

**COBRAMSEG 2024 - XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS
SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA**

24 A 27 DE SETEMBRO DE 2024 – BALNEÁRIO CAMBORIÚ/SC, BRASIL

**POÇOS DE GRANDE DIÂMETRO EM MEIO URBANO, RESERVATÓRIOS NADO 1 E VILARINHO 2, BELO
HORIZONTE - MODELO GEOTÉCNICO**

Miriam Figueiredo Lopes, Nuno Silva, André Henriques

**ANÁLISES DE TENSÃO-DEFORMAÇÃO DO TRATAMENTO DE FUNDAÇÕES DE UMA BARRAGEM DE
REJEITO COM COLUNAS DE BRITA INJETADAS**

Fabio Marinho Silva, Miriam Lopes, Nuno Braz Da Silva

**TRATAMENTO DE SOLOS MOLES COM RECURSO A ATERROS DE PRÉ-CARGA NO LOTE 14 DA
PLATAFORMA LOGÍSTICA LISBOA NORTE**

Miriam Figueiredo Lopes, Alexandre Pinto

**ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA COM ELEMENTOS DE SUPORTE PASSIVOS DE CARACTER
DEFINITIVO NA BASE DE ENCOSTA**

Catarina Fartaria, Alexandre Pinto

**NOVA LINHA CIRCULAR DO METROPOLITANO DE LISBOA: RECALÇAMENTO DE EDIFÍCIOS, O CASO DA
OBRA ESPECIAL 3**

Carlos de Oliveira Martins, Catarina Fartaria, Rui Tomásio, Alexandre Pinto

SOLUÇÕES DE FUNDAÇÃO PERTO DO RIO TRANCÃO, EM LISBOA

Inês Filipa Lopes Alveirinho Braz, Alexandre Pinto, Miriam Figueiredo Lopes

**FUNDAÇÃO DE TANQUES DE ETANOL DE GRANDE PORTE COM RECURSO A MELHORAMENTO DE
SOLOS COM COLUNA DE BRITA**

Thais Maria Paludeto, Nuno Alexandre Braz da Silva



COBRAMSEG 2024

XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

GEOTECNIA PARA O
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

Poços de grande diâmetro em meio urbano, Reservatórios Nado 1 e Vilarinho 2, Belo Horizonte - Modelo geotécnico

Miriam Lopes, mlopes@jetsj.com

Nuno Silva, nsilva@jetsj.com

André Henriques, ahenriques@jetsj.com

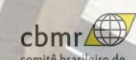
JETSj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal



Realização

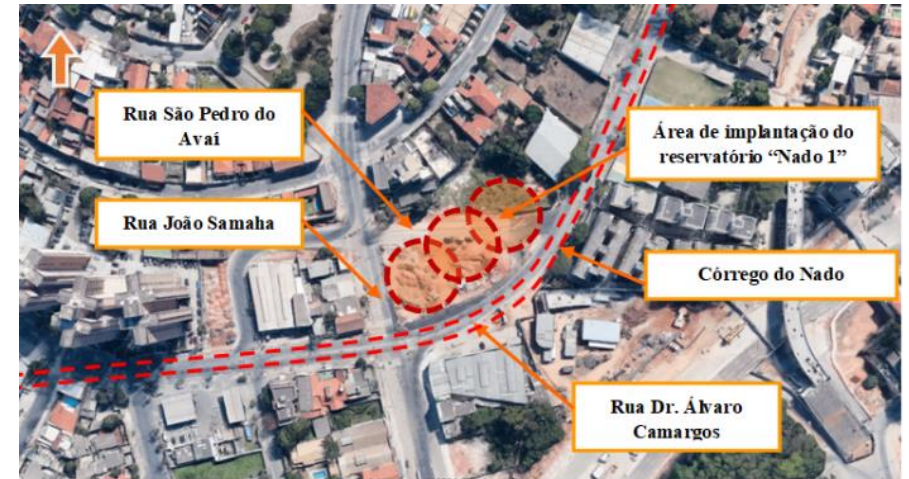


Organização



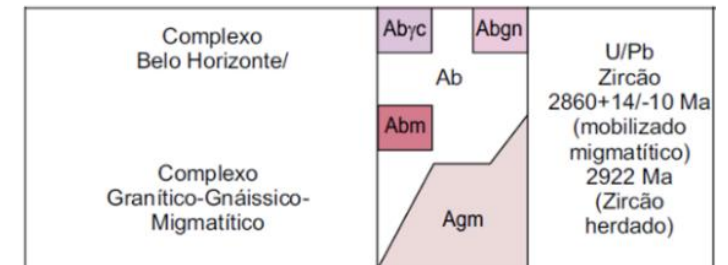
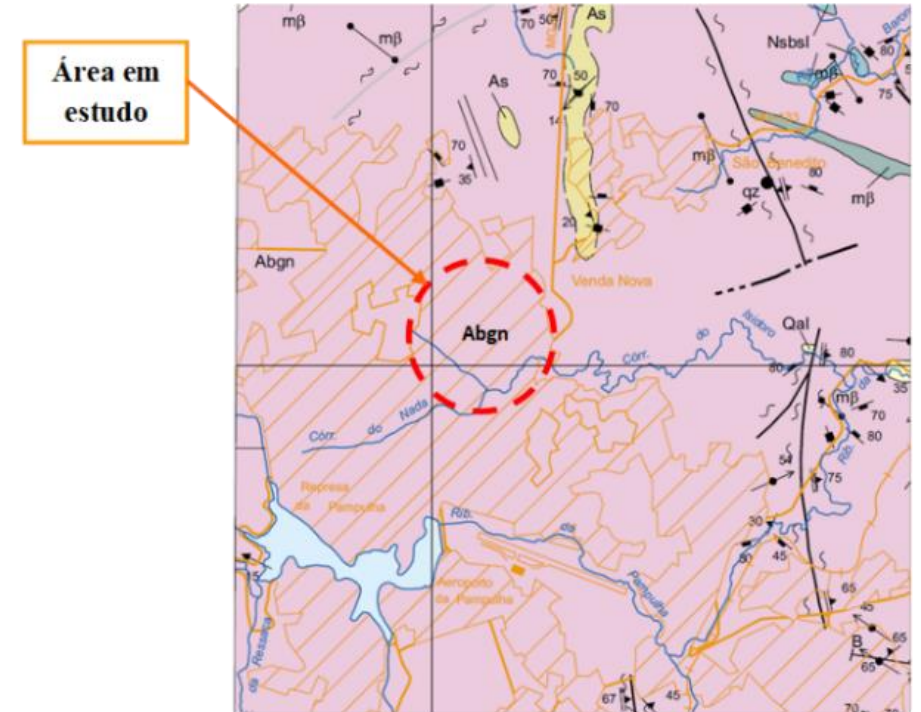
INTRODUÇÃO

- ❑ A presente obra insere-se na reestruturação do sistema de escoamento e macrodrenagem da cidade de Belo Horizonte, estado de Minas Gerais
- ❑ Conjunto de obras de mitigação das inundações recorrentes dos córregos Vilarinho, Nado e Ribeirão Isidoro, integrados na bacia hidrográfica do Ribeirão do Onça.
- ❑ Projeto dos reservatórios subterrâneos “Nado 1” e “Vilarinho 2”.
- ❑ **Escavação profunda** de aproximadamente 3 500 m² e cerca de 35 m de profundidade.



ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

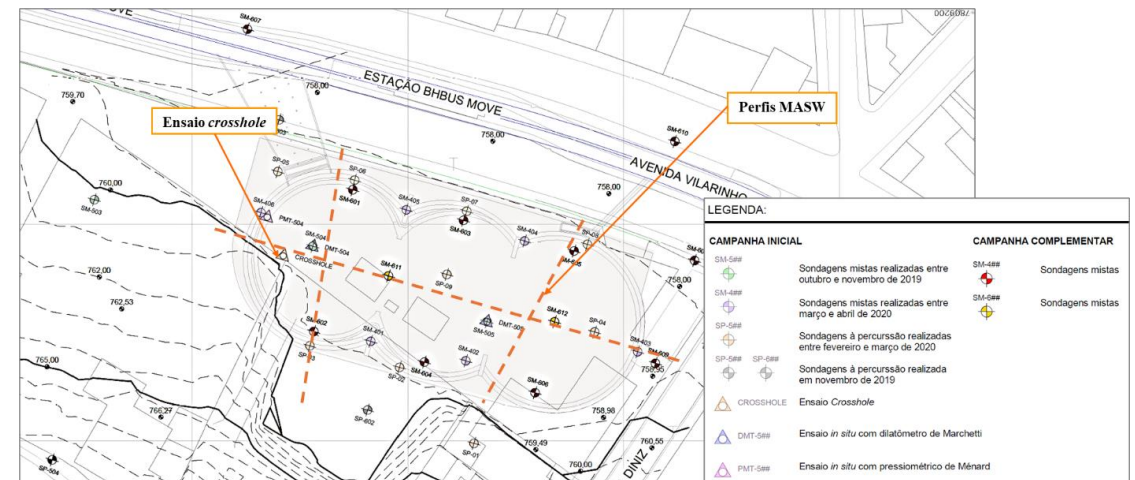
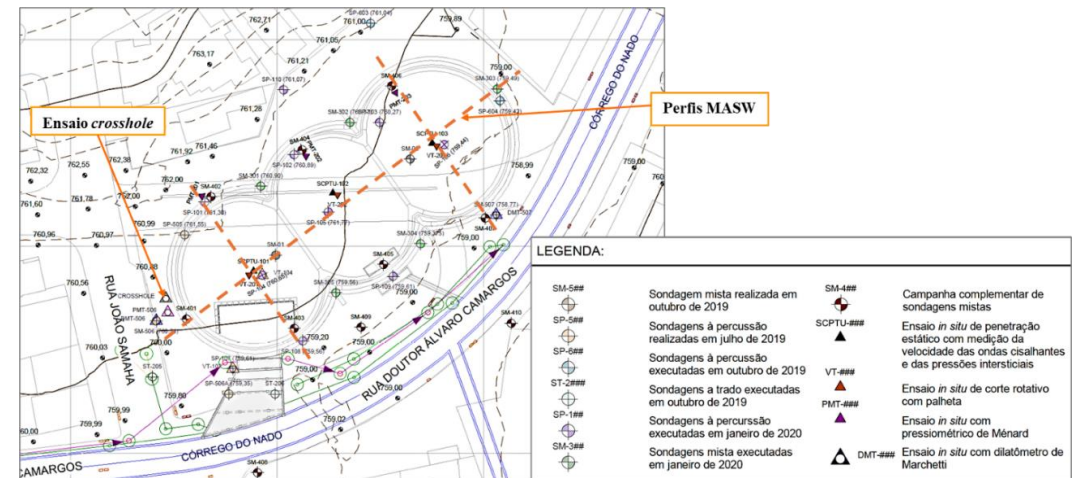
- ❑ A área de estudo está localizada em uma formação do período Arqueano, conhecida como "**Complexo Belo Horizonte – Ab**".
- ❑ Esta formação é composta por **gnais** cinzentos, que frequentemente exibem bandamento composicional e características de migmatização.
- ❑ **Camada superficial de materiais modernos** de origem:
 - ❑ antrópica,
 - ❑ Aluvionar
 - ❑ e coluvionar,



TRABALHOS DE PROSPECÇÃO GEOLOGICO-GEOTÉCNICA

❑ ENSAIOS IN SITU:

- ❑ (14+9) sondagens percussivas e (18+18) sondagens mistas, ambas associadas a ensaios do tipo SPT (profundidade de até 48m);
- ❑ Ensaios de permeabilidade in situ
 - ❑ de infiltração em solos;
 - ❑ de perda de água sob pressão em rocha;
- ❑ Ensaios de palheta (Vane test);
- ❑ Ensaios de pressiômetro (PMT);
- ❑ Ensaios de dilatômetros de Marchetti (DMT);



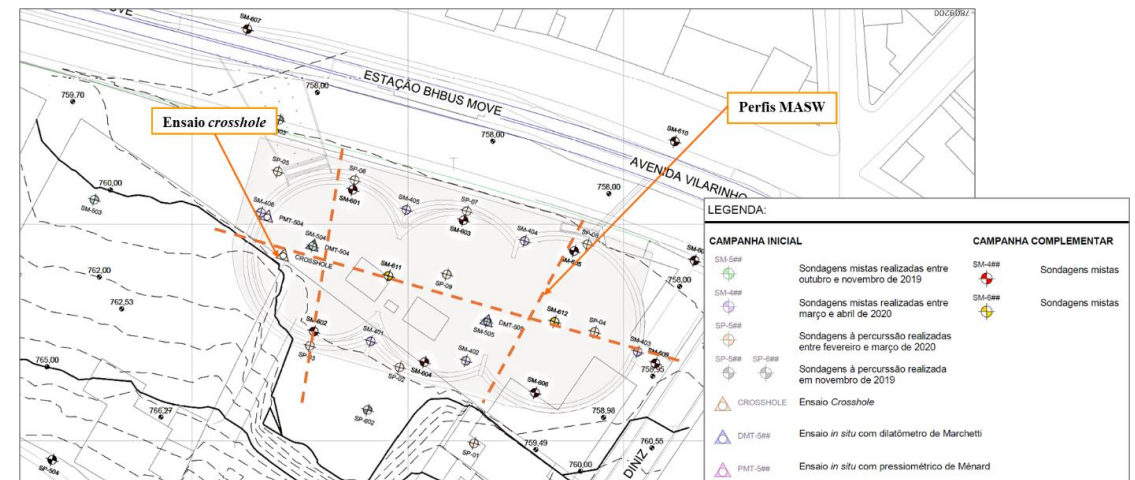
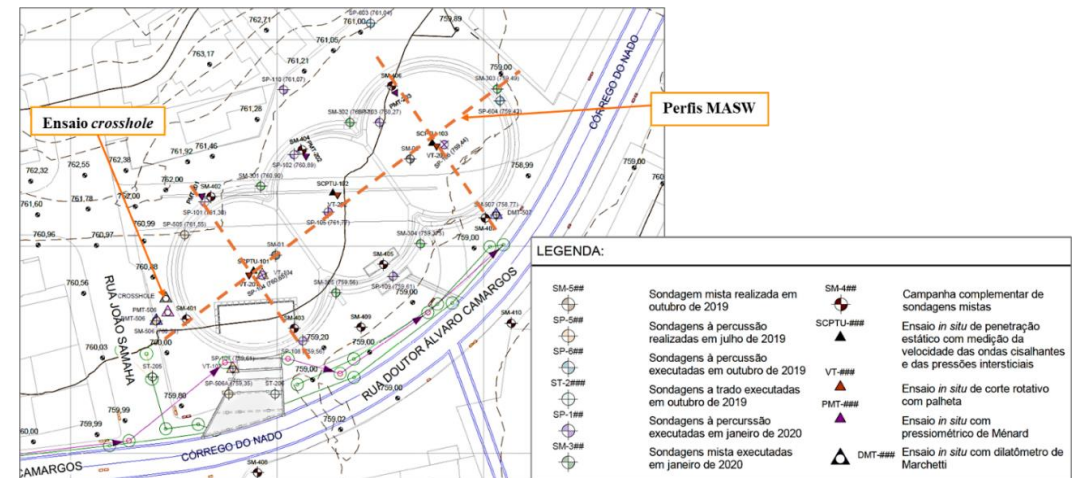
TRABALHOS DE PROSPECÇÃO GEOLOGICO-GEOTÉCNICA

❑ PROSPECÇÃO GEOFÍSICA:

- ❑ Levantamento in situ de perfis do tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves);
- ❑ Ensaios do tipo Crosshole.

❑ ENSAIOS LABORATORIAIS

- ❑ Caracterização
 - ❑ Análises granulométricas,
 - ❑ Limites de Atterberg
 - ❑ Avaliação da densidade específica e determinação do teor de humidade
- ❑ Resistência ao corte
 - ❑ Ensaios de compressão triaxial do tipo adensado drenado (CID), sobre amostras indeformadas



ZONAMENTO GEOTÉCNICO

- ❑ Três zonas geotécnicas distintas:
 - ❑ ZGC – Depósitos recentes;
 - ❑ ZGB – Solos resultantes da alteração do maciço de rochoso (gnaisse);
 - ❑ ZGA – Maciço rochoso de gnaisse.

- ❑ Divisão tendo por base critérios pedológicos e de resistência

I.D.	Descrição	Litologia
ZGC.2	Depósitos de aterro	Argilas areno-siltosas por vezes com fragmentos líticos
ZGC.1	Depósitos aluvionares/coluvionares	Argilas, por vezes com matéria orgânica, argilas arenosas, argilas siltosas, siltes arenosos, siltes argilo-arenosas e areias
ZGB.3	Solos de alteração ($N_{SPT} \leq 30$)	Siltes arenosos, siltes argilosos e areias com argila e silte
ZGB.2	Solos de alteração ($30 < N_{SPT} < 60$)	Siltes arenosos e siltes arenosos com argila
ZGB.1	Solos de alteração ($N_{SPT} \geq 60$) / Gnaisse (A5/C5)	siltes arenosos, areias siltosas e areias médias a grossas
ZGA.2	Gnaisse (A4/C4)	Maciço rochoso muito alterado
ZGA.1	Gnaisse (A3/C3) a (A1/C1)	Maciço rochoso são a moderadamente alterado

PARAMETRIZAÇÃO GEOMECÂNICA

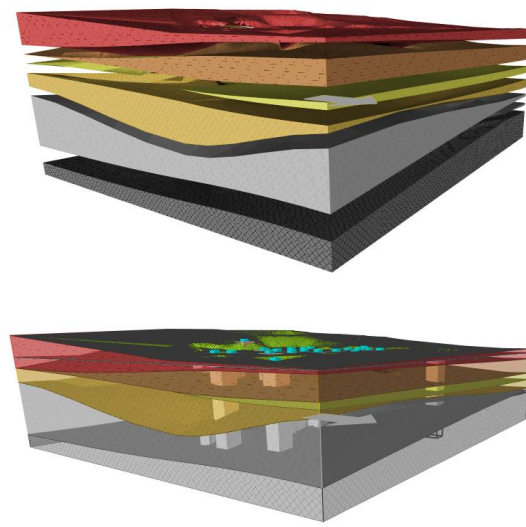
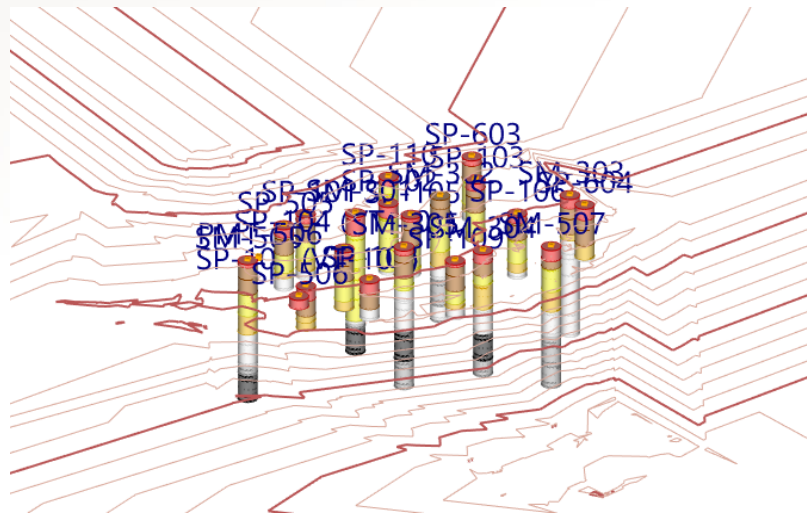
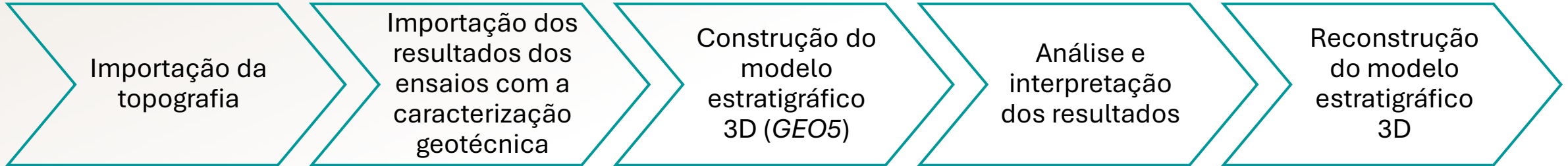
- As propriedades mecânicas destas zonas foram determinadas no geral através dos resultados dos ensaios de laboratório e de correlações empíricas baseadas nos ensaios in situ, que nos permitiram caracterizar o estado de tensão in situ e estabelecer parâmetros de permeabilidade, resistência e rigidez necessários para a modelagem das escavações.

I.D.	γ_d [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	Envoltória de rotura Hoek-Brown							Deformabilidade			Estado de tensão in situ	Parâmetros hidráulicos	
			σ_{ci} [Mpa]	GSI [-]	m_i [-]	D [-]	m_b [-]	s [-]	a [-]	E_i [MPa]	E' [MPa]	u [-]	K_0 [-]	kx [cm/s]	ky [cm/s]
ZGA.2	24	25 160	25	28	0	1,923	0,0002	0,53127	42000	2753	0,22	0,28	2,81 x10 ⁻³	2,81 x10 ⁻³	
ZGA.1	26	27	160	37	28	0	2,951	0,0009	0,51393	42000	5979	0,22	0,28	5,03 x10 ⁻³	5,03 x10 ⁻³

PARAMETRIZAÇÃO GEOMECÂNICA

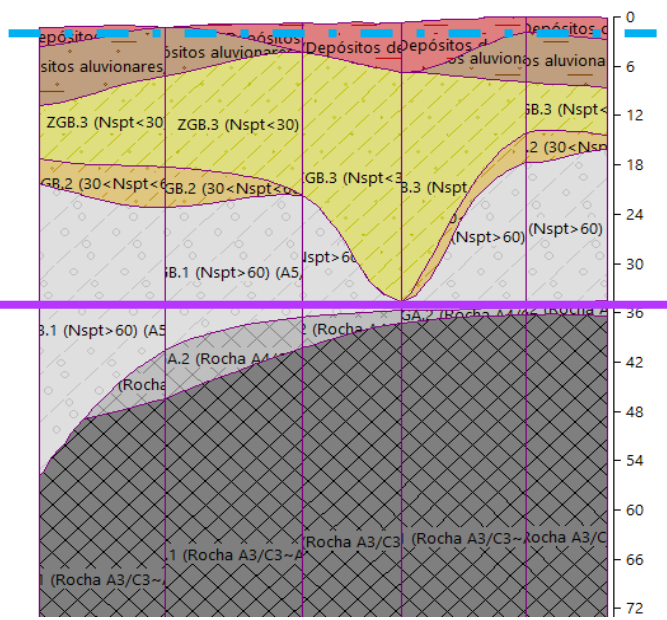
I.D.	Envoltória de rotura						Deformabilidade					Estado de tensão in situ		Parâmetros hidráulicos	
	Mohr-Coulomb		Tresca		Grandes deformações			Muito pequenas deformações		K ₀	OCR	k _x	k _y		
γ _d [kN/m ³]	γ _{sat} [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kPa]	S _u [kPa]	S _{u,r} [kPa]	E' [MPa]	E _{oed} [MPa]	υ [-]	V _s [m/s]					G ₀ [MPa]	[-]
ZGC.2	17	18	27	0	37,6	-	14	17,5	0,20	211	76	1	-	1,96x10 ⁻⁵	9,82 x10 ⁻⁶
ZGC.1	16	17	30	0	60	25	12,5	15,6	0,30	228	83	1	2 a 3	3,66x10 ⁻⁵	1,83 x10 ⁻⁵
ZGB.3	18	19	31	0	-	-	54	70,9	0,30	279	140	0,48	-	3,28 x10 ⁻⁵	3,28 x10 ⁻⁵
ZGB.2	20	21	34	0	-	-	96	120	0,30	579	670	0,44	-	4,08 x10 ⁻⁵	4,08 x10 ⁻⁵
ZGB.1	21	22	39	0	-	-	1056	-	0,30	597	748	0,37	-	6,13x10 ⁻⁴	6,13x10 ⁻⁴

MODELAGEM TRIDIMENSIONAL

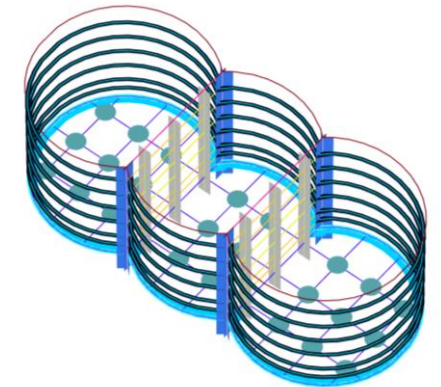
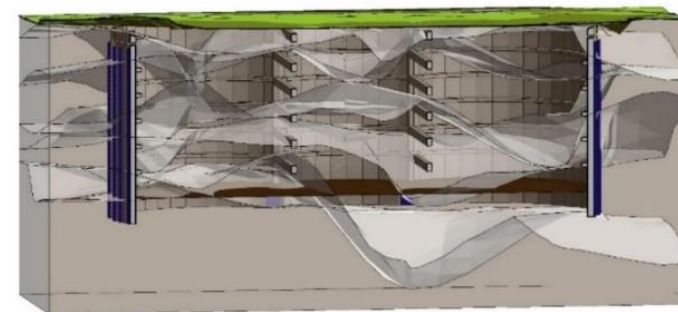
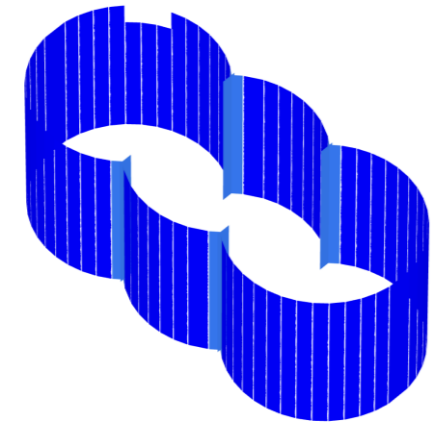
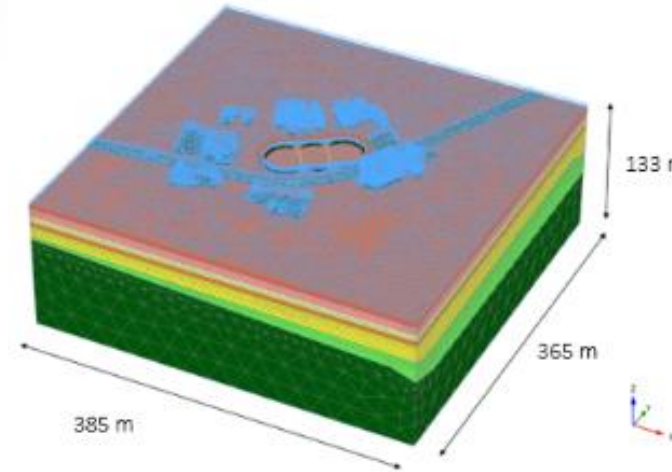
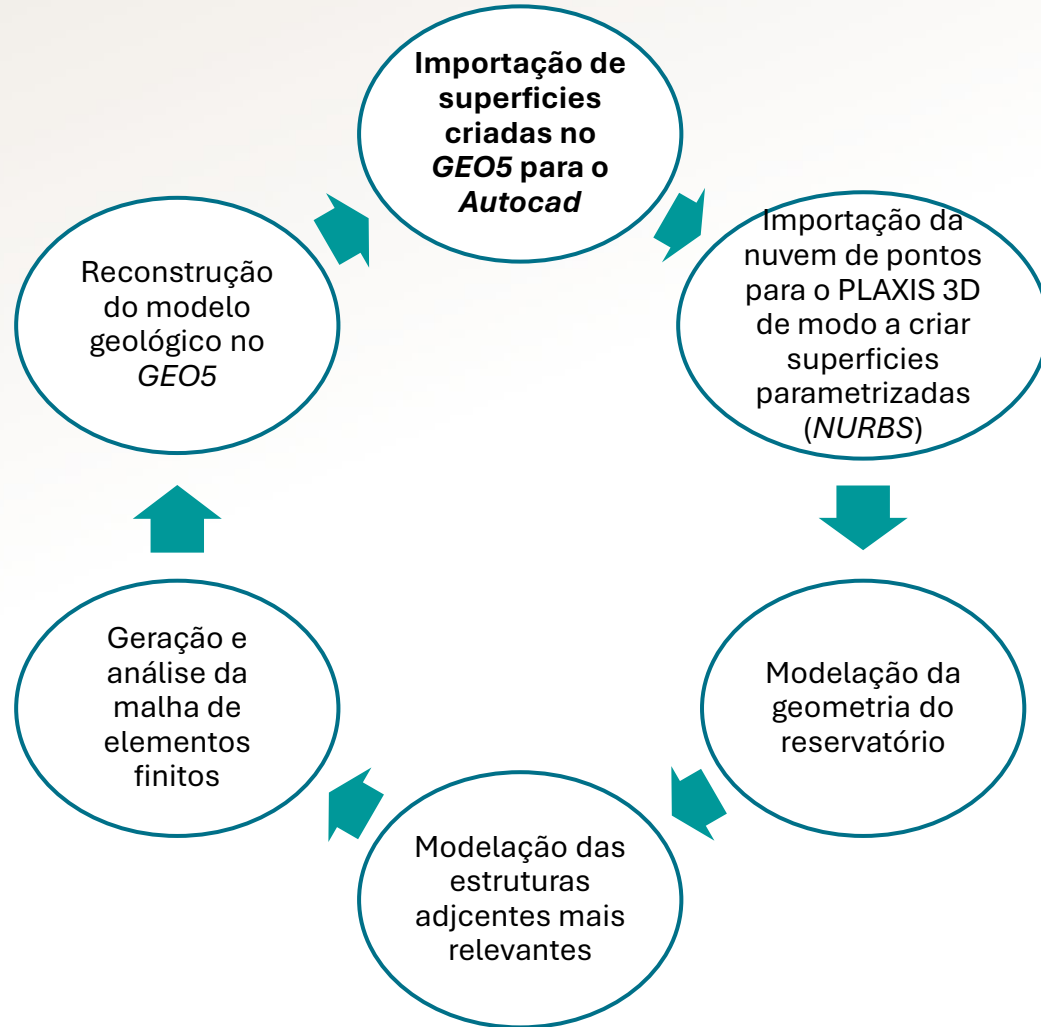


Nível freático

Base do reservatório



MODELAGEM TRIDIMENSIONAL



CONCLUSÕES

- ❑ O presente artigo abordou o modelo geotécnico elaborado no âmbito do projeto estrutural e geotécnico de dois reservatórios subterrâneos com cerca de 35 m de profundidade inseridos no sistema de controle de cheias da cidade de Belo Horizonte, no Brasil.
- ❑ No zonamento considerado, distinguiram-se um total de 7 zonas geotécnicas (ZGC2, ZGC1, ZGB3, ZGB2, ZGB1, ZGA2 e ZGA1) separando neste zonamento os diferentes complexos lito-estratigráficos atravessados pela obra e algumas subunidades individualizadas em função de distintas características mecânicas.
- ❑ As características mecânicas das subzonas foram estimadas essencialmente a partir da observação dos boletins de sondagem e respectivas fotografias, bem como dos resultados dos ensaios in situ, dos testemunhos das sondagens e da sua classificação em termos de estados de alteração, espaçamento da fraturação, das percentagens de recuperação e RQD.

CONCLUSÕES

- ❑ Os modelos geológico-geotécnicos realizados bem como a sua integração (de uma forma iterativa) com os modelos numéricos e geométricos permitiram tirar partido de uma melhor visualização e de uma análise mais completa dos dados geotécnicos, conduzindo a uma correta simulação da interação solo-estrutura e, conseqüentemente, a soluções mais realistas e otimizadas.
- ❑ À data de redação do presente artigo, os trabalhos de escavação estão ainda numa fase inicial, não existindo, como tal, informação suficiente que permita validar os modelos geotécnicos apresentados neste momento. Esta validação será posteriormente realizada comparando os resultados da monitoramento com as estimativas do comportamento da escavação obtidas nos modelos numéricos de cálculo.

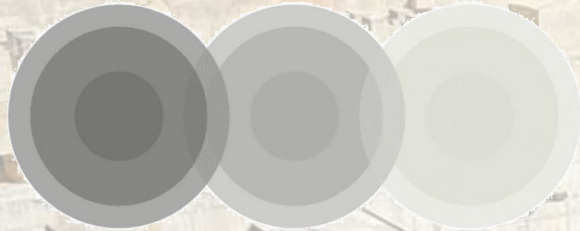


COBRAMSEG 2024

XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

GEOTECNIA PARA O
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

AGRADECIMENTOS



Consórcio CME



SUDECAP

SUPERINTENDÊNCIA DE
DESENVOLVIMENTO DA CAPITAL



**PREFEITURA
BELO HORIZONTE**

OBRIGADO PELA ATENÇÃO



JET SJ



COBRAMSEG 2024

XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

Realização



Apoio



Apoio Institucional



Organização





COBRAMSEG 2024

XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

GEOTECNIA PARA O
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

Análises de Tensão-deformação do Tratamento de Fundações de uma Barragem de Rejeito com Colunas de Brita Injetadas

Realização



Organização



- Introdução
- Critérios e Premissas
- Programa de Análises
- Construção dos Modelos
- Resultados
- Conclusões

Contexto da obra

- ✓ Uma barragem de rejeitos de minério de ferro em processo de alteamento.
- ✓ O *offset* do maciço futuro de alteamento atravessa uma região de solos residuais moles de filito e areias fofas de dolomito.

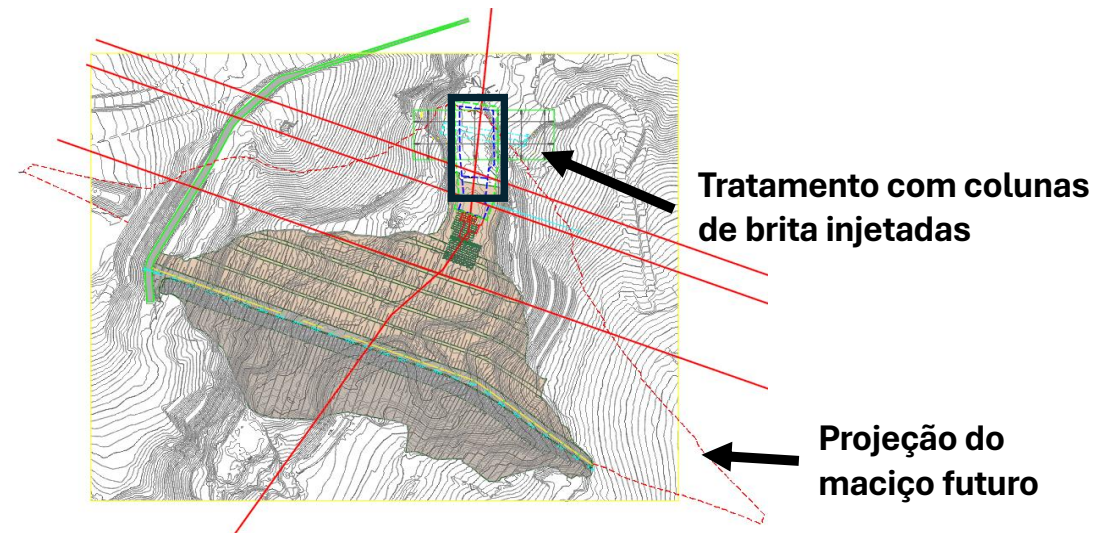
Solução adotada

- ✓ Execução de tratamento dos solos residuais com colunas de brita.
- ✓ Necessidade de injeções cimentícias nas colunas para controle de fluxo.

INTRODUÇÃO

Escopo do trabalho

- ✓ Análises de tensão-deformação 2D e 3D para avaliar recalques e tensões mobilizadas na zona de tratamento para diferentes cenários de resistência e deformabilidade das colunas.



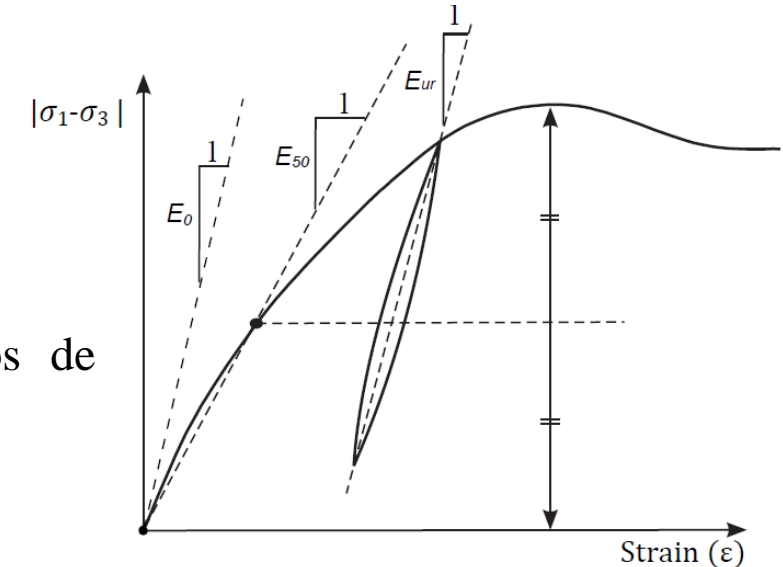
CRITÉRIOS E PREMISSAS

Modelo constitutivo: *Hardening soil*

Parâmetros variáveis: E_{50} , E_{oed} , E_{ur} , c' , ϕ' , k_0

Premissa: $E_{50} = E_{oed} = E_{ur}/3$

- E_{50} – módulo secante a 50% da tensão de ruptura (obtido por ensaios de laboratório);
- E_{oed} – módulo oedométrico;
- E_{ur} – módulo de descarregamento/re-carregamento.



Premissa: $\phi'_{colunas} = 45^\circ$

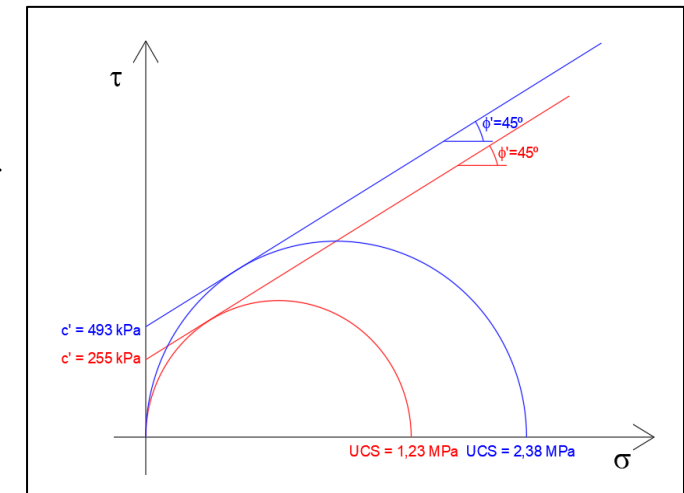
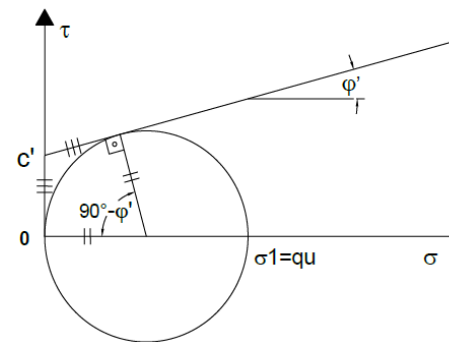
Cálculo da coesão equivalente: $c' = \frac{q_u}{2} \tan\left(\frac{90-\phi'}{2}\right)$

- c' – coesão efetiva equivalente;
- q_u – resistência à compressão não confinada obtida por ensaios de compressão uniaxial.

Cálculo dos parâmetros equivalentes do solo tratado:

$$X_{eq} = X_{solo} * (1 - Tx_{sub}) + X_{coluna} * Tx_{sub}$$

- X – Parâmetro; Tx_{sub} = taxa de substituição



PROGRAMA DE ANÁLISES

Análises 2D

Modelo 2D – material equivalente

A	B	C	Cenários
c' Mínimo	E ₅₀ Mínimo	K ₀ (natural)	A1 + B1 + C1 (comb. 1)
		K ₀ (melhorado)	A1 + B1 + C2 (comb. 2)
	E ₅₀ Médio	K ₀ (natural)	A1 + B2 + C1 (comb. 3)
		K ₀ (melhorado)	A1 + B2 + C2 (comb. 4)
	E ₅₀ Máximo	K ₀ (natural)	A1 + B3 + C1 (comb. 5)
		K ₀ (melhorado)	A1 + B3 + C2 (comb. 6)
c' Médio	E ₅₀ Mínimo	K ₀ (natural)	A2 + B1 + C1 (comb. 7)
		K ₀ (melhorado)	A2 + B1 + C2 (comb. 8)
	E ₅₀ Médio	K ₀ (natural)	A2 + B2 + C1 (comb. 9)
		K ₀ (melhorado)	A2 + B2 + C2 (comb. 10)
	E ₅₀ Máximo	K ₀ (natural)	A2 + B3 + C1 (comb. 11)
		K ₀ (melhorado)	A2 + B3 + C2 (comb. 12)
c' Máximo	E ₅₀ Mínimo	K ₀ (natural)	A3 + B1 + C1 (comb. 13)
		K ₀ (melhorado)	A3 + B1 + C2 (comb. 14)
	E ₅₀ Médio	K ₀ (natural)	A3 + B2 + C1 (comb. 15)
		K ₀ (melhorado)	A3 + B2 + C2 (comb. 16)
	E ₅₀ Máximo	K ₀ (natural)	A3 + B3 + C1 (comb. 17)
		K ₀ (melhorado)	A3 + B3 + C2 (comb. 18)

Análises 3D

Modelo 3D – colunas individualizadas

Cenário	Arranjo	c'	E ₅₀
A	Uniforme	min	E = E _{máx}
B	Uniforme	min	E = E _{mín}
C	Caótico	min	Aleatório entre E _{máx} e E _{mín}
D	Caótico	min	Aleatório entre E _{máx} e E _{mín}
E	Estruturado	min	Estruturado entre E _{máx} e E _{mín}
F	Estruturado	min	Estruturado entre E _{máx} e E _{mín}
G	Estruturado	min	Estruturado entre E _{máx} e E _{mín}
H	Estruturado	min	Estruturado entre E _{máx} e E _{mín}
I	Caótico	min	Aleatório entre E _{máx} e E _{mín}
J	Caótico	min	Aleatório entre E _{máx} e E _{mín}
CBIs plastificadas	Uniforme	zero	E = 75% E _{mín}

Caótico

A	C	A	A	C
A	C	A	B	
C	B	C	B	A

Estruturado

A	A	A	A	A
B	B	B	B	
A	A	A	A	A

Uniforme

A	A	A	A	A
A	A	A	A	
A	A	A	A	A

Ex: 1

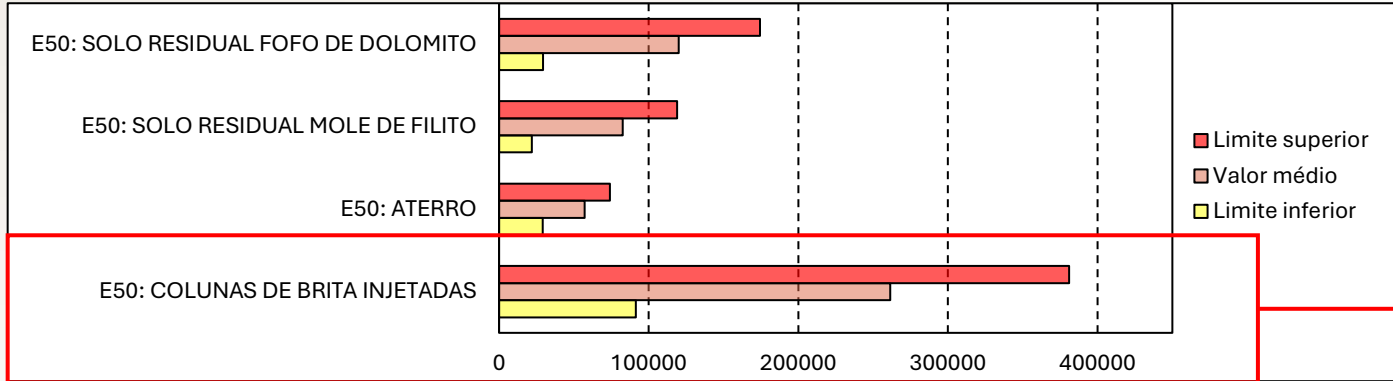
A	B	A	A	B
C	C	B	C	
A	B	A	C	B

Ex: 2

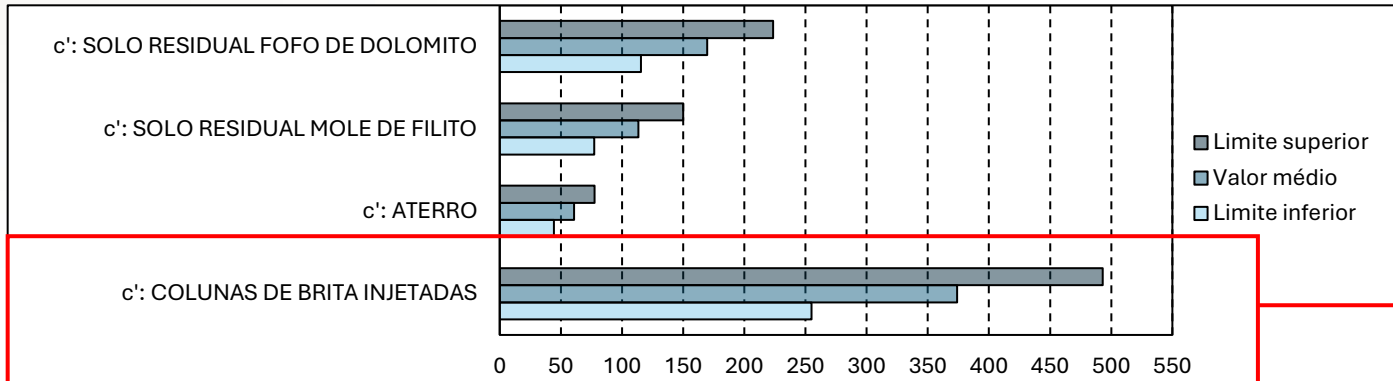
A	B	B	A	A
B	B	B	A	
A	B	B	A	A

B	B	B	B	B
B	B	B	B	
B	B	B	B	B

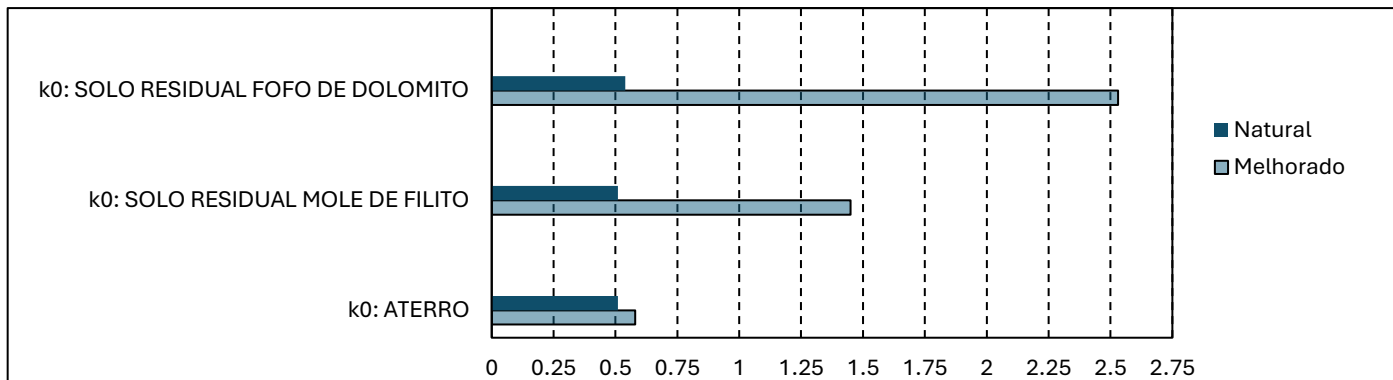
PROGRAMA DE ANÁLISES



$E_{50, \max} = 381 \text{ MPa}; E_{50, \min} = 90 \text{ MPa}; E_{50, \text{med}} = 261 \text{ MPa}$

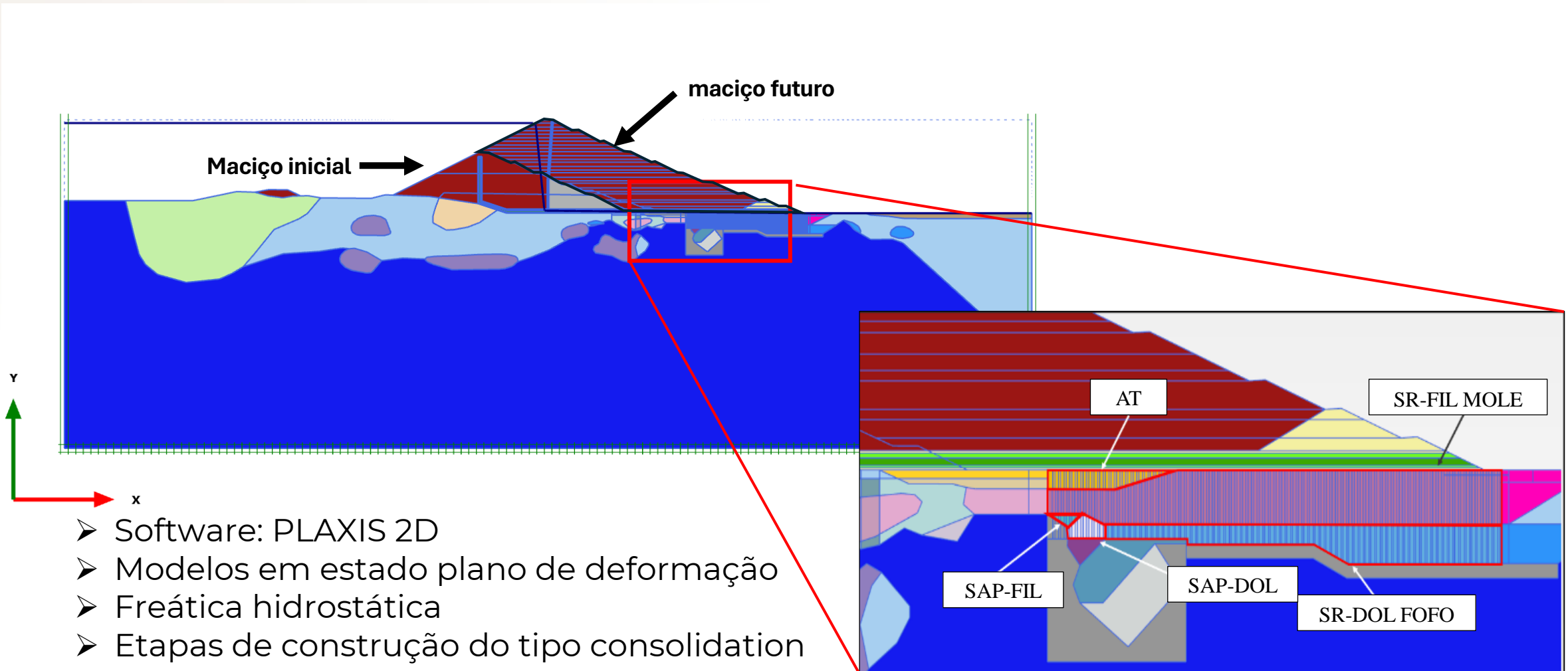


$c'_{\max} = 493 \text{ kPa}; c'_{\min} = 255 \text{ kPa}; c'_{\text{med}} = 374 \text{ kPa}$



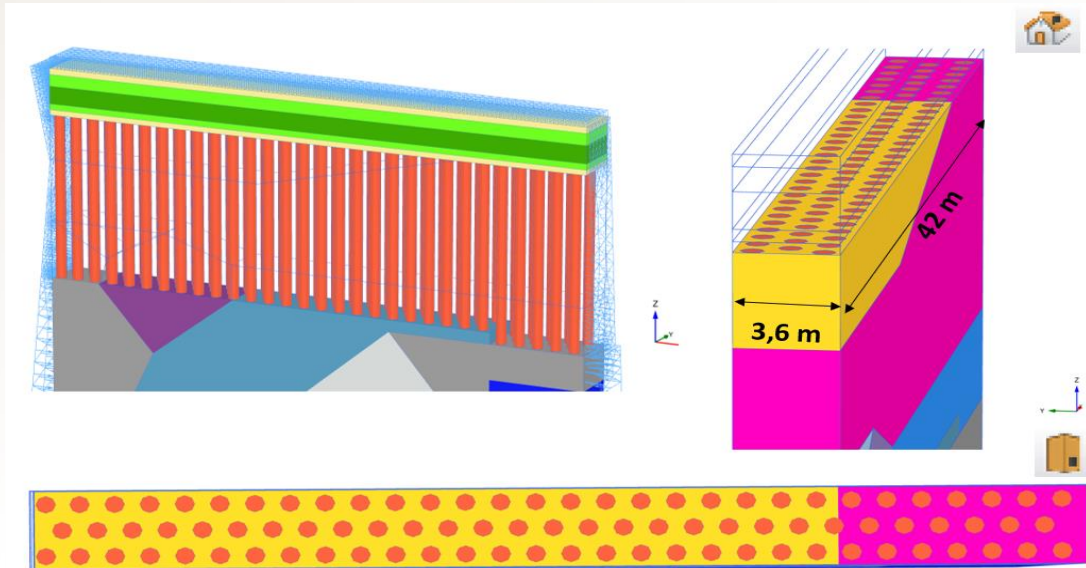
CONSTRUÇÃO DOS MODELOS (2D)

Seção 2D no eixo central da barragem

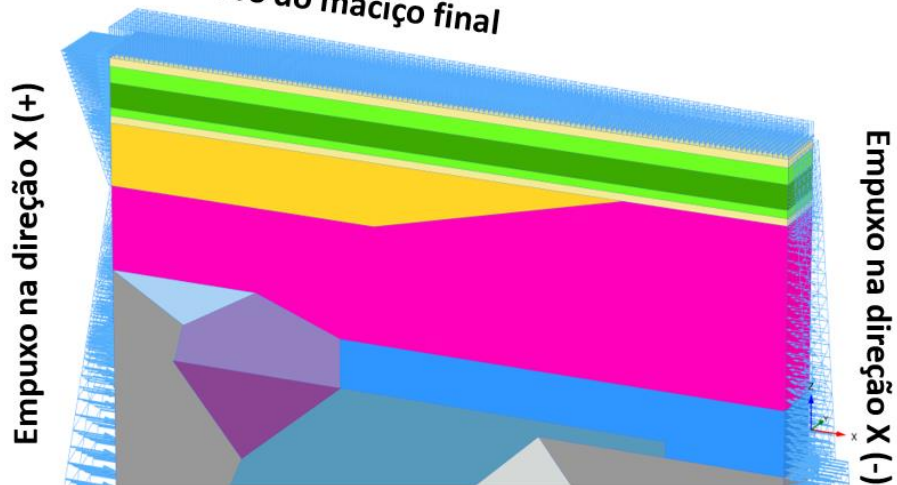


CONSTRUÇÃO DOS MODELOS (3D)

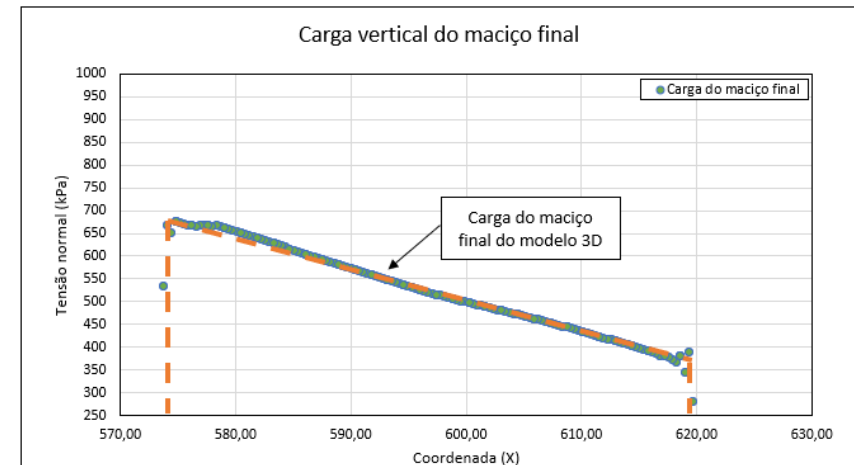
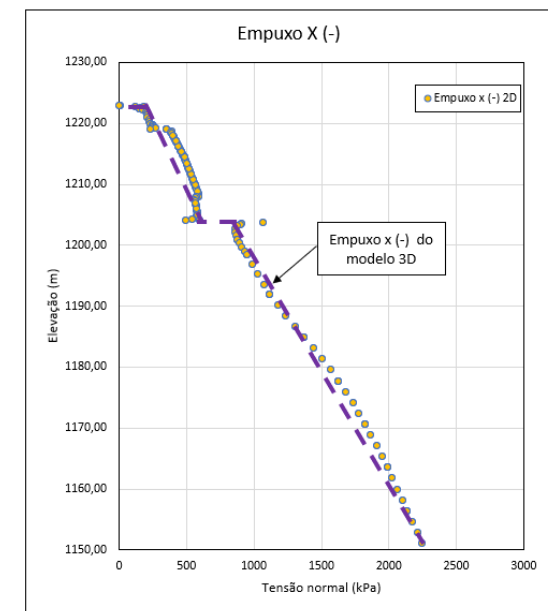
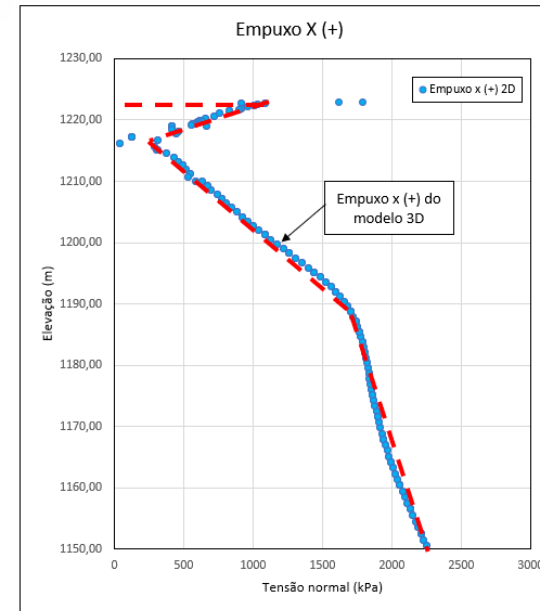
Faixa de extrusão (PLAXIS 3D)



Peso do maciço final

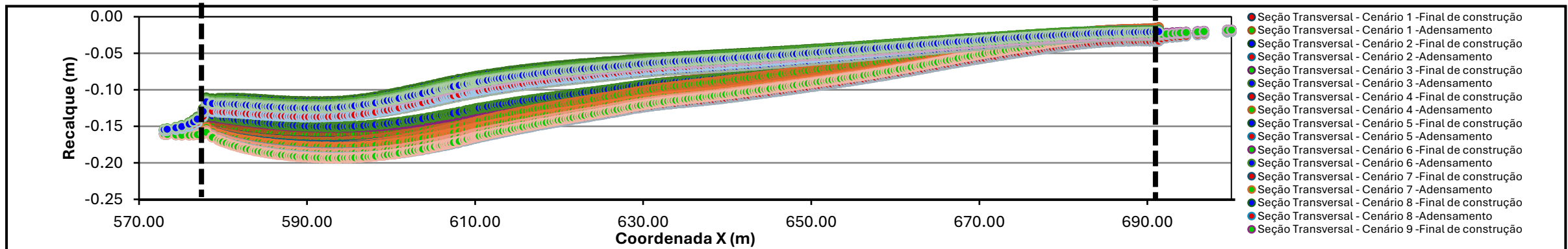
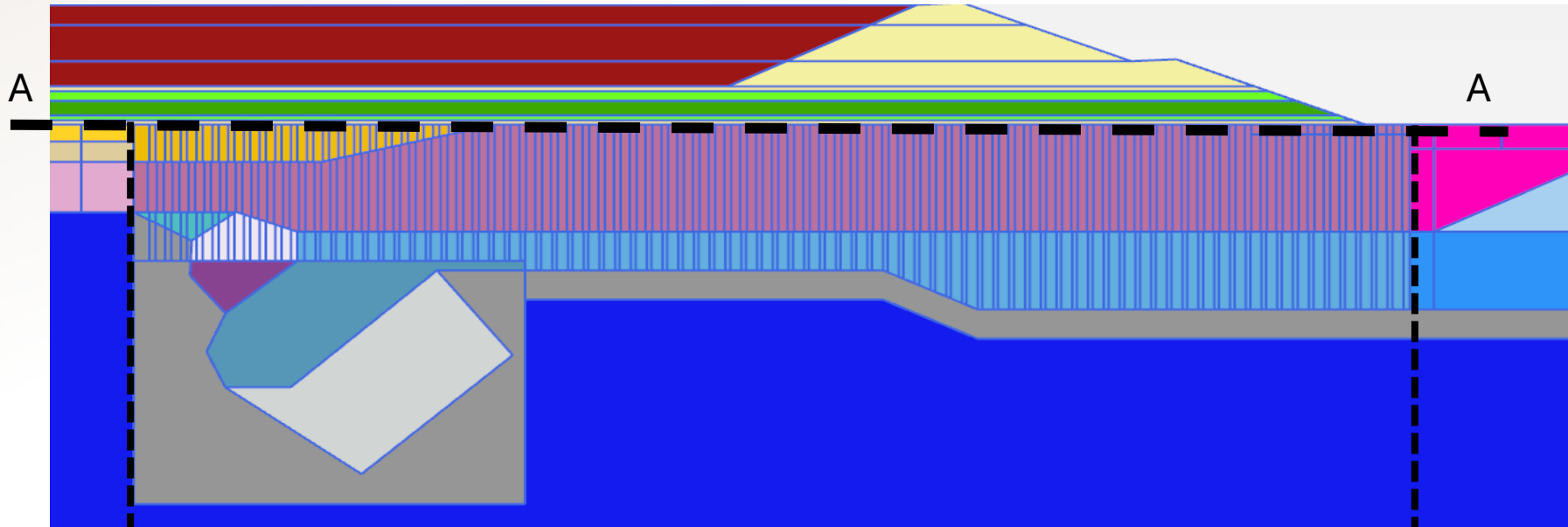


Transferência de carregamentos para o 3D



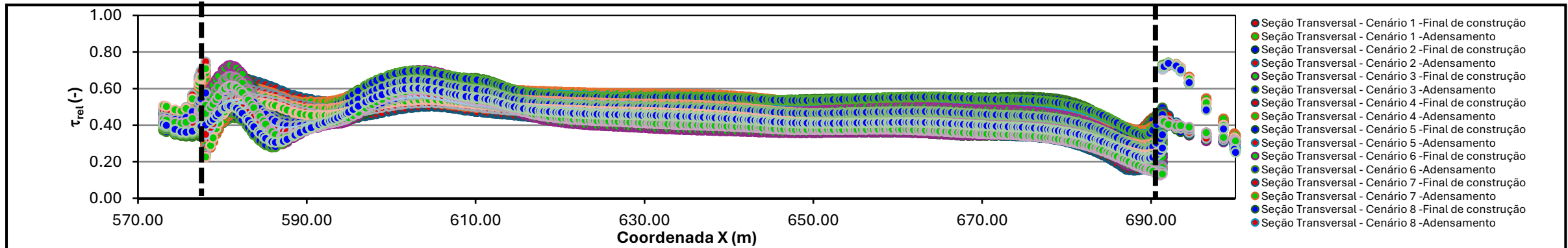
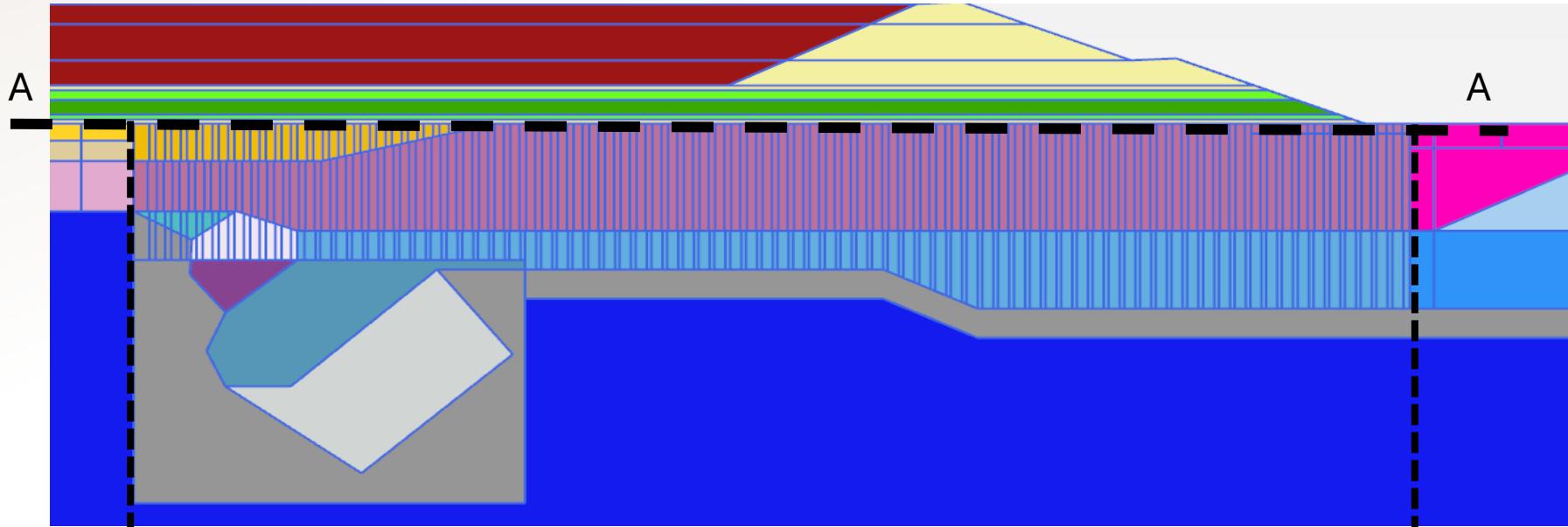
Recalques na zona de tratamento

- Recalques máximos de 20 cm no cenário de mínima rigidez das colunas e de 12 cm no cenário de máxima rigidez das colunas.



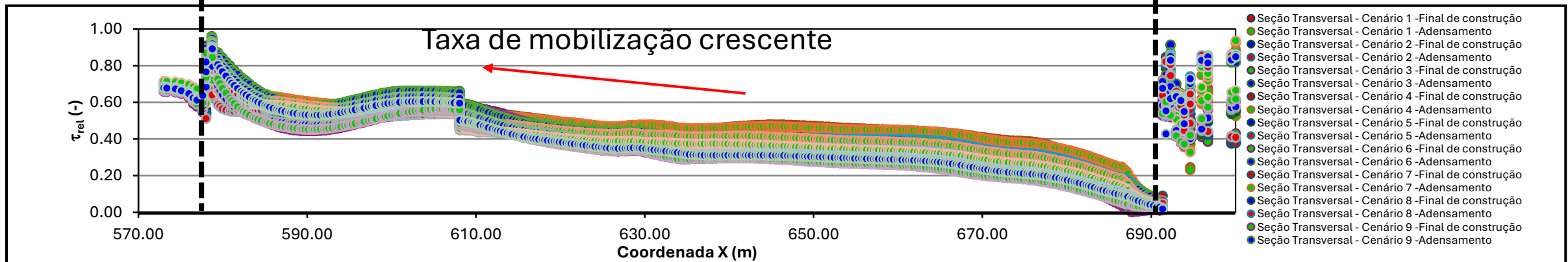
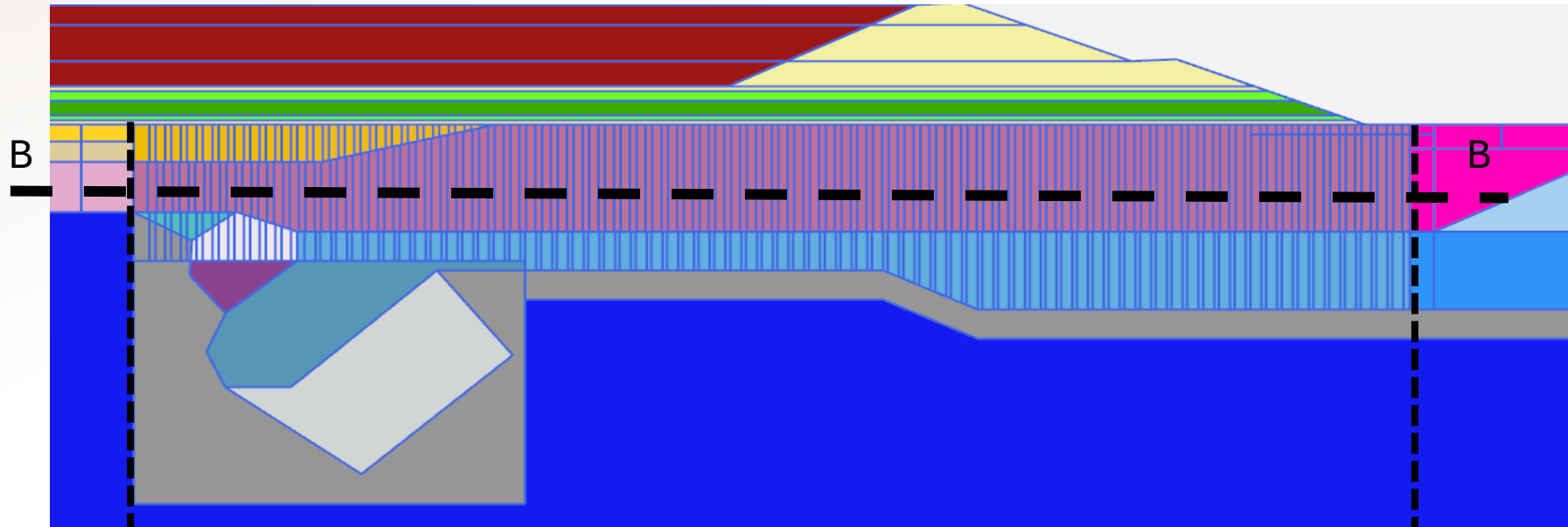
Tensão cisalhante mobilizada no topo das colunas

• Taxa de mobilização entre 15 e 78% no topo das colunas.

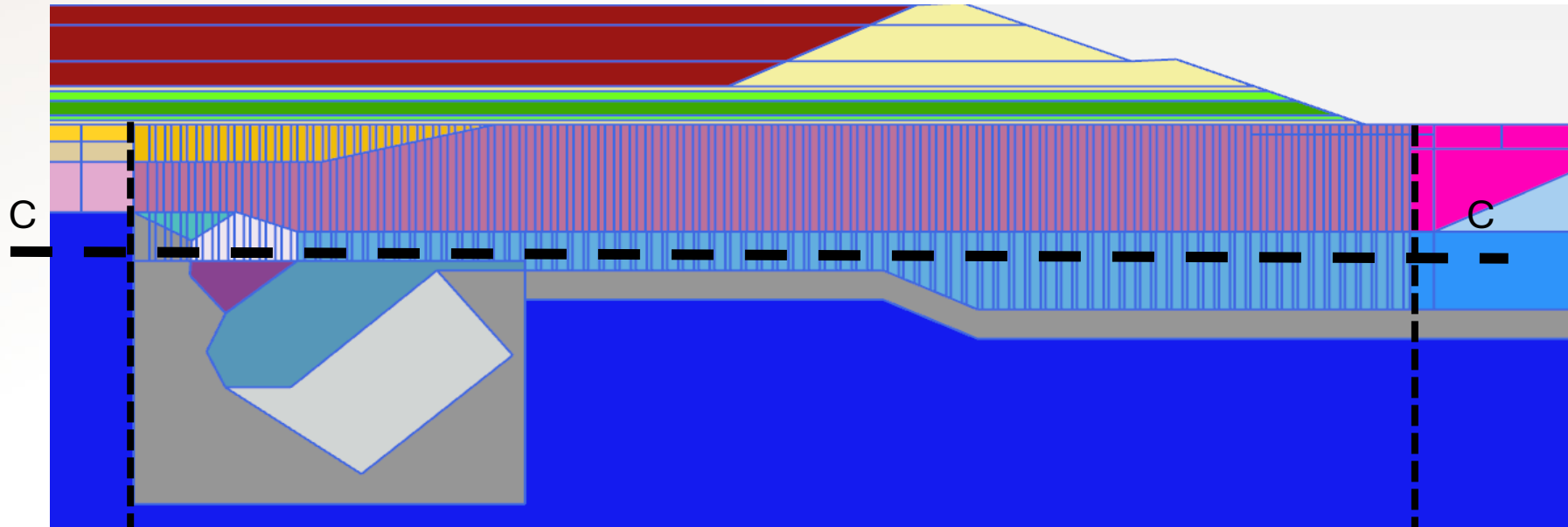


Tensão cisalhante mobilizada a 6,5 m do topo das colunas

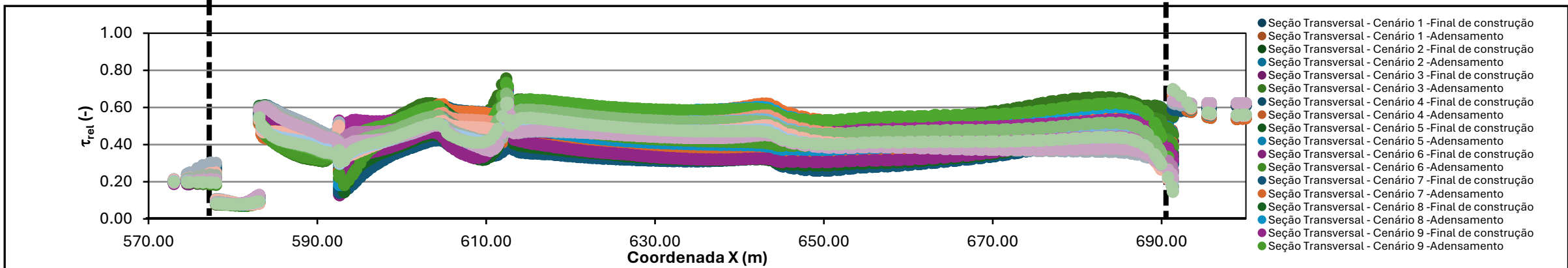
- Taxa de mobilização entre 0 e 96% na parte central da zona de tratamento.
- Tendência crescente no sentido jusante-montante.



Tensão cisalhante mobilizada a 13,0 m do topo das colunas



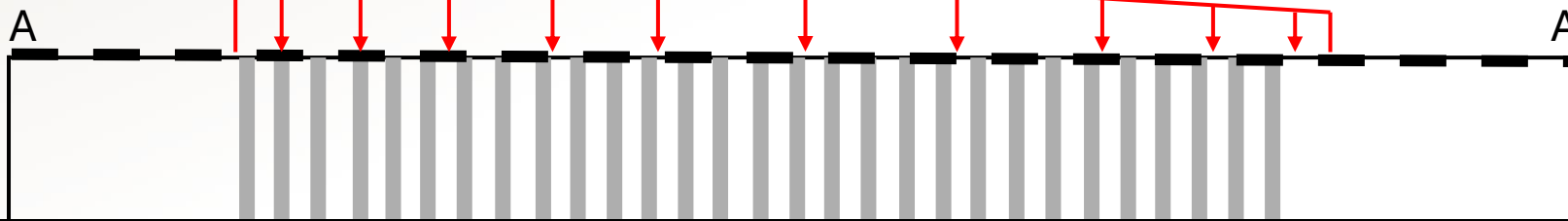
- Taxa de mobilização entre 9 e 73% na parte inferior da zona de tratamento.
- Sem tendência clara de variação no sentido jusante-montante.



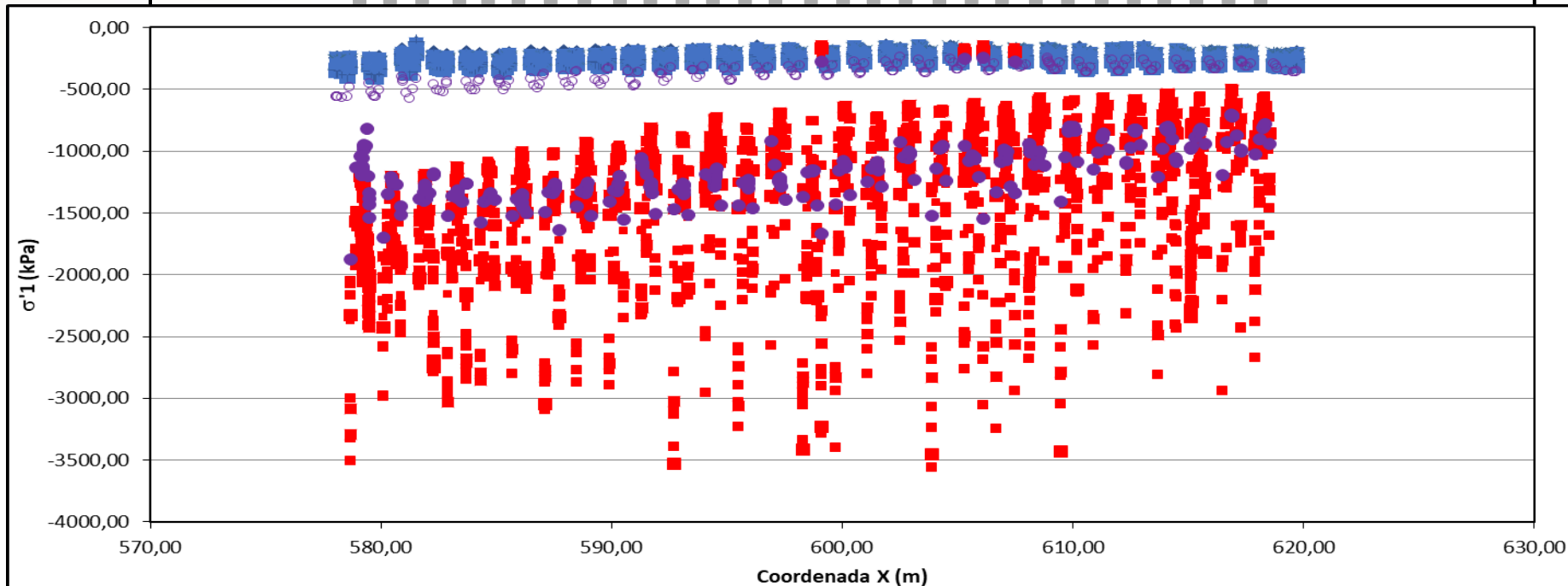
Distribuição de tensões entre o solo e as colunas

$\sigma_{n, \text{máx}} = 680 \text{ kPa}$

$\sigma_{n, \text{mín}} = 370 \text{ kPa}$

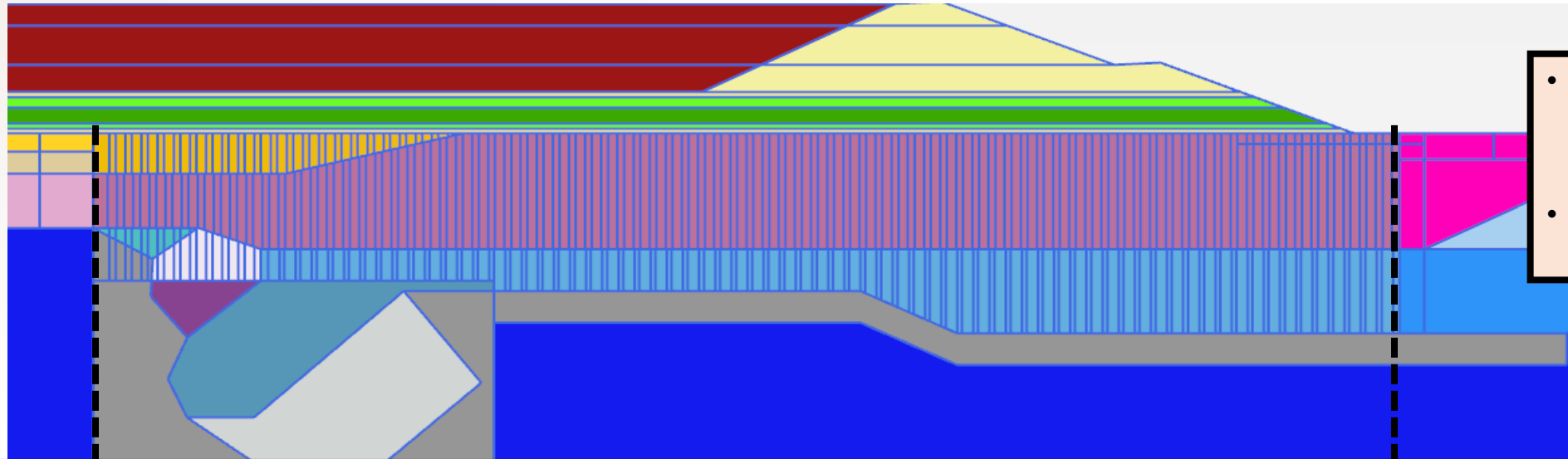


- Concentração de tensões nas colunas mais rígidas.
- Maior carga no solo entre colunas com CBIs plastificadas.
- Cenários caóticos apresentam maior dispersão na relação σ_c/σ_s

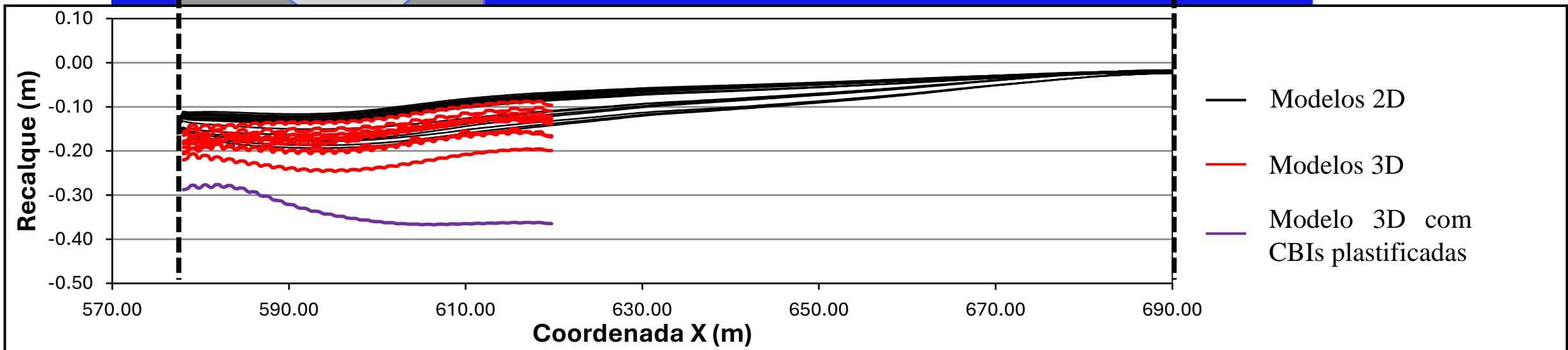


- Solo entre colunas
- Colunas
- CBIs plastificadas - colunas
- CBIs plastificadas - solo entre colunas

Recalques das análises 2D vs recalques das análises 3D



- Curvas de recalque com aspecto semelhante.
- Recalques maiores no modelo 3D.



- Os cenários desenvolvidos nos modelos 2D não indicaram a ocorrência de pontos de plastificação nos clusters que simulam o solo tratado, tendo sido obtidas tensões cisalhantes máximas, no mais crítico dos cenários, de 96% de τ_{max} .
- A variação da rigidez das CBIs no intervalo abrangido pelas análises (90 a 381 MPa) se mostrou relevante para os valores absolutos de recalque, entretanto, foi pouco significativa no que tange aos recalques diferenciais na zona de tratamento.
- Nos cenários analisados em 3D nota-se uma clara tendência de concentração de tensões nas colunas mais rígidas. Essas colunas, que nos modelos apresentam a mesma envoltória de resistência das demais, sofrem plastificação e conseqüente redistribuição de tensões para o solo circundante e colunas próximas. Esse fenômeno gera zonas de plastificação locais no entorno dessas colunas.
- O cenário que representa o que seria uma consequência extrema do fenômeno de plastificação das colunas injetadas, o qual considera todas as colunas com rigidez 25% inferior à mínima, e sem coesão, demonstra que os recalques totais podem atingir valores de até 37 cm. Nesse cenário, observou-se também a mínima relação σ_c/σ_s , bem como as máximas tensões no solo entre colunas, o que demonstra relação direta entre a rigidez das colunas e a tensão transmitida ao solo.
- Quando comparados aos resultados do modelo 2D, os recalques do modelo 3D em cenários equivalentes se mostraram sempre mais expressivos. Essa ocorrência é justificada pelo fato das colunas terem sido modeladas em 3D com seu diâmetro teórico, o que efetivamente reduz as taxas de substituição de material em relação aos modelos bidimensionais análogos, os quais consideram o efeito da expansão de cavidade.

A JETsj Agradece a VALE pela disponibilização de dados e pelo apoio econômico que permitiu a realização dos estudos de tensão-deformação aqui apresentados.



COBRAMSEG 2024

XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

Realização



Apoio



Apoio Institucional



Organização





COBRAMSEG 2024

XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

GEOTECNIA PARA O
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

Tratamento de solos moles com recurso a aterros de pré-carga no lote 14 da Plataforma Logística Lisboa Norte

Miriam Lopes, mlopes@jetsj.com
Alexandre Pinto, apinto@jetsj.com
JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal



Realização



Organização



INTRODUÇÃO

❑ LOCALIZAÇÃO

- ❖ Plataforma logística Lisboa Norte, Castanheira do Ribatejo, Vila Franca de Xira, Portugal
- ❖ Margem direita do rio Tejo

❑ CONDIÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

- ❖ Depósitos aluvionares, constituídos, essencialmente, por lodos e argilas lodosas, de alta plasticidade, de consistência mole, com alto teor de matéria orgânica (20m).

❑ OBJETIVO

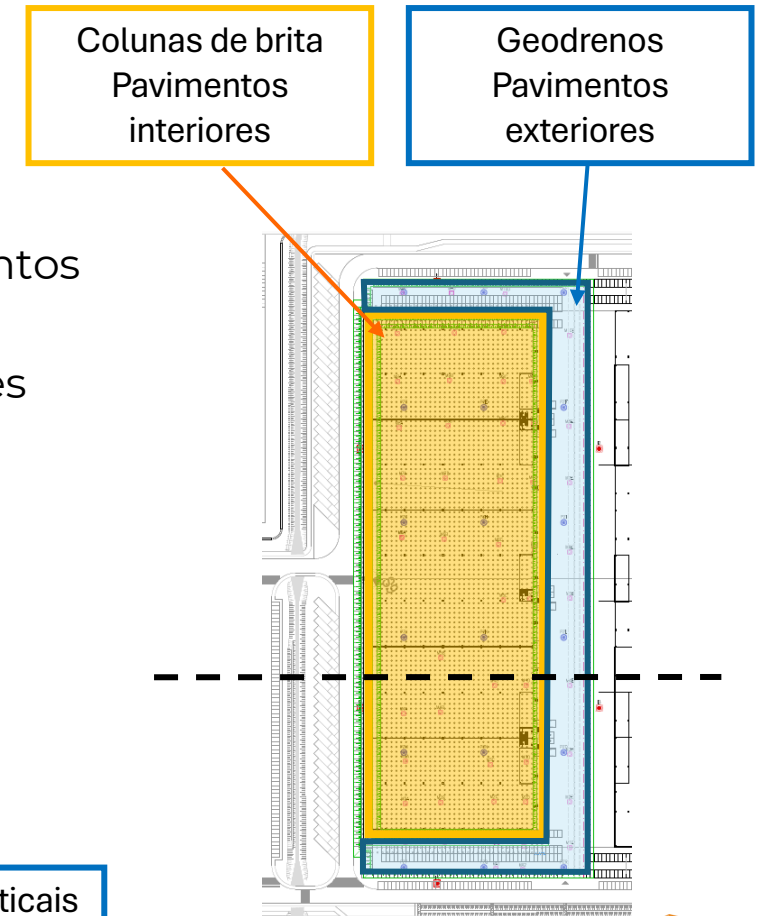
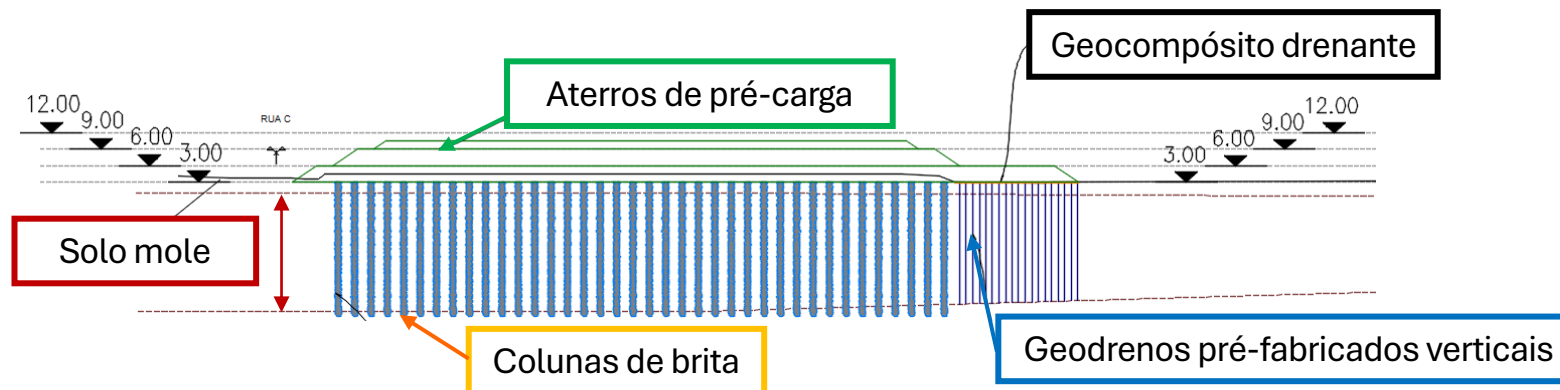
- ❖ Construção de um novo edifício industrial (32 968 m²)
- ❖ Sobrecargas de utilização para os pavimentos de magnitude elevada: 50/20 kPa
- ❖ Execução de aterros para subir a cota dos pavimentos



Risco de comportamento deformável acentuado e evolutivo ao longo do tempo

SOLUÇÕES DE MELHORAMENTO DE SOLOS PROPOSTAS

- ❑ **Acelerar o processo de adensamento primário** dos solos moles
- ❑ Introdução de elementos drenantes
 - ❖ Colunas de brita ($\varnothing 900$ mm), na área prevista para a implantação da nave (malha quadrada 3.0 x 3.0 m) – execução em 2010 (empreitada anterior)
 - ❖ Geodrenos pré-fabricados verticais, na área prevista para os pavimentos exteriores (malha triangular 1.2 m) – execução em 2019/2020
- ❑ Construção de aterros de pré-carga com 8.0 m e 4.0 m de altura, e taludes $H=1.5$; $V=1.0$
 - ❖ Compatíveis com a magnitude das cargas previstas



SOLUÇÕES DE MELHORAMENTO DE SOLOS PROPOSTAS



Instalação de geodrenos

Construção dos aterros de pré-carga sobre geocompósito drenante

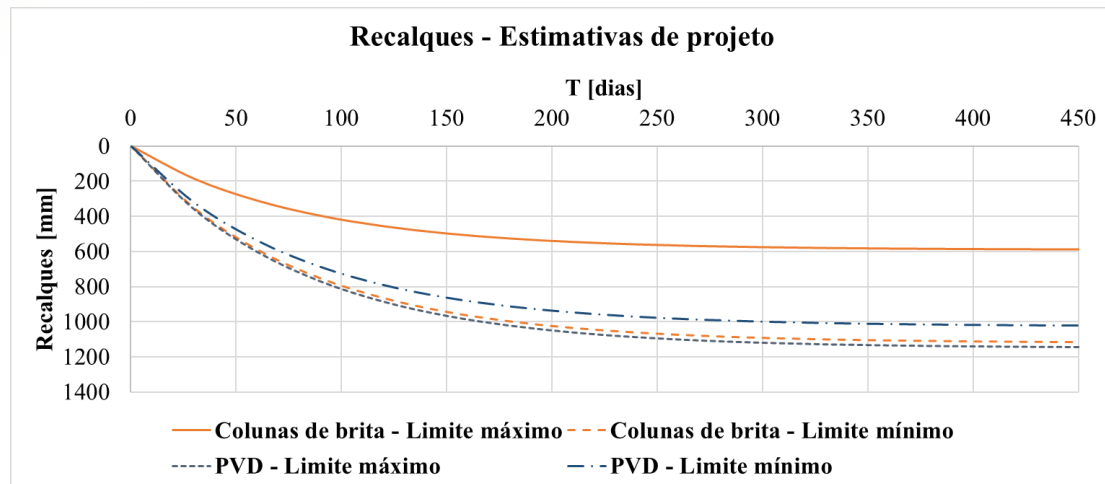


Aterros de pré-carga construídos

DIMENSIONAMENTO

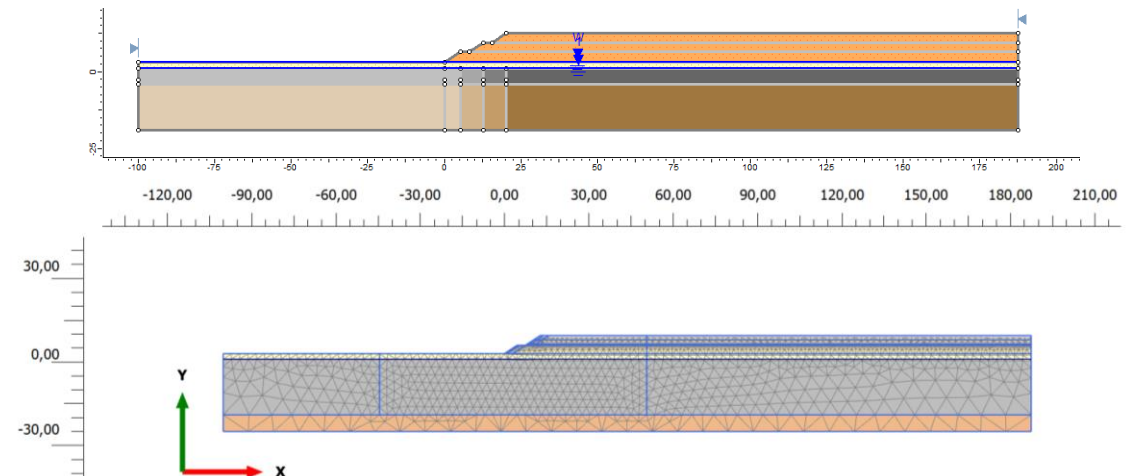
ESTIMATIVA DE RECALQUES

- ❖ Magnitude do assentamento total (ensaios edométricos + experiência anterior)
- ❖ Estimativa do tempo de consolidação hidrodinâmica (malha de elementos drenantes)



ESTABILIDADE DOS TALUDES DOS ATERROS

- ❖ Análise por equilíbrio limite
- ❖ Análise em regime de tensões – deformações, por modelo de elementos finitos
- ❖ Solos de fundação caracterizados por baixa resistência ao corte



PLANO DE MONITORAMENTO GEOTÉCNICO

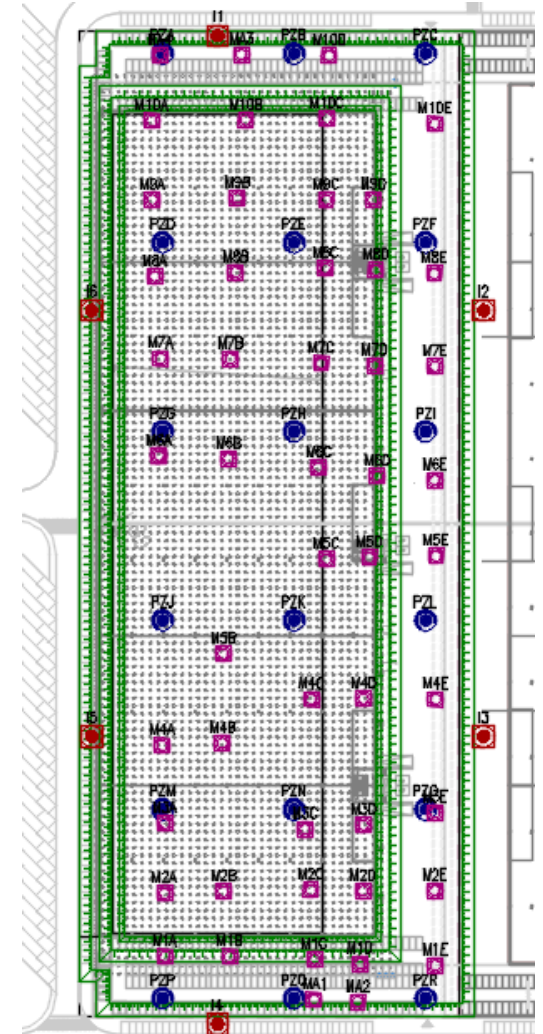
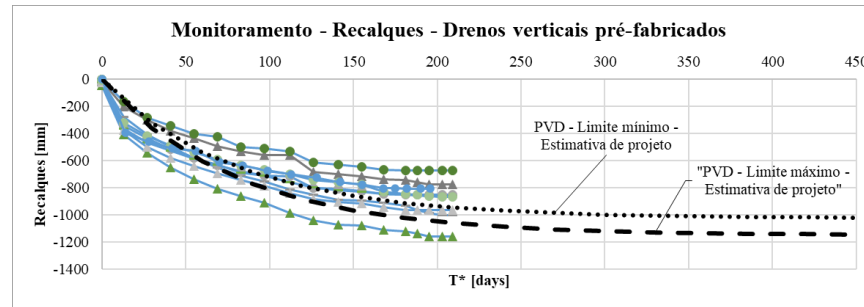
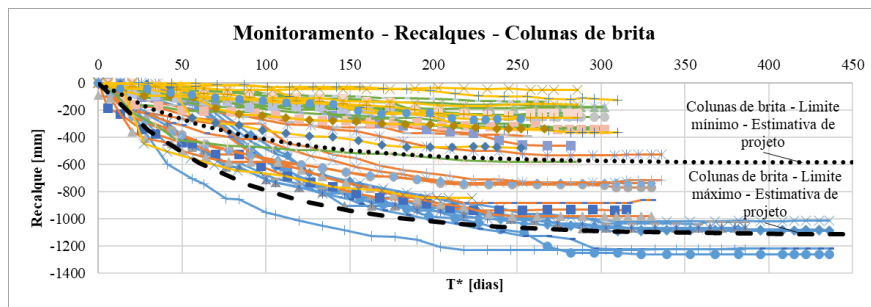
❑ EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE ADENSAMENTO

- ❖ Marcas topográficas apoiadas em 52 placas de recalque instaladas na base dos aterros de pré-carga (Recalques superficiais)
- ❖ 72 Piezômetros de corda vibrante (níveis de água/pressões intersticiais)



❑ ESTABILIDADE DOS TALUDES

- ❖ 6 calhas inclinométricas, dispostas na periferia dos aterros (deslocamentos horizontais dos terrenos de fundação)



CONCLUSÕES

- ❑ O enquadramento da obra descrita, incluindo o prazo disponível para execução dos trabalhos, determinou a necessidade de desenvolver soluções de tratamento de solos visando proporcionar condições favoráveis à implementação de soluções de fundação económicas, mas compatíveis com o adequado comportamento da estrutura em serviço.
- ❑ As soluções adotadas permitem mitigar, durante o período de vida útil da futura estrutura industrial, os recalques de magnitude elevada, decorrentes do processo de adensamento primário, desenvolvido ao nível camadas aluvionares argilosas moles.
- ❑ Salienta-se a importância do Plano de Monitoramento geotécnico na gestão do comportamento da obra, permitindo a interpretação dos recalques observados e o estabelecimento, com maior rigor, dos tempos necessários à obtenção do grau de adensamento especificado. Sendo, como tal, uma ferramenta indispensável numa obra geotécnica, com as características da presente.

CONCLUSÕES

- ❑ Refere-se que a magnitude dos recalques estimada em projeto, na generalidade, aparenta estar em linha com os valores efetivamente medidos em obra. Exceção a esta afirmação, são os valores registados na zona NW da parcela, onde se encontram instaladas as colunas de britas, e onde se observam recalques de magnitude consideravelmente inferior aos valores registados e estimados para a zona SE. Atribui-se esta diferença ao efeito da presença prolongada dos aterros de pré-carga previamente construídos, assim como ao efeito de reforço do terreno conferido pelas colunas de brita.

AGRADECIMENTOS



OBRIGADO PELA ATENÇÃO





COBRAMSEG 2024

XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

Realização



Apoio



Apoio Institucional



Organização





COBRAMSEG 2024

XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

GEOTECNIA PARA O
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA COM ELEMENTOS DE SUPORTE PASSIVOS DE CARÁCTER DEFINITIVO NA BASE DE ENCOSTA

Catarina Fartaria

Engenheira Geotécnica, JETsj Geotecnia, Lisboa, Portugal, cfartaria@jetsj.com

Alexandre Pinto

Sócio-Gerente, JETsj Geotecnia, Lisboa, Portugal, apinto@jetsj.com



INDICE

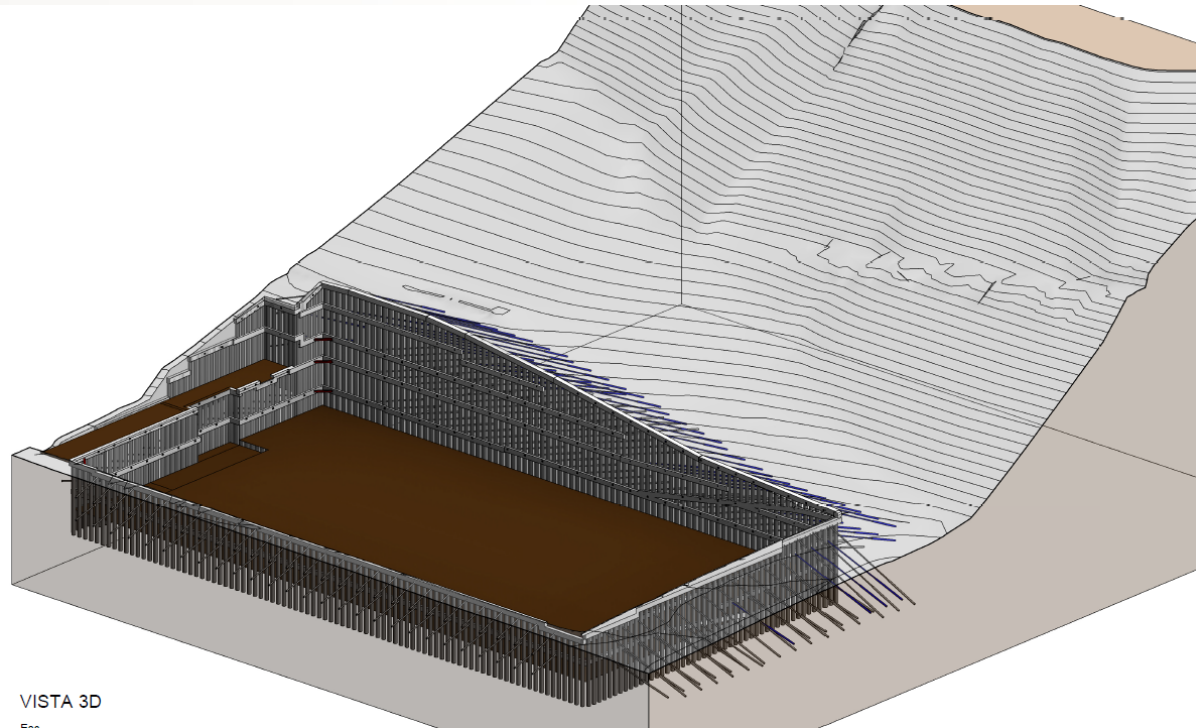
- INTRODUÇÃO
- CENÁRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- MONITORIZAÇÃO
- SOLUÇÕES DE REFORÇO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

INDICE

- **INTRODUÇÃO**
- **CENÁRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO**
- **SOLUÇÕES ADOTADAS**
- **MONITORIZAÇÃO**
- **SOLUÇÕES DE REFORÇO**
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

INTRODUÇÃO CENÁRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO SOLUÇÕES ADOTADAS MONITORIZAÇÃO SOLUÇÃO DE REFORÇO CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Edifício localizado na base da encosta
- 5 pisos enterrados no alçado nascente
- 2 pisos enterrados no alçado poente



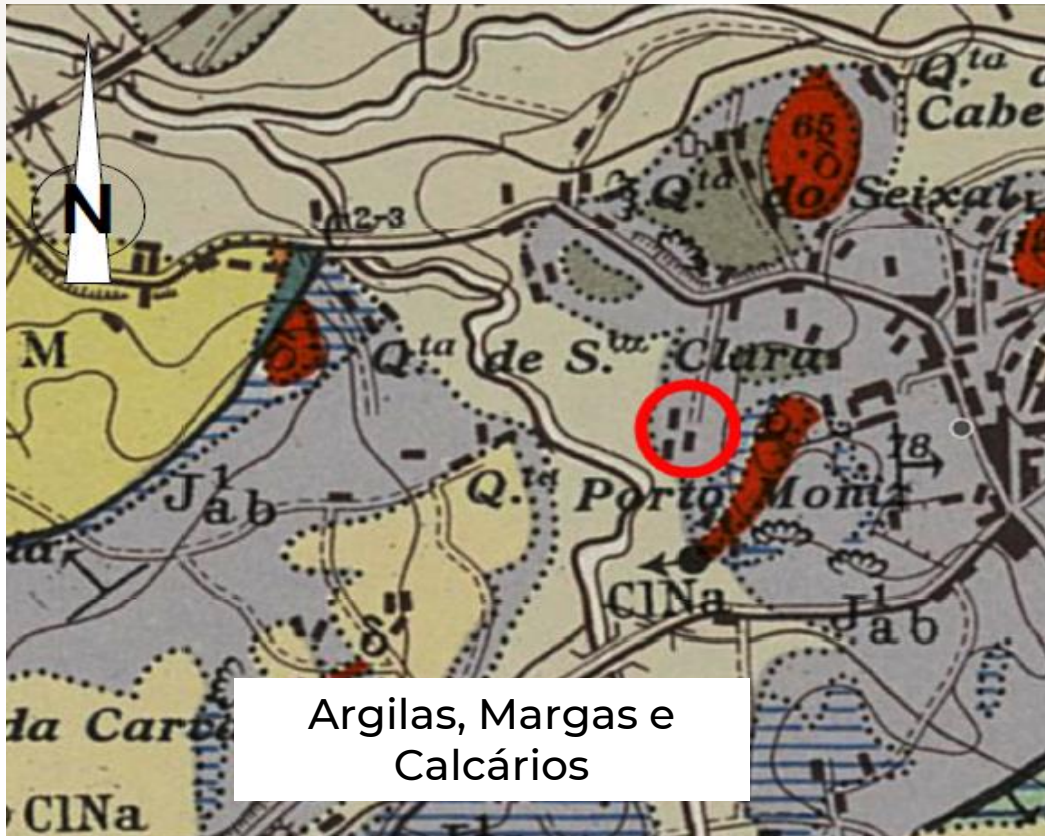
VISTA 3D
Etc



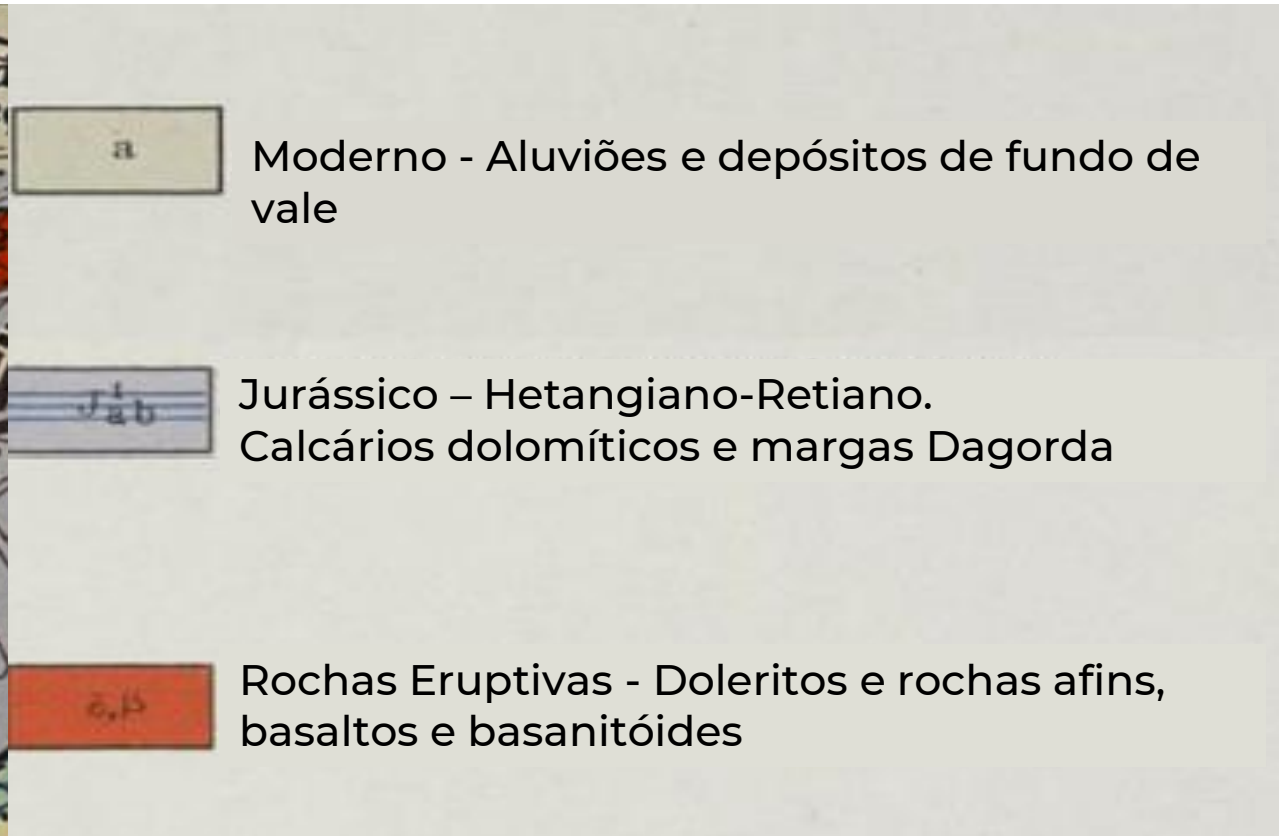
INDICE

- **INTRODUÇÃO**
- **CENÁRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO**
- **SOLUÇÕES ADOTADAS**
- **MONITORIZAÇÃO**
- **SOLUÇÕES DE REFORÇO**
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000



Argilas, Margas e
 Calcários

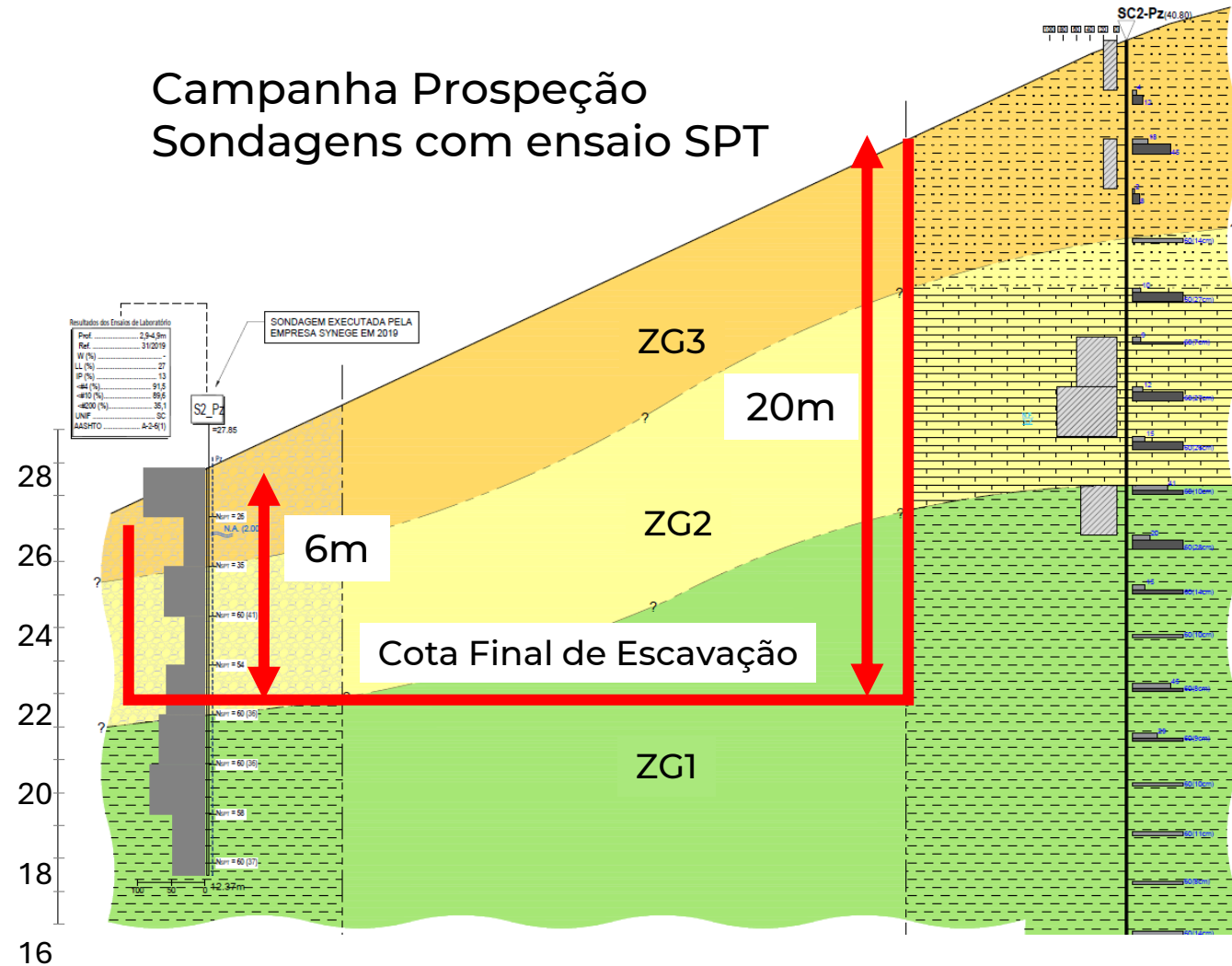


- **ZG3** Aterro areno-argiloso
 - 13<SPT<47 pancadas
 - Espessura de 2m a 3m

- **ZG2** Argilas e margas com passagens arenosas
 - 35<SPT<60 pancadas
 - Espessura de 4,5m a 9,0m

- **ZG1** Argilas e margas com passagens arenosas
 - SPT>60 pancadas

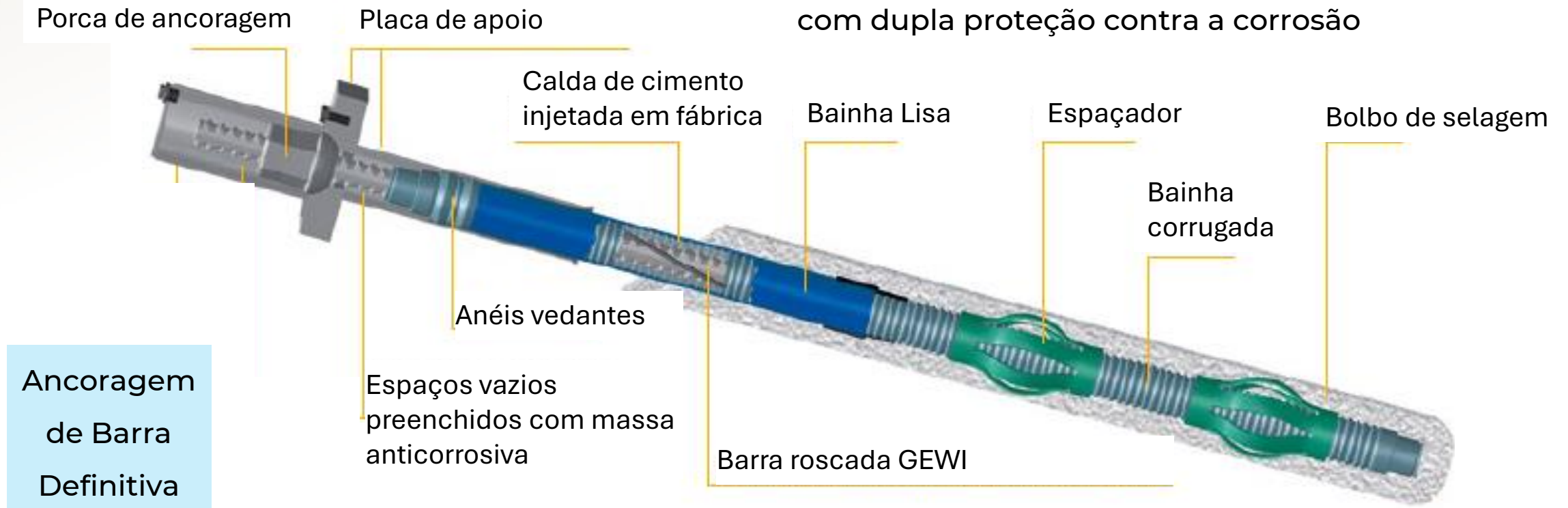
Campanha Prospeção Sondagens com ensaio SPT



INDICE

- **INTRODUÇÃO**
- **CENÁRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO**
- **SOLUÇÕES ADOTADAS**
- **MONITORIZAÇÃO**
- **SOLUÇÕES DE REFORÇO**
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Sistema certificado de ancoragem de barra de carácter definitivo em barra de aço do tipo GEWI com dupla proteção contra a corrosão





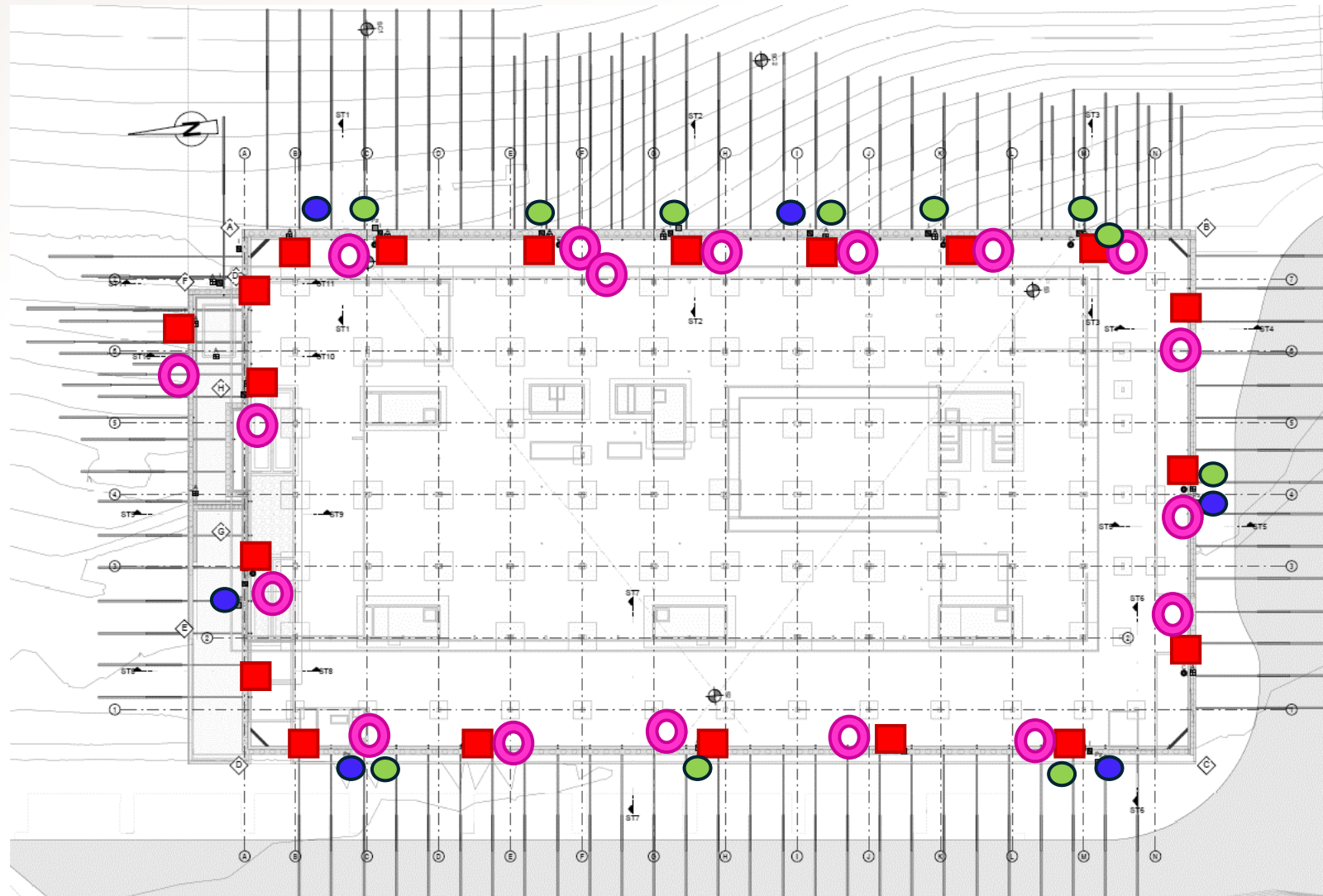
Alçado Nascente

INDICE

- **INTRODUÇÃO**
- **CENÁRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO**
- **SOLUÇÕES ADOTADAS**
- **MONITORIZAÇÃO**
- **SOLUÇÕES DE REFORÇO**
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Plano de
Monitorização

- Frequência de leituras
- Critérios de alerta e de alarme



Dispositivos
Instalados

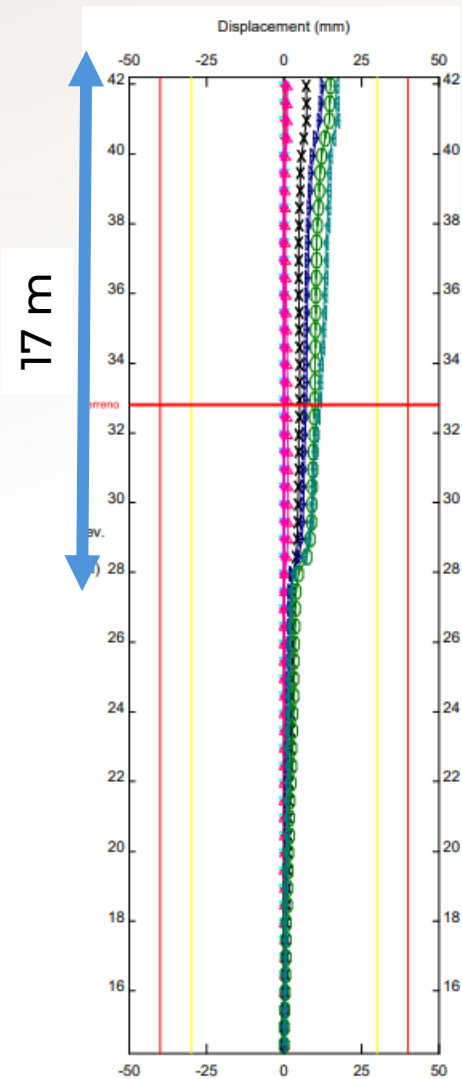
- Prismas topográficos
- Inclínômetros
- Piezômetros
- Células de carga

INTRODUÇÃO CENÁRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO SOLUÇÕES ADOTADAS MONITORIZAÇÃO SOLUÇÃO DE REFORÇO CONSIDERAÇÕES FINAIS



Primeiros
trabalhos de
escavação







Zona de interface
identificada à
profundidade a que se
registaram os
primeiros
movimentos



Medida de mitigação
imediate: Paragem
dos trabalhos de
escavação na zona
central

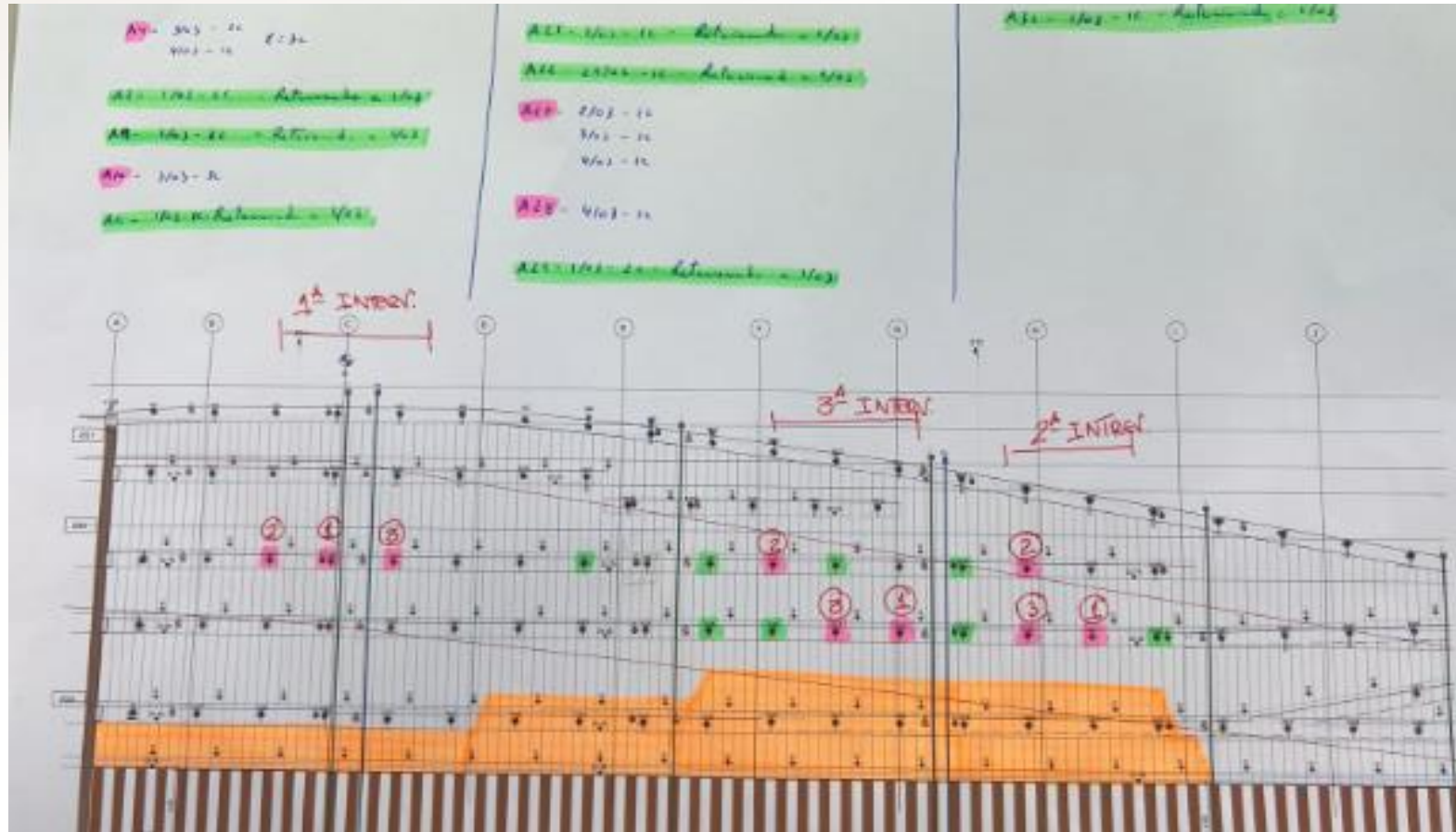




Avanço dos trabalhos
junto à contenção
periférica com a
execução das
ancoragens de barra e
das ancoragens de
cordoalhas

Aumento do número de
leituras para 3x por
semana

INTRODUÇÃO CENÁRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO SOLUÇÕES ADOTADAS **MONITORIZAÇÃO** SOLUÇÃO DE REFORÇO CONSIDERAÇÕES FINAIS



Registo de anomalia no sistema de protensão das ancoragens de cordoalhas

Desprendimento de clavetes/cunhas em diversos blocos de ancoragem de forma sequencial em 18 blocos de ancoragem

Agravamento rápido das deformações da estrutura de contenção

INTRODUÇÃO CENÁRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO SOLUÇÕES ADOTADAS **MONITORIZAÇÃO** SOLUÇÃO DE REFORÇO CONSIDERAÇÕES FINAIS



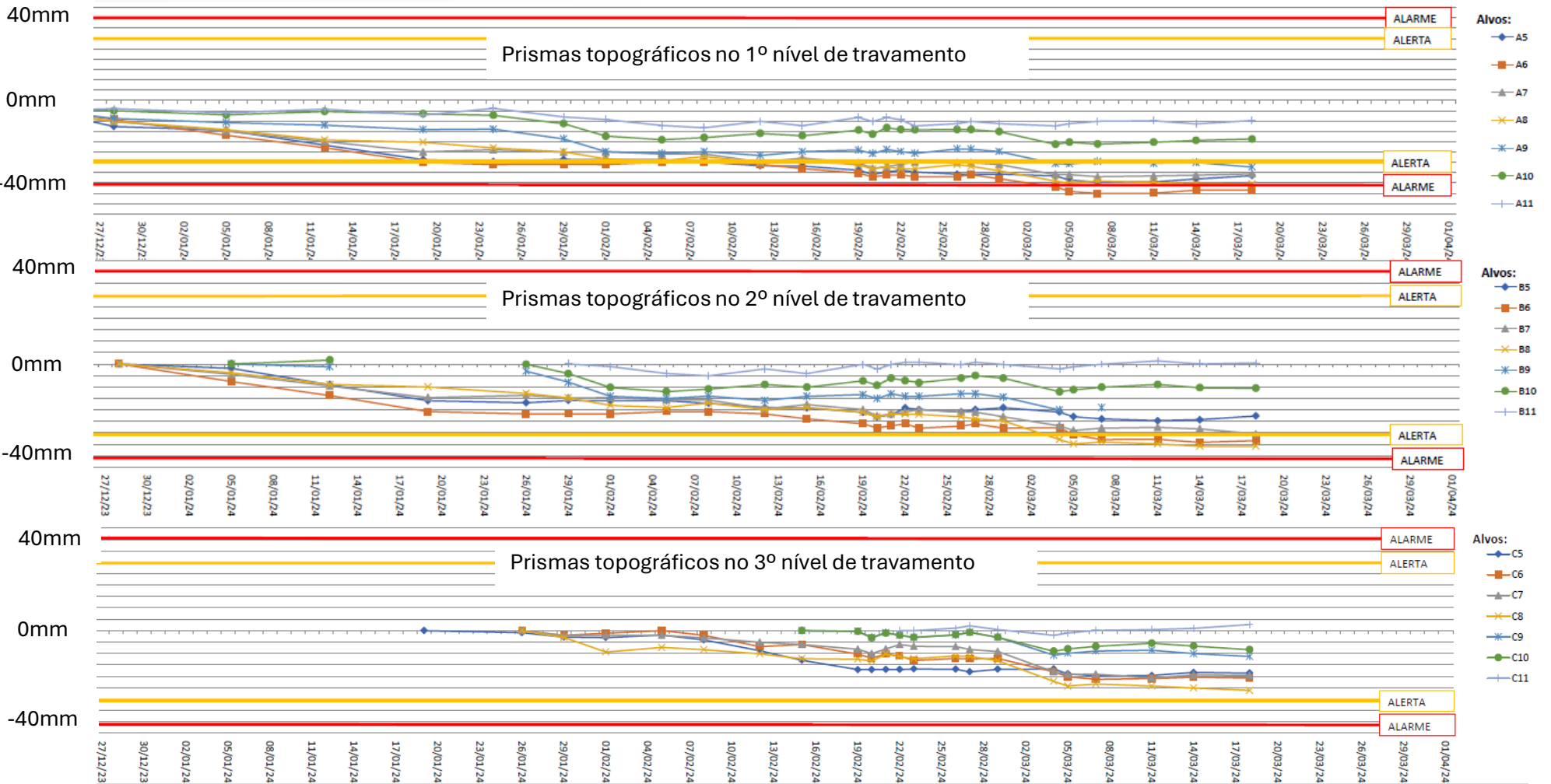
Bloco de ancoragem das cordoalhas

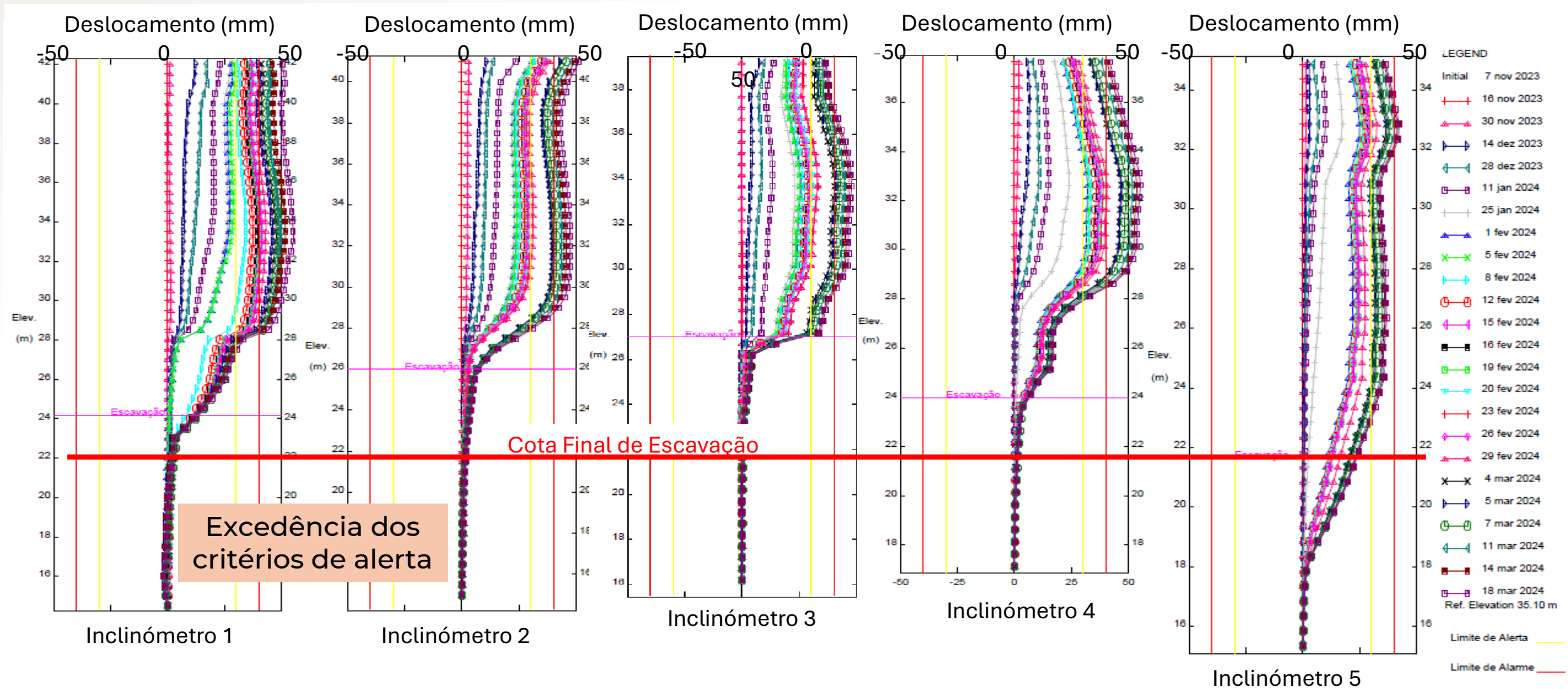
Utilização de material novo
e material reutilizado



Clavetes / Cunhas Metálicas Tripartidas

PRISMAS
TOPOGRÁFICOS





INDICE

- **INTRODUÇÃO**
- **CENÁRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO**
- **SOLUÇÕES ADOTADAS**
- **MONITORIZAÇÃO**
- **SOLUÇÕES DE REFORÇO**
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

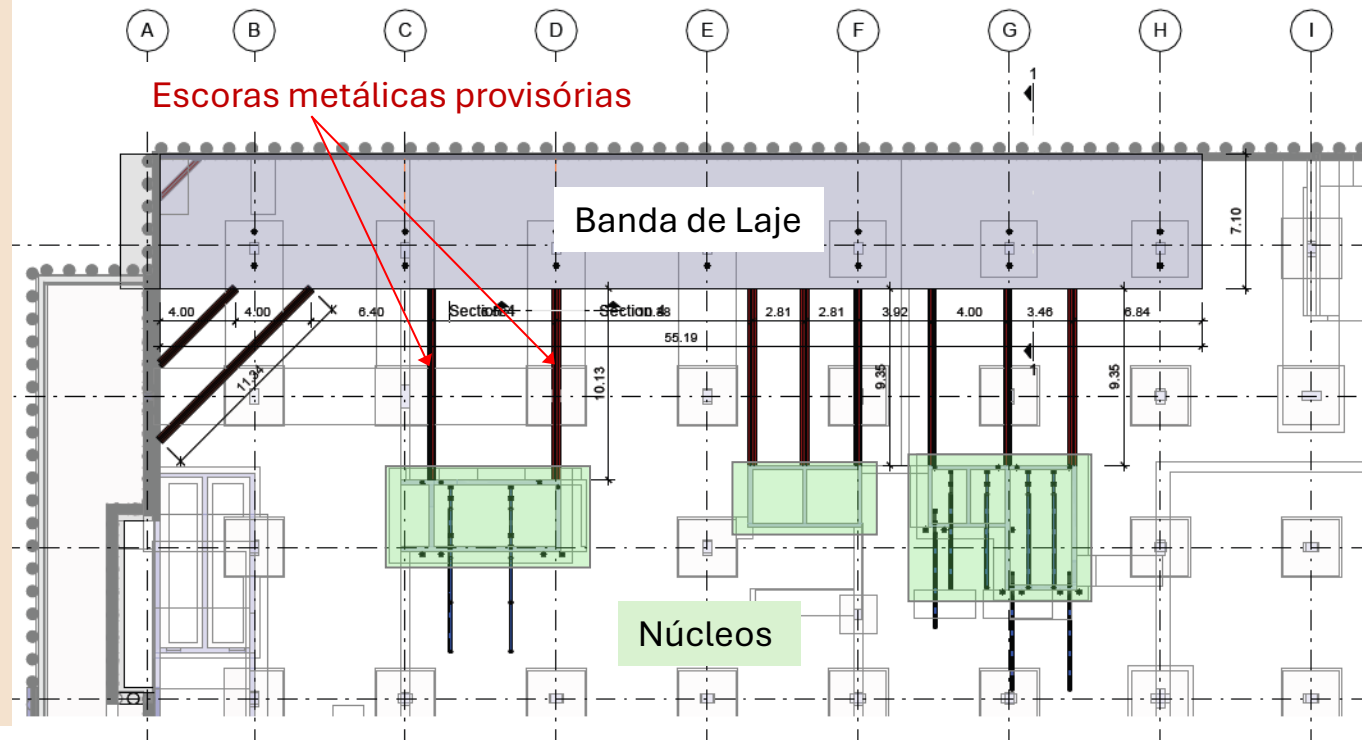
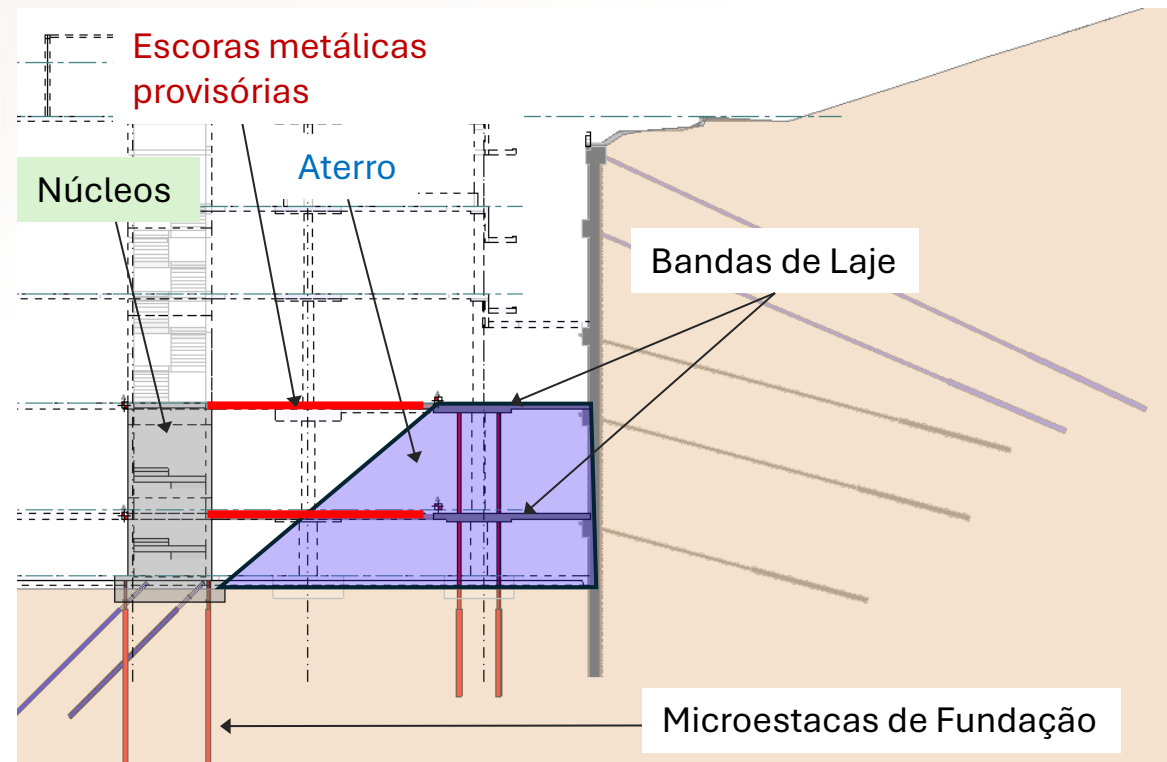
Medidas Mitigação:

- No imediato: Execução de um aterro na base da estrutura de contenção;
- Na sequência: Alteração do faseamento construtivo para uma solução em top-down parcial junto à contenção.



INTRODUÇÃO CENÁRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO SOLUÇÕES ADOTADAS MONITORIZAÇÃO SOLUÇÃO DE REFORÇO CONSIDERAÇÕES FINAIS

- 2º níveis de bandas de laje
- Escoramentos metálicos aos núcleos do edifício fundados em microestacas



INTRODUÇÃO CENÁRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO SOLUÇÕES ADOTADAS MONITORIZAÇÃO SOLUÇÃO DE REFORÇO CONSIDERAÇÕES FINAIS



Medida de reforço implementada com sucesso
permitindo a gestão do risco durante as
restantes fases da obra

INDICE

- **INTRODUÇÃO**
- **CENÁRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO**
- **SOLUÇÕES ADOTADAS**
- **MONITORIZAÇÃO**
- **SOLUÇÕES DE REFORÇO**
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

INTRODUÇÃO CENÁRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO SOLUÇÕES ADOTADAS MONITORIZAÇÃO SOLUÇÃO DE REFORÇO CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O Plano de Monitorização foi eficaz na validação dos pressupostos do projeto e na gestão do risco geotécnico associado
- Comprovou-se o excelente desempenho das ancoragens passivas de caráter definitivo
- Identificou-se em tempo oportuno o risco relacionado ao comportamento inadequado dos blocos de ancoragem e clavetes/cunhas
- A solução em ancoragens passivas mostrou ser uma alternativa viável à convencional de ancoragens protendidas, garantindo uma maior durabilidade a longo prazo
- O plano de monitorização foi ajustado para leituras mais frequentes durante a substituição das placas de cunhas, permitindo controle contínuo da estrutura



- Plano de monitorização revela-se uma ferramenta indispensável para o controle do comportamento em obras geotécnicas de escavação profunda
- Confirma-se a necessidade de gerir o risco considerando não só a incerteza geotécnica como a incerteza relacionada à qualidade dos materiais





COBRAMSEG 2024

XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens



AGRADEÇO A VOSSA ATENÇÃO



COBRAMSEG 2024

XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

Realização



Apoio



Apoio Institucional



Organização





COBRAMSEG 2024

XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

NOVA LINHA CIRCULAR DO METROPOLITANO DE LISBOA: RECALÇAMENTO DE EDIFÍCIOS, O CASO DA OBRA ESPECIAL 3

Carlos Martins

Engenheiro, JETSJ Geotecnia, Lisboa, Portugal, cmartins@jetsj.com

Rui Tomásio

Engenheiro, JETSJ Geotecnia, Lisboa, Portugal, rtomasio@jetsj.com

Catarina Fartaria

Engenheira, JETSJ Geotecnia, Lisboa, Portugal, cfartaria@jetsj.com

Alexandre Pinto

Engenheiro, JETSJ Geotecnia, Lisboa, Portugal, apinto@jetsj.com

Realização



Apoio Institucional



Organização





COBRAMSEG 2024

XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

INTRODUÇÃO

A nova linha circular do Metropolitano de Lisboa atravessará uma zona densamente urbanizada da cidade de Lisboa, ligando a estação do Rato, localizada numa das colinas da cidade, à estação do Cais do Sodré, encostada à margem direita do rio Tejo.



Neste trecho o traçado intersecta dois edifícios em betão armado, com 9 pisos elevados e fundações indiretas por estacas, determinando a necessidade de proceder ao recalçamento destas estruturas e proceder à transferência ativa de cargas para um novo sistema de fundação.

EDIFÍCIOS AFECTADOS

Edifícios nº 42 e nº 44 da Av. D. Carlos I:

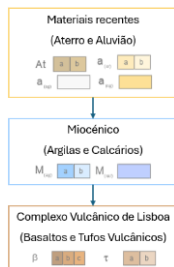
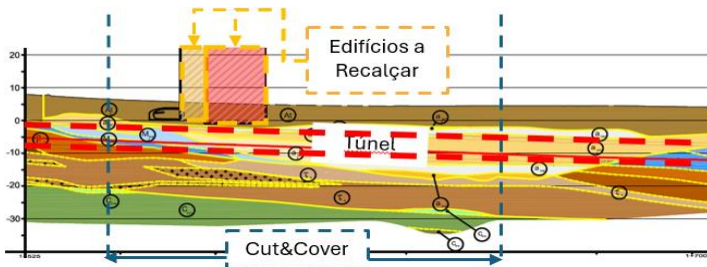
- Construção do século XX
- Estrutura de betão armado
- Fundações em estacas
- 9 pisos elevados e 1 cave



Traçado do túnel do metro conduz há necessidade de recalçar vários pilares na zona de intervenção

CENÁRIO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO

Aumento da espessura de materiais recentes (aterros e aluviões) em paralelo com a diminuição da espessura da camada Miocénica subjacente às unidades do Complexo Vulcânico de Lisboa.





DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

RECALÇAMENTO DO EDIFÍCIO

Laje de betão armado:

- Abaixo dos maciços de estacas existentes e acima do futuro túnel
- Dimensões (\approx) 50,0m por 13,0m
- Espessura entre 1,40m e 1,80m
- Apoiada em dois alinhamentos colunas de jet-grouting, reforçadas com perfis metálicos



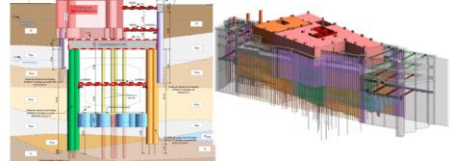
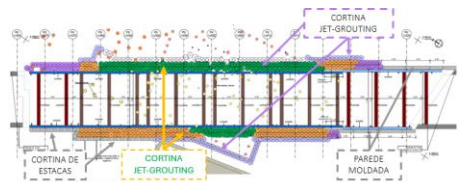
ESCAVAÇÃO CUT&COVER

Genericamente composta por cortina dupla de colunas de jet-grouting \varnothing 1,0m//700mm reforçadas com perfis metálicos

- Zona da laje com 3º alinhamento de colunas de jet-grouting

Travamentos provisórios:

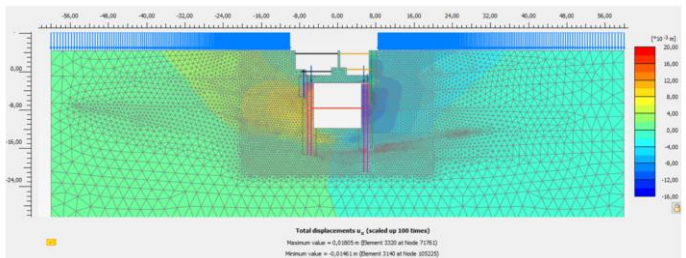
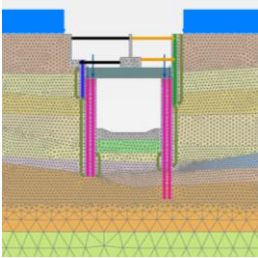
- 4 níveis de escoras metálicas
- Vigas de distribuição em aço e betão armado
- Laje de betão armado como 3º nível de travamento



MODELOS DE CÁLCULO E ANÁLISE

Para análise e dimensionamento da solução de escavação *Cut&Cover* foram elaborados no modelos de elementos finitos no software *PLAXIS2D*.

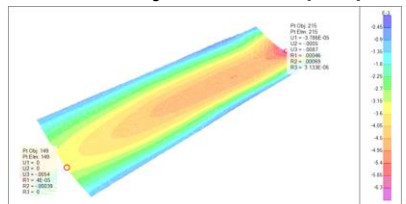
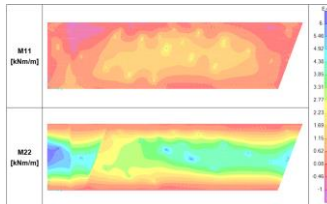
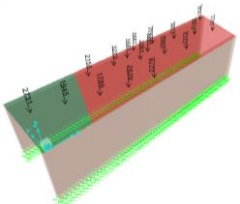
Deformação Horizontal ($U_{x,máx}=18mm$)



Para análise e dimensionamento da solução da laje de recalçamento foi elaborado um modelo de elementos finitos no software *SAP2000*.

Momentos Fletores (ELU)

Deformação Elástica (ELS)





COBRAMSEG 2024

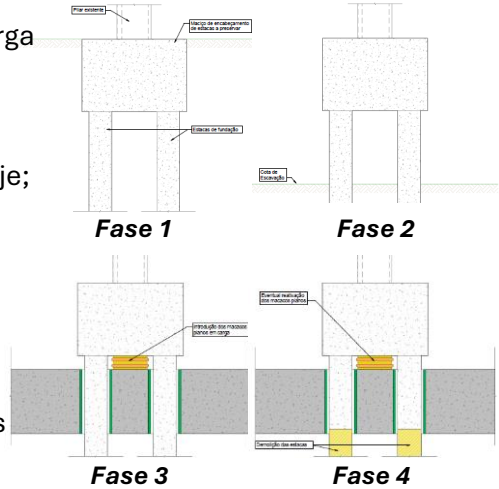
XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

PROCEDIMENTO TRANSFERÊNCIA DE CARGA

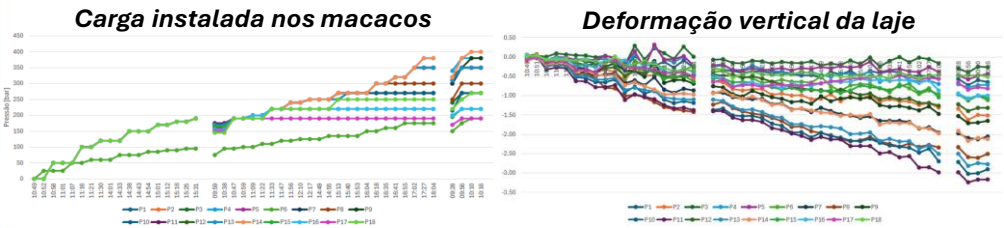
Foram utilizados macacos hidráulicos de forma a garantir uma transferência de cargas mais gradual entre os pilares dos edifícios e a laje de recalçamento, permitindo assim um maior controle dos assentamentos que ocorrem neste processo.

O procedimento de transferência de carga é composto pelas seguintes fases:

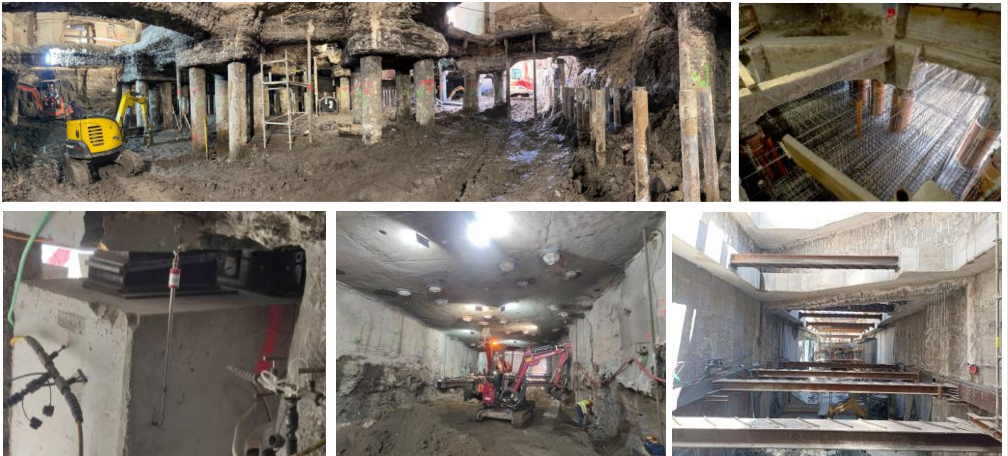
1. Instalação do sistema de instrumentação nos pilares;
2. Escavação até ao nível inferior da laje;
3. Encamisamento das estacas, construção da laje e instalação dos macacos hidráulicos;
4. Escavação sob a laje, ativação dos macacos hidráulicos e demolição das estacas existentes, acompanhada de análise dos dados de monitorização.



De seguida apresentam-se os gráficos da carga instalada nos macacos e da deformação vertical da laje associada aos trabalhos da Fase 3:

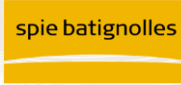


FASES E PROGRESSO DE OBRA





AGRADECIMENTOS



COBRAMSEG 2024

XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

Realização



Apoio Institucional



Organização





COBRAMSEG 2024

XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

Soluções de fundação perto do rio Trancão, em Lisboa

Inês Braz

Engenheira, JETSJ Geotecnia, Lisboa, Portugal, ibraz@jetsj.com

Alexandre Pinto

Engenheiro, JETSJ Geotecnia, Lisboa, Portugal, apinto@jetsj.com

Miriam Lopes

Engenheira, JETSJ Geotecnia, Lisboa, Portugal, mlopes@jetsj.com



Realização



Apoio



Apoio Institucional



Organização



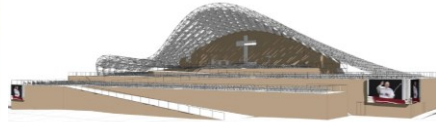


COBRAMSEG 2024

XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

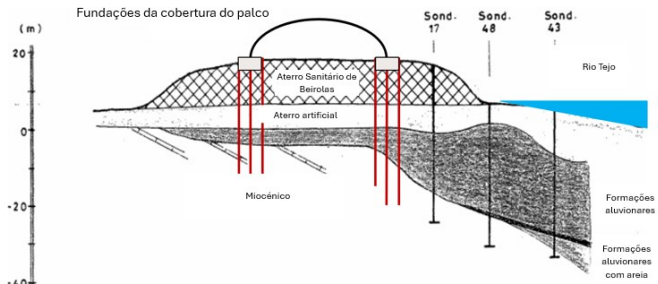
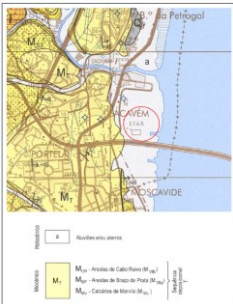
➤ INTRODUÇÃO

Para a realização das **Jornadas Mundiais da Juventude 2023**, realizadas no **Parque Tejo**, em Lisboa, perto do Rio Trancão foi necessário definir soluções de fundação adequadas ao cenário geológico e geotécnico presente no local



➤ CONDICIONANTES GEOLOGICOS E GEOTECNICOS

A área de construção estava localizada sobre o **aterro sanitário de Beirolas**, que contém resíduos sólidos urbanos, protegido com uma geomembrana de PEAD no topo do aterro. Sob essa camada, encontra-se uma formação aluvionar composta por solos lodosos muito compressíveis, que atingem até 12 metros de espessura localizados sobre o substrato Miocénico



➤ OUTROS CONDICIONAMENTOS

- Caracter provisório da estrutura
- Tempo disponível para execução da obra
- Existência de geomembrana de proteção do aterro
- Preocupações ambientais
- Fácil desmontagem
- Rápida execução
- Recurso a soluções menos intrusivas
- Elementos recicláveis ou reutilizáveis
- Menor produção de resíduos

➤ SOLUÇÕES ADOTADAS

➤ ATERRO DE PRÉ CARGA



- Aterro de pré-carga com 3.20m de altura

3,20mx19kN/m³=60,8kPa

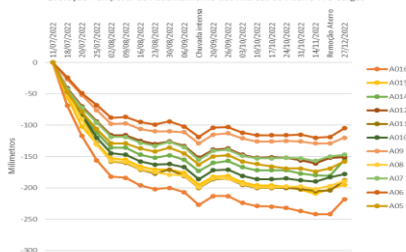


COBRAMSEG 2024

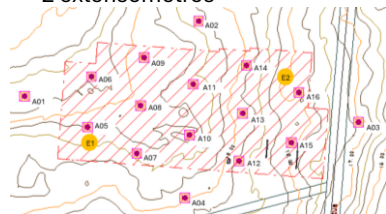
XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

➤ INSTRUMENTAÇÃO DO ATERRO DE PRÉ CARGA

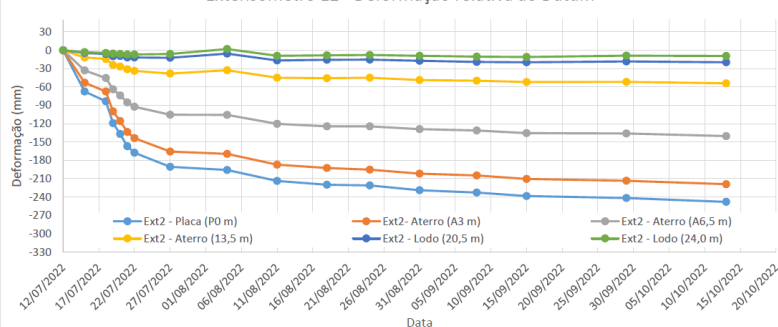
Evolução Temporal do Assentamento das Marcas do Aterro Pré-cargas



- 15 marcas de assentamento
- 2 extensômetros



Extensômetro E2 - Deformação relativa ao Datum



- Assentamento máximo: 25cm em 3 meses
- A maior deformação ocorreu na zona superficial do aterro sendo progressivamente menor em profundidade

➤ FUNDAÇÃO DIRETA

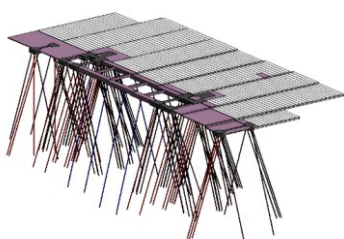
- Lajes alveolares pré-fabricadas



Zona com cargas concentradas elevadas

➤ FUNDAÇÃO INDIRETA

- Microestacas cravadas por via seca - Ø170X7,5mm, reforçadas interiormente com barra autoperfurante com 64mm e bit perdido de 135mm, selada 10m no substrato Miocénico





COBRAMSEG 2024

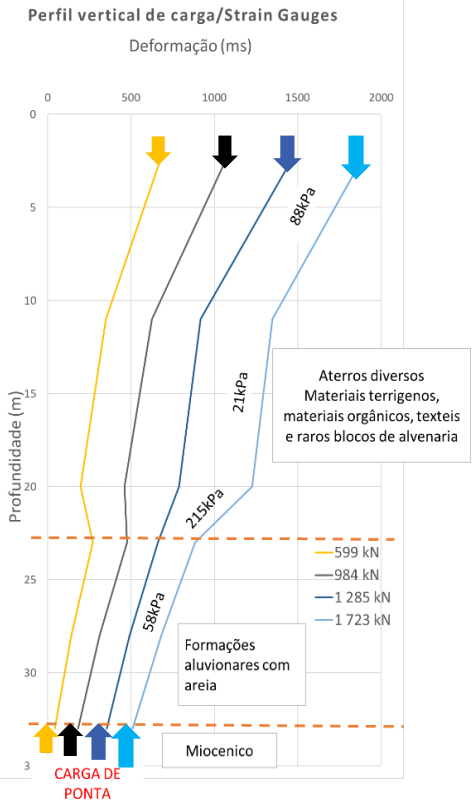
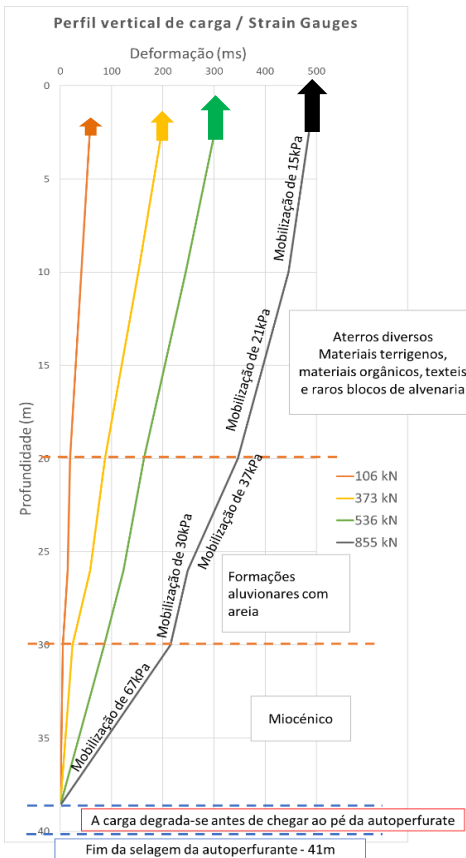
XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

➤ ENSAIOS DE CARGA

➤ ENSAIO DE TRAÇÃO



➤ ENSAIO DE COMPRESSÃO



➤ DESENVOLVIMENTO DA OBRA





AGRADECIMENTOS



COBRAMSEG 2024

XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

Realização



Apoio

Apoio Institucional



Organização





COBRAMSEG 2024

XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

FUNDAÇÃO DE TANQUES DE ETANOL DE GRANDE PORTE COM RECURSO DE MELHORAMENTO DE SOLOS COM COLUNA DE BRITA

THAÍS MARIA LEITE PALUDETO - JETsj
NUNO BRAZ DA SILVA - JETsj

Realização



Apoio



Apoio Institucional



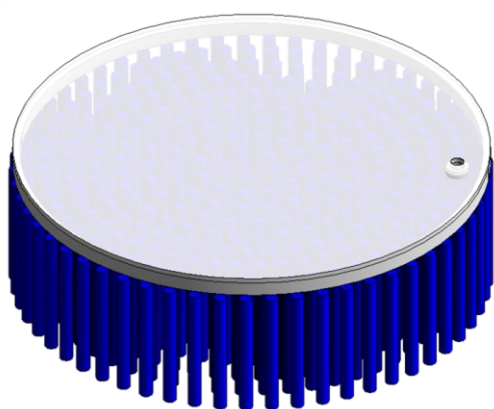
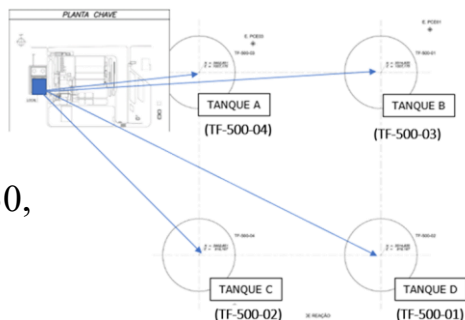
Organização





INTRODUÇÃO

- 4 Tanques de etanol de 25m de diâmetro;
- Planta de biocombustível localizada na estrada MT-130, a 25 km de Primavera do Leste, Mato Grosso, Brasil.



SOLUÇÃO PROPOSTA

- malha de colunas de brita executada por vibrosubstituição;
- $\phi 900\text{mm}$ de diâmetro;
- 24% de substituição

MODELO NUMÉRICO – PLAXIS 3D

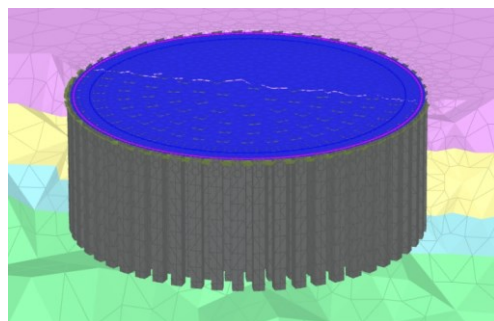
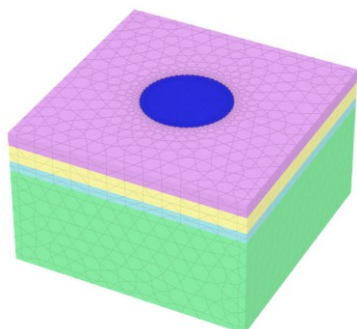


Figura 1. Malha de Elementos Finitos – Vista Geral

Figura 2. Malha de Elementos Finitos – Vista Aproximada

I.D.	Descrição
0	Fase inicial – Geração das tensões iniciais
1	Escavação e execução das colunas brita
2	Execução da Laje de Fundo do tanque
3	Execução da parede periférica do tanque
4	Enchimento do tanque
5	Esvaziamento do tanque





COBRAMSEG 2024

XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

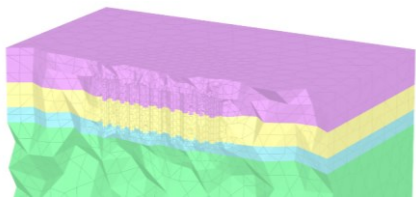


Figura 1. Fase 0

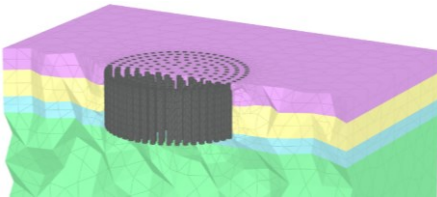


Figura 2. Fase 1

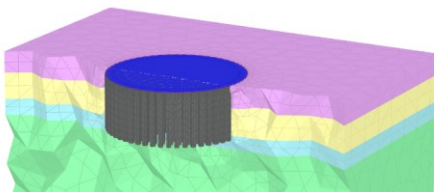


Figura 3. Fase 2

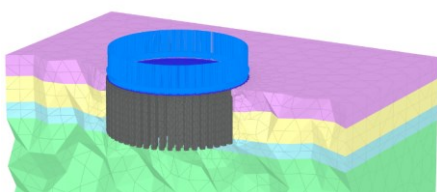


Figura 4. Fase 3

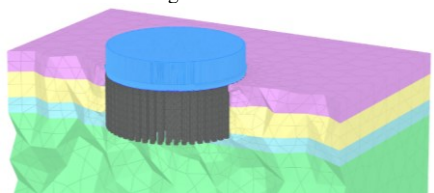


Figura 5. Fase 4

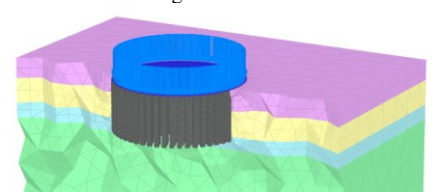


Figura 6. Fase 5

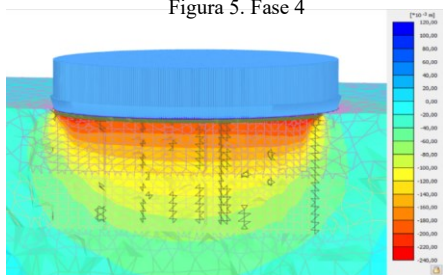


Figura 1. Deslocamentos verticais – Tanque B – Sondagem S4 – Fase 4 [uz,máx = -232mm]

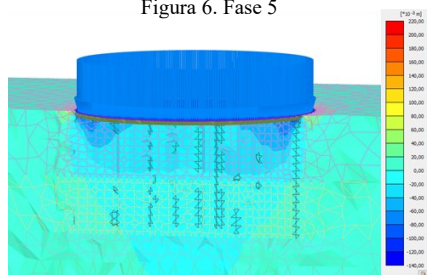


Figura 2. Deslocamentos verticais – Tanque B – Sondagem S4 – Fase 5 [uz,máx = -125mm]

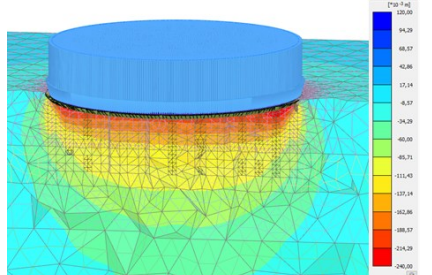


Figura 3. Deslocamentos verticais – Tanque A e C – Sondagem S5 – Fase 4 [uz,máx = -278mm]

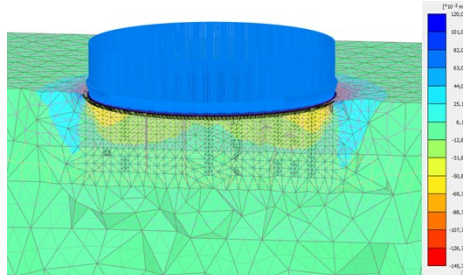


Figura 4. Deslocamentos verticais – Tanque A e C – Sondagem S5 – Fase 5 [uz,máx = -146mm]

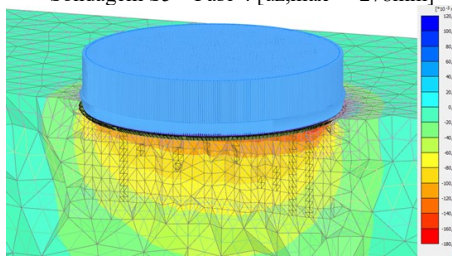


Figura 5. Deslocamentos verticais – Tanque D – Sondagem S6 – Fase 4 [uz,máx = -179mm]

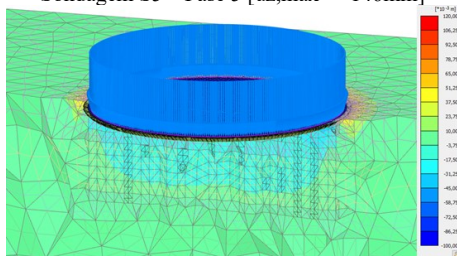
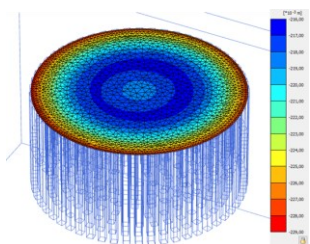


Figura 6. Deslocamentos verticais – Tanque D – Sondagem S6 – Fase 5 [uz,máx = -93mm]

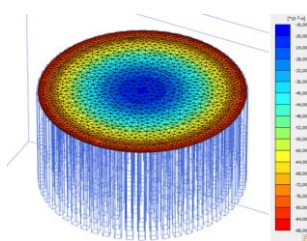


COBRAMSEG 2024

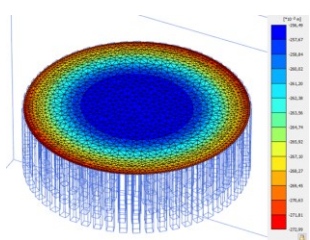
XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens



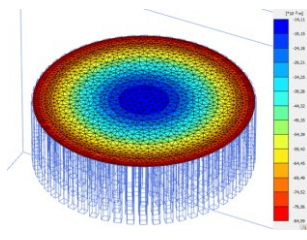
Deslocamentos verticais da laje de fundo –
Tanque B – Fase 4 [uz, mín = -228 | uz,máx = -
216mm | Δ uz,máx = 12mm]



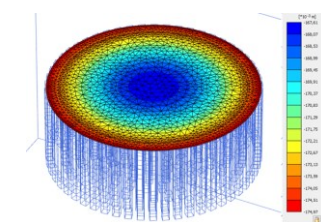
Deslocamentos verticais da laje de fundo –
Tanque B – Fase 5 [uz, mín = -85 |
uz,máx = -20mm | Δ uz,máx = 65mm]



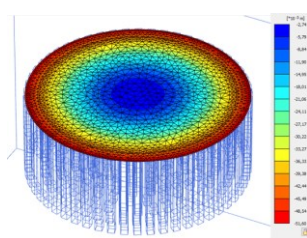
Deslocamentos verticais da laje de fundo – Tanque
A e C – Fase 4 [uz, mín = -273 | uz,máx = -256mm |
 Δ uz,máx = 17mm]



Deslocamentos verticais da laje de fundo – Tanque
A e C – Fase 5 [uz, mín = -84 |
uz,máx = -14mm | Δ uz,máx = 70mm]



Deslocamentos verticais da laje de fundo – Tanque
D – Fase 4 [uz, mín = -175 | uz,máx = -167mm |
 Δ uz,máx = 8mm]



Deslocamentos verticais da laje de fundo –
Tanque D – Fase 5 [uz, mín = -51 |
uz,máx = -2mm | Δ uz,máx = 53mm]

De acordo com os resultados apresentados, a solução de tratamento dos solos fofos e moles, superficiais, com recurso a colunas de brita vibro-compactadas permitem o cumprimento dos critérios de recalques absolutos e diferenciais de acordo com a norma N270 Petrobrás.

Da mesma forma, são verificadas as tensões de cisalhamento do solo remanescente entre as colunas, tais como as tensões desviadoras sobre as colunas de brita.

Os parâmetros geotécnicos foram estimados a partir de correlações com o ensaio SPT e de acordo com a bibliografia consagrada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2006). NBR 12131. *Estacas- Prova de carga estática: método de ensaio*. Rio de Janeiro.
- ASTM International (2006). ASTM D2166: *Standard test method for unconfined compressive strength of cohesive soil*.
- Décourt, L. (2008) Provas de carga em estacas podem dizer muito mais do que têm dito. In: Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia - SEFE 6, São Paulo. *Anais...* ABMS. v. 1, p. 221-245.
- Kirsch, Klaus; Kirsch, Fabian. (2010) *Ground Improvement by Deep Vibration Methods*.
- Machmer, B. (2012) *Understanding the Behavior of a Pile Foundation in Unsaturated Soils Subjected to Lateral Loading*. Disponível em: <http://https://tigerprints.clemson.edu/all_theses/1395/>. Acesso em: 10 jul. 2019.
- Priebe, H.J. (1995) *The Design of Vibro Replacement*. Ground Engineering.
- Robertson, P.K., Campanella, R.G. (1983) Interpretation of cone penetrometer test, Part I: Sand. *Canadian Geotechnical Journal*, 20 (4), p.718-733.
- Silva, J. L. (2004) *Metodologia de prejeito de fundações por estacas incluindo probabilidade de ruína*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos / USP, 118 p.
- Terzaghi, K., Peck, R.B. (1987) *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2nd ed., McGraw Hill, New York, NY, USA, 685 p.



COBRAMSEG 2024

XXI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Eng. Geotécnica
X Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
X Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens

Realização



Apoio Institucional



Organização

