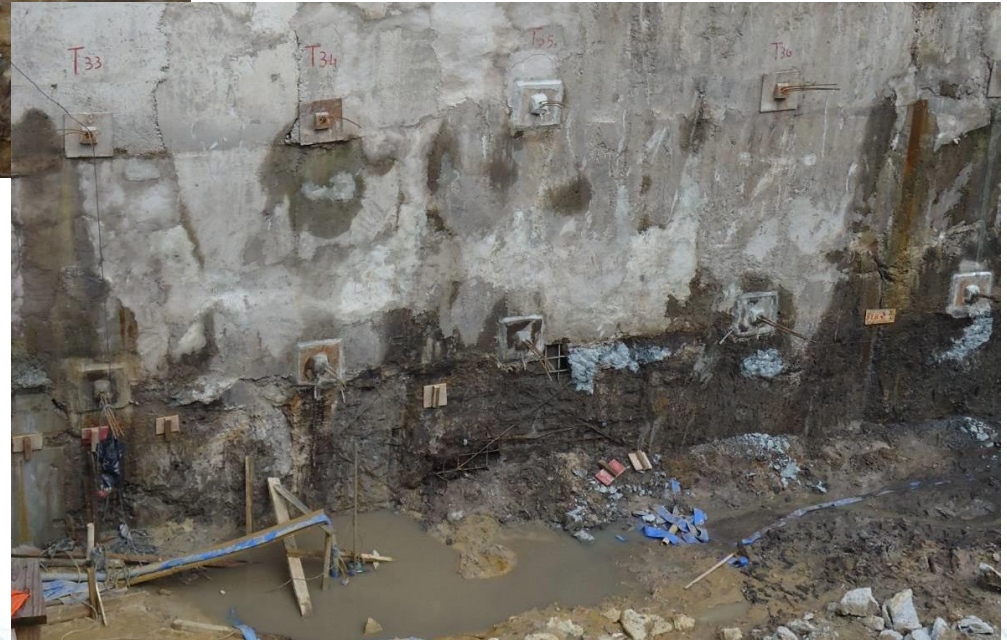


DET. DA ARMAÇÃO DAS ESTACAS RAIZ
S/ ESC.



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Patologias



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Patologias



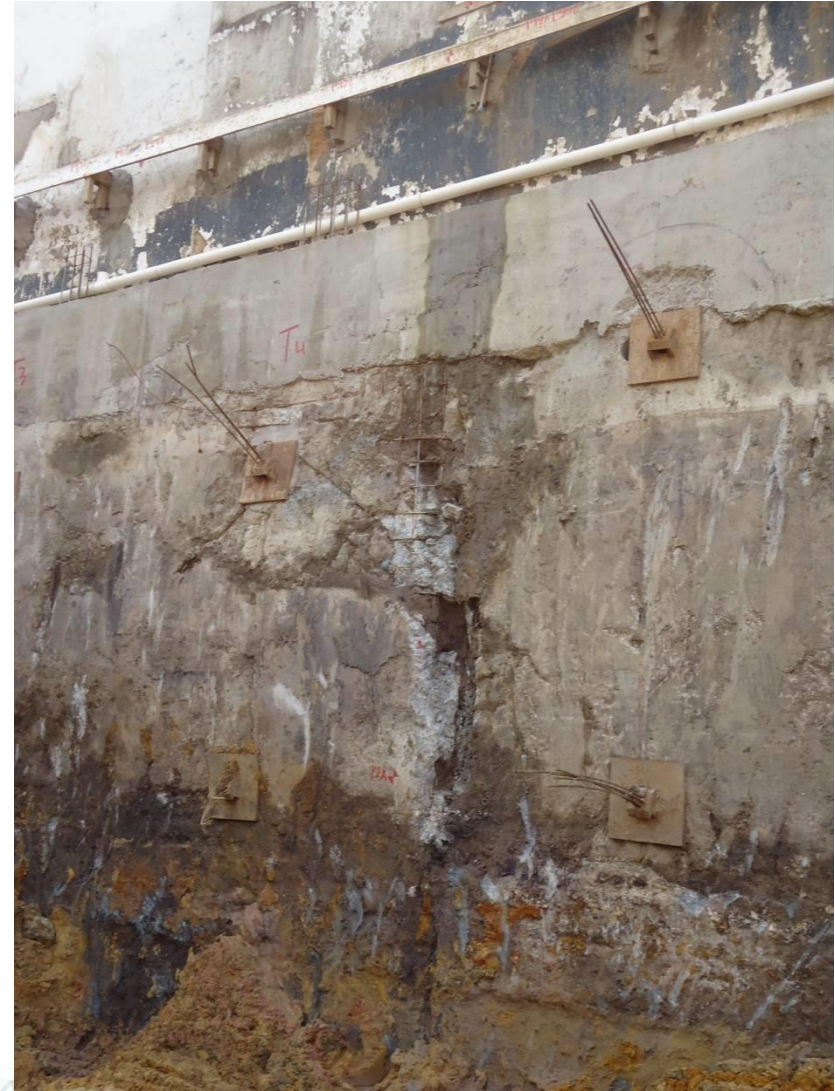
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Patologias



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Patologias



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Patologias



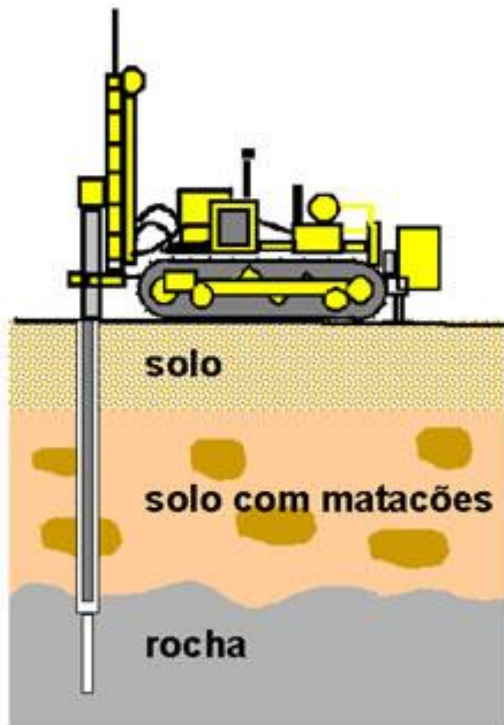
ESTACAS RAIZ

ESTACAS RAIZ

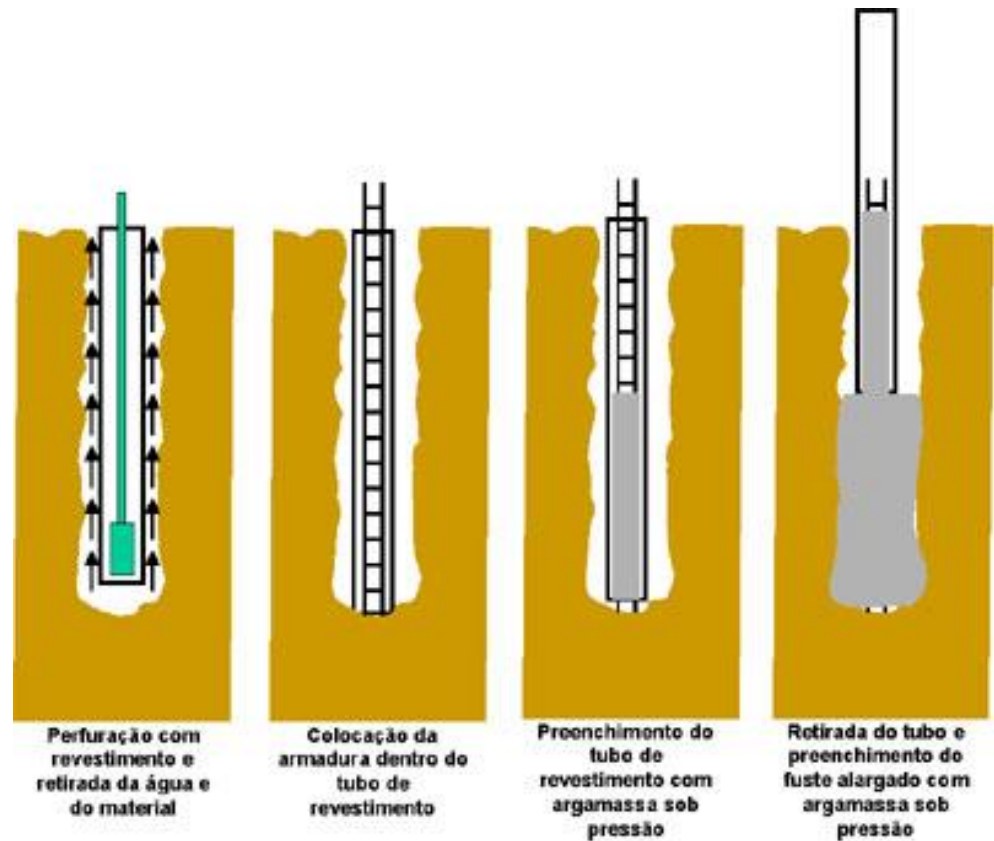
Definições e propriedades

- Estaca raiz é uma estaca escavada moldada in loco, injetada com argamassa e considerada de pequeno diâmetro, entre 100 e 450mm, elevada capacidade de carga baseada essencialmente na resistência por atrito lateral do terreno;
- Indicada para grande variedade de situações como locais de difícil acesso, subsolo com presença de matacões, reforço de fundações existentes, entre outros;
- Se constatada a presença de rocha na ponta, pode ser empregada também como estaca com resistência de ponta. Em ambos os casos, o cálculo de uma fundação em estacas raiz é semelhante ao método clássico utilizado em outros tipos de estacas, e baseia-se na capacidade de carga da mesma isoladamente;
- As estacas raiz tem a grande vantagem de atravessar qualquer tipo de terreno, inclusive rocha, matacão, concreto armado e alvenaria. Não causam vibração nem descompressão do terreno.

ESTACAS RAIZ



Equipamento de perfuração de estacas raiz



Execução de estaca tipo raiz

ESTACAS RAIZ

TABELA DE CONSUMO ESTACA RAIZ

Ø mm	Carga tf	Ø revest Pol	Consumo linear por M de estaca			Ferragem	
			Cimento (kg)	Areia (l)	Água (l)	Principal	Estribo
160	35	5"	20	30	10	4Ø 16mm	5,0 mm
200	50	6"	36	54	18	5Ø 16mm	6,3 mm
250	70	8"	55	82	27,5	6Ø 16mm	6,3 mm
310	100	10"	80	120	40	6Ø 20mm	6,3 mm
400	130	12"	142	213	71	6Ø 20mm	6,3 mm

Consumo de Cimento = 600kg/m^3

Traço: 1 saco de cimento

75 l de areia

20 l a 25 l de água, dependendo da umidade da areia

Os valores de consumo são estimados e variam conforme as condições do terreno.

ESTACAS RAIZ



Carga tf Diâmetro mm	Ø 450	Ø 410	Ø 310	Ø 250	Ø 200	Ø 160	Ø 150	Ø 120	Ø 100
200									
180	10 Ø 20								
160	8 Ø 20								
140	6 Ø 20	7 Ø 22							
120	4 Ø 20	6 Ø 20							
100		4 Ø 20							
90			6 Ø 20						
80			5 Ø 20						
70			6 Ø 16						
60			5 Ø 16						
50	4 Ø 16	6 Ø 16							
40				6 Ø 16					
30				5 Ø 16					
20			4 Ø 16		5 Ø 16				
10				4 Ø 16	4 Ø 16	3 Ø 20			
						4 Ø 16	3 Ø 20		
						3 Ø 16	3 Ø 16	3 Ø 20	
								3 Ø 20	
								6 Ø 16	
								1 Ø 25	
									1 Ø 25
ESTRIBOS	Ø 6 ³ c/20	Ø 6 ³ c/20	Ø 6 ³ c/20	Ø 6 ³ c/20	Ø 5 ³ c/20				

Argamassa
 $\gamma_c = 1.6$
 Aço CA-50
 $f_{yd} = 420 \text{ MPa}$

ESTACAS RAIZ



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



ESTACAS RAIZ



ESTACAS RAIZ

Procedimento

1. Perfuração: é realizada por rotação de tubos auxiliada por circulação de água. Na extremidade do tubo é acoplada uma coroa de perfuração adequada às características geológicas da obra.



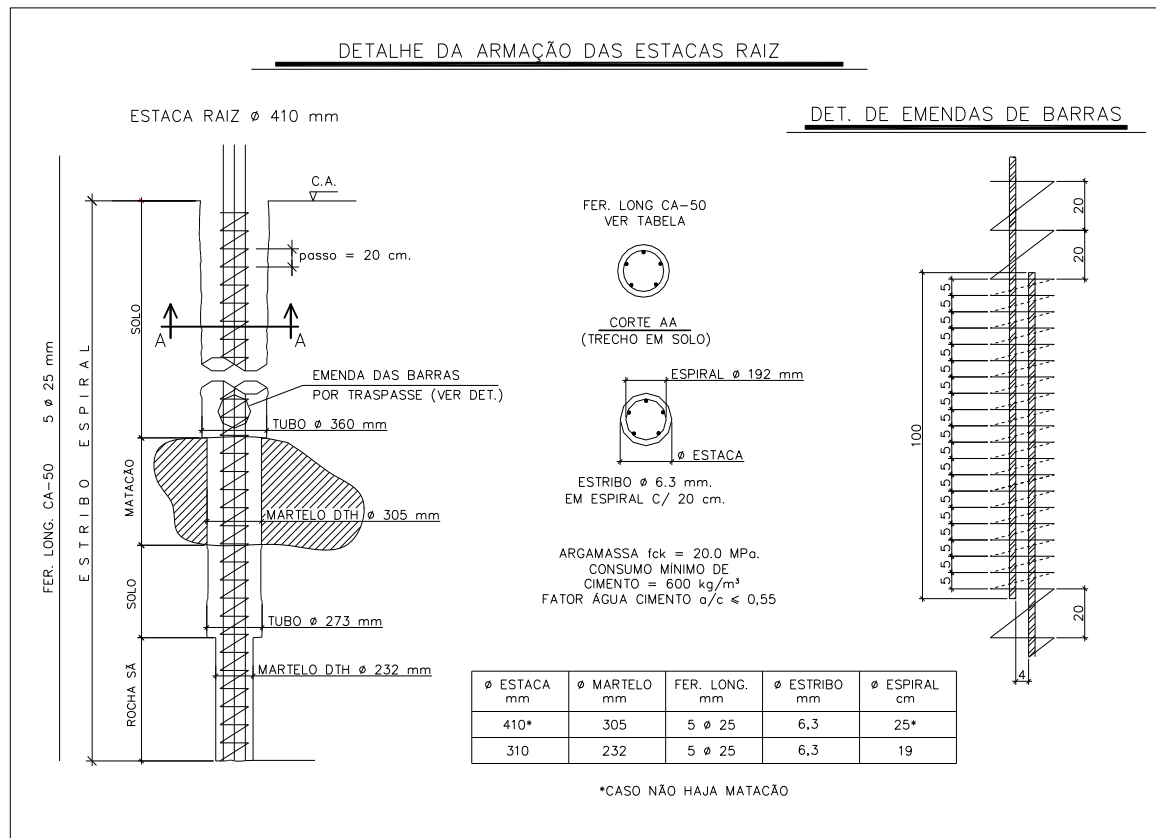
ESTACAS RAIZ

Procedimento

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, constante ou variável ao longo do fuste.

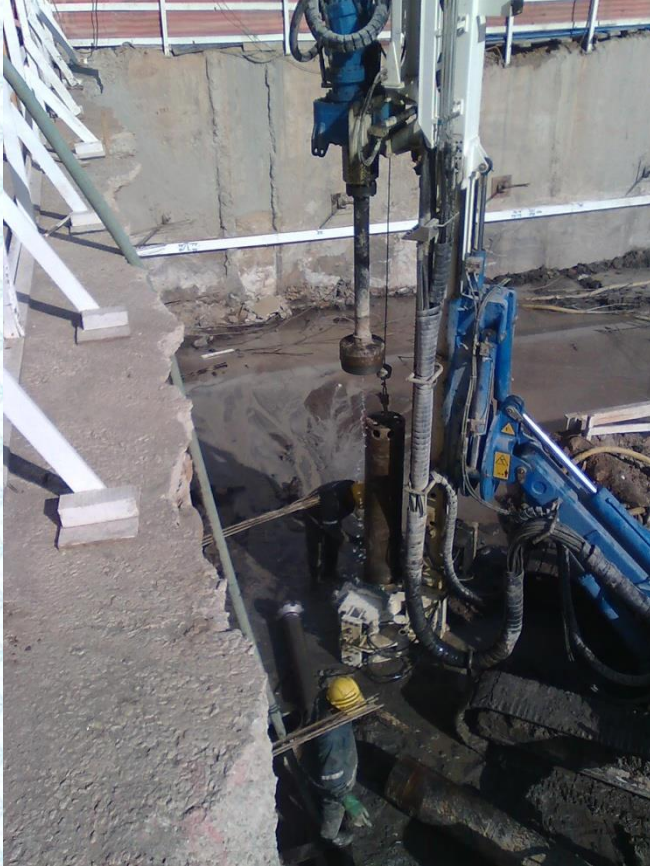


ESTACAS RAIZ



Diâmetro nominal da estaca	mm	150	160	200	250	310	400	450
Diâmetro mínimo externo do tubo de revestimento	mm	127	141	168	220	273	355	406
Diâmetro interno do tubo de revestimento	mm	96	115	139	190	247	330	381
Diâmetro do martelo de fundo	mm	88	101	127	178	228	305	355

ESTACAS RAIZ



ESTACAS RAIZ



ESTACAS RAIZ



ESTACAS RAIZ



ESTACAS RAIZ



ESTACAS RAIZ



ESTACAS RAIZ



ESTACAS RAIZ



ESTACAS RAIZ



ESTACAS RAIZ



ESTACAS RAIZ



Vídeo: Metodologia executiva – estacas raiz.
Fonte: Roca Fundações S/S Ltda.

ESTACAS RAIZ



Vídeo: Estaca raiz – perfuração em rocha.

Fonte: Acervo ZF.

ESTACAS RAIZ

F = 2									
γ_C	1,5		γ_S	1,19		γ_{F1}	1,4		
fck (tf/cm ²)	0,2		fyk (tf/ cm ²)	5		γ_N	variável		NBR
Diâmetro (cm)	10	12	15	16	20	25	31	41	
Carga (tf)	15	20	30	35	50	70	100	150	
Área (cm ²)	78,54	113,10	176,71	201,06	314,16	490,87	754,77	1320,25	
$\gamma_N = 1+4e/d$	1,20	1,17	1,13	1,13	1,10	1,08	1,06	1,05	
e =	0,5 cm								
Ac (cm ²)	75,09	108,80	170,51	193,65	304,51	479,17	739,93	1304,61	
As (cm ²)	3,45	4,30	6,20	7,42	9,65	11,71	14,84	15,64	6122
%	4,59%	3,95%	3,64%	3,83%	3,17%	2,44%	2,01%	1,20%	
Ac (cm ²)	74,55	108,24	169,97	193,15	304,03	478,59	739,23	1302,97	
As (cm ²)	3,99	4,86	6,75	7,91	10,13	12,29	15,54	17,28	6118
%	5,35%	4,49%	3,97%	4,10%	3,33%	2,57%	2,10%	1,33%	

ESTACAS RAIZ



PERFURAÇÃO DE ESTACA RAIZ

A escavação da estaca tipo raiz é executada mediante a utilização de perfuratrizes (hidráulicas, mecânicas ou pneumáticas) que introduzem no solo elementos tubulares de aço rosqueáveis, denominados revestimento, com circulação direta de água ou ar para remoção dos resíduos de perfuração.

O revestimento é preferencialmente instalado em toda a extensão da perfuração devido à necessidade geotécnica e/ou estrutural do projeto. Entretanto, caso as características do terreno permitam, pode ser parcial, desde que garantida a integridade do fuste. Neste caso a perfuração abaixo do revestimento é feita também por rotação, com auxílio de circulação d água, quando necessário, e com uma ferramenta tipo tricone e/ou martelo de fundo. Tal situação ocorre, normalmente, devido a presença de um litotipo de alta resistência. Quando necessário a presença de fluido lubrificante, o mais comum é o emprego da água como elemento auxiliar da perfuração e limpeza.

A água industrial é pressurizada por bomba que a injeta de forma ascendente eliminando os resíduos de perfuração, denominando-se sistema de perfuração rotativa de circulação direta. Neste sistema, a água injetada sob pressão faz a hidroruptura do solo, reduzindo os atritos e possibilitando o avanço de tubo de revestimento, expulsando simultaneamente os detritos originados no avanço da ferramenta, visando assim a manutenção da integralidade do fuste.

Para atingir a tais objetivos, a bomba empregada tem que ter capacidade de vazão e recalque, podendo ser de propulsão elétrica ou diesel. Dessa maneira, têm que aliar diâmetro e profundidade da perfuração, e solo/ rocha a ser perfurado.

No mercado existem diversas marcas comerciais que atendem às características necessárias. Comumente trabalha – se com bombas com potência variando de 15 a 30 hp e com vazão de 35 a 40m³/ L (cerca de 600 L/ min.), conforme curva anexa.

Para a travessia de material resistente ou embutimento da estaca em rocha a perfuração será através de processo roto-percussivo, com a utilização de martelo de fundo internamente ao revestimento. Dependendo das características do maciço, pode ser necessário o avanço do revestimento também neste caso.



A penetração em rocha, normalmente se faz com o emprego de martelo de fundo – DTH (Down The Role), dotado de ferramenta denominada bits, em sua extremidade inferior, e alimentado pelo uso de ar comprimido.

Em função do diâmetro do furo, profundidade da perfuração, a litologia a ser perfurada, e a profundidade topo rochoso, busca-se o uso do conjunto mais adequado.

Como o avanço na perfuração em rocha se faz mediante a transmissão de energia, o sistema tem que empregar na rocha energia suficiente para que a propagação de sua onda a destrua, propiciando ainda a expulsão dos detritos e o avanço do DTH.

Como temos rochas brandas, dura e extra duras, o conjunto empregado tem que estar apto a destruí-las, considerando- se ainda as possíveis variáveis estruturais - presenças de fraturas, de veios, plano de inclinação, etc.

Deste conjunto de variáveis tem que se optar pelo tipo de DTH a ser empregado, características dos bits (boião, pastilha, tipo de faces, etc.) compressor e hastes. Objetivamente podemos dividi-las em conjunto de baixa pressão ou conjunto de alta pressão.

No conjunto de baixa pressão os compressores trabalham com vazão de ar predominantemente até 900 pcm (o mais comum é o de 750 pcm) e com pressão efetiva de trabalho até 12BAR.

Tais sistemas são empregados em perfuração de pequenos diâmetros (até 310 mm) em rocha branda ou de medianamente dura a dura.

Furos com diâmetros superiores a 310 mm, em rocha dura a extra dura recomenda-se o uso de compressores de alta pressão, com vazão de ar superior a 900 pcm e pressão de trabalho variando de 16 a 25 bar. Tem que se alertar sobre a necessidade de, ao se utilizar os compressores de alta pressão, se utilizar de todo o sistema de alta pressão - mangotes, hastes, amortecedores, DTH, bits e da própria perfuratriz fundamentais não apenas da obtenção dos resultados esperados, mas para a preservação dos equipamentos e acessórios e, sobretudo, para garantir a integridade dos funcionários , pois o sistema impõe alto risco a integridade física dos mesmos.

Embora os compressores possam ter motores elétricos e serem estacionários, o mercado apresenta a ampla predominância no uso de motores diesel e serem moveis (sobre rodas).

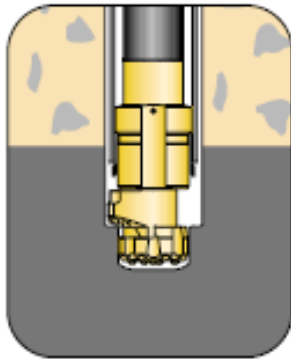
Atualmente com o avanço tecnológico existem diversas opções combinadas de vazão de ar e pressão, alterando de certa maneira à relação direta anteriormente estabelecida: compressores de maior pressão eram também os de maior vazão. Hoje tal relação não é necessariamente uma regra, podendo se, por exemplo, utilizar um compressor de 825 pcm com pressão de 16 bar.

Cumpra então ao executor optar pelo melhor conjunto de acordo com a sua realidade e necessidades.

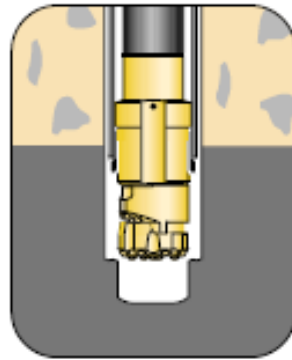
ESTACAS RAIZ

ODEX

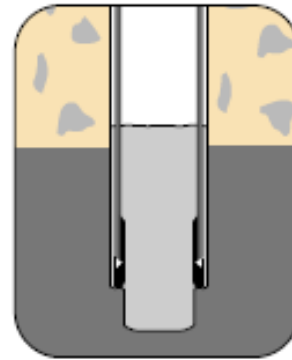
ODEX drilling step-by-step:



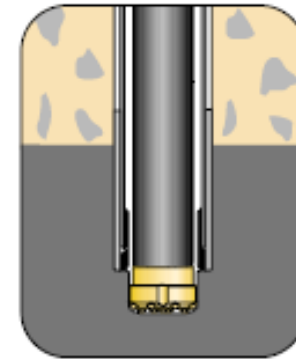
1 When drilling starts, the ODEX reamer swings out and reams the pilot-hole wide enough for the casing tube to slide down behind the drill bit assembly.



2 When the required depth is reached, rotation is reversed, whereupon the reamer swings in, allowing the drill bit assembly to be pulled up through the casing.



3 Casing tubes that are to be left in the drill hole should be sealed at the bottom of the hole by means of cement grout or some other sealing agent.



4 Drilling continues to the desired depth in the bedrock using a conventional drillstring.

ESTACAS RAIZ ODEX



ESTACAS RAIZ ODEX



ESTACAS RAIZ

ODEX



ESTACAS RAIZ

ODEX



ESTACAS RAIZ

ODEX



ESTACAS RAIZ

ODEX



ESTACAS RAIZ

ODEX



ESTACAS RAIZ

ODEX



ESTACAS RAIZ

ODEX



ESTACAS RAIZ

ODEX



ESTACAS RAIZ

ODEX



ESTACAS RAIZ

ODEX



ESTACAS RAIZ

ODEX



ESTACAS RAIZ

ODEX



ESTACAS RAIZ

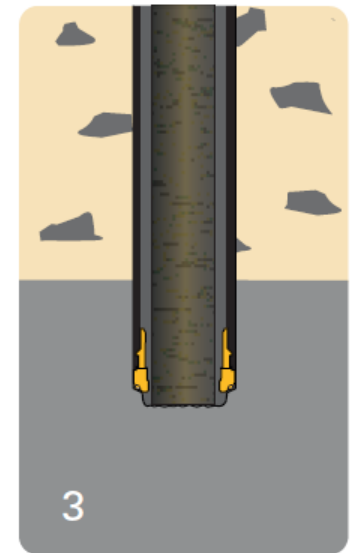
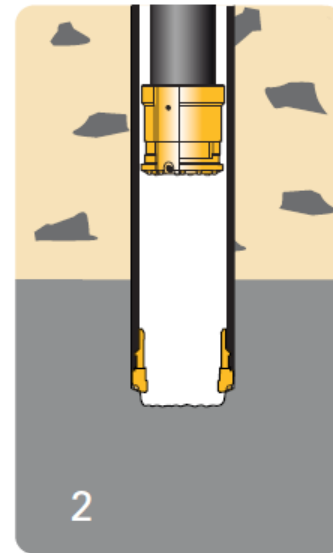
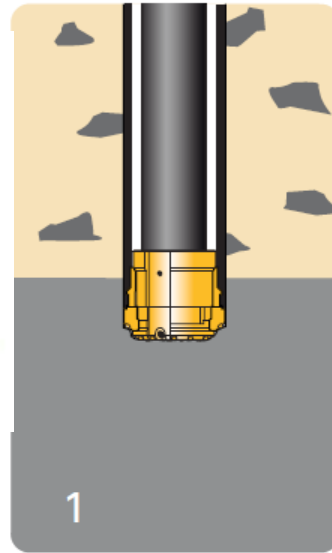
ODEX



ESTACAS RAIZ SYMMETRIX



Symmetrix heavy-duty system with a solitary ring bit, which can be connected to a casing shoe by optional welding ring.



Installing end bearing piles

1. Casing is installed until bedrock.
2. Drill string is pulled out from the hole.
3. Reinforcement element is installed and concrete poured into the hole.

ESTACAS RAIZ SYMMETRIX



Vídeo: Martelo Symmetrix.
Fonte: Atlas Copco.

ESTACAS RAIZ

Reforço de fundações



ESTACAS RAIZ

Reforço de fundações



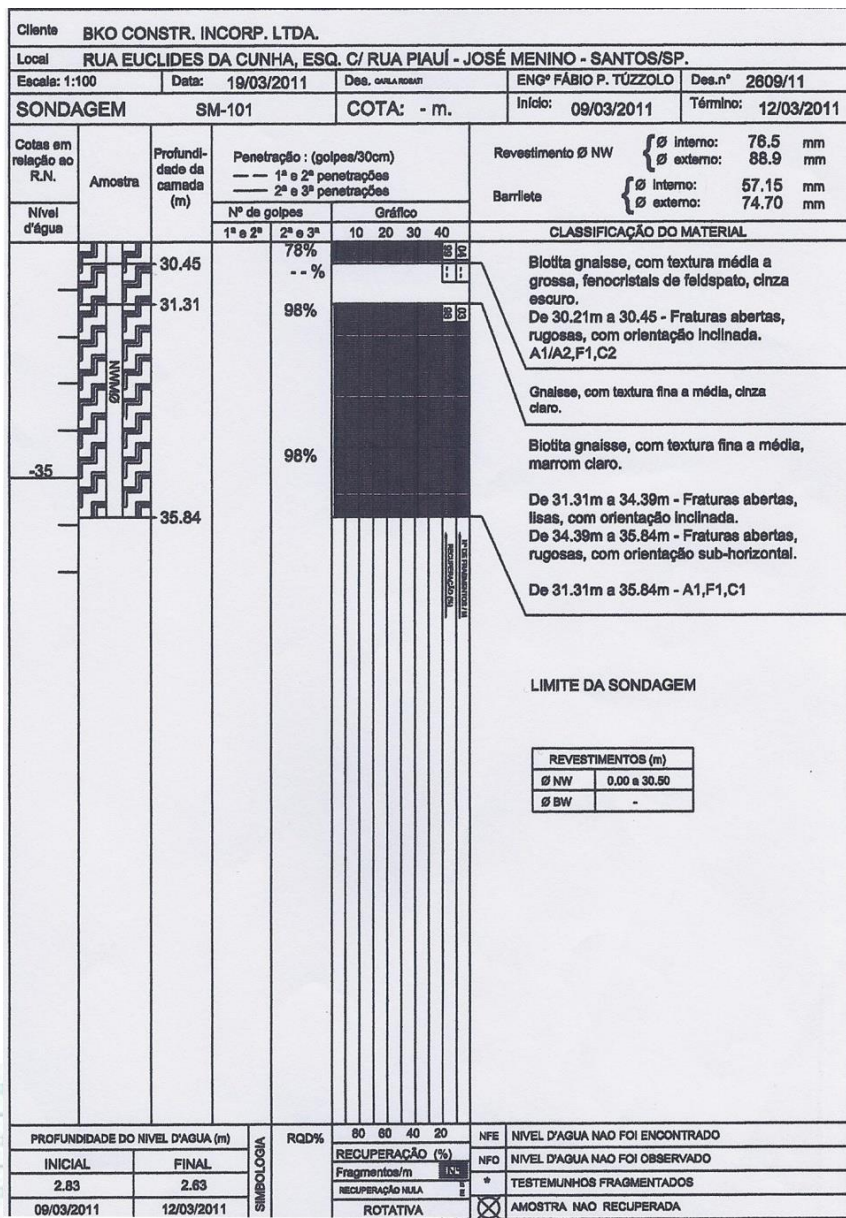
ESTACAS RAIZ

Sondagem – necessidade de estaca raiz

Clientes										BKO CONSTR. INCORP. LTDA.									
Local										RUA EUCLIDES DA CUNHA, ESQ. C/ RUA PIAUÍ - JOSÉ MENINO - SANTOS/SP.									
Escala: 1:100			Data: 19/03/2011			Des. ORLA/ROB/01			ENGº FÁBIO P. TÚZZOLO			Des.nº 2609/11							
SONDAGEM					SM-101					COTA: - m.					Início: 09/03/2011		Término: 12/03/2011		
Cotas em relação ao R.N.		Amostra	Profundidade da camada (m)	Penetração : (golpes/30cm)				Revestimento Ø NW				Barrilete							
Nível d'água	Nº de golpes			1ª e 2ª		2ª e 3ª		10		20		30		40		Ø interno:		Ø externo:	
		CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL																	
		15	16.20	2/47	1/17														
		16		3/48	2/20														
		17		2/46	1/16														
		18		2/45	1/18														
		19		2/32	2														
	-20	20		2	2/33														
		21		2/35	2														
		22		2/49	1/19														
		23		2/55	1/20														
	-25	24		P/51	1/36														
		25		2/47	1/20														
		26	26.10	2	3														
		27		2	3														
		28		3	4														
		29		3	4														
	-30	30	30.21		78%														
Com lentas finas de areia.																			
Argila marinha silteosa, pouco arenosa muito mole, cinza escura.																			
Argila marinha silteosa, mole, cinza.																			
Biotita gnáisse, com textura média a grossa, fenocristais de feldspato, cinza escuro. De 30.21m a 30.45 - Fraturas abertas, rugosas, com orientação inclinada. A1/A2,F1,C2																			
CONTINUA NA PRÓXIMA FOLHA																			
PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA (m)				RQD%		80		60		40		20		NFE		NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI ENCONTRADO			
INICIAL		FINAL		RECUPERAÇÃO (%)		Fragm./m		RECUPERAÇÃO NA		ROTATIVA		NFO		NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI OBSERVADO					
2.85		2.63		100		100		100		100		100		* TESTEMUNHOS FRAGMENTADOS					
09/03/2011		12/03/2011		100		100		100		100		100		X AMOSTRA NÃO RECUPERADA					

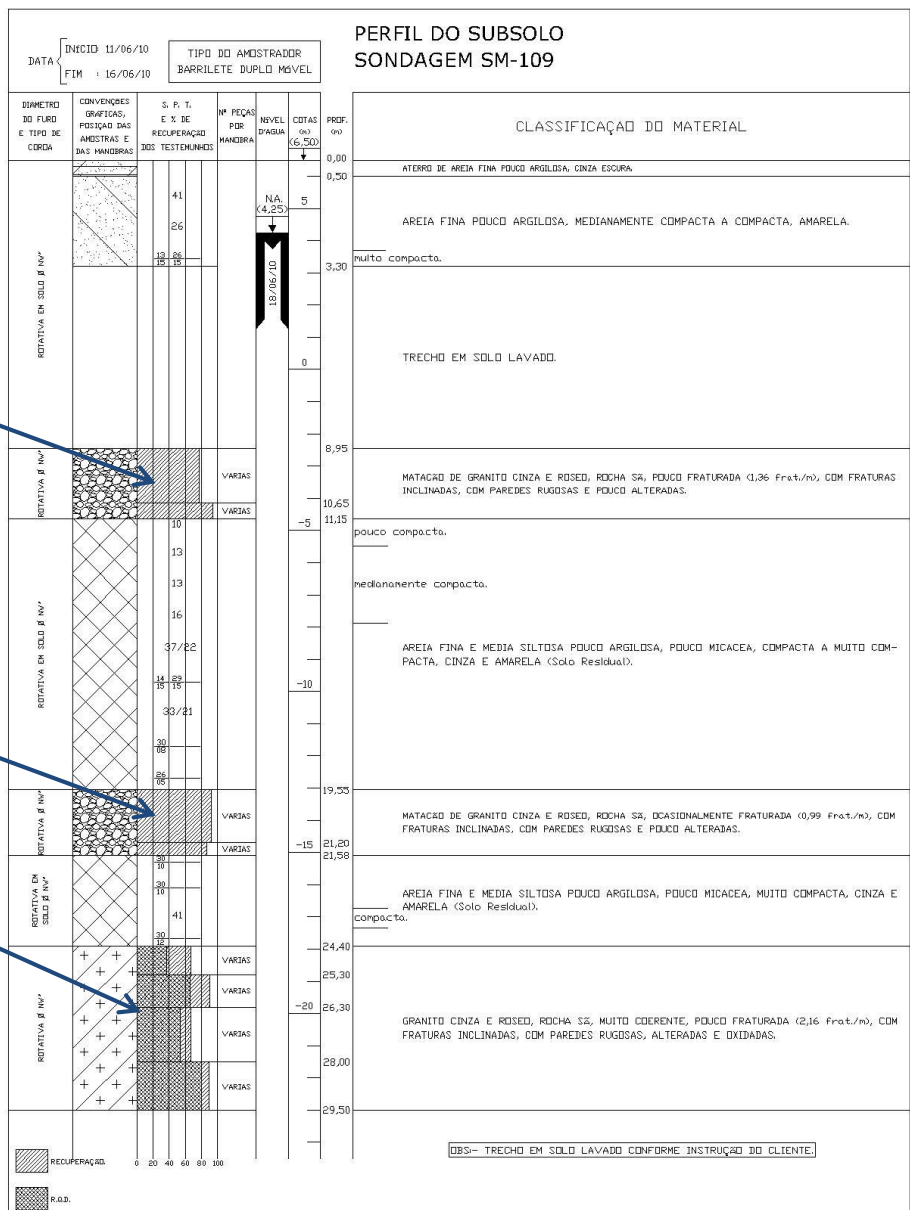
ESTACAS RAIZ

Sondagem – necessidade de estaca raiz



ESTACAS RAIZ

Sondagem – necessidade de estaca raiz



Matacão

Matacão

Rocha

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Métodos de previsão de capacidade de carga

Métodos semi-empíricos

Assim como para estacas escavadas, os métodos para cálculo de capacidade de carga de estacas raiz são baseados na fórmula

$$Q_U = Q_P + Q_S$$

sendo que:

$$Q_P = \alpha \cdot q_P \cdot A_P \quad (\text{parcela de ponta})$$

$$Q_S = \beta \cdot q_S \cdot A_S \quad (\text{atrito lateral})$$

A_S : área lateral da estaca

A_P : área de ponta da estaca

α e β : coeficientes que variam conforme o tipo de estaca e o tipo de solo

ESTACAS RAIZ

Métodos de previsão de capacidade de carga

David Cabral (1986)

O método de David Cabral é utilizado na previsão de capacidade de carga de estacas raiz pois leva em conta a pressão de injeção da nata de cimento durante o processo de execução.

Esse método leva em consideração a variação de camadas atravessadas pela estaca.

ESTACAS RAIZ

Métodos de previsão de capacidade de carga

David Cabral (1986)

Carga resistida pelo atrito lateral: $Q_L = U \cdot \sum (B_0 \cdot B_1 \cdot N \cdot \Delta l)$

Carga resistida pela ponta: $Q_P = B_0 \cdot B_2 \cdot N \cdot A_b$

$$B_0 = 1 + 0,11t - 0,01\phi$$

N: SPT

t: pressão de injeção em kgf/cm²

ϕ : diâmetro final da estaca em cm

$B_1 \cdot N$ e $B_2 \cdot N$ [kgf/cm²]

$$B_0 \cdot B_1 \cdot N \leq 2,0 \text{ kgf/cm}^2$$

$$B_0 \cdot B_2 \cdot N \leq 50 \text{ kgf/cm}^2$$

ESTACAS RAIZ

Métodos de previsão de capacidade de carga

David Cabral (1986)

$$Q_U = Q_P + Q_L \longrightarrow Q_U = U \cdot \sum (B_0 \cdot B_1 \cdot N \cdot \Delta l) + B_0 \cdot B_2 \cdot N \cdot A_b$$

Obtida a capacidade de carga da estaca Q_U , deve-se obter a carga de trabalho de projeto. Para o método de David Cabral:

$$Q_{AD} = \frac{Q_U}{2}$$

ESTACAS RAIZ

Métodos de previsão de capacidade de carga

Lizzi (1985)

Assim como o método de David Cabral, o método de estimativa de carga de Lizzi também foi desenvolvido para estacas raiz e baseia-se nos resultados de sondagens de simples reconhecimento à percussão.

P_R : carga de ruptura.

$$P_R = \alpha \cdot N_p \cdot A_p + \beta \cdot N \cdot P \cdot L$$

ESTACAS RAIZ

Métodos de previsão de capacidade de carga

Lizzi (1985)

$$P_R = \alpha \cdot N_p \cdot A_p + \beta \cdot N \cdot P \cdot L$$

α : coeficiente que depende do tipo de solo em que se situa a ponta da estaca;

N_p : média dos valores dos SPTs medidos 1m acima e 1m abaixo da ponta da estaca (valores acima de 40 golpes devem ser tomados iguais a 40);

A_p : área de ponta da estaca;

β : índice de atrito lateral;

N : média dos valores dos SPTs medidos ao longo do fuste da estaca;

P : perímetro do fuste da estaca;

L : comprimento útil da estaca.

$$P_{AD} = \frac{P_R}{2}$$

P_{AD} : carga admissível.

ESTACAS RAIZ

Sondagem – estação e estaca raiz

Cliente BKO CONSTR. INCORP. LTDA.										
Local RUA EUCLIDES DA CUNHA, ESQ. C/ RUA PIAUÍ - JOSÉ MENINO - SANTOS/SP.										
Escala: 1:100		Data: 19/03/2011		Des. CARLA ROSATI		ENGº FÁBIO P. TÚZZOLO		Des.nº 2609/11		
SONDAGEM SM-101				COTA: - m.		Início: 09/03/2011		Término: 12/03/2011		
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	Penetração : (golpes/30cm)				Revestimento Ø NW			
			— 1ª e 2ª penetrações		— 2ª e 3ª penetrações		{ Ø interno: 76.5 mm		{ Ø externo: 88.9 mm	
Nível d'água			Nº de golpes		Gráfico				Barrilete { Ø interno: 57.15 mm	
			1ª e 2ª	2ª e 3ª	10	20	30	40	Ø externo: 74.70 mm	
CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL										
		16.20	2/47	1/17					Com lentas finas de areia. Argila marinha silteosa, pouco arenosa muito mole, cinza escura.	
			3/48	2/20						
			2/46	1/16						
			2/45	1/18						
			2/32	2						
			2	2/33						
			2/35	2						
			2/49	1/19						
			2/55	1/20						
			P/51	1/36						
		-20								
			2/47	1/20						
		26.10	2	3					Argila marinha silteosa, mole, cinza.	
			2	3						
			3	4						
			3	4						
		-25								
			78%	8 8					Blocha gnáissica, com textura média a grossa, fenocristais de feldspato, cinza escuro. De 30.21m a 30.45 - Fraturas abertas, rugosas, com orientação inclinada. A1/A2,F1,C2	
		30.21								
CONTINUA NA PRÓXIMA FOLHA										
PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA (m)			RQD%		80 60 40 20		NFE NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI ENCONTRADO			
INICIAL		FINAL		RECUPERAÇÃO (%)		NFO NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI OBSERVADO				
2.85		2.63		Fragmentos/m		* TESTEMUNHOS FRAGMENTADOS				
09/03/2011		12/03/2011		RECUPERAÇÃO NA		AMOSTRA NÃO RECUPERADA				
				ROTATIVA						

ESTACAS RAIZ

Sondagem – estação e estaca raiz

Cliente BKO CONSTR. INCORP. LTDA.															
Local RUA EUCLIDES DA CUNHA, ESQ. C/ RUA PIAUÍ - JOSÉ MENINO - SANTOS/SP.															
Escala: 1:100		Data: 19/03/2011		Des. CARLA ROBERT		ENGº FÁBIO P. TÚZZOLO		Des.nº 2609/11							
SONDAGEM SM-101				COTA: - m.		Início: 09/03/2011		Término: 12/03/2011							
Cotas em relação ao R.N.	Amostra	Profundidade da camada (m)	Penetração : (golpes/30cm)				Revestimento Ø NW								
			— 1ª e 2ª penetrações		— 2ª e 3ª penetrações		Ø interno: 76.5 mm		Ø externo: 88.9 mm						
Nível d'água			Nº de golpes		Gráfico				Barriete						
			1ª e 2ª	2ª e 3ª	10	20	30	40	Ø interno: 57.15 mm		Ø externo: 74.70 mm				
CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL															
<p>De 30.21m a 30.45 - Fraturas abertas, rugosas, com orientação inclinada. A1/A2,F1,C2</p> <p>Gnaise, com textura fina a média, cinza claro.</p> <p>Biotita gnaise, com textura fina a média, marrom claro.</p> <p>De 31.31m a 34.39m - Fraturas abertas, lisas, com orientação inclinada.</p> <p>De 34.39m a 35.84m - Fraturas abertas, rugosas, com orientação sub-horizontal.</p> <p>De 31.31m a 35.84m - A1,F1,C1</p>															
LIMITE DA SONDAGEM															
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">REVESTIMENTOS (m)</th> </tr> <tr> <td>Ø NW</td> <td>0.00 a 30.50</td> </tr> <tr> <td>Ø BW</td> <td>-</td> </tr> </table>										REVESTIMENTOS (m)		Ø NW	0.00 a 30.50	Ø BW	-
REVESTIMENTOS (m)															
Ø NW	0.00 a 30.50														
Ø BW	-														
PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA (m)		SIMBIOLOGIA	RQD%	80 60 40 20				NFE NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI ENCONTRADO							
INICIAL	FINAL			RECUPERAÇÃO (%)				NFO NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI OBSERVADO							
2.83	2.63			Fragmentos/m				* TESTEMUNHOS FRAGMENTADOS							
09/03/2011		12/03/2011		RECUPERAÇÃO NULA				AMOSTRA NÃO RECUPERADA							
				ROTATIVA											

ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



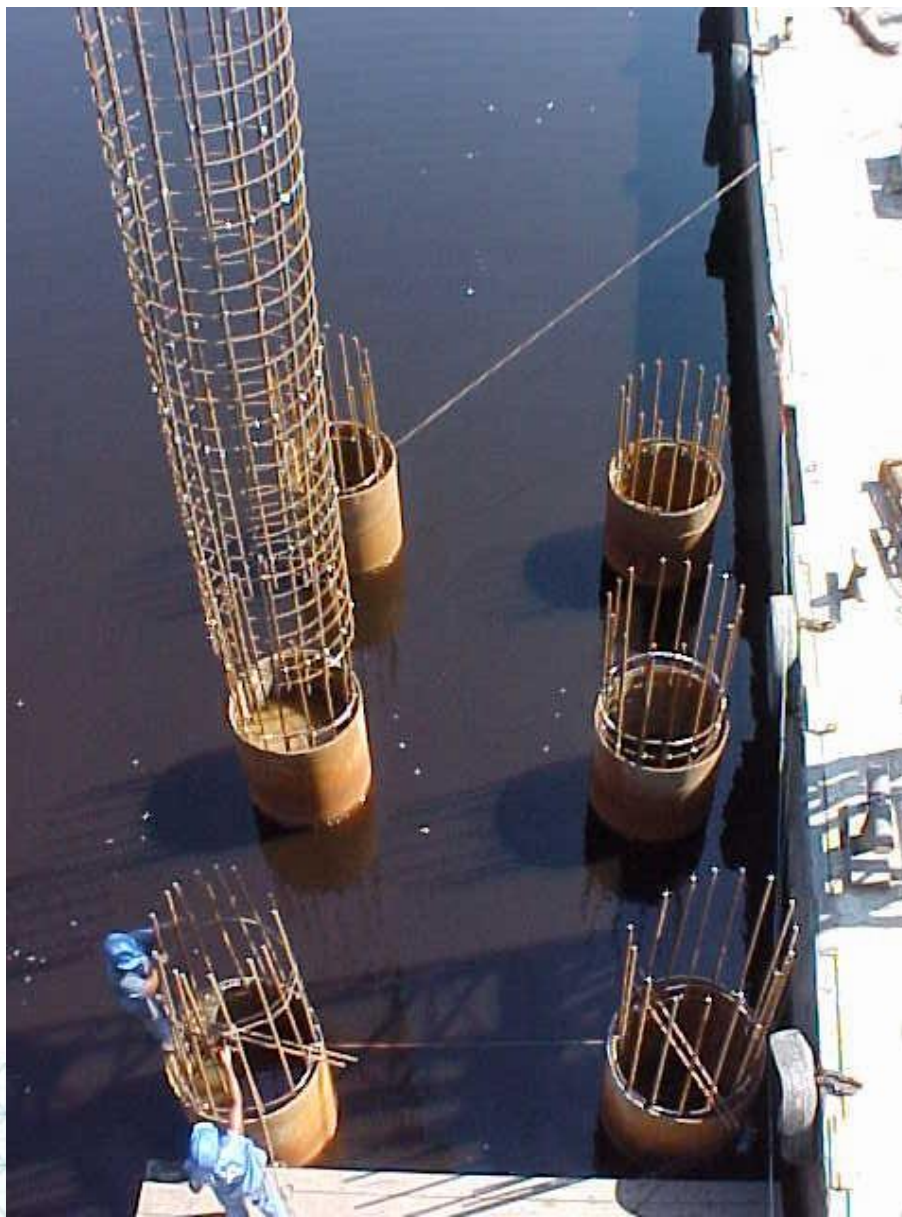
ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



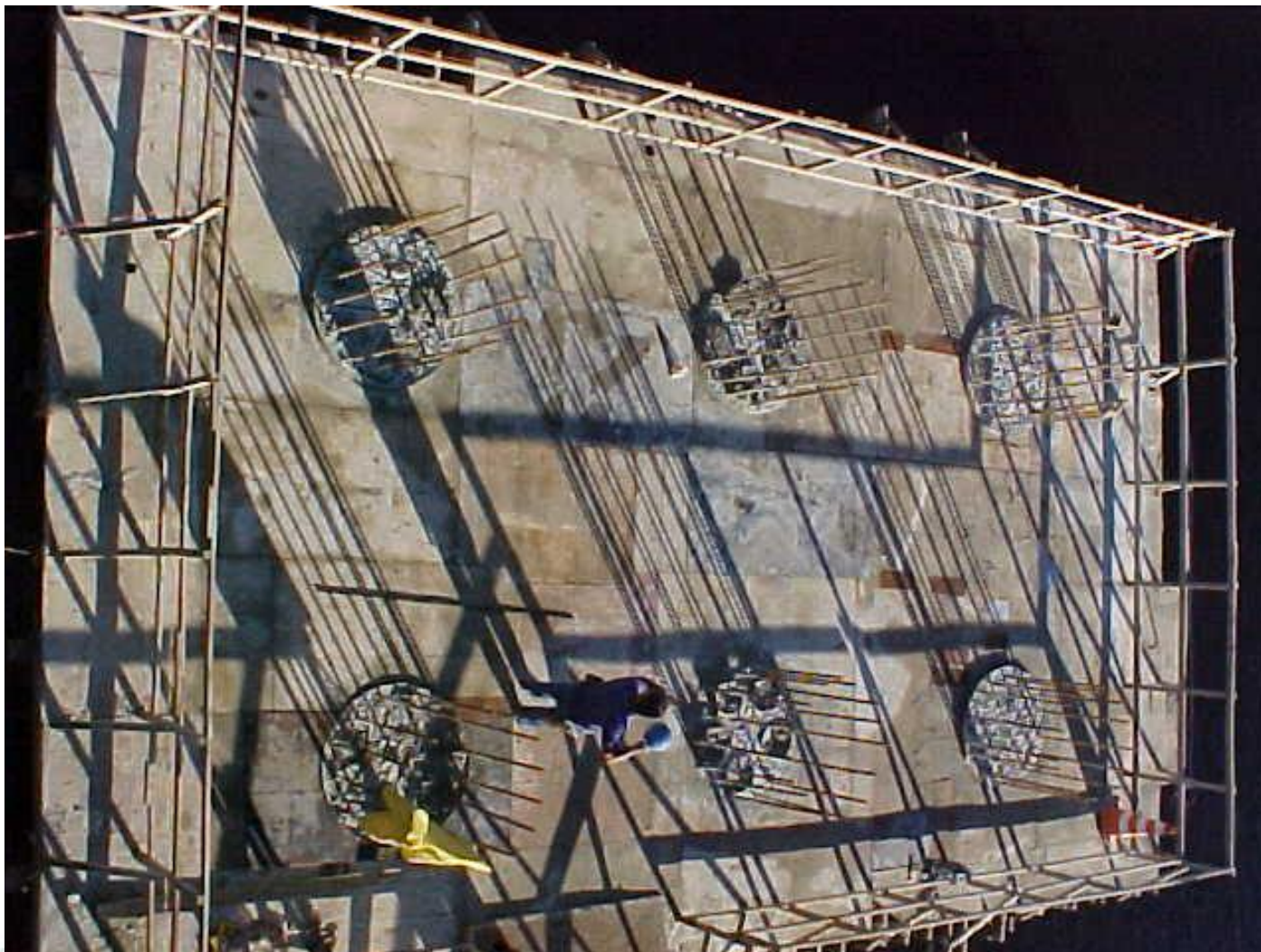
ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



ESTACAS RAIZ

Casos de obra



PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

Consiste, basicamente, em aplicar esforços estáticos à estaca e registrar os deslocamentos correspondentes.

Normatizada pela **NBR 12.131/2006**.

Funções:

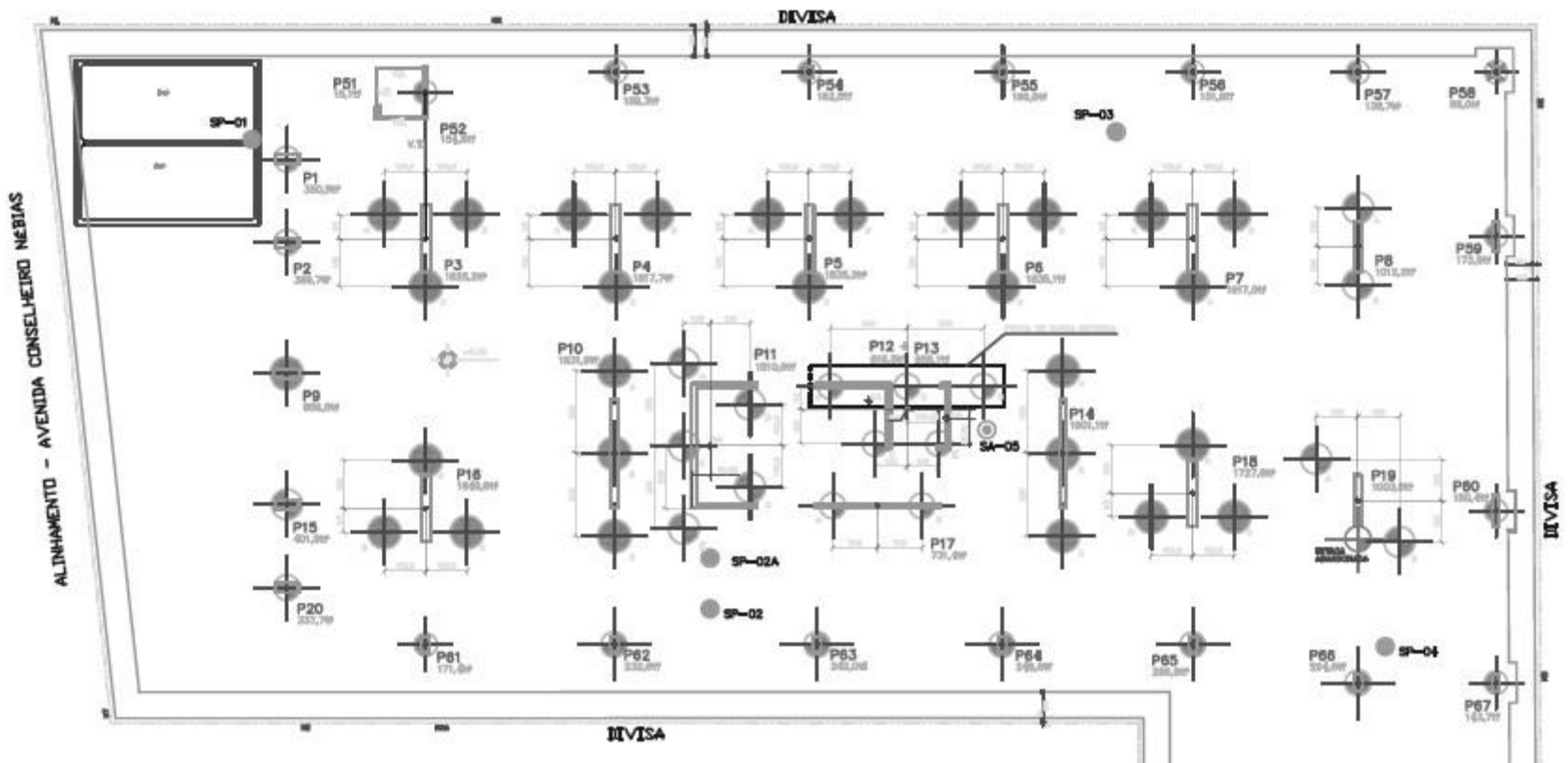
- Comprovação de desempenho das fundações;
- Diminuição do fator de segurança de projeto, se executada previamente à fundação com resultados satisfatórios (prova de carga prévia) .

PROVAS DE CARGA ESTÁTICA

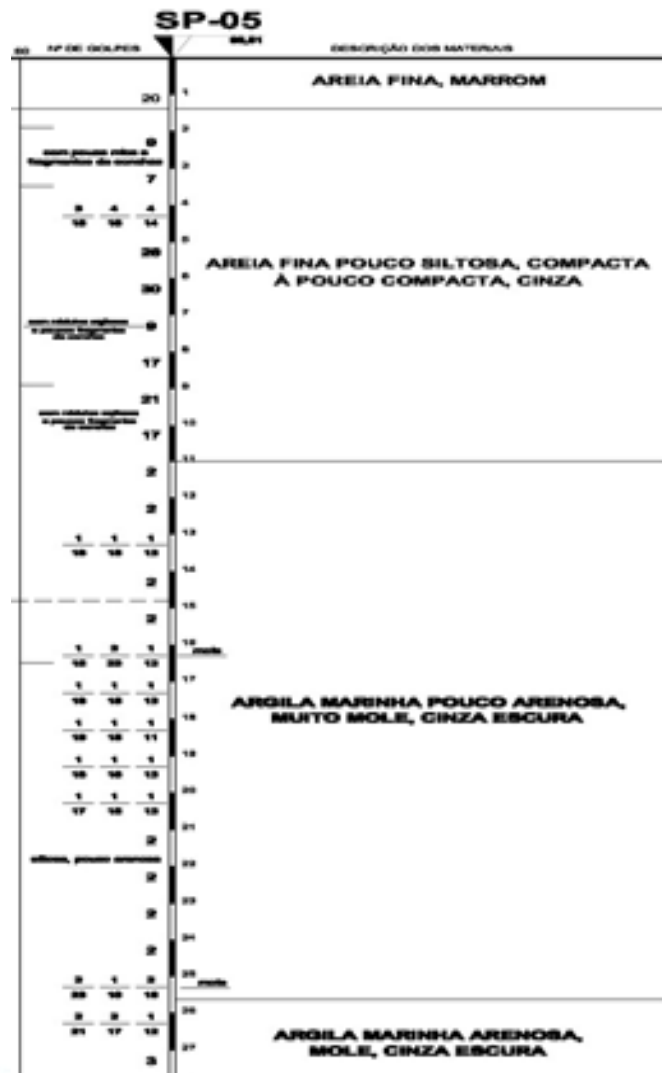
A NBR 6122:2010 tornou obrigatória a execução de provas de carga estática em obras que tiverem um número de estacas superior ao valor da coluna B da tabela:

Tipo de estaca	B Número total de estacas da obra a partir do qual serão obrigatórias provas de carga
Pré-moldada	100
Madeira	100
Aço	100
Hélice e hélice de deslocamento (monitoradas)	100
Estacas escavadas com ou sem fluido $\phi \geq 70\text{cm}$	75
Raiz	75
Microestaca	75
Trado segmentado	50
Franki	100
Escavadas sem fluido $\phi < 70\text{cm}$	100
Strauss	100

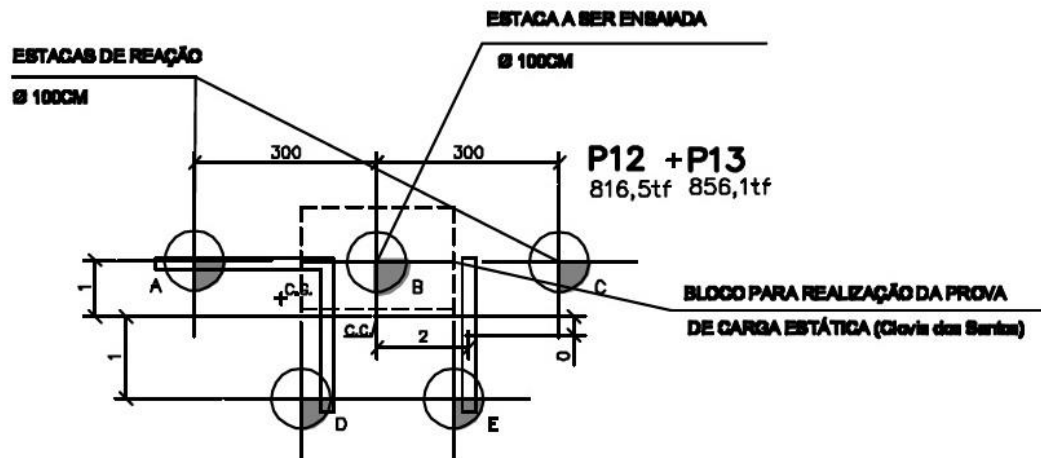
PROVA DE CARGA INSTRUMENTADA EM PROFUNDIDADE EM ESTACA ESCAVADA DE GRANDE DIÂMETRO (SANTOS – SP)



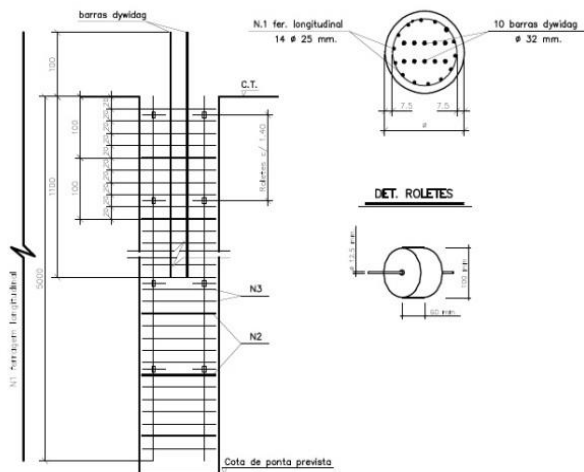
PROVA DE CARGA INSTRUMENTADA EM PROFUNDIDADE EM ESTACA ESCAVADA DE GRANDE DIÂMETRO (SANTOS – SP)



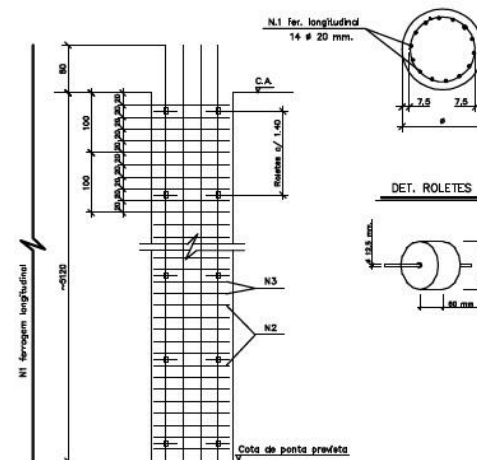
PROVA DE CARGA INSTRUMENTADA EM PROFUNDIDADE EM ESTACA ESCAVADA DE GRANDE DIÂMETRO (SANTOS – SP)



DETALHE P/ARMAÇÃO DA ESTACA DE TRAÇÃO

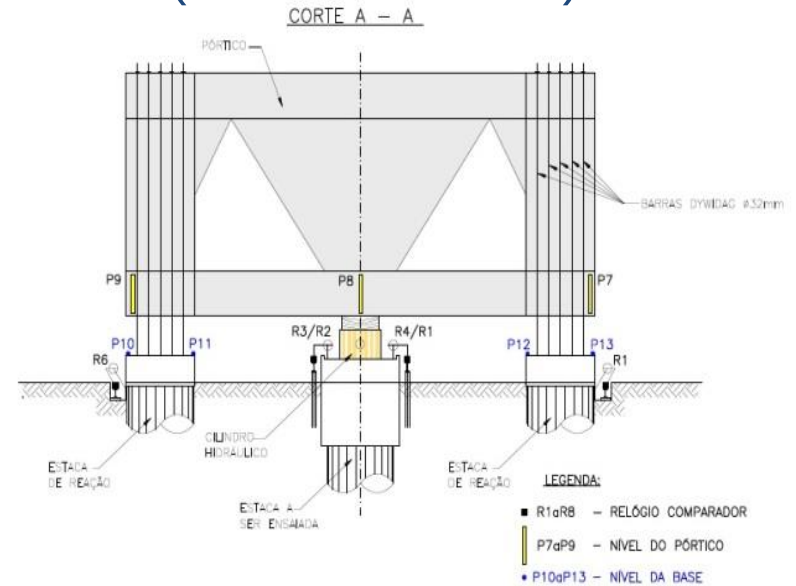
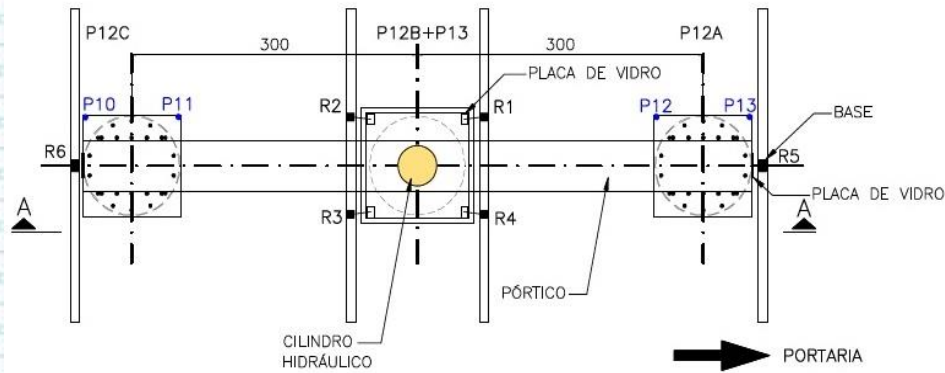


DETALHE P/ARMAÇÃO DA ESTACA DE COMPRESSÃO



PROVA DE CARGA INSTRUMENTADA EM PROFUNDIDADE EM ESTACA ESCAVADA DE GRANDE DIÂMETRO (SANTOS – SP)

PLANTA – ESTRUTURA DE REAÇÃO



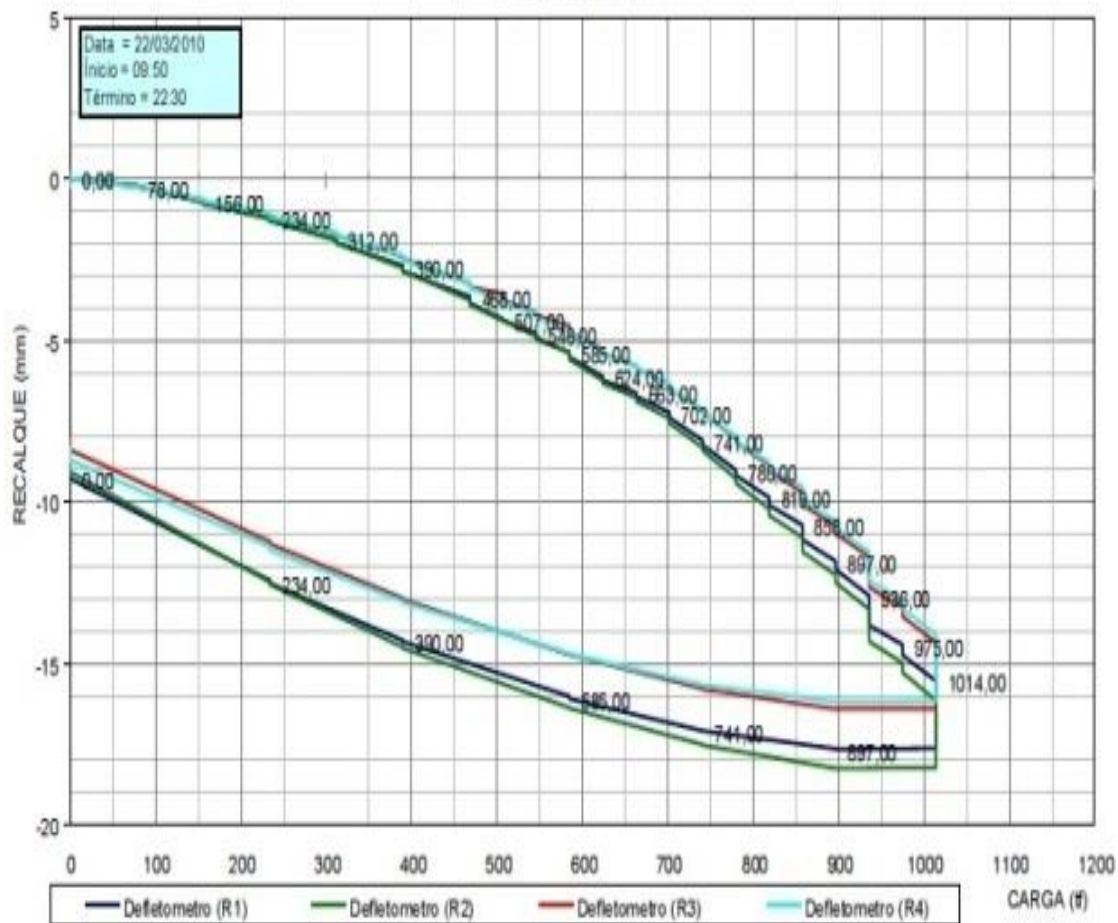
PROVA DE CARGA INSTRUMENTADA EM PROFUNDIDADE EM ESTACA ESCAVADA DE GRANDE DIÂMETRO (SANTOS – SP)

Prova de Carga - Carregamento Misto

Estaca Ensaada

Obra/Local: Avenida Conselheiro Nébias, 701 - Santos - S.P.

Data: 22/03/2010



PROVA DE CARGA INSTRUMENTADA EM PROFUNDIDADE EM ESTACA ESCAVADA DE GRANDE DIÂMETRO (SANTOS – SP)

Prova de Carga - Distribuição da Carga com a Profundidade

Obra/Local: Avenida Conselheiro Nébias, 701 - Santos - S.P.

Data: 22/03/2010

