



- EDUARDO JOSÉ PORTELLA DA COSTA

Engenheiro Civil, formado em 1976 pela Escola de Engenharia da Universidade Mackenzie – SP.

Professor de Mecânica dos Solos e Fundações na Escola de Engenharia e na Faculdade de Arquitetura da Universidade Mackenzie no período de 1978 à 1984.

Sócio Diretor da Portella Alarcon Engenheiros Associados Ltda., desde Fevereiro de 1984 e atuando nas áreas de Mecânica dos Solos e Fundações desde 1977.



HIDROFRESA

HIDROFRESA: CONCEITOS BÁSICOS, EXECUÇÃO E ESTUDO DE CASOS

PAREDES DIAFRAGMA:

Método executivo que propicia a execução de diversos subsolos abaixo do nível d'água, minimizando a oscilação deste (N.A.) externamente ao perímetro da parede diafragma,
através da penetração desta (ficha) abaixo da escavação final normalmente em solos pouco permeáveis.



ESTACAS BARRETE:

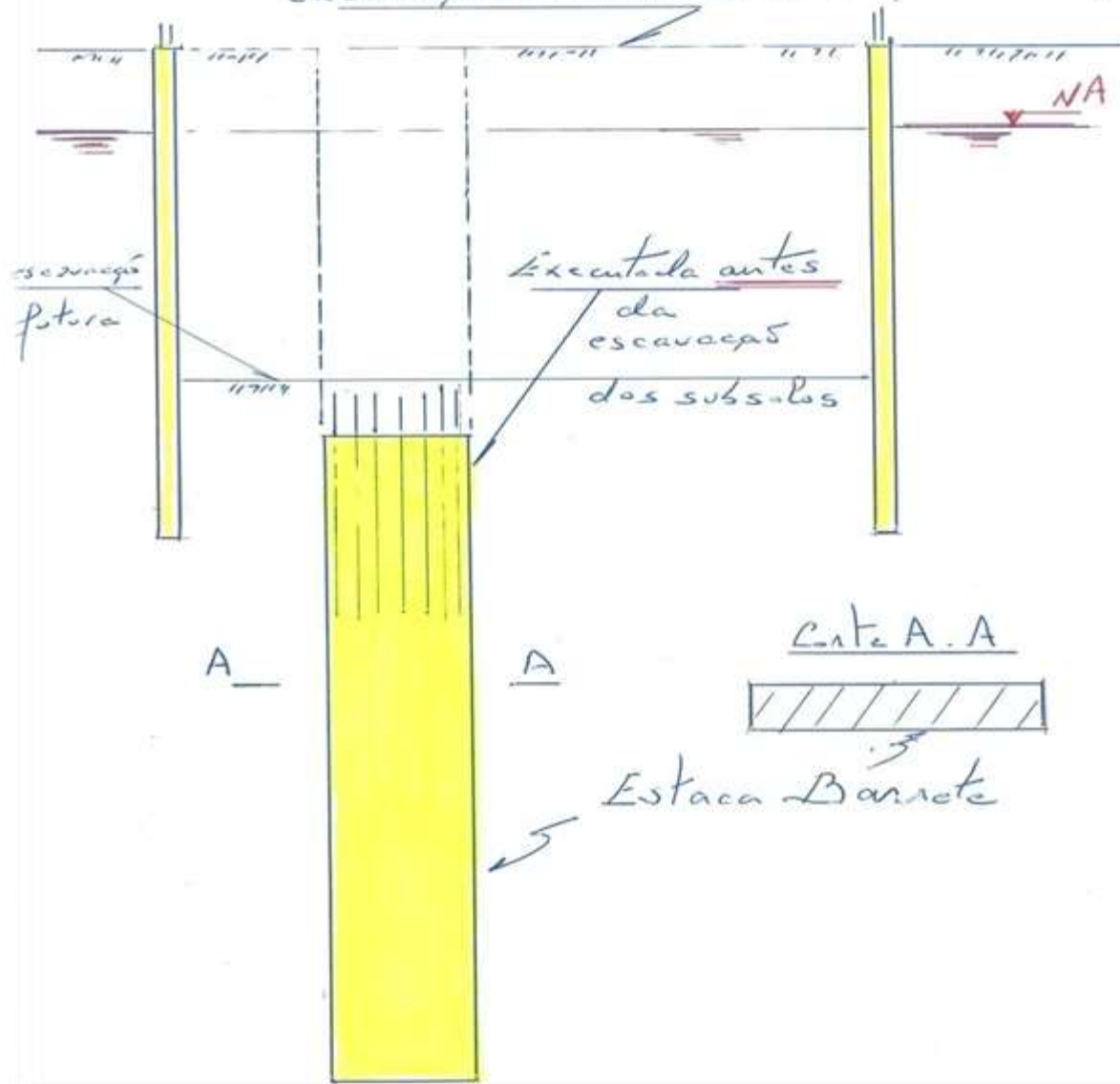
Estaca formada por um elemento da parede diafragma (pedaço, lamela, painel).

Principais dimensões: (30 x 320), (40 x 320), (40 x 250), (50 x 250),, (120 x 250) cm.

Características principais: grandes dimensões (seção transversal) → elevada resistência estrutural → elevada capacidade de carga como estaca desde que possua condições de solo ou rocha para absorvê-las.

“Normalmente” 80% da carga deverá ser absorvida por atrito lateral.

execução da estaca banete (e parede de forma)





CASOS ESPECIAIS:

- Atualmente, o sistema convencional com clam shell atende a maioria dos casos; porém, os “casos especiais”, em que ocorrem rocha e / ou matacões e / ou solos altamente concrecionados → a utilização de HIDROFRESA se torna vantajosa → tendência a aumento de subsolos
- Sem utilização da HIDROFRESA – Principais dificuldades e alternativas de soluções.

Casos Especiais

Conte

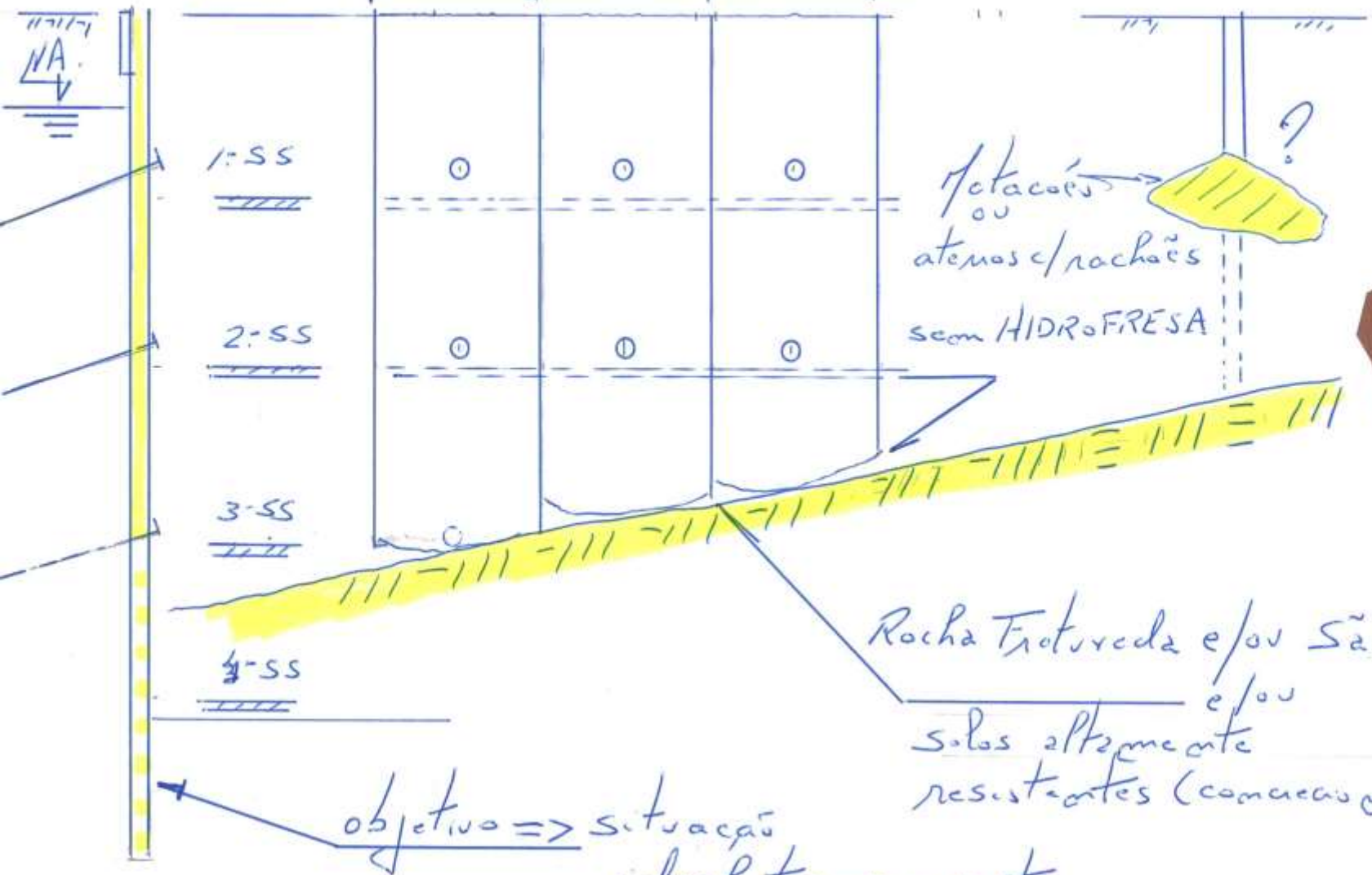
Elevação

Técnico

320

320

320



Detachões
ou
atenuos / rachões
sem HIDROFRESA

Rocha Fragmentada e/ou São
solos altamente
resistentes (com áreas médias)

objetivo => situação
ideal tecnicamente

PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. LTDA.
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDAÇÕES



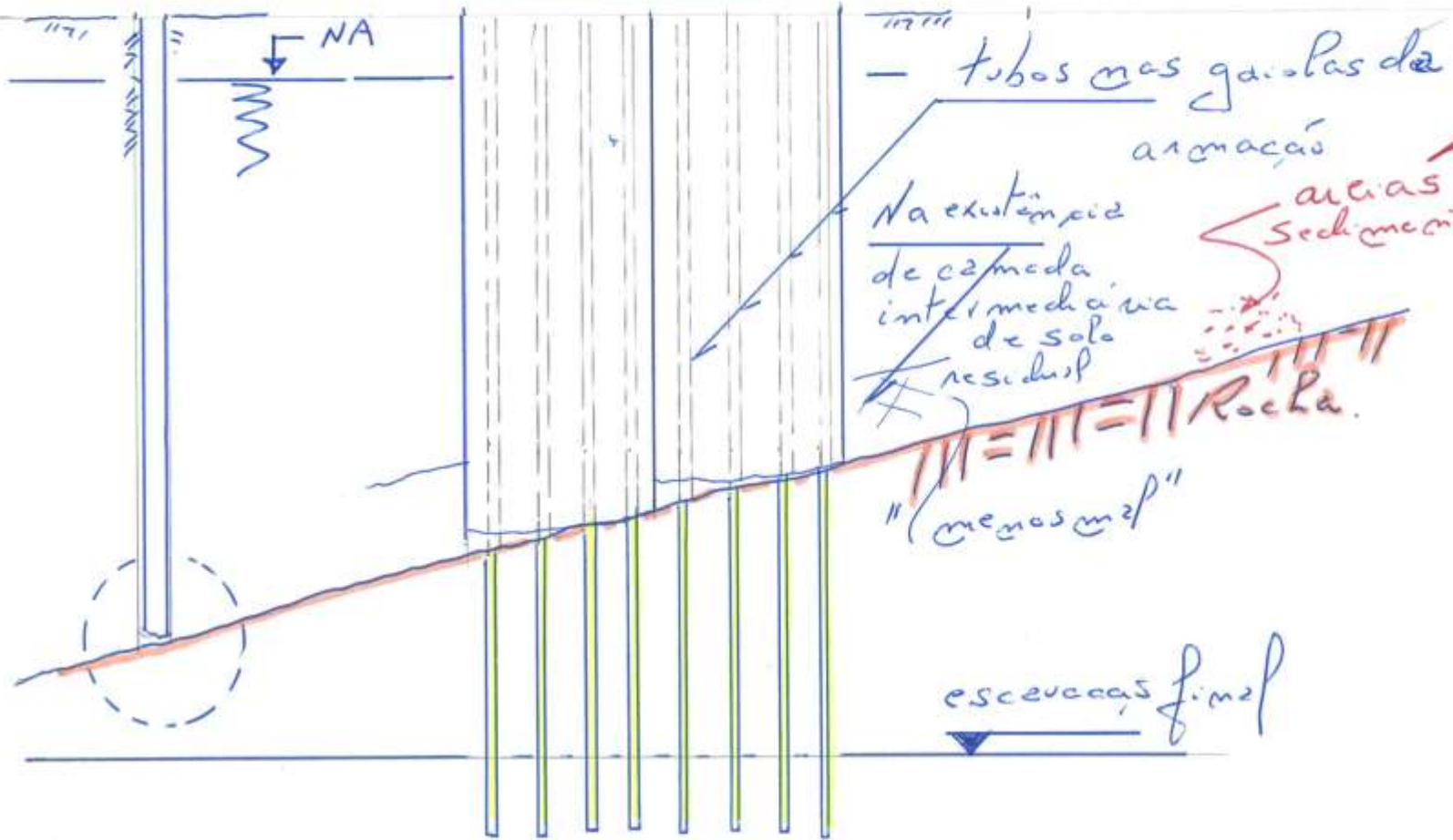
AV. ANGÉLICA, 1814 9º ANDAR
CJ 902/3, 01228-902 SÃO PAULO SP
TEL. 3661 7296
FAX 3661 7193

SEM HIDROFRESA

Corte

Elevação

(água)
"péssimo"



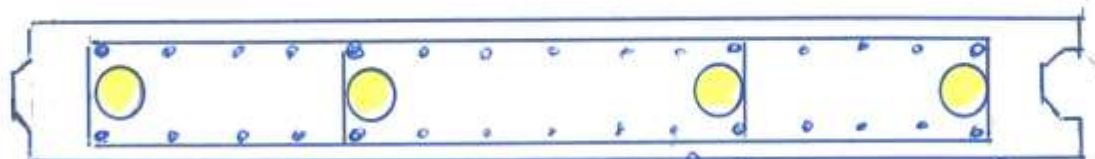
tubos nas garolas da
armação

Na existência
de camada
intermediária
de solo
residual

areias
sedimentares

Rocka.
"menor esp"

escovação final



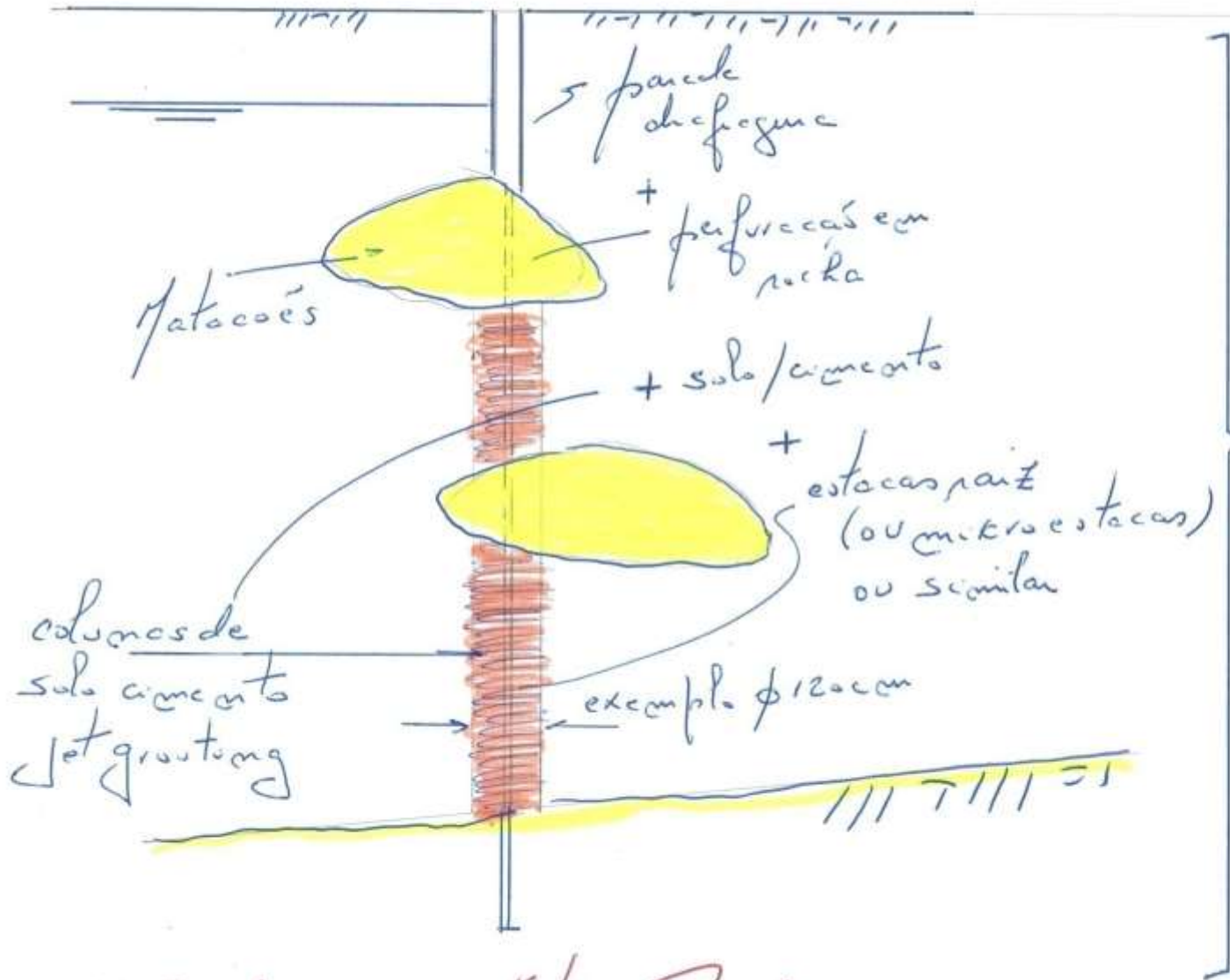
Seção transversal de uma laneta (pencil)

PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. LTDA.
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDACOES

AV. ANGELICA 1814 9º ANDAR
CJ 902/3 01228 902 SAO PAULO SP
TEL 3661 7298
FAX 3661 7193



SEM HIDROFRESA



$$\frac{\text{Tempo (\$)}}{\e$

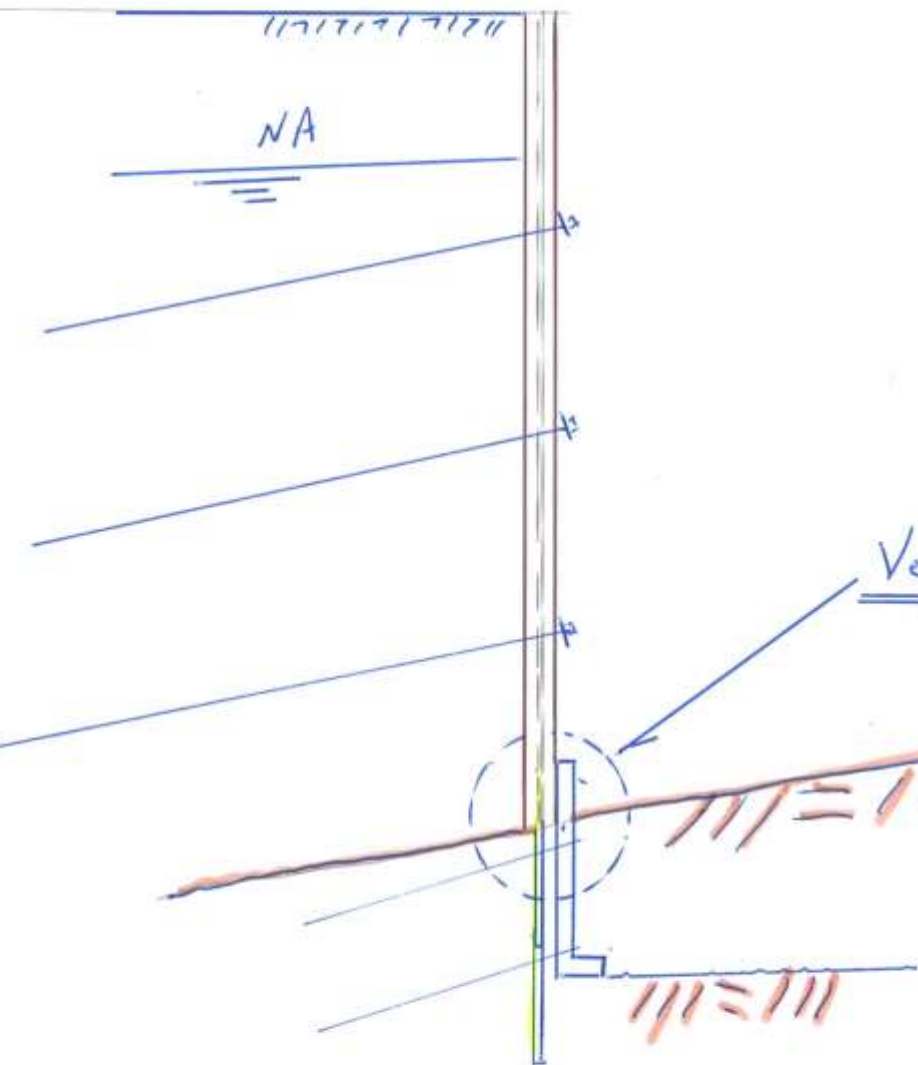
PORTELLA ALARCON
 ENGENHEIROS ASSOC. LTDA.
 PROJETOS E CONSULTORIA
 DE FUNDACOES



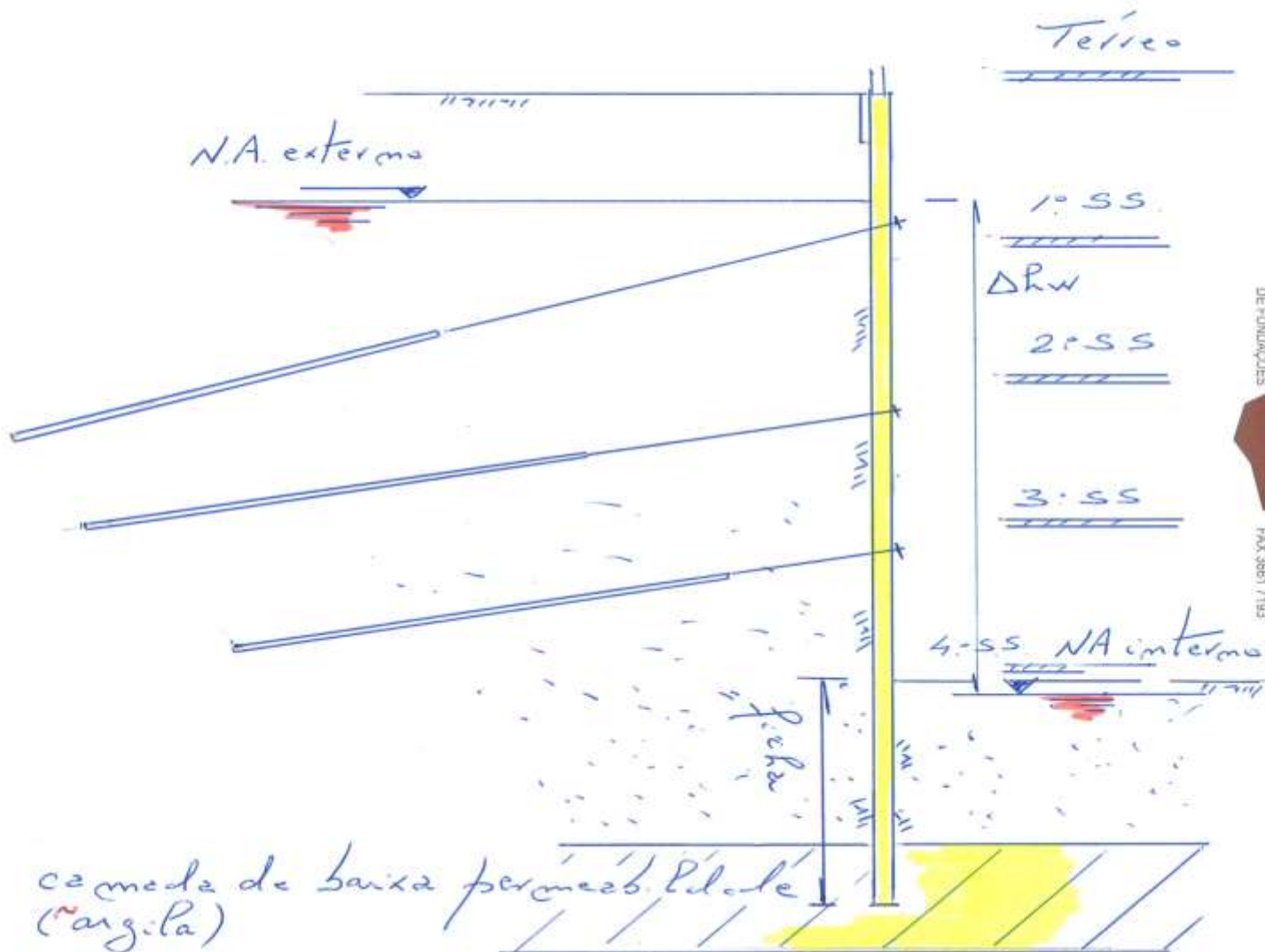
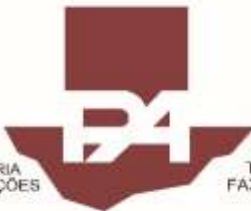
AV. ANGÉLICA 1814 9º ANDAR
 CJ 902/3 01228 902 SÃO PAULO SP
 TEL. 3661 7298
 FAX 3661 7193

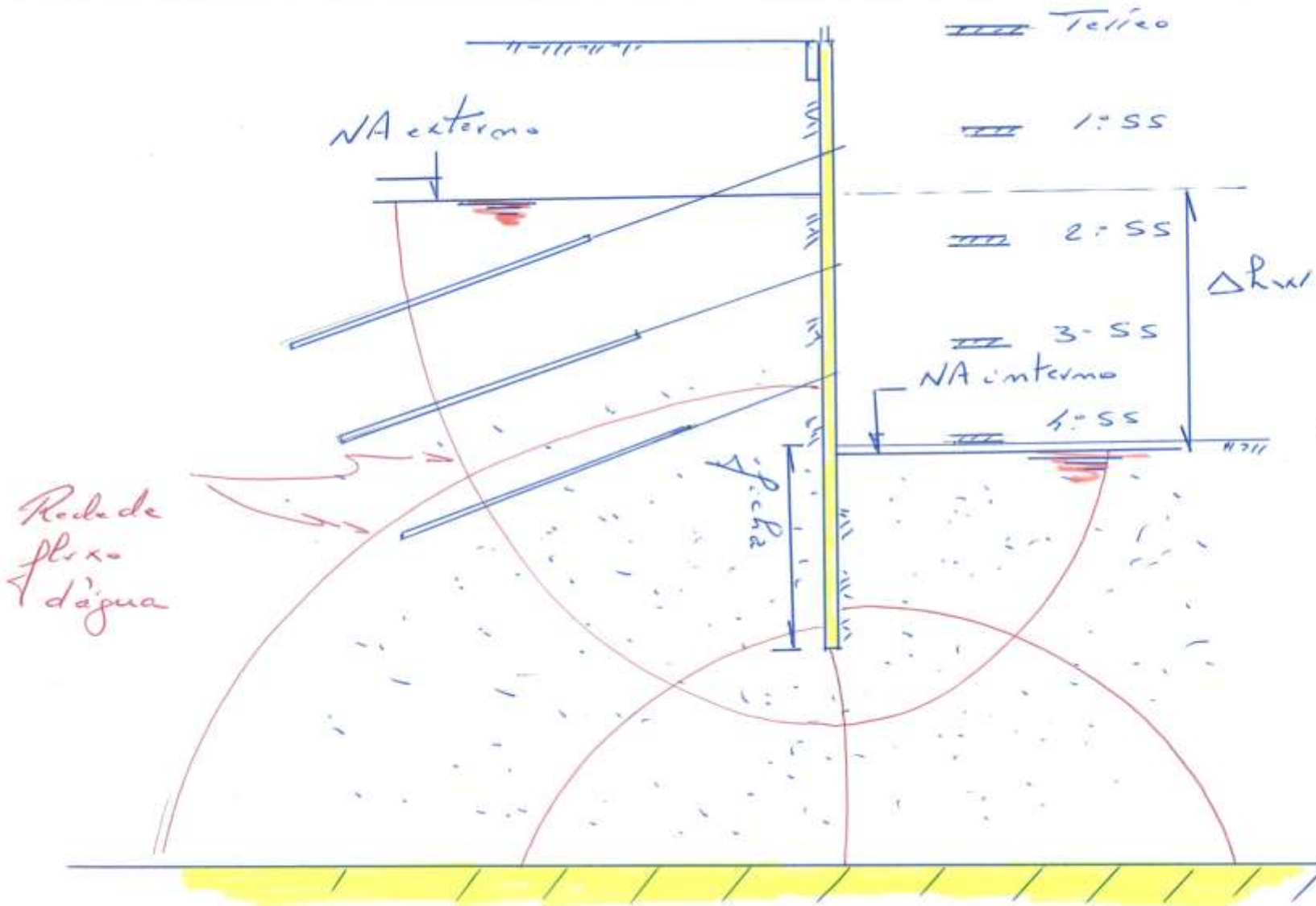
φ / Fundações => Estacas Raiz

SEM HIDROFRESA



rebaixamento \Rightarrow péssima alternativa
externo
produtos de feijoapêda
(solução provisória)
contorno com transpasse
chapas metálicas
Rocha. . .







SISTEMA COM HIDROFRESA

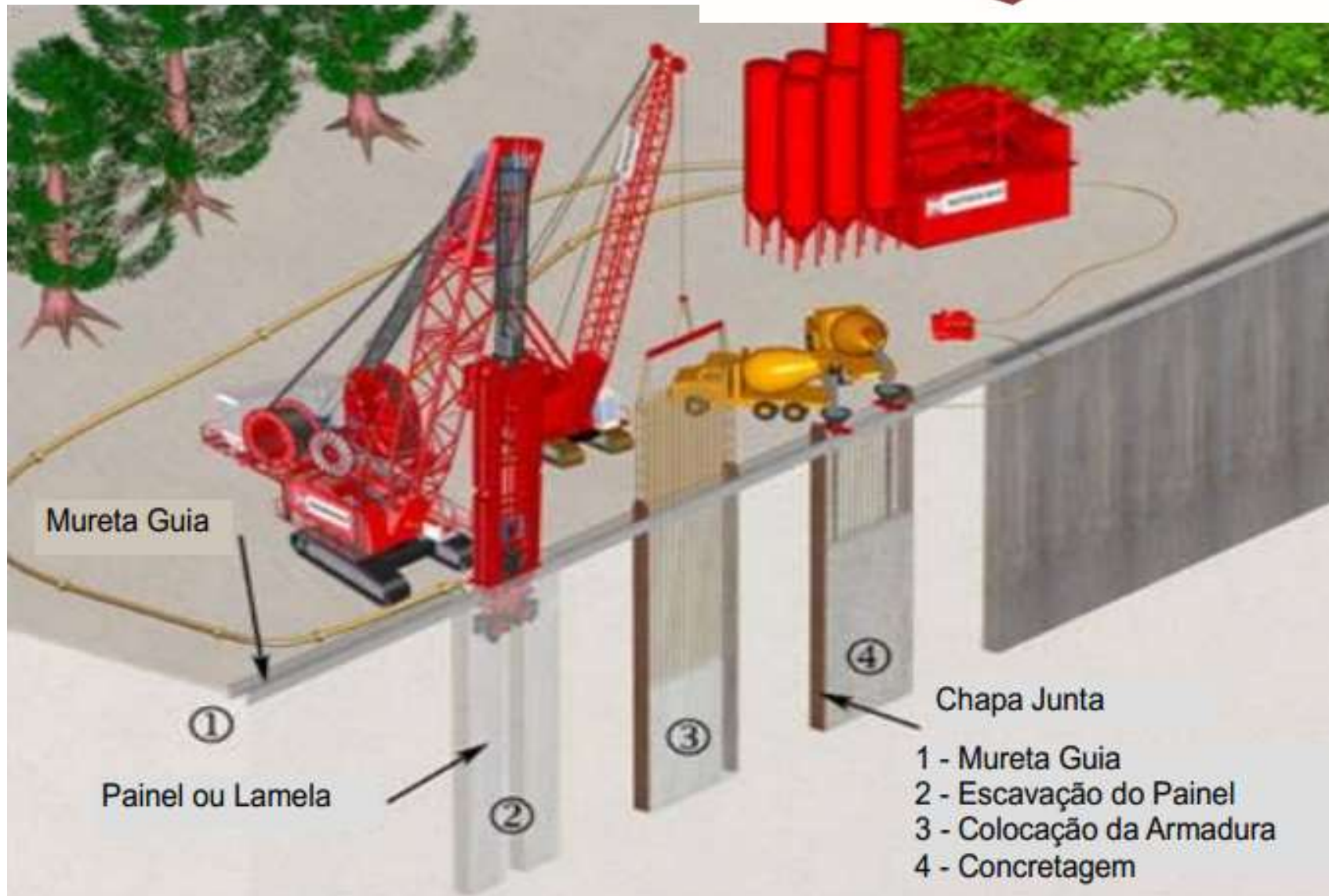
PRINCIPAL APLICAÇÃO:

Paredes diafragma e estacas barrete com necessidade de ultrapassagem de matações e / ou solos altamente concrecionados e / ou rocha (sã ou fraturada); ou seja, materiais em que não é possível a escavação com clam shell mecânico ou hidráulico.

SOLUÇÃO DOS CASOS ESPECIAIS → HIDROFRESA

Apresentação do sistema

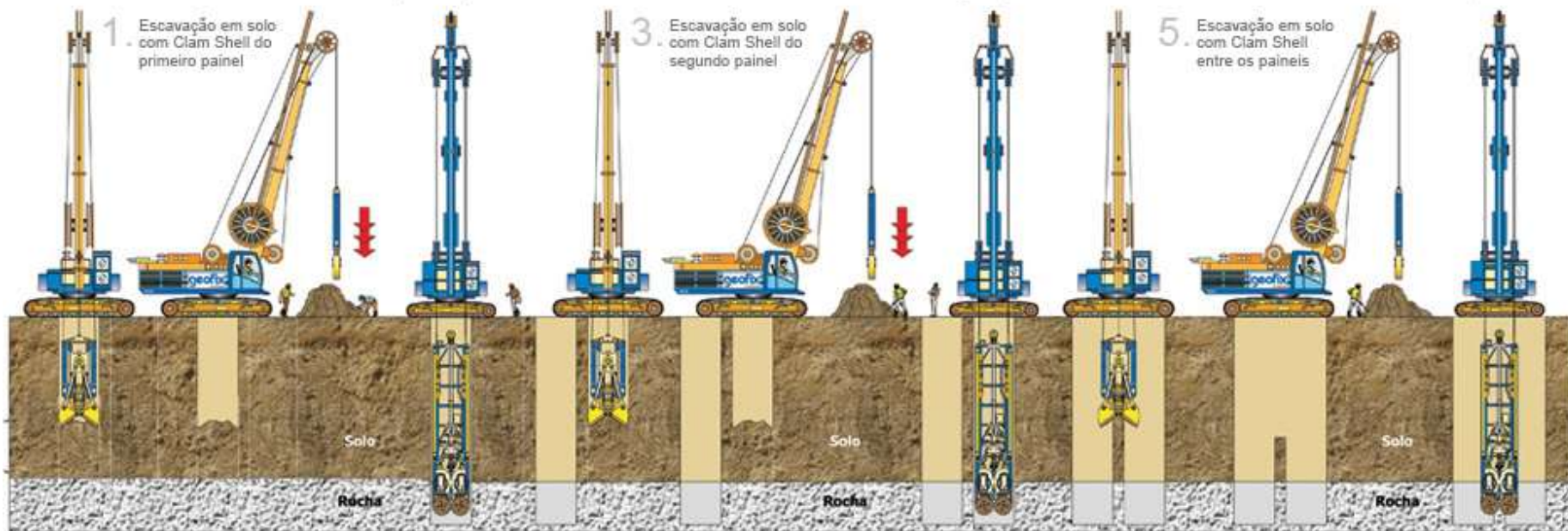
FOTOS



2. Escavação em rocha com Hidrofresadora primeiro painel

4. Escavação em rocha com Hidrofresadora segundo painel

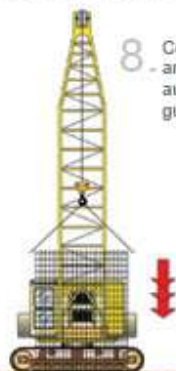
6. Escavação em rocha com Hidrofresadora entre os painéis



7. Colocação das juntas com guindaste



8. Colocação da armadura com auxílio de guindaste



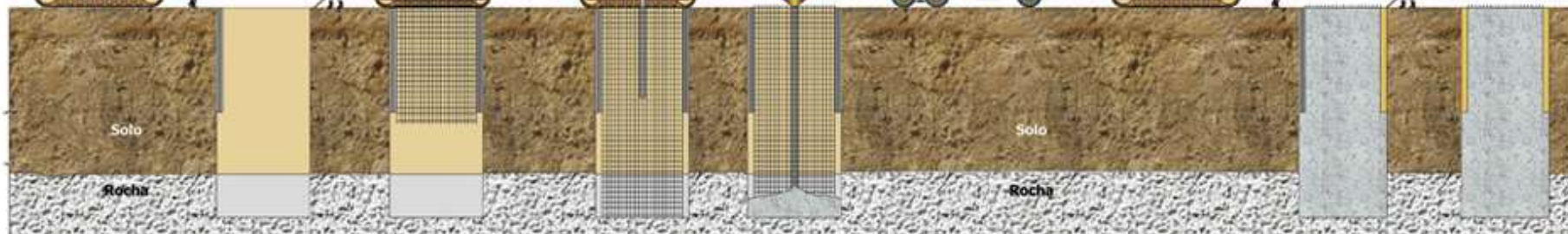
9. Colocação do tubo com auxílio de guindaste



10. Colocação dos painéis com caminhão betoneira



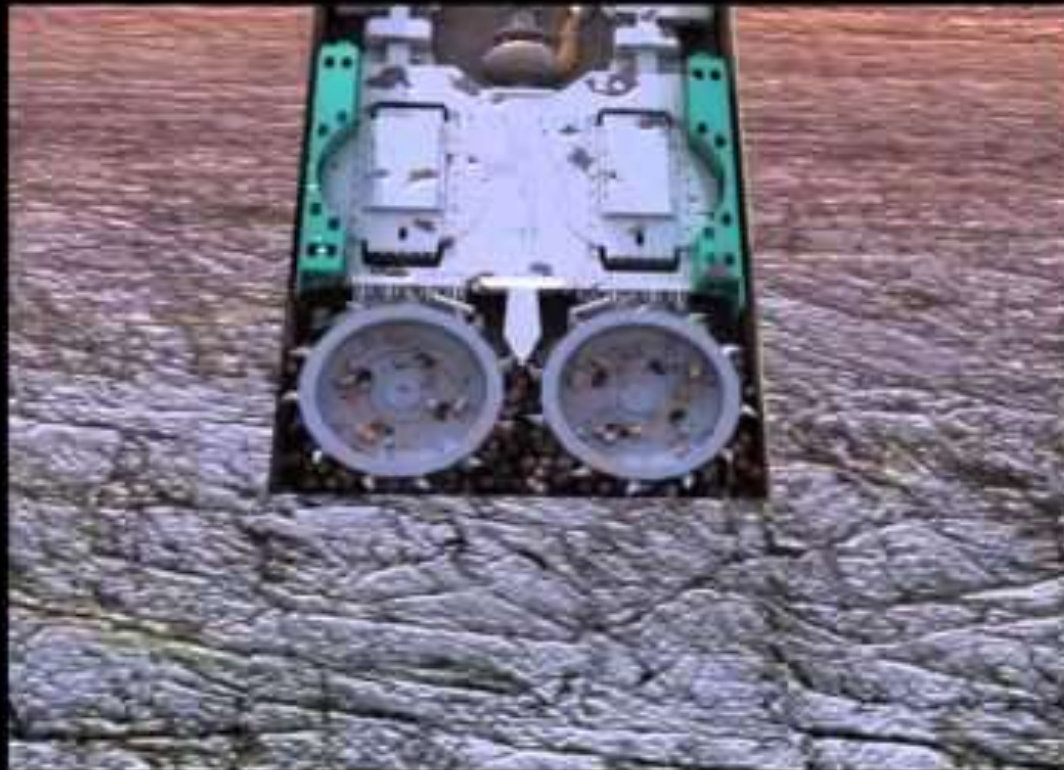
11. Retirada das juntas com guindaste



PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. S/C LTDA
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDAÇÕES



AV. ANGÉLICA 1814 9º ANDAR
CJ 902/3 01228 902 SÃO PAULO SP
TEL 3661 7296
FAX 3661 7193





PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. S/C LTDA
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDAÇÕES



AV. ANGÉLICA 1814 9º ANDAR
CJ 902/3 01228 902 SÃO PAULO SP
TEL 3661 7296
FAX 3661 7193



PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. S/C LTDA
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDAÇÕES



AV. ANGÉLICA 1814 9º ANDAR
CJ 902/3 01228 902 SÃO PAULO SP
TEL 3661 7296
FAX 3661 7193



PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. S/C LTDA
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDAÇÕES



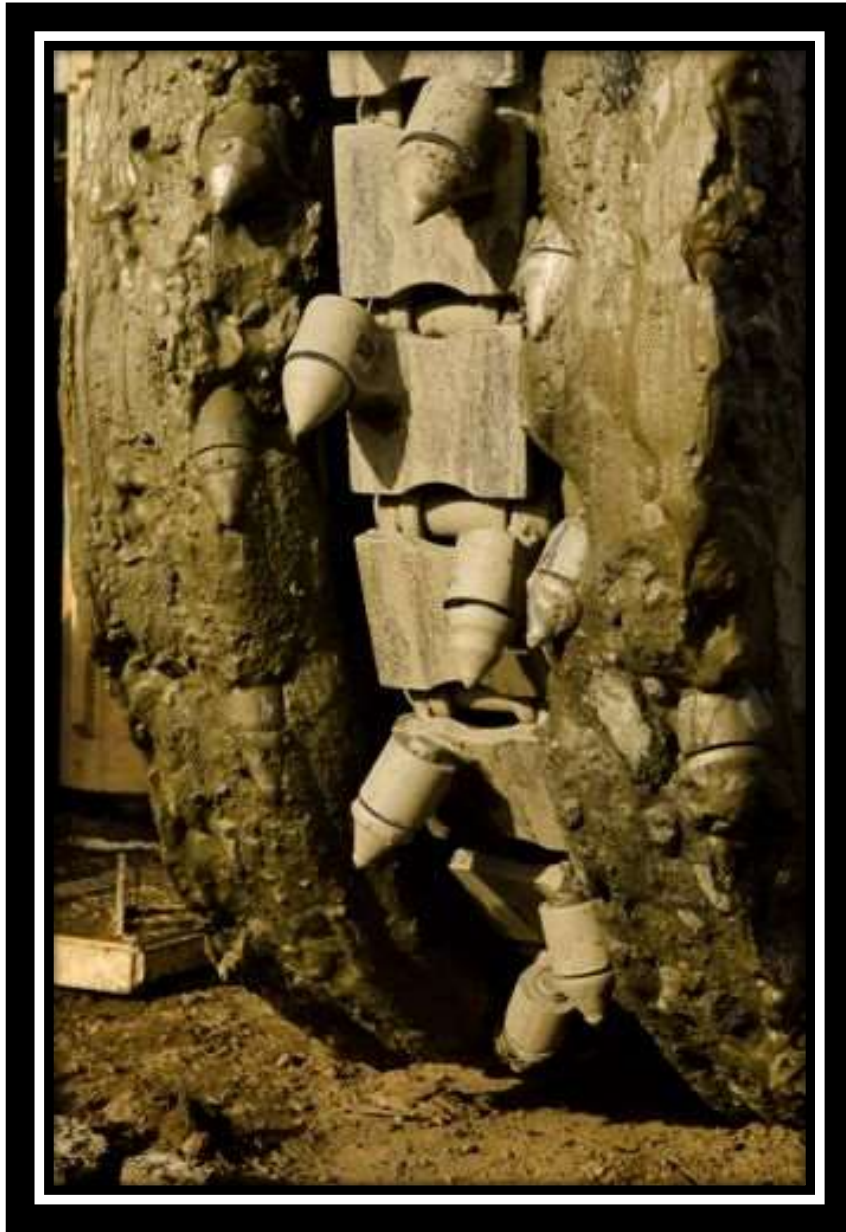
AV. ANGÉLICA 1814 9º ANDAR
CJ 902/3 01228 902 SÃO PAULO SP
TEL 3661 7296
FAX 3661 7193



PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. S/C LTDA
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDAÇÕES



AV. ANGÉLICA 1814 9º ANDAR
CJ 902/3 01228 902 SÃO PAULO SP
TEL 3661 7296
FAX 3661 7193



PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. S/C LTDA
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDAÇÕES



AV. ANGÉLICA 1814 9º ANDAR
CJ 902/3 01228 902 SÃO PAULO SP
TEL 3661 7296
FAX 3661 7193











PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. S/C LTDA
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDAÇÕES



AV. ANGÉLICA 1814 9º ANDAR
CJ 902/3 01228 902 SÃO PAULO SP
TEL 3661 7296
FAX 3661 7193

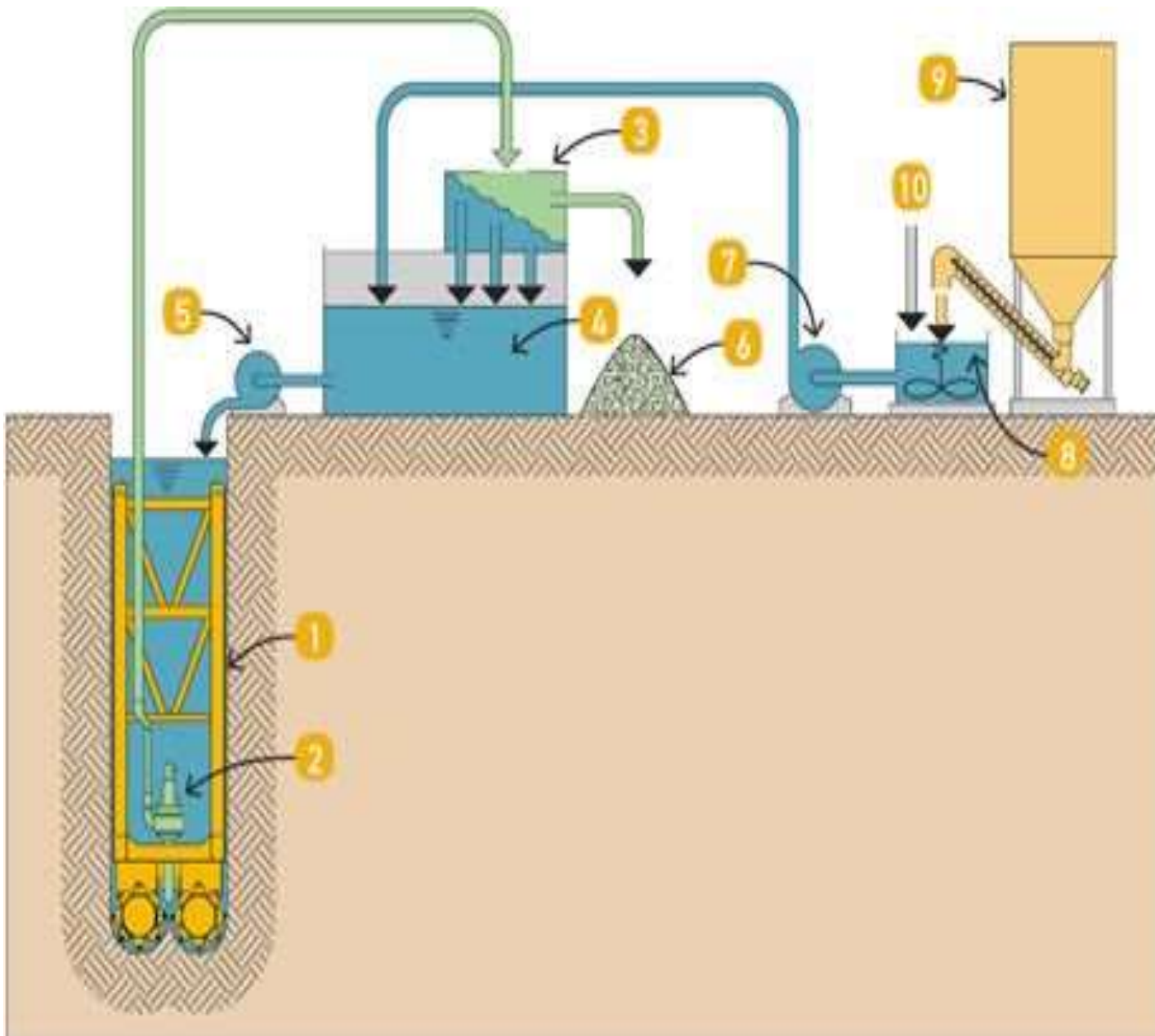




PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. S/C LTDA
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDAÇÕES



AV. ANGÉLICA 1814 9º ANDAR
CJ 902/3 01228 902 SÃO PAULO SP
TEL 3661 7296
FAX 3661 7193



- 1 Hidrofresa
- 2 Bomba de aspiração
- 3 Desarenador
- 4 Tanque de lodo
- 5 Bomba centrífuga
- 6 Solo escavado
- 7 Bomba centrífuga
- 8 Misturador de bentonita
- 9 Silo
- 10 Água

CENTRAL DE LAMA



CENTRAL DE LAMA



Maquina Hidro fresa



Hidro fresa



Principais etapas de execução das paredes diafragma:

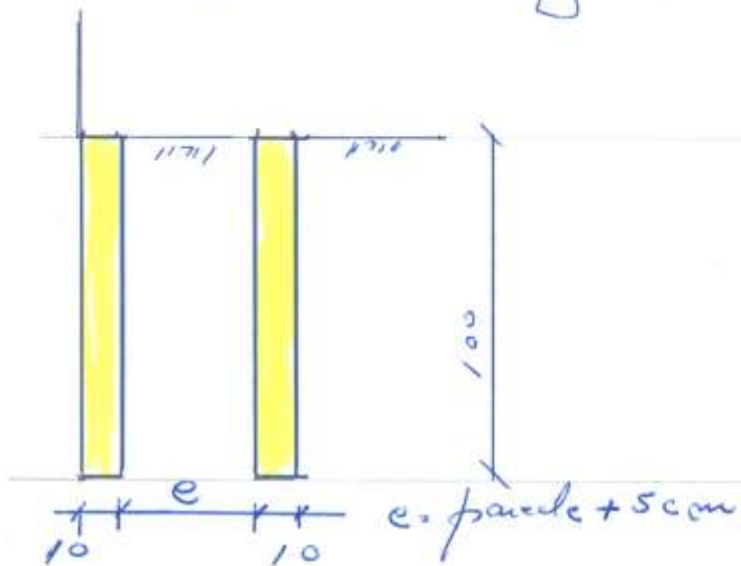
Sistema convencional(clam shell) / sistema com Hidrofresa
Anotações

PAREDE DIAFRAGMA (EXECUÇÃO)

SISTEMA CONVENCIONAL

Conjunto grande
Tanques + quindestes + clam-shell +
+ equipamentos auxiliares (tubo
trêmome, desarenador, chapas
de espelho, tubos junta, ...)

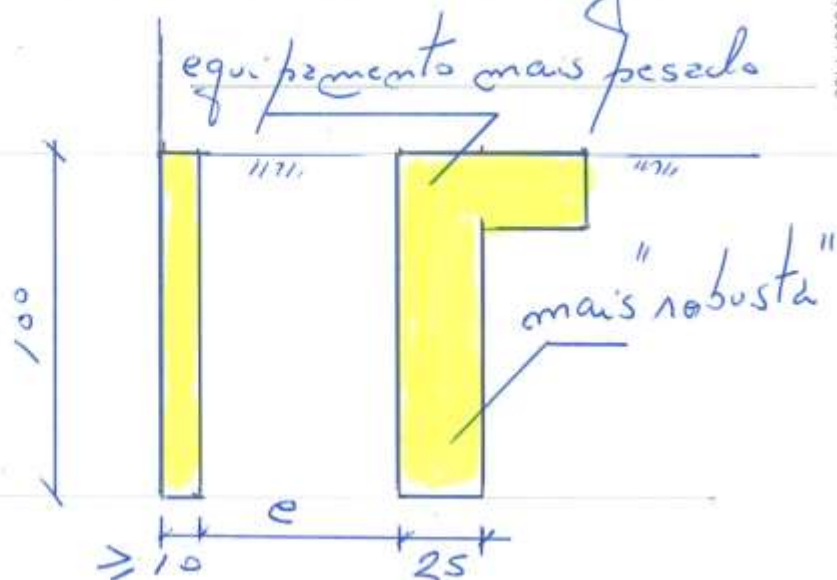
1. Execução de muretas guia



SISTEMA COM HIDROFRESA

Conjunto "ENORME"
Tanques + quindestes + clam-shell +
quindeste com HIDROFRESA. +
+ Central de recirculação (separação
dos detritos de solo da lamobentonita)
+ equipamentos auxiliares

1. Execução de muretas guia



PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. LTDA.
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDACOES
AV. ANGELICA 1814 9º ANDAR
CJ 902/3 01228 902 SAO PAULO SP
TEL 3661 7296
FAX 3661 7193



SISTEMA CONVENCIONAL

2. Escavação com clam-shell (mecânica ou hidráulica) até o fim da escavação utilizando fluido estabilizante (bentonita ou polímero).

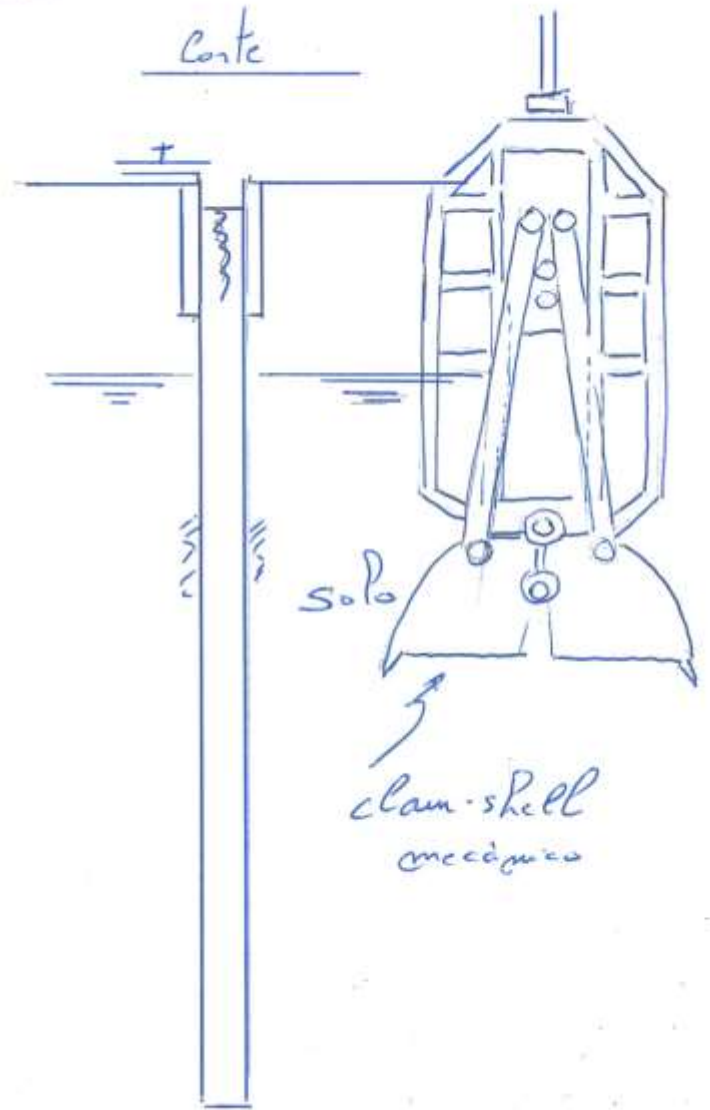
SISTEMA COM HIDROFRESA

2.A. escavação inicial com clam-shell com profundidade mínima (0,6m) para que a bomba de recolhe localizada acima das rodas, fique submersa (afogada)

2.B. prosseguimento da escavação com o sistema HIDROFRESA
SOLO OU ROCHA → MOIDO PELAS RODAS DE CORTE → CTE BOMBÉADO MISTURADO COM LAMA → RECICLADOR SEPARA PARTICULAS DE SOLO / LAMA (RETORNA)

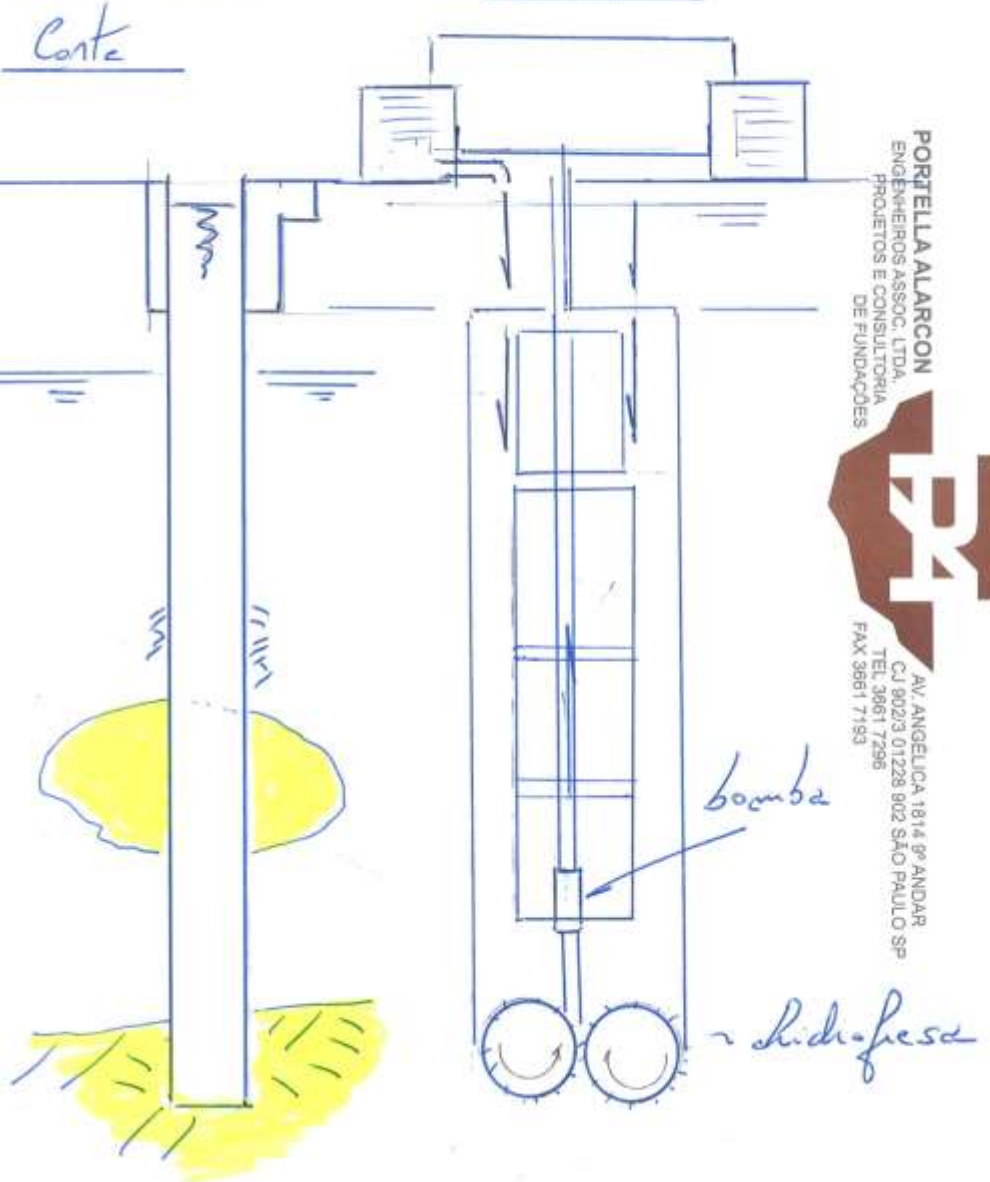
SISTEMA CONVENCIONAL

2.



SISTEMA COM HIDROFRESA

2A - 2B



PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. LTDA.
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDAÇÕES



AV. ANGÉLICA 1814 6º ANDAR
CJ. 902/3 01228-902 SÃO PAULO SP
TEL. 3961 7296
FAX 3961 7193

SISTEMA CONVENCIONAL

3. Verificação das condições do fluido estabilizante (bentonita)
ph, viscosidade, % de areia...

4. colocação:

- armoaduras
- tubos junta (altura integral)
- chapô de espelho (face da obra) $h = 4,50m$ para dar acabamento
- tubo de compactação submersa (foam, ou tubo tremorinha)

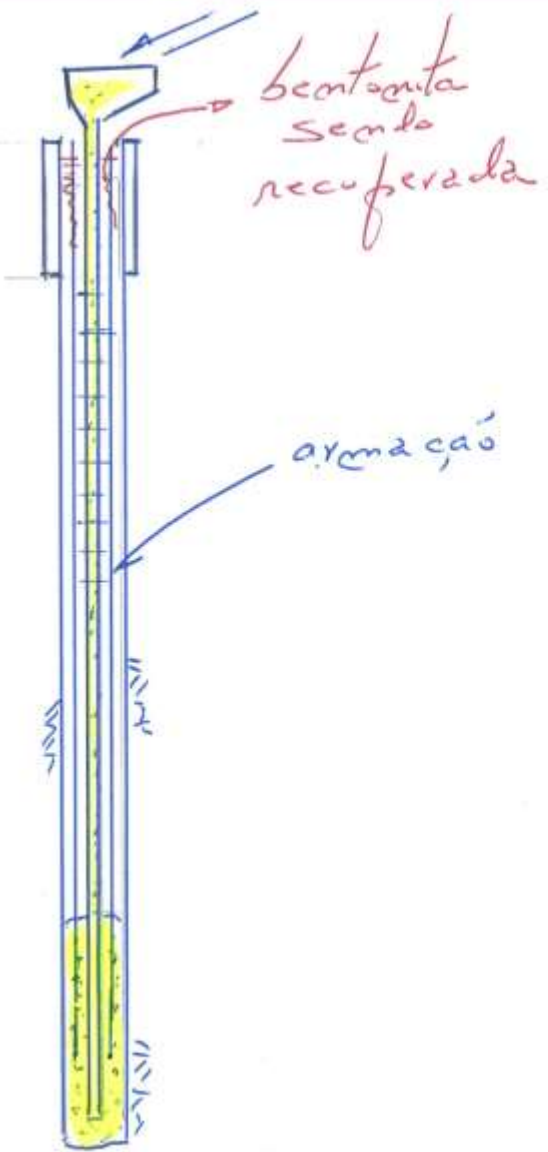
SISTEMA COM HIDROFRESA

= 3. idem

4. colocação

- = armoaduras
- tubo junta ou similar \rightarrow operar nos
plimétricos 6,0m
- = chapô de espelho
- = tubo de compactação submersa (foam ou tubo tremorinha)

SISTEMA CONVENCIONAL



SISTEMA COM HIDROFRESA

≈ praticamente igual, sendo que os tubos junto são colocados apenas nos perímetros 6,0m

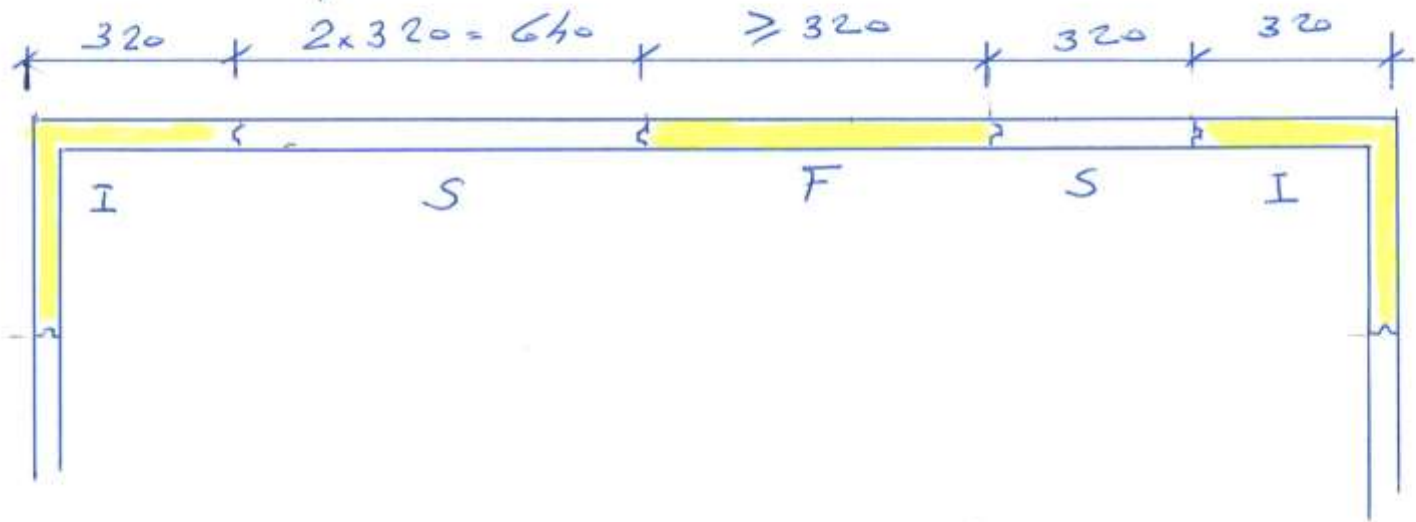
PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. LTDA.
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDAÇÕES



AV. ANGÉLICA 1814 9º ANDAR
CJ 902/3 01228 902 SÃO PAULO SP
TEL 3661 7296
FAX 3661 7193

SISTEMA CONVENCIONAL

5. Divisão de painéis Exemplo clam-shell 320cm



PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. LTDA.
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDAÇÕES

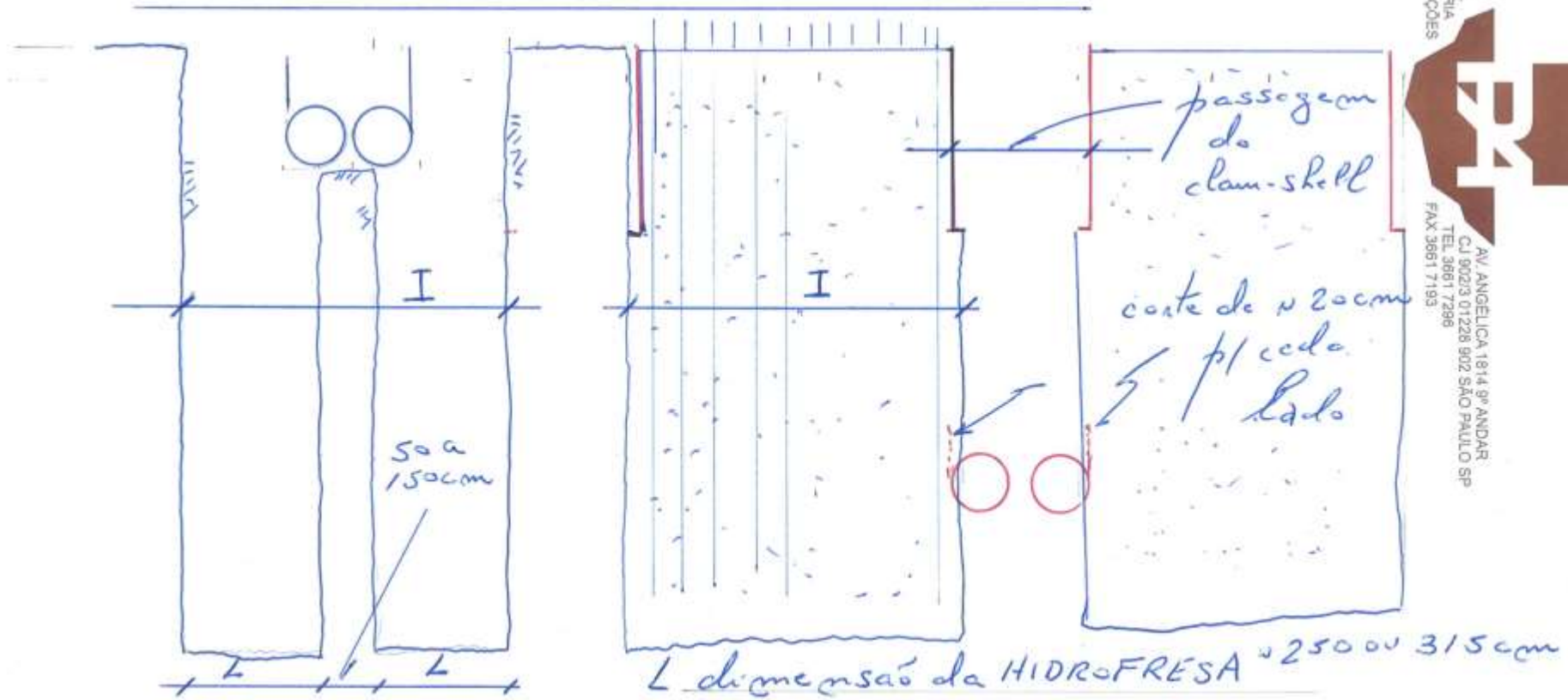


AV. ANGELICA 1814 8º ANDAR
CJ 902/3 01228 902 SÃO PAULO SP
TEL 3661 7296
FAX 3661 7193

SISTEMA COM HIDROFRESA

5. Divisão de painéis \neq sistema convencional

Painéis de fechamento (secundários) sempre entre dois painéis já concretados, ou seja, iniciais (primários), cortando o concreto destes em 10 a 20cm ideal

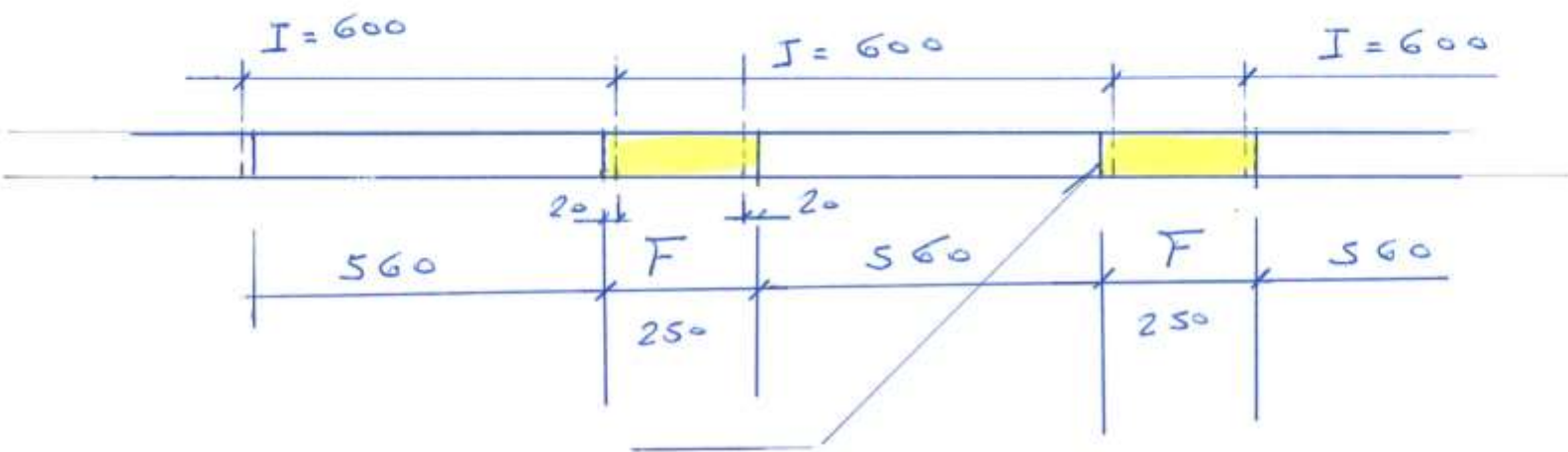


PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. LTDA.
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDAÇÕES



AV. ANGÉLICA 1814, 9º ANDAR
CJ. 902/3, 01228-902 SÃO PAULO SP
TEL. 3661 7296
FAX 3661 7193

exemplo. HIDROFRESA DE 250cm

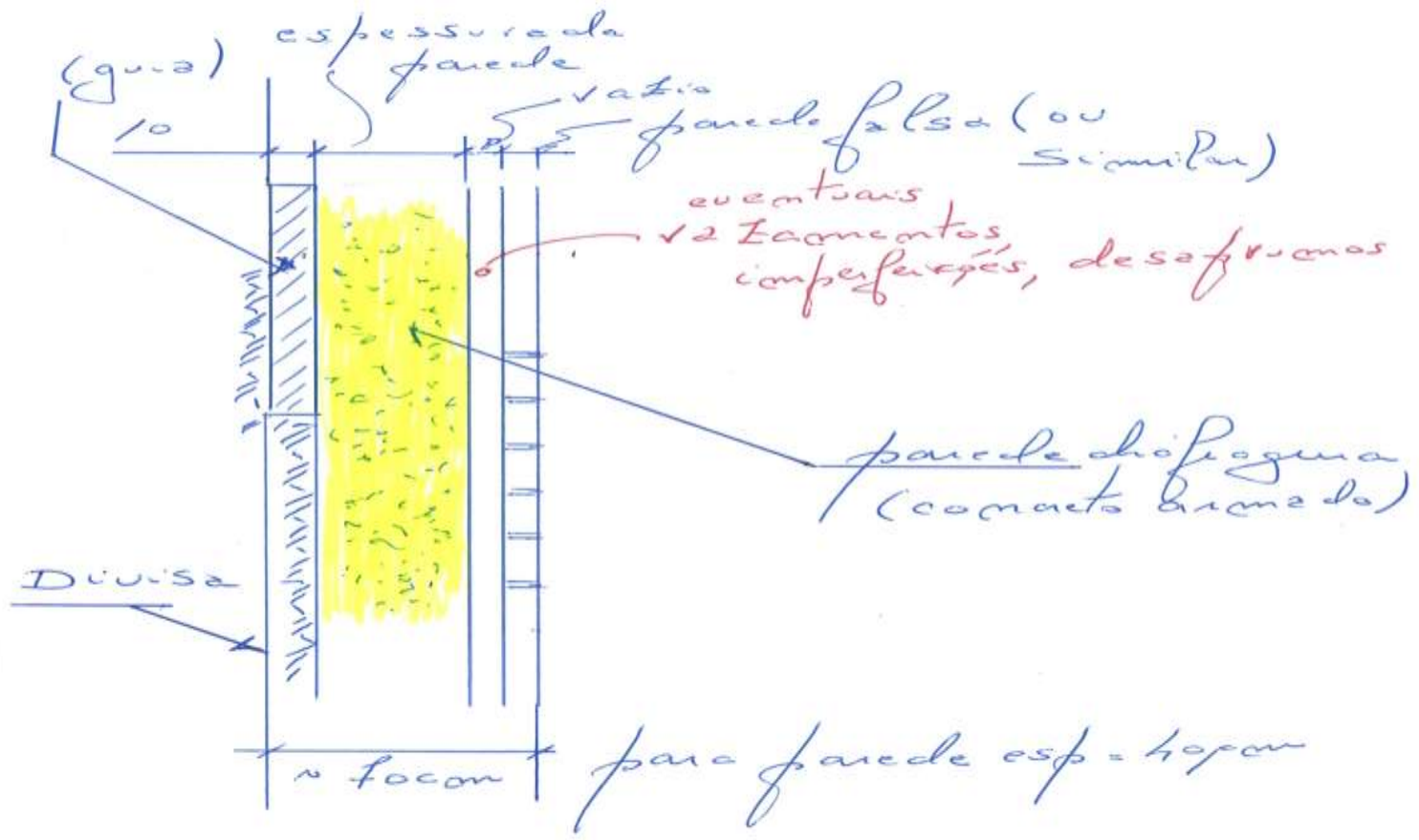


a freixo HIDROFRESA FAZ O FORMATO DA JUNTA.

PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. LTDA.
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDAÇÕES



AV. ANGÉLICA 1814 5º ANDAR
CJ 902/3 01228 902 SÃO PAULO SP
TEL 3661 7296
FAX 3661 7193





PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. S/C LTDA
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDAÇÕES



AV. ANGÉLICA 1814 9º ANDAR
CJ 902/3 01228 902 SÃO PAULO SP
TEL 3681 7298
FAX 3661 7193



PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. S/C LTDA
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDAÇÕES



AV. ANGÉLICA 1814 9º ANDAR
CJ 902/3 01228 902 SÃO PAULO SP
TEL 3661 7296
FAX 3661 7193



PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. S/C LTDA
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDAÇÕES



AV. ANGÉLICA 1814 9º ANDAR
CJ 902/3 01228 902 SÃO PAULO SP
TEL 3661 7296
FAX 3661 7193



PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. S/C LTDA
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDAÇÕES



AV. ANGÉLICA 1814 9º ANDAR
CJ 902/3 01228 902 SÃO PAULO SP
TEL 3681 7296
FAX 3661 7193



PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. S/C LTDA
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDAÇÕES



AV. ANGÉLICA 1814 9º ANDAR
CJ 902/3 01228 902 SÃO PAULO SP
TEL 3661 7296
FAX 3661 7193

COMENTÁRIOS:

VANTAGENS / DESVANTAGENS:

- Sistema convencional (clam shell)
espessuras 30, 40, 50, 60 cm



menor espaço perdido

Sistema HIDROFRESA

*Disponibilidade do sistema
dimensões da obra, uma vez que o sistema é enorme*

custo / benefício

espessura mínima 60 cm → necessidade de mais subsolos

*resolve o grave problema da presença de rochas ou
matacões, ou mesmo facilita a descida dos subsolos até a
rocha de qualidade suficiente para execução das fundações
em sapatas (custo/benefício).*

PRESENÇA DE ROCHAS



EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO SISTEMA

HIDROFRESA

OBRA: BROOKFIELD INCORPORAÇÕES S/A

**LOCAL: Av. das Nações Unidas / Rua Acari / Rua Dr.
Rubens Gomes Bueno**

**DATA: 2010 – 1ª obra em parede diafragma (concreto
armado) no Brasil**

ÁREA DO TERRENO: 26.000 m²

2 Torres projetadas para aprox. 37 Pavimentos ... 5 Subsolos ... Totalizando 45 Lajes

Cargas verticais dos pilares das torres: 2.000 tf a 9.000 tf

- Contenções: parede diafragma atarantada (tirantes provisórios) executada com o sistema de HIDROFRESA → espessura 60 cm.

- Altura de escavação: aprox. 20 m

- Perímetro da parede: 630 m

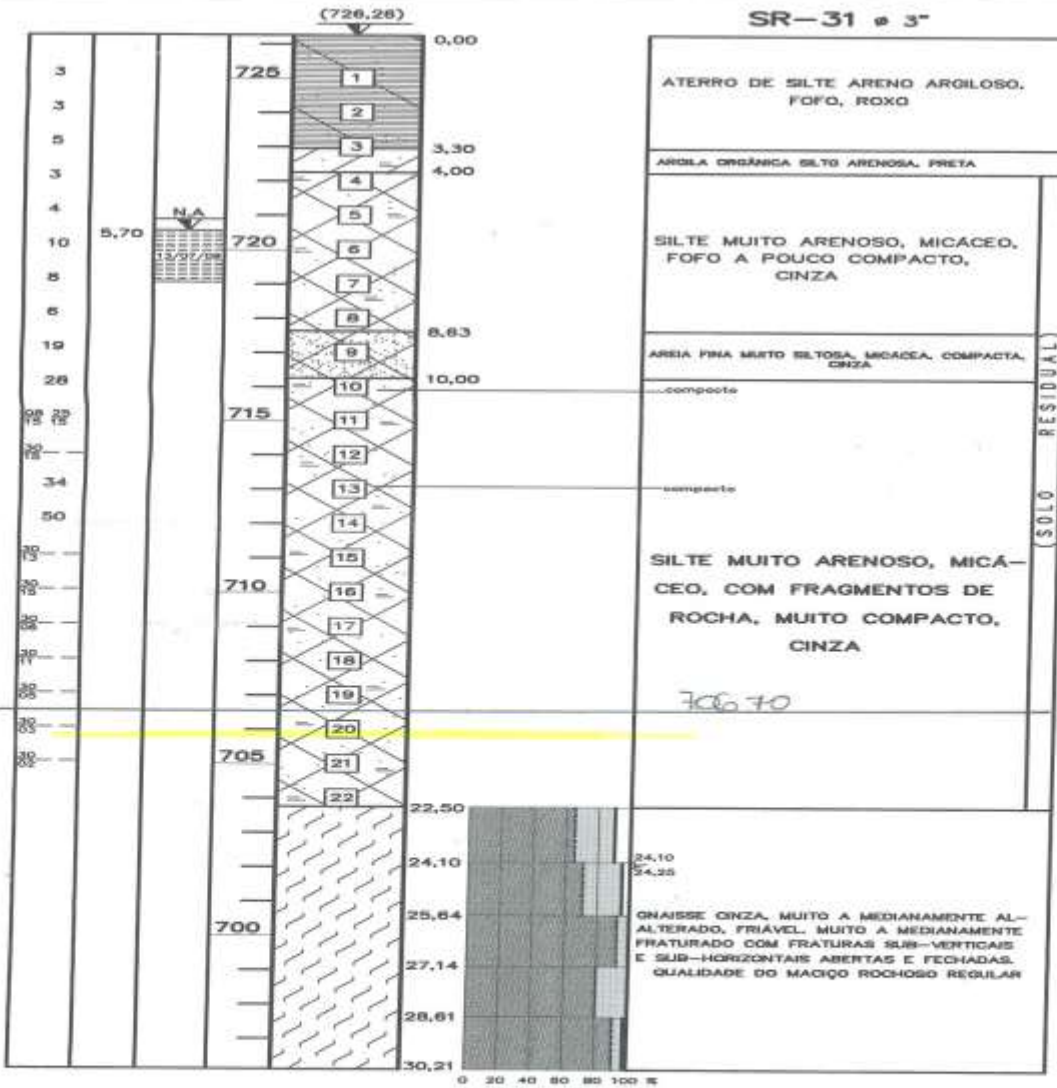
- Área da parede: 12.600 m²

- Fundações → Torres: estacas barrete penetrando na rocha

Periferia: fundações direta → sapatas

- Particularidade do terreno: Nível d'água elevado, com focos de contaminação a ser neutralizada após a execução da parede diafragma.

Presença de rocha e matacões (solo residual).



ATERRO DE SILTE ARENO ARGILOSO, FOFO, ROXO

AREIA ORGÂNICA SILTE ARENOSA, PRETA

SILTE MUITO ARENOSO, MICÁCEO, FOFO A POUCO COMPACTO, CINZA

AREIA FINA MUITO SILTOSA, MICÁCEA, COMPACTA, CINZA

SILTE MUITO ARENOSO, MICÁCEO, COM FRAGMENTOS DE ROCHA, MUITO COMPACTO, CINZA

70670

QUAISSE CINZA, MUITO A MEDIANAMENTE ALTERADO, FRIÁVEL, MUITO A MEDIANAMENTE FRATURADO COM FRATURAS SUB-VERTICAIS E SUB-HORIZONTAIS ABERTAS E FECHADAS. QUALIDADE DO MACIÇO ROCHOSO REGULAR

TAPAL RESIDUA (0705)

SOND. N2	REVESTIMENTO			Ø DA PERFURAÇÃO			AVANÇO DA SONDAAGEM	
	H 4 1/2"	N 3 1/2"	B 2 7/8"	H 3 7/8"	N 3"	B 2 3/8"	SOLO	ROCHA
SR-31	0,00 = 22,00	0,00 = 22,50	—	0,00 = 22,00	22,00 = 30,21	—	0,00 = 22,50	22,50 = 30,21

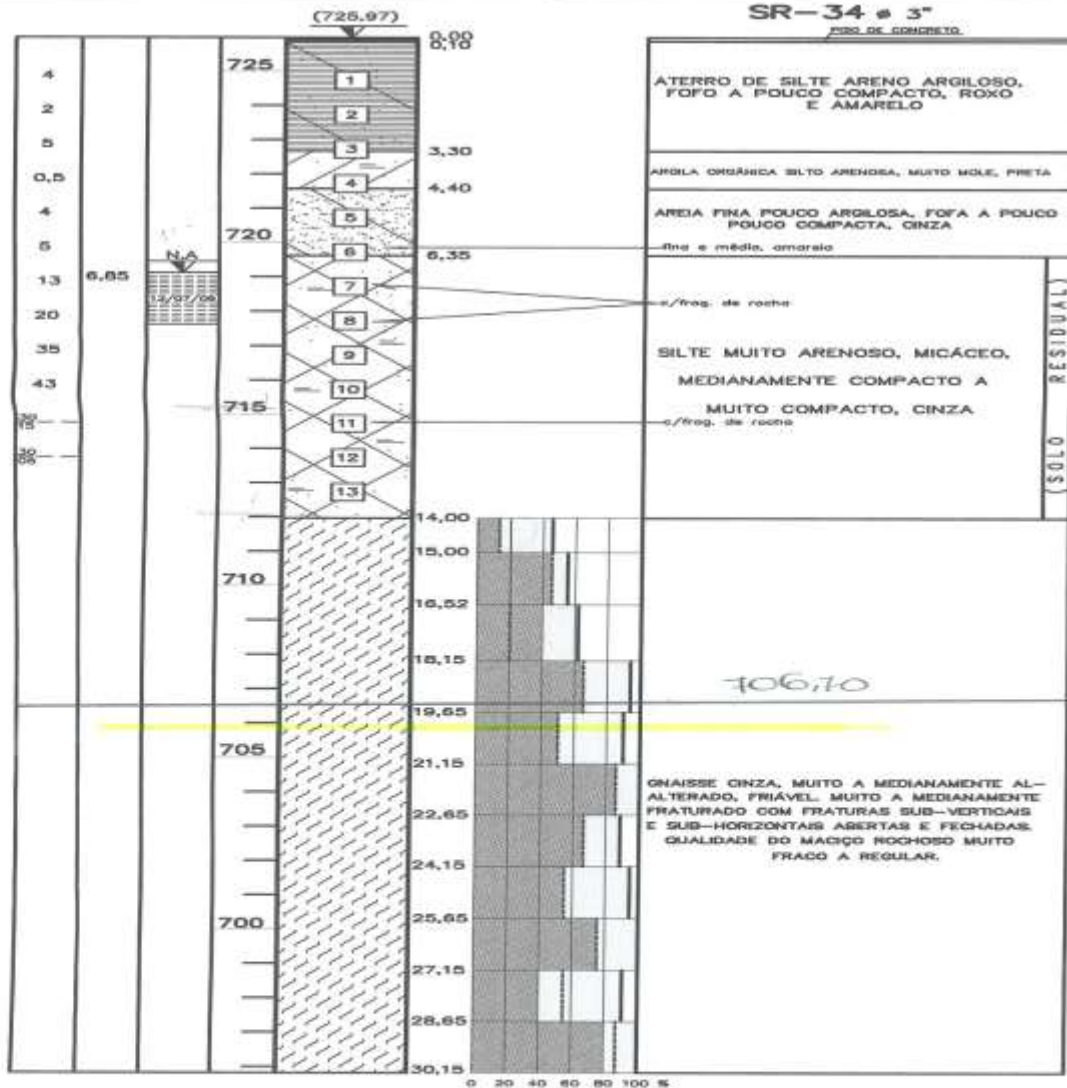
RQD (ROCK QUALITY DESIGNATION)

PORCENTAGEM DE RECUPERAÇÃO

ENGESOLoS
 ENGENHARIA DE SOLOS E FUNDAÇÕES LTDA. — CREA. 8810.
 BROOKFIELD INCORPORAÇÕES S/A
 Rua Dr. Rubens Bueno, 691 — São Paulo — SP
 Perfil Individual do subsolo — SR-31
 Data: 26/08/09 Des. Jackson S.P.
 Escala: 1:100 Eng. 225/09

SR-34 # 3"

TIPO DE SONDEIO



ATERRO DE SILTE ARENO ARGILOSO, FOFO A POUCO COMPACTO, ROXO E AMARELO

AREIA ORGANICA SILTO ARENOSA, MUITO MOLE, PRETA

AREIA FINA POUCO ARGILOSA, FOFA A POUCO POUCO COMPACTA, CINZA
fina e média, amarelo

s/frag. de rocha

SILTE MUITO ARENOSO, MICACEO, MEDIANAMENTE COMPACTO A MUITO COMPACTO, CINZA
s/frag. de rocha

GNAISSE CINZA, MUITO A MEDIANAMENTE ALTERADO, FRIÁVEL, MUITO A MEDIANAMENTE FRATURADO COM FRATURAS SUB-VERTICAIS E SUB-HORIZONTAIS ABERTAS E FECHADAS. QUALIDADE DO MACIÇO ROCHOSO MUITO FRACO A REGULAR.

RESIDUAL (TENS)

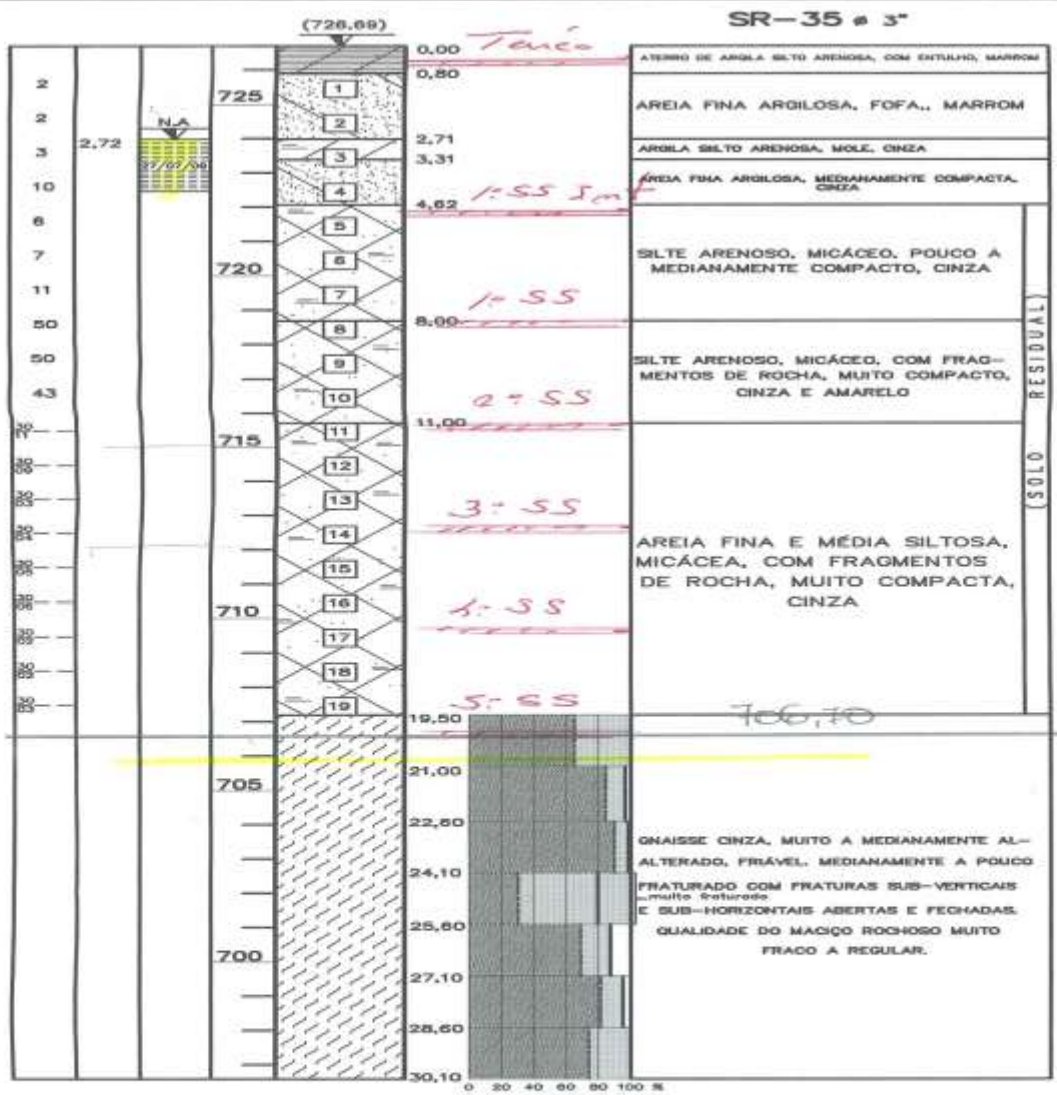
106,70

SOND. Nº	REVESTIMENTO			Ø DA PERFURAÇÃO			AVANÇO DA SONDAAGEM	
	H 4 1/2"	N 3 1/2"	B 2 7/8"	H 3 7/8"	N 3"	B 2 3/8"	SOLO	ROCHA
SR-34	0,00 a 15,00	0,00 a 18,00	—	0,00 a 14,00	14,00 a 30,15	—	14,00	30,15

RQD (ROCK QUALITY DESIGNATION)

PORCENTAGEM DE RECUPERAÇÃO

ENGE SOLOS
 ENGENHARIA DE SOLOS E FUNDACOES LTDA. — CREA 8810
 BROOKFIELD INCORPORACOES S/A
 Rua Dr. Rubens Bueno, 691 — São Paulo — SP
 Perfil Individual do subsolo — SR-34
 Data: 26/08/09 Des. Jackson S.P.
 Escala: 1:100 Eng. 225/09



SOND. Nº	REVESTIMENTO			Ø DA PERFURAÇÃO			AVANÇO DA SONDAAGEM	
	H 4 1/2"	N 3 1/2"	B 2 7/8"	H 3 7/8"	N 3"	B 2 3/8"	SOLO	ROCHA
SR-35	0,00 a 8,58	0,00 a 18,58	—	0,00 a 8,58	8,58 a 30,10	—	0,00 a 19,50	19,50 a 30,10

RQD (ROCK QUALITY DESIGNATION)

PORCENTAGEM DE RECUPERAÇÃO

ENGE SOLOS

ENGENHARIA DE SOLOS E FUNDAÇÕES LTDA — CREA. 9810

BROOKFIELD INCORPORAÇÕES S/A

Rua Dr. Rubens Bueno, 891 — São Paulo — SP

Perfil individual do subsolo — SR-35

Data: 26/08/09 Des. Jackson S.P.

Escala= 1:100 Eng. 225/09

1.ª Alternativa.

PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. LTDA.
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDAÇÕES



AV. ANGÉLICA 1814 9º ANDAR
CJ 902/3 01228 902 SÃO PAULO SP
TEL 3661 7296
FAX 3661 7193

Sistema
convenção
(clam-shell)

NA

40cm

19a 20m

Térreo

1.ª SS. Int.

1.ª SS

2.ª SS

3.ª SS

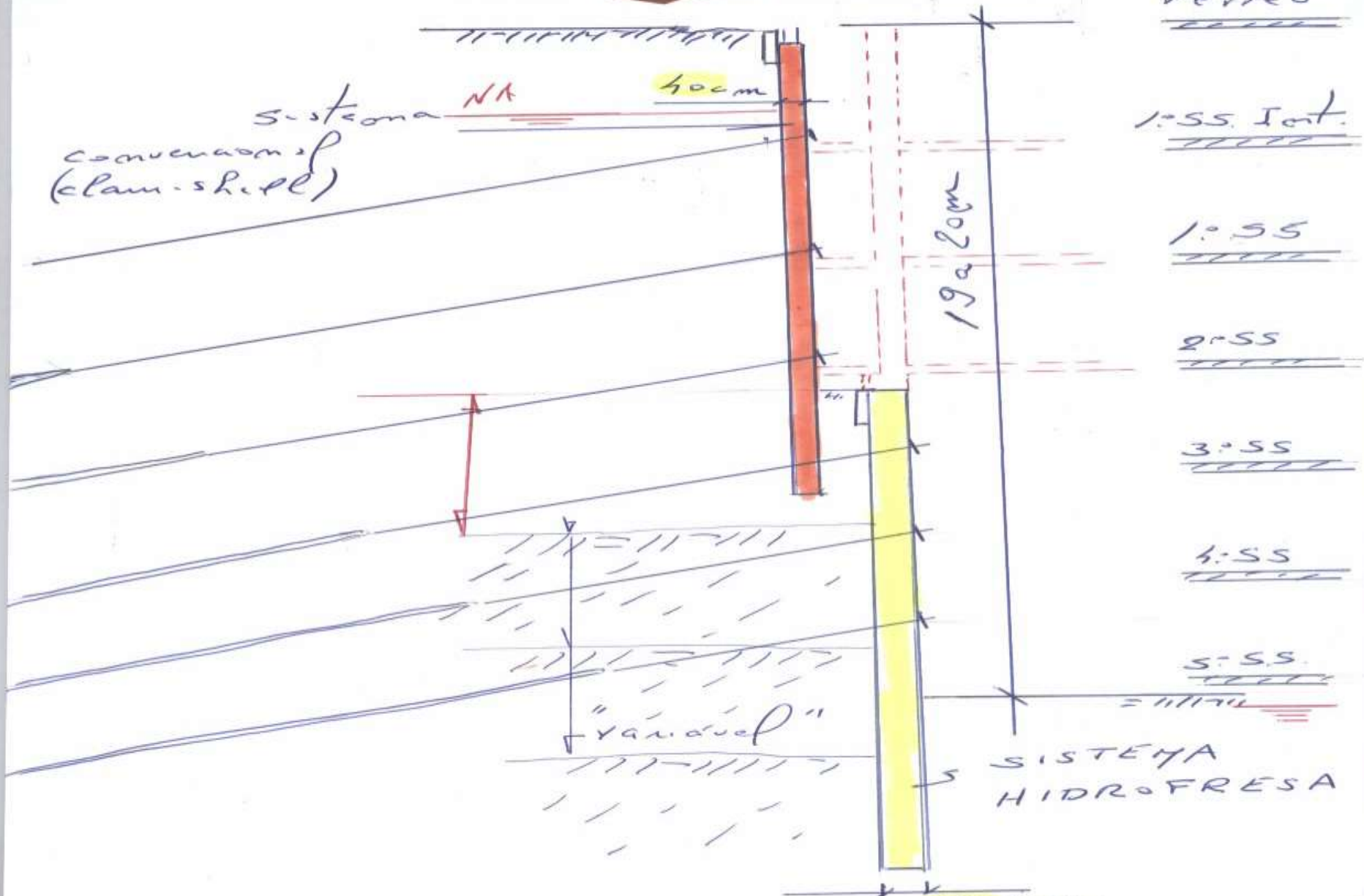
4.ª SS

5.ª SS

"vânduel"

SISTEMA
HIDROFRESA

60cm



2ª Alternativa

PORTELLA ALARCON
ENGENHEIROS ASSOC. LTDA.
PROJETOS E CONSULTORIA
DE FUNDAÇÕES



AV. ANGÉLICA 1814 9º ANDAR
CJ 902/3 01228-902 SÃO PAULO SP
TEL: 3661 7296
FAX 3661 7193

A detalhe

NA

60

19 a 20cm

20cm => n f subs. b.s

(f25, 25)

Tomo

1º ss Int.

1º ss

2º ss

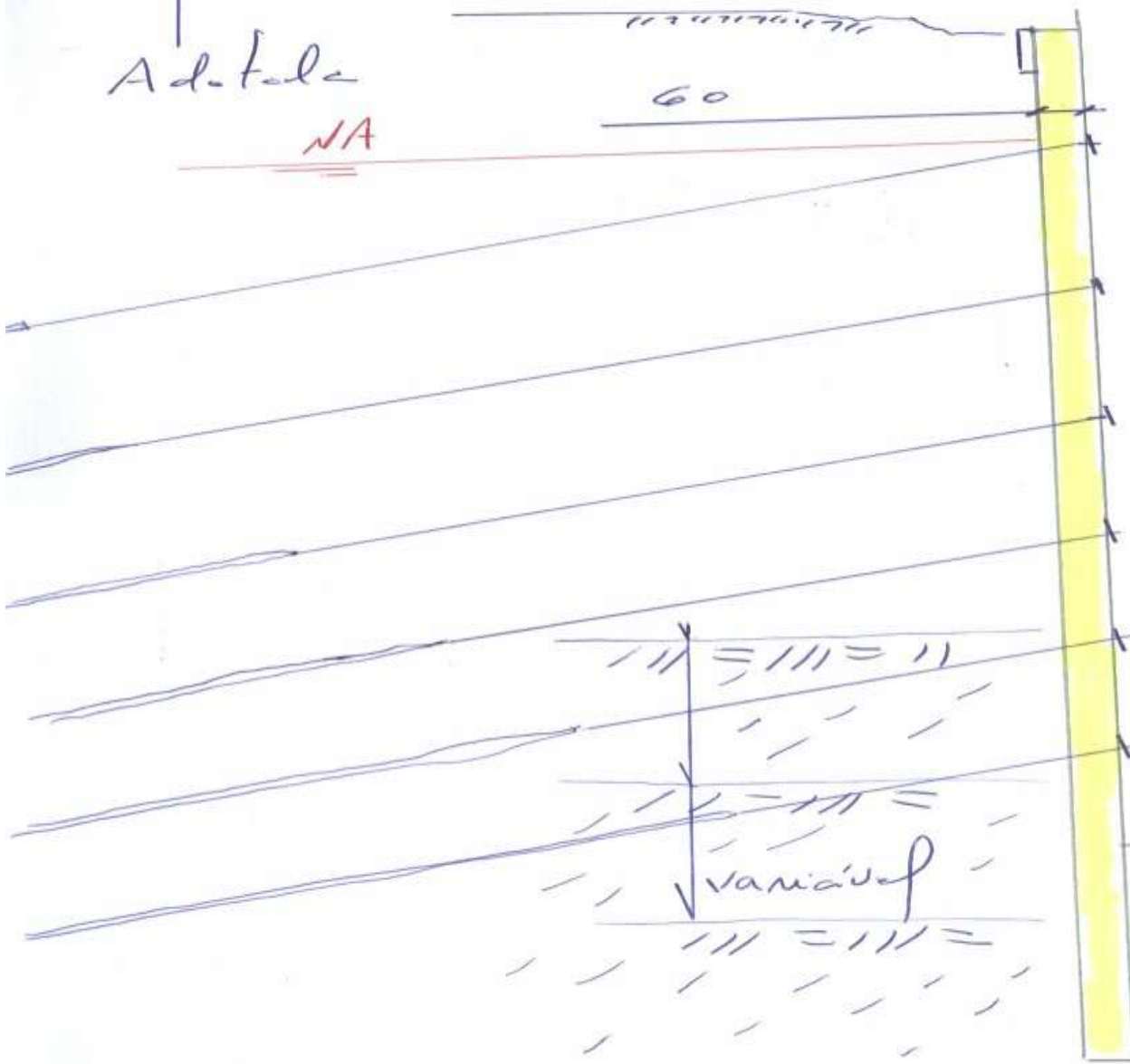
3º ss

4º ss

n f 6,0 (40,4)

5º ss

variação



6º ss

LOCAÇÃO DA OBRA













