

16ª EDIÇÃO

CURSO TECNOLOGIA E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES E CONTENÇÕES



CURSO GRATUITO - PRESENCIAL - DE 05 A 21 AGOSTO 2026

Realização



Co-Realização



Apoio Institucional



Empresas Palestrantes e Convidadas

PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO E ROCHA

Eng. Marcio Abreu de Freitas
Eng. Denis Gonzaga Bayona
GEOFIX FUNDAÇÕES

• ÍNDICE

- Introdução;
- Origem histórica;
- Parede Diafragma em SOLO:
 - Conceito;
 - Mureta-guia;
 - Canteiro;
 - Lama bentonítica ou Polímero;
 - Ensaio da lama;
 - Preparação da Lama;
 - Escavação da Trincheira em solo;
 - Concreto;
 - Preparação e concretagem;
 - Tratamento da lama bentonítica.

• ÍNDICE

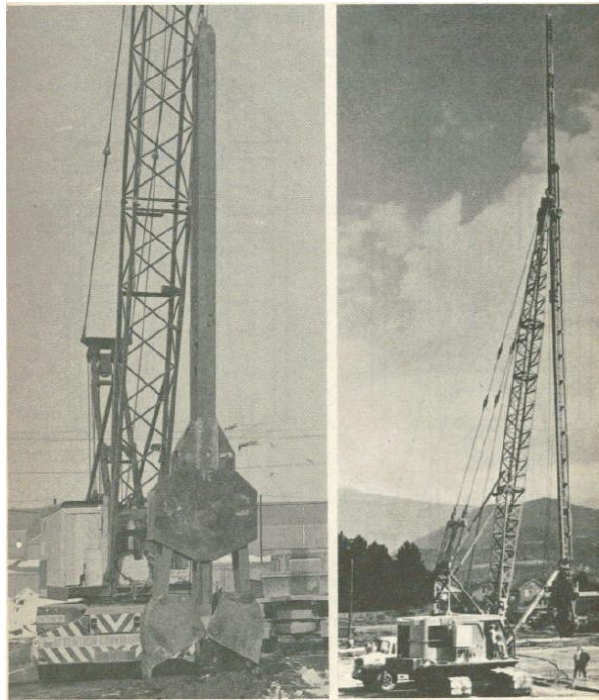
- Parede Diafragma em ROCHA: HIDROFRESA
 - Mureta-guia;
 - Canteiro;
 - Ferramenta;
 - Sequência executiva;
 - Preparação do emboque;
 - Controle de verticalidade;
 - Equipamentos;
 - Distância das divisas;
 - Dados necessários para projeto;
 - Juntas entre lamelas;
 - Central Recicladora.
- Caso de Obra:
 - FARIA LIMA;
 - TWO TOWERS.
- Particularidade: **Soletanche-Bachy**.

• INTRODUÇÃO

- Aumento da população;
- Aumento da renda familiar: moradia e veículos;
- Edificações comerciais e residenciais maiores;
- Aumento do número de subsolos: profundidades e lençól freático.



- ORIGEM HISTÓRICA



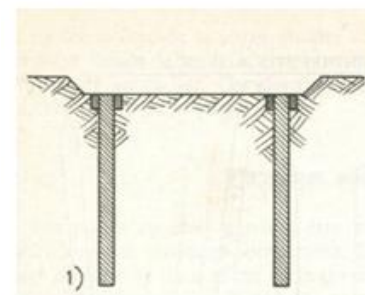
• ORIGEM HISTÓRIA

As primeiras aplicações práticas das paredes moldadas no solo foram os “cut-off”s (parede plástica impermeabilizante):

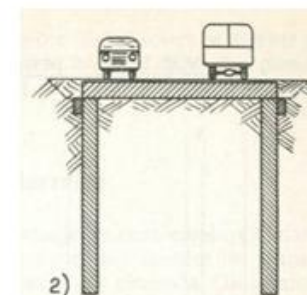
- Barragem de Venafro no Rio Volturno, Itália, 1948;
- Barragem de Santa Maria, Itália, 1948.
- Califórnia Edison Power Plant em Terminal Island, na Califórnia, EUA, em 1950;
- Diques do Porto de Los Angeles, EUA, em 1950;

1ª obra de parede de concreto moldada no solo:

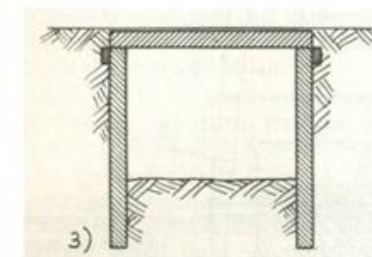
- Metro de Milão, Itália, 1957.



1) Execução de parede moldada

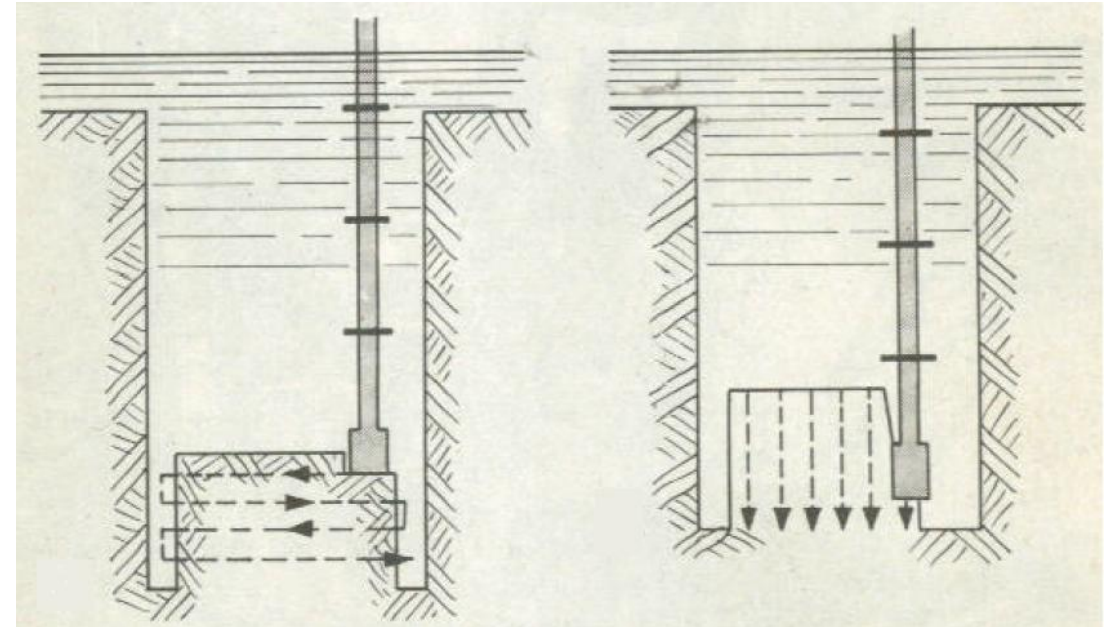
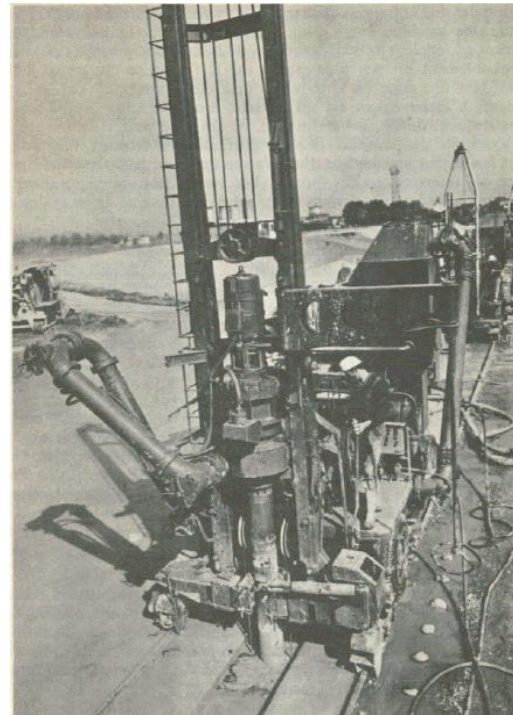
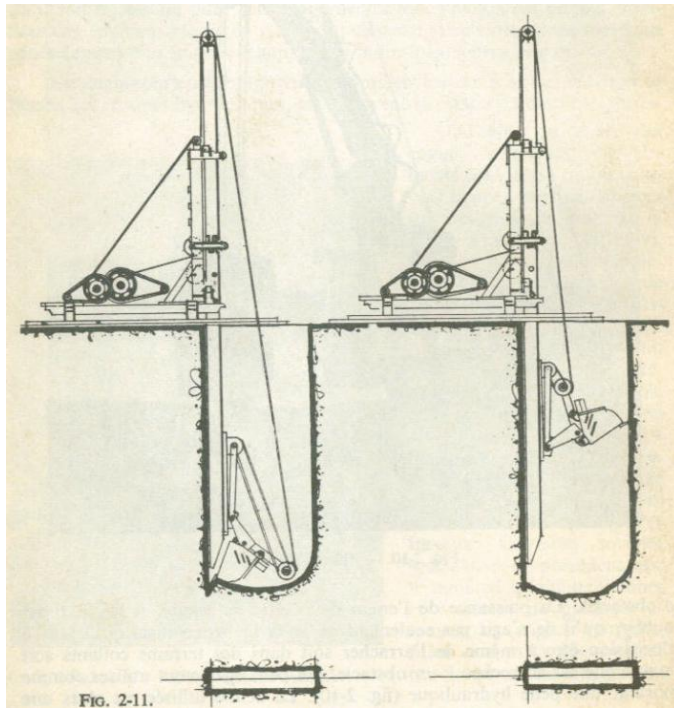


2) Laje de Cobertura

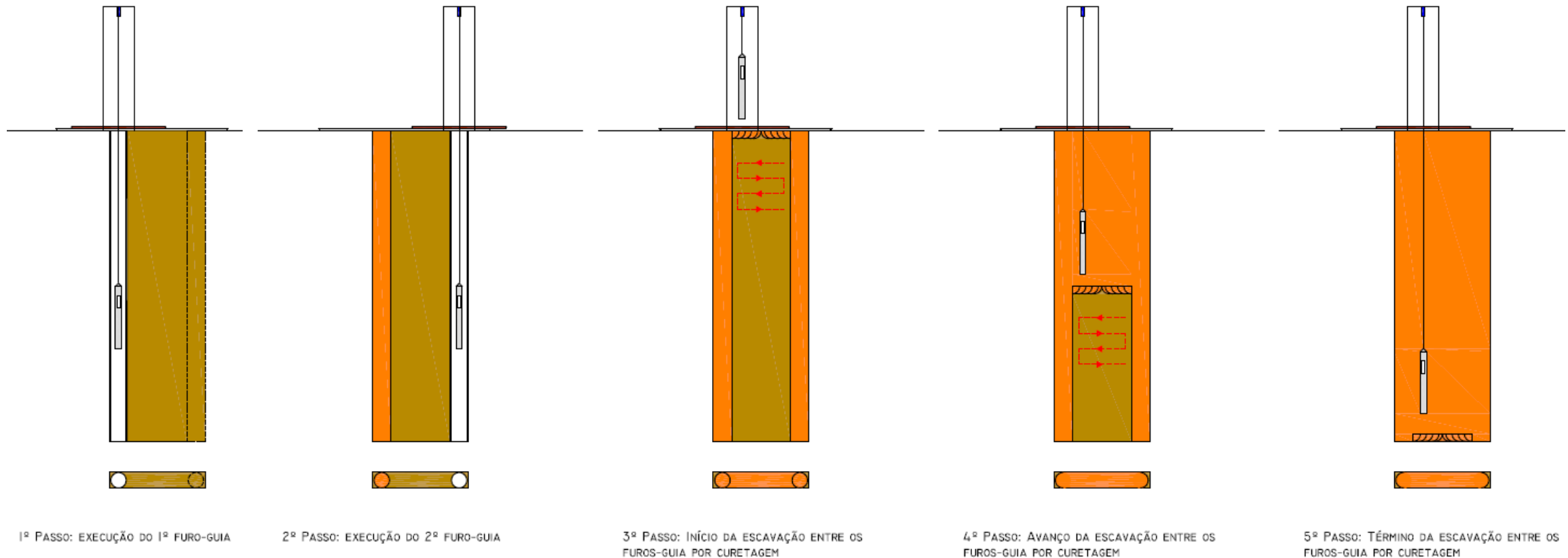


3) Escavação subterrânea

- ORIGEM HISTÓRIA – Outros métodos



- ORIGEM HISTÓRIA – Outros métodos



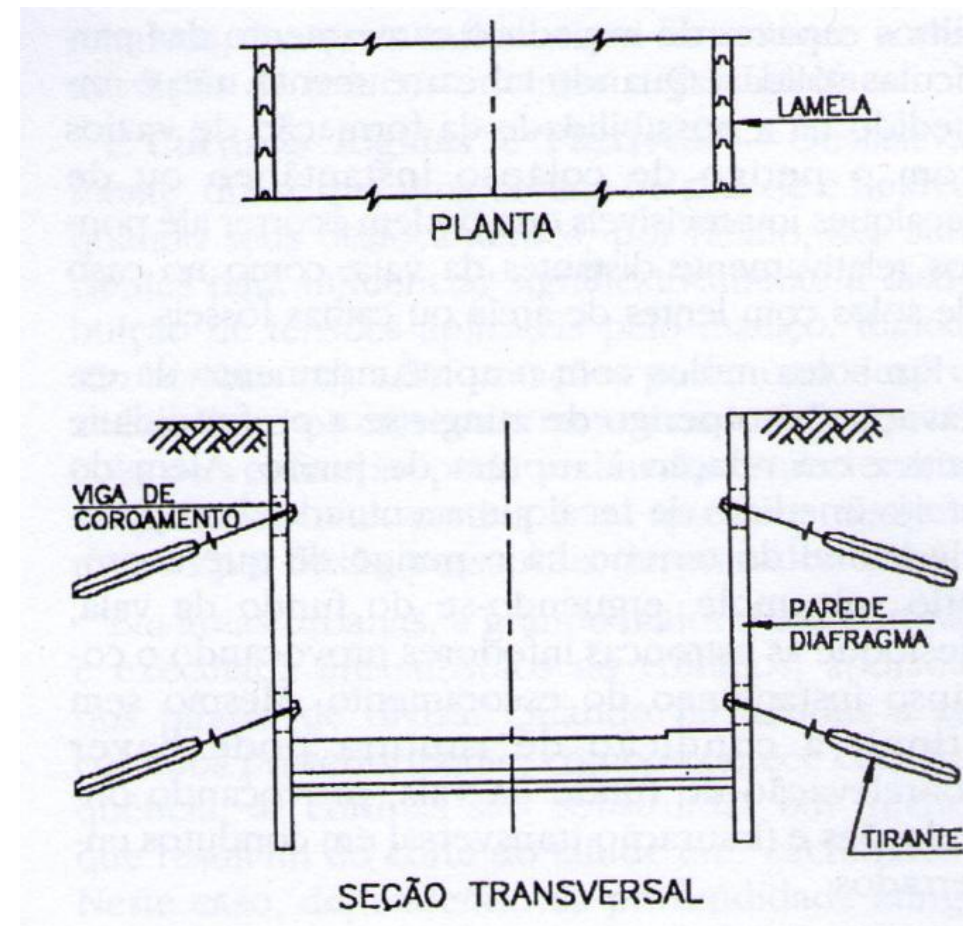
• PAREDE DIAFRAGMA

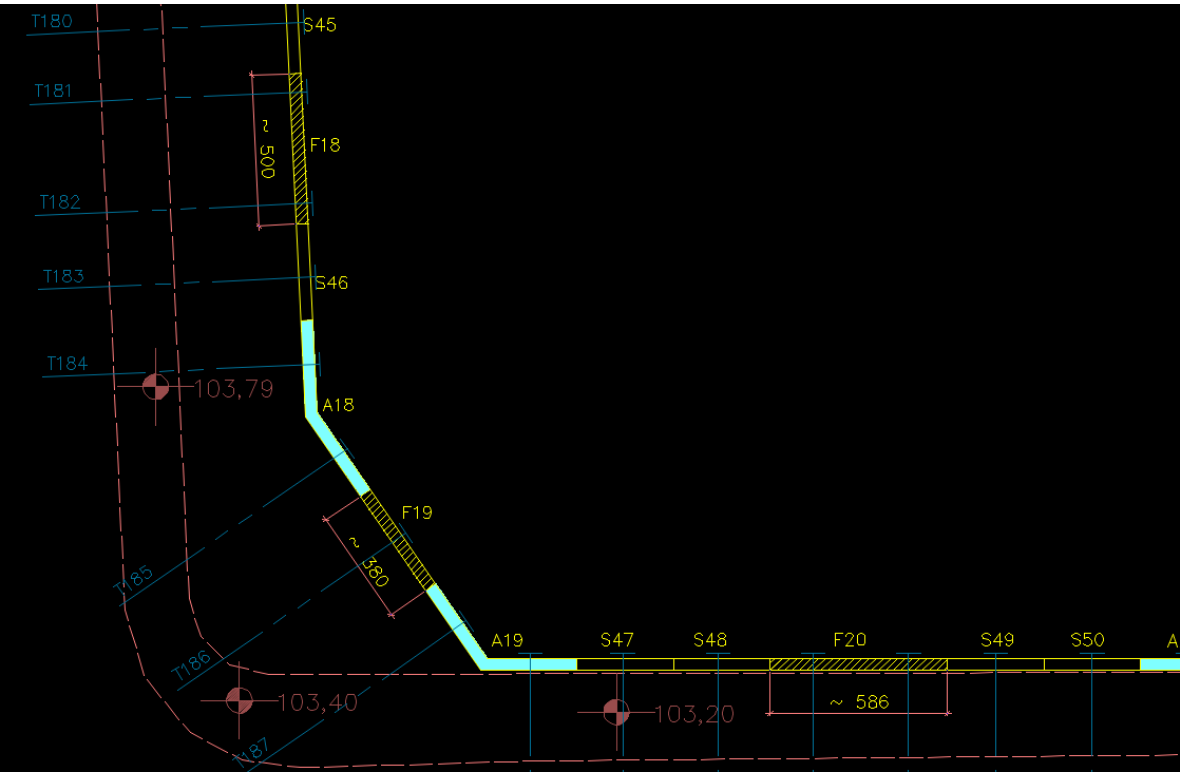
– Conceito:

São cortinas de concreto armado ou argamassa plástica (coulis: bentonita + cimento + água) executadas a partir da escavação de uma trincheira aberta no terreno e mantida estável com o auxílio de uma lama estabilizante.

– Vantagens:

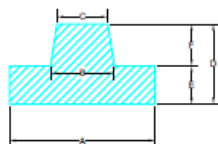
- Possibilidade de atravessar camadas de grande resistência;
- Possibilita escavação abaixo do nível d'água;
- Execução sem vibrações e ruído inerente à cravação de estacas de fundações ou escoramento;
- Frequentemente mais econômico devido à incorporação das paredes à estrutura permanente.



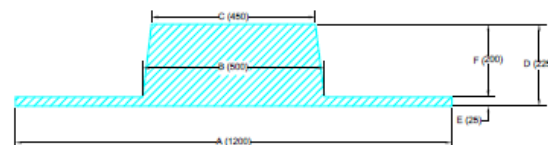
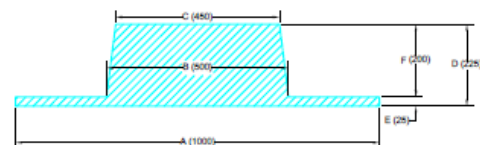
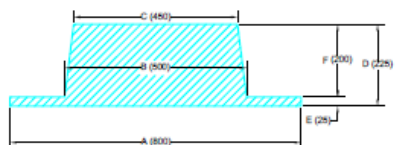
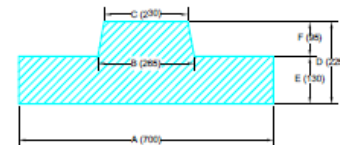
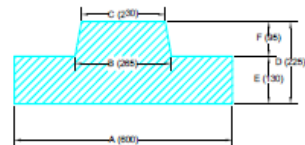
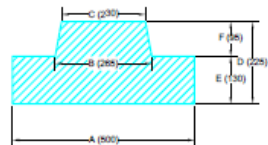
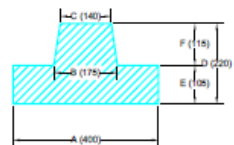


• PAREDE DIAFRAGMA

Esp. (cm)	DIMENSÕES DAS JUNTAS PLANAS						Perímetro colado (m)
	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	
40	400	175	140	220	105	115	1,208
50	500	265	230	225	130	95	1,418
60	600	265	230	225	130	95	1,618
70	700	265	230	225	130	95	1,818
80	800	500	450	225	25	200	2,003
100	1000	500	450	225	25	200	2,403
120	1200	500	450	225	25	200	2,803

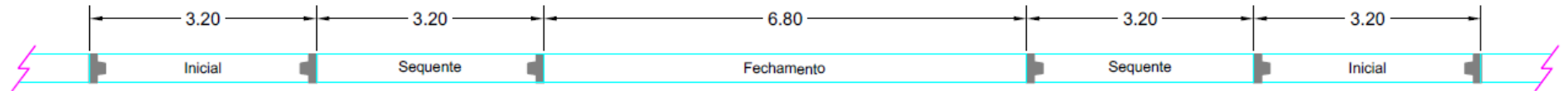


geofix

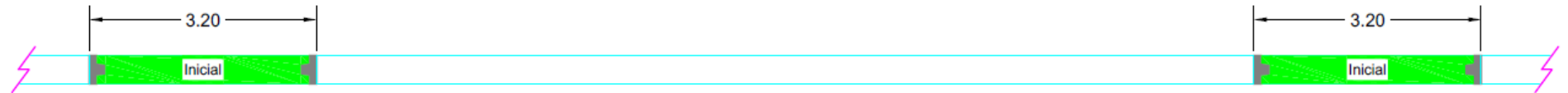


• PAREDE DIAFRAGMA

Distribuição:



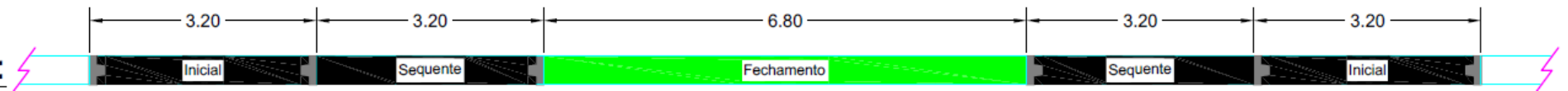
Painéis Iniciais:



Painéis Sequentes:



Painel de Fechamento:



• PAREDE DIAFRAGMA

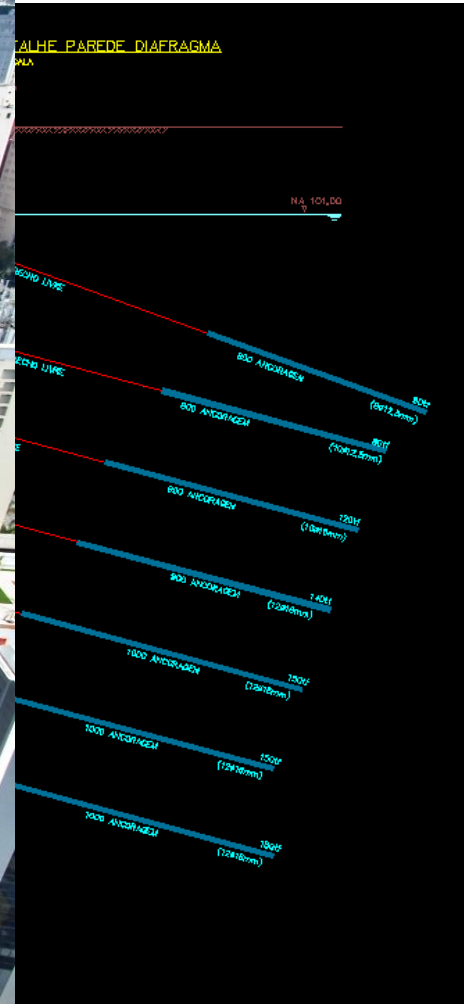
COTAS DOS PISOS:

- T'ERREO = 100,50 A
- INTERMEDI'ARIO = 98
- 1° S.S. = 95,70
- 2° S.S. = 92,70
- 3° S.S. = 89,70
- 4° S.S. = 86,70
- 5° S.S. = 83,70

PAREDE DIAFRAGMA:

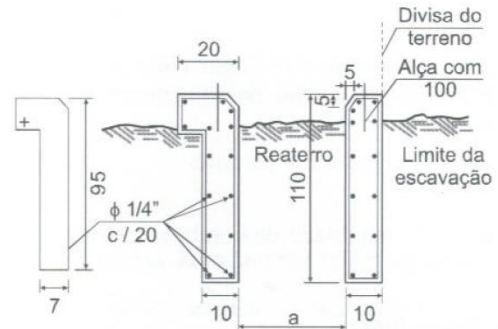
- COTA DE EXECU[~AO
- COTA DE PONTA = 7

QUANTIDADE ESTIMADA D



• PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO

– Mureta-guia:

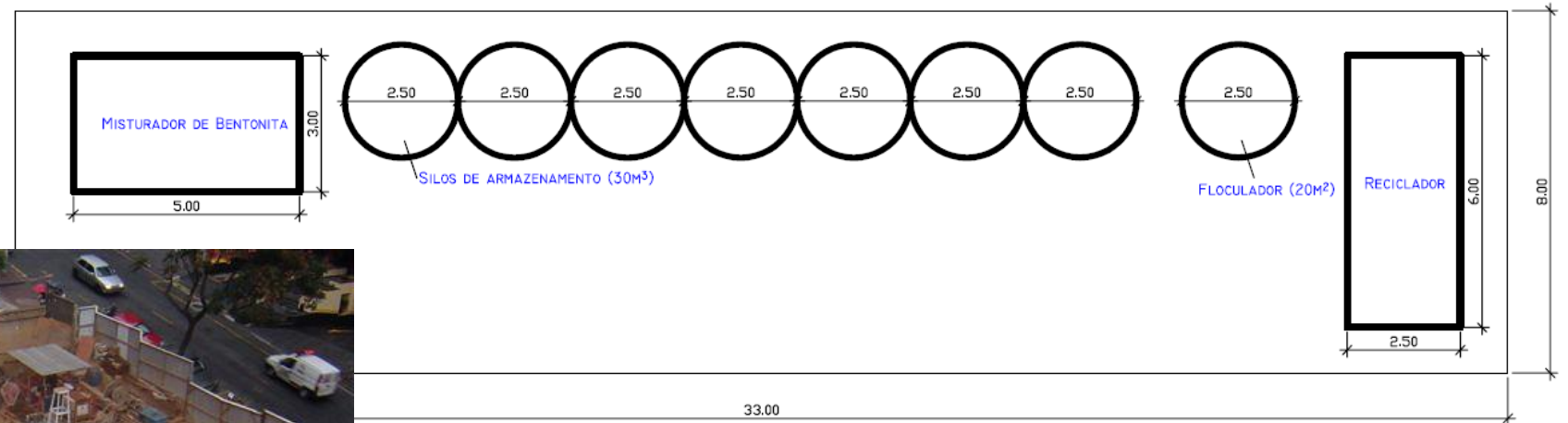


(a) é a espessura de parede acrescida de 3cm para paredes de 30, 40 e 50cm ou acrescida de 5cm para paredes com mais de 50cm



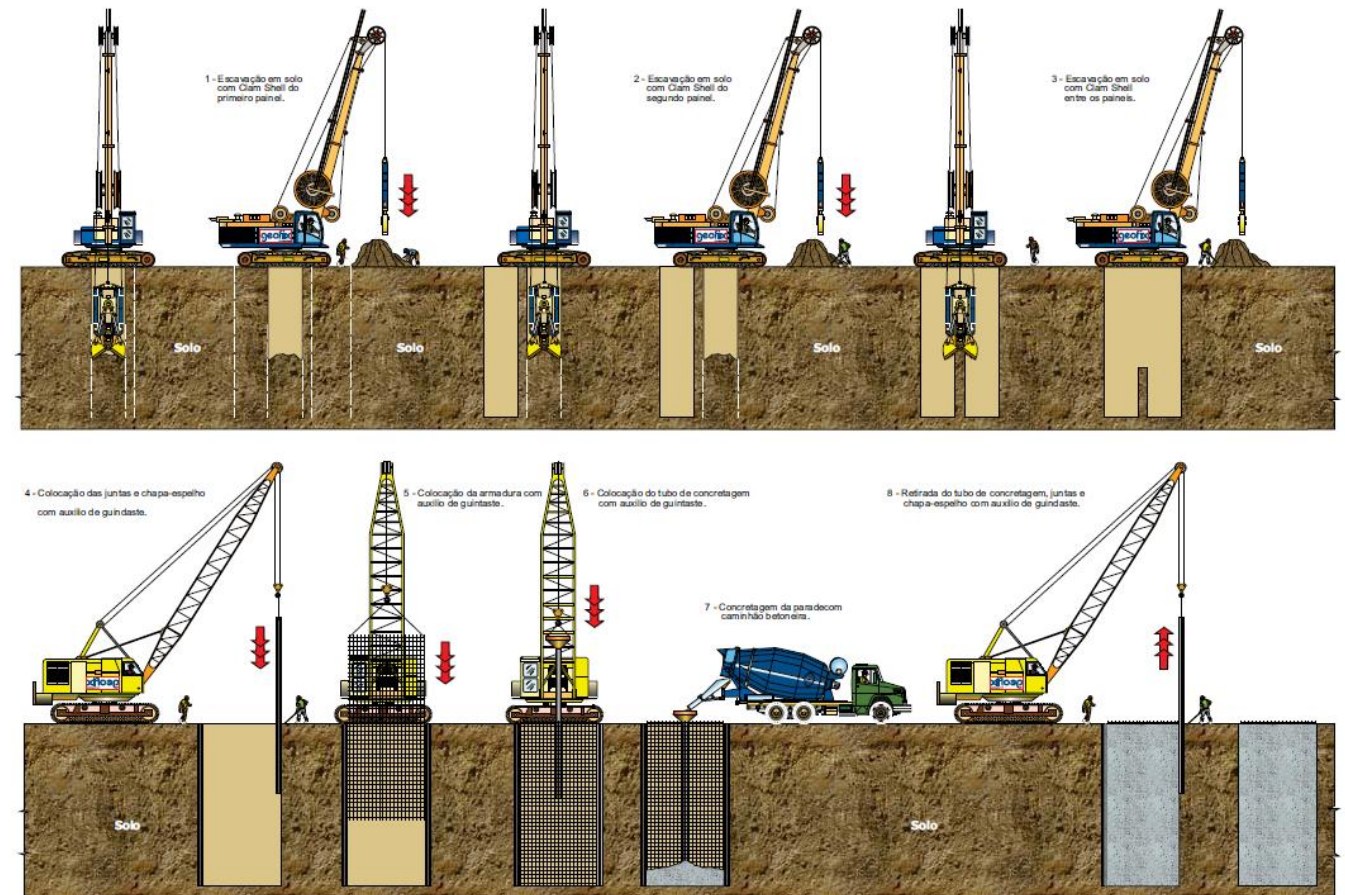
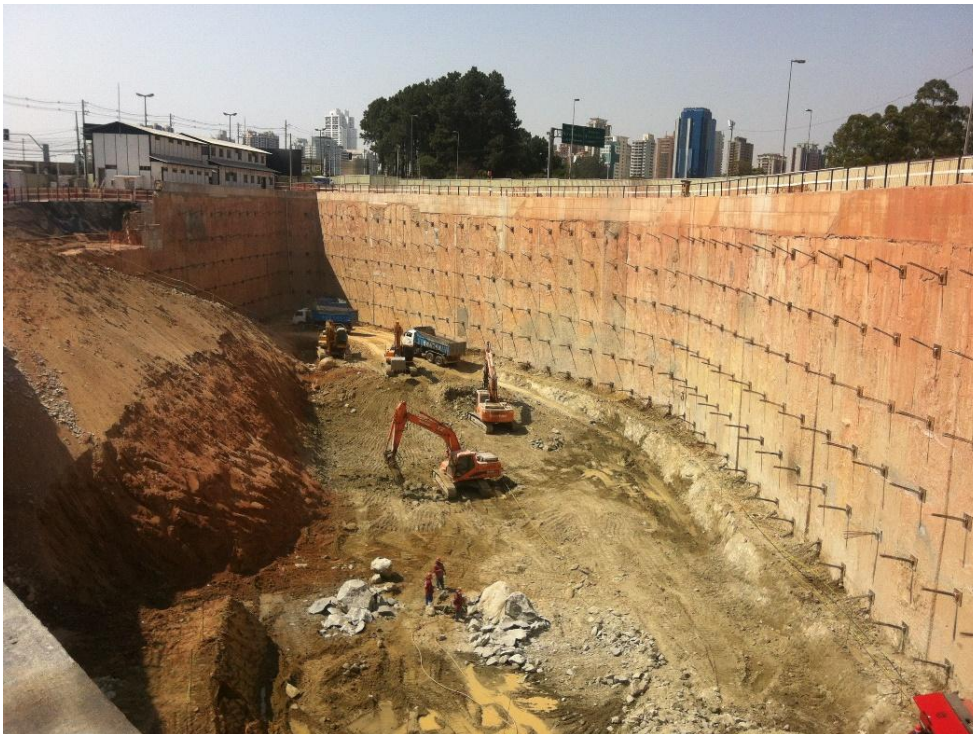
• PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO

— Canteiro:



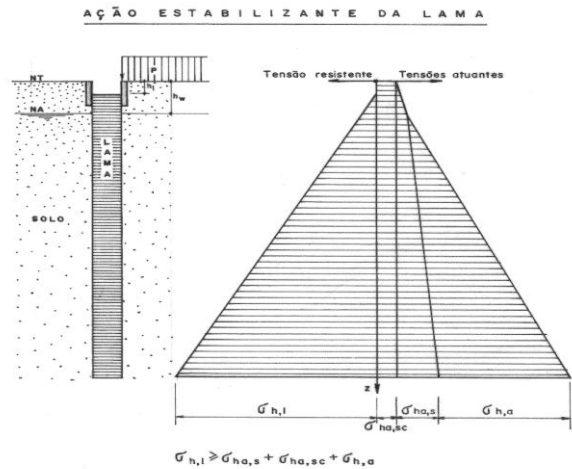
• PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO

– Sequência executiva:

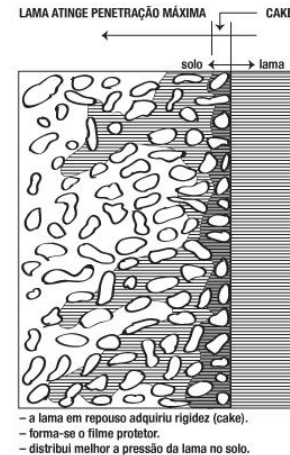
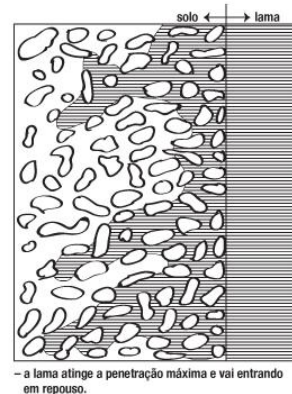
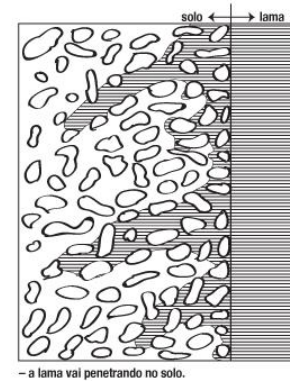
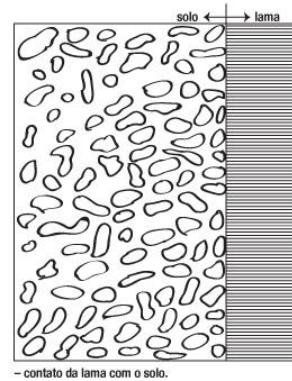


• PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO

– Lama Bentonítica:

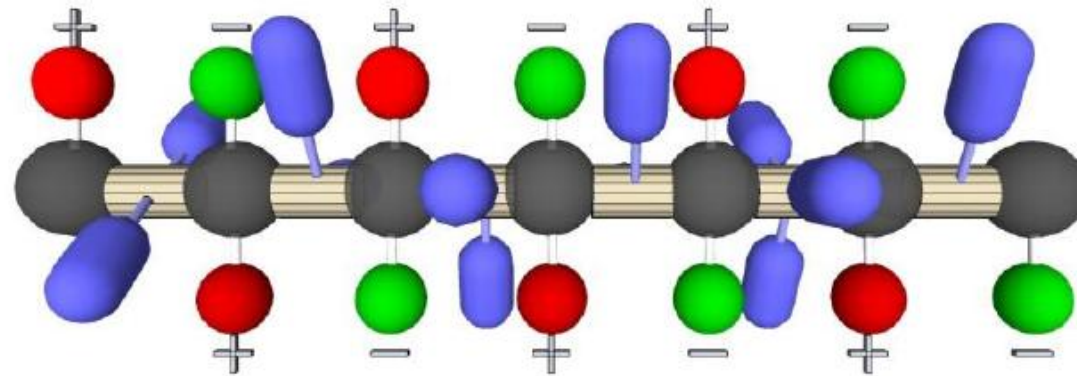


- h_w — profundidade do lençol d'água
- h_l — profundidade do nível da lama
- p — sobrecarga uniforme
- $\sigma_{h,a}$ — tensão normal, horizontal, exercida pela água
- $\sigma_{h,i}$ — tensão normal, horizontal, exercida pela lama
- $\sigma_{h,a,s}$ — tensão normal, horizontal, ativa, exercida pelo solo devido ao seu próprio peso
- $\sigma_{h,a,sc}$ — tensão normal, horizontal, ativa, exercida pelo solo devido a sobrecarga



- PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO

- Polímero:



- **PAREDE DIAFRAGMA**

– Lama Bentonítica x Polímero:

PROPRIEDADES	LAMA BENTONÍTICA VALORES	POLÍMERO VALORES	EQUIPAMENTOS
Densidade	1,025 g/cm ³ a 1,10 g/cm ³	1,005 g/cm ³ a 1,10 g/cm ³	Densímetro
Viscosidade	30 s a 90 s	35 s a 120 s	Funil Marsh
pH	7 a 11	9 a 12	Indicador de pH
Teor de areia	≤ 3%	≤ 4,5%	Baroid sand content ou similar

- PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO

– Ensaio da lama:



- PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO

– Preparação da lama :



• PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO

— Ferramenta: CLAM-SHELL



EQUIPAMENTOS		CLAM-SHELL'S		
Tipo	Quantidades (equipamentos) unid.	Quantidades (CORPOS) unid.	CLAM-SHELL	Quantidades (PALAS) unid.
Hidráulico: Casagrande C400 (L ≤ 28,50 m e 31,00 m)	2	7	40 x 320	7
			50 x 320	4
			60 x 250	2
			70 x 250	1
			80 x 250	3
Hidráulico: Casagrande B300 (L ≤ 34,00 m)	1	1	60 x 320	1
			100 x 320	1
			120 x 320	1
Hidráulico: Bauer GB50	1	2	40 x 320	3
		1	50 x 320	2
			60 x 320	2
			80 x 320	2
			100 x 320	1
Hidráulico: AN500	3	2	120 x 320	1
			40 x 320	2
			50 x 320	3
		2	60 x 250	2
			80 x 250	2
			100 x 250	2
			120 x 250	2
		2	60 x 320	2
			80 x 320	2
			100 x 320	3
Mecânico: - FUWA QUY55 - FUWA QUY80	12	12	120 x 320	3
			40 x 250	5
			40 x 320	11
			50 x 250	2
			50 x 320	3
		11	60 x 250	7
			60 x 320	3
			70 x 250	3
			80 x 250	3
			80 x 320	1
			100 x 250	3
			100 x 320	1
			120 x 250	3
			120 x 320	1
			100 x 320	(compatível _GB50) *
			120 x 320	
Mecânico ESPECIAL: CASAGRANDE C900	1			

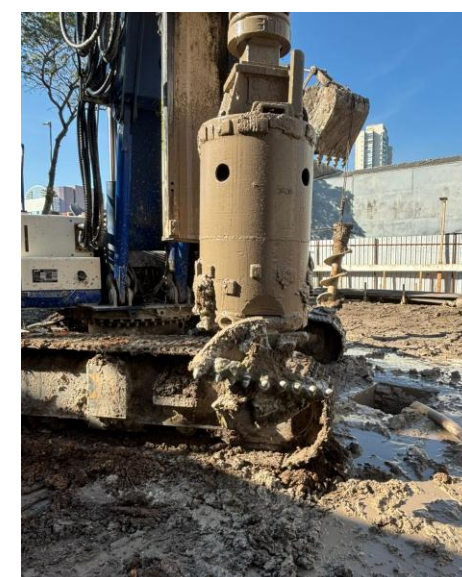
- PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO

— Escavação da trincheira:



- PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO

– Escavação (equipamentos auxiliares):



- **PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO**

- Escavação (limpeza de junta):



• PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO

– Preparação para concretagem:

Equipamento	Polegadas	Modelo	Vazão (m³/hora)	Potência (HP)	Potência (kW)
Geobomba	GB11"	Diesel	200	157	115
Geobomba	GB11"	Elétrica	160	60	44
Geobomba	GB11"	Elétrica importada	160	60	44
Geobomba	GB17"	Diesel	230	157	115
Hero	-	Elétrica	100	25	18



- PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO

— Preparação para concretagem:



- **PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO**

- Preparação para concretagem:



• PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO

— Preparação para concretagem:

- Realiza-se o re-ensaio do fluido:
 - Fluido DENTRO dos parâmetros da norma → inicia-se a concretagem;
 - Fluido FORA dos parâmetros da norma
 - 1) realiza-se o processo de desarenação até o fluido apresentar resultados dentro dos parâmetros de norma → inicia-se a concretagem;
 - 2) troca-se o fluido → inicia-se a concretagem.
- Iniciar a concretagem com, pelo menos, 50% do volume de concreto no canteiro. O restante também deverá ser lançado de forma contínua e ininterrupta.
- A concretagem é submersa e continua, realizada através de um funil ligado ao tubo tremonha. O concreto pode ser lançado diretamente no funil ou através de bomba (quando não for permitida a aproximação da betoneira).
- Deve-se garantir o embutimento de, pelo menos, 1,5 metro do tubo dentro do concreto lançado.

	SISTEMA DA QUALIDADE										NRO
	Realização do Produto – Parede Diafragma, Estaca Barrete e Estaca Escavada										
	Boletim de Controle da Subida do Concreto e do Ensaio de Lama							MQ OBR 7.5	Versão / Data 2 / 01.09.2010	Folha 1 / 1	

Cliente/Obra:				Local:				Data:			
PD () EE () EB () nº:				Dimensão:				Projeto:			

COMPRIMENTO DO TUBO (1)		Seg.	SONDA REAL (m)	SONDA TEÓRICA (m)	COMPRIMENTO DO TUBO (2)		Seg.	SONDA REAL (m)	SONDA TEÓRICA (m)	SUBIDA DO CONCRETO (m)		CONCRETO LANÇADO (m³)	CAMINHÃO Nº		SLUMP	CRONOMETRAGEM				
										REAL	TEÓRICO		DO TUBO 1	DO TUBO 2		INICIO	FIM	TEMPO	ACUMUL	ESPERA

Cota do terreno: m	Espessura do Pannel: m	Área em planta		Subida do concreto por m² lançado		Ensaio de Lama		Antes	Depois	
Cota de ponta: m	Altura Escavada: m	Inicial: m²		Volume	Teórico m³	% Perda	Viscosidade			Seg
Cota de arrasam: m	Altura Concretada: m	Sequente: m²			Real m³		Peso Específico g/cm³			
Observações		Fechamento: m²			Pedido m³		Teor de Areia %			
		e m c m			Sobra m³		pH			

Encarregado	Engenheiro da obra	Elaborado por: CO
		Revisor por: CQ
		Aprovado por: RD

- **PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO**

- Concreto (**ABNT NBR 6122/19**):

- Slump Test: entre 220 mm e 260 mm;
- Dimensão de agregado de 9,5 a 25 mm (brita 1);
- Teor de exsudação inferior a 4%;
- Classe de Concreto (por classe de agressividade):
 - Classe I ou II - C30 (Resistência a Compressão ≥ 30 MPa aos 28 dias)
Fator água/cimento $\leq 0,60$
 - Classe III ou IV – C40 (Resistência a Compressão ≥ 40 MPa aos 28 dias)
Fator água/cimento $\leq 0,45$;
- Traço tipo bombeado;
- Consumo **mínimo** de cimento: **400 kg /m³ → 350 kg/m³**

- **PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO**

- Concreto – Instruções adicionais (ABEF/ABEG/ABESC):

- % de Argamassa em massa ≥ 55 %;
- Não utilizar cimento ARI;
- 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;
- Controle tecnológico de acordo com as normas vigentes:
 - ABNT NBR 12.655 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle recebimento e aceitação – Procedimento
 - NBR 5738 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova
 - NBR 5.739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

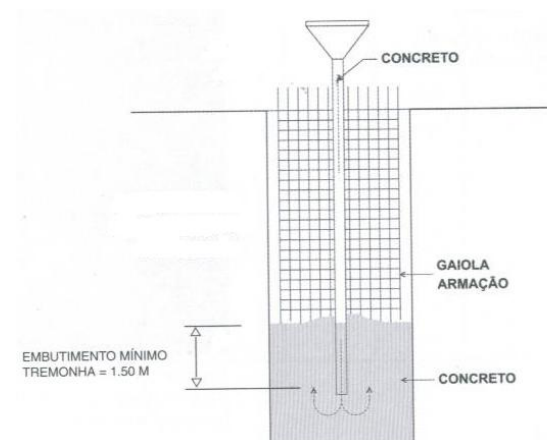
- PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO

– Concreto:



- PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO

– Concretagem:



O material decantado atende à classificação IIB (inerte e não-contaminado) da ABNT NBR10004 podendo ser lançado em aterros normais, atendendo as especificações da CETESB!!!

• PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO

– Tratamento de lama bentonítica:

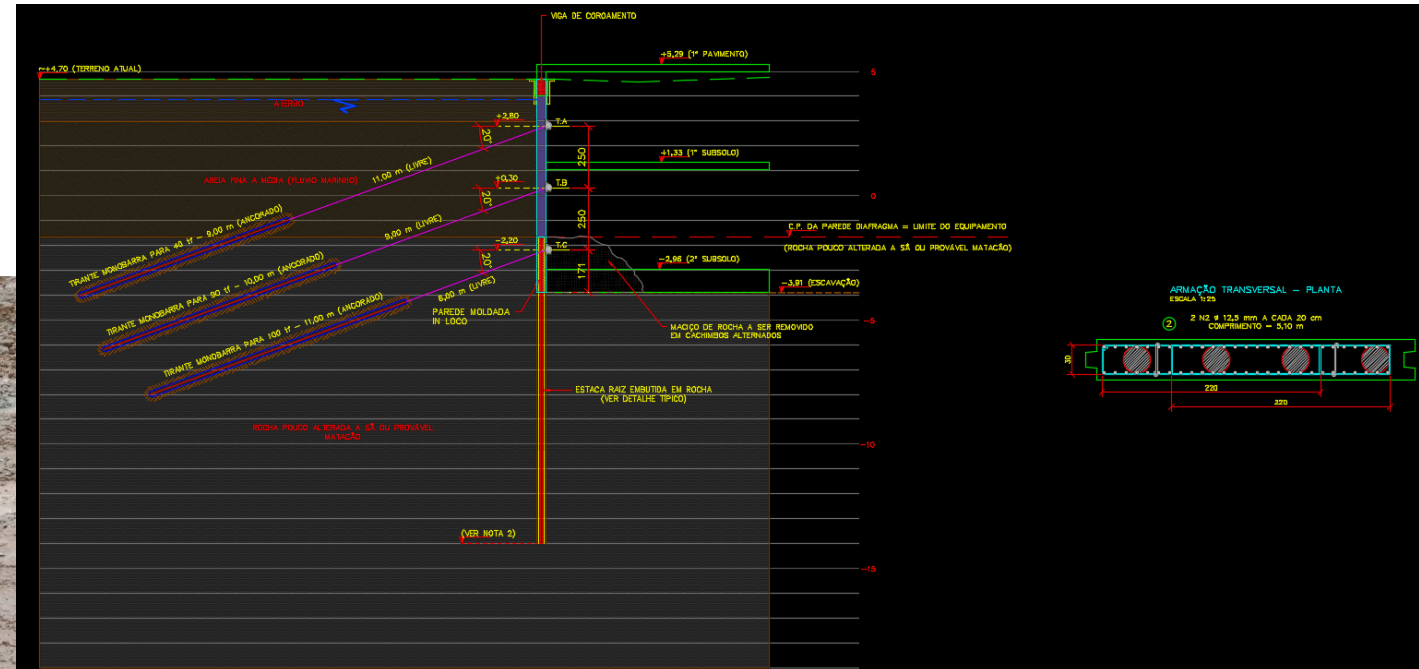


- **PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO**

- Video:

• PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO

– Limitações:

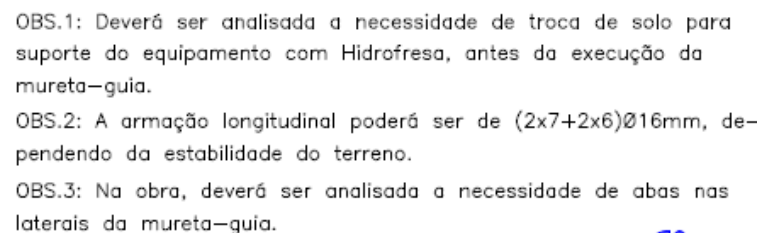
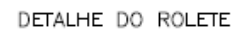
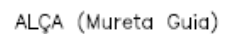


- PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO

– Limitações:

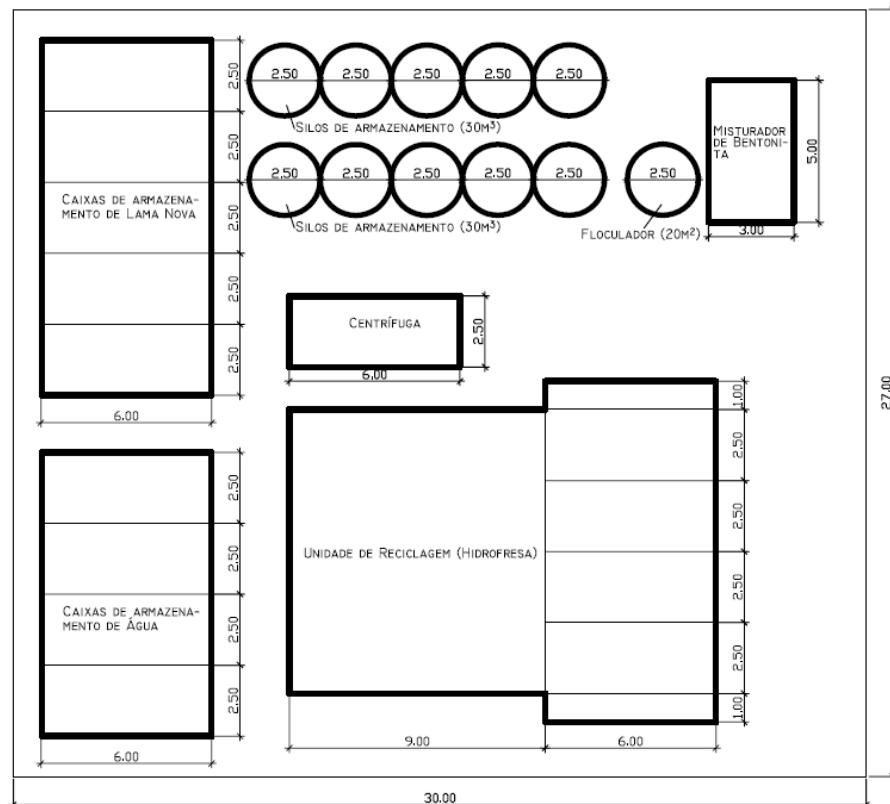


- Mureta-guia:



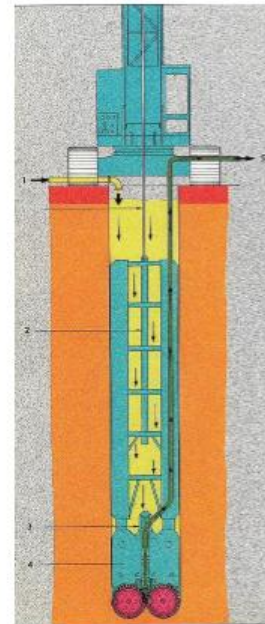
• PAREDE DIAFRAGMA EM ROCHA

– Canteiro:



- **PAREDE DIAFRAGMA EM ROCHA**

– Ferramenta:



- 1 – Inserção de lama bentonítica para escavação;
- 2 – Pistão de controle de descida;
- 3 – Bomba Submersa;
- 4 – Hidrofresa;
- 5 – Saída de material e bentonita;

- **PAREDE DIAFRAGMA EM ROCHA**

– Ferramentas:

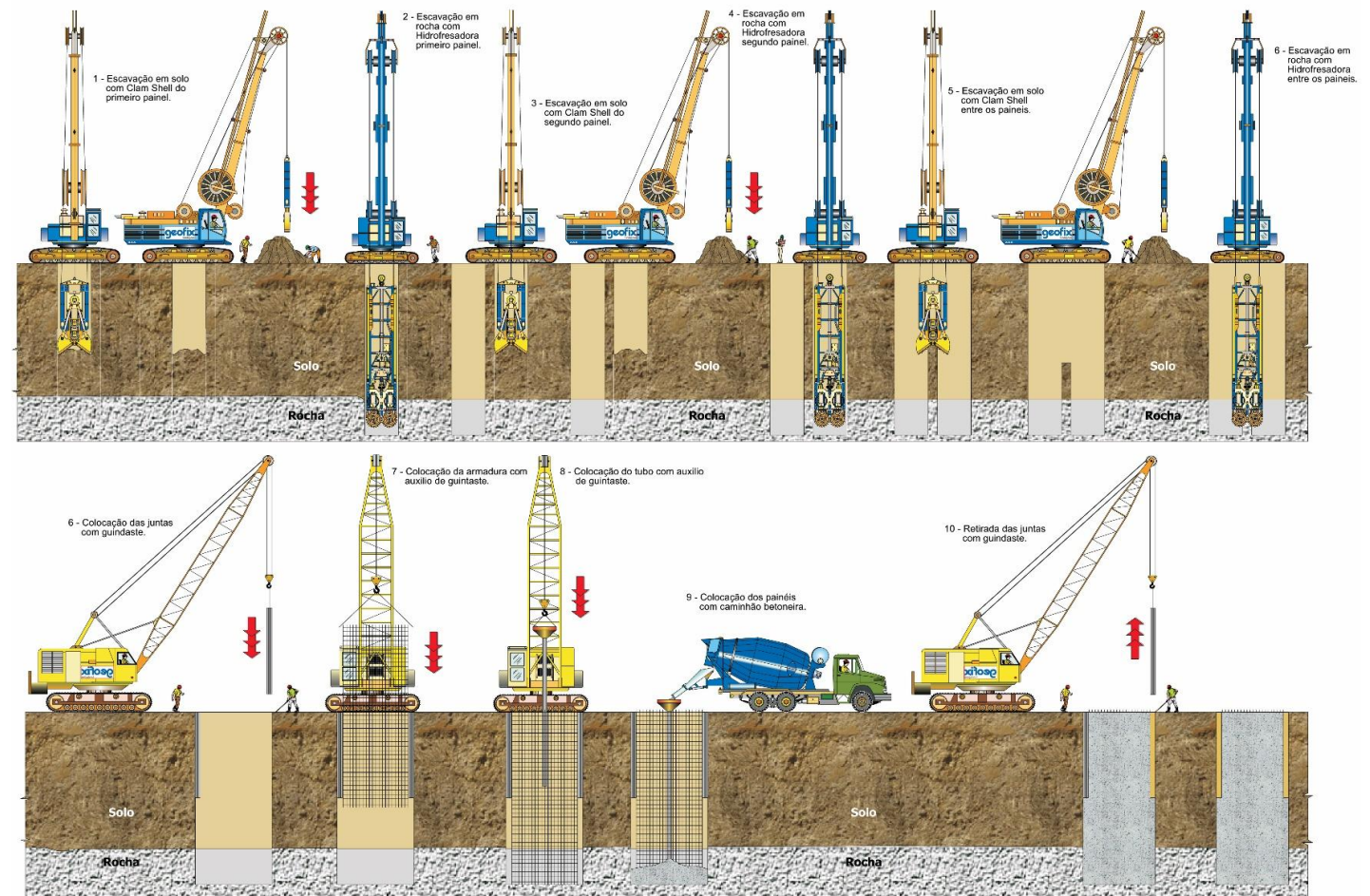
PROPRIEDADES	PAREDE DIAFRAGMA EM SOLO	PAREDE DIAFRAGMA EM ROCHA
Espessuras	0,40 / 0,50 / 0,60 / 0,70 / 0,80 / 1,00 / 1,20 m	0,65 / 0,70 / 0,80 / 1,00 / 1,20 m
Painel Inicial	dimensão de 2,50 ou 3,20 m	* ferramenta de 2,50 m - painel de 2,50 ou 5,50 a 6,00 m * ferramenta de 3,15 m - painel de 3,15 ou 6,80 a 7,50 m
Painel Sequente	dimensão de 2,50 ou 3,20 m	-----
Painel de Fechamento	* ferramenta de 2,50 m - painel de 3,00 a 5,40 m * ferramenta de 3,20 m - painel de 3,70 a 6,80 m	* ferramenta de 2,50 m - painel de 2,10 m * ferramenta de 3,15 m - painel de 2,95 m

• PAREDE DIAFRAGMA EM ROCHA

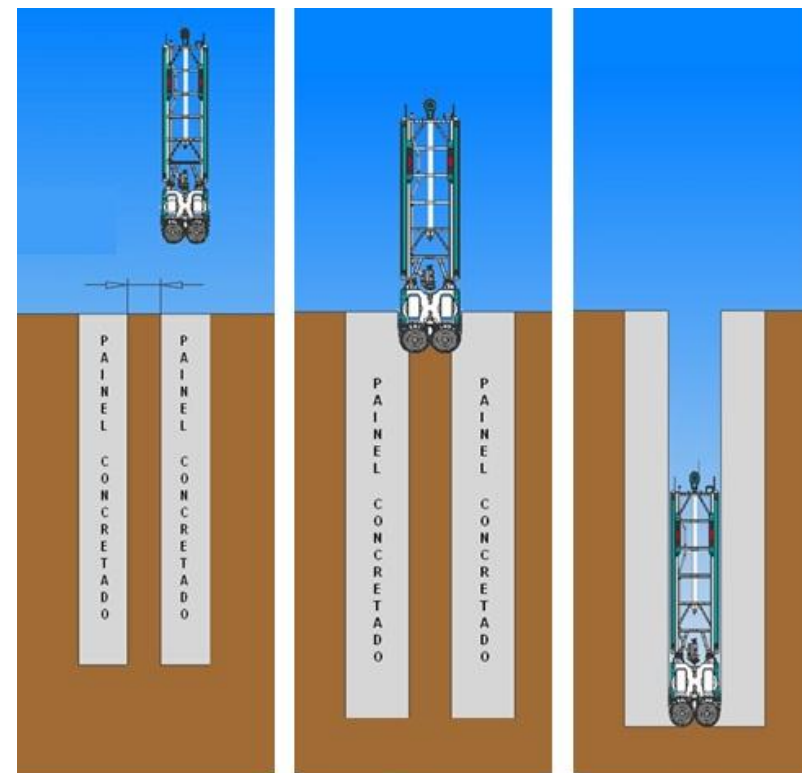
— Sequência executiva:

MÉTODO EXECUTIVO EXCUÇÃO DE PAREDE DE DIAFRAGMA COM CLAM SHELL E HIDROFRESA

geofix



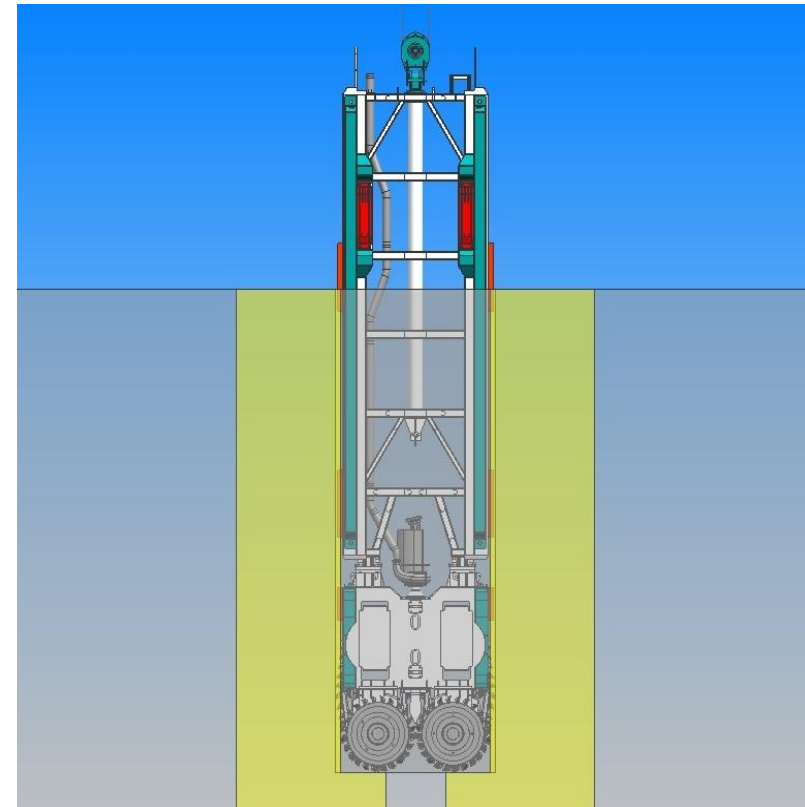
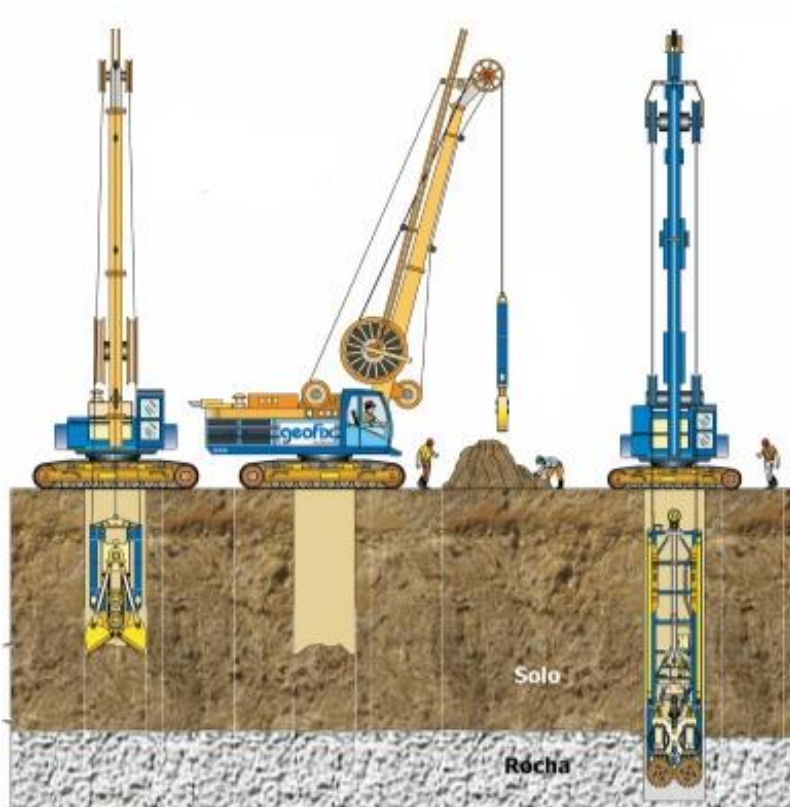
– Sequência executiva:



(a)	(b)	(c)
(a) - Painel Secundário menor que as dimensões da Hidrofresa.		
(b) - Escavação do painel secundário e desbaste de parte dos painéis principais.		
(c) - Alcance da cota de ponta.		

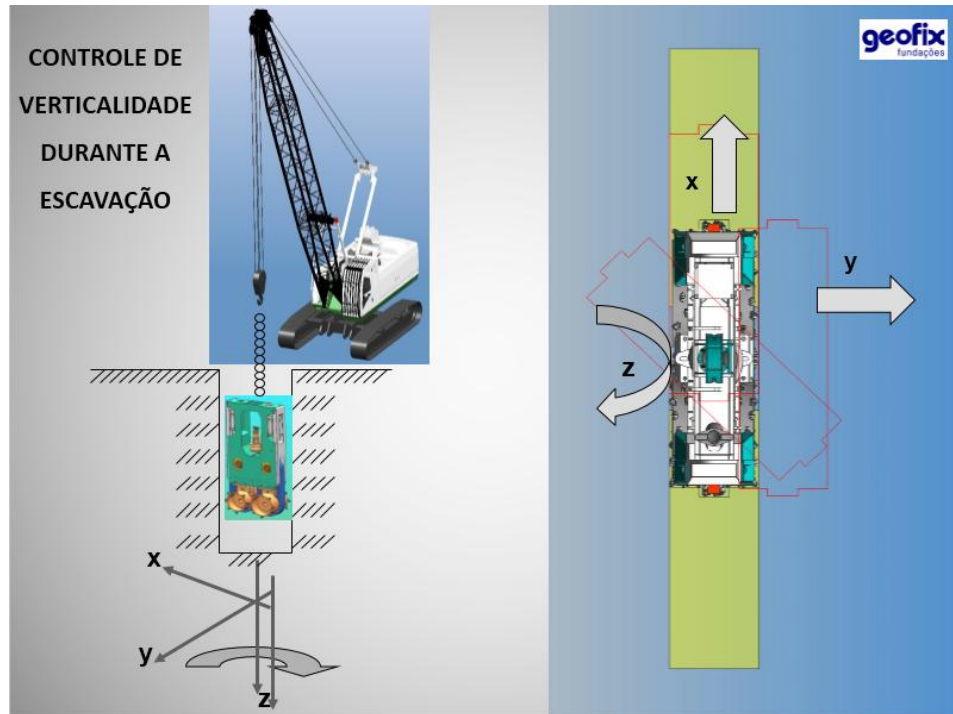
- PAREDE DIAFRAGMA EM ROCHA

– Preparação do emboque:

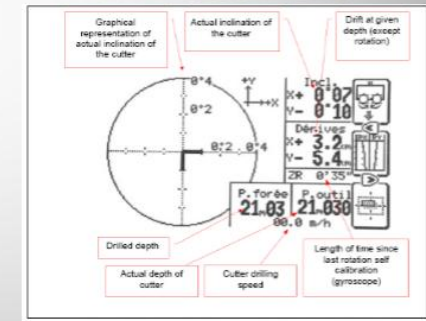


• PAREDE DIAFRAGMA EM ROCHA

– Controle de verticalidade:



CONTROLE DURANTE A ESCAVAÇÃO
(em hidrofresas e estaca escavada)



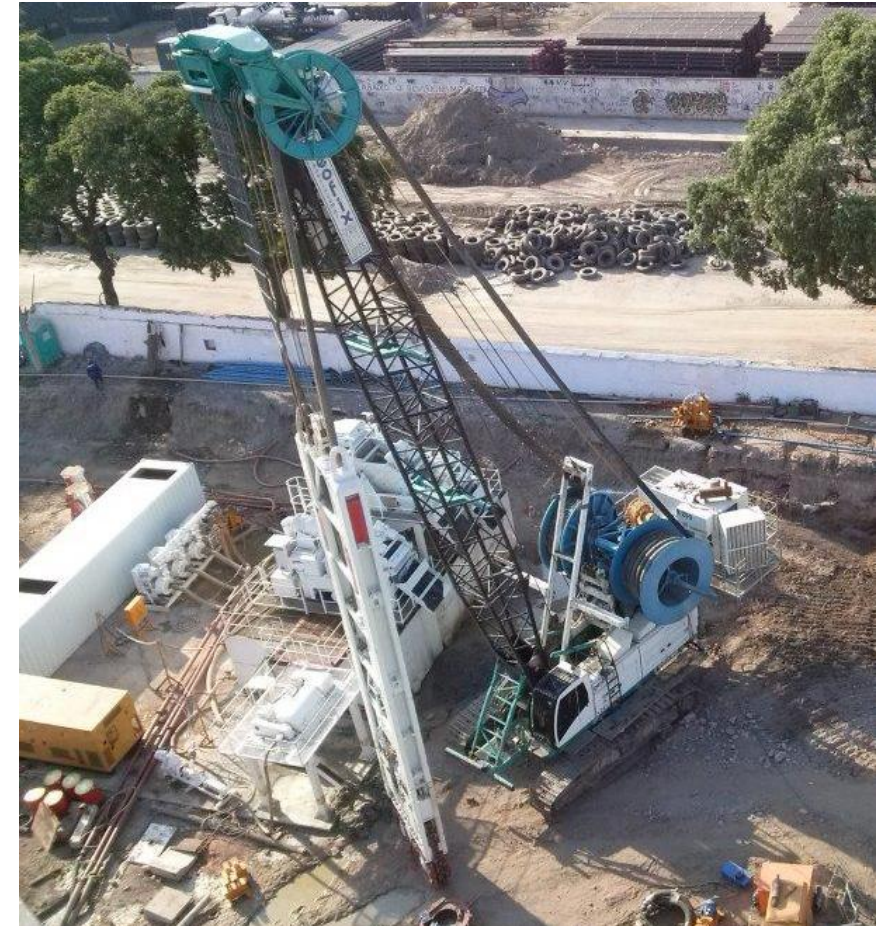
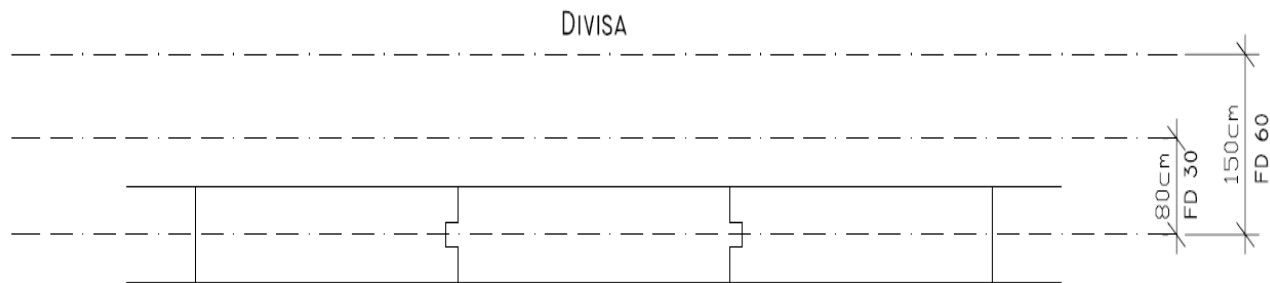
- PAREDE DIAFRAGMA EM ROCHA

— Equipamentos:



- PAREDE DIAFRAGMA EM ROCHA

– Distância das divisas:

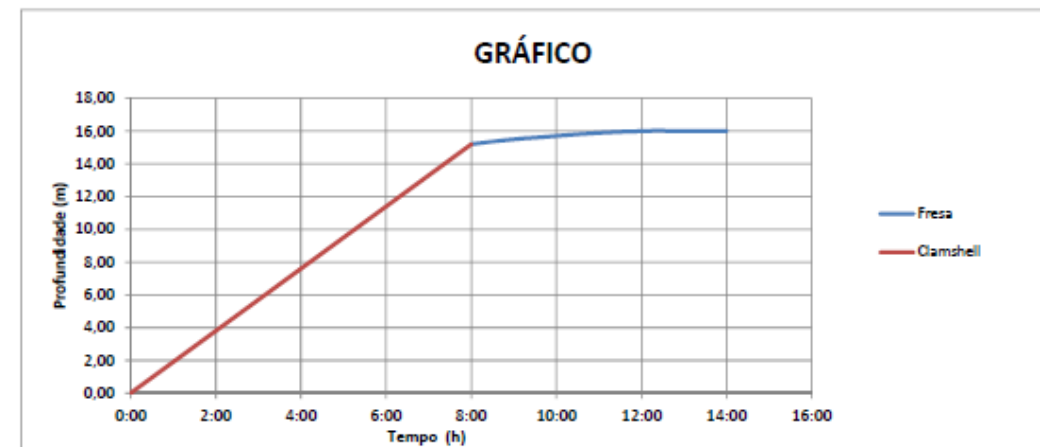


• PAREDE DIAFRAGMA EM ROCHA

– Dados necessários para projeto:

COTA (m) (Escala 1:100)	AVANÇO / REVESTIMENTO (m)	NÍVEL D'ÁGUA (m)	PROFUNDIDADES CAMADA e MANOBRAS (m)	PERFIL GEOLÓGICO / AMOSTRAS	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO MATERIAL (Tátil-Visual)	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO			SOLO - N _{spt} (GOLPES)				ROD (%)	GRAU DE ALTERAÇÃO	GRAU DE FRATURAMENTO	
						ENSAIO DE PENETRAÇÃO (GOLPES/CM ²)	INICIAL	FINAL - N _{spt}	ROCHA - % DE RECUPERAÇÃO							
									10	20	30	40				
	NW 3,45	2,70	0,00		Solo não recuperado.				0%					0%		
			3,20						43%					26%	A5	F2
			4,80		Rocha calcárea extremamente alterada. Decomposta, frável, textura e estrutura preservadas. Cor amarela.				88%					71%	A5	F2
			6,30		Rocha calcárea extremamente alterada. Decomposta, frável, textura e estrutura preservadas. Cor cinza.				18%					13%	A5	F1
			7,90						11%					0%	A5	F3
			9,50						18%					0%	A5	F5
			10,90		Rocha calcárea, extremamente alterada. Decomposta, frável, textura e estrutura preservadas. Cor amarela.				16%					0%	A5	F5
			12,40						5%					0%	A5	F5
			13,00						86%					28%	A1	F3
			15,50													

VELOCIDADE MÉDIA (m/h)	PROFUNDIDADE (m)	PAINEL	HORAS TRABALHADAS (h)	HORAS ACUMULADAS (h)	COTA (m)	DATA
	0,00	172		00:00:00	1,20	
		CLAMSHELL				25/02 a 26/02/2014
	15,20		08:00:00	08:00:00	-14,00	
0,30m/h	15,50		01:00:00	09:00:00	-14,30	26/02/2014
0,20m/h	15,70		01:00:00	10:00:00	-14,50	
0,20m/h	15,90		01:00:00	11:00:00	-14,70	
0,10m/h	16,00		01:00:00	12:00:00	-14,80	27/02/2014
0,00m/h	16,00		01:00:00	13:00:00	-14,80	
0,00m/h	16,00		01:00:00	14:00:00	-14,80	
		FRESA ROCHA				

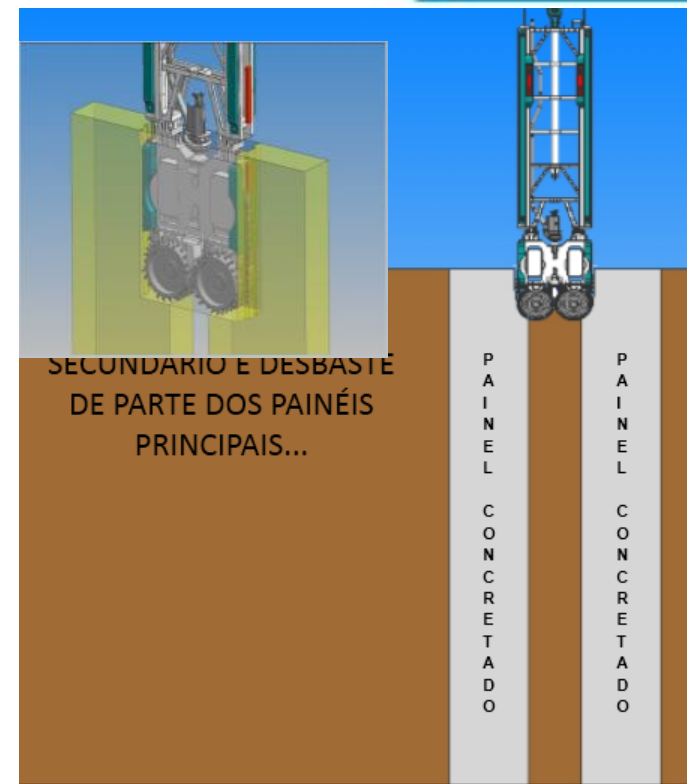
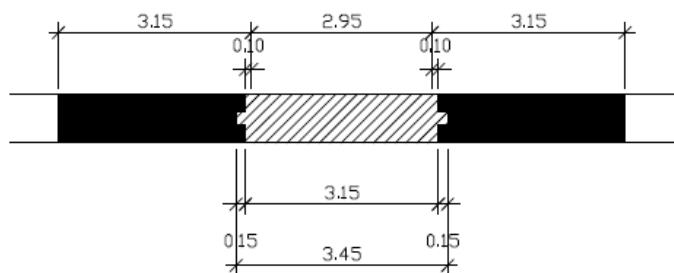
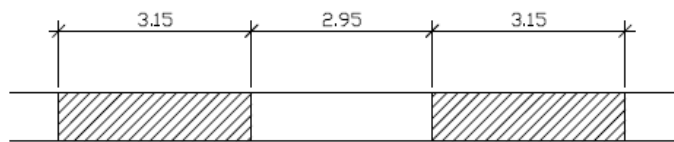


• PAREDE DIAFRAGMA EM ROCHA

– Juntas entre lamelas:

HIDROFRESA – JUNTA e ARMAÇÃO

FD60



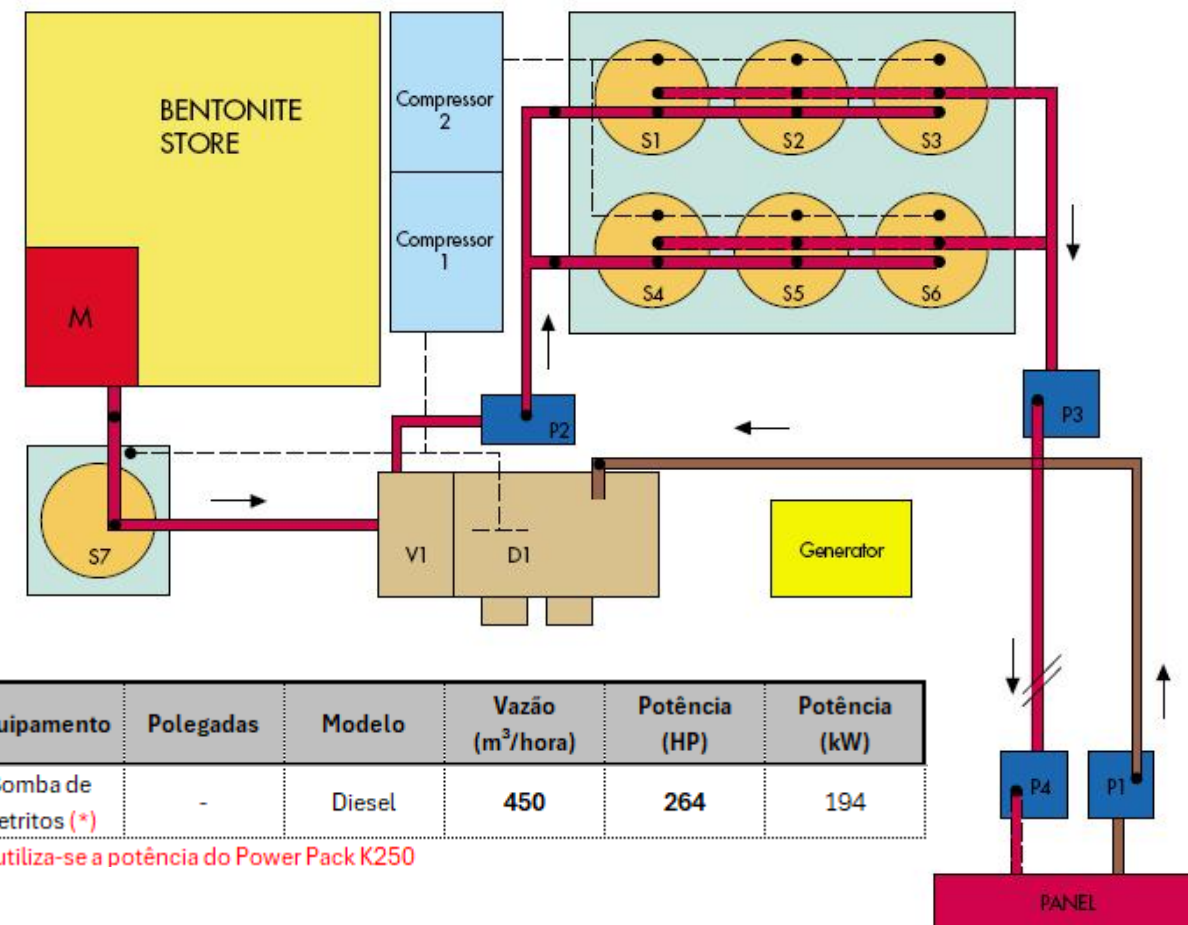
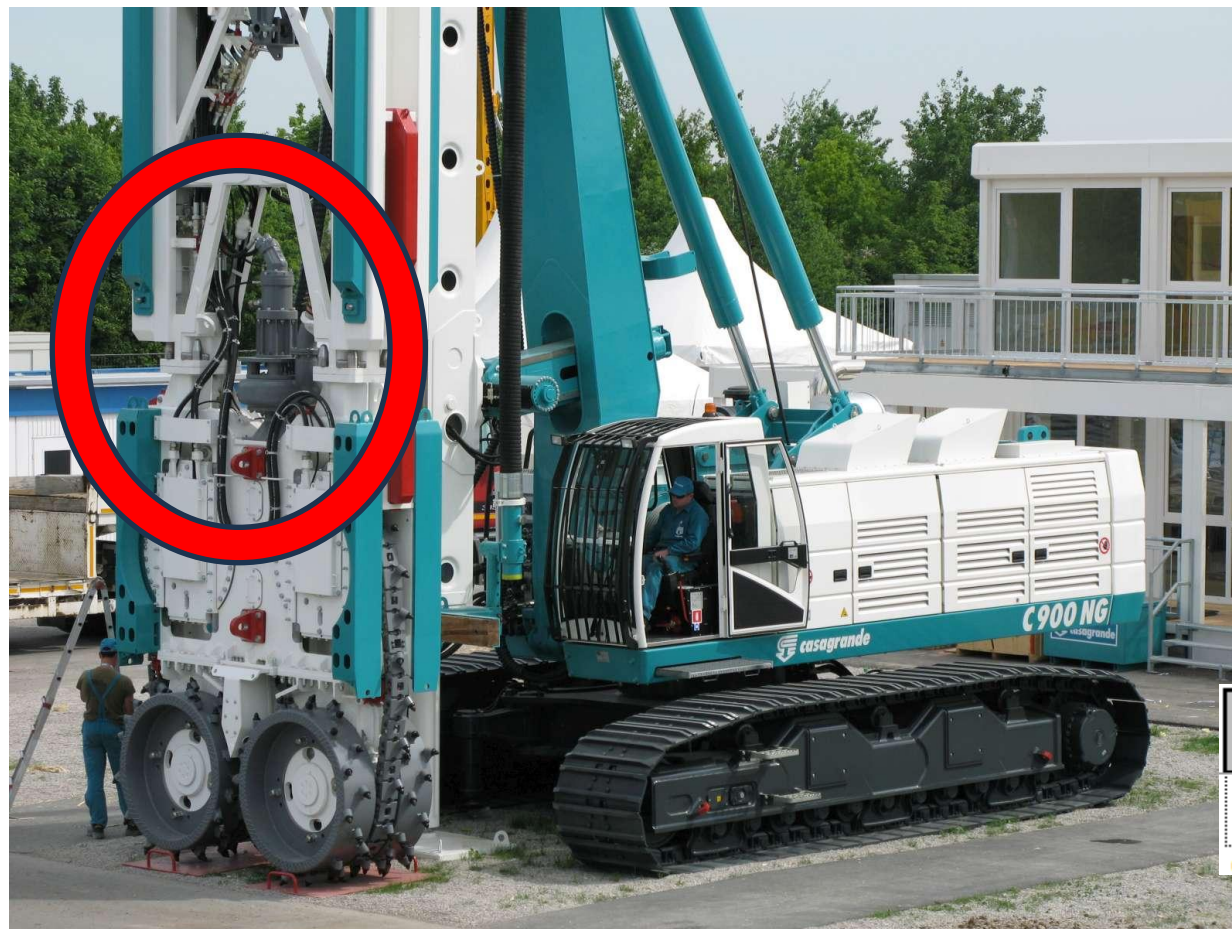
Juntas (Desbaste)

Painel de Fechamento – Será desbastado 25 cm de cada lado (10 cm + 15 cm da corrente)

Armação

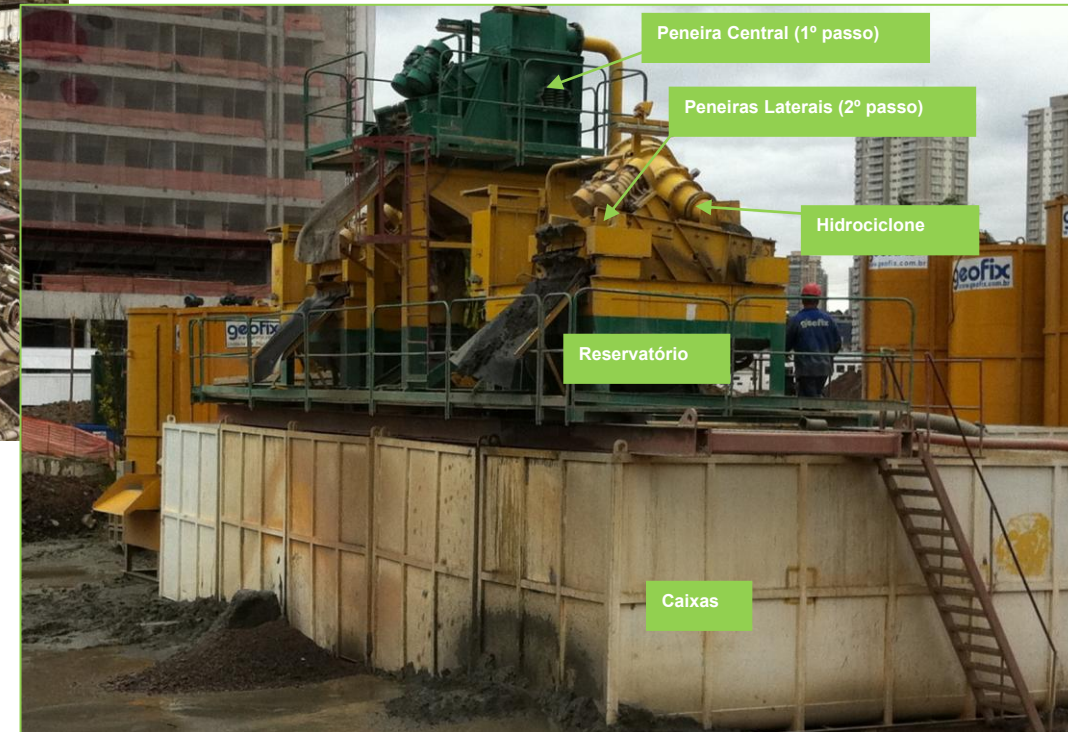
Painel Inicial – Espaçamento de 55 cm de cada lado
Painel de Fechamento – Espaçamento de 10 cm de cada lado

• PAREDE DIAFRAGMA EM ROCHA



- PAREDE DIAFRAGMA EM ROCHA

– Central Recicladora:

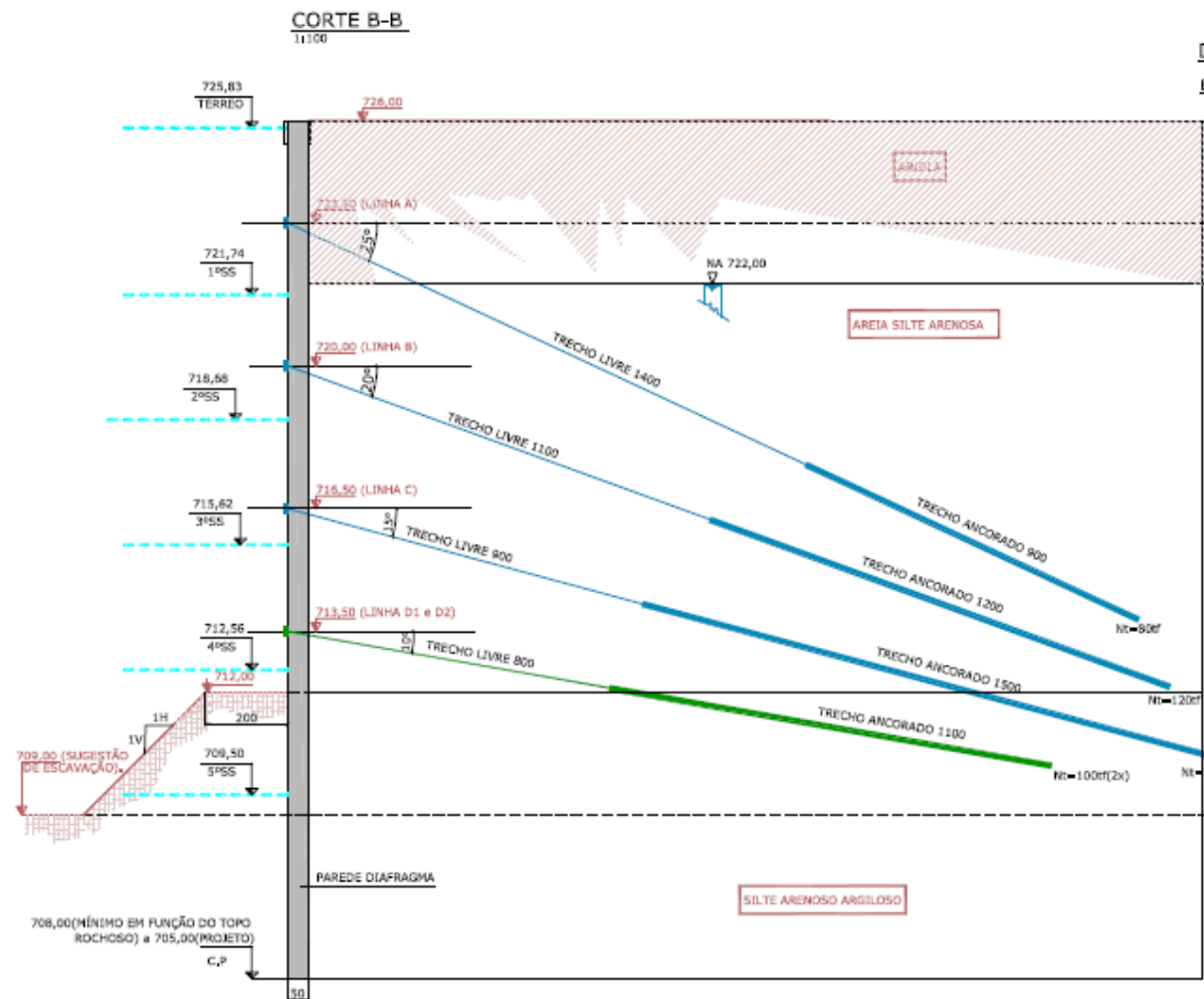
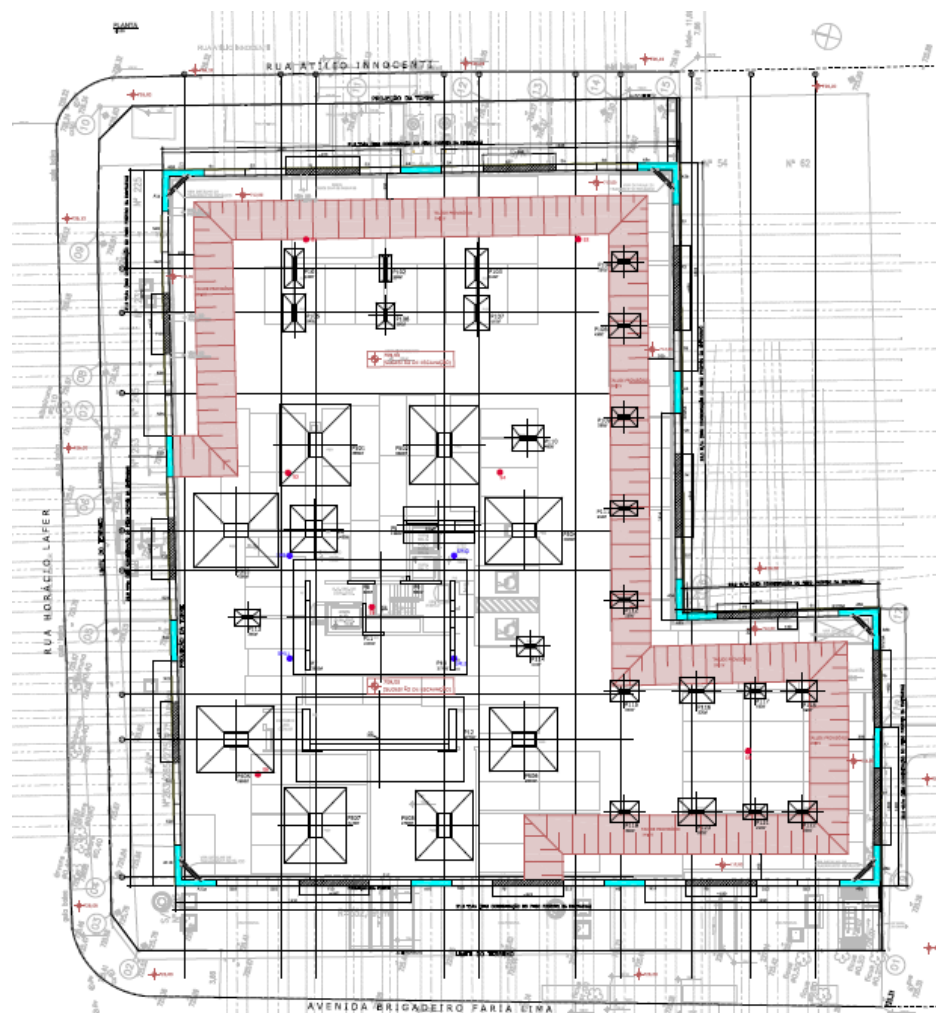


• CASO DE OBRA: FARIA LIMA

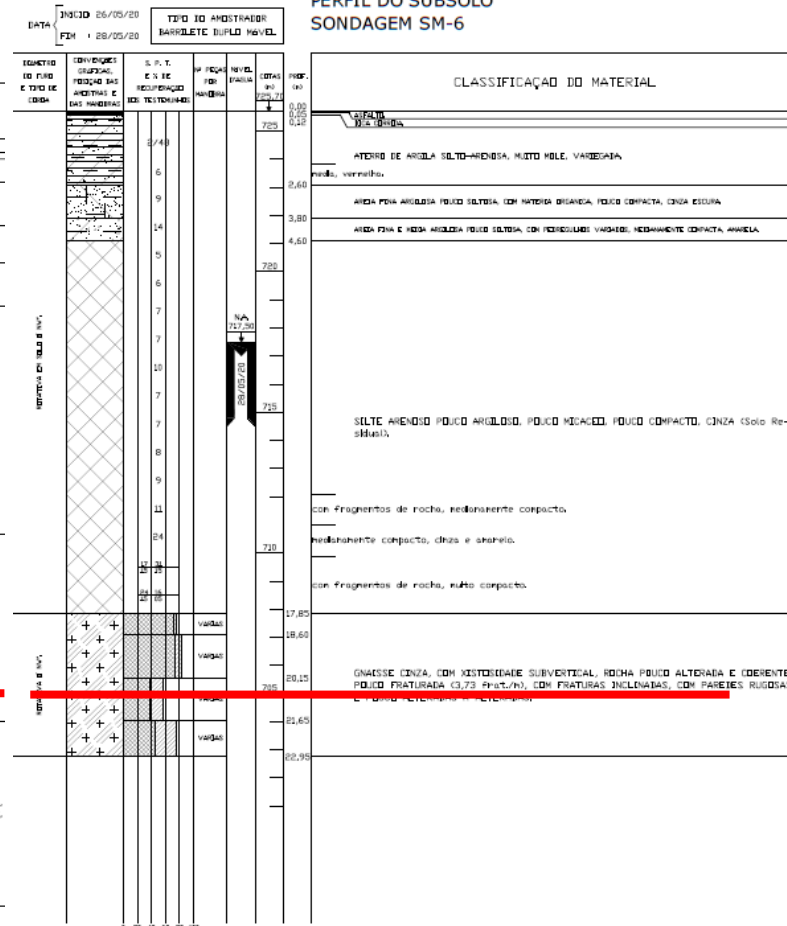
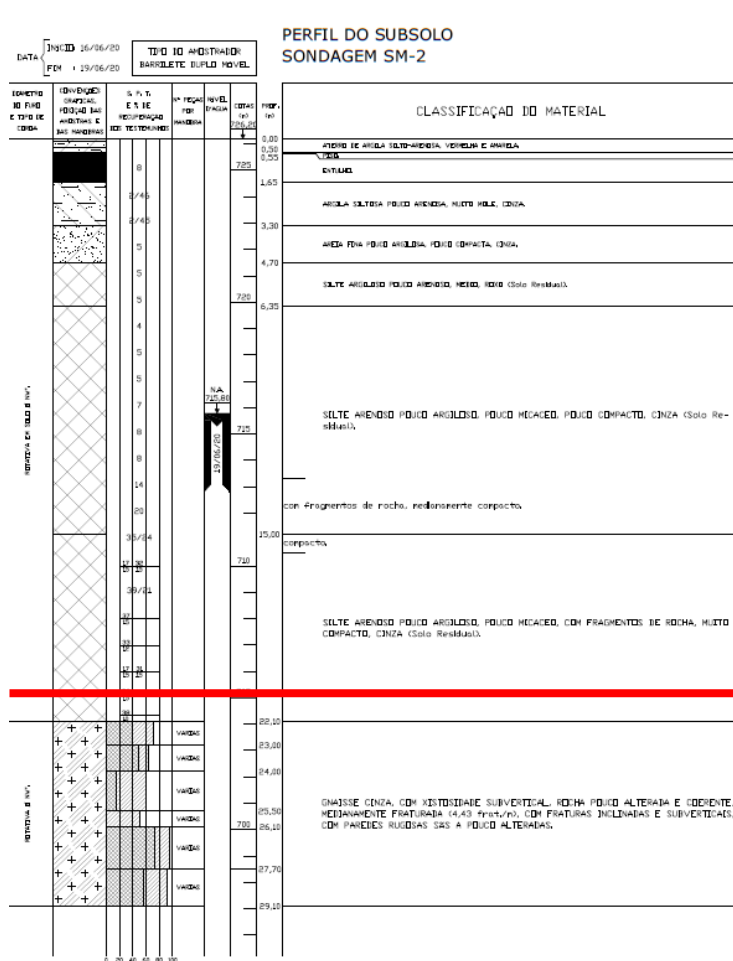
- 1 (uma) Torre: 21 andares;
- 5 (cinco) subsolos;
- Parede Diafragma (e=50cm):
 - $CT = 726,00$
 - $CP = 705,00$ (ou, no mínimo, 708,00)
 - $C5^{\text{º}}SS = 709,50$
- Sapatas.



• CASO DE OBRA: FARIA LIMA



• CASO DE OBRA: FARIA LIMA



- CASO DE OBRA: FARIA LIMA



- CASO DE OBRA: FARIA LIMA



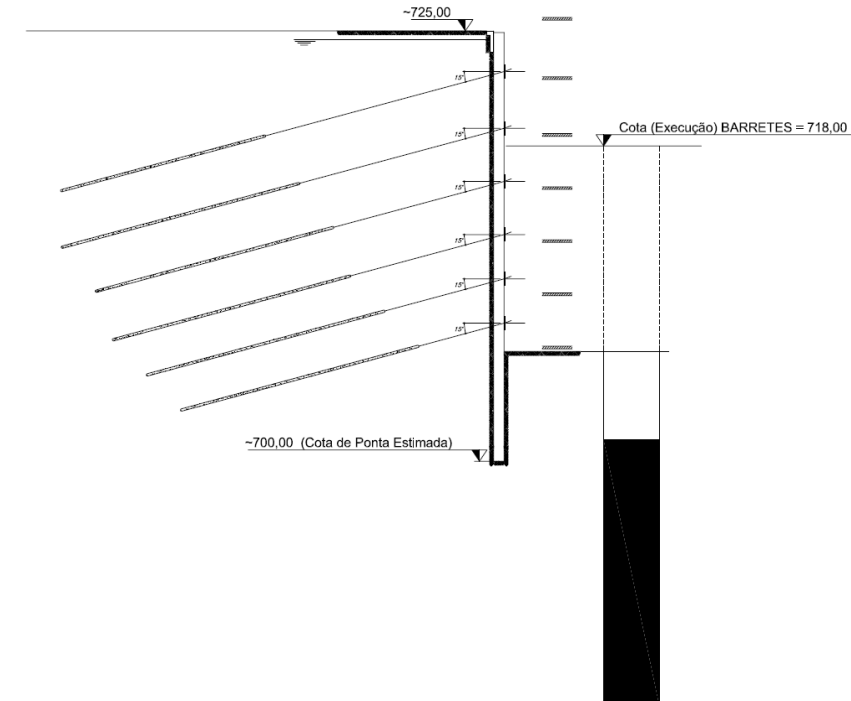
- Lamelas da frente – Av. Faria Lima
 - $L_{\text{ESCAVADO}} \geq 18,50 \text{ m}$ ($CP \leq 707,50$)
 - Pré-furo inicial com trado
 - 6 a 8 horas de trepanação (com avanço de 30 cm a cada 30 minutos)

- CASO DE OBRA: FARIA LIMA

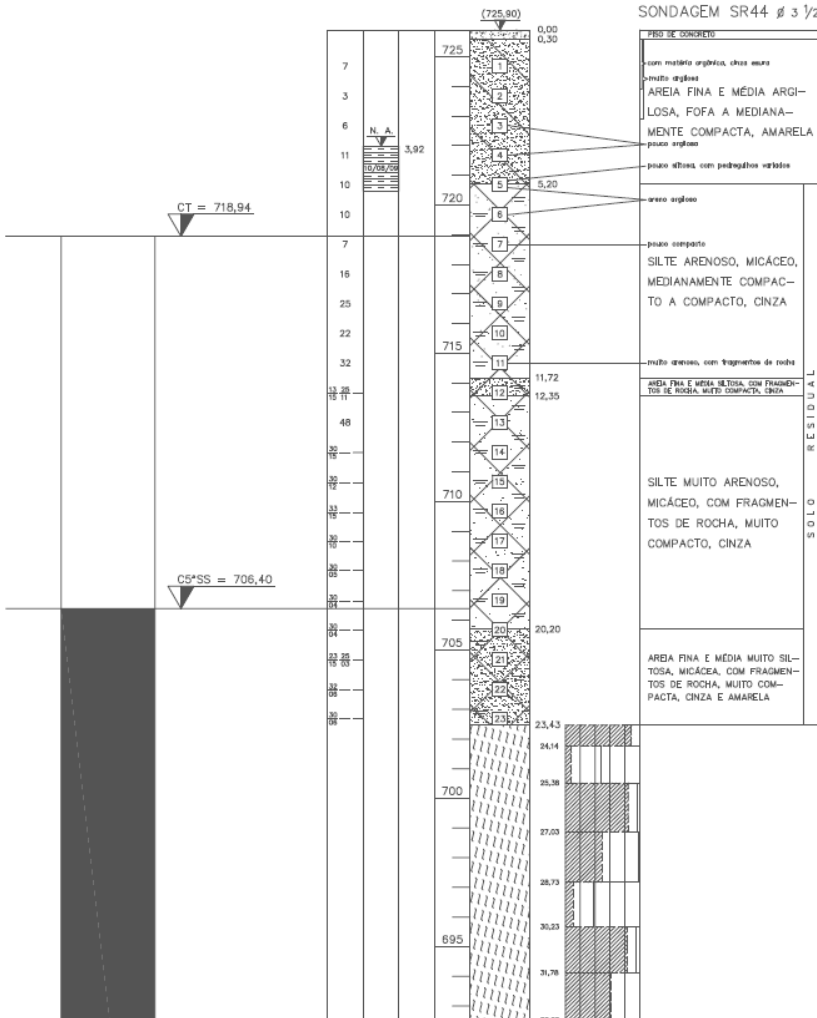


• CASO DE OBRA: TWO TOWERS

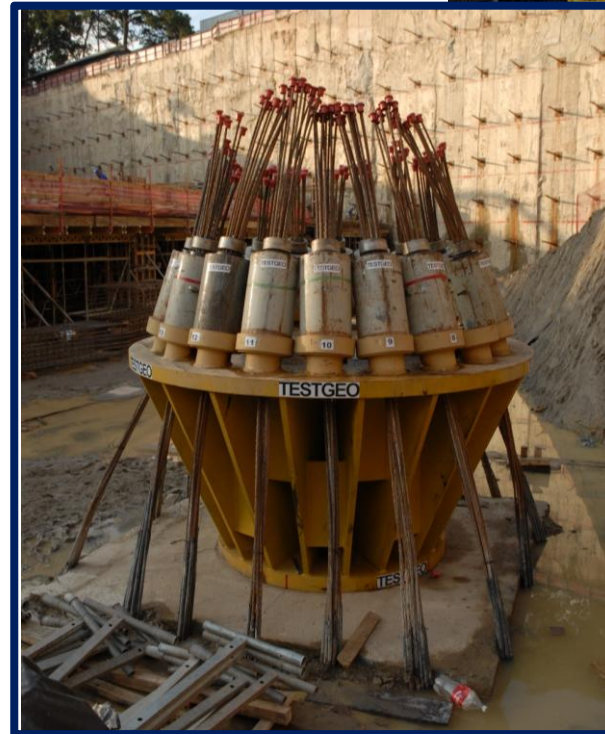
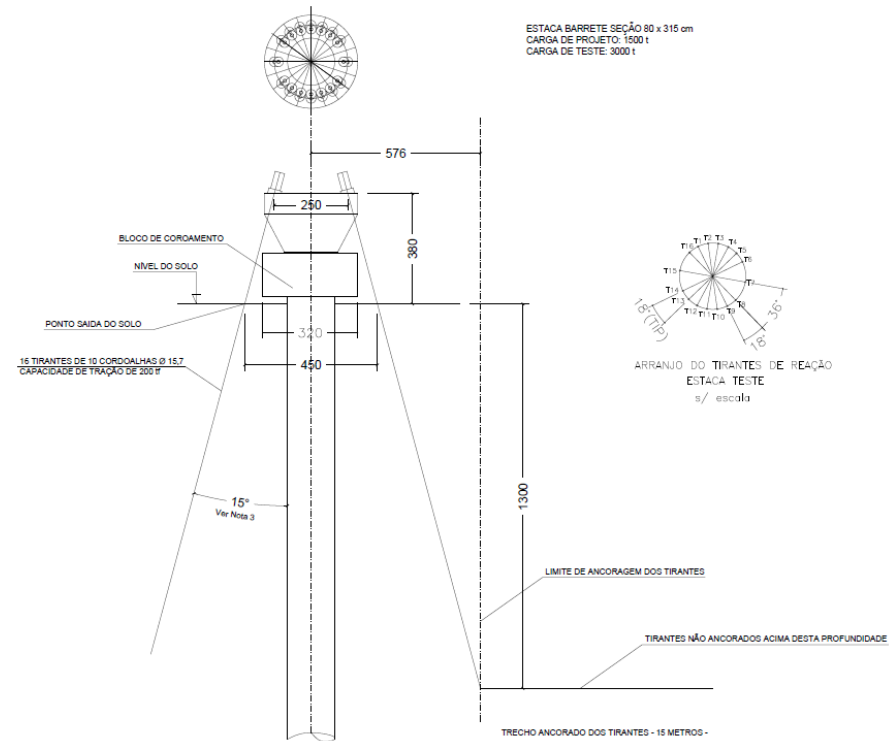
- 2 (duas) Torres: 28 e 30 andares;
- 5 (cinco) subsolos (1ºSS duplo);
- Parede Diafragma (e=65cm):
 - CT = 725,00
 - CP = 700,00
 - C5ºSS = 706,00
- Estacas Barrete (80x315 e 120x315cm):
 - CT = 718,00
 - CP = 680,00
 - Lrocha = 15,00 metros
 - Carga de Trabalho:
 - 80x315cm – 1.500tf
 - 120x315cm – 2.200tf



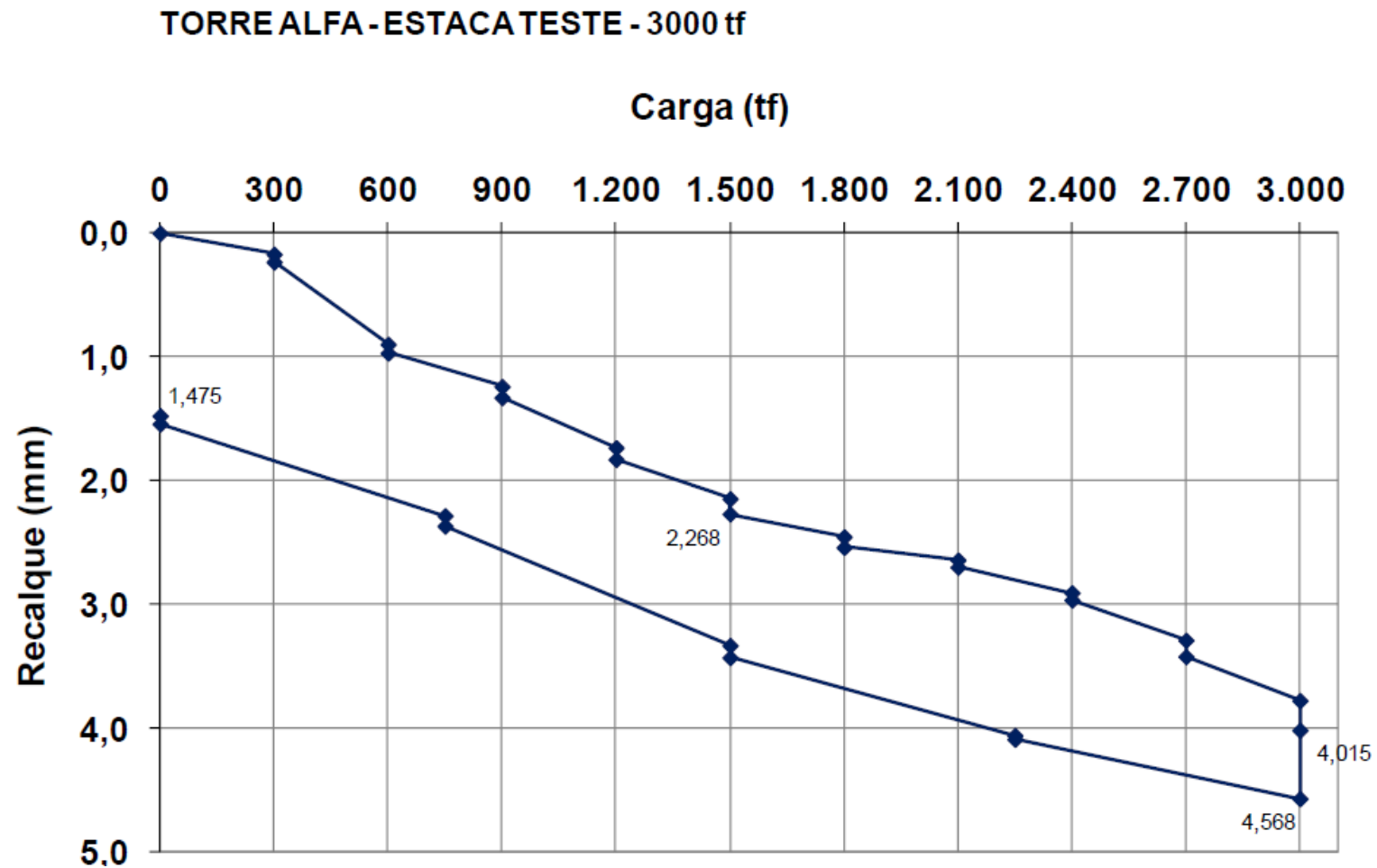
- **CASO DE OBRA: TWO TOWERS**



• CASO DE OBRA: TWO TOWERS



- CASO DE OBRA: TWO TOWERS





- PARTICULARIDADE:

— Water-Stop nas juntas entre painéis:





SOLETANCHE BACHY BRASIL

- PARTICULARIDADE:

- Remoção das juntas:



Obrigado.

Eng. Marcio Abreu de Freitas
Eng. Denis Gonzaga Bayona
GEOFIX FUNDAÇÕES
Tel.: 11.2148-9300
marcio.freitas@geofix.com.br
geofix@geofix.com.br
www.geofix.com.br