

JPEE 2022

Lisboa • LNEC • 9 a 11 de novembro de 2022

6^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas
Encontro Nacional de Betão Estrutural 2022
12^o Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica



O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA

Carlos de Oliveira Martins, JET_{SJ} Geotecnia, cmartins@jetsj.com

Alexandre Pinto, JET_{SJ} Geotecnia, apinto@jetsj.com



ÍNDICE:

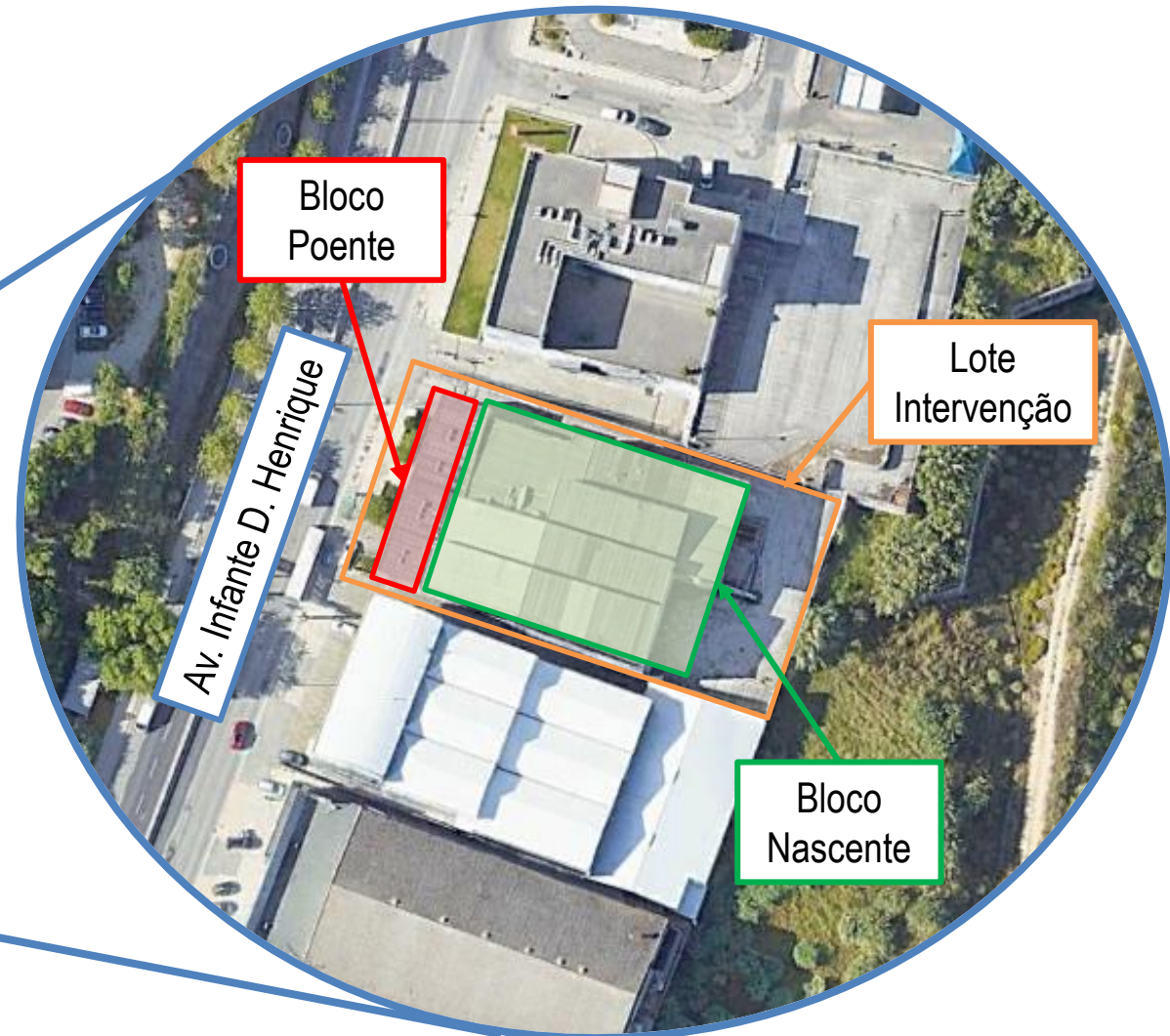
- 1. INTRODUÇÃO**
2. CONDICIONAMENTOS
3. SOLUÇÕES ADOTADAS
4. APLICAÇÃO BIM NA COORDENAÇÃO DE ESPECIALIDADES
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

INTRODUÇÃO

O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA



- Local da Intervenção
 - Avenida Infante D. Henrique nº312, Lisboa
 - Área de Intervenção = 2600 m²
 - Edifício existente = 1700 m²
 - Composto 2 Blocos

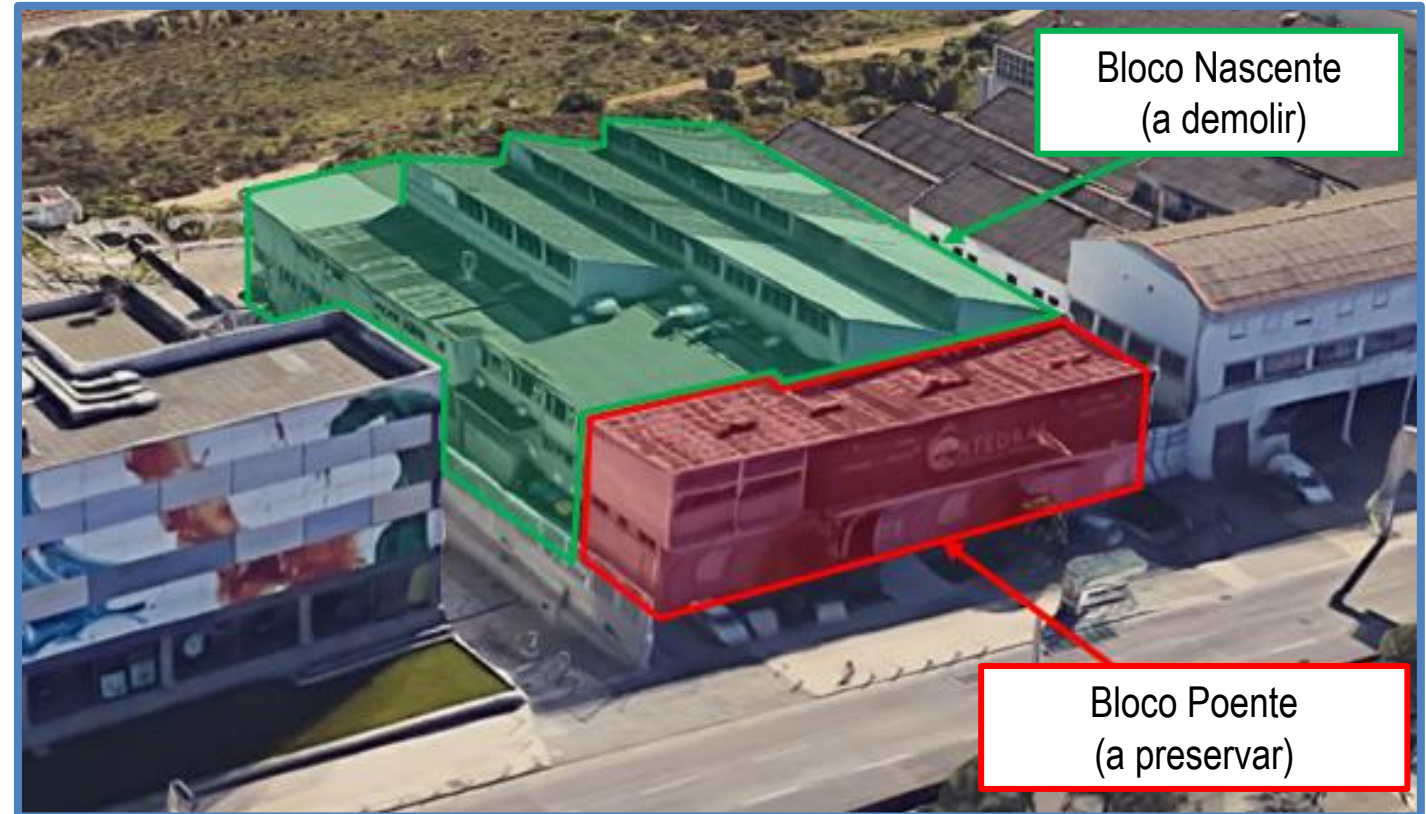


INTRODUÇÃO

O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA



- Edifício existente datado de 1950 (1700 m²)
- Composto por 2 blocos
 - Bloco Nascente:
 - Estrutura em betão armado
 - Cobertura em estrutura metálica
 - 1 cave + 1 duplo piso elevado
 - A demolir integralmente
 - Bloco Poente:
 - Estrutura porticada em betão armado
 - Piso térreo + 1 piso elevado
 - A demolir parcialmente c/ fachada a preservar



INDÍCE:

1. INTRODUÇÃO
- 2. CONDICIONAMENTOS**
3. SOLUÇÕES ADOTADAS
4. APLICAÇÃO BIM NA COORDENAÇÃO DE ESPECIALIDADES
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONDICIONAMENTOS

O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA



- Patrimoniais
 - Preservação do Bloco Poente
 - Estrutura exposta em fase de obra
 - Lajes de vigotas
 - Estrutura porticada em betão armado



- Estado devoluto
- Fracamente armada



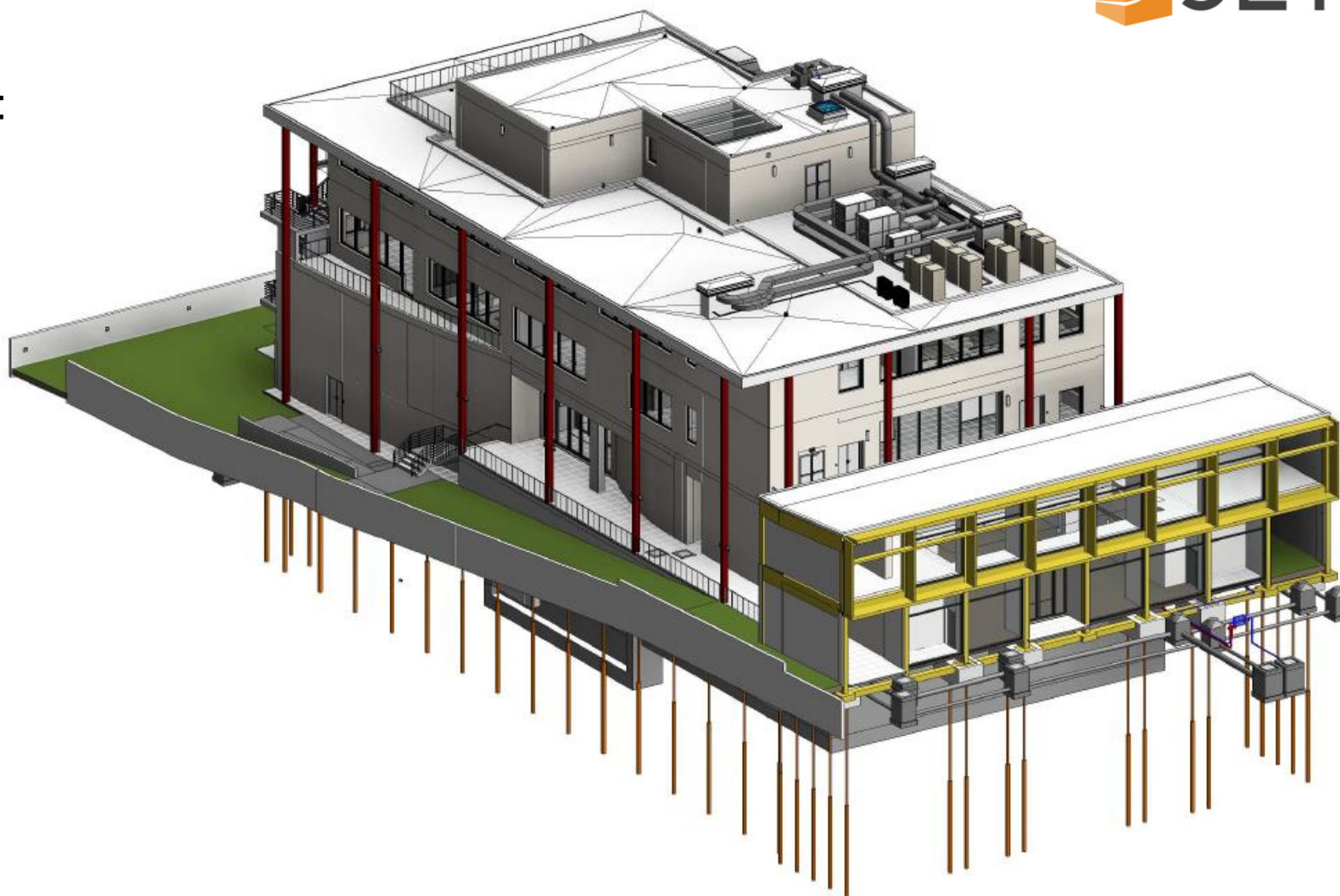
- Demolição parcial
- Preservação de fachada

CONDICIONAMENTOS

O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA

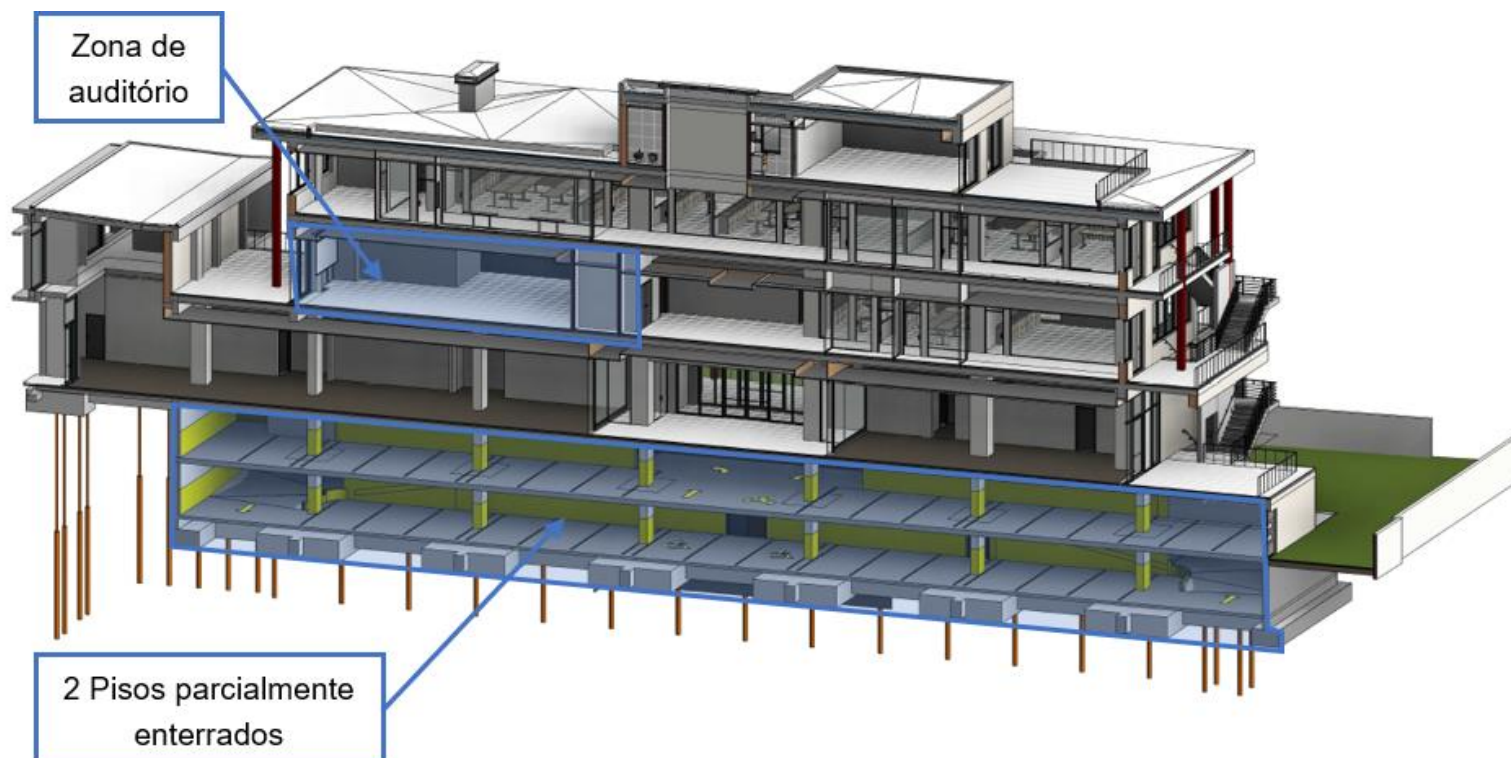


- Arquitetónicos
 - Geometria em planta retangular:
 - Largura: 20m
 - Comprimento: 53m
 - Área: 1060 m²
 - Zona do Bloco Poente:
 - Preservação de fachada
 - Piso térreo
 - 1 piso elevado
 - Zona do Bloco Nascente:
 - 2 caves
 - Piso térreo
 - 3 pisos elevados
 - Cobertura

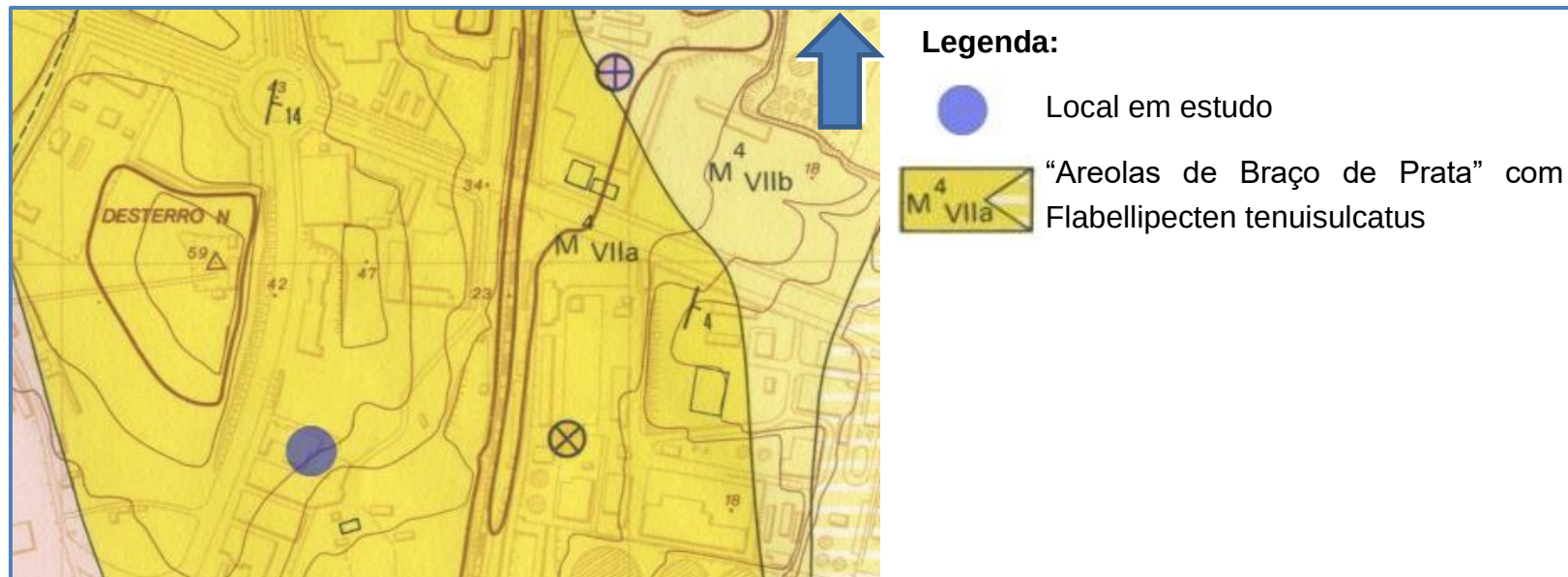


- Desafios Arquitetónicos

- Auditório com 16m de vão livre → Solução de Laje com Bandas Pré-Esforçadas
- 2 pisos parcialmente enterrados → Projeto de Escavação e Contenção Periférica



- Geológicos e Geotécnicos
 - Litologia: Carta Geológica de Lisboa (Folha 34-D)
 - Formação de idade miocénica “constituída por alternâncias de arenitos finos, areias finas e bancadas pouco espessas de calcários margosos e gresosos muito fossilíferos”
 - Areolas de Braço de Prata (M_{VIIa}^4)



CONDICIONAMENTOS

- Geológicos e Geotécnicos

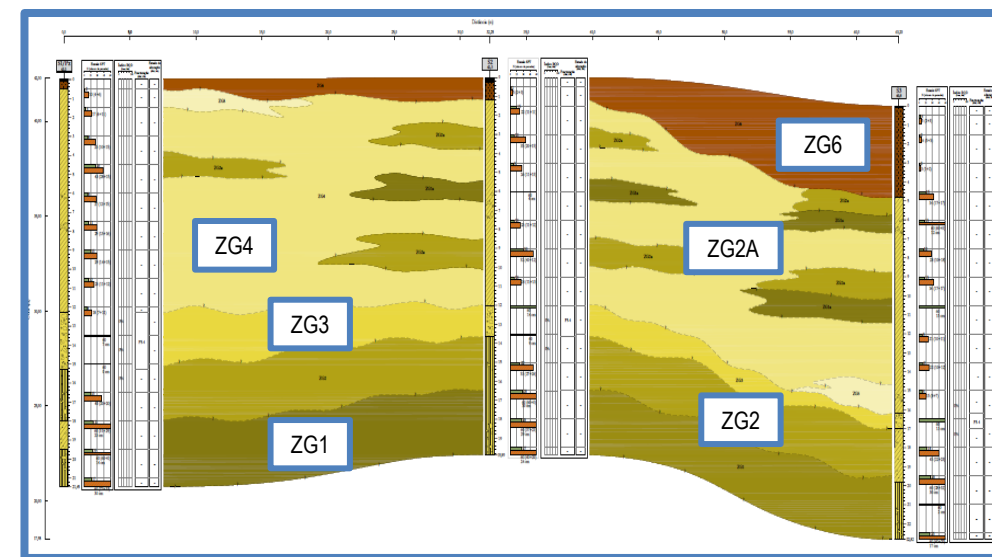
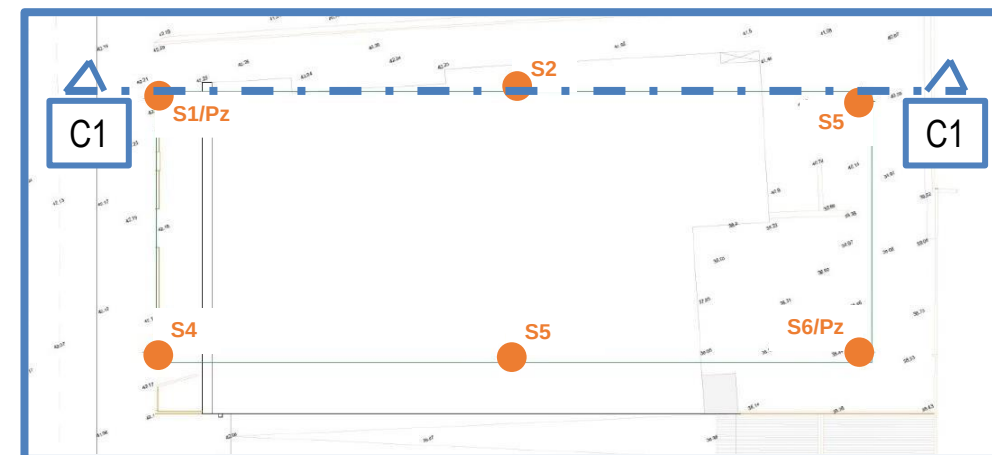
- Caracterização geotécnica:



- 6 sondagens mecânicas com ensaios SPT e 2 piezómetros
 - Recolha de amostras para ensaios laboratoriais

- Divisão em 6 zonas geotécnicas:

- ZG6 – Aterro Heterogéneo
 - ZG5 – Silte com areia fina ($9 < N_{SPT} < 15$)
 - ZG4 – Silte com areia fina ($16 < N_{SPT} < 30$)
 - ZG3 – Lumachela irregularmente consolidada ($18 < N_{SPT} < 60$)
 - ZG2 e ZG2A – Argila siltosa e silte com areia fina ($31 < N_{SPT} < 53$)
 - ZG1 – Argila siltosa e silte com areia fina ($N_{SPT} > 60$)



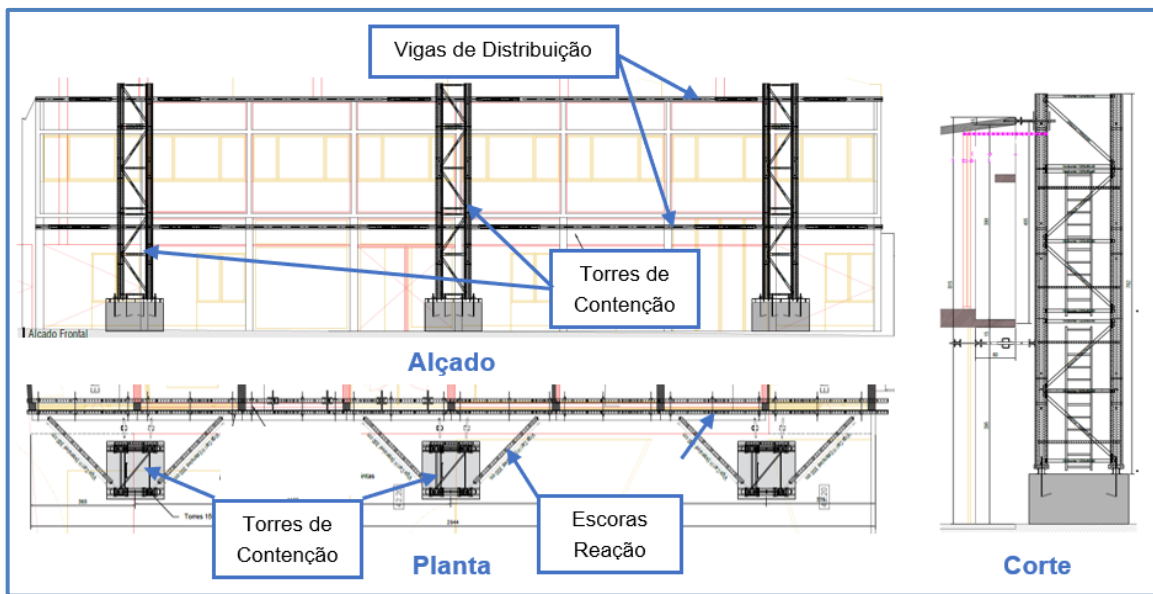
Perfil Geológico e Geotécnico Interpretativo C1

ÍNDICE:

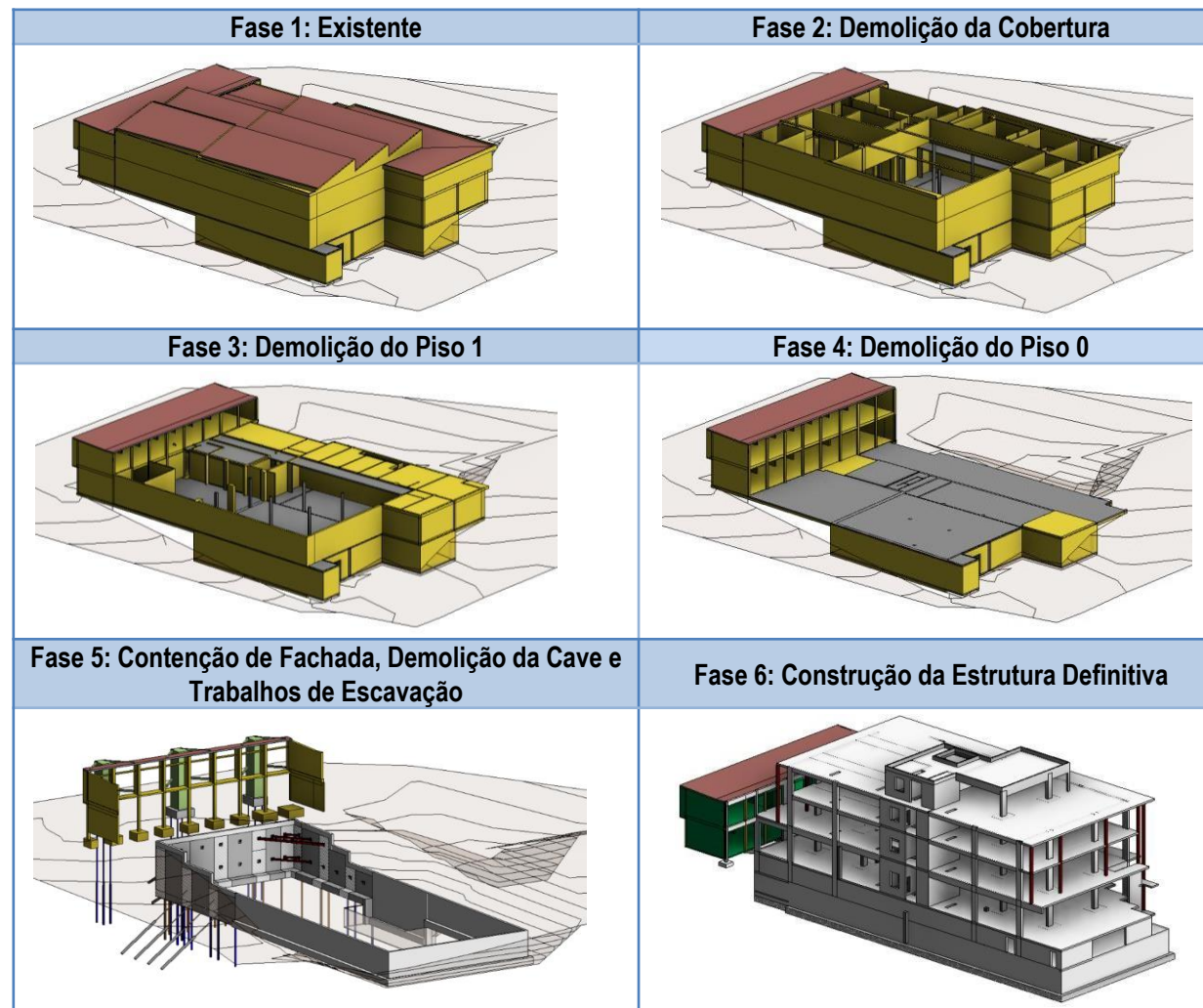
1. INTRODUÇÃO
2. CONDICIONAMENTOS
3. **SOLUÇÕES ADOTADAS**
4. APLICAÇÃO BIM NA COORDENAÇÃO DE ESPECIALIDADES
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

SOLUÇÕES ADOTADAS

- Demolições e Contenção de Fachada
 - Processo de demolição tradicional
 - Intervalado com:
 - Instalação da estrutura de contenção de fachada
 - Trabalhos de escavação e contenção periférica



O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA

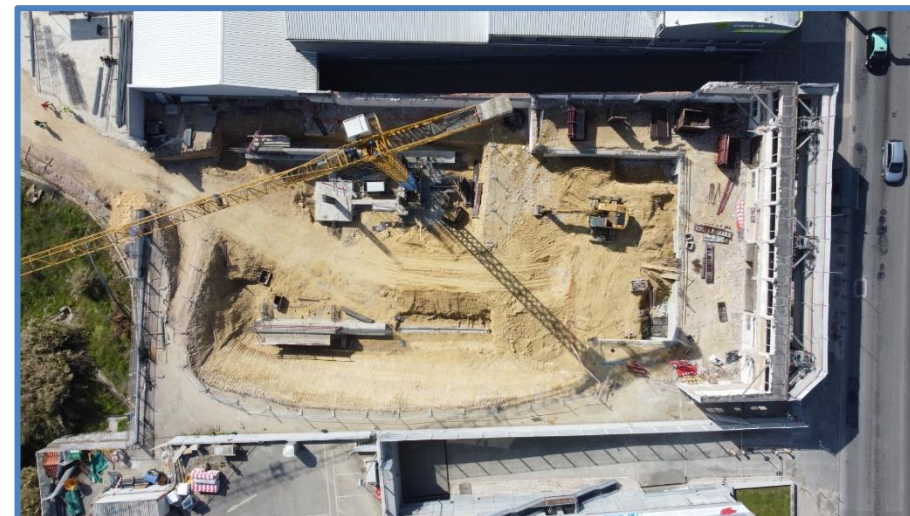


SOLUÇÕES ADOTADAS

- Demolições e Contenção de Fachada



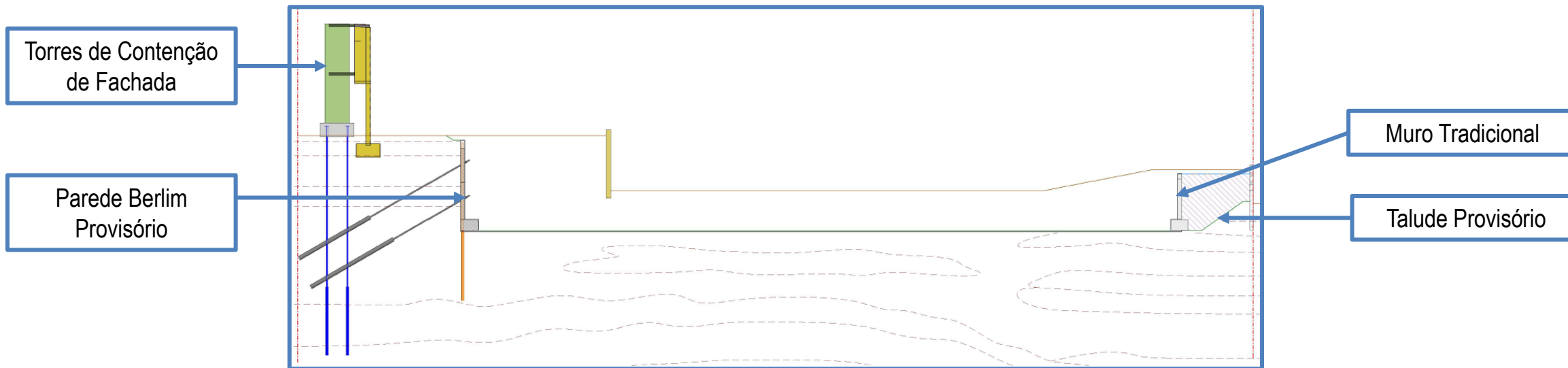
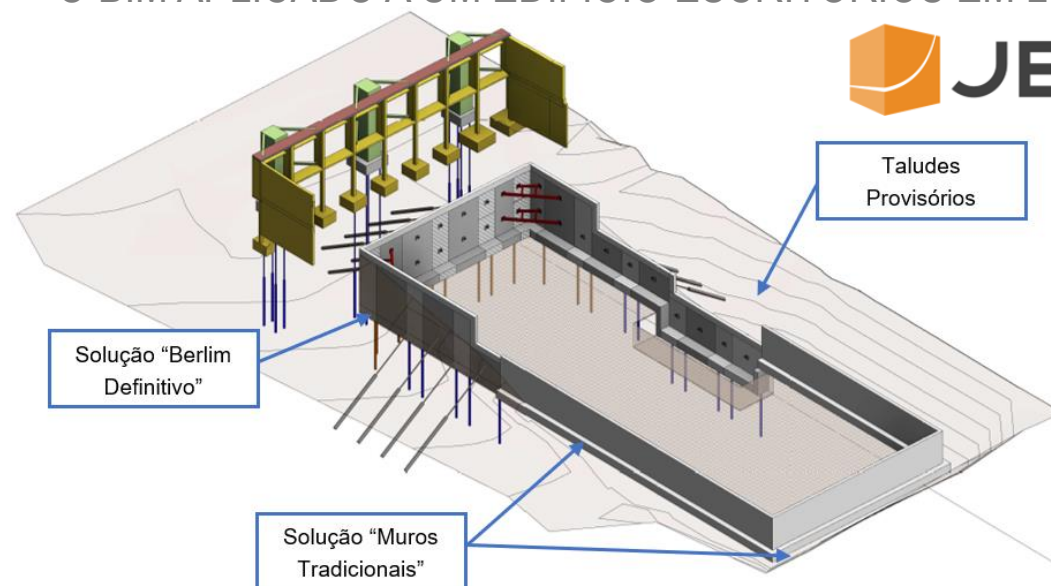
O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA



SOLUÇÕES ADOTADAS

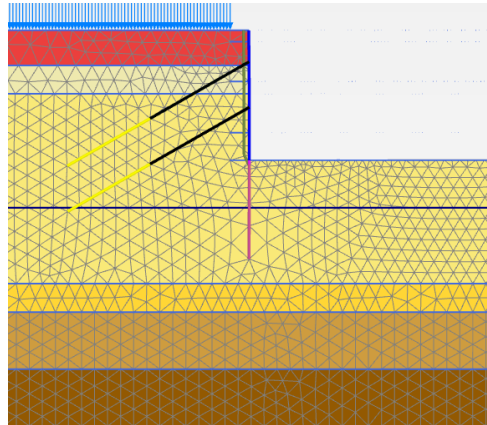
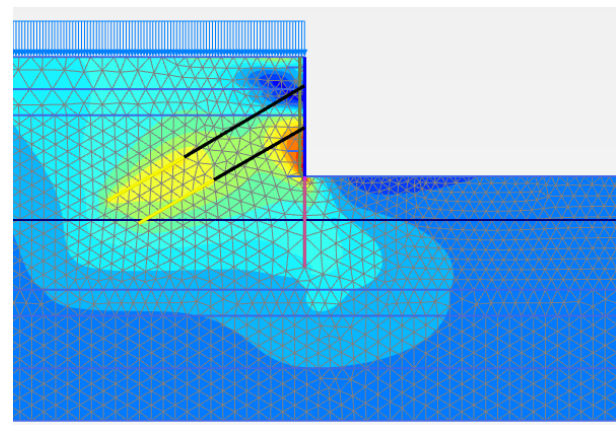
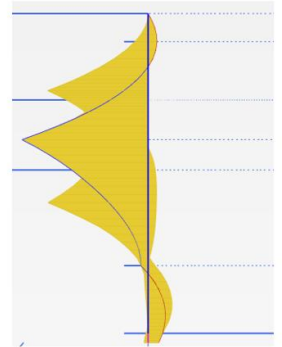
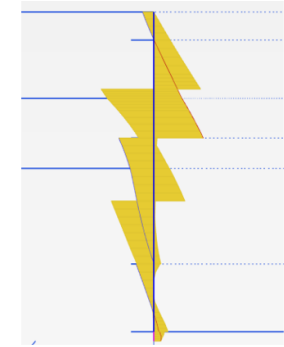
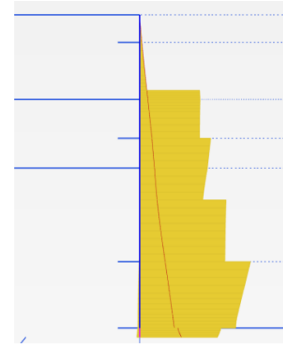
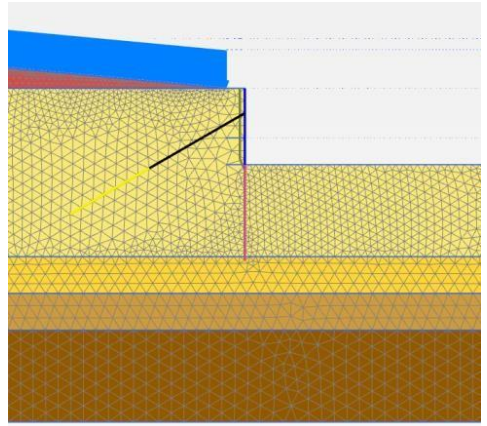
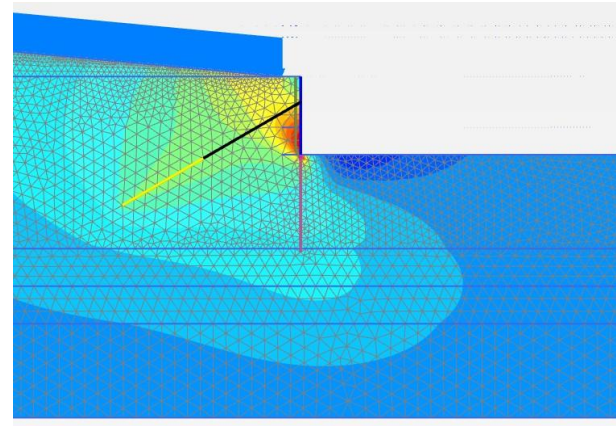
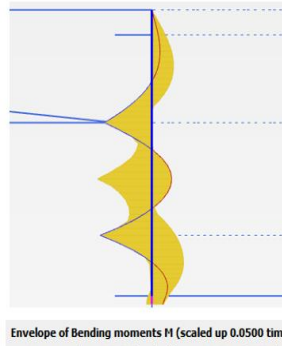
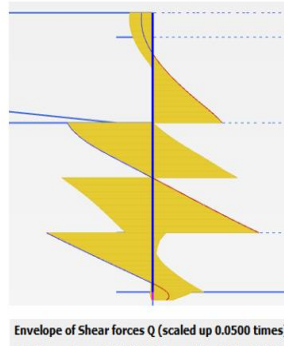
- Escavação e Contenção Periférica
 - Solução berlim definitivo + Taludes provisórios
 - Parede 30cm de espessura
 - Ancoragens provisórias 4 e 5 cordões 0,60"
 - Escoramentos HEB140, HEB180 e HEB200
 - Microestacas N80 Ø88.9x8.0mm e Ø127.0x9.0mm

O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA



Corte Transversal da solução de Contenção Periférica

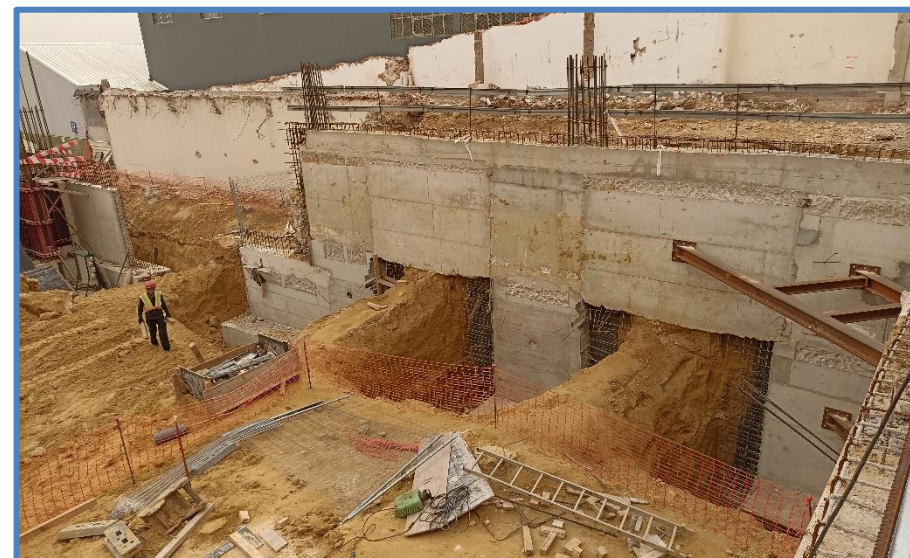
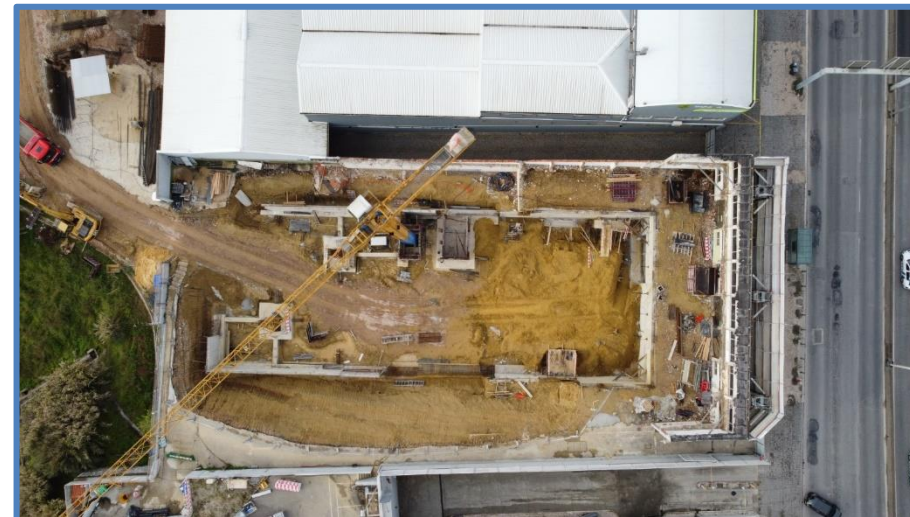
- Escavação e Contenção Periférica: Modelos PLAXIS 2D / Eurocódigo 7

Corte Tipo	Modelo	Deformações	Esforços		
			Momento Fletor	Esforço Transverso	Esforço Axial
2 Níveis de Ancoragens Provisórias			 Envelope of Bending moments M (scaled up 0.0500 times) Maximum value = 105.4 kN/m (Element 5 at Node 18594) Minimum value = -20.21 kN/m	 Envelope of Shear forces Q (scaled up 0.0200 times) Maximum value = 116.2 kN/m (Element 4 at Node 18381) Minimum value = -109.3 kN/m	 Envelope of Axial forces N (scaled up 0.0200 times) Maximum value = 6.688 kN/m (Element 14 at Node 18704) Minimum value = -253.3 kN/m
1 Nível de Ancoragens Provisórias			 Envelope of Bending moments M (scaled up 0.0500 times) Maximum value = 29.30 kN/m (Element 9 at Node 52815) Minimum value = -17.14 kN/m	 Envelope of Shear forces Q (scaled up 0.0500 times) Maximum value = 58.18 kN/m (Element 12 at Node 52146) Minimum value = -58.35 kN/m	 Envelope of Axial forces N (scaled up 0.0200 times) Maximum value = 3.690 kN/m (Element 13 at Node 51194) Minimum value = -142.5 kN/m

SOLUÇÕES ADOTADAS

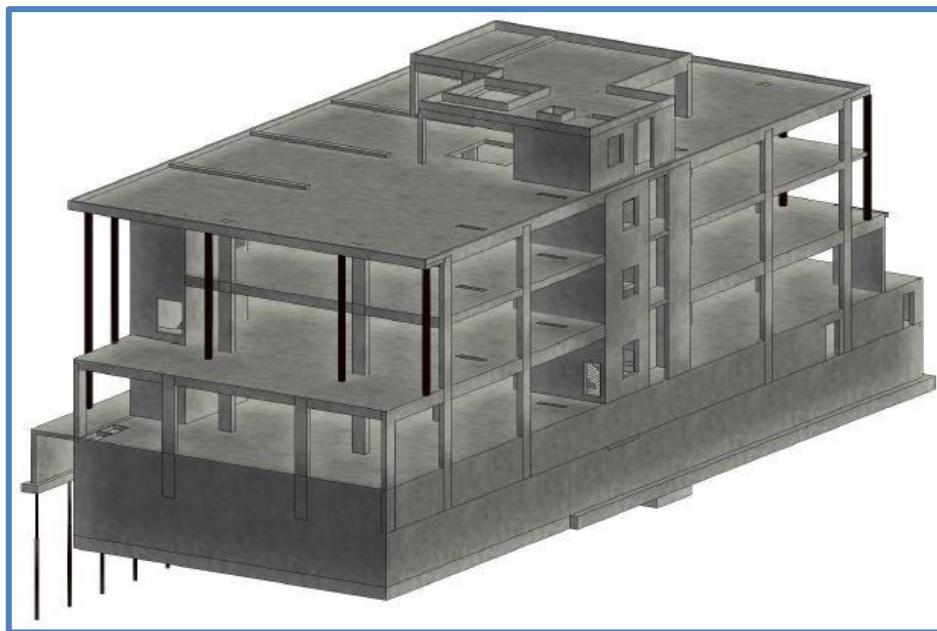
- Escavação e Contenção Periférica

O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA

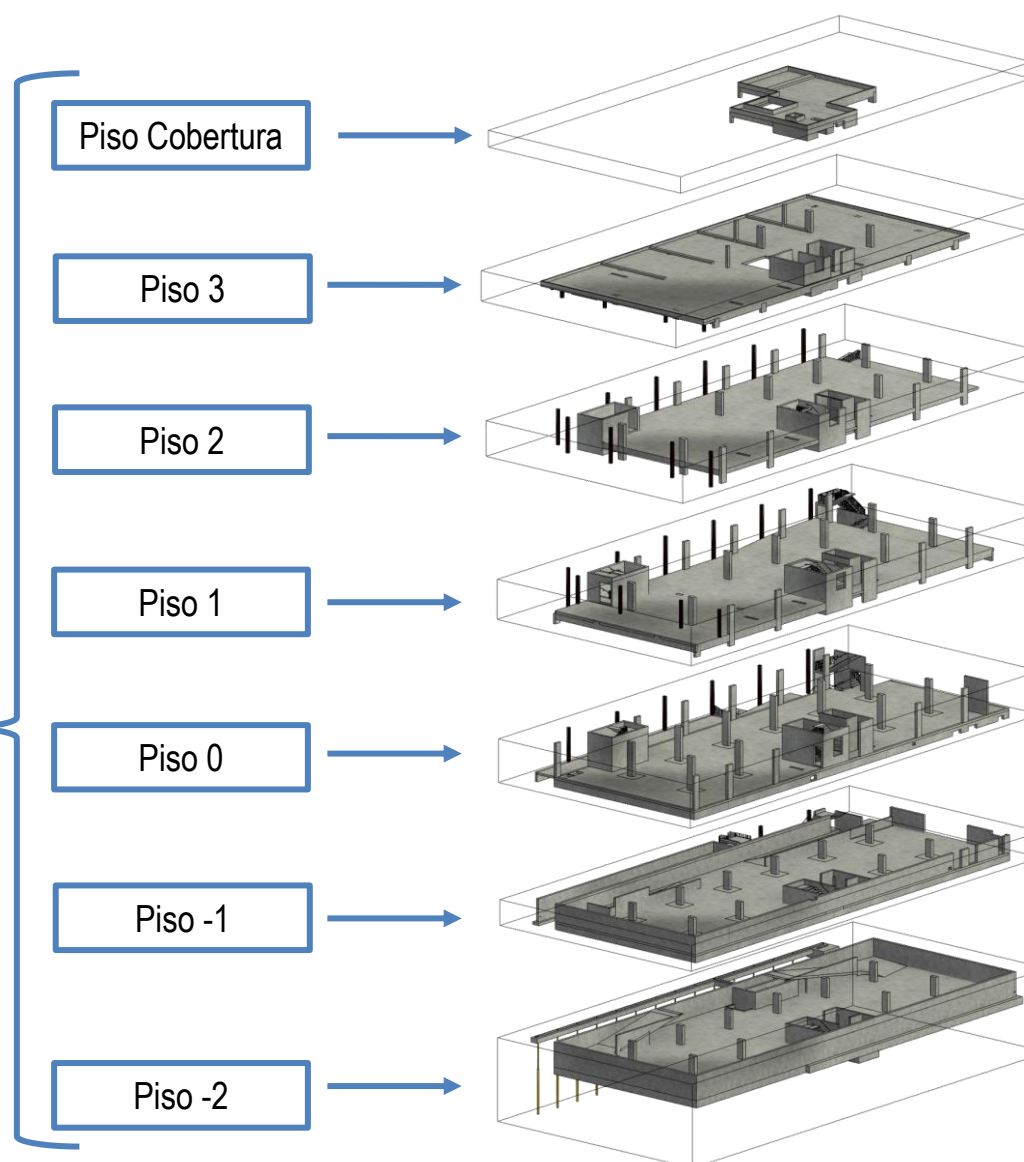


SOLUÇÕES ADOTADAS

- Estruturas e Fundações
 - Estrutura de betão armado



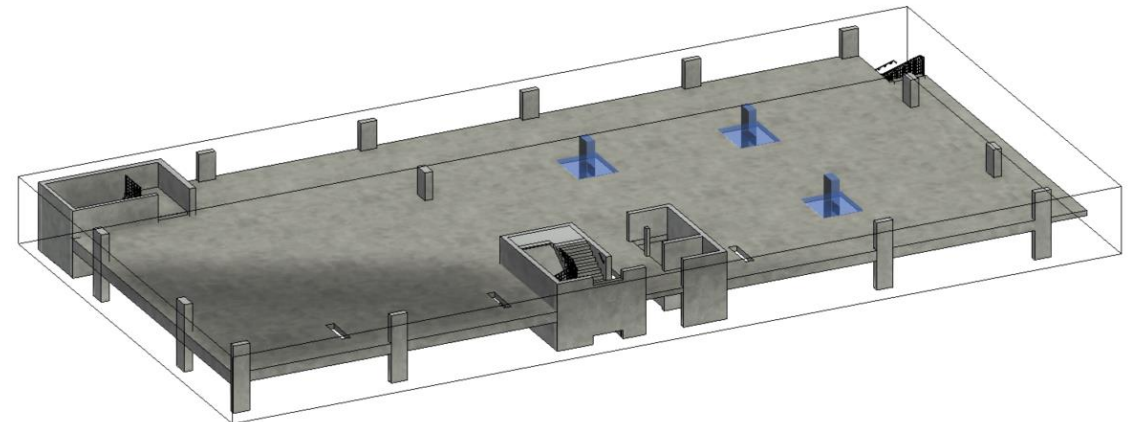
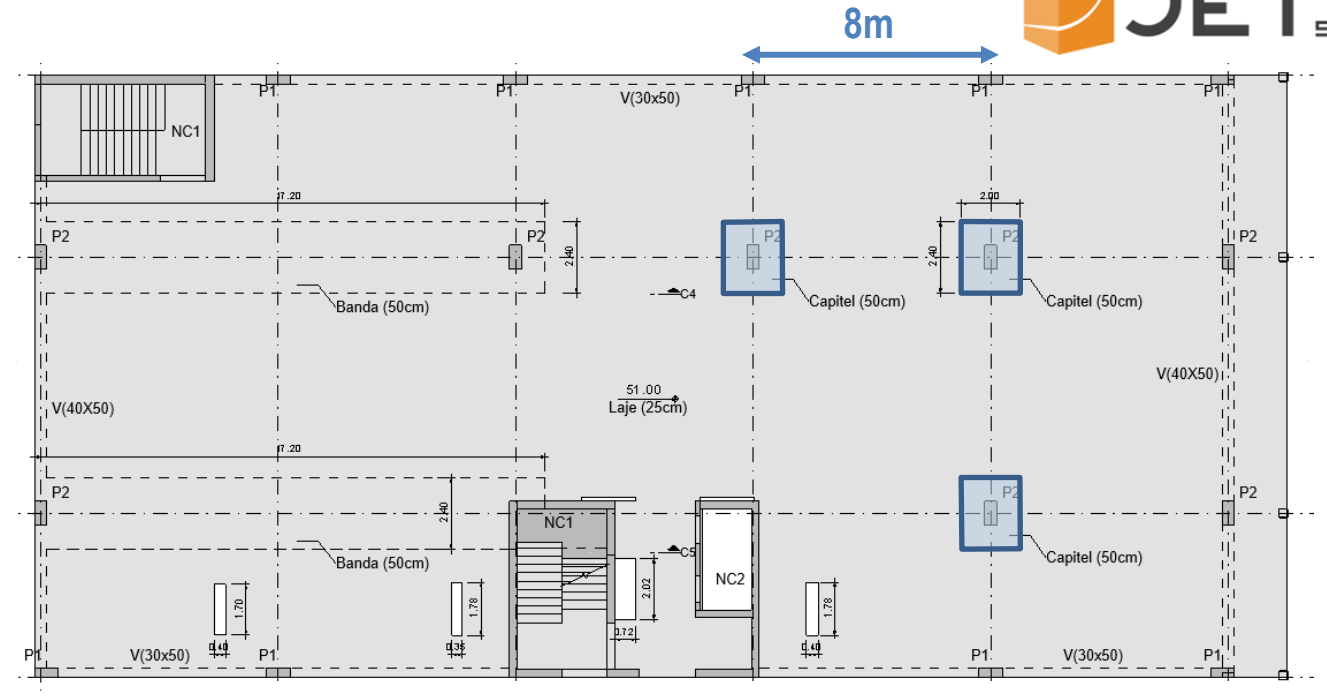
O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA



SOLUÇÕES ADOTADAS

- Estruturas e Fundações
 - Estrutura de betão armado:
 - Lajes fungiformes $e=0.25\text{m}$ ($L_{\text{máx}}=8\text{m}$)
 - Pilares interiores com capitéis $e=0.50\text{m}$

O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA

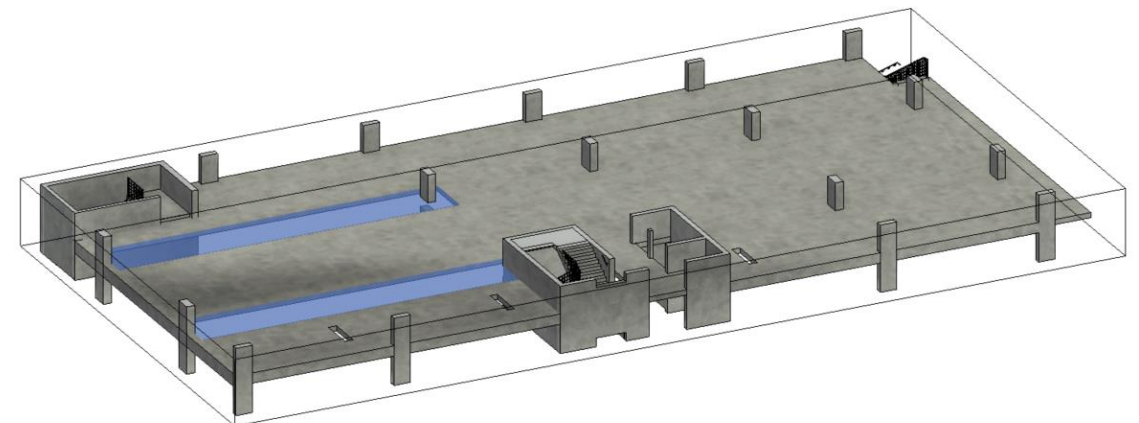
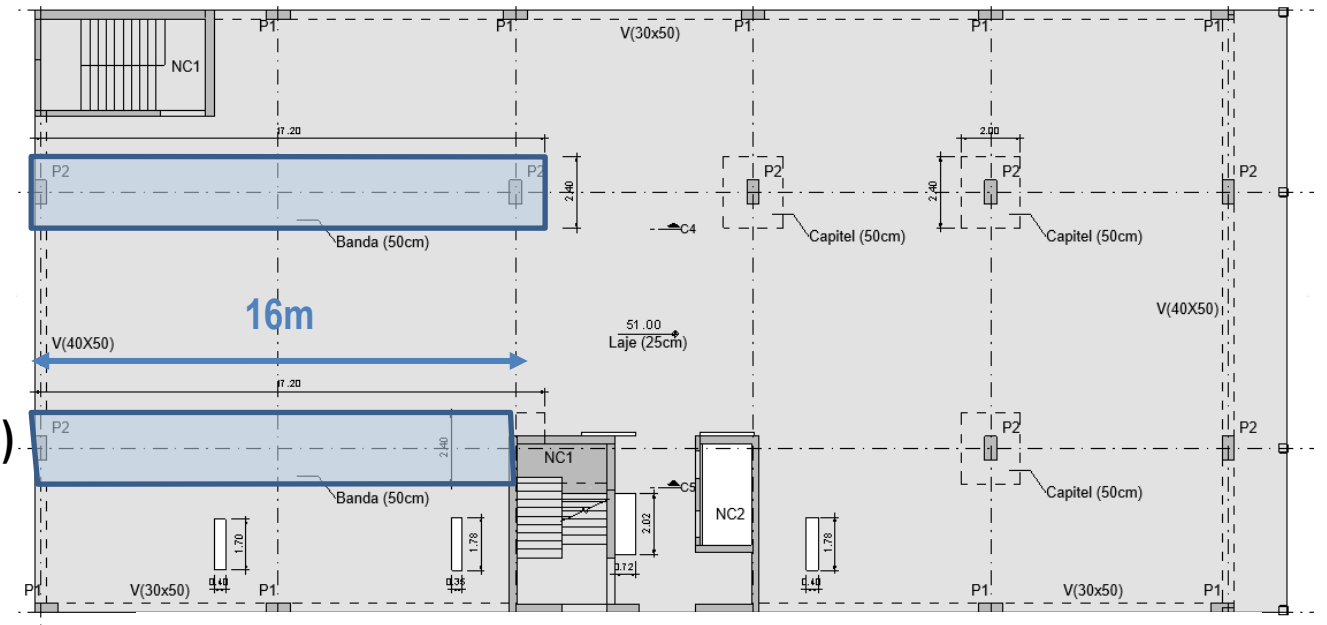
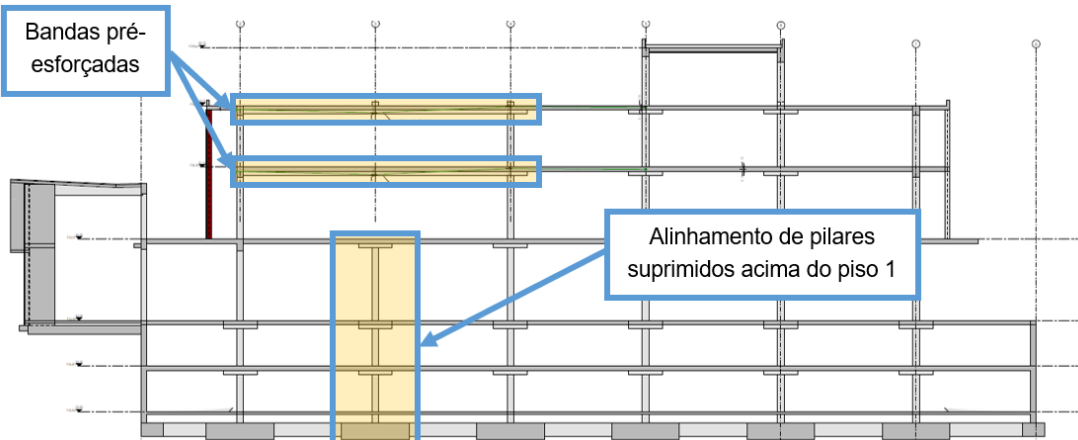


SOLUÇÕES ADOTADAS

O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA



- Estruturas e Fundações
 - Estrutura de betão armado:
 - Lajes fungiformes $e=0.25m$
 - Pilares interiores com capitéis $e=0.50m$
 - Bandas pré-esforçadas $e=0.50m(L_{máx}=16m)$

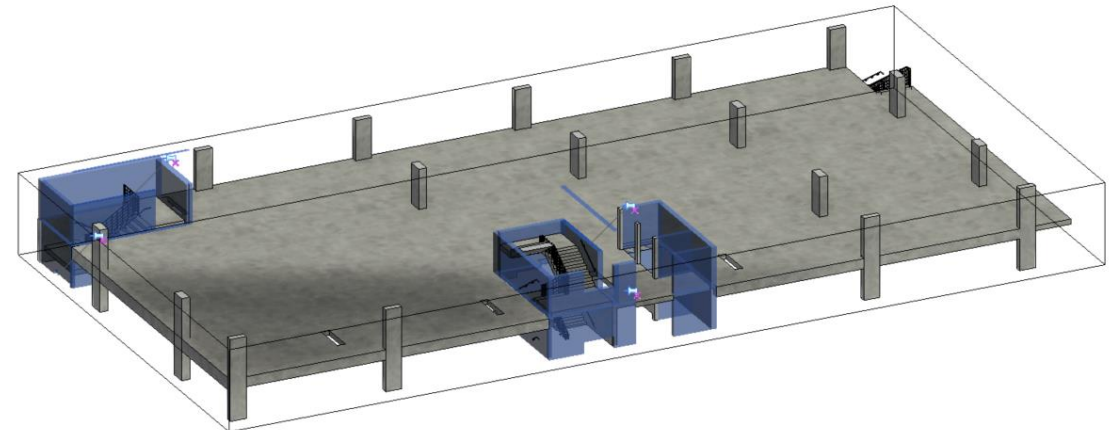
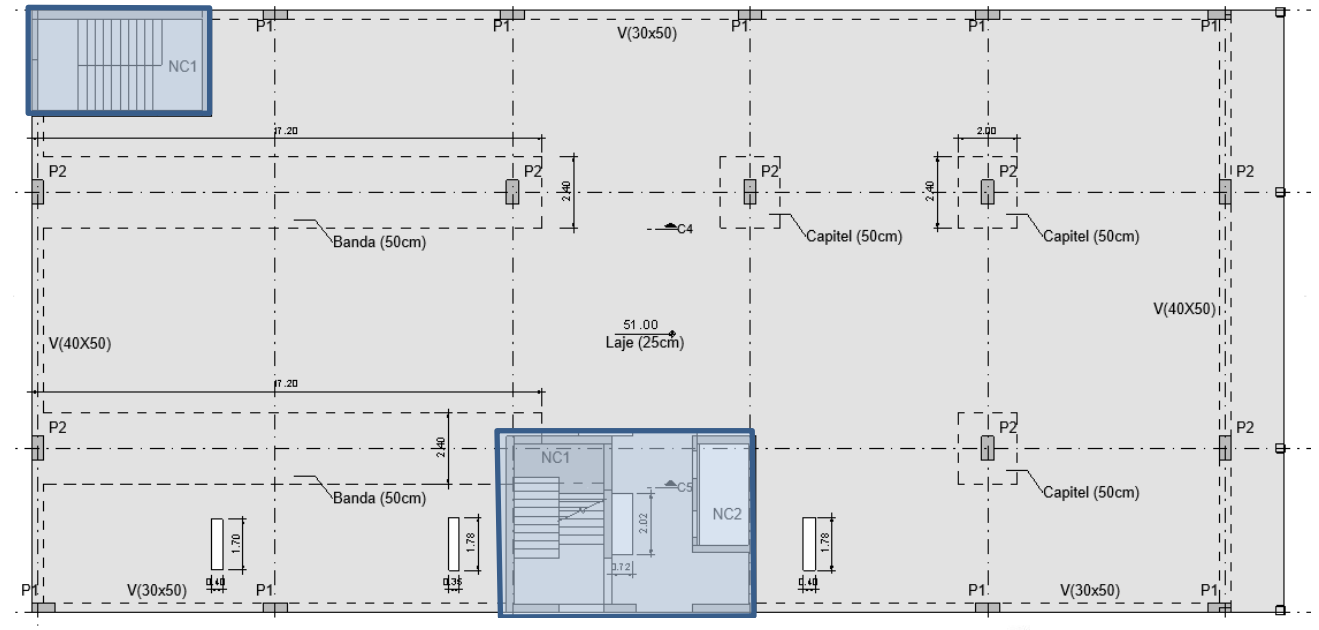


SOLUÇÕES ADOTADAS

O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA



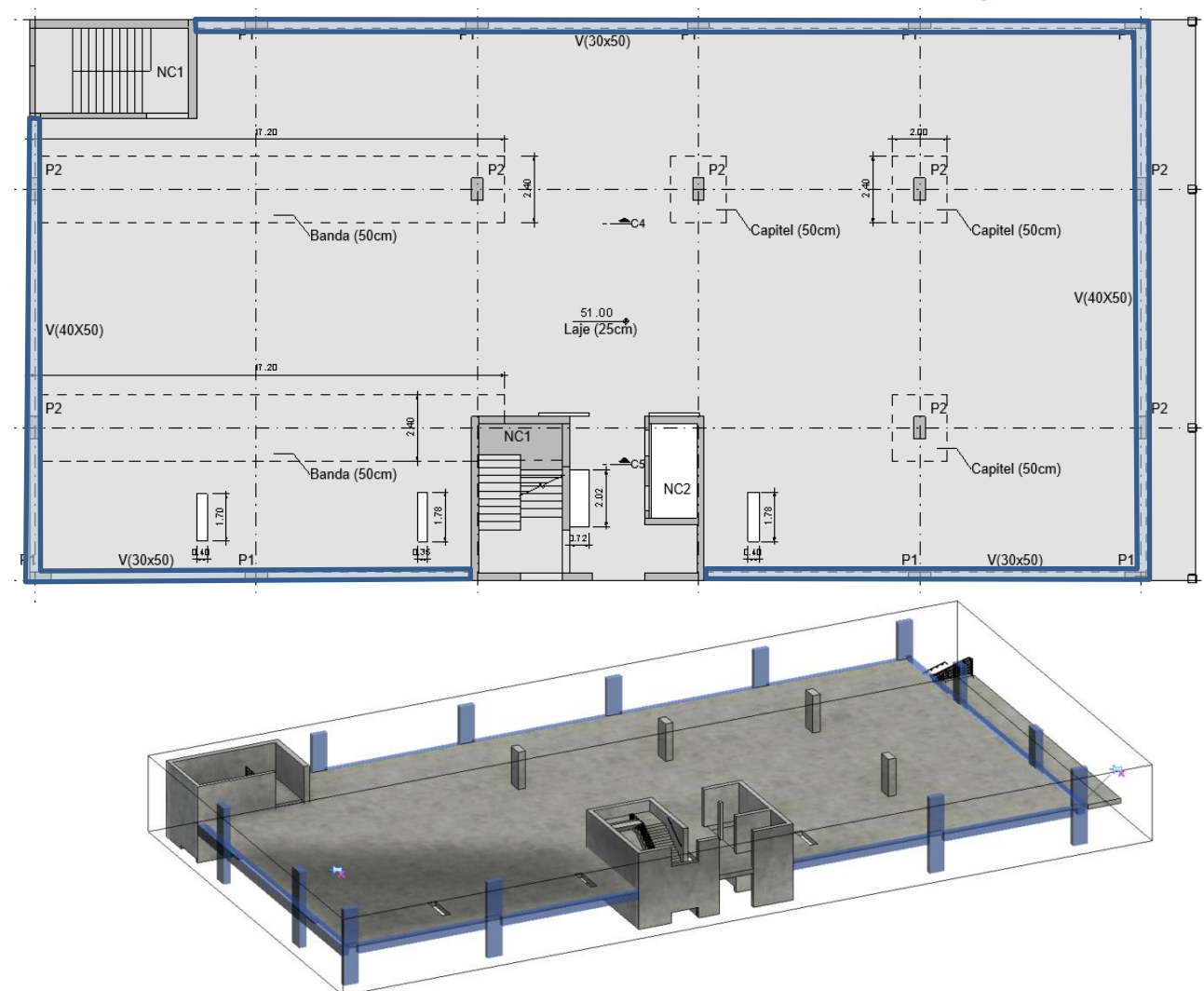
- Estruturas e Fundações
 - Estrutura de betão armado:
 - Lajes fungiformes $e=0.25m$
 - Pilares interiores com capitéis $e=0.50m$
 - Bandas pré-esforçadas $e=0.50m$
 - Núcleos de escadas e elevadores



SOLUÇÕES ADOTADAS

- Estruturas e Fundações
 - Estrutura de betão armado:
 - Lajes fungiformes $e=0.25\text{m}$
 - Pilares interiores com capitéis $e=0.50\text{m}$
 - Bandas pré-esforçadas $e=0.50\text{m}$
 - Núcleos de escadas e elevadores
 - **Pórtico de periferia**

O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA

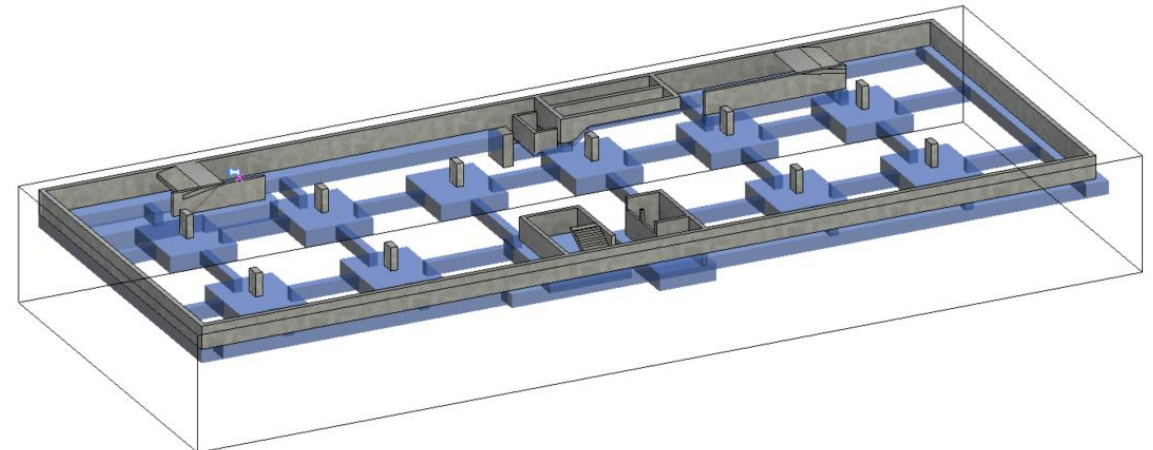
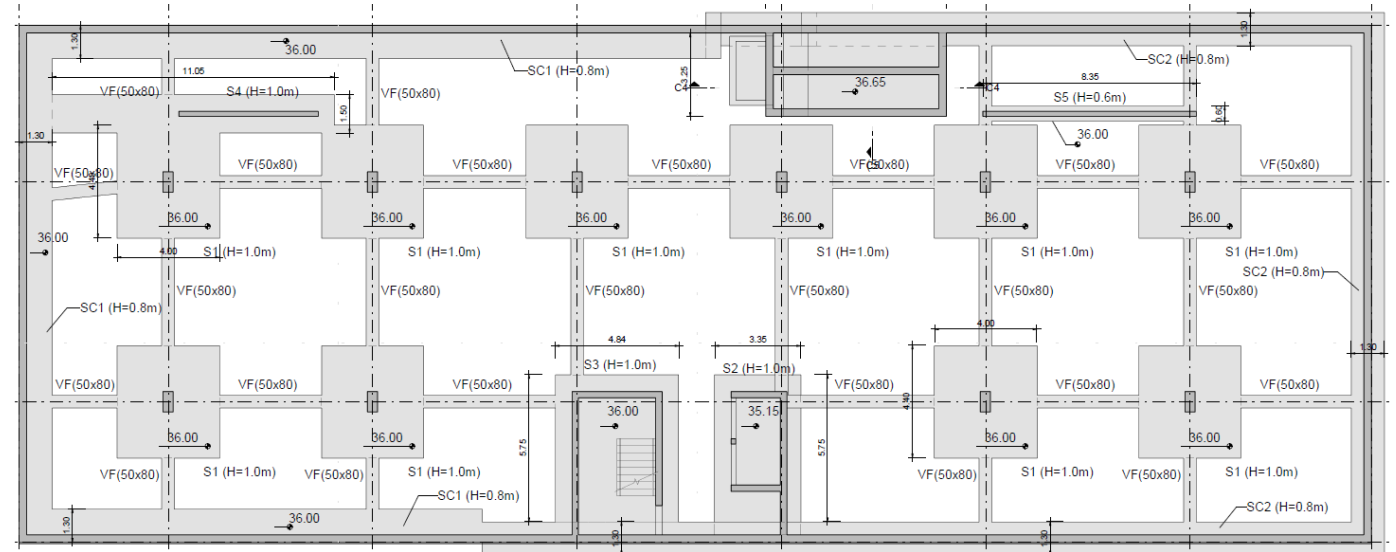


SOLUÇÕES ADOTADAS

O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA



- Estruturas e Fundações
 - Estrutura de betão armado:
 - Lajes fungiformes $e=0.25\text{m}$
 - Pilares interiores com capitéis $e=0.50\text{m}$
 - Bandas pré-esforçadas $e=0.50\text{m}$
 - Núcleos de escadas e elevadores
 - Pórtico de periferia
 - Fundações diretas



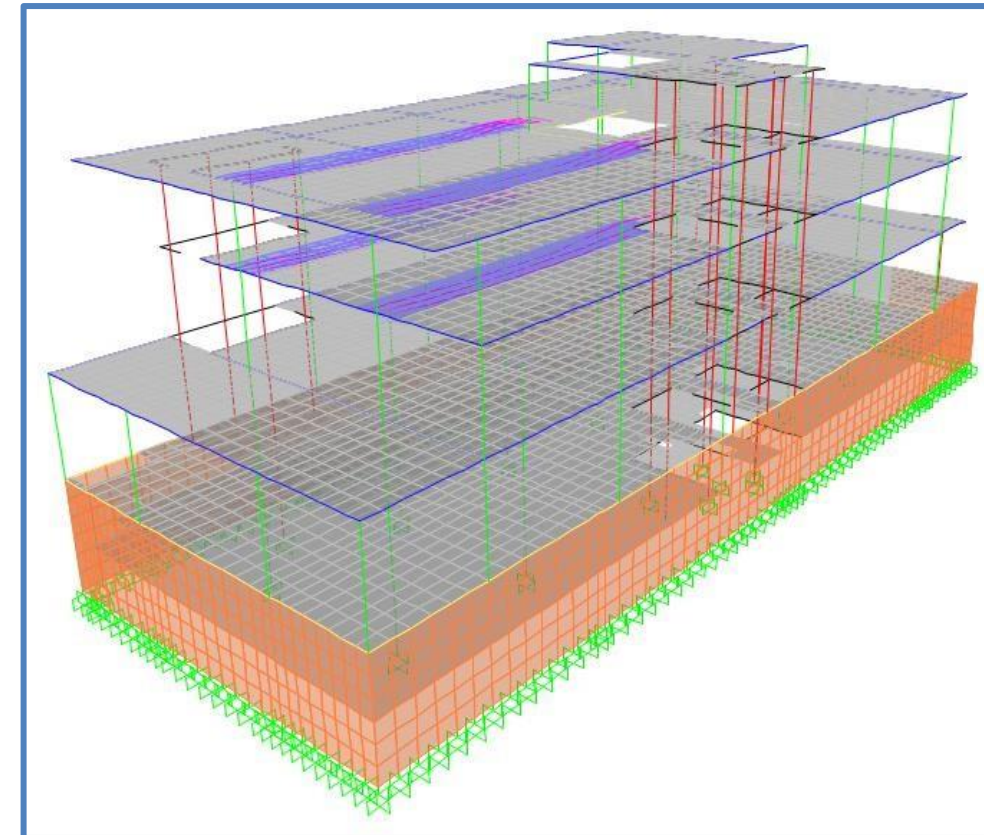
SOLUÇÕES ADOTADAS

O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA



- Estruturas e Fundações: Modelo SAP2000 / Eurocódigo 2 / Eurocódigo 8

Análise e dimensionamento a ações gravíticas	1) Modelo Global
	Dimensionamento ao ELU Fundamental
	Verificação ao ELS
Análise e dimensionamento a ações sísmicas	2) Modelo Primário Dúctil
	Definição do coeficiente de comportamento
	Análise modal da estrutura
	Esforços dos elementos primários
	Deslocamentos para calibração de esforços dos elementos secundários
	3) Modelo Global Dúctil
	Deslocamentos para calibração de esforços dos elementos secundários
	4) Modelo Global Elástico
	Esforços dos elementos secundários



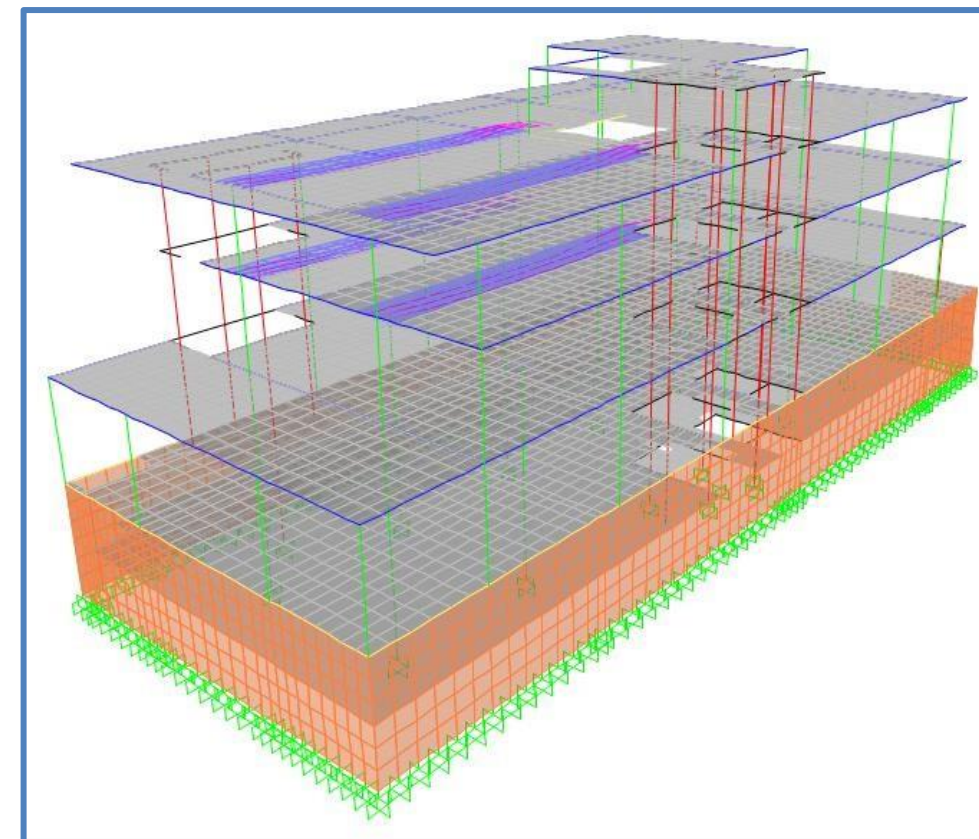
SOLUÇÕES ADOTADAS

O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA



- Estruturas e Fundações: Modelo SAP2000 / Eurocódigo 2 / Eurocódigo 8

Análise e dimensionamento a ações gravíticas	1) Modelo Global
	Dimensionamento ao ELU Fundamental
	Verificação ao ELS
Análise e dimensionamento a ações sísmicas	2) Modelo Primário Dúctil
	Definição do coeficiente de comportamento
	Análise modal da estrutura
	Esforços dos elementos primários
	Deslocamentos para calibração de esforços dos elementos secundários
	3) Modelo Global Dúctil
	Deslocamentos para calibração de esforços dos elementos secundários
	4) Modelo Global Elástico
	Esforços dos elementos secundários



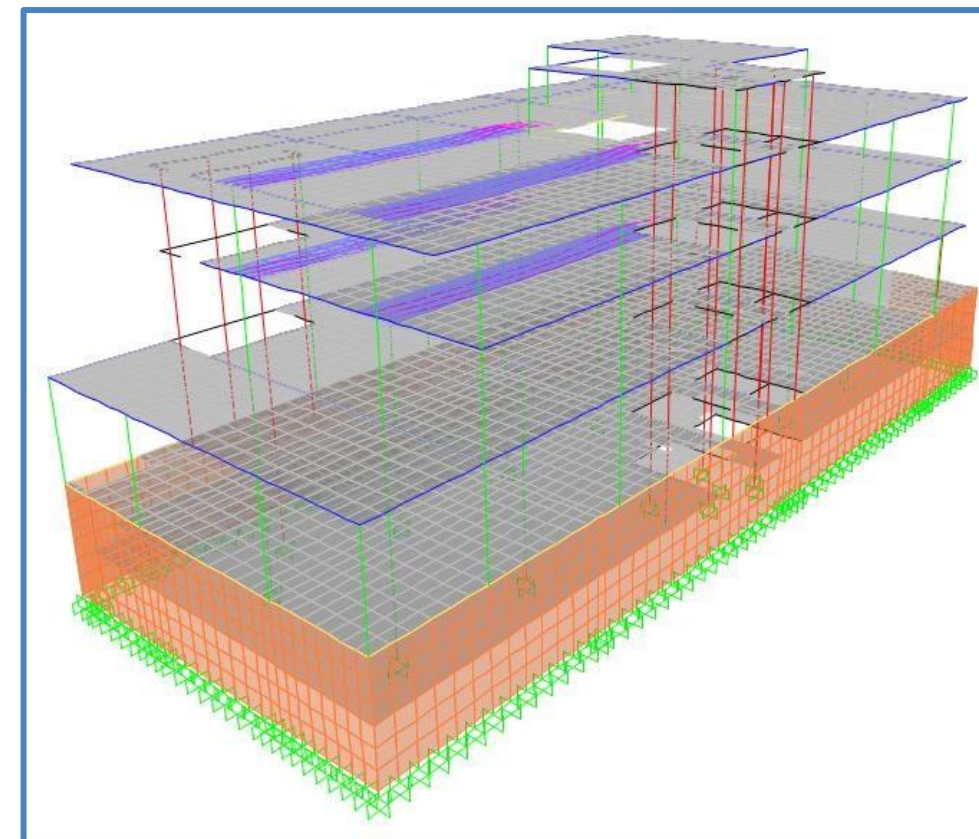
SOLUÇÕES ADOTADAS

O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA



- Estruturas e Fundações: Modelo SAP2000 / Eurocódigo 2 / Eurocódigo 8

Análise e dimensionamento a ações gravíticas	1) Modelo Global
	Dimensionamento ao ELU Fundamental
	Verificação ao ELS
Análise e dimensionamento a ações sísmicas	2) Modelo Primário Dúctil
	Definição do coeficiente de comportamento
	Análise modal da estrutura
	Esforços dos elementos primários
	Deslocamentos para calibração de esforços dos elementos secundários
	3) Modelo Global Dúctil
	Deslocamentos para calibração de esforços dos elementos secundários
	4) Modelo Global Elástico
	Esforços dos elementos secundários



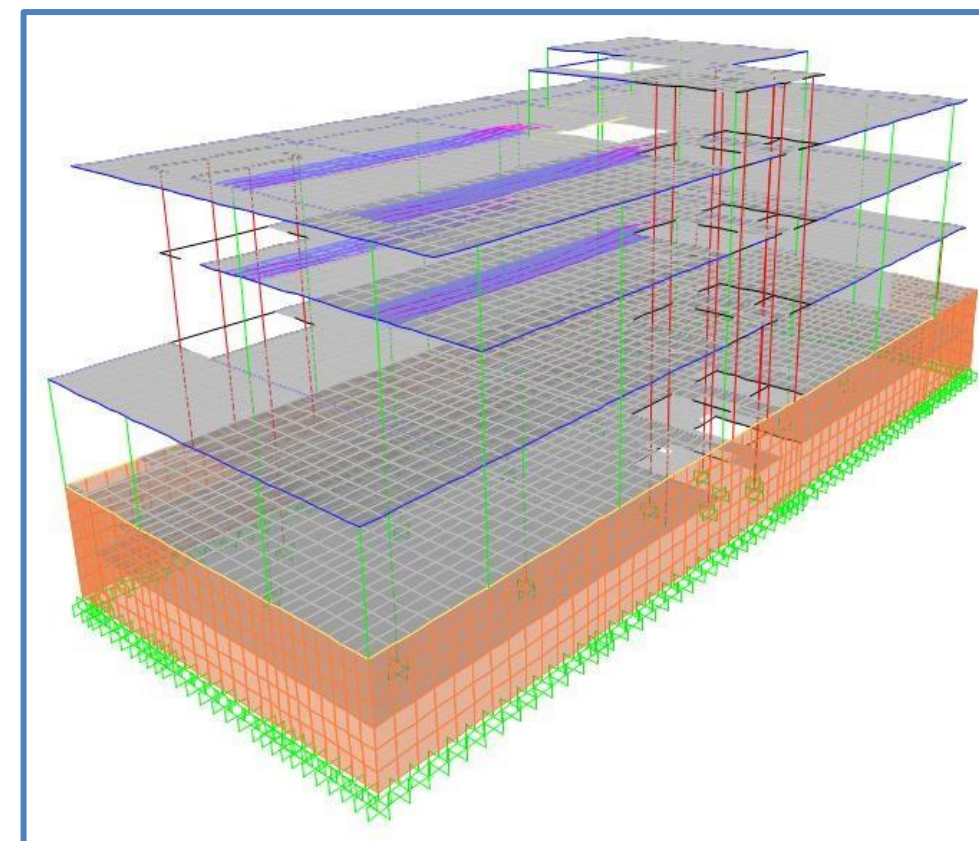
SOLUÇÕES ADOTADAS

O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA



- Estruturas e Fundações: Modelo SAP2000 / Eurocódigo 2 / Eurocódigo 8

Análise e dimensionamento a ações gravíticas	1) Modelo Global
	Dimensionamento ao ELU Fundamental
	Verificação ao ELS
Análise e dimensionamento a ações sísmicas	2) Modelo Primário Dúctil
	Definição do coeficiente de comportamento
	Análise modal da estrutura
	Esforços dos elementos primários
	Deslocamentos para calibração de esforços dos elementos secundários
	3) Modelo Global Dúctil
	Deslocamentos para calibração de esforços dos elementos secundários
	4) Modelo Global Elástico
	Esforços dos elementos secundários

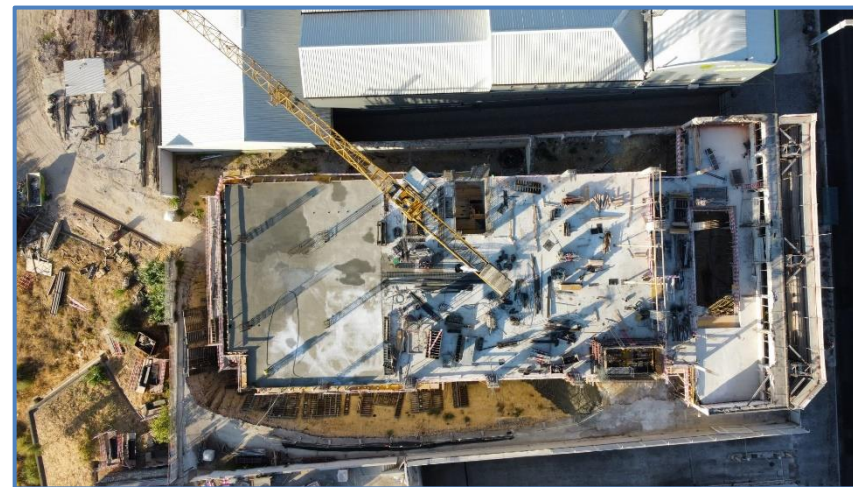


SOLUÇÕES ADOTADAS

O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA



- Estruturas e Fundações





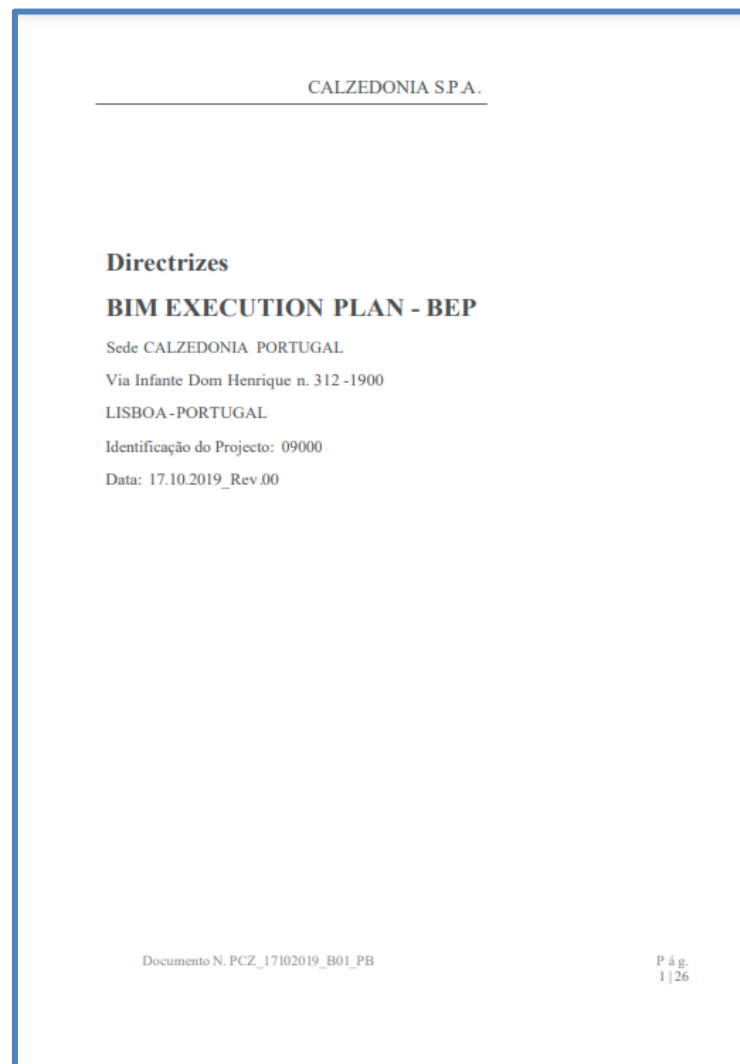
ÍNDICE:

1. INTRODUÇÃO
2. CONDICIONAMENTOS
3. SOLUÇÕES ADOTADAS
- 4. APLICAÇÃO BIM NA COORDENAÇÃO DE ESPECIALIDADES**
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

APLICAÇÃO BIM NA COORDENAÇÃO DE ESPECIALIDADES

- *BIM Execution Plan (BEP)*
 - Sistema de coordenadas e georreferenciação

O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA



APLICAÇÃO BIM NA COORDENAÇÃO DE ESPECIALIDADES

O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA



- *BIM Execution Plan (BEP)*
 - Sistema de coordenadas e georreferenciação
 - **Nomenclatura e sistema de classificação**

• CODIFICAÇÃO DOS MODELOS:

Código Contrato	Código Disciplina	Código Obra
09000	Sede Calzedonia Portugal	00
	COO	01
	TOP	02
	ARC	03
	STR	
	MMS	
	EES	
	ESP	

(Tabela 1)

Código Software	Código Fase	Código Revisão
RVT	01	00
NWT	02	01
AUT	03	02
AUW	04	03
PDF	05	
MSP		

(Tabela 2)

09000_STR_01_RVT_01_00

CALZEDONIA S.P.A.

Directrizes
BIM EXECUTION PLAN - BEP

Sede CALZEDONIA PORTUGAL
Via Infante Dom Henrique n. 312-1900
LISBOA-PORTUGAL
Identificação do Projecto: 09000
Data: 17.10.2019_Rev 00

Documento: N.PC2_1702019_001_PD

Página: 1/26

APLICAÇÃO BIM NA COORDENAÇÃO DE ESPECIALIDADES

O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA



- *BIM Execution Plan (BEP)*
 - Sistema de coordenadas e georreferenciação
 - Nomenclatura e sistema de classificação
 - Critérios de modelação e parametrização

CODIFICAÇÃO ERP CALZEDONIA

•• PROJECT PARAMETERS TO REVIT:

No template elaborado .RTE a utilizar para criar os modelos Revit usando a release 2019, deverão ser divulgados para cada sistema project parameters (Parâmetros Agrupados) "Share parameters" seguintes:

GROUP	ID	NAME (Nome da instalação) "SISTEMA"
GROUP	1	INFOR ASSET (Nome do equipamento serializado) "SUBSISTEMA"
GROUP	2	INFOR BLOCO F. (Número objecto) "OBJECTO"
GROUP	3	ID (Identificador QR Code) "Deixar em branco"

Propriedade X

Conduto rectangular
1-CC_Canal rectangular em
Chapa galvanizada - G

Conduto (1) Alteração tipo

Fases

Fase de criação Nova construção

Fase de demolição Nenhum

Dados

10.01 SISTEMA

10.02 SUBSISTEMA

10.03 NÚMERO

10.04 CÓDIGO ID

CALZEDONIA S.P.A.

Directrizes

BIM EXECUTION PLAN - BEP

Sede CALZEDONIA PORTUGAL

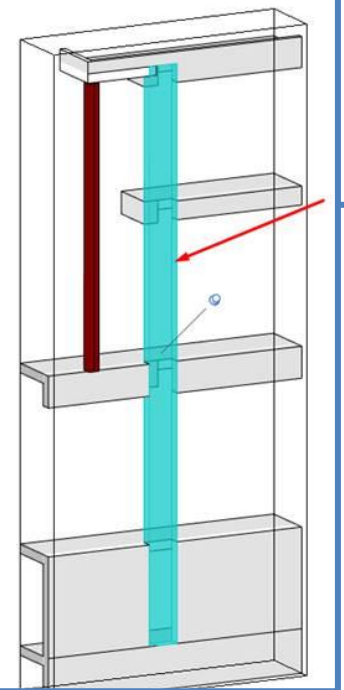
Via Infante Dom Henrique n. 312-1900

LISBOA-PORTUGAL

Identificação do Projecto: 09000

Data: 17.10.2019_Rev.00

Dimensions	
Volume	3,696 m³
Identity Data	
Image	
Comments	
Mark	P1.2
ST-BLOCK ID	
ST-ELEMENT TYPE	
ST-COLUMN TYPE	
G.Column Design Status	
G.Column Concrete Volume	
G.Column Formwork Area	
G.Column Reinf Weight	
G.Column Reinf Ratio	
G.Column Average Diameter	
Workset	Workset1
Edited by	jorgesilva-stucco
Phasing	
Phase Created	Final Structure
Phase Demolished	None
Data	
10.01 SYSTEM	-
10.80 STEEL CONNECTIONS CLASS	-
10.79 STEEL STRENGTH	500/435 MPa
10.03 OBJECT NUMBER	-
10.02 SUBSYSTEM	-
10.78 STEEL CLASS	A500 NR 50
10.77 CONCRETE COVER	35
10.04 QR CODE	-
10.76 CHLORIDE CONTENT CLASS	C1 0,4
10.75 INSPECTION CLASS	2
10.72 DIMENSIONS	300x800
10.71 STRUCTURAL CLASS	S4
10.70 TEST	PDF Reference
10.73 COMPRESSION RESISTANCE CLASS	C30/37
10.74 ENVIRONMENTAL EXPOSURE CLASS	XC3
10.05 ID LOCALIZATION CODE	-

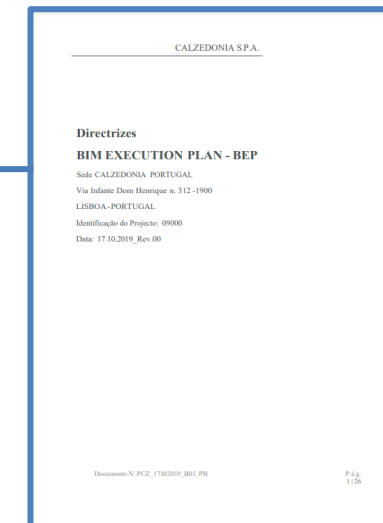
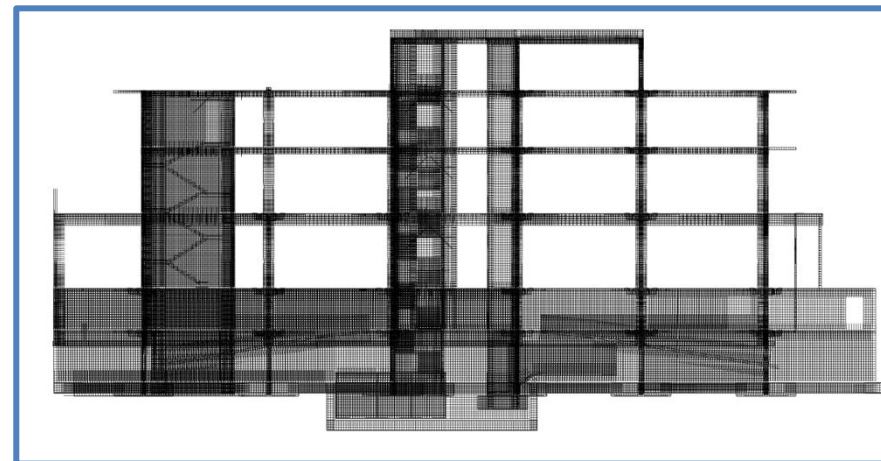


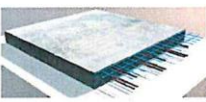
APLICAÇÃO BIM NA COORDENAÇÃO DE ESPECIALIDADES

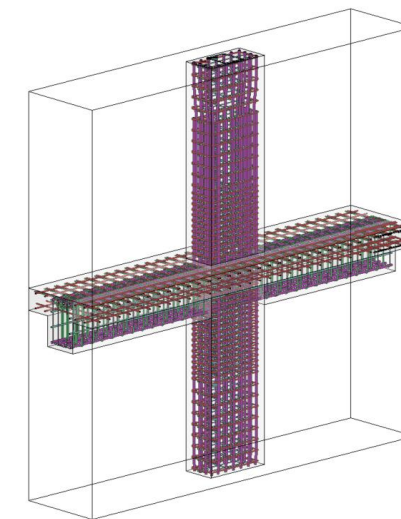
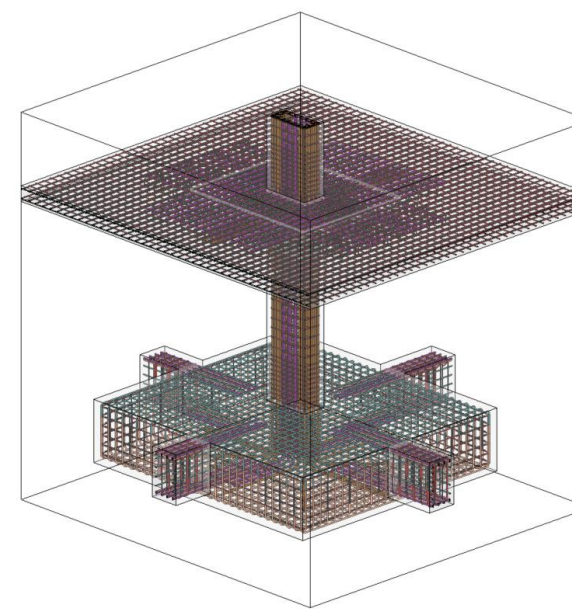
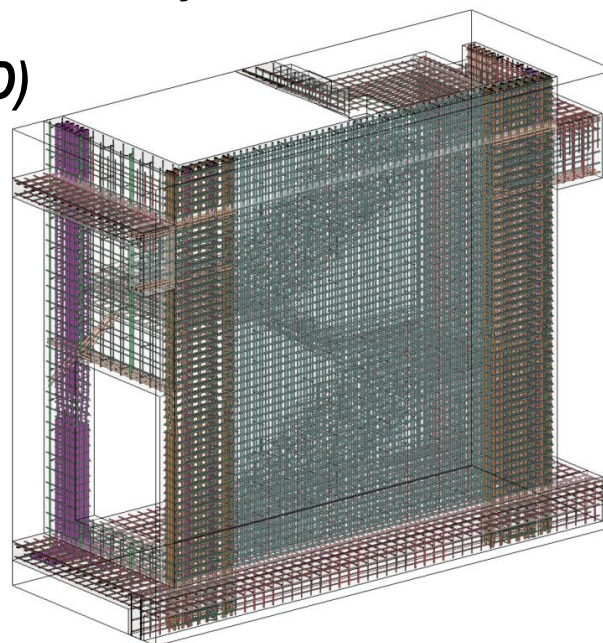
O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA



- *BIM Execution Plan (BEP)*
 - Sistema de coordenadas e georreferenciação
 - Nomenclatura e sistema de classificação
 - Critérios de modelação e parametrização
- *Level of Development (LOD)*
 - *LOD D (UNI 1137_4_2017)*
 - *LOD 400 (NBIMS-US)*



LOD D	Oggetto Solidi 3D complesso
	Caratteristiche - Definizione stratigrafie dettagliate - Spessori componenti - Struttura - Armature 3D - Dettagli costruttivi



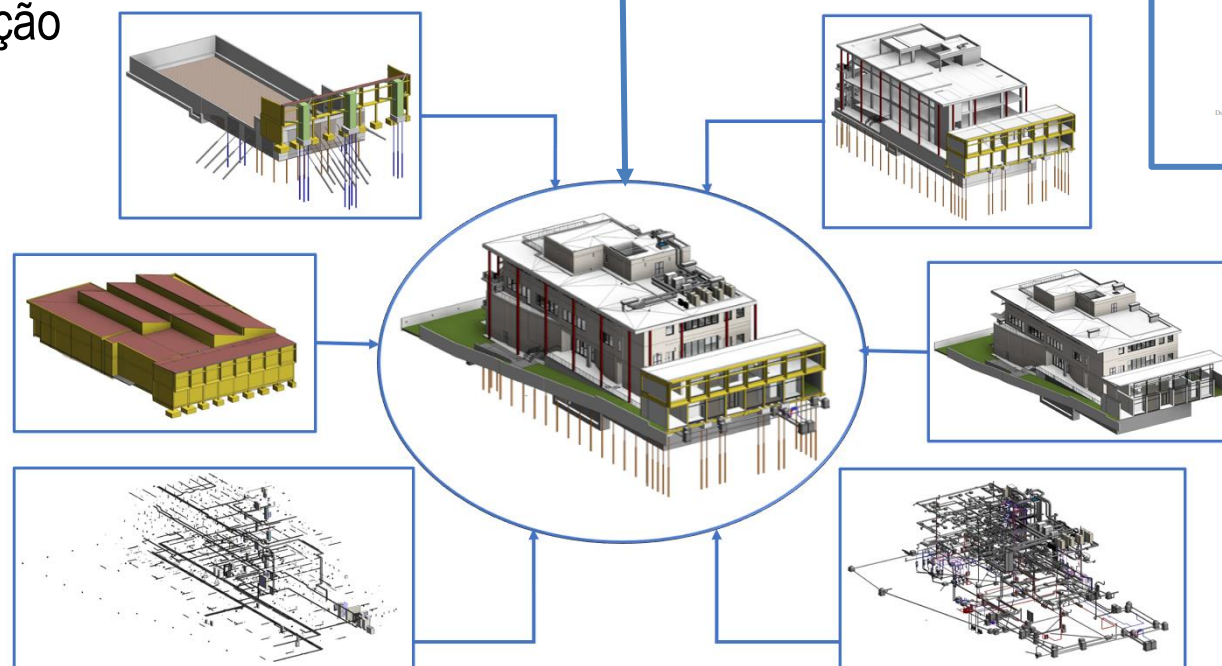
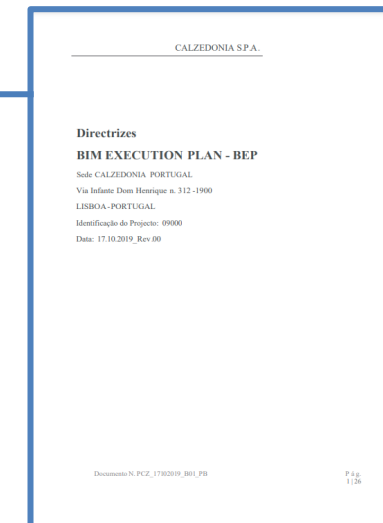
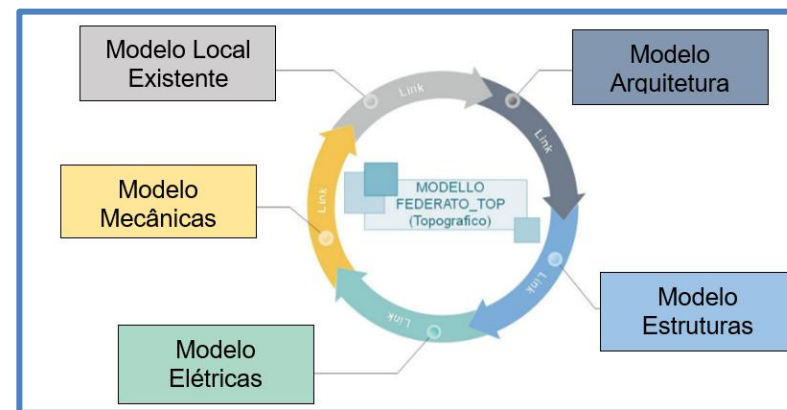
APLICAÇÃO BIM NA COORDENAÇÃO DE ESPECIALIDADES

O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA



- *BIM Execution Plan (BEP)*
 - Sistema de coordenadas e georreferenciação
 - Nomenclatura e sistema de classificação
 - Critérios de modelação e parametrização
 - *Level of Development (LOD)*
 - Procedimento de *Clash Detection*

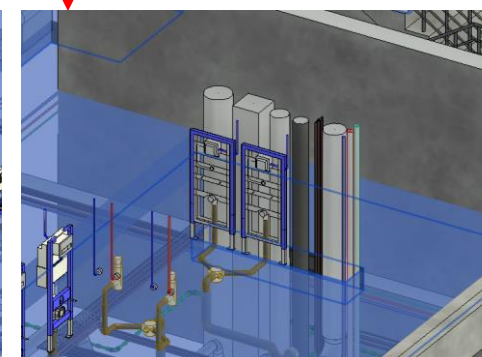
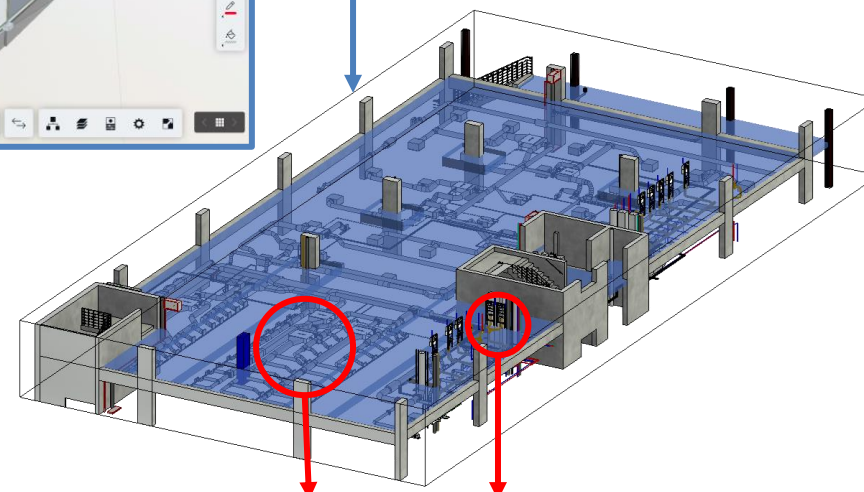
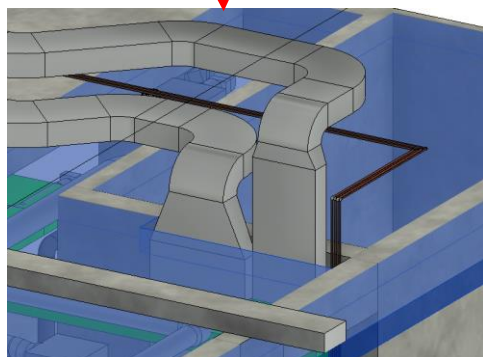
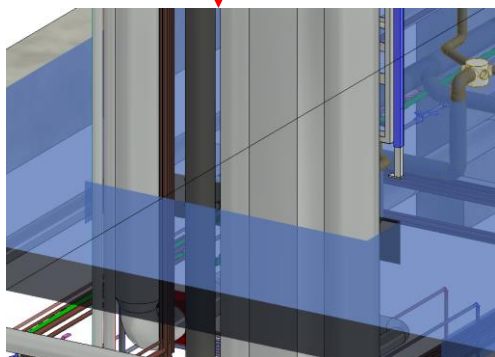
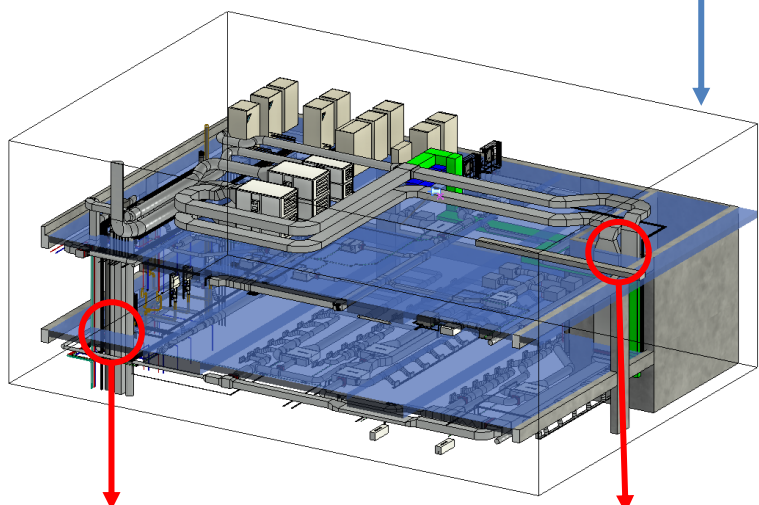
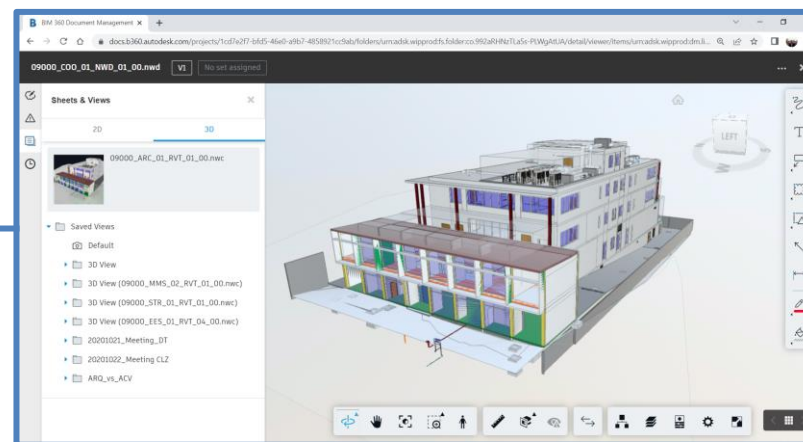
➤ *Work Flow*



APLICAÇÃO BIM NA COORDENAÇÃO DE ESPECIALIDADES

- *Clash Detection* via Navisworks
- *Issues Report* via Autodesk BIM 360 Docs

O BIM APLICADO A UM EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS EM LISBOA

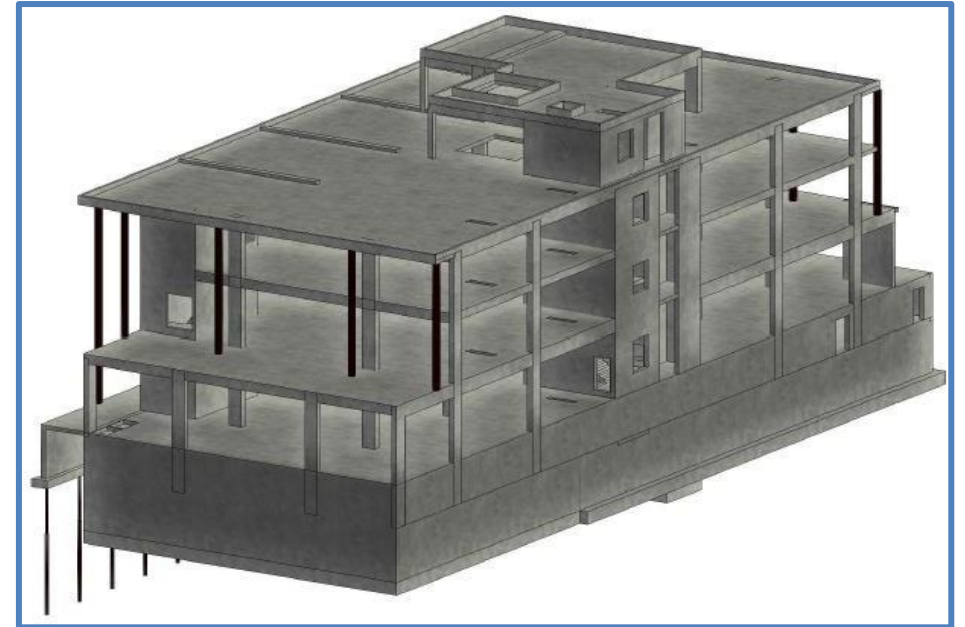




ÍNDICE:

1. INTRODUÇÃO
2. CONDICIONAMENTOS
3. SOLUÇÕES ADOTADAS
4. APLICAÇÃO BIM NA COORDENAÇÃO DE ESPECIALIDADES
- 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

- Uso das ferramentas *BIM* permitiu integrar diferentes especialidades em ambiente colaborativo singular:
 - Compatibilização das diversas informações desde o início da fase de projeto
 - Permite evitar incongruências em fase tardia (obra e/ou exploração)
 - Utilização em fase de:
 - Produção: planeamento de obra e estaleiro
 - Exploração: manutenção de equipamentos
 - Automatização na elaboração de mapas de quantidades
- Uso do *LOD400* possibilita maior nível de detalhe:
 - Elaboração de desenhos técnicos
 - Interação ágil com a produção e a montagem de armaduras



OBRIGADO PELA VOSSA ATENÇÃO



THE GROUND IS OUR CHALLENGE

Carlos de Oliveira Martins, JET_{sj} Geotecnia, cmartins@jetsj.com

Alexandre Pinto, JET_{sj} Geotecnia, apinto@jetsj.com

JPEE 2022

Lisboa • LNEC • 9 a 11 de novembro de 2022

6^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas
Encontro Nacional de Betão Estrutural 2022
12^o Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica



SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PERIFERICA EM EMPREENDIMENTO PARCIALMENTE LOCALIZADO SOBRE A GALERIA DO METROPOLITANO DE LISBOA

Ricardo Justiniano, JET_{SJ} Geotecnia, rjustiniano@jetsj.com

Alexandre Pinto, JET_{SJ} Geotecnia, apinto@jetsj.com

Ana Moura, FICOPE *, amoura@ficope.pt

Tiago Gomes, Geosol FG, tgomes@geosol-fg.com

* À data colaborador da FICOPE





ÍNDICE:

- 1. INTRODUÇÃO**
2. CONDICIONAMENTOS
3. SOLUÇÕES PROPOSTAS
4. EXECUÇÃO
5. INSTRUMENTAÇÃO
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

INTRODUÇÃO

- Execução de dois empreendimentos parcialmente sobre o túnel ML;
- Execução dos trabalhos condicionada pela geometria das estruturas existentes;
- Soluções de contenção periférica de Berlim Definitivo, Berlim Misto e Berlim Definitivo Suspenso;
- Fundações indirectas em pórtico em torno do ML;

SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PERIFERICA EM EMPREENDIMENTO PARCIALMENTE LOCALIZADO SOBRE A GALERIA DO METROPOLITANO DE LISBOA





Lote 2



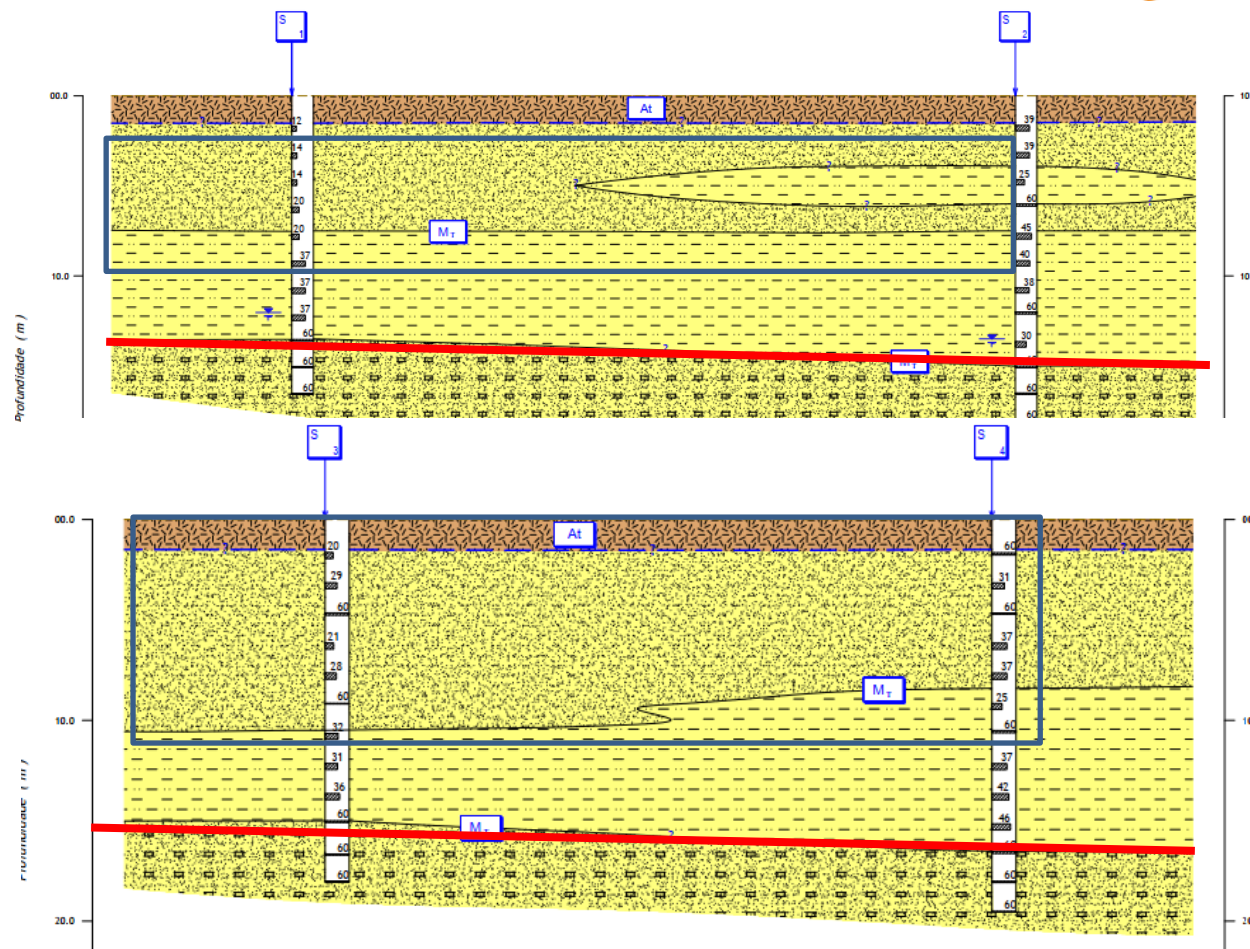
ÍNDICE:

1. INTRODUÇÃO
- 2. CONDICIONAMENTOS**
3. SOLUÇÕES PROPOSTAS
4. EXECUÇÃO
5. INSTRUMENTAÇÃO
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONDICIONAMENTOS

- Cenário Geológico Geotécnico
 - Necessidade de escavar 10 a 15m;
 - Nível Freático intercetado ao nível do fundo de escavação;
 - Solos intercetado correspondem ao Miocénico de Lisboa, constituído por argilas siltosas e em maior profundidade por areias com níveis de cascão gresocarbonatado;

SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PERIFERICA EM EMPREENDIMENTO PARCIALMENTE LOCALIZADO SOBRE A GALERIA DO METROPOLITANO DE LISBOA



CONDICIONAMENTOS

- Condições de Vizinhança
 - Edifícios existentes fundados a cotas superiores à cota do piso 0 dos empreendimentos a executar;
 - Caves a executar encontram-se, em geral, adjacentes aos edifícios existentes;
 - Túnel do ML encontra-se a cerca de 4m abaixo do fundo de escavação do lote 1 e 2.

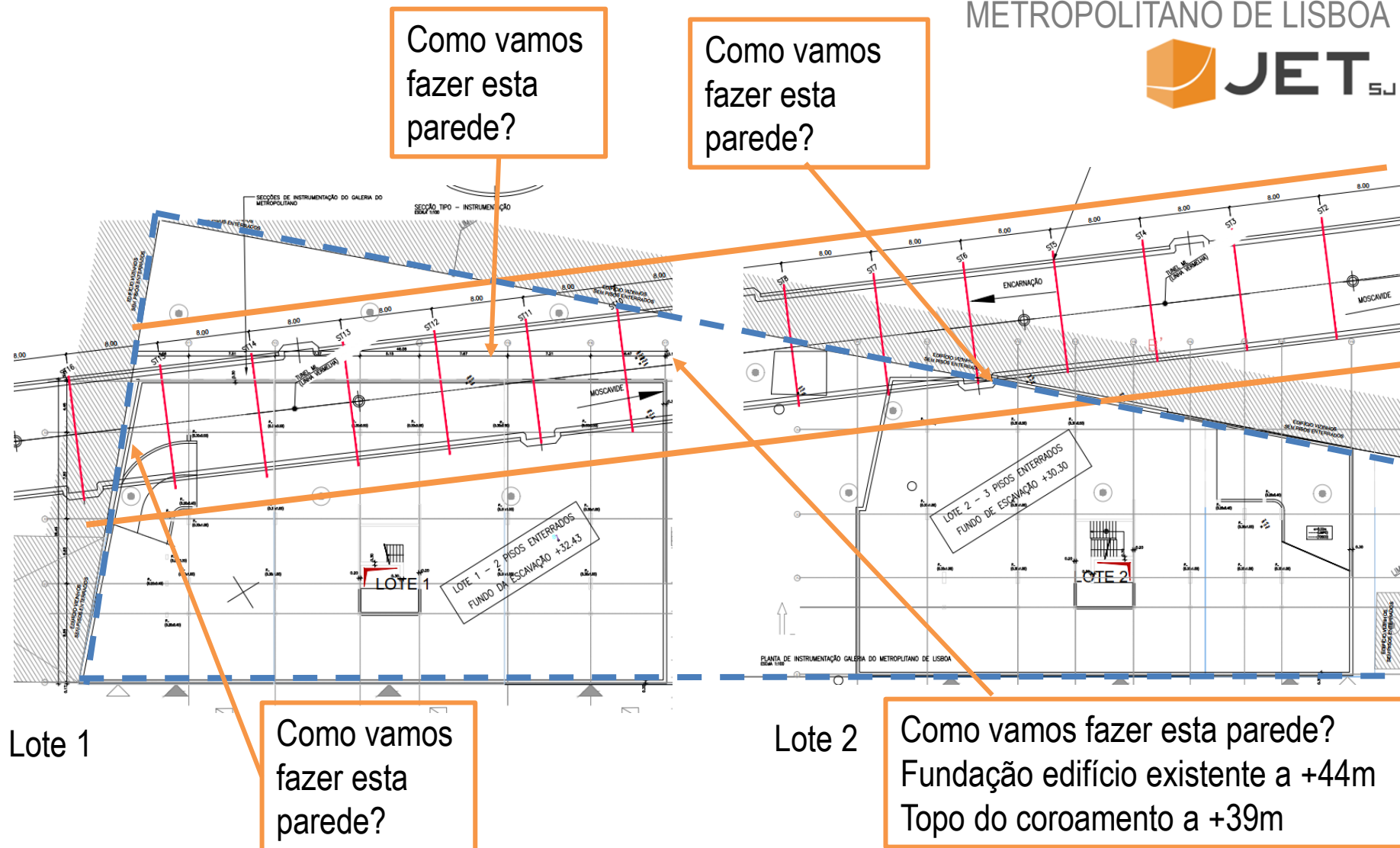
SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PERIFERICA EM EMPREENDIMENTO PARCIALMENTE LOCALIZADO SOBRE A GALERIA DO METROPOLITANO DE LISBOA



CONDICIONAMENTOS

- Condições de Vizinhança
 - Não fazer caves ou menos caves não era possível;
 - Em construção nova tem de ser dados lugares de estacionamento;

SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA EM EMPREENDIMENTO PARCIALMENTE LOCALIZADO SOBRE A GALERIA DO METROPOLITANO DE LISBOA



CONDICIONAMENTOS

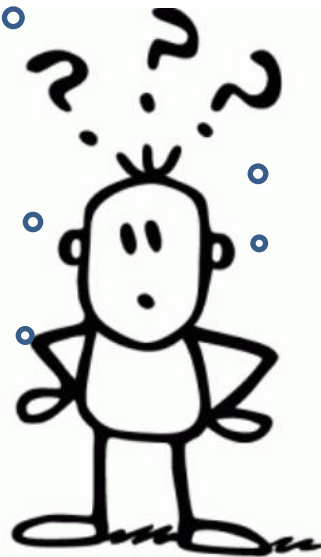
SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA EM EMPREENDIMENTO PARCIALMENTE LOCALIZADO SOBRE A GALERIA DO METROPOLITANO DE LISBOA



Como realizar a
escavação,
salvaguardando os
edifícios existentes?

Como fazer a
Parede Norte do
Lote 1

Como fazer a
Parede Poente
do Lote 1



Como realizar as
fundações das
paredes sobre o ML?

Como fazer
Parede Norte
do Lote 2?



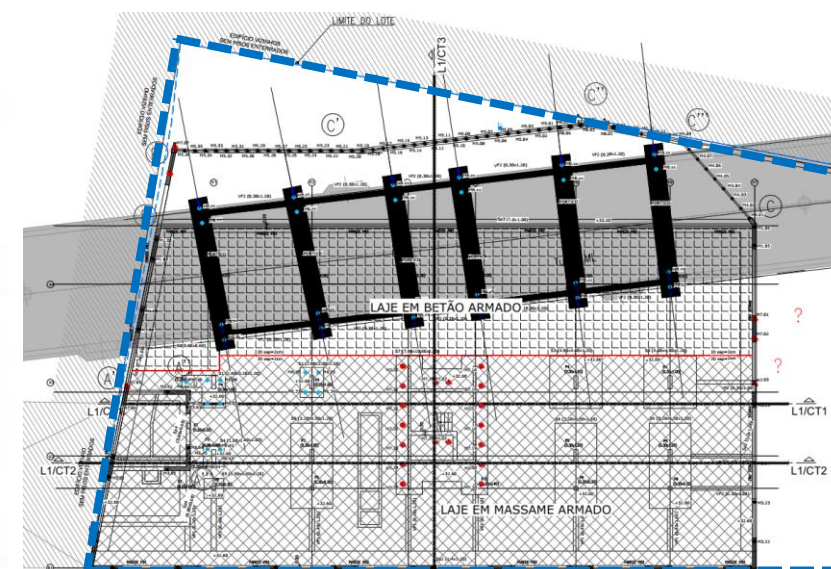
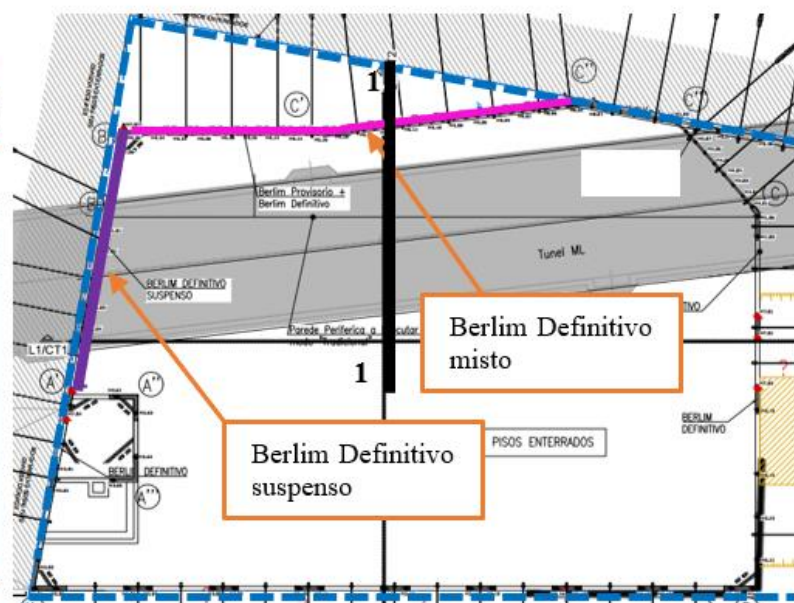
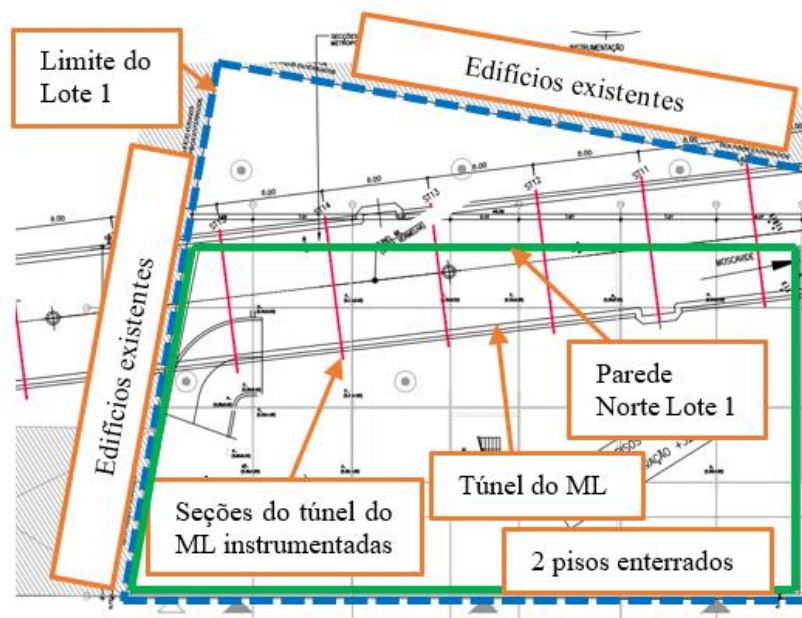
ÍNDICE:

1. INTRODUÇÃO
2. CONDICIONAMENTOS
3. **SOLUÇÕES PROPOSTAS**
4. EXECUÇÃO
5. INSTRUMENTAÇÃO
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

SOLUÇÕES PROPOSTAS

- LOTE 1

SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA EM EMPREENDIMENTO PARCIALMENTE LOCALIZADO SOBRE A GALERIA DO METROPOLITANO DE LISBOA



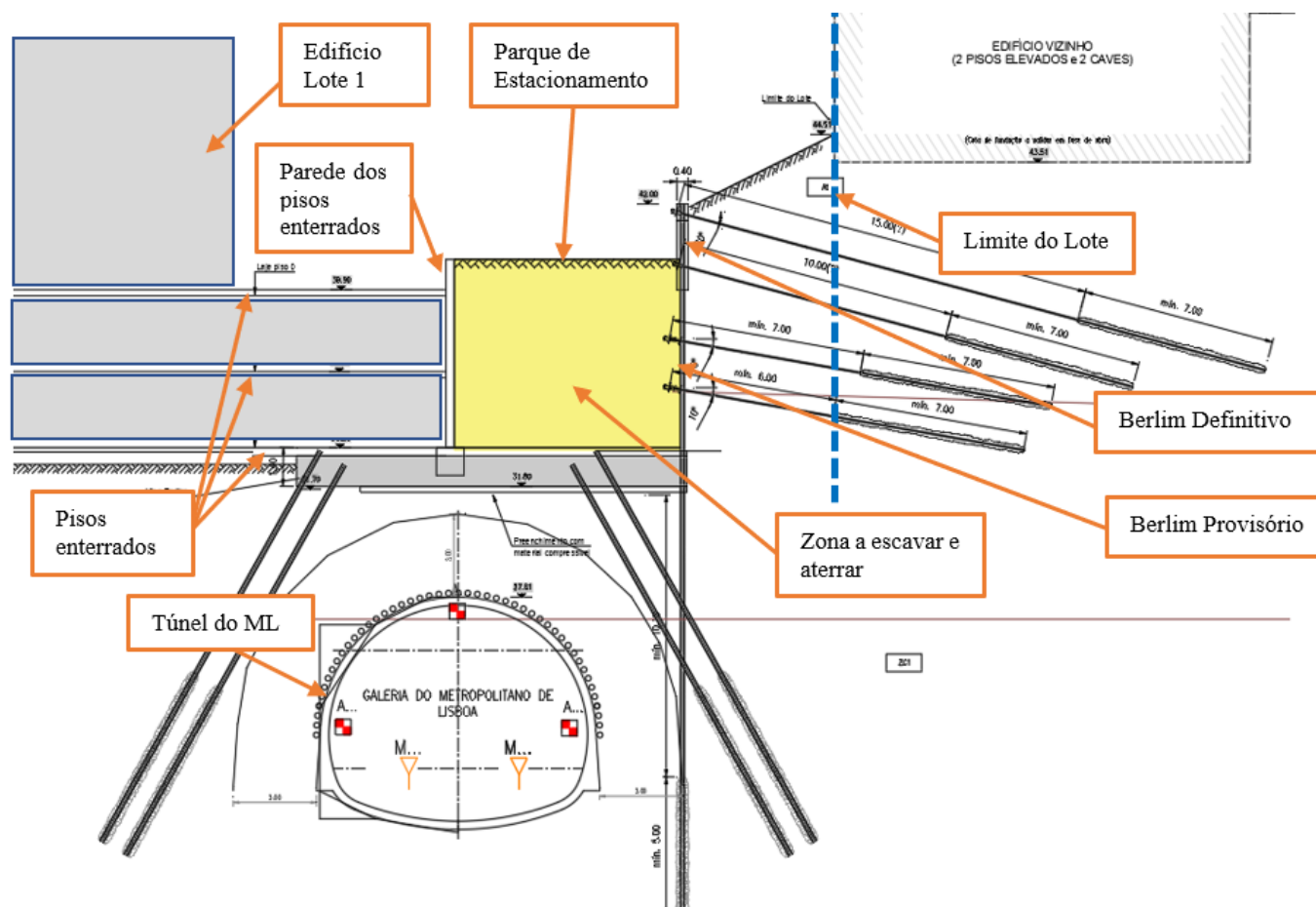
SOLUÇÕES PROPOSTAS

- LOTE 1

Execução de Berlim Misto:

- Execução de microestacas em perfis I/H para permitir a execução do Berlim Provisório (com madeiras);
- Execução dos níveis superiores em Berlim Definitivo (muros de Munique), até à cota do piso 0;
- Berlim Definitivo travado por microestacas sub horizontais definitivas;
- Abaixo do piso 0, execução do Berlim Provisório;
- Microestacas funcionam para fundação do muro em fase definitiva;

SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PERIFERICA EM EMPREENDIMENTO PARCIALMENTE LOCALIZADO SOBRE A GALERIA DO METROPOLITANO DE LISBOA



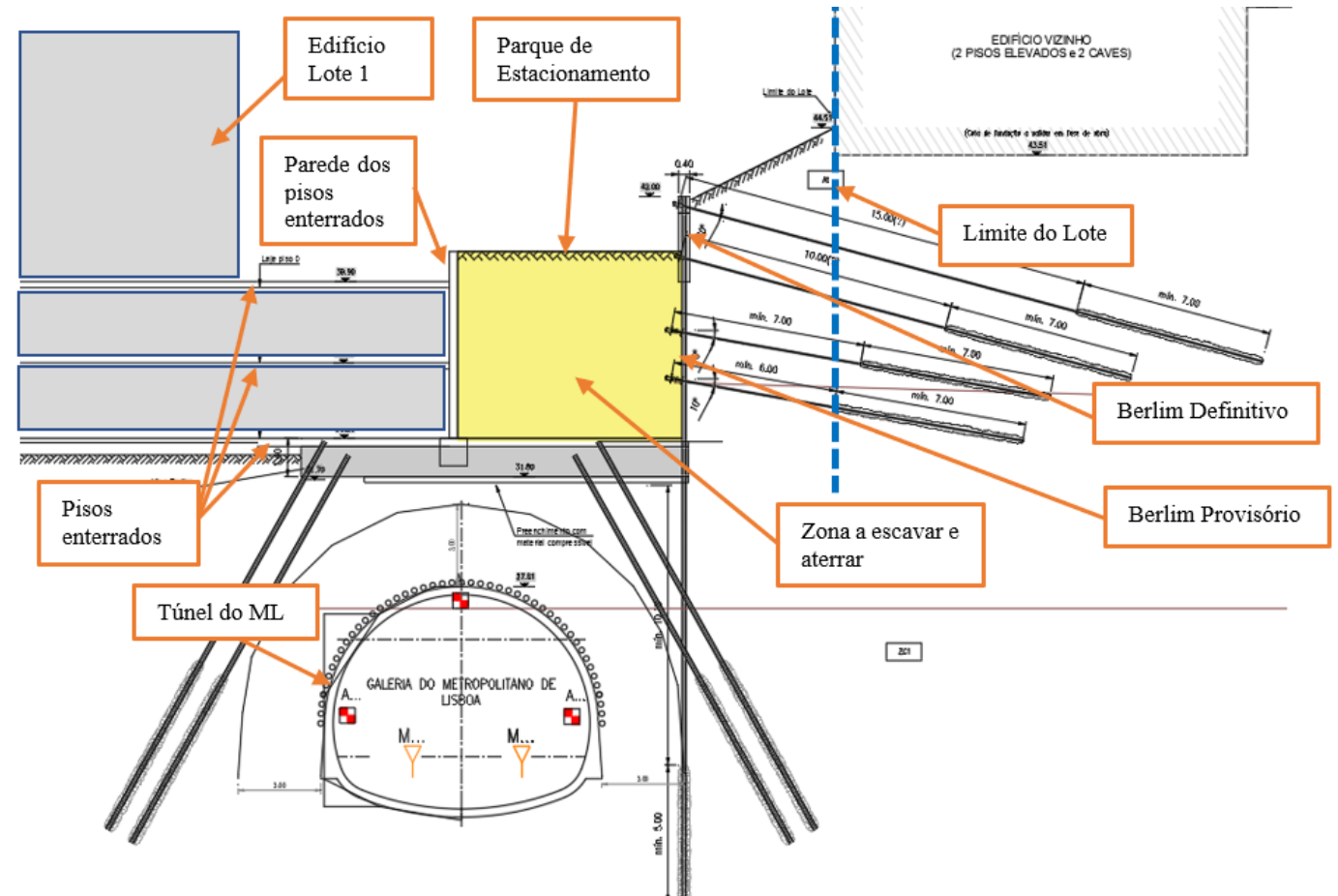
SOLUÇÕES PROPOSTAS

- LOTE 1

Execução de Fundações em Pórtico:

- Qualidade dos solos no fundo de escavação confirmado durante a execução das microestacas;
- Execução faseada na chegada ao fundo de escavação, para reduzir o efeito de descompressão do Miocénico;
- Execução das microestacas Sub-verticais;
- Execução de Vigas (1x1.3m) de ligação;
- Execução da parede da cave e aterro entre parede e contenção;

SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PERIFERICA EM EMPREENDIMENTO
PARCIALMENTE LOCALIZADO SOBRE A GALERIA DO
METROPOLITANO DE LISBOA



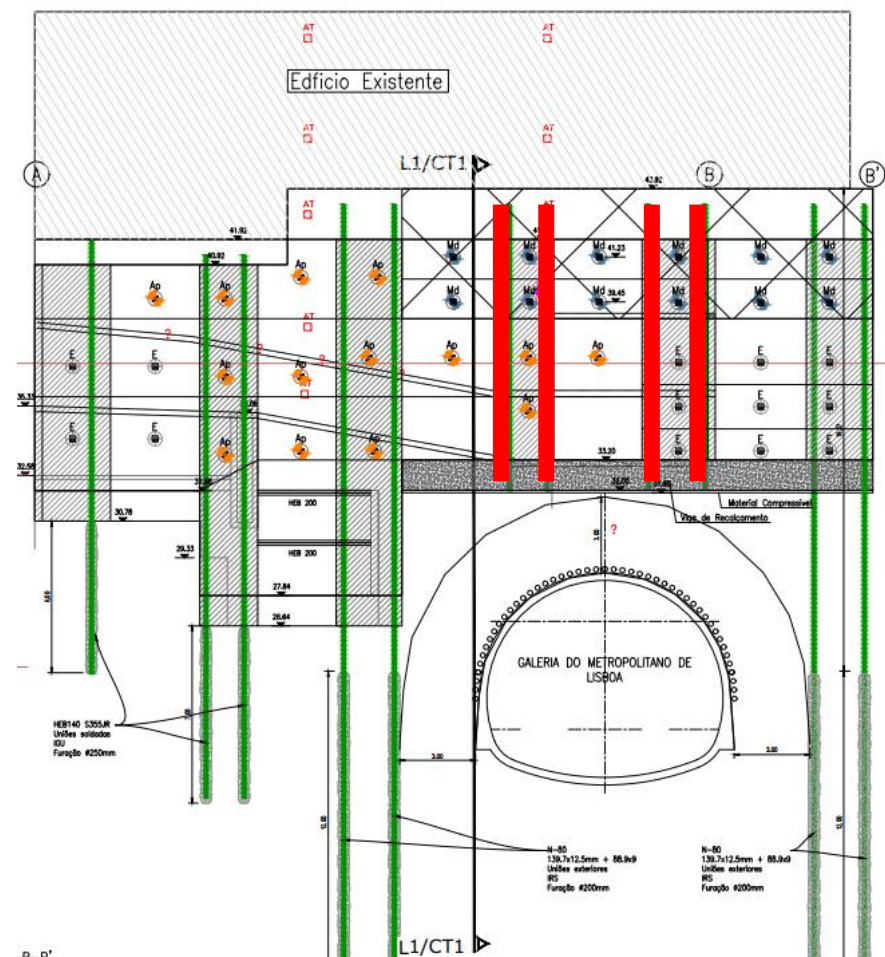
SOLUÇÕES PROPOSTAS

- LOTE 1

Execução de Muros Suspensos Definitivos:

- Execução de microestacas sem bolbo de selagem na proximidade ao ML;
- Execução de viga de coroamento “Viga-Parede” fortemente armada;
- Execução de microestacas de reforço para receber a carga da zona suspensa;
- Execução do Berlim Definitivo: Viga de Coroamento com capacidade de sustentar todo o nível inferior (mais componente vertical das ancoragens);

SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PERIFERICA EM EMPREENDIMENTO PARCIALMENTE LOCALIZADO SOBRE A GALERIA DO METROPOLITANO DE LISBOA



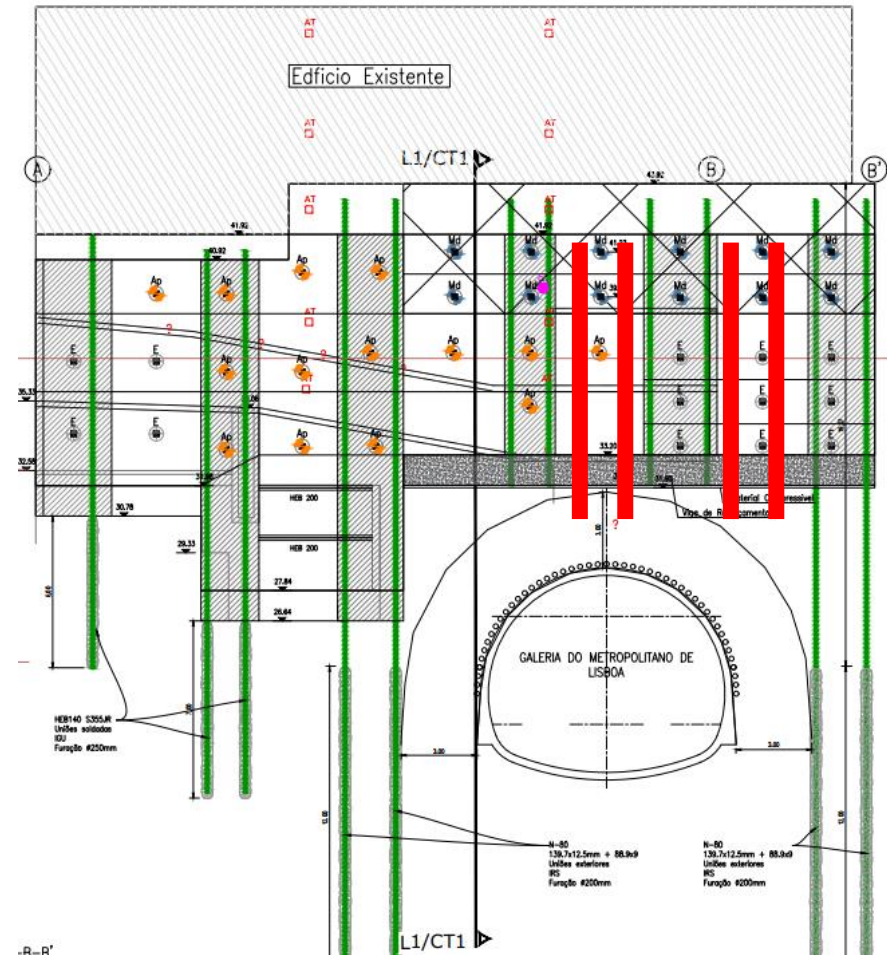
SOLUÇÕES PROPOSTAS

- LOTE 1

Execução de Muros Suspensos Definitivos:

- Avanço da escavação com o nível superior com capacidade para sustentar o nível inferior;
- Carga vertical transmitida aos níveis superiores através das microestacas sem bolbo de selagem;
- Maior recurso a escoramentos metálicos para reduzir carga vertical (sem componente vertical de ancoragens);

SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PERIFERICA EM EMPREENDIMENTO PARCIALMENTE LOCALIZADO SOBRE A GALERIA DO METROPOLITANO DE LISBOA



SOLUÇÕES PROPOSTAS

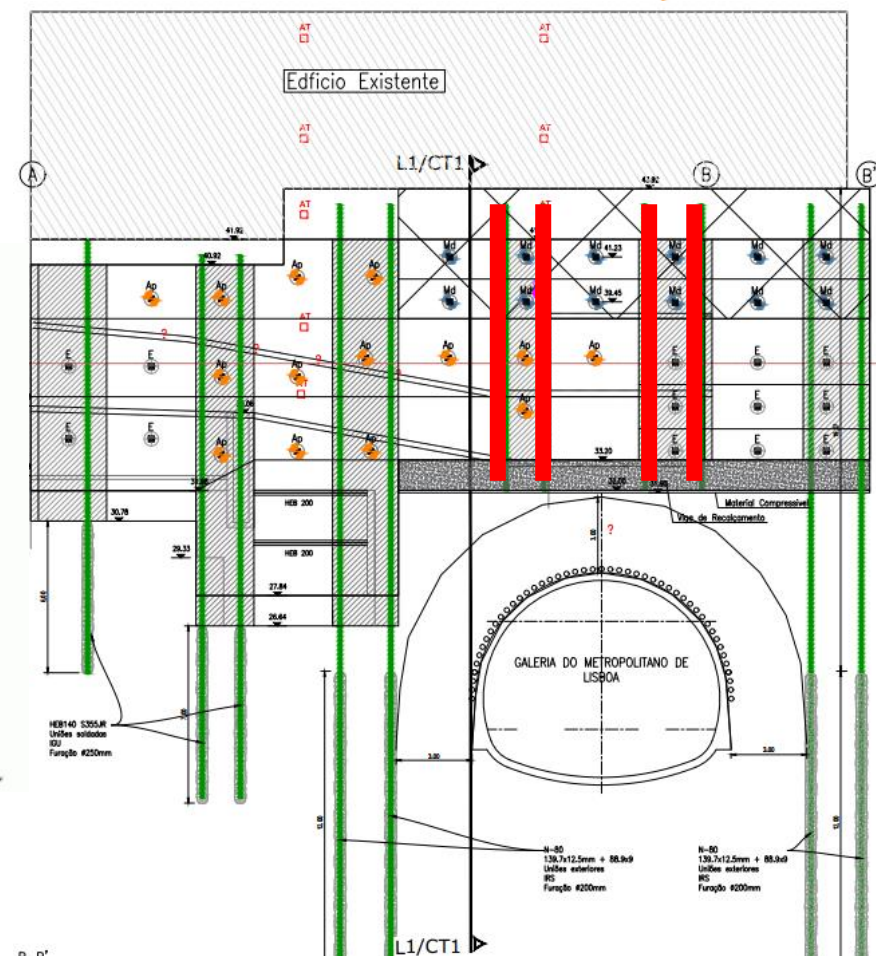
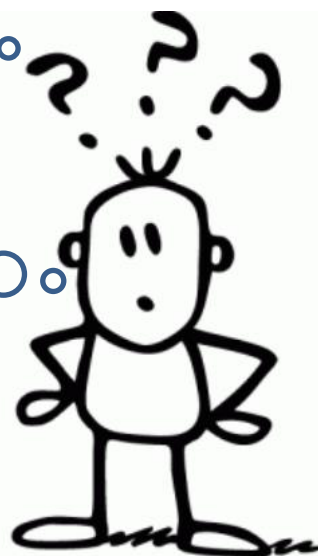
SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PERIFERICA EM EMPREENDIMENTO PARCIALMENTE LOCALIZADO SOBRE A GALERIA DO METROPOLITANO DE LISBOA



E o atrito Solo – Parede (parede betonada contra o terreno) que reduz a carga vertical?

E a componente vertical da microestaca sub horizontal que funciona como apoio?

Então se a parede de 0.30m pesa 7,5 kN/m²
Será que não consigo gerar um atrito de 7,5 kPa?
Para que deformações?



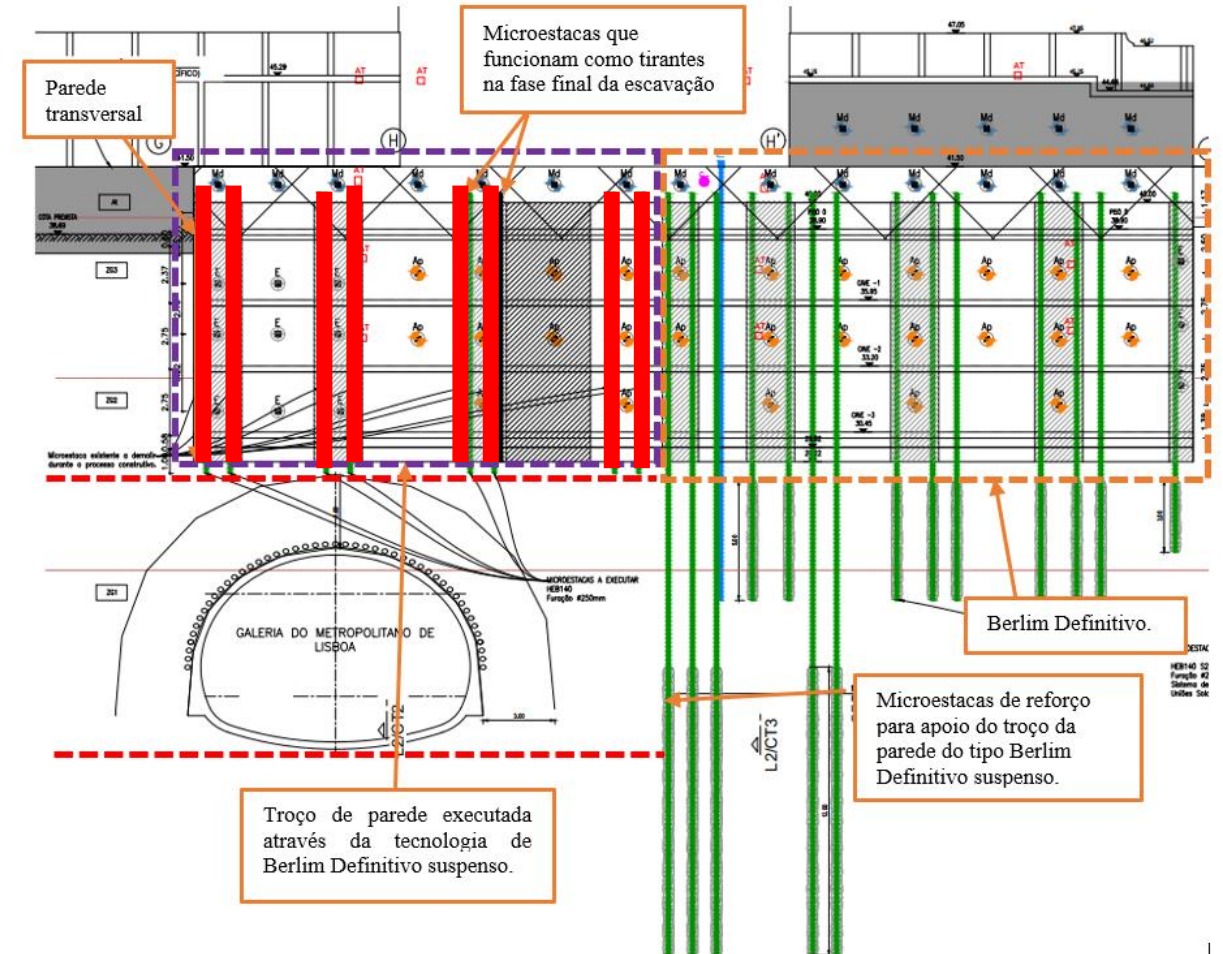
SOLUÇÕES PROPOSTAS

• LOTE 2

Execução de Muros Suspensos Definitivos:

- Execução de microestacas sem bolbo de selagem na proximidade ao ML;
- Execução de viga de coroamento “Viga-Parede” fortemente armada;
- Execução de microestacas de reforço para receber a carga da zona suspensa;
- Execução do Berlim Definitivo: Viga de Coroamento com capacidade de sustentar todo o nível inferior (mais componente vertical das ancoragens);

SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PERIFERICA EM EMPREENDIMENTO PARCIALMENTE LOCALIZADO SOBRE A GALERIA DO METROPOLITANO DE LISBOA



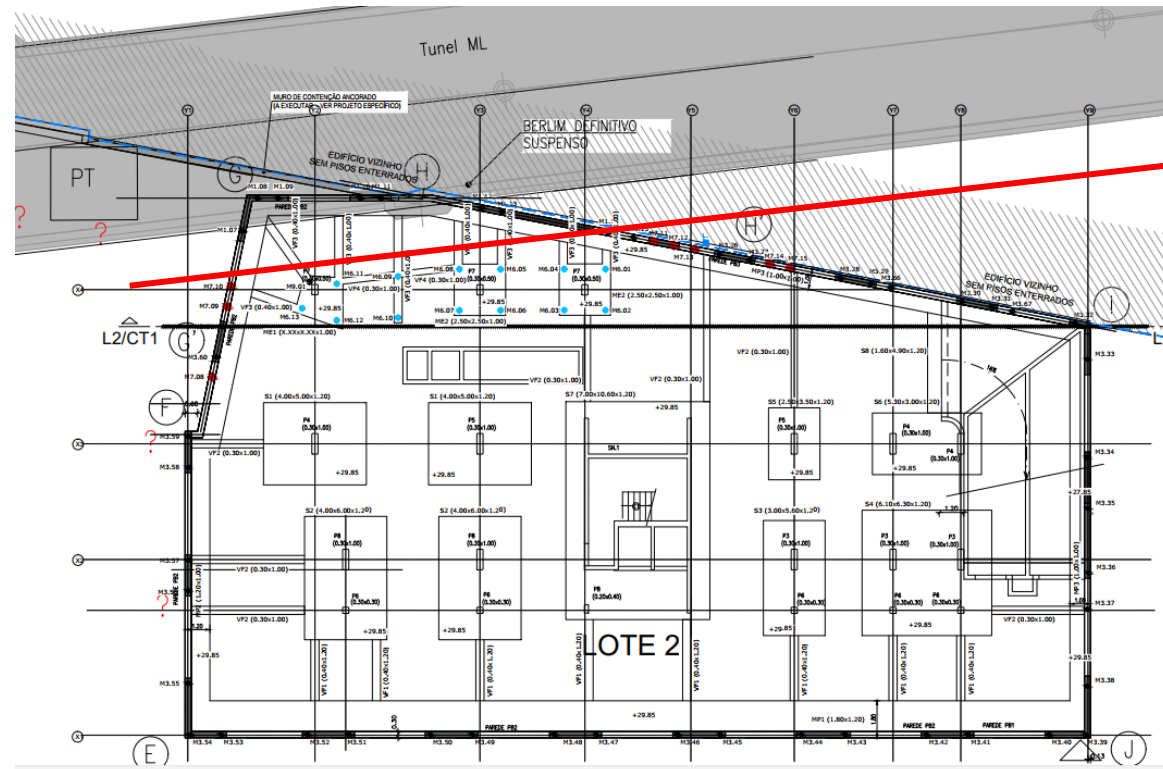
SOLUÇÕES PROPOSTAS

- LOTE 2

Execução de Fundações:

- Em fase definitiva foram executadas vigas de fundação ligadas a maciços fundados em microestacas para dar apoio de fundação à parede suspensa;

SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PERIFERICA EM EMPREENDIMENTO PARCIALMENTE LOCALIZADO SOBRE A GALERIA DO METROPOLITANO DE LISBOA



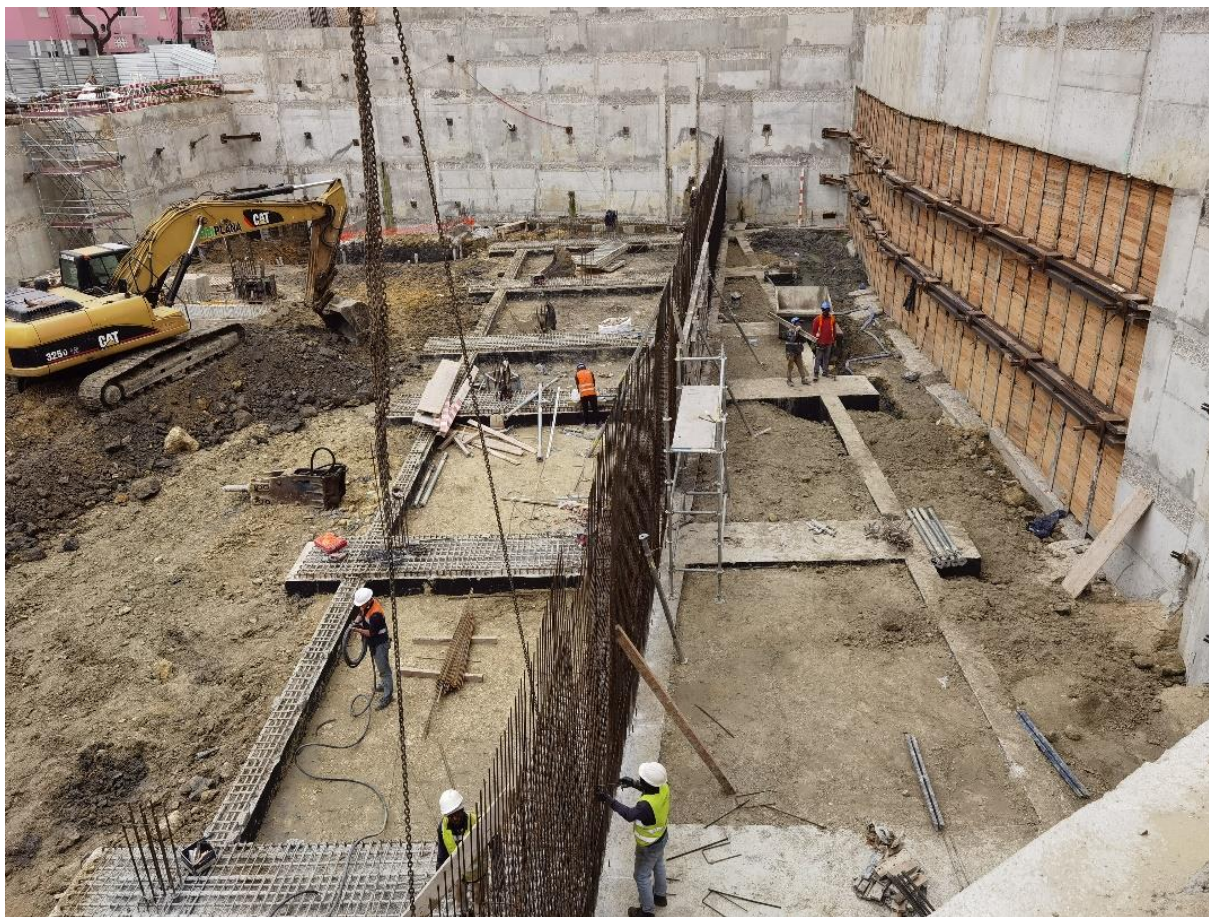


ÍNDICE:

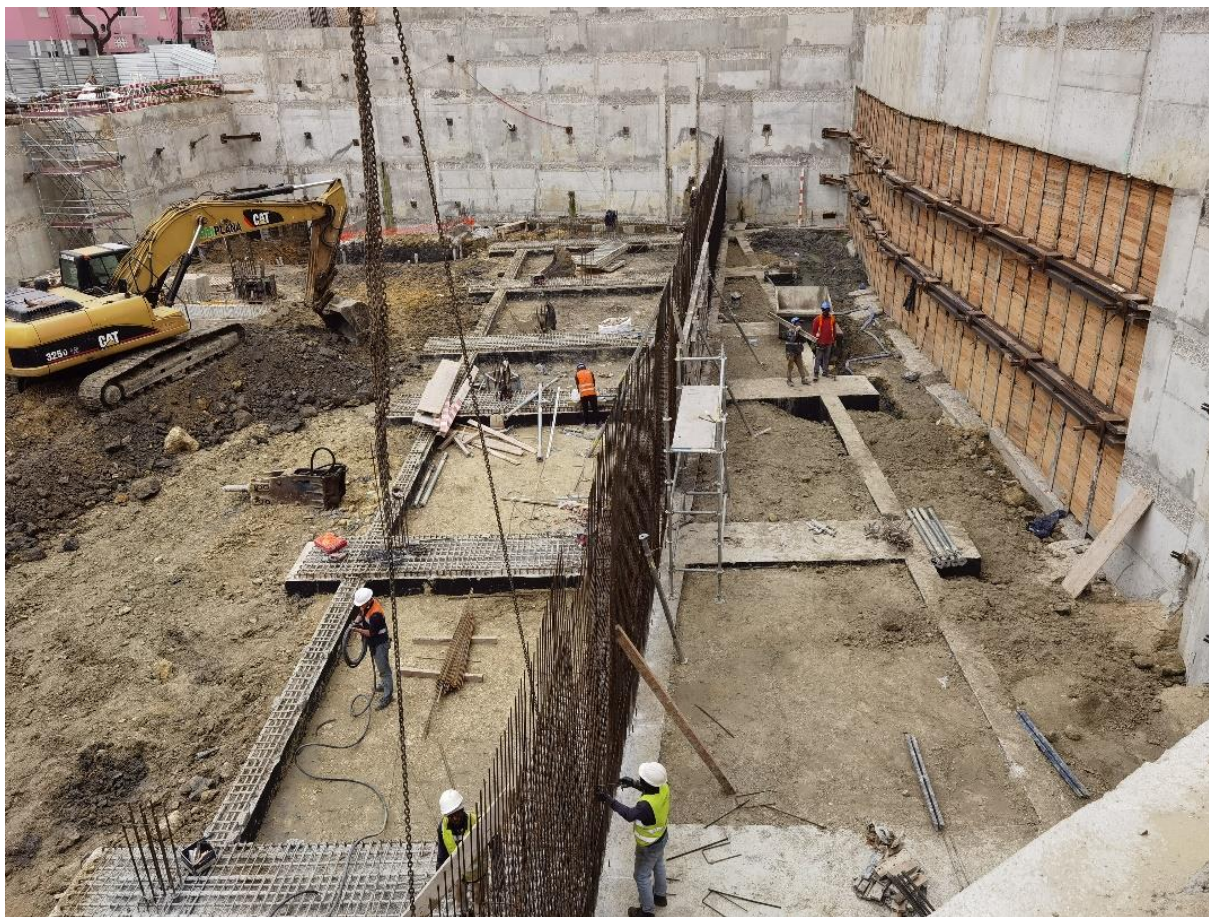
1. INTRODUÇÃO
2. CONDICIONAMENTOS
3. SOLUÇÕES PROPOSTAS
- 4. EXECUÇÃO**
5. INSTRUMENTAÇÃO
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS



➤ Chegada ao Fundo de Escavação Lote 1



➤ Início da execução da Parede Norte sobre os Pórticos – Lote 1



➤ Início da execução da Parede Norte sobre os Pórticos – Lote 1



➤ Conclusão do Estacionamento sobre a Parede Norte – Lote 1



➤ Chegada ao Fundo de Escavação do Lote 2



➤ Avanço da Estrutura - Lote 2





ÍNDICE:

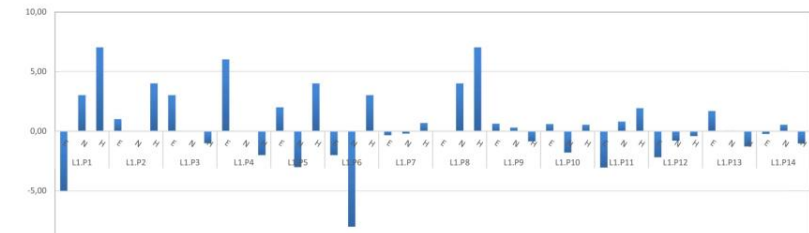
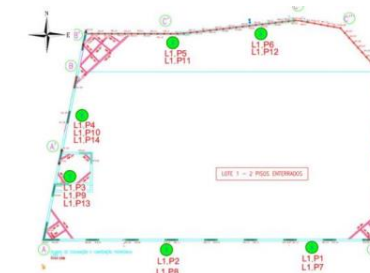
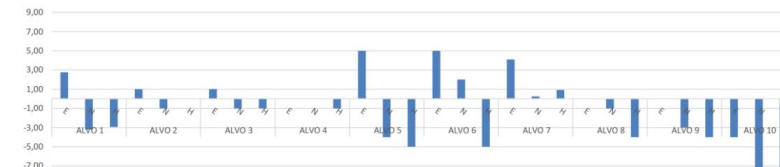
1. INTRODUÇÃO
2. CONDICIONAMENTOS
3. SOLUÇÕES PROPOSTAS
4. EXECUÇÃO
- 5. INSTRUMENTAÇÃO**
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

INSTRUMENTAÇÃO

SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PERIFERICA EM EMPREENDIMENTO PARCIALMENTE LOCALIZADO SOBRE A GALERIA DO METROPOLITANO DE LISBOA

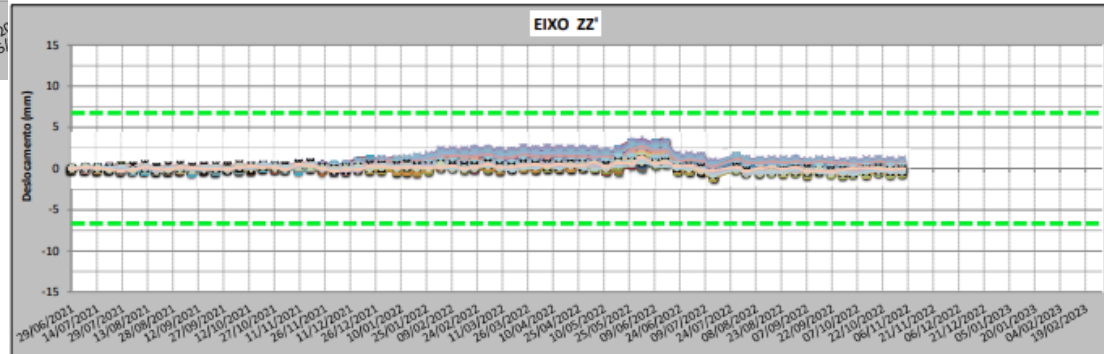
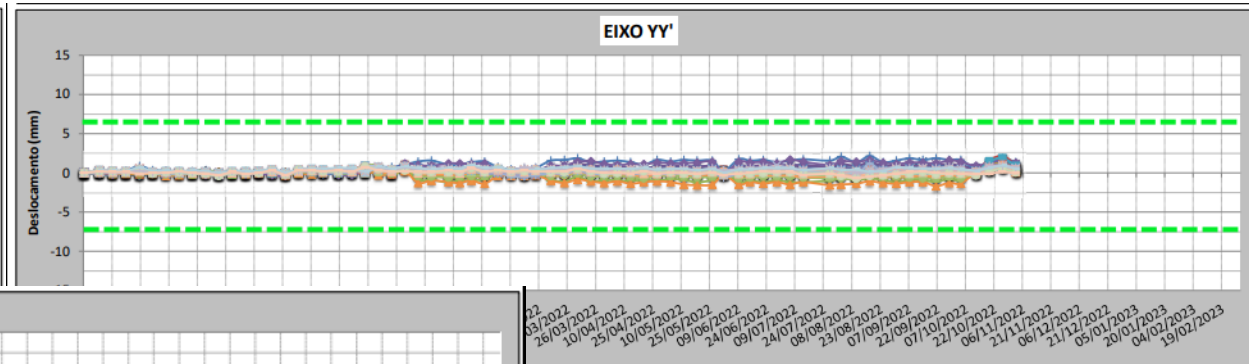
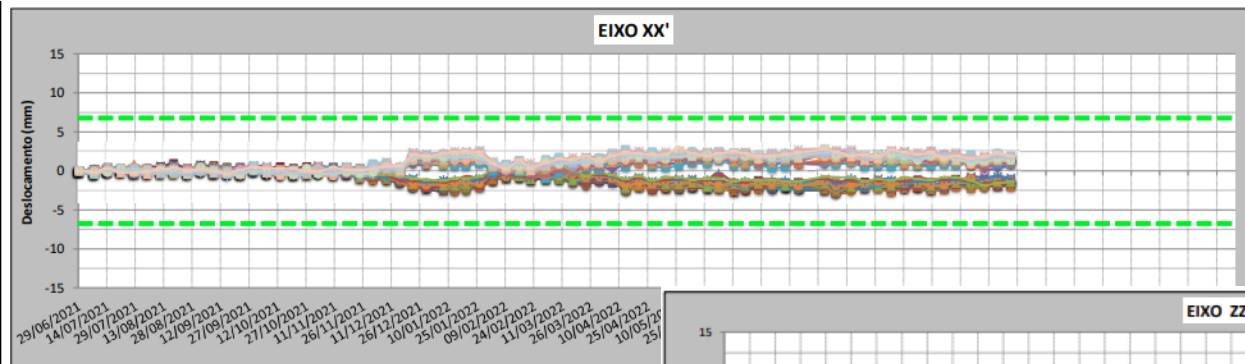
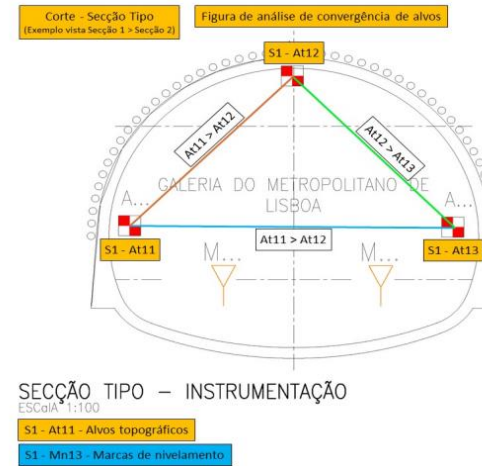
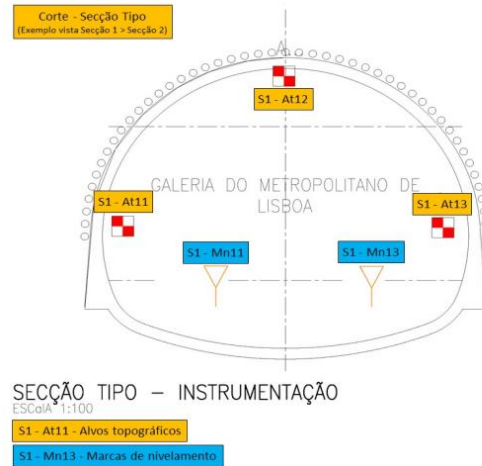


- Recurso a Alvos Topográficos em todas as estruturas existentes;
- Recurso a Alvos Topográficos em todos os muros de contenção periférica;
- Recurso a células de cargas em algumas ancoragens provisórias;
- Implantação de Piezómetros;
- Implantação de Inclínómetros;
- Implantação de Alvos Topográficos nas paredes do túnel do ML;
- Implantação de Marcas Topográficas nos carris do ML;



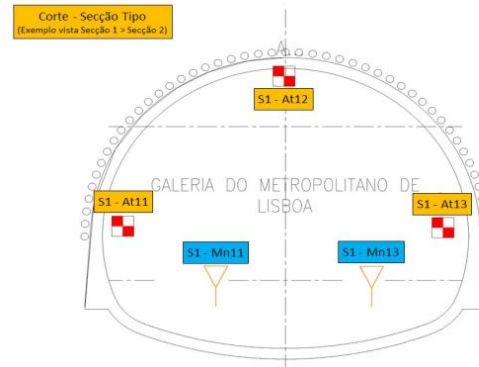
INSTRUMENTAÇÃO

SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PERIFERICA EM EMPREENDIMENTO PARCIALMENTE LOCALIZADO SOBRE A GALERIA DO METROPOLITANO DE LISBOA



INSTRUMENTAÇÃO

SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PERIFERICA EM EMPREENDIMENTO PARCIALMENTE LOCALIZADO SOBRE A GALERIA DO METROPOLITANO DE LISBOA

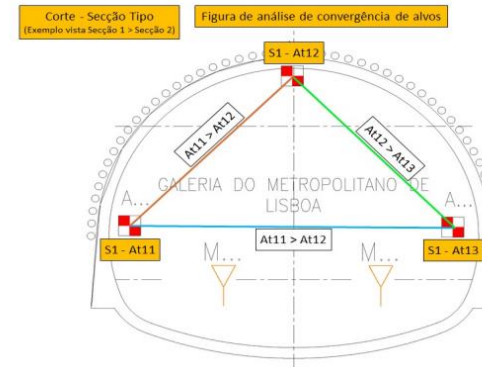


SECÇÃO TIPO – INSTRUMENTAÇÃO

ESCoIA 1:100

S1 - At11 - Alvos topográficos

S1 - Mn13 - Marcas de nivelamento

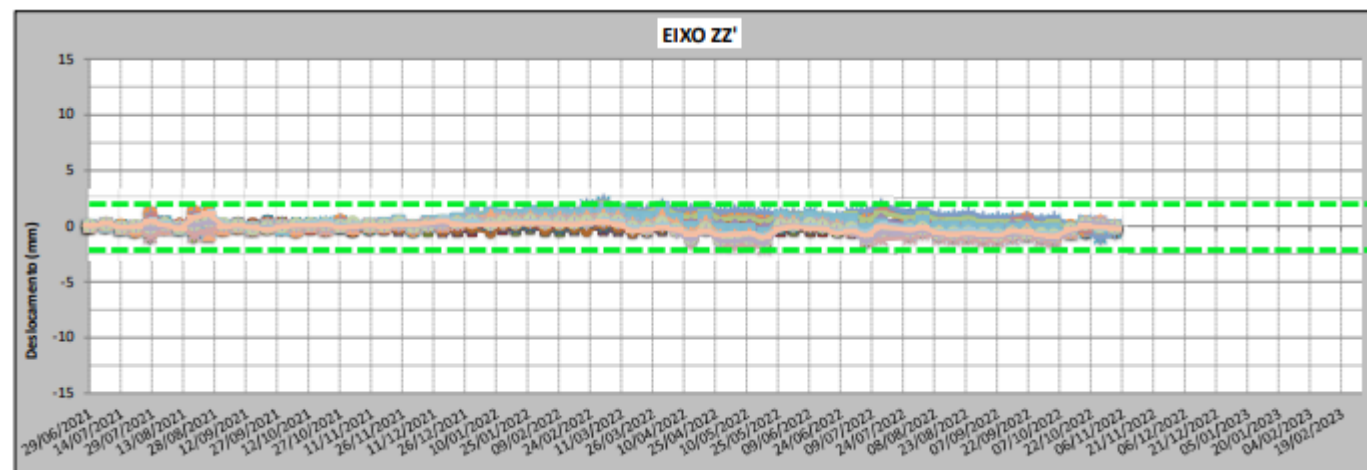


SECÇÃO TIPO – INSTRUMENTAÇÃO

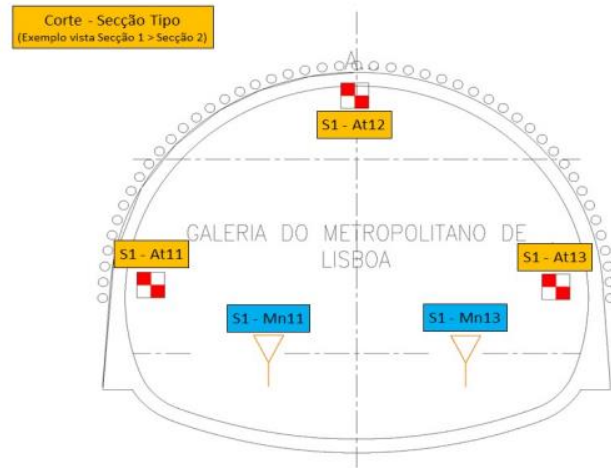
ESCoIA 1:100

S1 - At11 - Alvos topográficos

S1 - Mn13 - Marcas de nivelamento



INSTRUMENTAÇÃO



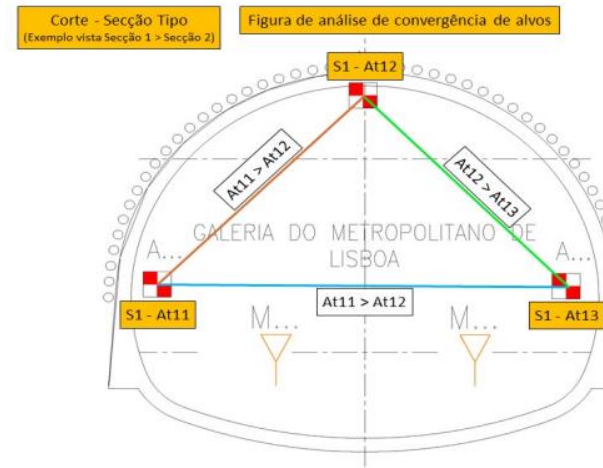
SECÇÃO TIPO – INSTRUMENTAÇÃO

ESCaLA 1:100

S1 - At11 - Alvos topográficos

S1 - Mn13 - Marcas de nivelamento

SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PERIFERICA EM EMPREENDIMENTO PARCIALMENTE LOCALIZADO SOBRE A GALERIA DO METROPOLITANO DE LISBOA

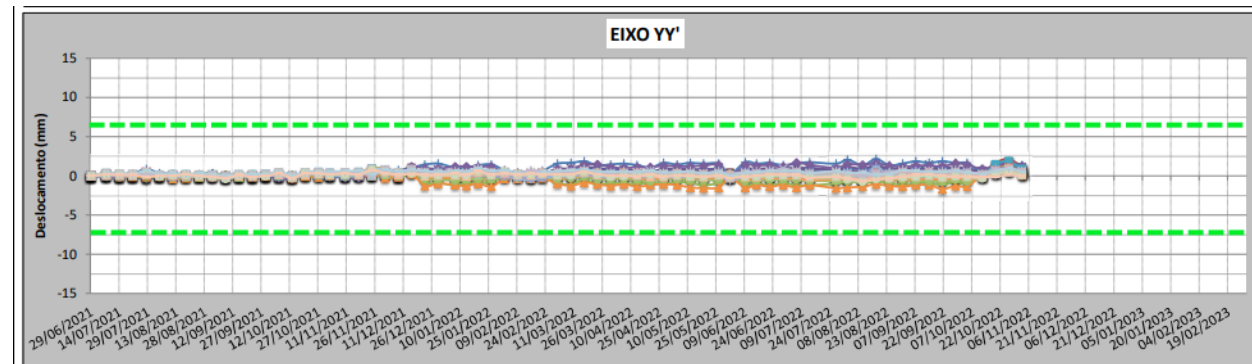
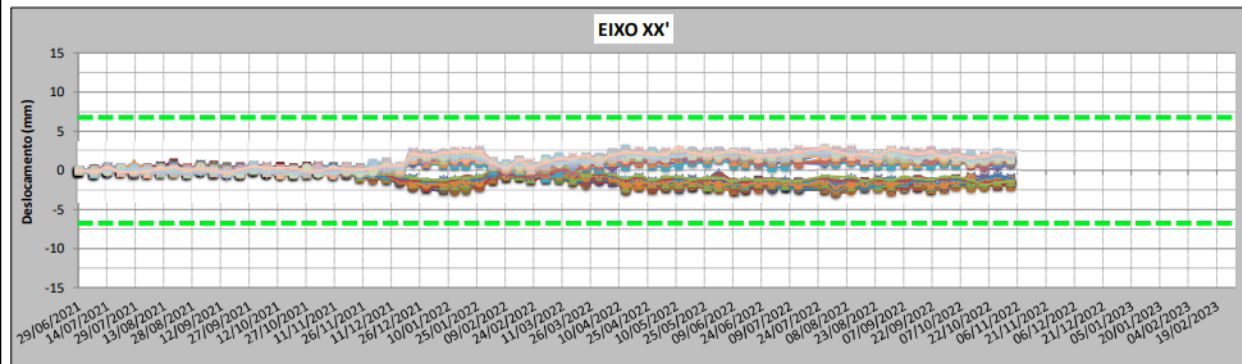


SECÇÃO TIPO – INSTRUMENTAÇÃO

ESCaLA 1:100

S1 - At11 - Alvos topográficos

S1 - Mn13 - Marcas de nivelamento





ÍNDICE:

1. INTRODUÇÃO
2. CONDICIONAMENTOS
3. SOLUÇÕES PROPOSTAS
4. EXECUÇÃO
5. INSTRUMENTAÇÃO
- 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

CONCLUSÕES

SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA EM EMPREENDIMENTO PARCIALMENTE LOCALIZADO SOBRE A GALERIA DO METROPOLITANO DE LISBOA



- A boa colaboração entre projetistas, empreiteiros e Dono de Obra permitiu a execução dos trabalhos com sucesso;
- A execução de Berlim Definitivo Suspenso é possível, mesmo para grandes vãos;
- O recurso a um Plano de Instrumentação e Observação como ferramenta proativa na confirmação dos pressupostos de projeto e na antecipação de eventuais problemas;

OBRIGADO PELA VOSSA ATENÇÃO



THE GROUND IS OUR CHALLENGE

Ricardo Justiniano, JET_{sj} Geotecnia, rjustiniano@jetsj.com

Alexandre Pinto, JETSJ Geotecnia, apinto@jetsj.com

Ana Moura , FICOPE * amoura@ficope.pt

Tiago Gomes, Geosol FG, tgomes@geosol-fg.com

* À data colaborador da FICOPE

JPEE 2022

Lisboa • LNEC • 9 a 11 de novembro de 2022

6^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas
Encontro Nacional de Betão Estrutural 2022
12^o Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica



RESERVATÓRIOS DE GRANDE DIÂMETRO E PROFUNDIDADE EM MEIO URBANO, BRASIL

André Henriques, JET_{SJ} Geotecnia, ahenriques@jetsj.com

Miriam Lopes, JET_{SJ} Geotecnia, mlopes@jetsj.com

Nuno Braz da Silva, JET_{SJ} Geotecnia, nsilva@jetsj.com



INDÍCE:

1. INTRODUÇÃO
2. SOLUÇÃO ADOTADA
3. ANÁLISE GEOTÉCNICA
4. ANÁLISE ESTRUTURAL
5. UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

INDÍCE:

- 1. INTRODUÇÃO**
2. SOLUÇÃO ADOTADA
3. ANÁLISE GEOTÉCNICA
4. ANÁLISE ESTRUTURAL
5. UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

INTRODUÇÃO

RESERVATÓRIOS DE GRANDE DIÂMETRO E PROFUNDIDADE EM MEIO URBANO, BRASIL



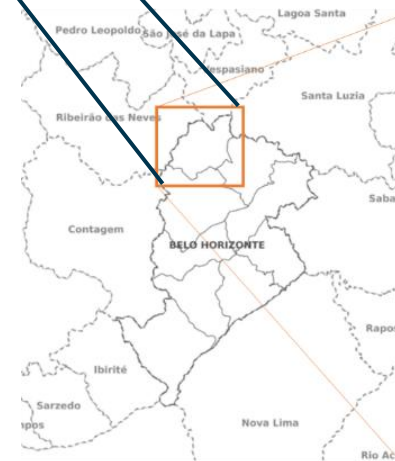
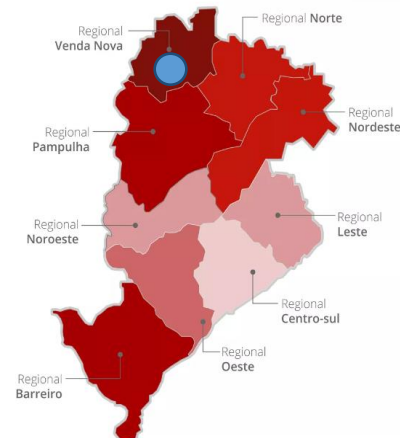
- Brasil – Minas Gerais – Belo Horizonte
- 90 áreas de risco
- 20 pontos de inundação
- Obras de mitigação das inundações recorrentes das ribeiras existentes



Áreas com risco de inundação em Belo Horizonte

Carta de Inundações de Belo Horizonte/PBH

Quantidade de pontos de inundação: 3 6 8 10 13 20



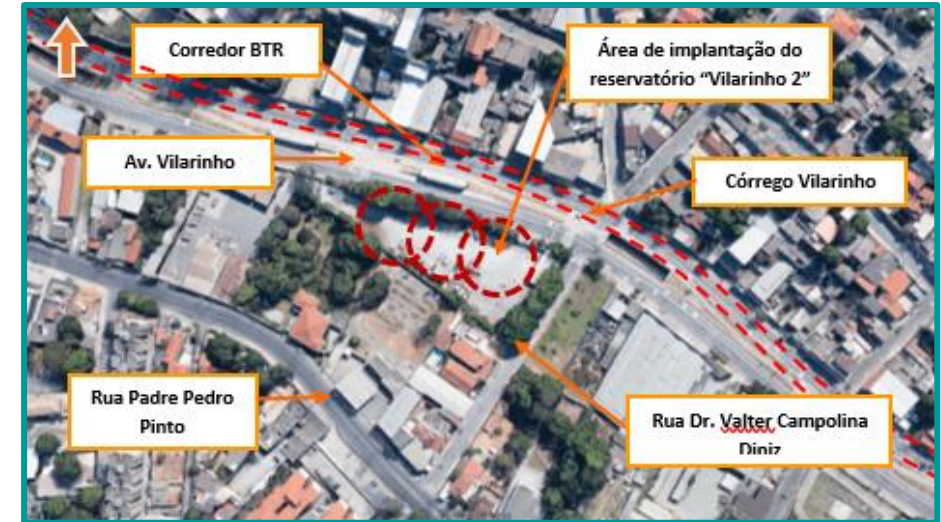
- Execução de dois reservatórios na cidade
 - Nado 1
 - Vilarinho 2

INTRODUÇÃO

RESERVATÓRIOS DE GRANDE DIÂMETRO E PROFUNDIDADE EM MEIO URBANO, BRASIL



- 3 poços circulares secantes com 40 m de diâmetro e 100 m de desenvolvimento
- 35 m de escavação
- Área = 3500 m²
- Volume = 106 000 m³
- 3 estruturas de suporte:
 - 2 conexões à ribeira existente (entrada e saída)
 - Edifício de controlo



INDÍCE:

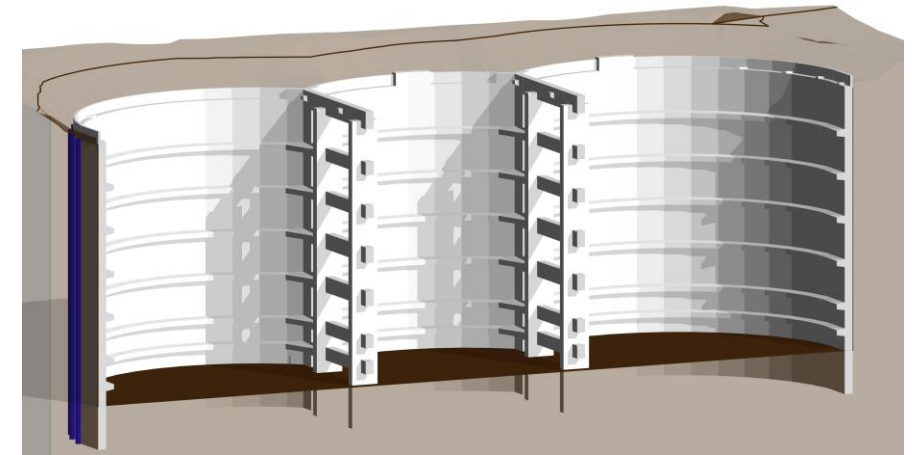
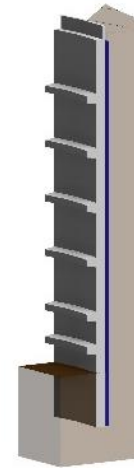
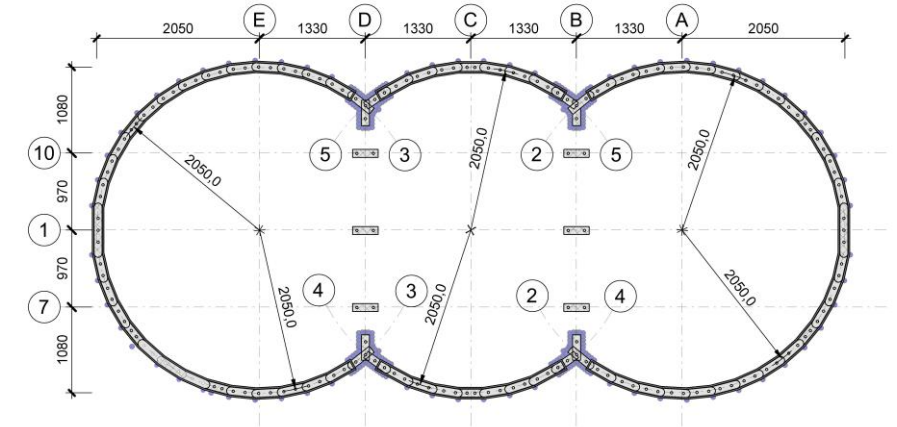
1. INTRODUÇÃO
- 2. SOLUÇÃO ADOTADA**
3. ANÁLISE GEOTÉCNICA
4. ANÁLISE ESTRUTURAL
5. UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

SOLUÇÃO ADOTADA

RESERVATÓRIOS DE GRANDE DIÂMETRO E PROFUNDIDADE EM MEIO URBANO, BRASIL



- Escavação e contenção Periférica:
 - Paredes moldadas com 1 m de espessura
 - Funcionamento em arco
 - Pórticos materializados por um conjunto de pilares e escoras
 - 7 níveis de anéis de travamento
 - Colunas de jetgrouting entre painéis

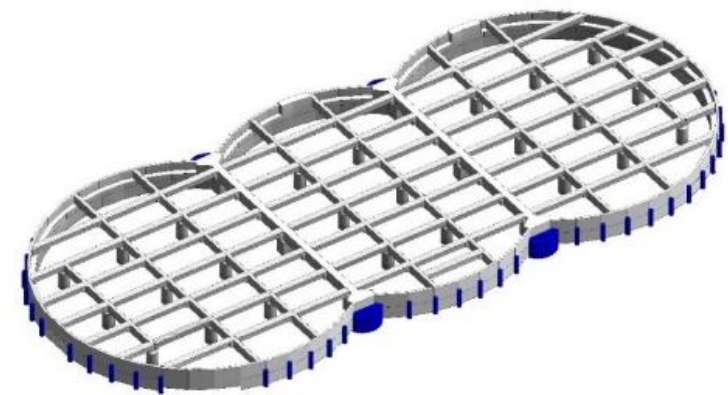
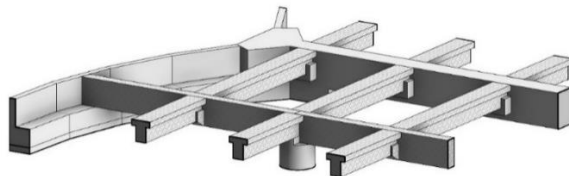
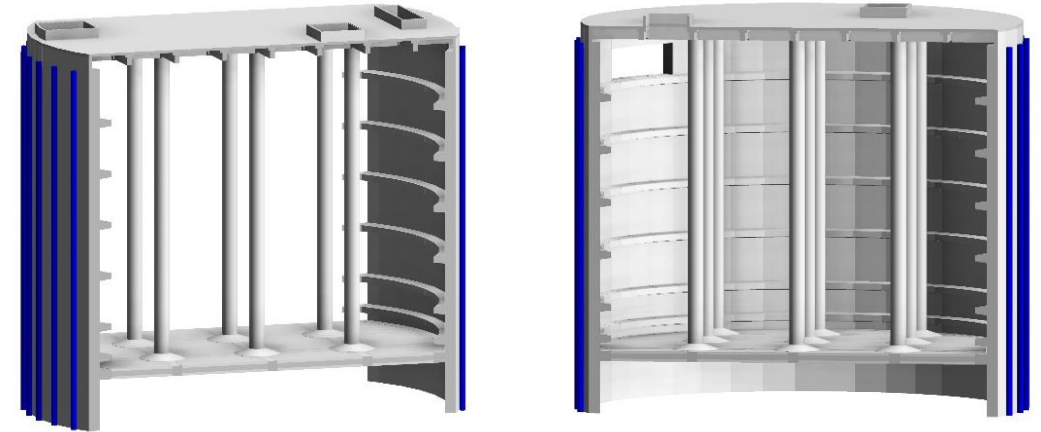


SOLUÇÃO ADOTADA

RESERVATÓRIOS DE GRANDE DIÂMETRO E PROFUNDIDADE EM MEIO URBANO, BRASIL



- Estrutura da cobertura:
 - Lajes pré-fabricadas ($e=15\text{cm}$) apoiadas em vigas pré-fabricadas
 - Vigas secundárias apoiam nas vigas principais
 - Vigas principais assentam nos pilares e na viga de coroamento
 - Pilares de betão armado realizados *in situ* (em consola)
 - Lâmina de compressão ($e=12\text{cm}$)
 - 2 juntas de dilatação (3 blocos independentes)



INDÍCE:

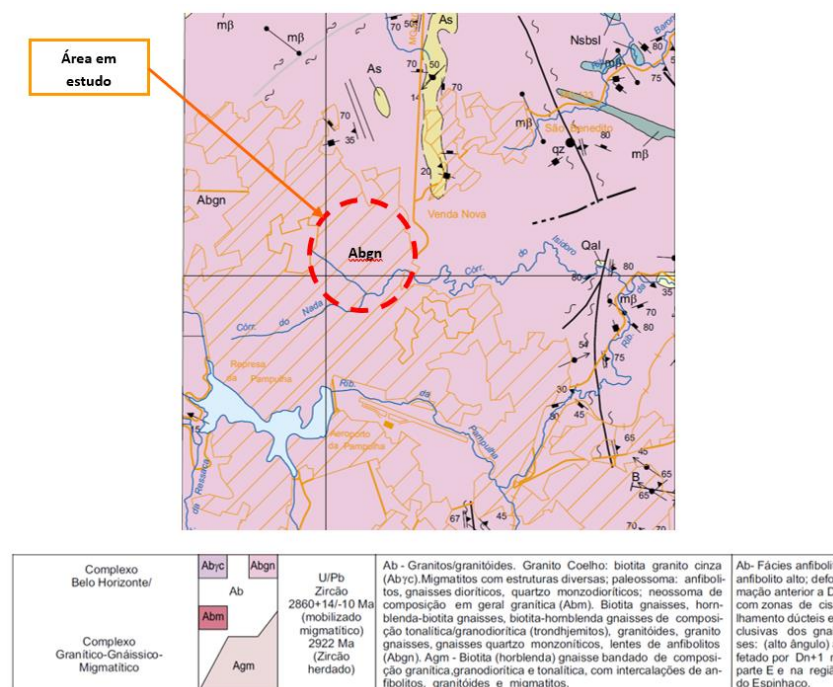
1. INTRODUÇÃO
2. SOLUÇÃO ADOTADA
3. **ANÁLISE GEOTÉCNICA**
4. ANÁLISE ESTRUTURAL
5. UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

ANÁLISE GEOTÉCNICA

RESERVATÓRIOS DE GRANDE DIÂMETRO E PROFUNDIDADE EM MEIO URBANO, BRASIL



- Carta geológica de Belo Horizonte
- Campanha de prospeção:
 - Sondagens percussivas com ensaios SPT
 - Sondagens mistas com ensaios SPT
 - Prospeção geofísica (MASW e ensaios crosshole)
 - Ensaios de permeabilidade
 - Ensaios de palheta (*Vane test*)
 - Ensaios PMT
 - Ensaios DMT
 - Ensaios em laboratório



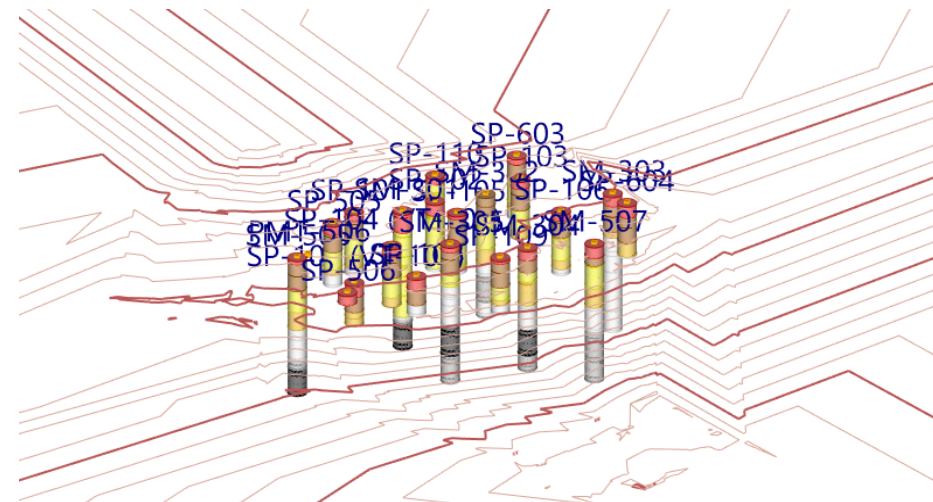
ANÁLISE GEOTÉCNICA

RESERVATÓRIOS DE GRANDE DIÂMETRO E PROFUNDIDADE EM MEIO URBANO, BRASIL

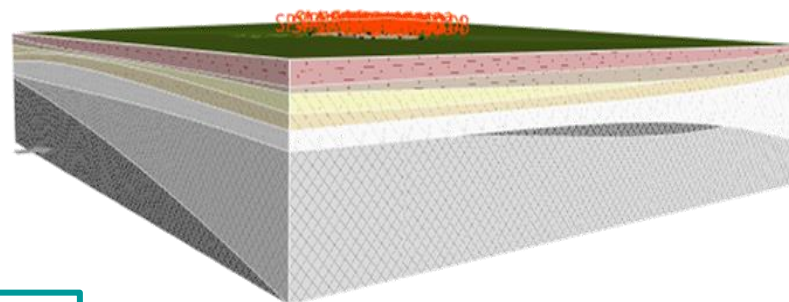


- 7 zonas geológico-geotécnicas

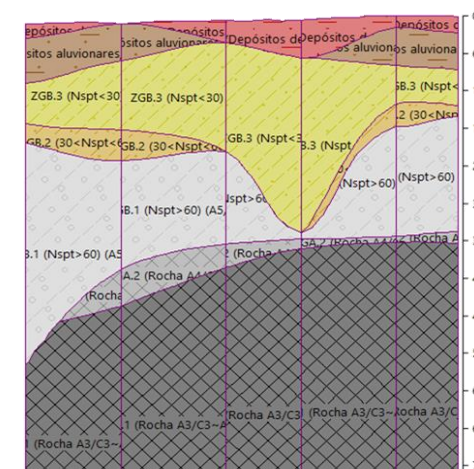
- ZGC.2 Depósitos de aterro
- ZGC.1 Depósitos aluvionares/coluvionares
- ZGB.3 Solos de alteração ($N_{SPT} \leq 30$)
- ZGB.2 Solos de alteração ($30 < N_{SPT} < 60$)
- ZGB.1 Solos de alteração ($N_{SPT} \geq 60$) / Gnaisse (A5/C5)
- ZGA.2 Gnaisse (A4/C4)
- ZGA.1 Gnaisse (A3/C3) a (A1/C1)



- Nível freático elevado



**MODELAÇÃO TRIDIMENSIONAL
DA ESTRUTURA GEOLÓGICA**

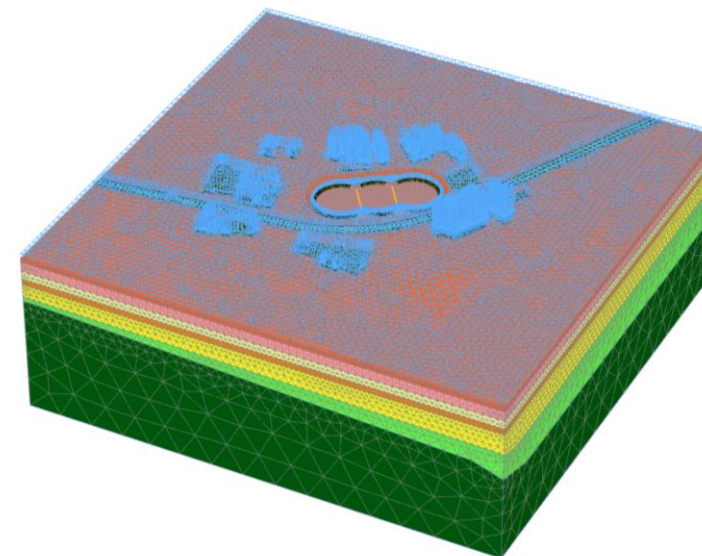
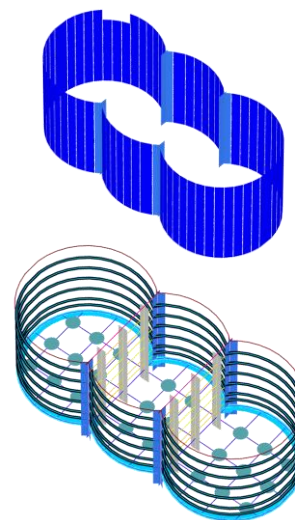
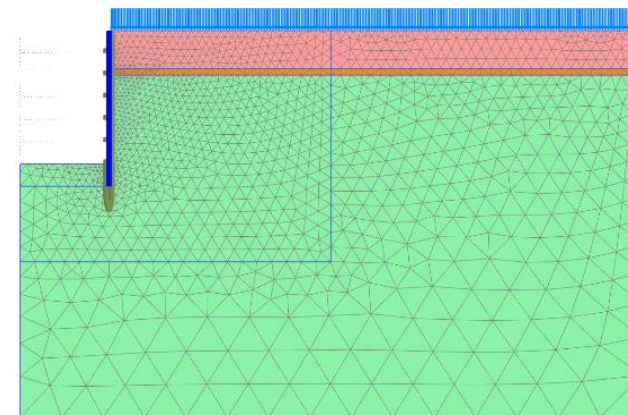


INDÍCE:

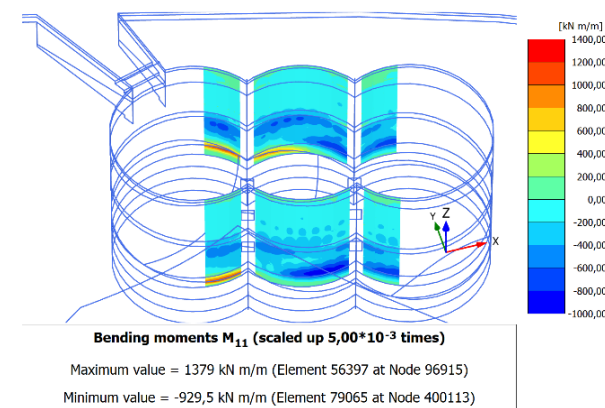
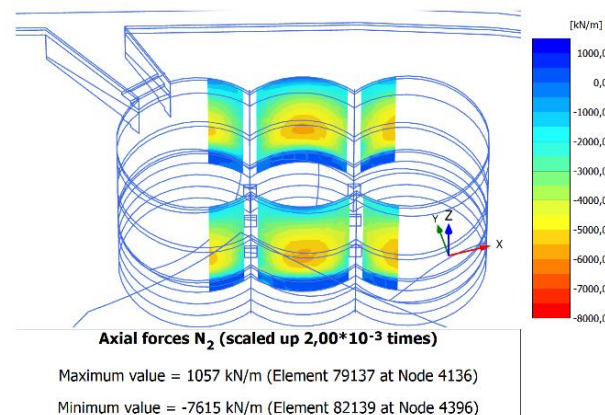
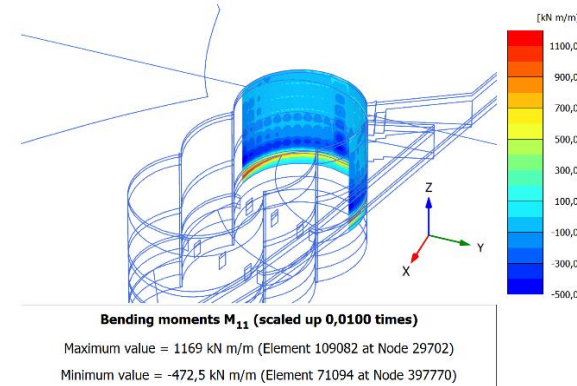
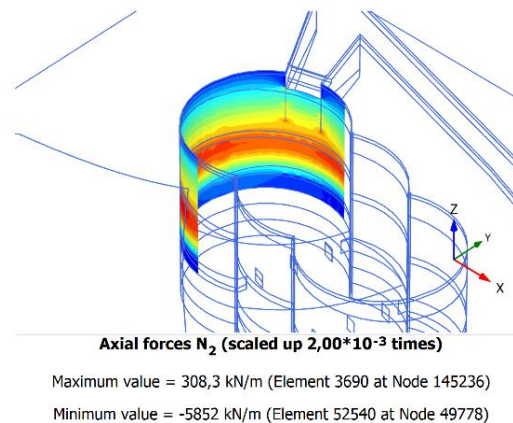
1. INTRODUÇÃO
2. SOLUÇÃO ADOTADA
3. ANÁLISE GEOTÉCNICA
- 4. ANÁLISE ESTRUTURAL**
5. UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS



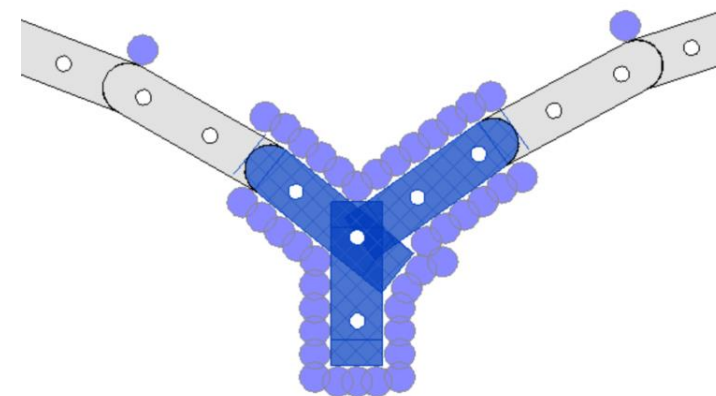
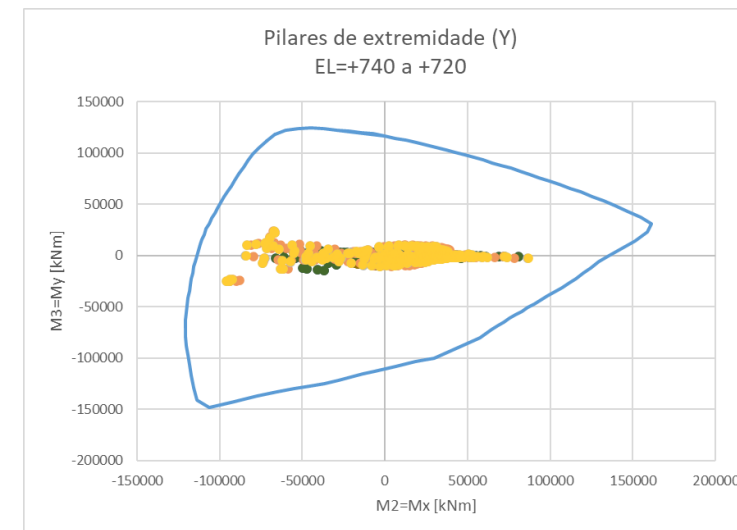
- Análise preliminar - *Plaxis 2D* - Secções Tipo
- Projeto de execução - *Plaxis 3D* – Modelo tridimensional
 - Assimetria geológico-geotécnica
 - Simetria estrutural
 - Presença de infraestruturas vizinhas
 - Variação espacial dos impulsos atuantes



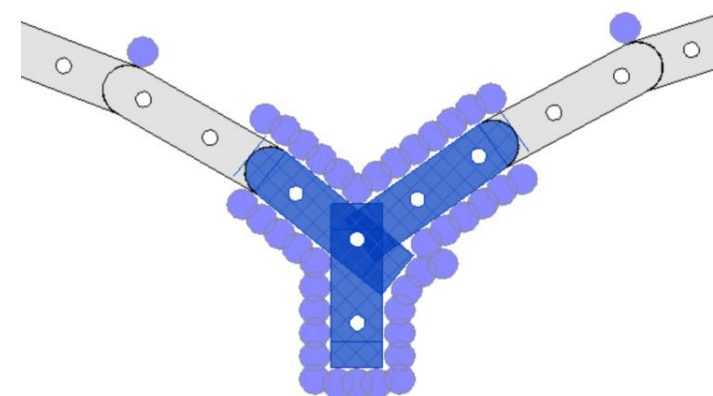
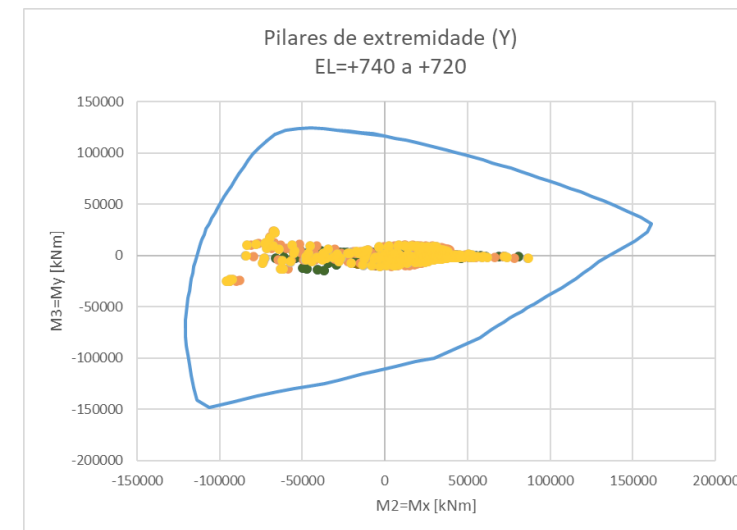
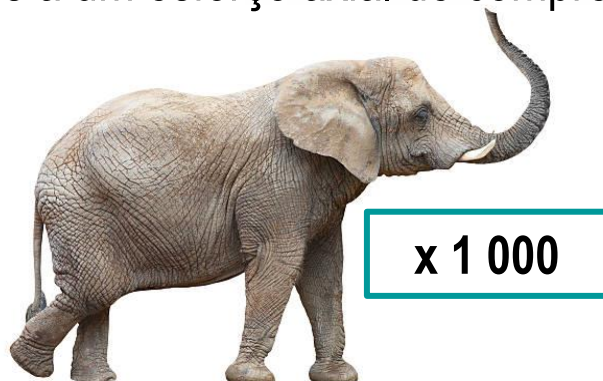
- Dimensionamento dos painéis de parede moldada
 - Consideração de um desvio geométrico de 1% face à posição teórica do painel
 - Dimensionamento à flexão composta + esforço transversal
 - Esforços semelhantes ao modelo bidimensional exceto na zona dos pórticos



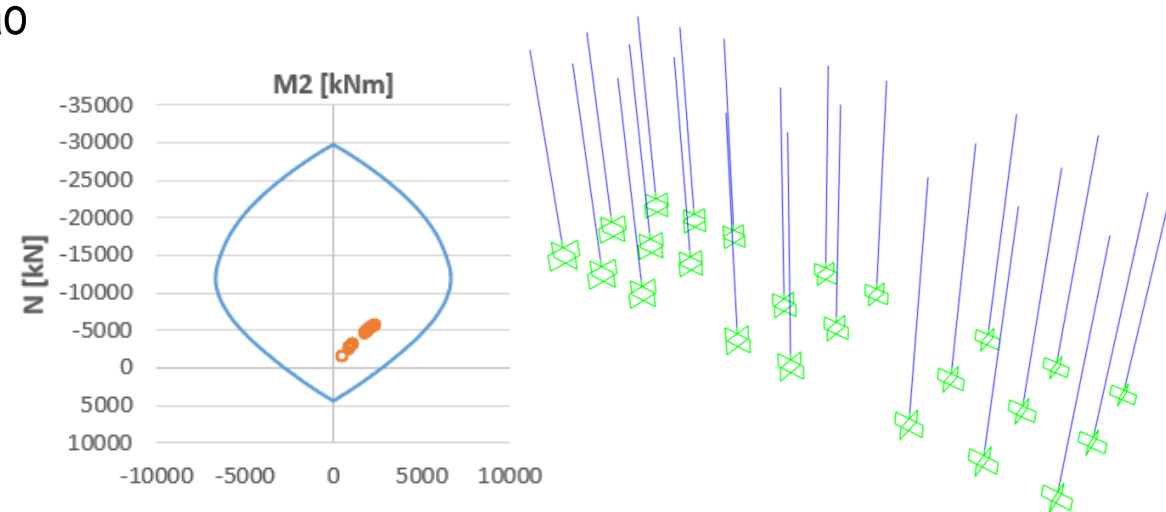
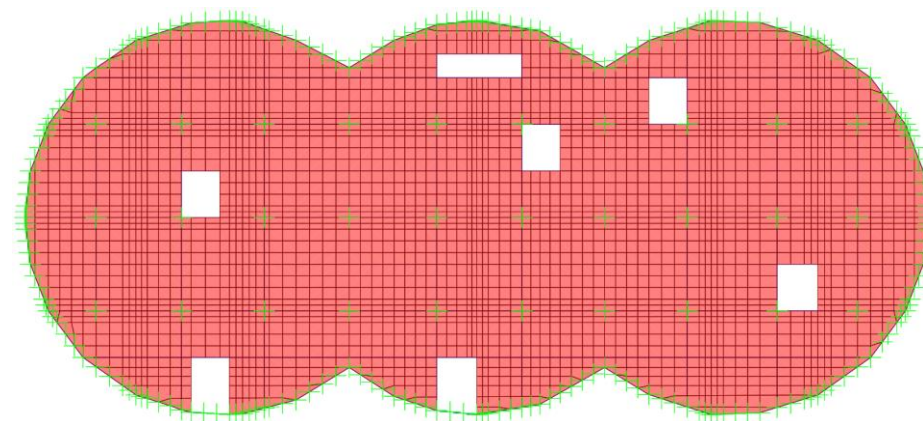
- Dimensionamento dos pórticos
 - Elemento vital no funcionamento da contenção
 - Esforços axiais de magnitude elevada
 - Forças de desvio significativas resultantes da variabilidade espacial dos impulsos
 - Análise considerando uma secção única em Y
 - Escoras sujeitos a um esforço axial de compressão = 50 000 kN



- Dimensionamento dos pórticos
 - Elemento vital no funcionamento da contenção
 - Esforços axiais de magnitude elevada
 - Forças de desvio significativas resultantes da variabilidade espacial dos impulsos
 - Análise considerando uma secção única em Y
 - Escoras sujeitos a um esforço axial de compressão = 50 000 kN



- Dimensionamento da cobertura e dos pilares
 - Modelos no *SAP2000*
 - Praça pública + estrada municipal:
 - Camião tipo TB-450 3 eixos
 - Aterro
 - Verificação dos estados limites últimos e de utilização
 - Dimensionamento à flexão composta
 - Consideração de excentricidade no topo dos pilares



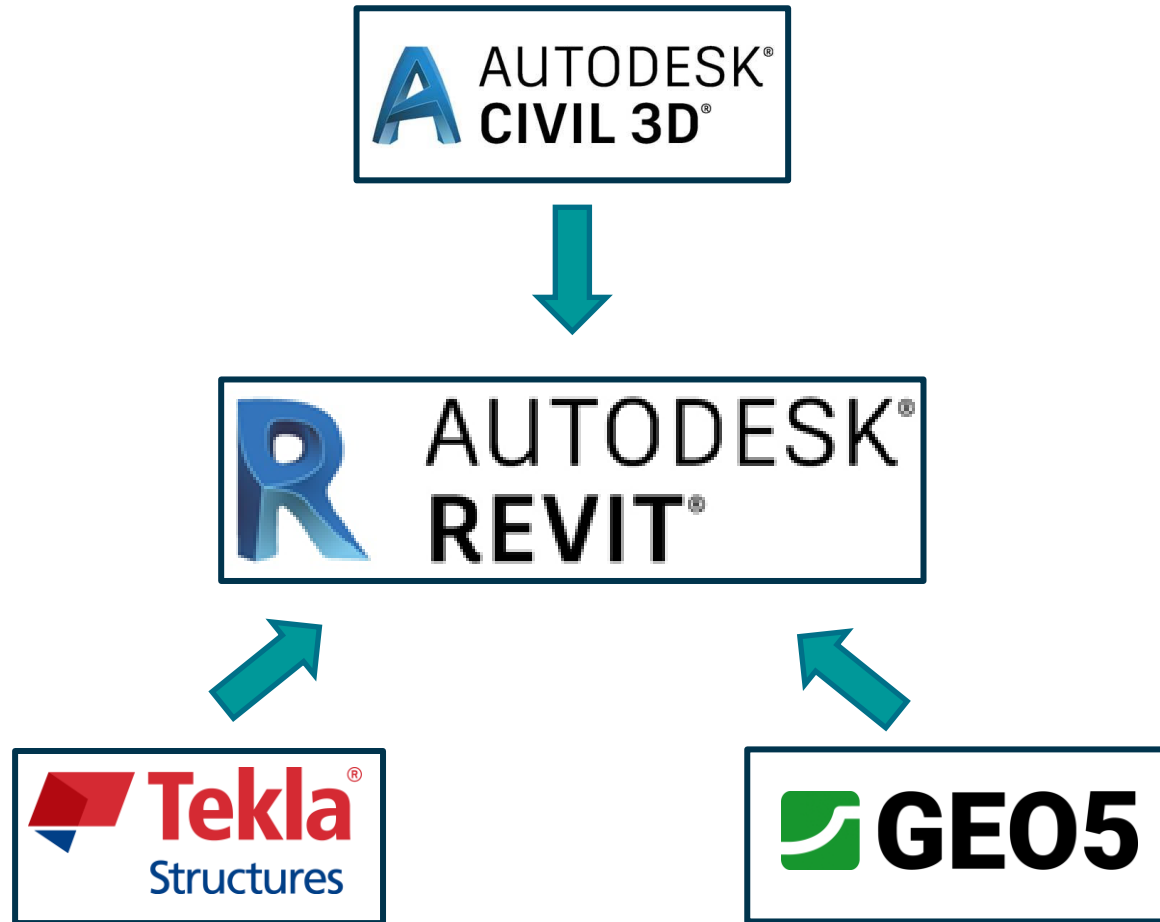


INDÍCE:

1. INTRODUÇÃO
2. SOLUÇÃO ADOTADA
3. ANÁLISE GEOTÉCNICA
4. ANÁLISE ESTRUTURAL
- 5. UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM**
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM

RESERVATÓRIOS DE GRANDE DIÂMETRO E PROFUNDIDADE EM MEIO URBANO, BRASIL

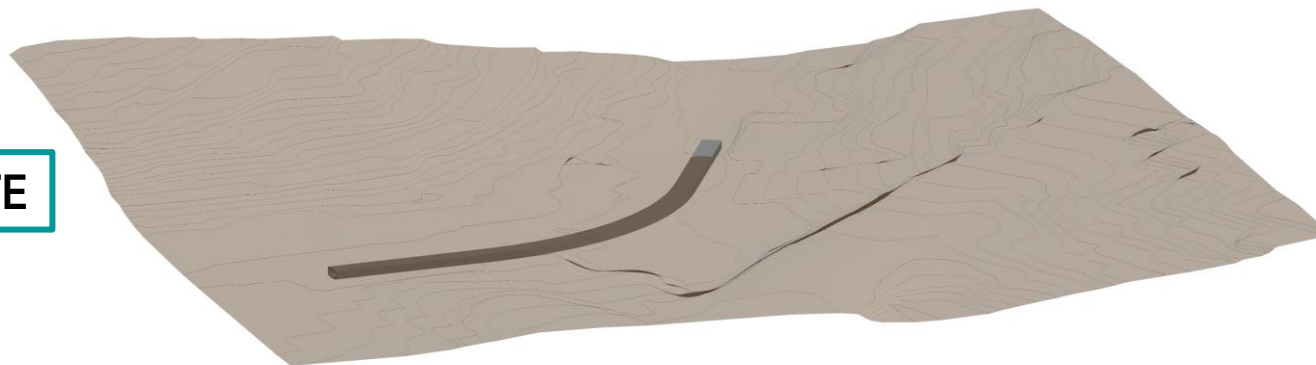


UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM

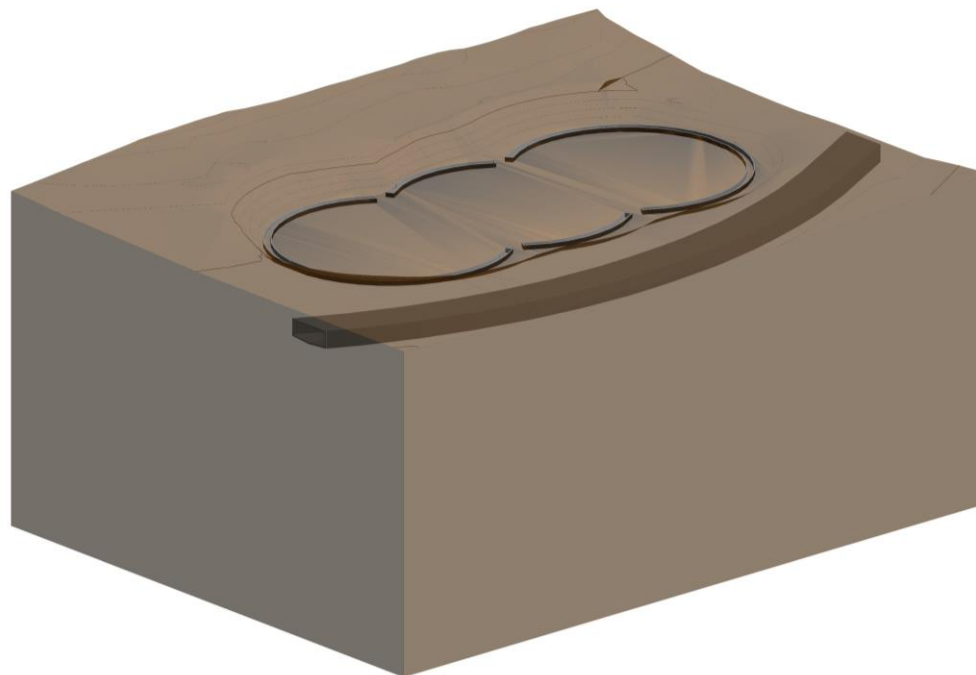
RESERVATÓRIOS DE GRANDE DIÂMETRO E PROFUNDIDADE EM MEIO URBANO, BRASIL



SITUAÇÃO EXISTENTE

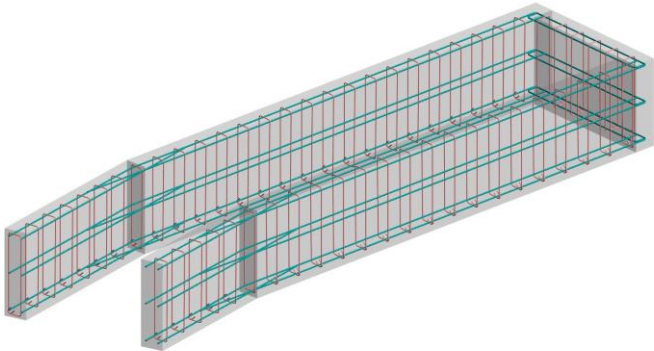
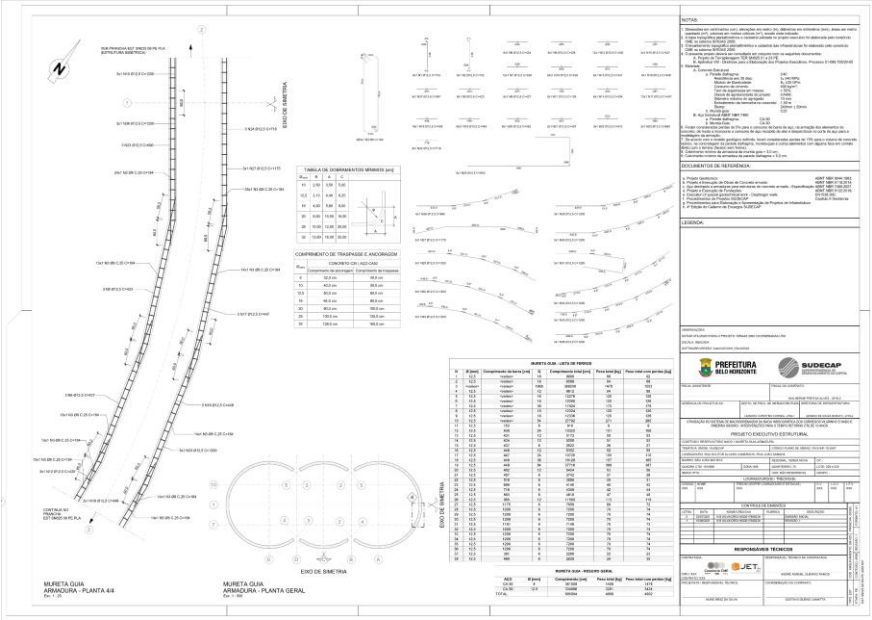


**ESCAVAÇÃO EM TALUDE
E MURO GUIA**



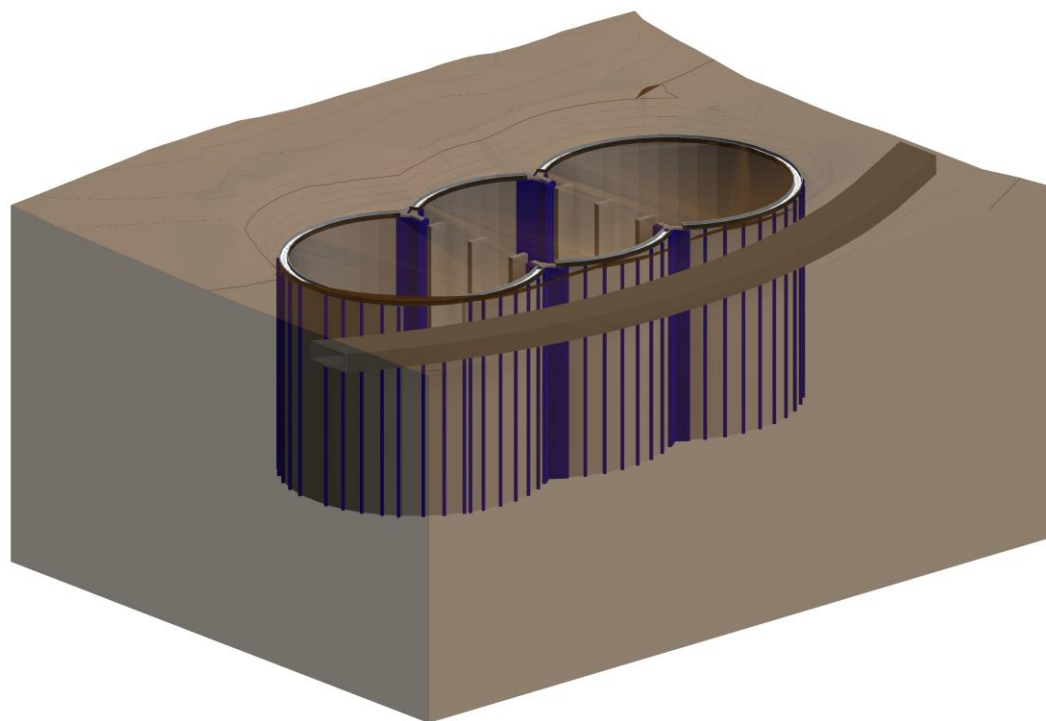
UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM

RESERVATÓRIOS DE GRANDE DIÂMETRO E PROFUNDIDADE EM MEIO URBANO, BRASIL



UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM

RESERVATÓRIOS DE GRANDE DIÂMETRO E PROFUNDIDADE EM MEIO URBANO, BRASIL

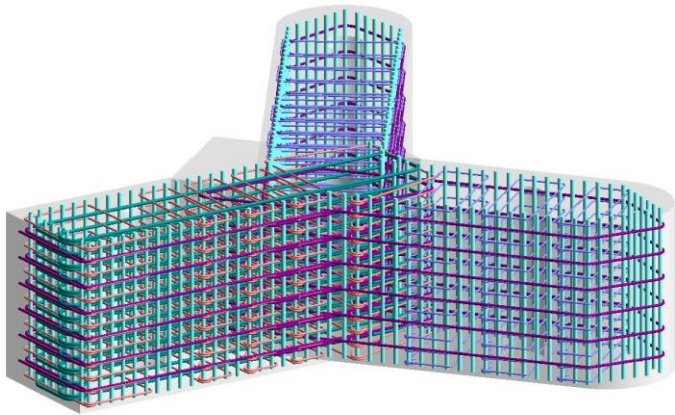
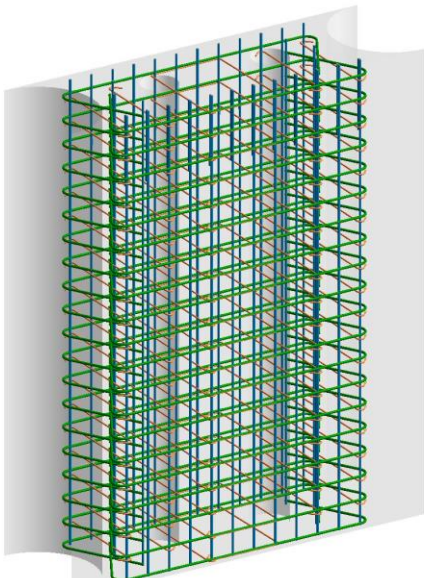
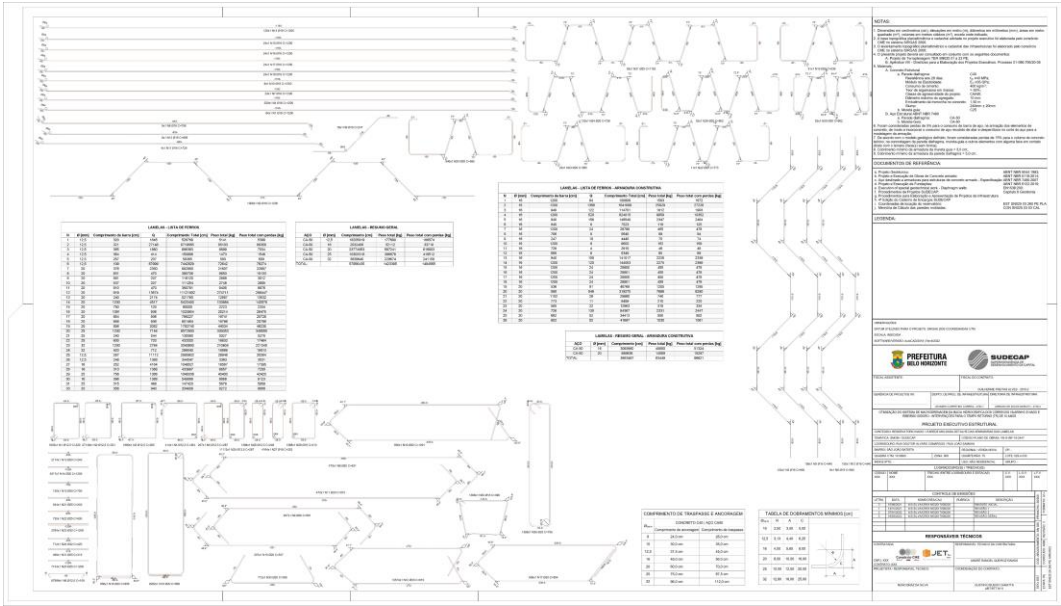


EXECUÇÃO DOS PAINÉIS E JETGROUTING



UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM

RESERVATÓRIOS DE GRANDE DIÂMETRO E PROFUNDIDADE EM MEIO URBANO, BRASIL

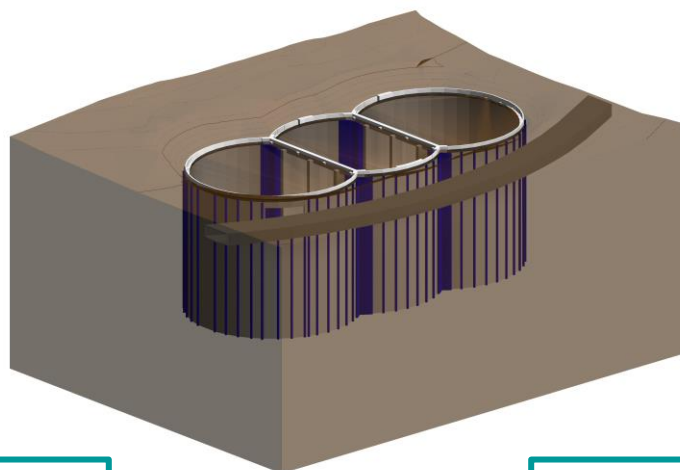


UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM

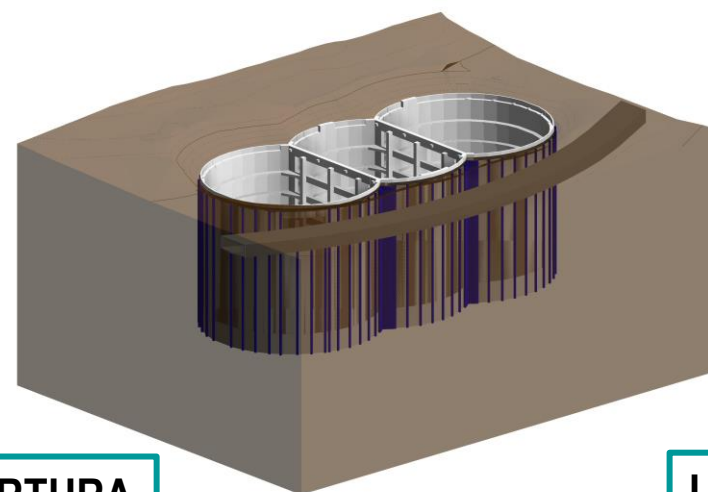
RESERVATÓRIOS DE GRANDE DIÂMETRO E PROFUNDIDADE EM MEIO URBANO, BRASIL



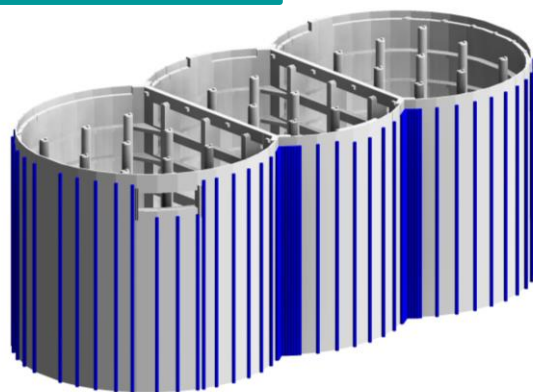
VIGA DE COROAMENTO



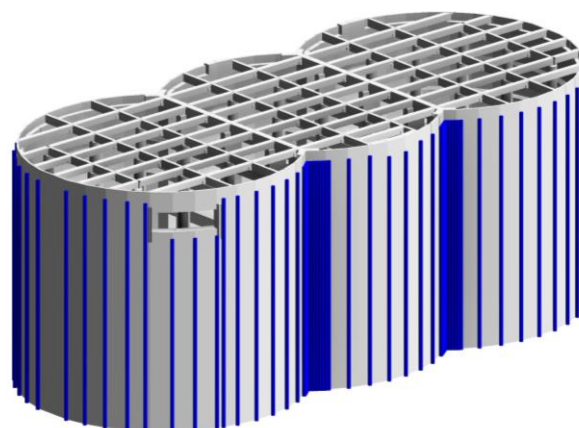
ANÉIS E ESCORAS



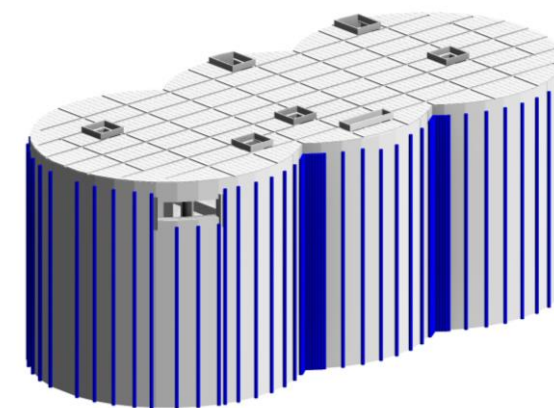
FUNDAÇÕES E PILARES



VIGAS DE COBERTURA

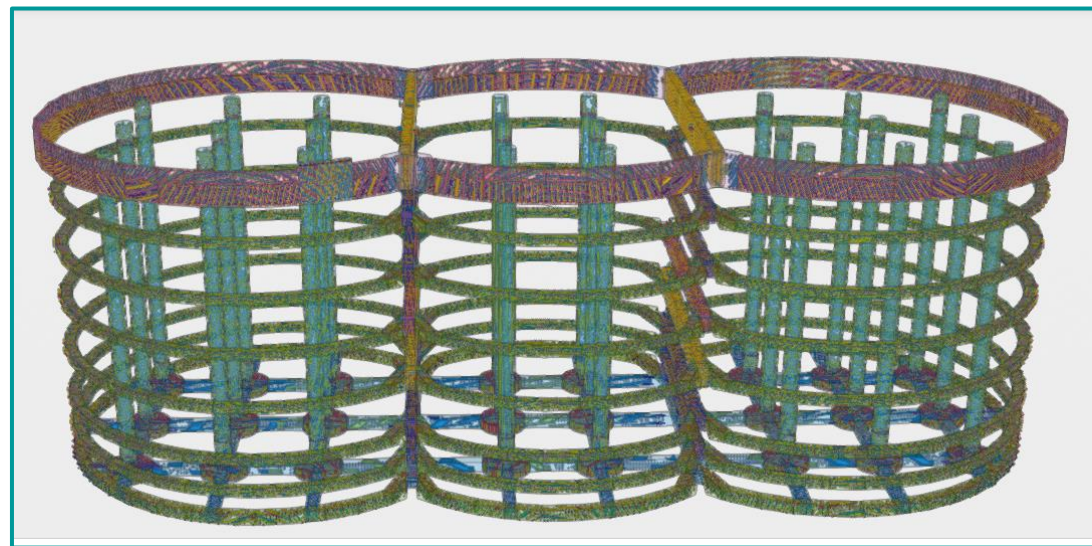
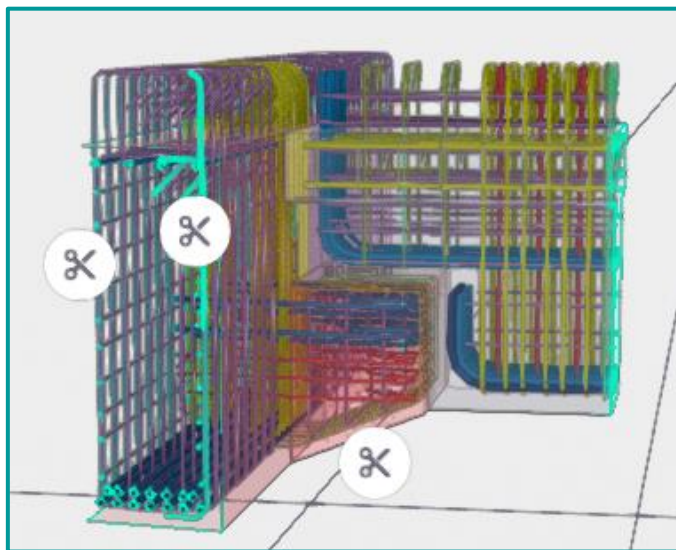
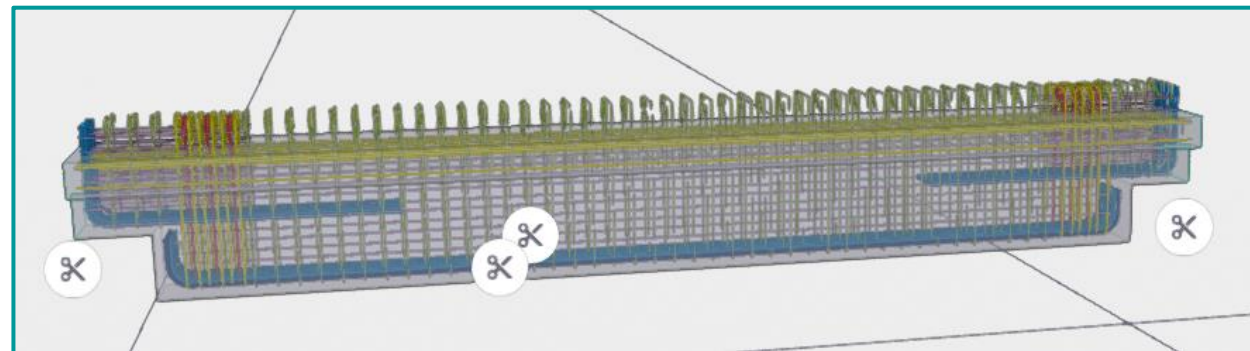
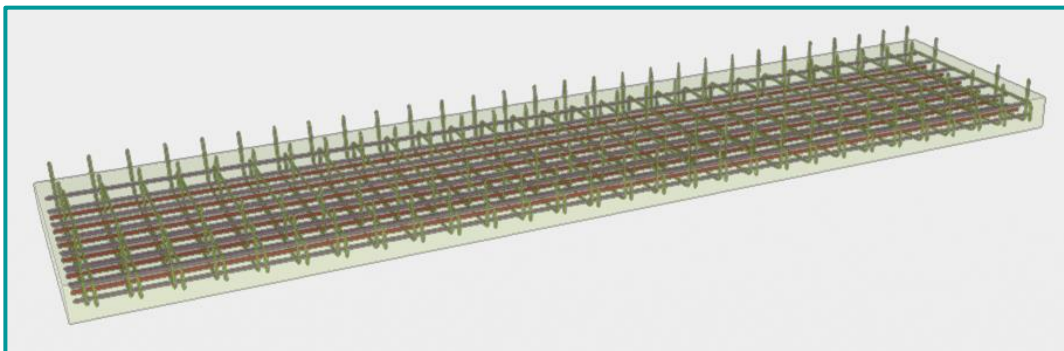


LAJES DE COBERTURA



UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM

RESERVATÓRIOS DE GRANDE DIÂMETRO E PROFUNDIDADE EM MEIO URBANO, BRASIL



INDÍCE:

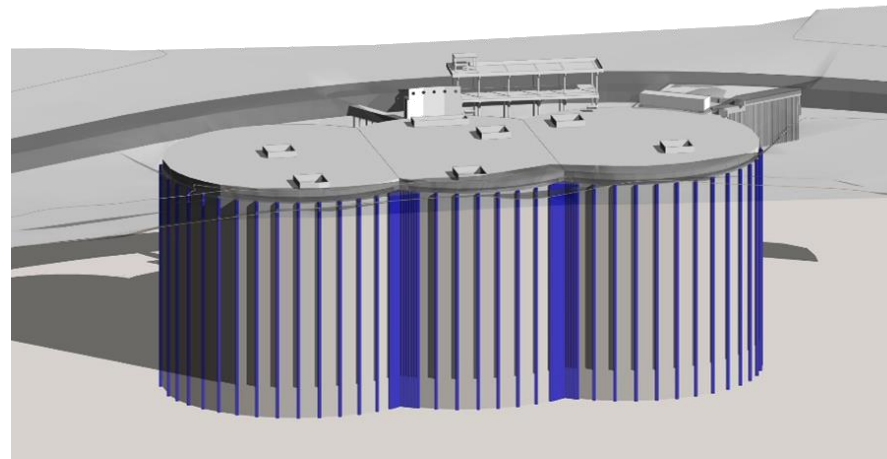
1. INTRODUÇÃO
2. SOLUÇÃO ADOTADA
3. ANÁLISE GEOTÉCNICA
4. ANÁLISE ESTRUTURAL
5. UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM
6. **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

CONSIDERAÇÕES FINAIS

RESERVATÓRIOS DE GRANDE DIÂMETRO E PROFUNDIDADE EM MEIO URBANO, BRASIL



- Simulação do efeito da escavação em termos de tensões e deformações através de modelos tridimensionais permitiu a análise e dimensionamento de alguns elementos particulares, contribuindo para um melhor entendimento do **comportamento global da estrutura**
- Uso das ferramentas BIM permitiu a verificação de interseções e conflitos entre diferentes elementos estruturais e de armaduras em zonas fortemente armadas
- Modelação de armaduras apesar de morosa apresenta **inúmeras vantagens**



OBRIGADO PELA VOSSA ATENÇÃO



THE GROUND IS OUR CHALLENGE

André Henriques, JET_{SJ} Geotecnia, ahenriques@jetsj.com

Miriam Lopes, JET_{SJ} Geotecnia, mlopes@jetsj.com

Nuno Braz da Silva, JET_{SJ} Geotecnia, nsilva@jetsj.com

JPEE 2022

Lisboa • LNEC • 9 a 11 de novembro de 2022

6^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas
Encontro Nacional de Betão Estrutural 2022
12^o Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica



SOLUÇÕES DE REFORÇO DE FUNDAÇÕES DO EDIFÍCIO AUSTRAL - QUARTEIRA

Ricardo Justiniano, JET_{SJ} Geotecnia, rjustiniano@jetsj.com

Neuza Carvalho, JET_{SJ} Geotecnia, ncarvalho@jetsj.com

Alexandre Pinto, JET_{SJ} Geotecnia, apinto@jetsj.com

Carlos Martins, Cadipro, cadipro@gmail.com





ÍNDICE:

- 1. INTRODUÇÃO**
2. CONDICIONAMENTOS
3. SOLUÇÕES PROPOSTAS
4. EXECUÇÃO
5. INSTRUMENTAÇÃO
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

INTRODUÇÃO

SOLUÇÕES DE REFORÇO DE FUNDAÇÃO DO EDIFÍCIO AUSTRAL - QUARTEIRA

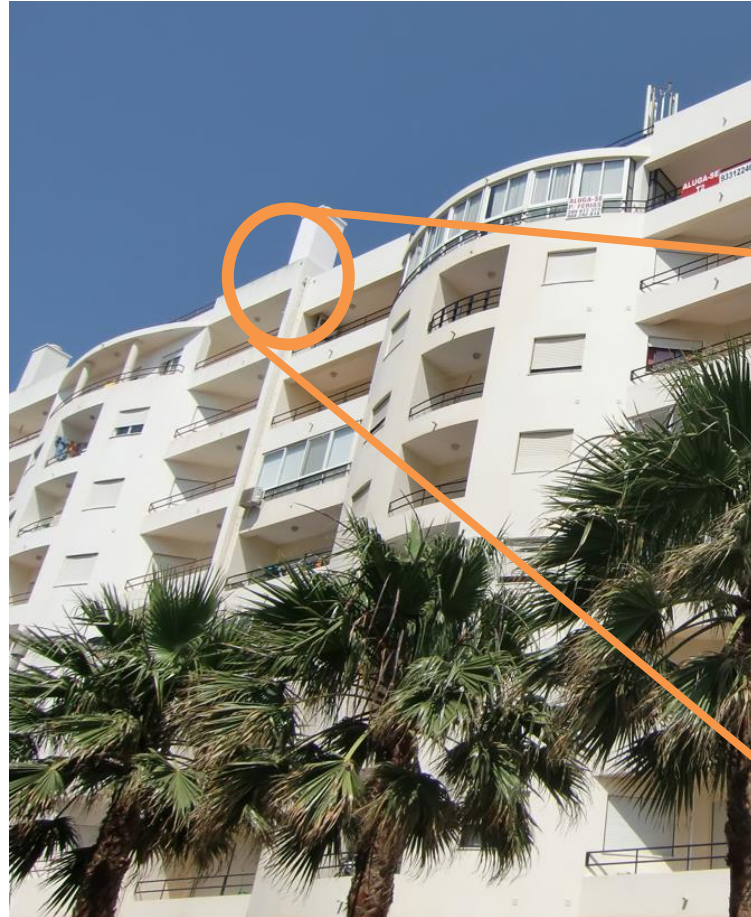


- Edifício de 2001 com área de implantação de cerca de 600m², com 1 cave e 8 pisos acima do solo;
- Fundações diretas com ensoleiramento (no projeto);



INTRODUÇÃO

- Verificou-se o desenvolvimento de uma rotação do edifício de cerca de 1°;
- Uma diferença de cerca de 25cm no topo;
- Lado poente do edifício afundou;



SOLUÇÕES DE REFORÇO DE FUNDAÇÃO
DO EDIFÍCIO AUSTRAL - QUARTEIRA





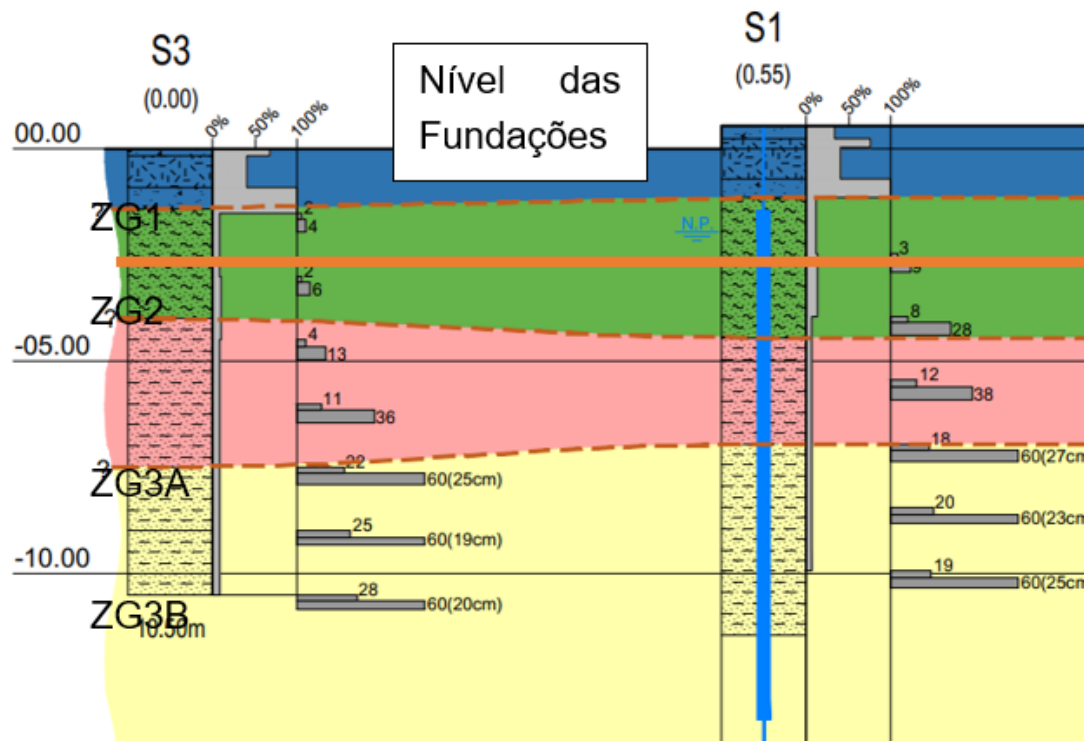
ÍNDICE:

1. INTRODUÇÃO
- 2. CONDICIONAMENTOS**
3. SOLUÇÕES PROPOSTAS
4. EXECUÇÃO
5. INSTRUMENTAÇÃO
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONDICIONAMENTOS

- Cenário Geológico Geotécnico
 - Edifício fundado em aluviões;
 - Estratos mais competentes encontravam-se a cerca de 8m de profundidade;

SOLUÇÕES DE REFORÇO DE FUNDAÇÃO DO EDIFÍCIO AUSTRAL - QUARTEIRA



Horizontes Geotécnicos

ZG1 – Aterro – $Q_d \ll 5 \text{ MPa}$

ZG2 – Aluvião – $Q_d \ll 4 \text{ MPa}$

ZG3A – Areias de Faro-Quarteira – $5 \ll Q_d \ll 30 \text{ MPa}$

ZG3B – Areias de Faro-Quarteira – $Q_d \gg 30 \text{ MPa}$

CONDICIONAMENTOS

SOLUÇÕES DE REFORÇO DE FUNDAÇÃO
DO EDIFÍCIO AUSTRAL - QUARTEIRA



- Condicionamentos relativos ao executado
 - Ensoleiramento geral não tinha sido executado;
 - Ao invés de laje com 35cm de espessura existia um massame armado com malha electrosoldada, apenas na face inferior, com 15cm;

“Ensoleiramento”



CONDICIONAMENTOS

SOLUÇÕES DE REFORÇO DE FUNDAÇÃO
DO EDIFÍCIO AUSTRAL - QUARTEIRA



- Condicionamentos relativos ao espaço “in situ”
 - Pé direito máximo de 2,2m nos eixos dos pilares (sobre as vigas);

- Espaço para estaleiro reduzido;
- Espaço para realizar demolições e entulhe reduzido;
- Visibilidade reduzida;
- Condicionamento devido a ruído;



CONDICIONAMENTOS

SOLUÇÕES DE REFORÇO DE FUNDAÇÃO
DO EDIFÍCIO AUSTRAL - QUARTEIRA

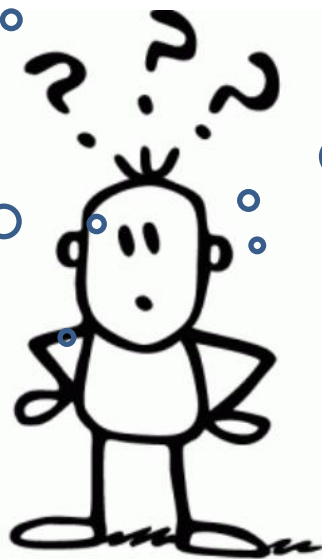


Que tipo de solução de
reforço de fundações?

Com que
equipamentos, face ao
espaço disponível?

Solução precisa de
ser compatibilizada
com existente.

O edifício está a afundar,
temos de agir!



Objetivo é estabilizar o
edifício!

Custo? Prazo?

Garantias de
resolver o
problema?

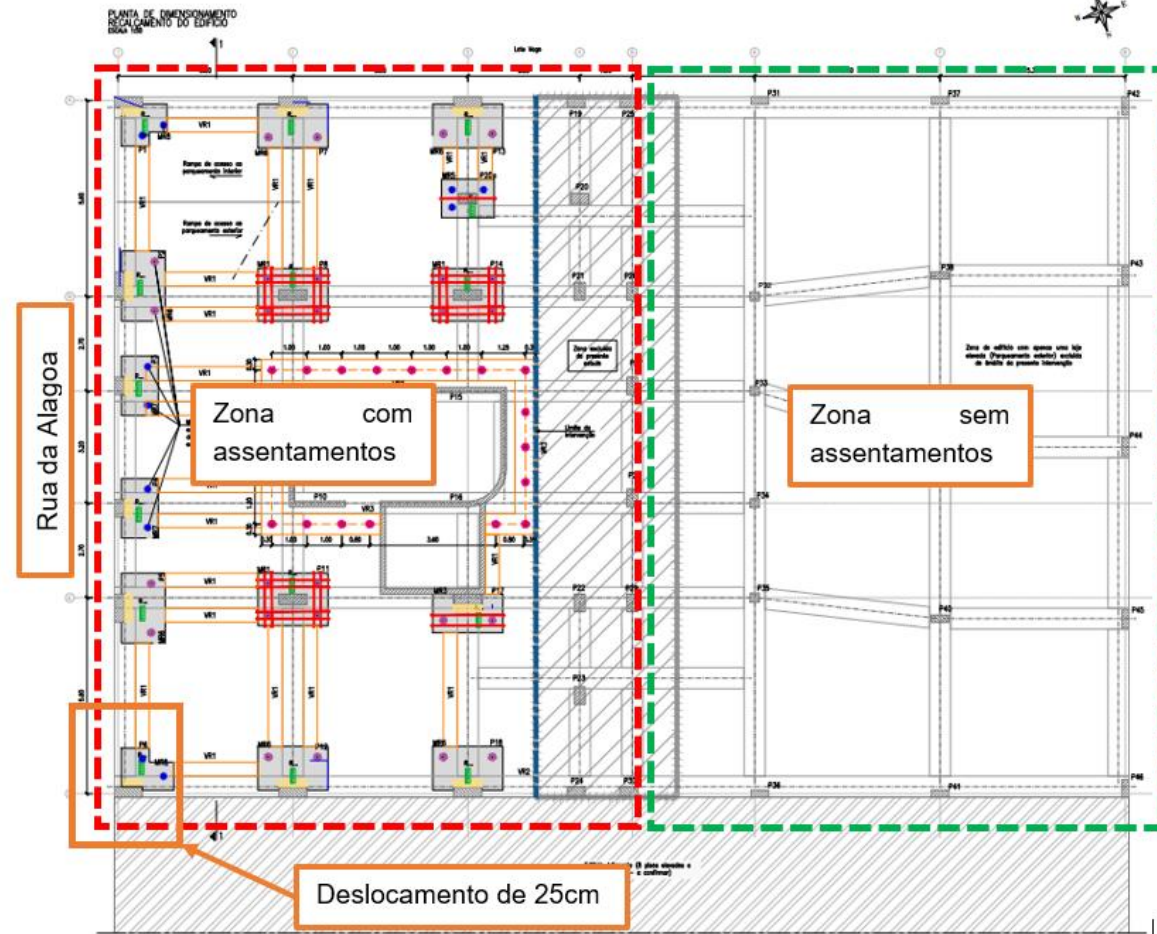
ÍNDICE:

1. INTRODUÇÃO
2. CONDICIONAMENTOS
3. **SOLUÇÕES PROPOSTAS**
4. EXECUÇÃO
5. INSTRUMENTAÇÃO
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

SOLUÇÕES PROPOSTAS

- Recalçamento das fundações do lado poente, com execução de maciços de recalçamento, solidarizados com as fundações existentes por meio de barras GEWI, fundados em microestacas N-80;
- Reforço das vigas de fundação, com execução de vigas de fundação paralelas às existentes;
- Reforço dos pilares ao nível da semicave, com encamisamento dos mesmos com execução de uma lamina de betão armado, solidarizada aos maciços de recalçamento e às vigas d fundação reforçada;
- Preenchimento e tratamento de todas as fendas e fissuras existentes;

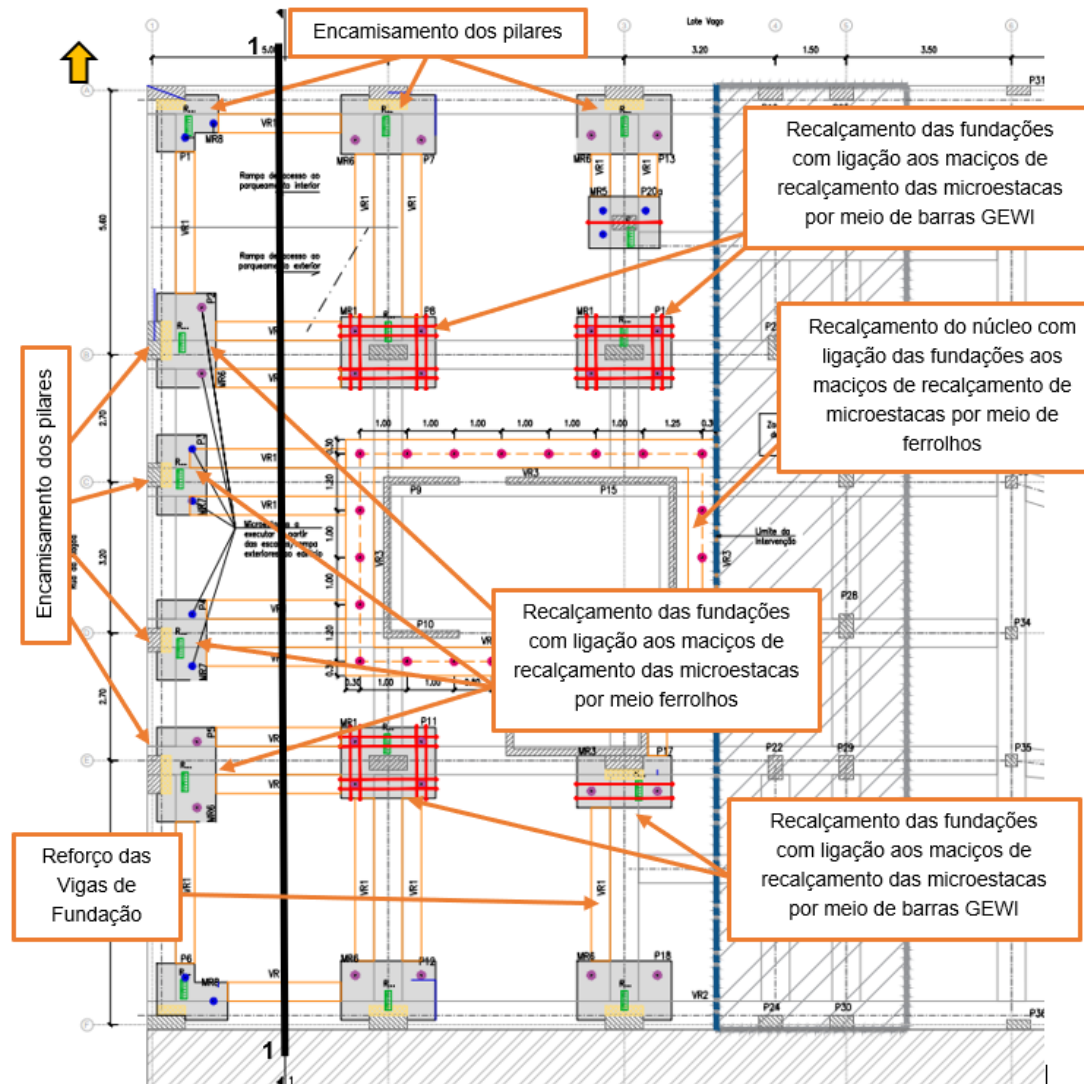
SOLUÇÕES DE REFORÇO DE FUNDAÇÃO DO EDIFÍCIO AUSTRAL - QUARTEIRA



SOLUÇÕES PROPOSTAS

- Recalçamento das fundações do lado poente, com execução de maciços de recalçamento, solidarizados com as fundações existentes por meio de barras GEWI, fundados em microestacas N-80;
- Reforço das vigas de fundação, com execução de vigas de fundação paralelas às existentes;
- Reforço dos pilares ao nível da semicave, com encamisamento dos mesmos com execução de uma lamina de betão armado, solidarizada aos maciços de recalçamento e às vigas de fundação reforçada;
- Preenchimento e tratamento de todas as fendas e fissuras existentes;

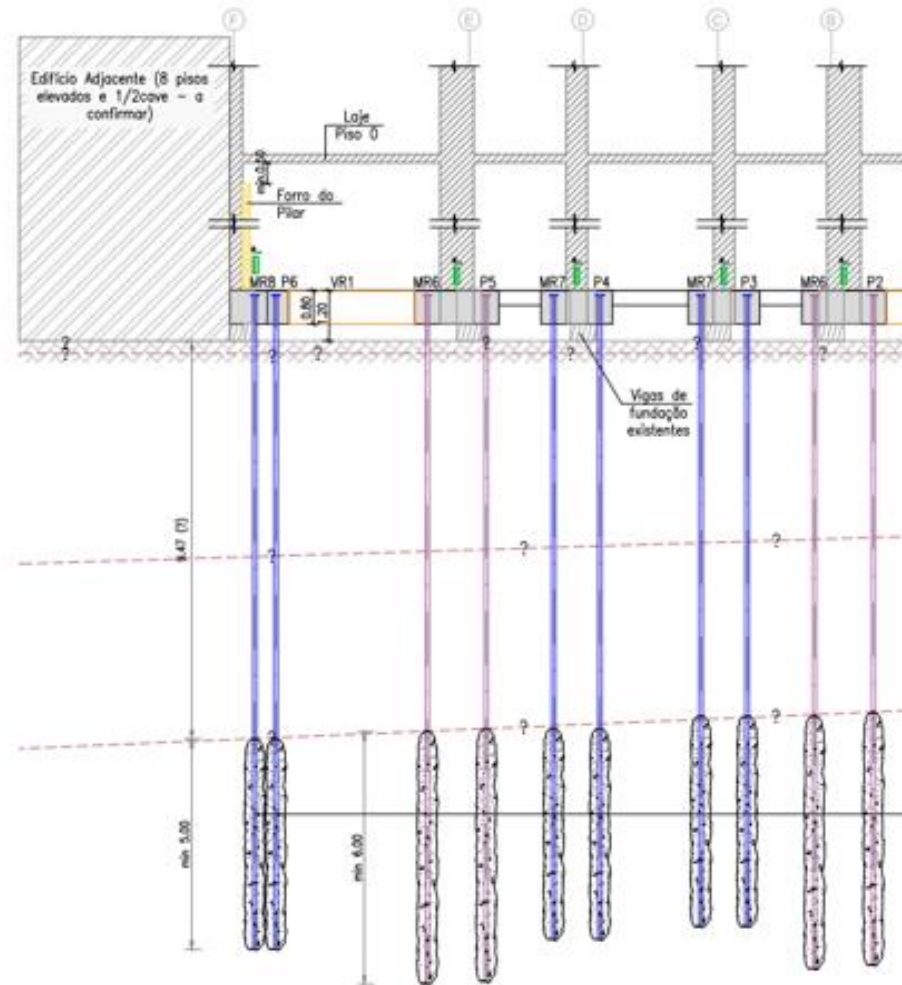
SOLUÇÕES DE REFORÇO DE FUNDAÇÃO DO EDIFÍCIO AUSTRAL - QUARTEIRA



SOLUÇÕES PROPOSTAS

- Dificuldades da execução:
 - Necessidade de executar microestacas com comprimentos de 1m, de modo a que a máquina tenha espaço para execução das mesmas;
 - Implica colocar uniões metro a metro, o que atrasa o processo de execução;
 - Execução de barras GEWI junto de vigas de fundação existente, dificuldade à aplicação do mesmo;
 - Necessidade de compatibilizar projeto com o verificado realmente em obra, quer ao nível dos elementos de fundação quer ao nível de espaço real para execução dos trabalhos;

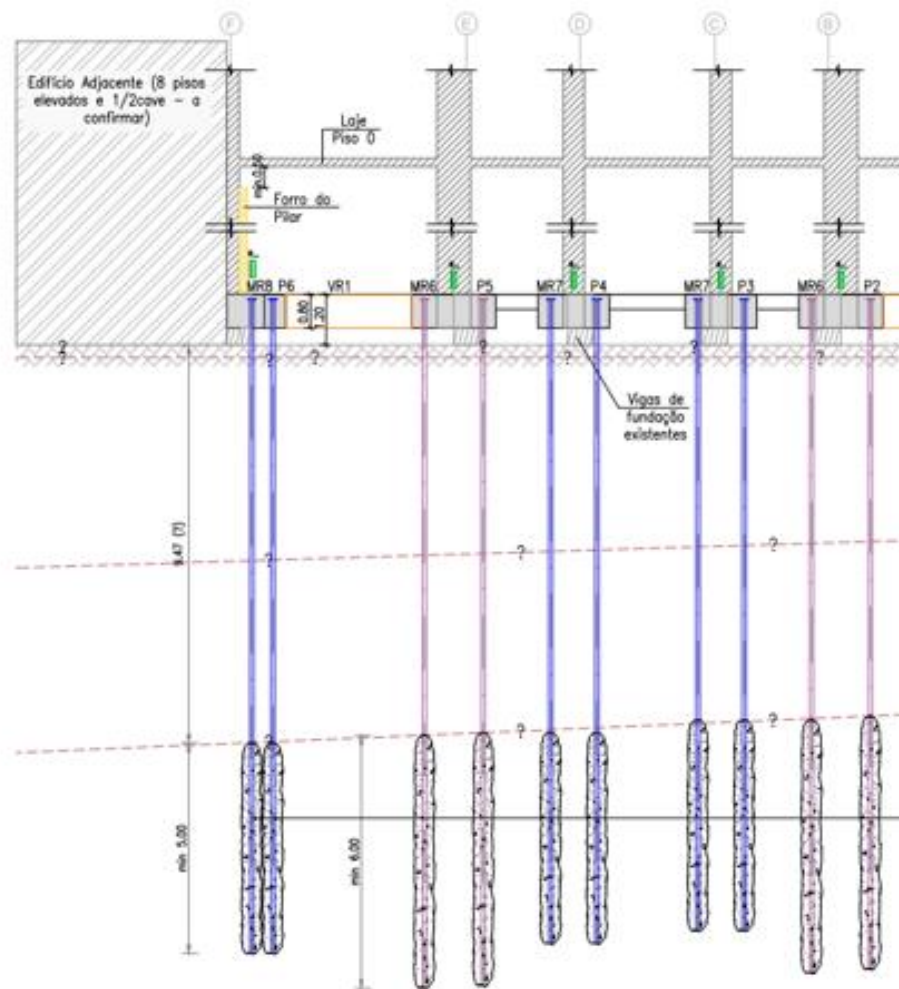
SOLUÇÕES DE REFORÇO DE FUNDAÇÃO DO EDIFÍCIO AUSTRAL - QUARTEIRA



SOLUÇÕES PROPOSTAS

- Dificuldades da execução:
 - Obras a executar em edifício habitacional a funcionar;
 - Limitações de ruído;
 - “Controlo de Condóminos”;
 - Necessidade de ter equipamento para escoar a água;

SOLUÇÕES DE REFORÇO DE FUNDAÇÃO DO EDIFÍCIO AUSTRAL - QUARTEIRA





ÍNDICE:

1. INTRODUÇÃO
2. CONDICIONAMENTOS
3. SOLUÇÕES PROPOSTAS
- 4. EXECUÇÃO**
5. INSTRUMENTAÇÃO
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

EXECUÇÃO

SOLUÇÕES DE REFORÇO DE FUNDAÇÃO DO EDIFÍCIO AUSTRAL - QUARTEIRA



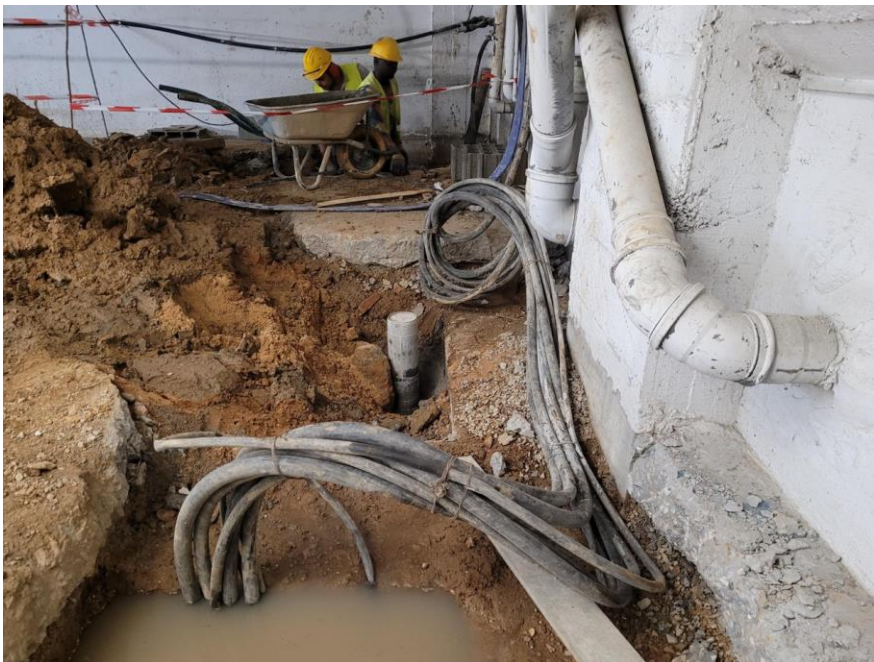
- Vista cave;
- Microestacas de reforço já executadas

EXECUÇÃO

SOLUÇÕES DE REFORÇO DE FUNDAÇÃO DO EDIFÍCIO AUSTRAL - QUARTEIRA



- Poços de inspeção;
- Picagem de viga de fundação para aferir armadura real;



- Ajustamento de soluções em função das condições reais verificadas em obra;

EXECUÇÃO

SOLUÇÕES DE REFORÇO DE FUNDAÇÃO DO EDIFÍCIO AUSTRAL - QUARTEIRA



➤ Execução de novo pavimento;

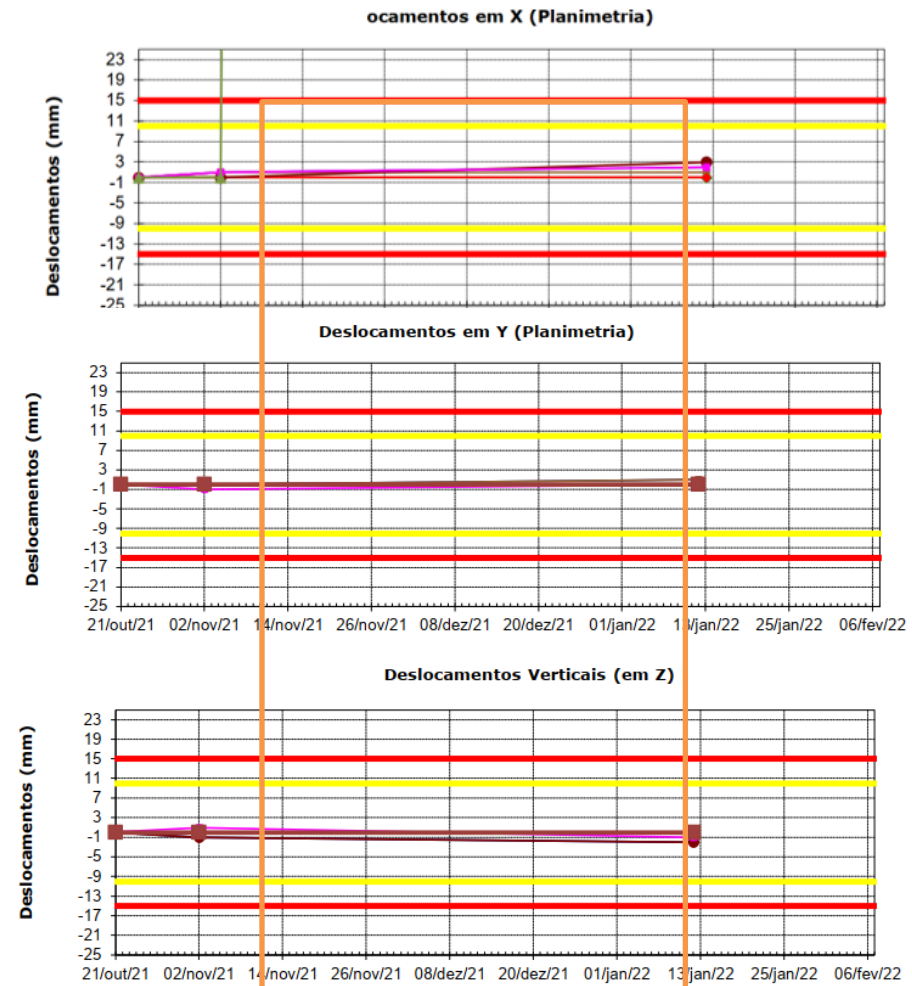


ÍNDICE:

1. INTRODUÇÃO
2. CONDICIONAMENTOS
3. SOLUÇÕES PROPOSTAS
4. EXECUÇÃO
- 5. INSTRUMENTAÇÃO**
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

INSTRUMENTAÇÃO

- Instrumentação dos topos em 6 pontos no edifício, com zeragem previamente ao início dos trabalhos;
- Verificou-se um bom comportamento da estrutura durante a execução dos trabalhos, sem agravamento significativo dos deslocamentos;



ÍNDICE:

1. INTRODUÇÃO
2. CONDICIONAMENTOS
3. SOLUÇÕES PROPOSTAS
4. EXECUÇÃO
5. INSTRUMENTAÇÃO
- 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

CONCLUSÕES

SOLUÇÕES DE REFORÇO DE FUNDAÇÃO
DO EDIFÍCIO AUSTRAL - QUARTEIRA



- Soluções de microestacas apresentam uma boa resposta em intervenções em espaços limitados;
- Obra caracterizada pelo grande condicionamento de espaço;
- Reforço de fundação permitiu estabilizar a evolução das elevadas deformações e melhor o comportamento das fundações face às ações sísmicas.

OBRIGADO PELA VOSSA ATENÇÃO



THE GROUND IS OUR CHALLENGE

Ricardo Justiniano, JET_{SJ} Geotecnia, rjustiniano@jetsj.com

Neuza Carvalho, JET_{SJ} Geotecnia, ncarvalho@jetsj.com

Alexandre Pinto, JET_{SJ} Geotecnia, apinto@jetsj.com

Carlos Martins, Cadipro, cadipro@gmail.com

JPEE 2022

Lisboa • LNEC • 9 a 11 de novembro de 2022

6^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas
Encontro Nacional de Betão Estrutural 2022
12^o Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica



REFORÇO DE FUNDAÇÕES DE EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO, OEIRAS

André Henriques, JET_{SJ} Geotecnia, ahenriques@jetsj.com

Rui Tomásio, JET_{SJ} Geotecnia, rtomasio@jetsj.com



ÍNDICE:

1. INTRODUÇÃO
2. CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA
3. CONDICIONAMENTOS
4. SOLUÇÕES ADOTADAS
5. DIMENSIONAMENTO
6. INSTRUMENTAÇÃO
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

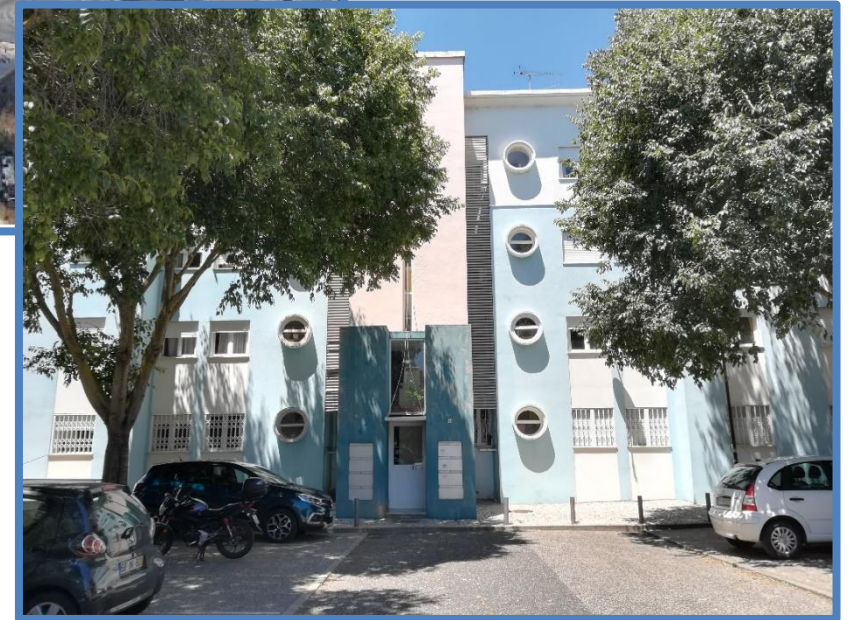
ÍNDICE:

- 1. INTRODUÇÃO**
2. CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA
3. CONDICIONAMENTOS
4. SOLUÇÕES ADOTADAS
5. DIMENSIONAMENTO
6. INSTRUMENTAÇÃO
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

INTRODUÇÃO

- Soluções de reforço e recalçamento das fundações de edifício de habitação
 - Edifício com formato em T
 - 1998
 - Área = 380 m²
 - R/C + 3 pisos elevados
 - Estrutura em betão armado
 - Massame + lintéis
 - Profundidade das sapatas indefinida no projeto original

REFORÇO DE FUNDAÇÕES DE EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO, OEIRAS



ÍNDICE:

1. INTRODUÇÃO
- 2. CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA**
3. CONDICIONAMENTOS
4. SOLUÇÕES ADOTADAS
5. DIMENSIONAMENTO
6. INSTRUMENTAÇÃO
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Estado razoável de conservação exterior:
 - Fissuras
 - Empolamentos
 - Abatimento do pavimento
 - Destacamento do muro existente
 - Fenda horizontal no alçado Oeste



- Estado razoável de conservação exterior:
 - **Fissuras**
 - **Empolamentos**
 - Abatimento do pavimento
 - Destacamento do muro existente
 - Fenda horizontal no alçado Oeste



- Estado razoável de conservação exterior:
 - Fissuras
 - Empolamentos
 - **Abatimento do pavimento**
 - Destacamento do muro existente
 - Fenda horizontal no alçado Oeste



- Estado razoável de conservação exterior:
 - Fissuras
 - Empolamentos
 - Abatimento do pavimento
 - **Destacamento do muro existente**
 - Fenda horizontal no alçado Oeste



- Estado razoável de conservação exterior:
 - Fissuras
 - Empolamentos
 - Abatimento do pavimento
 - Destacamento do muro existente
 - **Fenda horizontal no alçado Oeste**



CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA

REFORÇO DE FUNDAÇÕES DE EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO, OEIRAS



- Interior do edifício com patologias severas:

- Fissuração horizontal acentuada
- Abatimento do piso do R/C



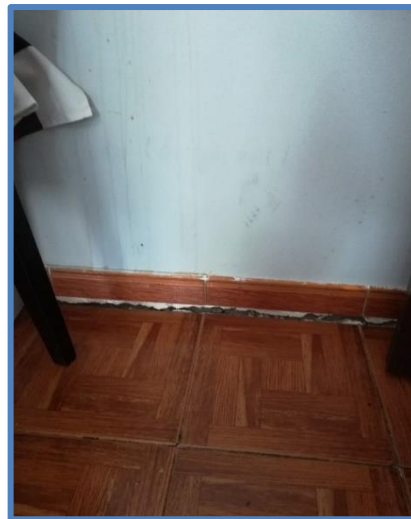
- Causas:

- Assentamento do massame interior
- Assentamento das fundações interiores



- Provocado por:

- Abertura de uma vala de esgoto em 2015/2016
- Rotura da coluna de rede de abastecimento de água em 2015



ÍNDICE:

1. INTRODUÇÃO
2. CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA
3. **CONDICIONAMENTOS**
4. SOLUÇÕES ADOTADAS
5. DIMENSIONAMENTO
6. INSTRUMENTAÇÃO
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONDICIONAMENTOS

- Geológico-geotécnicos:
 - 3 sondagens mecânicas à rotação com ensaio SPT
 - 1 ensaio penetração dinâmica ligeira (PDL)
 - 4 poços de prospeção
- ↓
- 4 horizontes geotécnicos:
 - ZG3 Aterros e aluviões ($N_{SPT} < 6$)
 - ZG2 Argilas margosas descomprimidas ($N_{SPT} < 30$)
 - ZG1B Argilas margosas ($30 < N_{SPT} < 60$)
 - ZG1A Margas, calcário margoso e calcário ($N_{SPT} \geq 60$)
 - Não existia nível de água estabilizado nas profundidades prospectadas

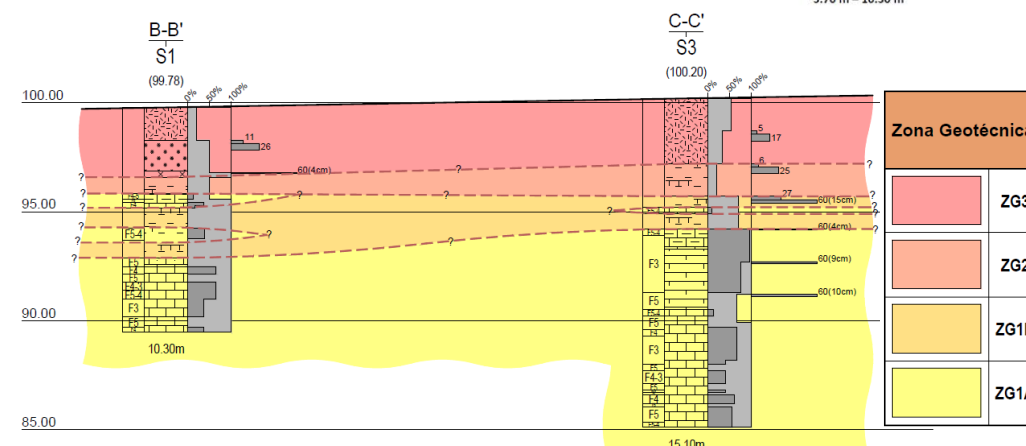
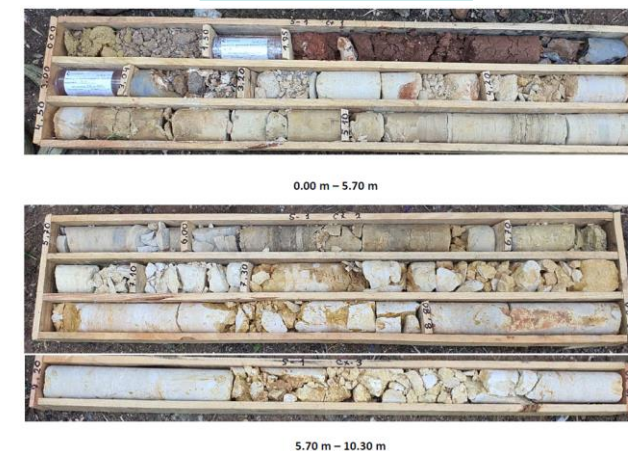
REFORÇO DE FUNDAÇÕES DE EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO, OEIRAS



POÇO



SONDAGEM



- Arquitetónicos e funcionais:
 - Mínimo impacto no normal funcionamento do edifício a intervir
 - Apenas o R/C seria integralmente desocupado
 - Preservação da integridade das fachadas
 - Preservação das redes de serviços existentes



ÍNDICE:

1. INTRODUÇÃO
2. CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA
3. CONDICIONAMENTOS
4. **SOLUÇÕES ADOTADAS**
5. DIMENSIONAMENTO
6. INSTRUMENTAÇÃO
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

SOLUÇÕES ADOTADAS

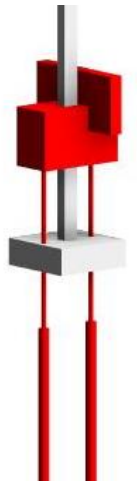
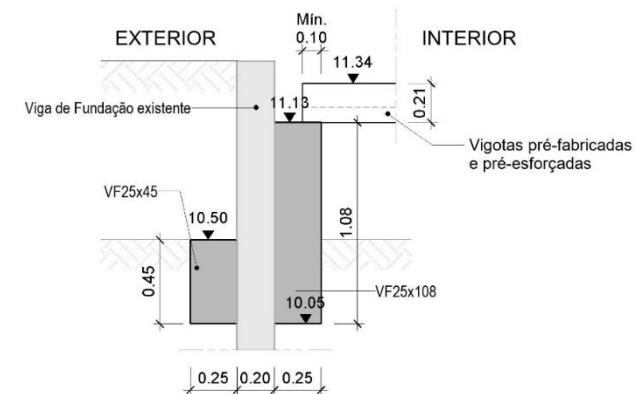
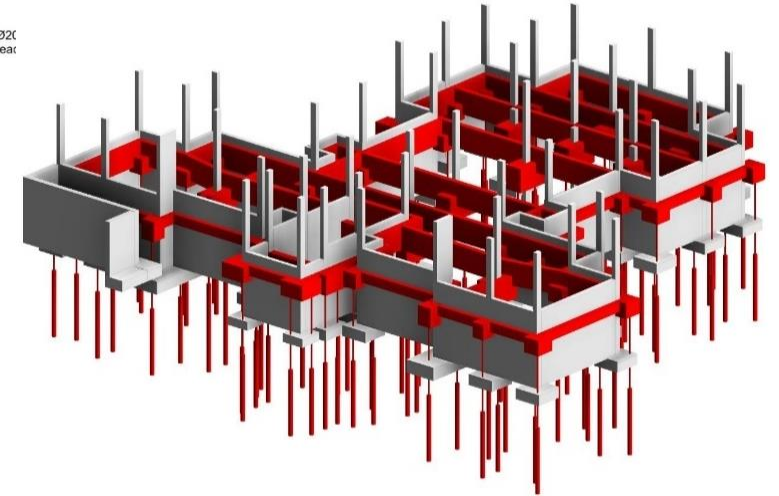
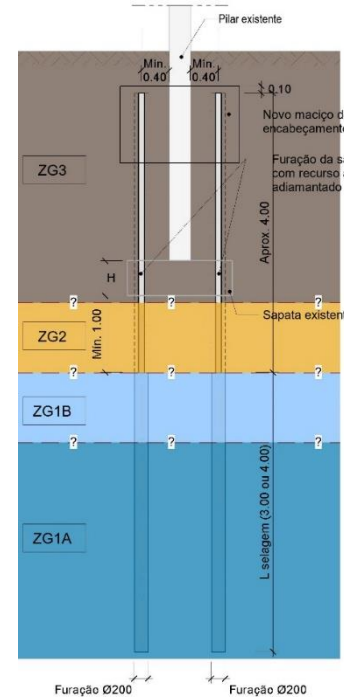
- Cenário geológico geotécnico
- Volumetria do edifício
- Tipologia estrutural
- Danos/patologias existentes



LAJE ESTRUTURAL R/C + RECALÇAMENTO DAS FUNDAÇÕES

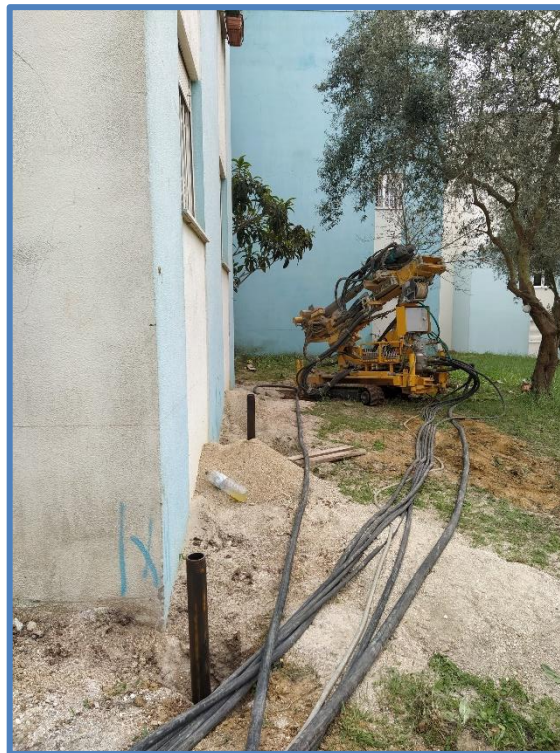
- Vigotas pré-fabricadas e pré-esforçadas com abobadilhas cerâmicas
- Vigas de fundação interiores e de periferia
- Maciços em betão armado ligados aos pilares existentes através de varões tipo GEWI
- Microestacas tubulares em aço N80
 - Ø88.9x6,5 mm | Ø73x5.5 mm

REFORÇO DE FUNDAÇÕES DE EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO, OEIRAS



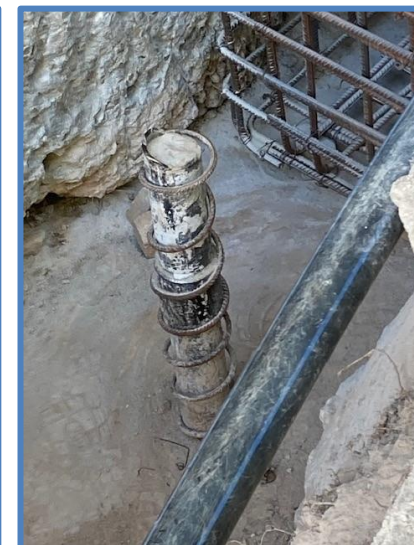
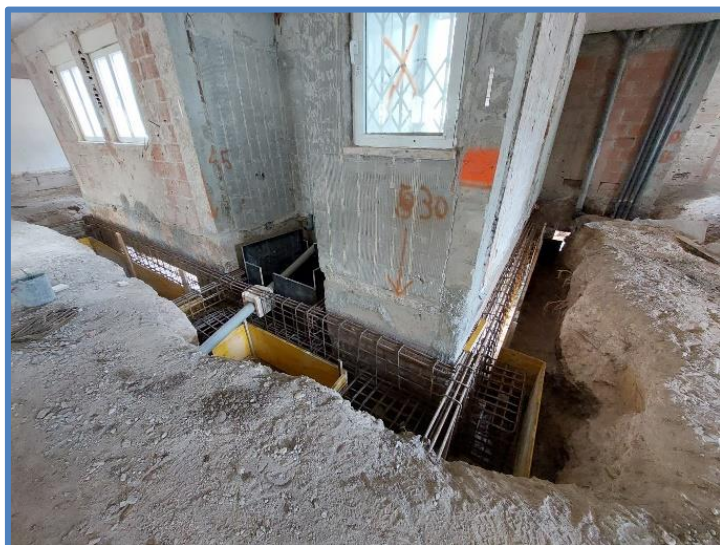
SOLUÇÕES ADOTADAS

REFORÇO DE FUNDAÇÕES DE EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO, OEIRAS



SOLUÇÕES ADOTADAS

REFORÇO DE FUNDAÇÕES DE EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO, OEIRAS



SOLUÇÕES ADOTADAS

REFORÇO DE FUNDAÇÕES DE EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO, OEIRAS



ÍNDICE:

1. INTRODUÇÃO
2. CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA
3. CONDICIONAMENTOS
4. SOLUÇÕES ADOTADAS
- 5. DIMENSIONAMENTO**
6. INSTRUMENTAÇÃO
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

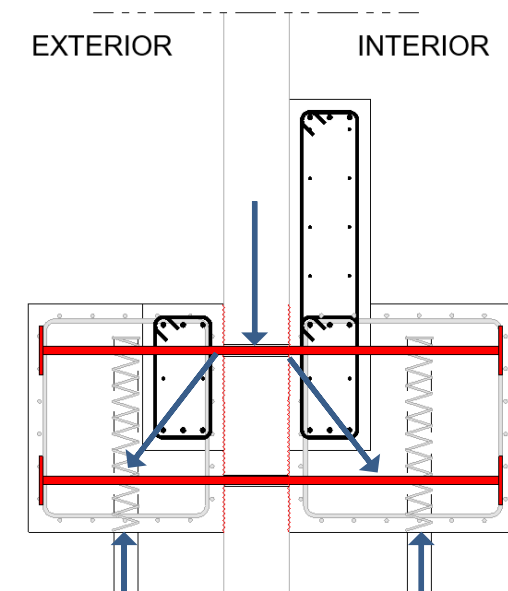
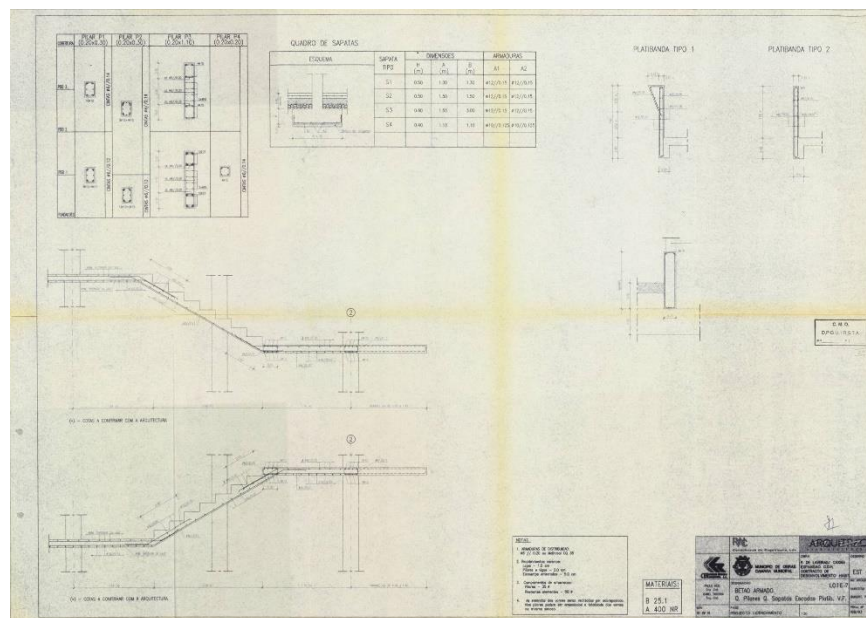
- Cargas do projeto original (1998) + novo piso estrutural (aumento de 33% da carga transmitida às fundações)

- Áreas de influência
- Modelos simplificados

- Escoras e tirantes

- Microestacas dimensionadas para a totalidade das cargas axiais

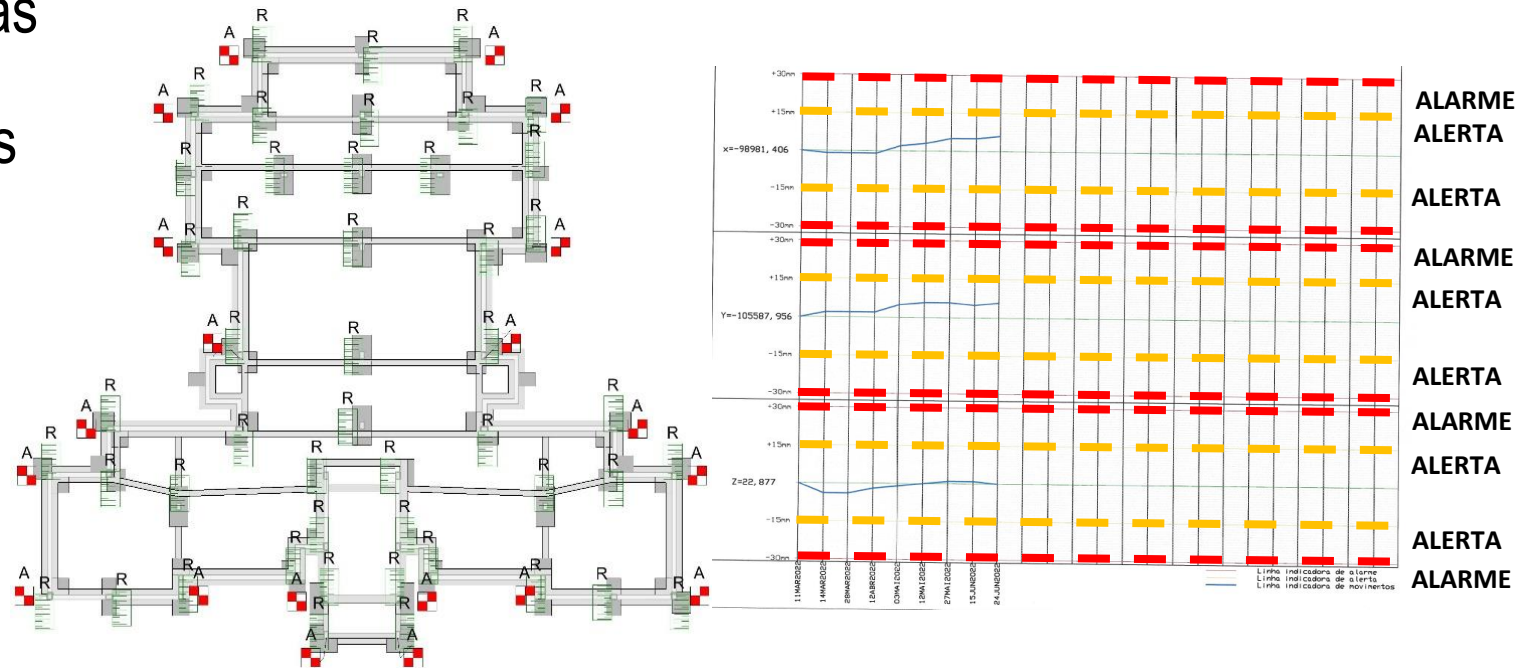
- Elevada rigidez axial da microestaca



ÍNDICE:

1. INTRODUÇÃO
2. CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA
3. CONDICIONAMENTOS
4. SOLUÇÕES ADOTADAS
5. DIMENSIONAMENTO
- 6. INSTRUMENTAÇÃO**
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- 20 alvos topográficos nas fachadas
- 48 réguas topográficas nos pilares
- Definição dos critérios de alerta e alarme
- Definição de medidas de reforço



ÍNDICE:

1. INTRODUÇÃO
2. CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA
3. CONDICIONAMENTOS
4. SOLUÇÕES ADOTADAS
5. DIMENSIONAMENTO
6. INSTRUMENTAÇÃO
7. **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

- Solução assegura que todos os elementos estruturais se encontram **fundados ao nível de substratos competentes**, não afetados por fenómenos de erosão e/ou degradação
- **Minimização do impacto** no normal funcionamento do edifício:
 - Pisos superiores não foram afetados
 - Manutenção das fachadas existentes
- **Reaproveitamento** de alguns materiais e equipamentos existentes
- Plano de instrumentação e observação permite a realização dos trabalhos em condições de segurança, funcionando como uma **ferramenta proativa** na implementação atempada de eventuais medidas de reforço

OBRIGADO PELA VOSSA ATENÇÃO



THE GROUND IS OUR CHALLENGE

André Henriques, JET_{sj} Geotecnia, ahenriques@jetsj.com

Rui Tomásio, JET_{sj} Geotecnia, rtomasio@jetsj.com