

**Tabela 15 – revestimento primário. Combinações de ações consideradas nas verificações de segurança.**

VERIFICAÇÕES DE SEGURANÇA	COMBINAÇÃO
Estados Limites Últimos (ELU)	Combinações fundamentais de ações
Estado Limite de Utilização (ELS)	Combinação característica de ações

Para a verificação da segurança aos estados limites referidos foram considerados valores dos coeficientes parciais de segurança relativos às ações e aos materiais, segundo os regulamentos correspondentes a cada um destes.

A verificação da segurança aos estados limites dos elementos de betão armado e elementos metálicos será efetuada de acordo com as disposições da NP EN 1992-1, NP EN 1993-1 e NP EN 1997-1. Apresenta-se na **Tabela 16** as verificações a efetuar para os diversos elementos.

**Tabela 16 – Verificações de segurança associadas às contenções provisórias.**

	TIPO DE VERIFICAÇÃO	
Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU)	Cortina de estacas	Estado limite último de resistência à flexão
		Estado limite último de resistência ao corte
	Cambotas	Estado limite último de resistência em flexão composta
		Estado limite último de resistência ao corte
	Vigas de coroamento e distribuição, em betão armado	Estado limite último de resistência à flexão
		Estado limite último de resistência ao corte
	Betão Projetado	Estado limite último de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas (poço e túnel)
		Estado limite último de resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas (poço e túnel)
		Pregagens
	Verificação da Segurança ao Estado Limite de Utilização (ELS)	Poço e Túnel
Estado limite último de resistência ao corte		
Terreno envolvente		Deformação horizontal das paredes do poço
		Deslocamentos e convergências da secção do túnel
		Assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação

---

## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As soluções apresentadas foram desenvolvidas a partir dos elementos base, citados no capítulo 2, assim como nos pressupostos igualmente referidos no presente documento. Neste contexto, conforme prática corrente em intervenções com o enquadramento geológico e geotécnico da presente, todos os elementos de base e todos os pressupostos considerados deverão ser confirmados em fase de obra. Qualquer retificação dos mesmos determinará a necessidade de averiguar as suas consequências ao nível da segurança das soluções propostas e, se justificável, proceder à sua revisão. Neste âmbito, consideram-se particularmente importantes os seguintes aspetos:

- a) A confirmação do zonamento geológico-geotécnico e hidrogeológico e confirmação das características geomecânicas dos terrenos interessados pela intervenção, para tal considera-se particularmente relevante a análise dos materiais recolhidos durante a escavação e furação;
- b) Confirmação da compatibilização das soluções propostas com as definidas no âmbito dos trabalhos das restantes especialidades em particular: Arquitetura, Estruturas e Drenagem.

## Registo e Controlo de Alterações

Revisão	Data	Descrição
0	2024-10-04	Emissão inicial



Metropolitano de Lisboa

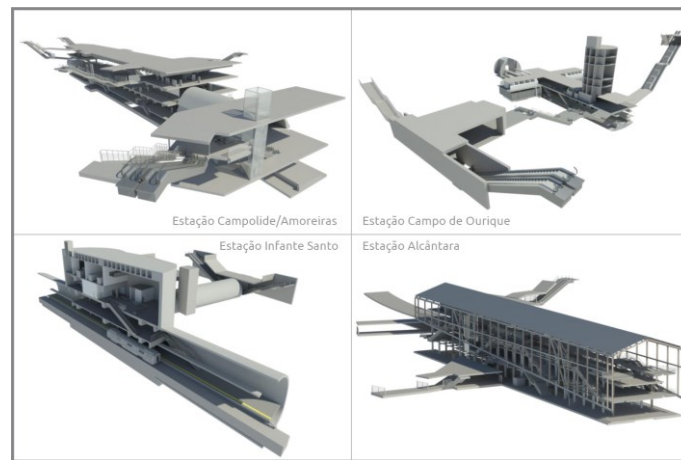


# METRO DE LISBOA

## LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

### EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO DO PROLONGAMENTO DA LINHA

### PROJETO DE EXECUÇÃO



## TOMO VI – POÇOS DE VENTILAÇÃO

### VOLUME 1 – POÇO DE VENTILAÇÃO PV215

### NOTA DE CÁLCULO – ESTRUTURAS PROVISÓRIAS

<b>Documento SAP:</b>	LVSSA MSA PE STR PVE PV215 NC 086000 0
-----------------------	--

	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Elaborado	André Henriques		2024-10-04
Revisto	Rui Tomásio		2024-10-04
Verificado	Sandra Ferreira/ Gonçalo Mateus		2024-10-04
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		2024-10-04
Aprovado	Raúl Pistone		2024-10-04



1	OBJETIVO E ÂMBITO.....	3
2	SISTEMAS DE UNIDADES.....	4
3	REGULAMENTAÇÃO/NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA TÉCNICA.....	5
4	MODELOS DE CÁLCULO .....	7
4.1	Estruturas de contenção do poço de ventilação.....	7
4.1.1	Considerações gerais.....	7
4.1.2	Modelo de cálculo da estrutura de contenção .....	7
5	CRITÉRIOS DE VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA.....	9
5.1	Descrição geral.....	9
5.2	Estado limite último (ELU).....	10
5.2.1	Resistência à flexão de elementos .....	10
5.2.2	Resistência ao corte de elementos .....	10
5.2.3	Resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas .....	11
5.2.4	Resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado .....	13
5.3	Estado limite de serviço (ELS).....	14
6	RESUMO DAS VERIFICAÇÕES DE SEGURANÇA.....	15
6.1	Estado Limite Último (ELU).....	15
6.1.1	Resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas .....	15
6.1.2	Resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado .....	16
6.2	Estado Limite de Serviço (ELS).....	17

---

## 1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível de **Projeto de Execução**, da **Nota de Cálculo das estruturas provisórias do Poço de Ventilação PV215**, no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, que é parte integrante do **Tomo VI – Poços de Ventilação do Volume 2 – Estruturas**.

---

## 2 SISTEMAS DE UNIDADES

O sistema de unidades utilizado na elaboração do Projeto é o Sistema Internacional de Unidades (SI). As principais unidades utilizadas são as seguintes:

- Comprimento: metro (m).
- Força: quilonewton (kN).
- Momento: quilonewton metro (kN.m).
- Tensão no terreno: quilonewton por metro quadrado ( $\text{kN/m}^2$ ) ou kilopascals (kPa).
- Tensão nos elementos estruturais: newton por milímetro quadrado ( $\text{N/mm}^2$ ) ou megapascals (MPa).
- Peso específico: quilonewton por metro cúbico ( $\text{kN/m}^3$ ).

## 3 REGULAMENTAÇÃO/NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA TÉCNICA

O Projeto será desenvolvido de acordo com a regulamentação nacional em vigor, ou europeia em caso de omissão, destacando-se as seguintes normas:

- NP EN 1990 – Bases para projetos de estruturas (EC0);
- NP EN 1991 – Bases de projeto e ações em estruturas (EC1);
- NP EN 1992 – Projeto de Estruturas de Betão (EC2);
- NP EN 1993 – Projeto de Estruturas de Aço (EC3);
- NP EN 1994 – Projeto de Estruturas mistas Aço-Betão (EC4);
- NP EN 1997 – Projeto Geotécnico (EC7);
- NP EN 1998 – Projeto de Estruturas para Resistência aos Sismos (EC8);
- fib Model Code 2010 for Concrete Structures;
- Normas de Projeto de estruturas do Metropolitano de Lisboa.

Serão ainda consideradas as seguintes normas de execução:

- NP EN 206 – Betão: Especificação, desempenho, produção e conformidade;
- NP EN 13670-1 – Execução de estruturas de betão. Parte 1: Regras Gerais;
- NP EN 14199 – Execução de obras geotécnicas especiais: Microestacas;
- NP EN 1537 – Execução de obras geotécnicas especiais: Ancoragens;
- EN ISO 22447-5 – Geotechnical investigation and testing – Testing of geotechnical structures – Part 5: Testing of grouted anchors;
- EN 1536 – Execution of Special Geotechnical Works: Bored piles;
- EN 14490 – Execution of Special Geotechnical Works: Soil nailing;
- NP EN 197-1 – Cimento. Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes;
- NP EN 197-2 – Cimento. Parte 2: Avaliação de conformidade;
- NP EN 13251 – Geotêxteis e produtos relacionados. Características requeridas para a utilização em obras de terraplenagem, fundações e estruturas de suporte;
- NP EN 14487-1 – Betão projetado. Parte 1: Definições, especificações e conformidade;
- NP EN 14487-2 – Betão projetado. Parte 2: Execução;
- NP EN 14889-1 – Fibras para betão – Parte 1: Fibras de aço – Definições, especificações e conformidade;
- NP EN 14488-5 – Ensaio do betão projetado – Parte 5: Determinação da capacidade de absorção de energia de provetes de lajes reforçadas com fibras;
- NP EN 445 – Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Métodos de ensaio;

- 
- NP EN 446 – Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Procedimentos para injeção;
  - NP EN 447 – Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Especificações para caldas correntes.

## 4 MODELOS DE CÁLCULO

Para o dimensionamento das estruturas de suporte provisórias, foram utilizadas metodologias de cálculo distintas para o poço de ventilação e o túnel de ligação, seguindo o exposto nos subcapítulos seguintes.

### 4.1 Estruturas de contenção do poço de ventilação

#### 4.1.1 Considerações gerais

O dimensionamento da estrutura de contenção provisória do poço de ventilação foi realizado através de um modelo de cálculo numérico num programa de elementos finitos. Para o efeito, utilizou-se o programa de cálculo automático Plaxis 2D, o qual permite a produção automatizada de uma malha de elementos finitos, triangulares de quinze nós, tendo esta sido refinada a zona próxima da escavação. A modelação numérica foi efetuada considerando um modelo 2D axissimétrico. O comportamento mecânico do terreno foi simulado por uma lei de comportamento elástico linear perfeitamente plástico, sendo a rotura controlada pelo critério de Mohr-Coulomb, admitindo todos os materiais como isotrópicos.

As fronteiras foram definidas de modo a abranger a quase totalidade da zona onde se faz sentir a alteração do estado de tensão e deformação causada pela abertura das escavações. Em cada fase de escavação foram retirados os elementos correspondentes e, subsequentemente instaladas as medidas de suporte primário preconizadas, de modo a reproduzir um faseamento construtivo previsto em fase de construção. A sequência de construção foi simulada mediante a remoção, introdução de elementos e a alteração das suas propriedades. O efeito tridimensional é modelado através da consideração da axissimetria do modelo.

#### 4.1.2 Modelo de cálculo da estrutura de contenção

Na modelação da estrutura de contenção provisória foram utilizados elementos estruturais com as propriedades de resistência, inércia e deformabilidade, representativas dos diversos elementos de suporte, neste caso, as paredes em betão projetado. Estes elementos encontram-se dispostos no contorno da escavação, e a sua simulação permite a avaliação dos esforços atuantes ao longo dos mesmos.

O betão projetado a aplicar no contorno da escavação, foi modelado através de elementos *plate* com comportamento elástico-plástico perfeito, com as propriedades mecânicas representativas da sua resistência e deformabilidade. Na Figura 1 apresenta-se o modelo de cálculo adotado.

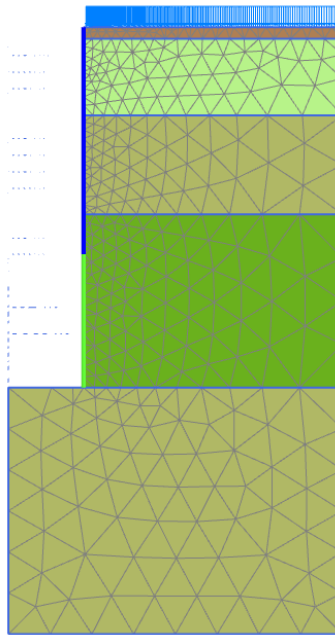


Figura 1 – Modelo de cálculo do poço de ventilação PV215.

## 5 CRITÉRIOS DE VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA

### 5.1 Descrição geral

A verificação da segurança dos diversos elementos estruturais que constituem as soluções propostas foi efetuada de acordo com as disposições regulamentares, nacionais e internacionais, em vigor.

As referidas disposições regulamentares traduzem-se na aferição das dimensões médias dos elementos estruturais para um conjunto de situações de projeto a que corresponde uma expectável probabilidade de ocorrência dos estados limite.

Na verificação da segurança dos elementos estruturais dimensionados foi adotada a regulamentação nacional e internacional em vigor e, em situações não previstas regulamentarmente, metodologias de cálculo reconhecidamente comprovadas. Este procedimento permitiu a aferição das dimensões médias dos elementos dimensionados, cujos valores se encontram, naturalmente, condicionados pela validade das premissas consideradas.

Com vista à verificação de segurança dos diversos elementos, as ações foram agrupadas nas combinações de ações apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – revestimento primário. Combinações de ações consideradas nas verificações de segurança

VERIFICAÇÕES DE SEGURANÇA	COMBINAÇÃO
Estados Limites Últimos (ELU)	Combinações fundamentais de ações
Estado Limite de Utilização (ELS)	Combinação característica de ações

Para a verificação da segurança aos estados limites referidos foram considerados valores dos coeficientes parciais de segurança relativos às ações e aos materiais, segundo os regulamentos correspondentes a cada um destes.

A verificação da segurança aos estados limites dos elementos de betão armado e elementos metálicos será efetuada de acordo com as disposições da NP EN 1992-1, NP EN 1993-1 e NP EN 1997-1. Apresenta-se na Tabela 2 as verificações a efetuar para os diversos elementos.

Tabela 2 – Verificações de segurança associadas às contenções provisórias

	TIPO DE VERIFICAÇÃO	
Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU)	Cortina de estacas	Estado limite último de resistência à flexão
		Estado limite último de resistência ao corte
	Cambotas	Estado limite último de resistência em flexão composta
		Estado limite último de resistência ao corte
	Vigas de coroamento e distribuição, em betão armado	Estado limite último de resistência à flexão
		Estado limite último de resistência ao corte
	Betão Projetado	Estado limite último de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas (poço e túnel)
		Estado limite último de resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas (poço e túnel)
		Estado limite último de resistência à tração
	Pregagens	Estado limite último de resistência ao corte
Verificação da Segurança ao Estado	Poço e Túnel	Deformação horizontal das paredes do poço
		Deslocamentos e convergências da secção do túnel



	TIPO DE VERIFICAÇÃO	
Limite de Utilização (ELS)	Terreno envolvente	Assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação

## 5.2 Estado limite último (ELU)

### 5.2.1 Resistência à flexão de elementos

De acordo com o Eurocódigo 2, a verificação ao Estado Limite Último de resistência à flexão foi assegurada através da seguinte condição:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1$$

onde:

$M_{Ed}$  valor de cálculo do momento fletor atuante;

$M_{Rd}$  valor de cálculo da resistência máxima do elemento estrutural.

### 5.2.2 Resistência ao corte de elementos

De acordo com o Eurocódigo 2, no âmbito da verificação do Estado Limite Último de resistência ao esforço transversal, deverá satisfazer-se a seguinte condição:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,S}$$

Em que:

$V_{Ed}$  valor de cálculo do esforço transversal atuante;

$V_{Rd,S}$  valor de cálculo do esforço transversal que pode ser suportado por um elemento com armadura específica de esforço transversal;

A armadura de esforço transversal é calculada de forma a satisfazer  $V_{Ed} \leq V_{Rd,S}$ . De entre os métodos de cálculo disponíveis optou-se por se seguir o disposto no método das bielas de inclinação variável, para elementos com armadura de esforço transversal constituída por estribos verticais.

$$V_{Rd,S} = \frac{A_{sw}}{s} \times z \times b \times f_{ywd} \times \cot \theta$$

onde:

$\theta$  – ângulo das bielas de betão com o eixo do elemento;

$A_{sw}$  – área da armadura de esforço transversal;

$s$  – espaçamento da armadura de esforço transversal;

$z$  – para um elemento de altura constante, representa o binário das forças interiores correspondente ao momento fletor máximo no elemento que está a ser considerado. Usualmente pode recorrer-se ao valor aproximado  $z=0,9d$ .

$f_{ywd}$  – valor de cálculo da tensão de cedência da armadura de esforço transversal;

Da aplicação desta expressão resultam, para verificação da condição  $V_{Ed} \leq V_{Rd,S}$ , as áreas de armadura transversal a adotar nos elementos de betão armado.

### 5.2.3 Resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas

Com referido Error! Reference source not found. foram desenvolvidos modelos o objetivo de aferir os esforços aos quais os diversos elementos que constituem o suporte primário do túnel e do poço estarão sujeitos durante as várias etapas de construção.

No dimensionamento estrutural do suporte primário em betão projetado foi considerada a contribuição resultante da inclusão de fibras metálica. Genericamente, as fibras metálicas conferem ao betão projetado uma ductilidade e uma homogeneidade de comportamento (resultado da distribuição homogénea das fibras), que melhora a sua performance e sua produtividade em obra, quando comparado com as soluções sem recurso a reforço ou com recurso a malha electrossoldada tradicional.

Para a verificação dos ELU para uma aplicação em suporte primário, as fibras contribuem para um incremento de capacidade resistente a baixo esforço axial. A formulação para a determinação da capacidade resistente com a inclusão de fibras é dada pela seguinte formulação (segundo Bekeart):

$$\sigma_{1d} = 1.0 \cdot f_{cm} \cdot \max \{1.6m - d; 1.0\} (\epsilon_{ctm} \text{ used})$$

$$= 0.5 \cdot \sigma_{2d} (\epsilon_{ctm} \text{ not used})$$

$$\sigma_{2d} = \alpha_{sys} \cdot \alpha_{char} \cdot \kappa_h \cdot \alpha_{R1} \cdot f_{R1,m} / \gamma_{ct}^f$$

$$\sigma_{3d} = \alpha_{sys} \cdot \alpha_{char} \cdot \kappa_h \cdot \alpha_{R3} \cdot f_{R3,m} / \gamma_{ct}^f$$

$\sigma_{2d}$	is the design value of the steel fiber reinforced concrete in tension, based on $f_{R1,m}$
$\sigma_{3d}$	is the design value of the steel fiber reinforced concrete in tension, based on $f_{R4,m}$
$\alpha_{sys}$	is the coefficient taking account of effects due to fibre orientation, size and load redistribution for the selected application (if applicable)
$f_{R1,m}$	is the mean residual flexural strength of steel fiber concrete according to EN 14651, at a crack mouth opening displacement of 0.5 mm
$f_{R3/4,m}$	is the mean residual flexural strength of steel fiber concrete according to EN 14651, at a crack mouth opening displacement of 2.5 / 3.5 mm
$d$	is the effective depth of a cross-section,
$\kappa_h$	is a coefficient to compensate for scaling effects
$\alpha_{char}$	is the coefficient taking account of the variation of the material properties for the selected application
$\gamma_{ct}^f$	is the partial factor for steel fiber concrete in tension

Na Figura 2 e Figura 3 apresenta-se a aplicação da formulação acima referida na lei constitutiva que relaciona a evolução da tensão no betão reforçado com fibras com a deformação.

<b>Concrete</b>			
concrete acc. EN 206-1	C30/37		
$f_{ck}$	30	[N/mm <sup>2</sup> ]	(EN 1992-1-1)
$f_{ctm} / f_{ctk,0.05}$	2,9 / 2,0	[N/mm <sup>2</sup> ]	(EN 1992-1-1)
$\alpha_{cc}$	0,85	[-]	
$\eta$	0,95	[-]	
<b>Reinforcement Concept</b> Top Reinforcement			
<b>Fibre Reinforcement</b>			
fibre type	Dramix 4D 65/60BG		(EN 14889-1: System '1' - Structural Use)
$f_{R1,m}$	4,30	[N/mm <sup>2</sup> ]	(residual flexural strength at CMOD <sub>1</sub> according to EN 14651)
$f_{R3,m}$	5,29	[N/mm <sup>2</sup> ]	(residual flexural strength at CMOD <sub>3</sub> according to EN 14651)
<b>Conventional Reinforcement</b>			
yield strength $f_{yk}$	500	[N/mm <sup>2</sup> ]	
E-modulus	200.000	[N/mm <sup>2</sup> ]	

Figura 2 – Parâmetros de modelação da contribuição das fibras metálicas (segundo Bekeart Moment Capacity) (1/2)

### Moment Capacity

<b>Concrete</b>			
$\eta \cdot f_{cd}$	16,2	[N/mm <sup>2</sup> ]	
$\epsilon_{cu}$	3,5	[‰]	
$\lambda$	0,80	[-]	
<b>Steel Fibre Reinforcement</b>			
$f_{R1,m}$	4,30	[N/mm <sup>2</sup> ]	
$f_{R3,m}$	5,29	[N/mm <sup>2</sup> ]	
$\kappa_{char}$	0,90	[-]	
$f_{Rt1,d}$	1,03	[N/mm <sup>2</sup> ]	
$f_{R3,d}$	1,24	[N/mm <sup>2</sup> ]	
$\epsilon_{fu}$	25	[‰]	
<b>Steel Reinforcement</b>			
$f_{yd}$	435	[N/mm <sup>2</sup> ]	
$E_s$	200000	[N/mm <sup>2</sup> ]	
$\epsilon_{su}$	25	[‰]	

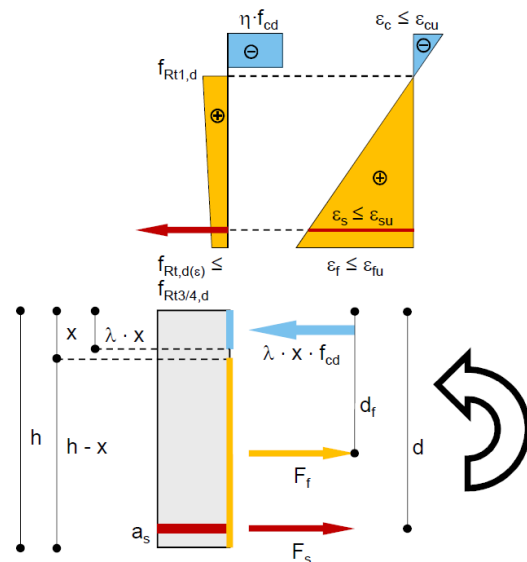


Figura 3 – Parâmetros de modelação da contribuição das fibras metálicas (segundo Bekeart Moment Capacity) (2/2)

A verificação do ELU de resistência em flexão composta para o betão projetado terá assim de verificar as seguintes condições:

Em compressão:

$$N_{Ed} \leq N_{max} = A \times f_{cd}$$

Em tração:

$$N_{Ed} \leq N_{min} = A \times f_{ctd}$$

Em flexão composta:

$$M_{Ed} \leq M_{max} = \pm (f_{cd} - f_{ctm}) \times \frac{I}{t}$$

$$N_{Ed} \leq N (M_{max}) = A \times (f_{cd} + f_{ctd})$$

Em que:

$N_{max}$  – Esforço axial máximo de compressão do betão

$N_{min}$  – Esforço axial máximo de tração do betão

$A$  – Área da secção transversal

$I$  – Momento de inércia da secção

$f_{cd}$  – Resistência à compressão uniaxial do betão de projeto

$f_{ctd}$  – Resistência à tração do betão de projeto

### 5.2.4 Resistência ao esforço transverso/corte do revestimento em betão projetado

A verificação do ELU de resistência ao esforço transverso/corte para o betão projetado terá assim de verificar as seguintes condições:

Em compressão:

$$N_{Ed} \leq (f_{cd} \times A) - \left( \frac{9 \times V_{Ed}^2}{4 \times f_{cd} \times A} \right)$$

Em tração:

$$N_{Ed} \leq (f_{ctm} \times A) - \left( \frac{9 \times V_{Ed}^2}{4 \times f_{ctd} \times A} \right)$$

Para o esforço transverso/corte combinado com esforço axial:

$$V_{RdF} = \left\{ \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot \left[ 100 \cdot \rho_1 \cdot \left( 1 + 7.5 \cdot \frac{f_{Ftk}}{f_{ctk}} \right) \cdot f_{ck} \right]^{2/3} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d$$

Em que:

$A$  – Área da secção transversal de betão projetado

$I$  – Momento de inércia da secção

$f_{cd}$  – Resistência à compressão uniaxial do betão de projeto

$f_{ctd}$  – Resistência à tração do betão de projeto

$f_{Ftuk}$  – valor característico da tensão residual para uma abertura de fendas  $w_u=1,5\text{mm}$ , em MPa, determinado a partir da equação seguinte:

$$f_{Ftuk} = f_{Ftsk} - \frac{w_u}{CMOD3} \cdot (f_{Ftsk} - 0,5 \times f_{r3k} + 0,2 \times f_{r1k})$$

Em que:

$CMOD3 = 2,5 \text{ mm}$ ;

$f_{Ftsk}$  = valor característico da tensão residual em estado limite de serviço, sendo o seu valor obtido a partir da expressão

$$f_{Ftsk} = 0,45 \times f_{r1k}$$

A variável  $f_{ctk}$ , representa o valor característico da resistência à tração do betão.

O valor de  $V_{Rd}$  resistente será o maior entre  $V_{RdF}$  e  $V_{Rd,Fmin}$ , calculado a partir da seguinte expressão:

---

$$V_{Rd,Fmin} = (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Em que:

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

## 5.3 Estado limite de serviço (ELS)

Na verificação dos estados limites de utilização no terreno ou numa seção, elemento ou ligação estruturais deve ser satisfeita a expressão:

$$E_d \leq C_d$$

em que  $E_d$  e  $C_d$  se designam respetivamente o valor de cálculo do efeito das ações e o valor limite de cálculo do critério relevante de aptidão para a utilização. A avaliação dos deslocamentos verticais e horizontais para uma estrutura de contenção é realizada considerando a combinação

## 6 RESUMO DAS VERIFICAÇÕES DE SEGURANÇA

### 6.1 Estado Limite Último (ELU)

#### 6.1.1 Resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas

Na Tabela 3e na Tabela 4 apresentam-se as verificações ao ELU de resistência à flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas, para a fase condicionante. As imagens ilustrativas dos esforços extraídas do programa de cálculo não se encontram majorados, mas nas verificações de segurança esses valores já se encontram afetados pelo respetivo fator de majoração.

Tabela 3 – Verificação da resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas no poço de ventilação (1/2).

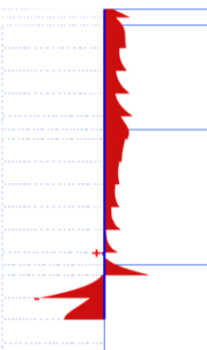
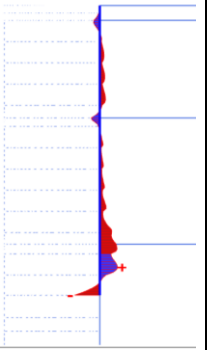


Suporte primário em betão projetado (e=0.30m)		
 <p><b>Hoop forces <math>N_{sd}</math> (scaled up <math>5.00 \cdot 10^{-3}</math> times)</b> Maximum value = 56.87 kN/m (Element 23 at Node 4711) Minimum value = -1105 kN/m (Element 26 at Node 3415)</p> <p><b><math>N_{sd}</math> (kN/m)</b></p>	 <p><b>Bending moments <math>M</math> (scaled up 0.0500 times)</b> Maximum value = 33.44 kN m/m (Element 26 at Node 3419) Minimum value = -47.78 kN m/m (Element 28 at Node 2987)</p> <p><b><math>M_{sd}</math> (kNm/m)</b></p>	<p><b>Esforços condicionantes:</b> <math>M_{sd} = 47.78 \times 1.35 = 64.50 \text{ kNm}</math> <math>N_{sd} \text{ (kN)} = 707.26 \text{ kN}</math></p> <p><b>Esforço resistente:</b> <math>M_{rd} = 166.73 \text{ kNm} &gt; 64.50 \text{ kNm}</math> <b>verifica</b></p>

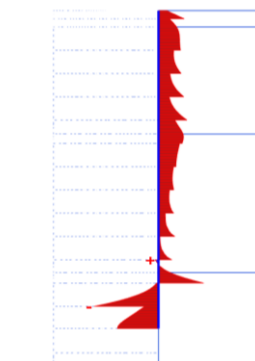
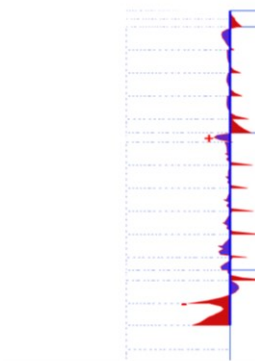
Tabela 4 – Verificação da resistência em flexão do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas no poço de ventilação (2/2).

Suporte primário em betão projetado (e=0.50m)		
 <p><b>Hoop forces <math>N_x</math> (scaled up <math>2.00 \cdot 10^{-3}</math> times)</b> Maximum value = -6.974 kN/m (Element 41 at Node 1031) Minimum value = -2427 kN/m (Element 36 at Node 1627)</p>	 <p><b>Bending moments M (scaled up 0.0500 times)</b> Maximum value = 100.8 kN m/m (Element 35 at Node 1660) Minimum value = -49.24 kN m/m (Element 29 at Node 2978)</p>	<p><b>Esforços condicionantes:</b> <math>M_{sd} = 100.8 \times 1.35 = 136.08 \text{ kNm}</math> <math>N_{sd} (\text{kN}) = 1214.66 \text{ kN}</math></p> <p><b>Esforço resistente:</b> <math>M_{rd} = 474.51 \text{ kNm} &gt; 136.08 \text{ kNm}</math> <b>verifica</b></p>
<b><math>N_{sd} (\text{kN/m})</math></b>	<b><math>M_{sd} (\text{kNm/m})</math></b>	


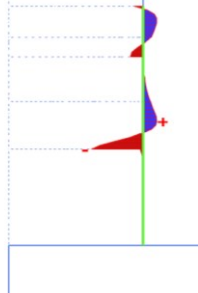
### 6.1.2 Resistência ao esforço transverso/corte do revestimento em betão projetado

Na Tabela 5 e Tabela 6 apresentam-se as verificações ao ELU de resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas para a fase condicionante. As imagens ilustrativas dos esforços extraídas do programa de cálculo não se encontram majorados, mas nas verificações de segurança esses valores já se encontram afetados pelo respetivo fator de majoração.

Tabela 5 – Verificação da resistência do esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas no poço de ventilação (1/2).

Suporte primário em betão projetado (e=0.30m)		
 <p><b>Hoop forces <math>N_x</math> (scaled up <math>5.00 \cdot 10^{-3}</math> times)</b> Maximum value = 56.87 kN/m (Element 23 at Node 4711) Minimum value = -1105 kN/m (Element 26 at Node 3415)</p>	 <p><b>Shear forces Q (scaled up 0.0500 times)</b> Maximum value = 28.48 kN/m (Element 12 at Node 6524) Minimum value = -71.55 kN/m (Element 26 at Node 3415)</p>	<p><b>Esforços condicionantes:</b> <math>V_{sd} = 71.55 \times 1.35 = 96.59 \text{ kN}</math> <math>N_{sd} (\text{kN}) = 707.26 \text{ kN}</math></p> <p><b>Esforço resistente:</b> <math>V_{rd} = 243.2 \text{ kN} &gt; 96.56 \text{ kN}</math> <b>verifica</b></p>
<b><math>N_{sd} (\text{kN/m})</math></b>	<b><math>V_{sd} (\text{kNm/m})</math></b>	

**Tabela 6 - Verificação da resistência do esforço transverso/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas no poço de ventilação (2/2).**

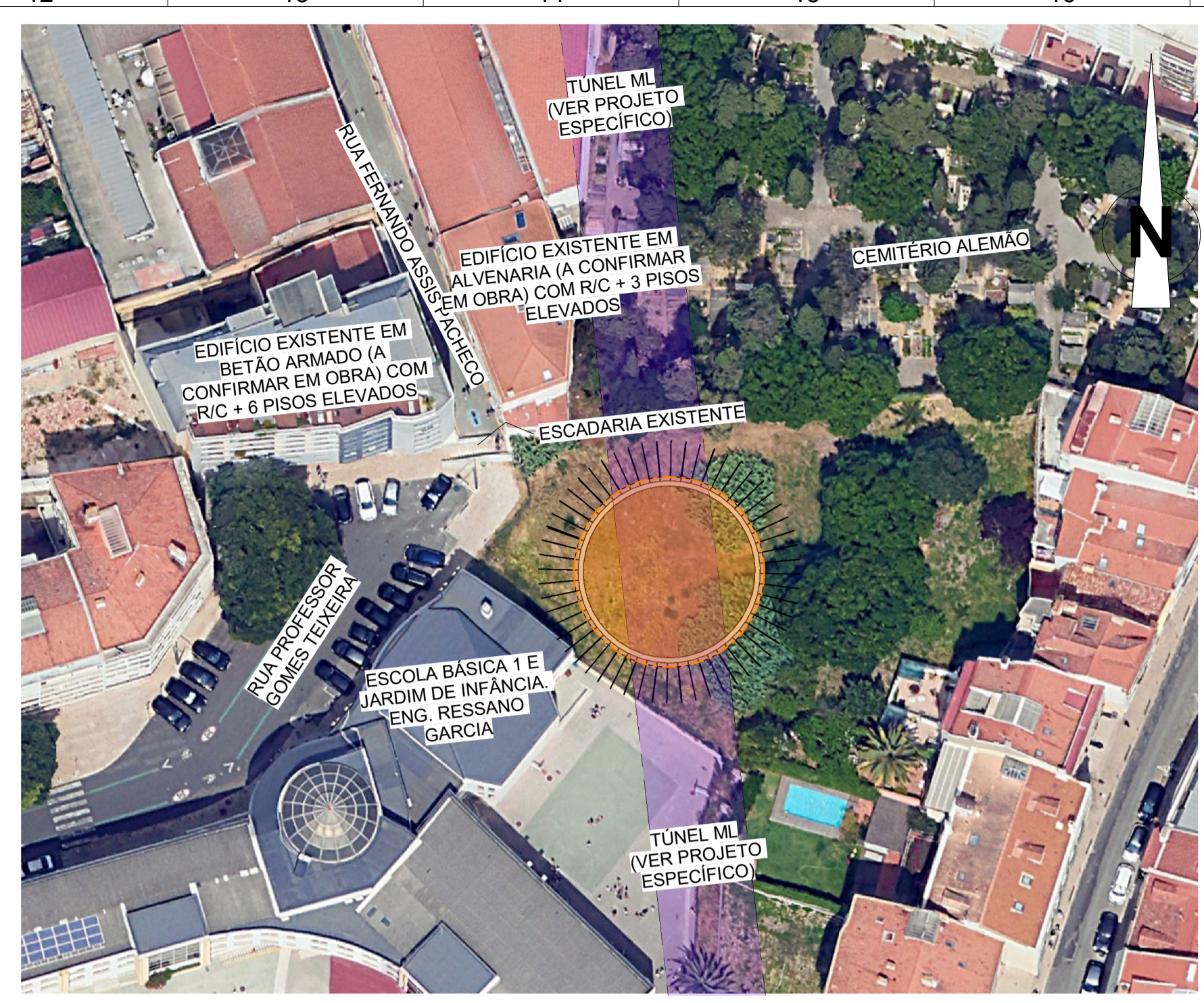
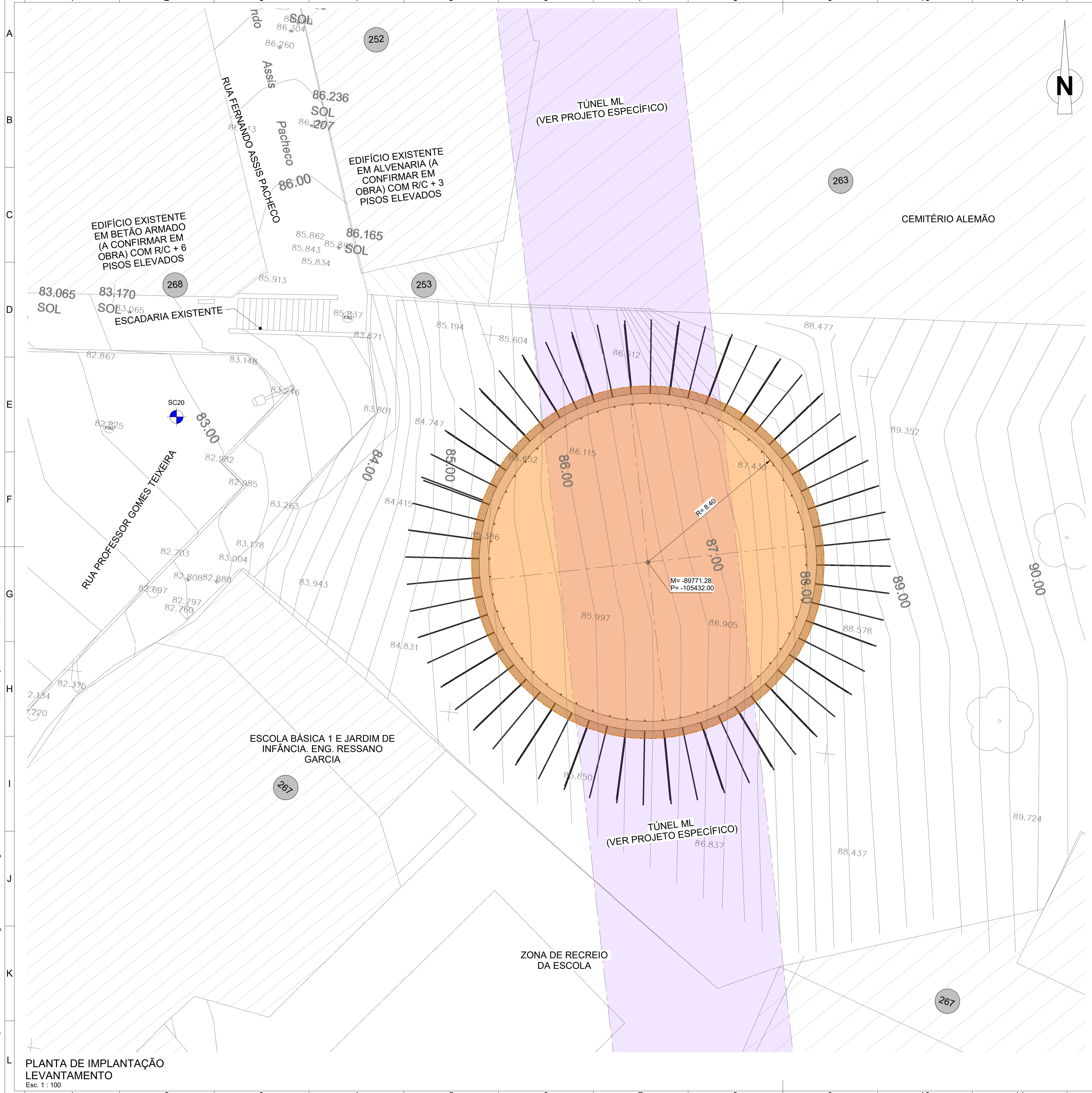
Suporte primário em betão projetado (e=0.50m)		
 <p><b>Hoop forces <math>N_2</math> (scaled up <math>2.00 \cdot 10^{-3}</math> times)</b>            Maximum value = -6.974 kN/m (Element 41 at Node 1031)            Minimum value = -2427 kN/m (Element 36 at Node 1627)</p> <p><b><math>N_{sd}</math> (kN/m)</b></p>	 <p><b>Shear forces <math>Q</math> (scaled up 0.0200 times)</b>            Maximum value = 46.31 kN/m (Element 35 at Node 1657)            Minimum value = -173.9 kN/m (Element 36 at Node 1627)</p> <p><b><math>V_{sd}</math> (kN/m)</b></p>	<p><b>Esforços condicionantes:</b>  <math>V_{sd} = 173.9 \times 1.35 = 234.76 \text{ kN}</math>  <math>N_{sd} \text{ (kN)} = 707.26 \text{ kN}</math></p> <p><b>Esforço resistente:</b>  <math>V_{rd} = 315.6 \text{ kN} &gt; 234.76 \text{ kN}</math>  <b>verifica</b></p>

## 6.2 Estado Limite de Serviço (ELS)









PLANTA DE IMPLANTAÇÃO  
GOOGLE EARTH  
Esc. 1 : 500

PLANTA DE IMPLANTAÇÃO  
LEVANTAMENTO  
Esc. 1 : 100

LEGENDA:

- GERAL**
- Limite da intervenção do PV211
  - Túnel principal do ML
  - Interferências existentes (ver volume 17)
- PROSPEÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA**
- Sondagens executadas no âmbito do concurso

ALTERAÇÕES		DATA		DES.		VERIF.	
0	Emissão inicial	04/10/2024	AH	RP			

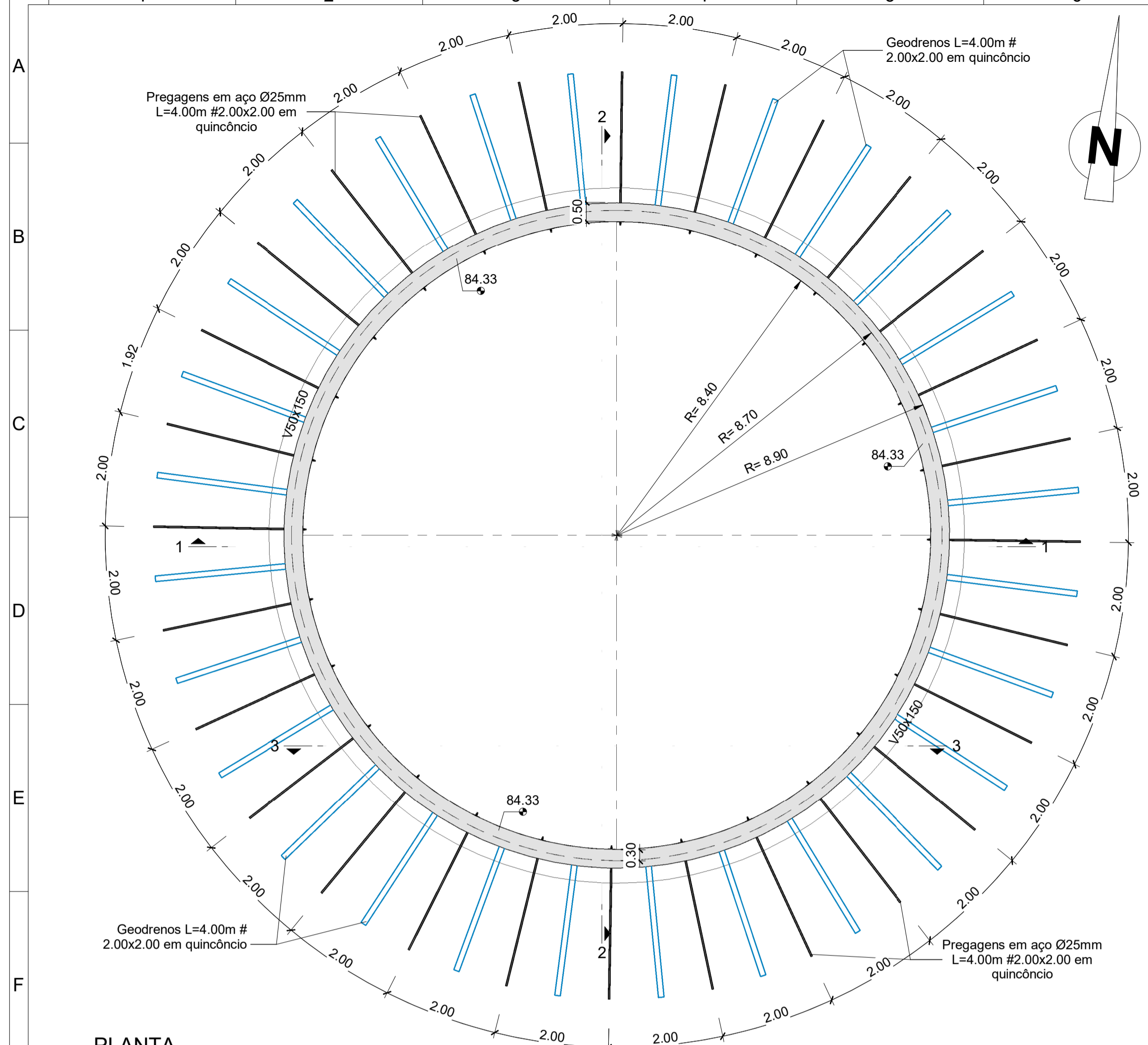
<b>PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA</b>		<b>PROJETO DE EXECUÇÃO</b>			
Data:		Estruturas		Escalas: Des. nº 134562 F. / /	
Aprov.		POÇO DE VENTILAÇÃO 215		Alter.:	
Verif.		ESTRUTURAS PROVISÓRIAS		Substituído	
Proj.		PLANTA DE LOCALIZAÇÃO		Nº SAP	
Des.				Versão	
				Folha	

Aprov.	RP	04/10/2024		
Verif.	RT	04/10/2024		
Proj.	AH, AS, CM, PM	04/10/2024		
Des.	AH	04/10/2024		

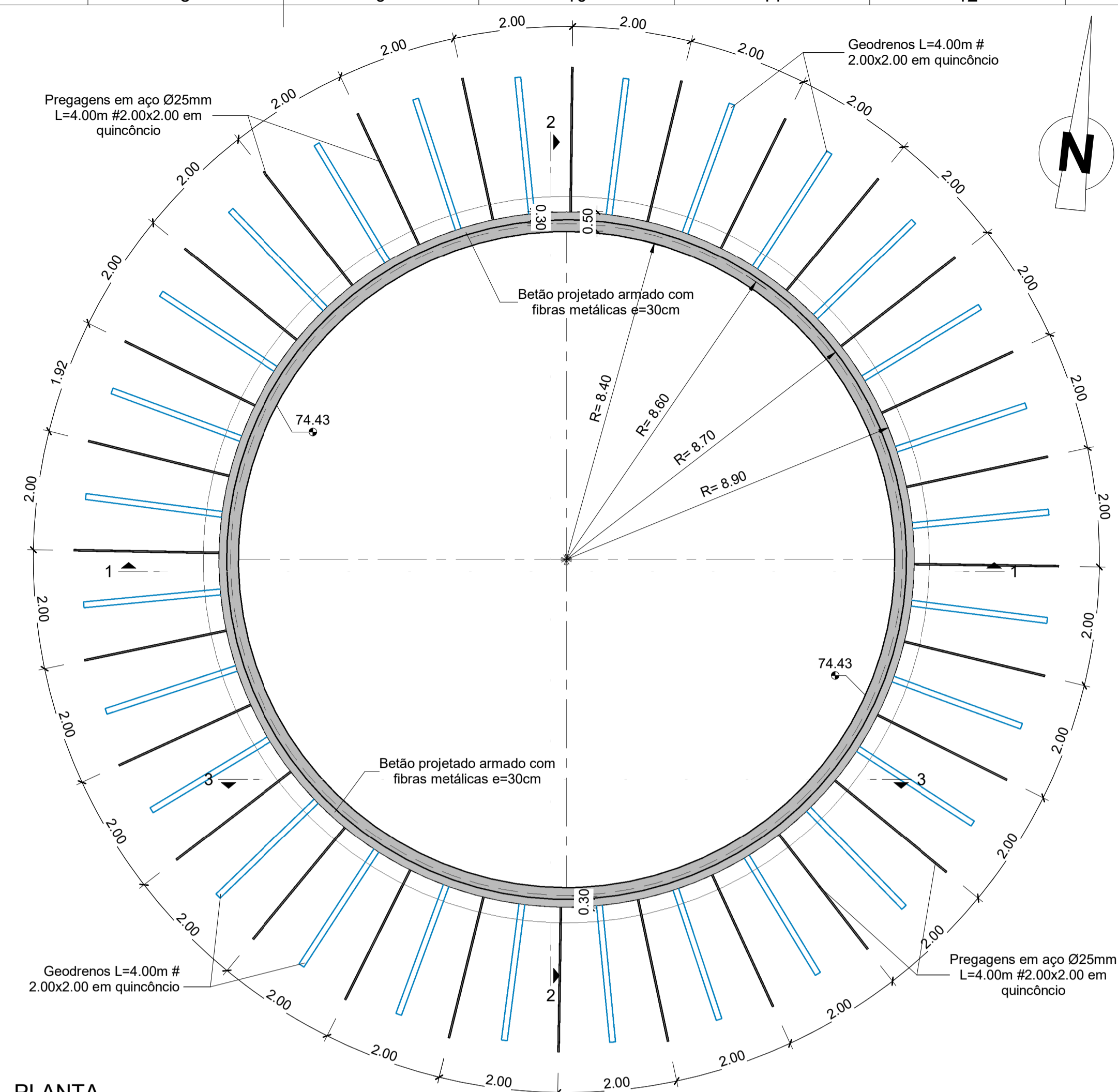
Identificação Empresa Projeção: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO  
Escala: 1/100 1/500 Folha: 01/06  
Desenho nº LVSSA MSA PE STR PVE PV215 DW 086000 0 (01-06) Alter: 04/10/2024

Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, do Metropolitano de Lisboa, E.P.E.

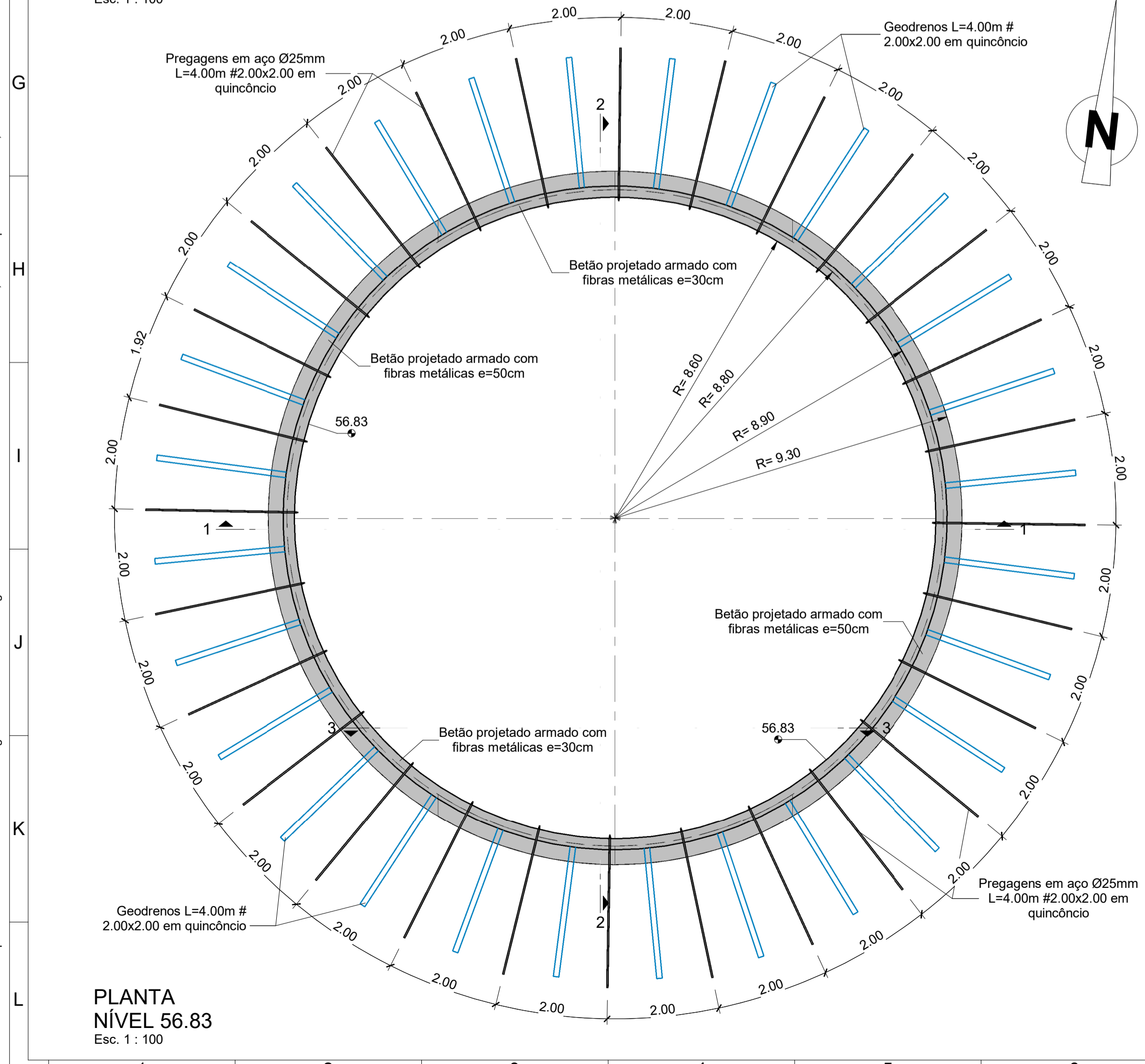




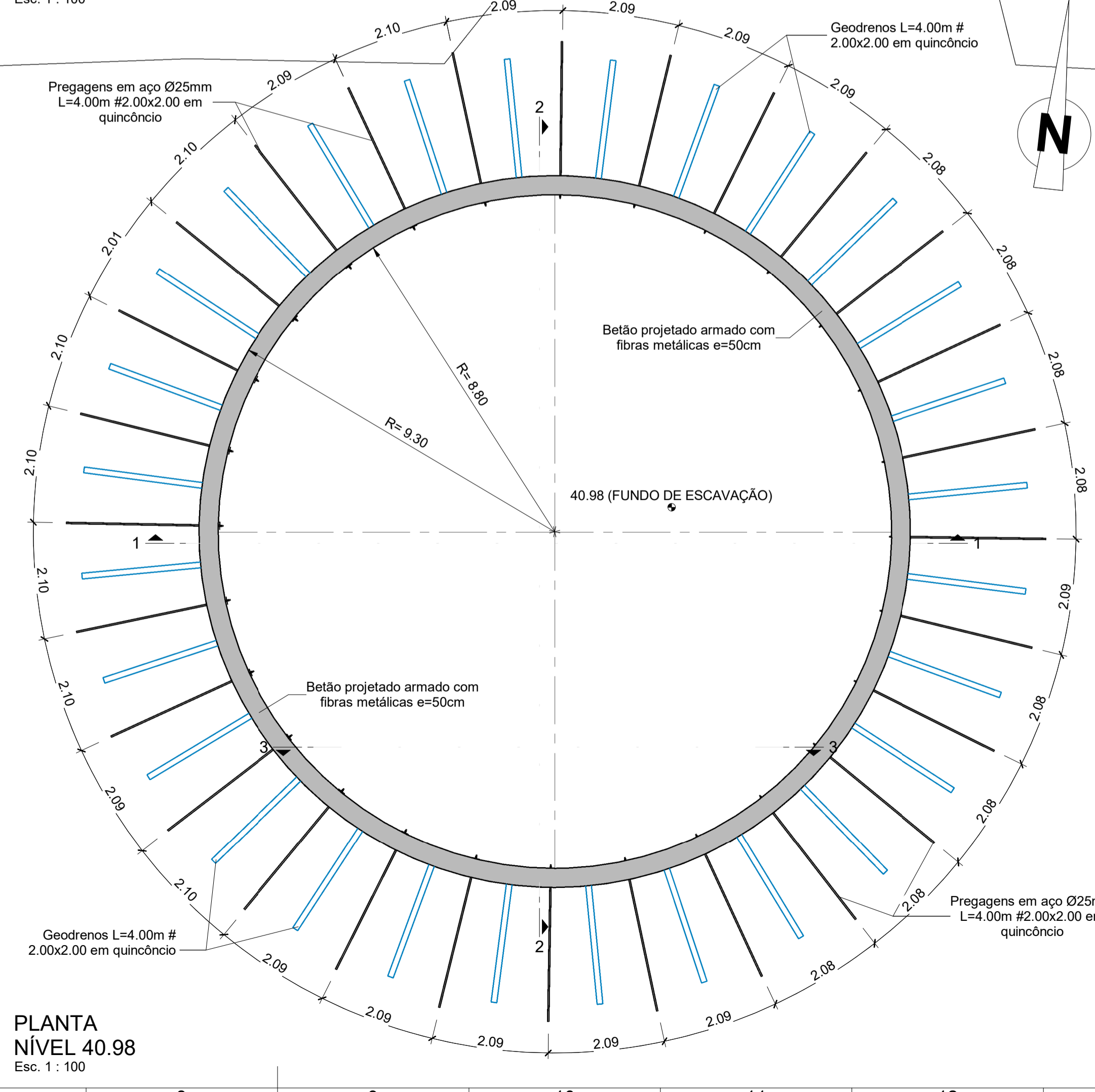
**PLANTA NÍVEL 84.33**  
Esc. 1 : 100



**PLANTA NÍVEL 74.43**  
Esc. 1 : 100



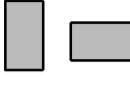

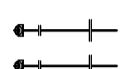
**PLANTA NÍVEL 56.83**  
Esc. 1 : 100



**PLANTA NÍVEL 40.98**  
Esc. 1 : 100


**LEGENDA:**

**CONTENÇÃO PERIFÉRICA**

-  Betão projetado armado com fibras metálicas
-  Geodrenos
-  Pregagens de aço Ø25mm

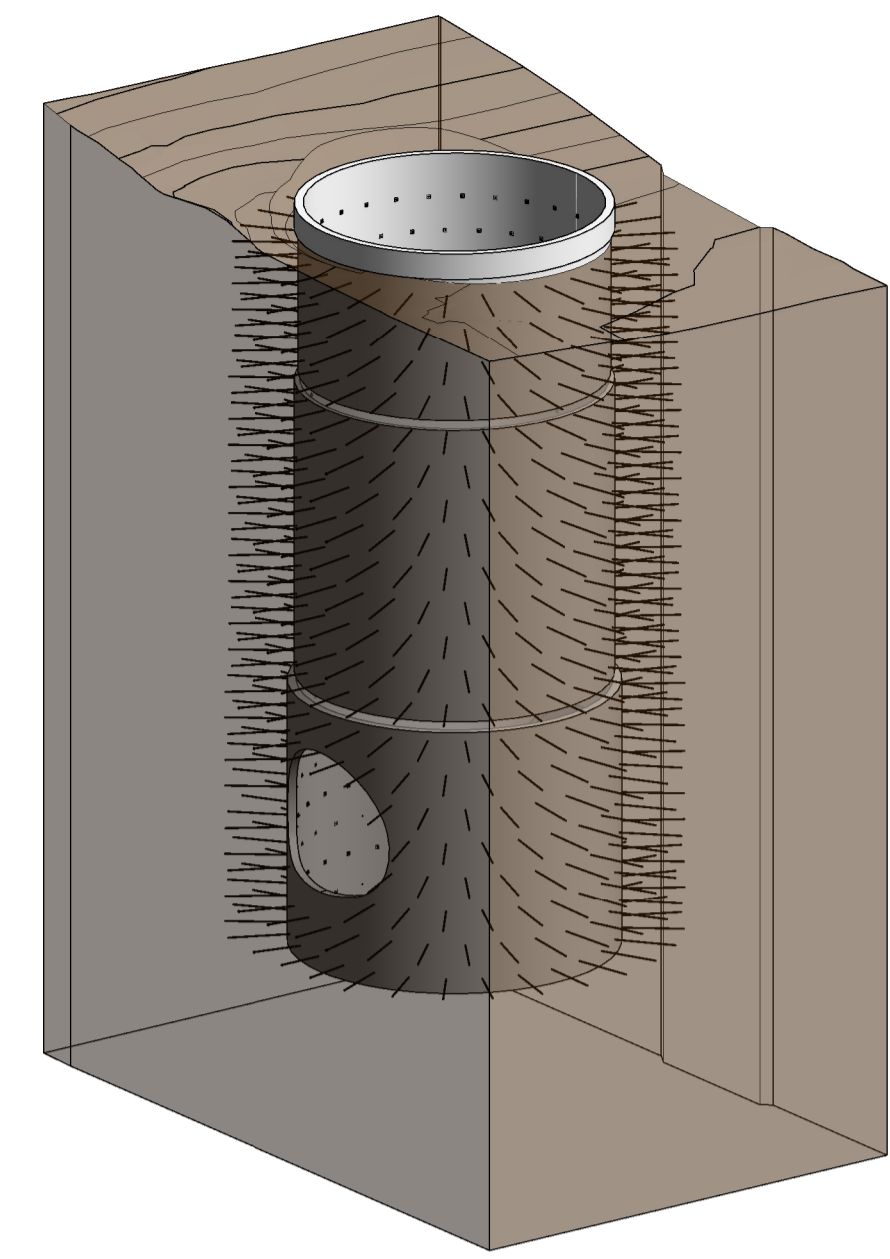
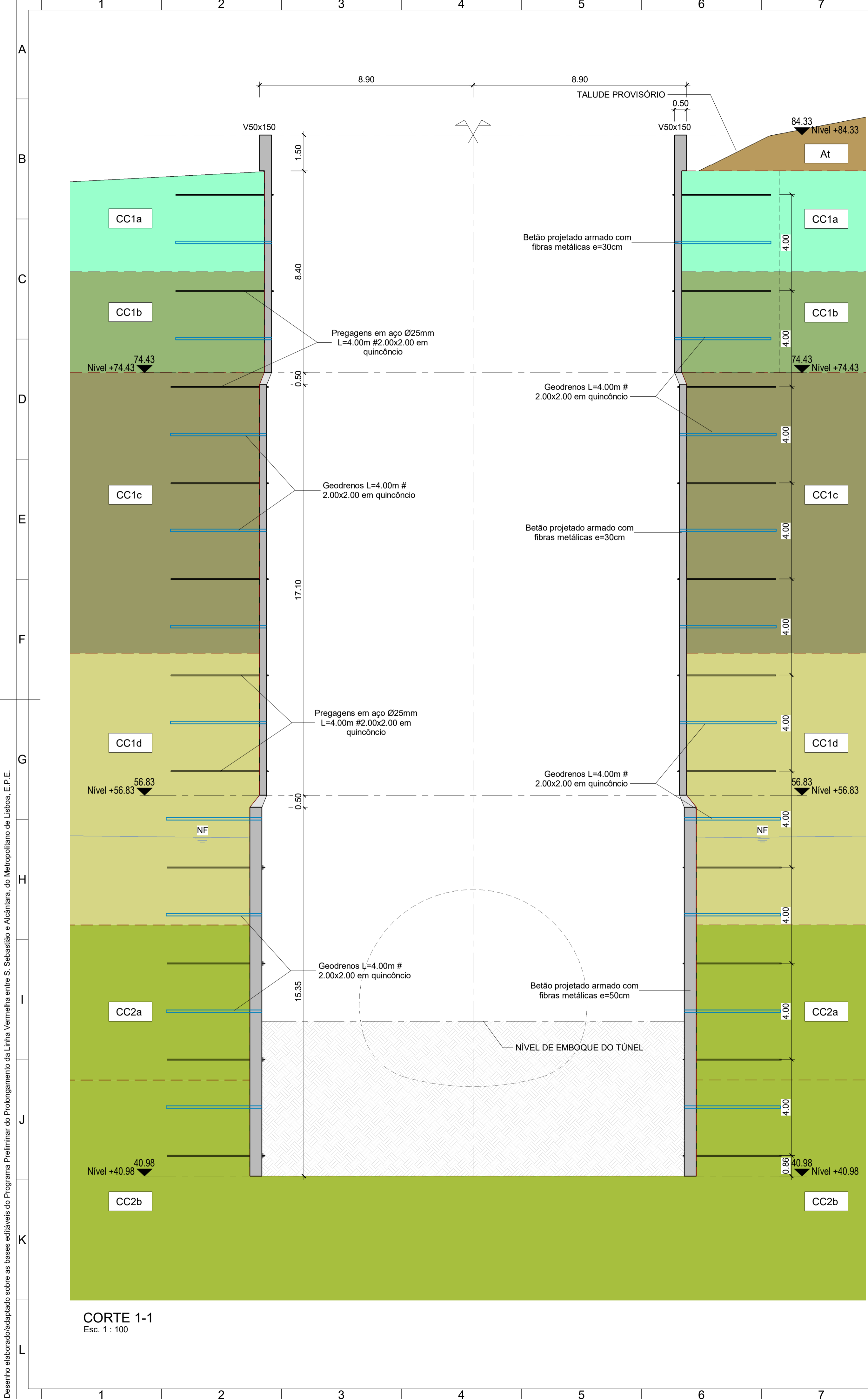
ALTERAÇÕES		DATA		DES.	VERIF.
0	Emissão inicial	04/10/2024	AH	RP	

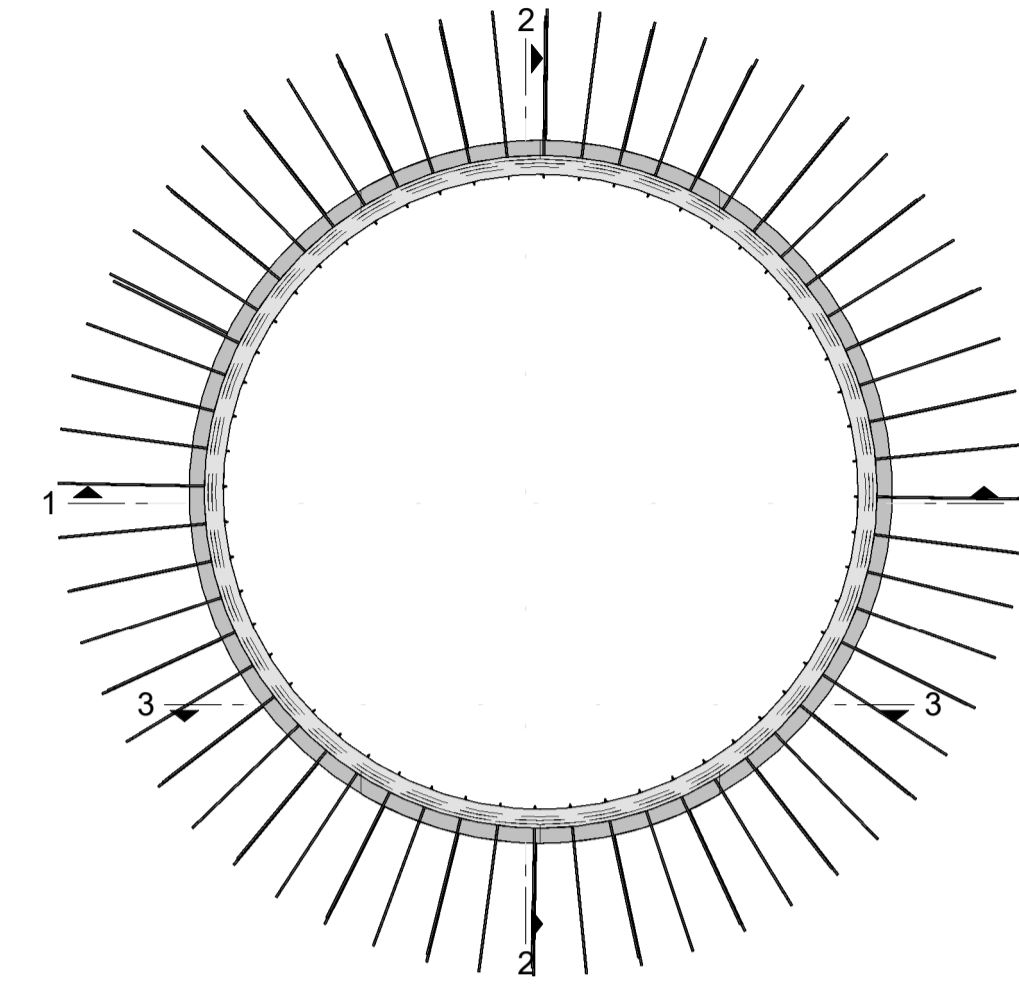
<b>PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA</b> S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA PROJETO DE EXECUÇÃO		 Escalas: Des. n.º 134563 F. / / Alter. / / / / / / / / / / Substituído / / / / / / / / / / Nº SAP / / / / / / / / / / Versão / / / / / / / / / / Folha / / / / / / / / / /
Data:		
Aprov.		
Verif.		
<b>ESTRUTURAS</b> POÇO DE VENTILAÇÃO 215		
<b>ESTRUTURAS PROVISÓRIAS</b> PLANTAS DE DIMENSIONAMENTO		
Aprova. RP 04/10/2024 Verif. RT 04/10/2024 Proj. AH, AS, CM, PM 04/10/2024 Des. AH 04/10/2024		Identificação Empresa Projeto: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO Escalas: 1/100 / Folha: 02/06 Alter: 04/10/2024

Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar de Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, do Metropolitano de Lisboa, E.P.E.

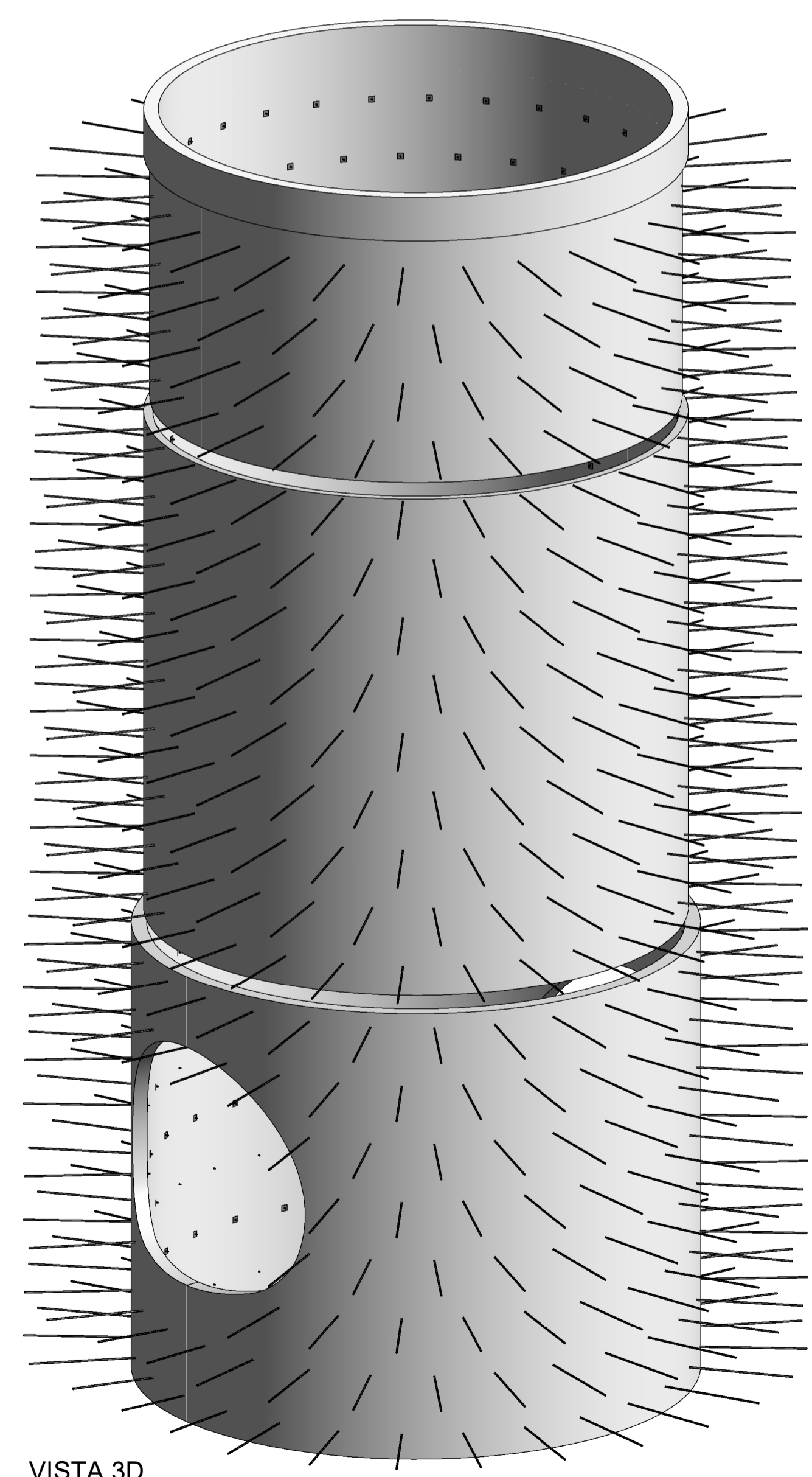




VISTA 3D POÇO E TOPOGRAFIA  
s / escala



PLANTA IDENTIFICAÇÃO DOS CORTES  
Esc. 1 : 200



VISTA 3D POÇO  
s / escala

**LEGENDA DE GEOLOGIA**

**QUATERNÁRIO - Holocénio (Recente)**

- At Aterro heterogéneo
- Al(ar) Aluvião arenoso (ar)
- Al(ag) Aluvião argiloso (ag)
- Al(cg) Aluvião com cascalheira (cg)

**NEOGÉNICO - Miocénico - "Argilas e Calcários dos Prazeres" (M<sub>P</sub>)**

- M(ag) Argilas cinzentas-esverdeadas
- M(cal) Calcarenitos fossilíferos

**OLIGOCÉNICO - "Formação de Benfica" (φ)**

- φ Areias finas, siltosas e silto-argilosas; Siltes argilosos

**NEOCRETÁCICO - "Complexo Vulcânico de Lisboa" (β)**

- β<sup>1</sup> Basalto
- c Tufos vulcânicos

**CRETÁCICO - "Formação de Bica"**

- CC1a Argila margosa e/ou margas argilosas
- CC1b Calcário nodular
- CC1c Calcário cristalino
- CC1d Calcário compacto

**CENOMANIANO MÉDIO - "Formação de Caneças"**

- CCz Calcário margoso

**LEGENDA:**

**CONTENÇÃO PERIFÉRICA**

- Betão projetado armado com fibras metálicas
- Geodrenos
- Pregagens em aço Ø25mm

ALTERAÇÕES	DATA	DES.	VERIF.
0	Emissão inicial	04/10/2024	AH RP

**PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA**  
PROJETO DE EXECUÇÃO

**Metropolitano de Lisboa**

Data: \_\_\_\_\_ Escalas: Des. n.º 134584 F. / /

Aprov. \_\_\_\_\_ Alter. \_\_\_\_\_

Verif. \_\_\_\_\_ Substituído \_\_\_\_\_

Proj. \_\_\_\_\_ Nº SAP \_\_\_\_\_ Versão \_\_\_\_\_

Des. \_\_\_\_\_ Folha \_\_\_\_\_

**ESTRUTURAS**  
POÇO DE VENTILAÇÃO 215

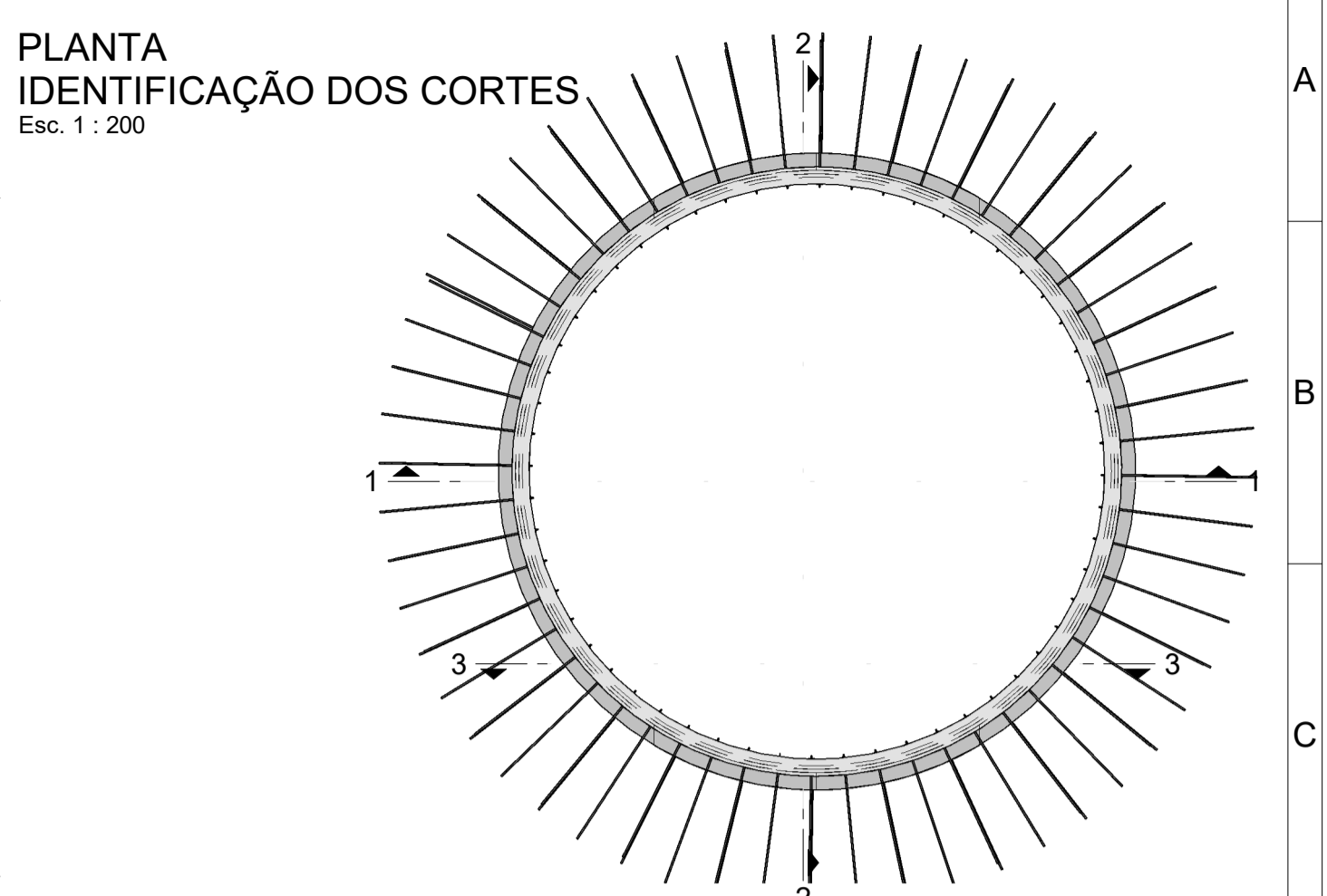
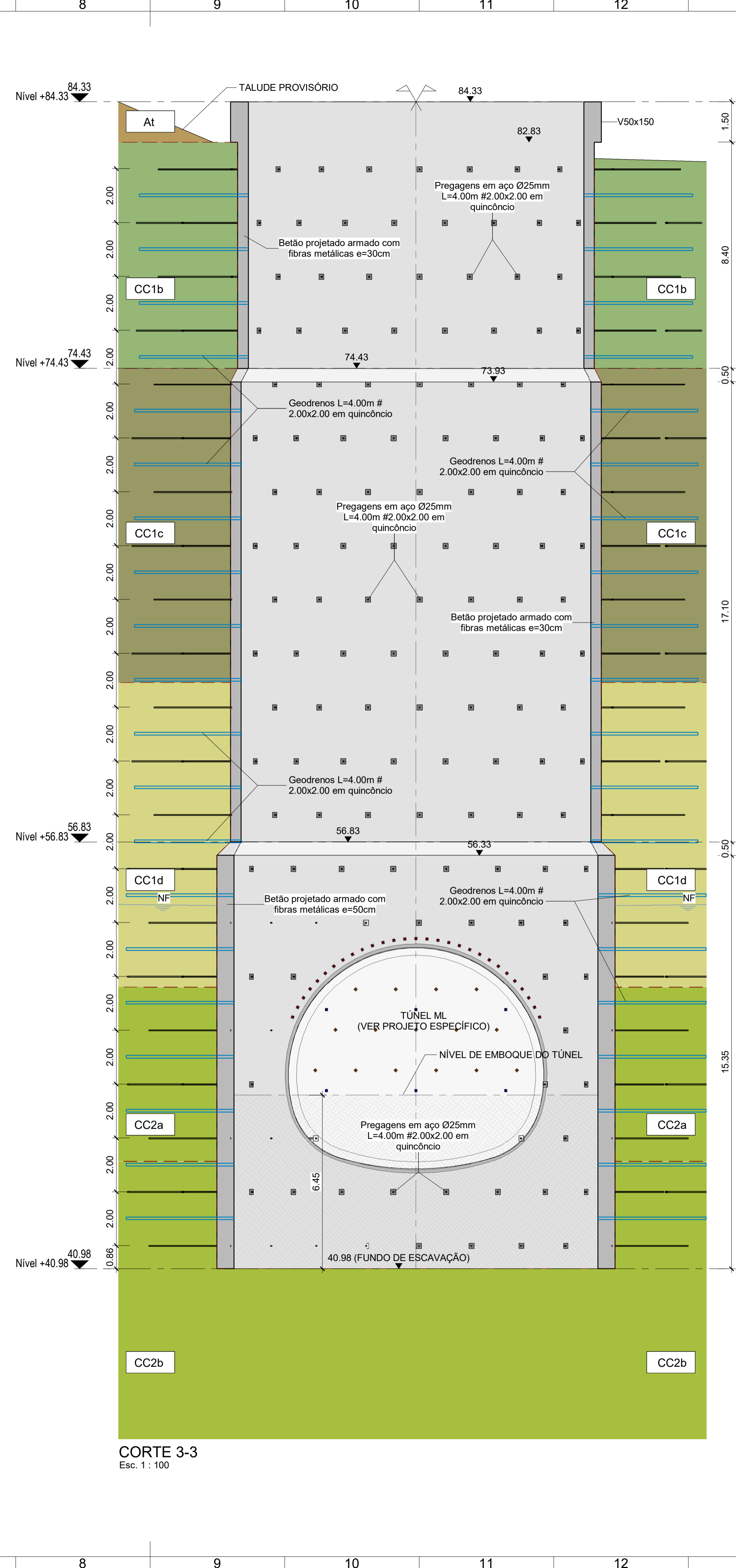
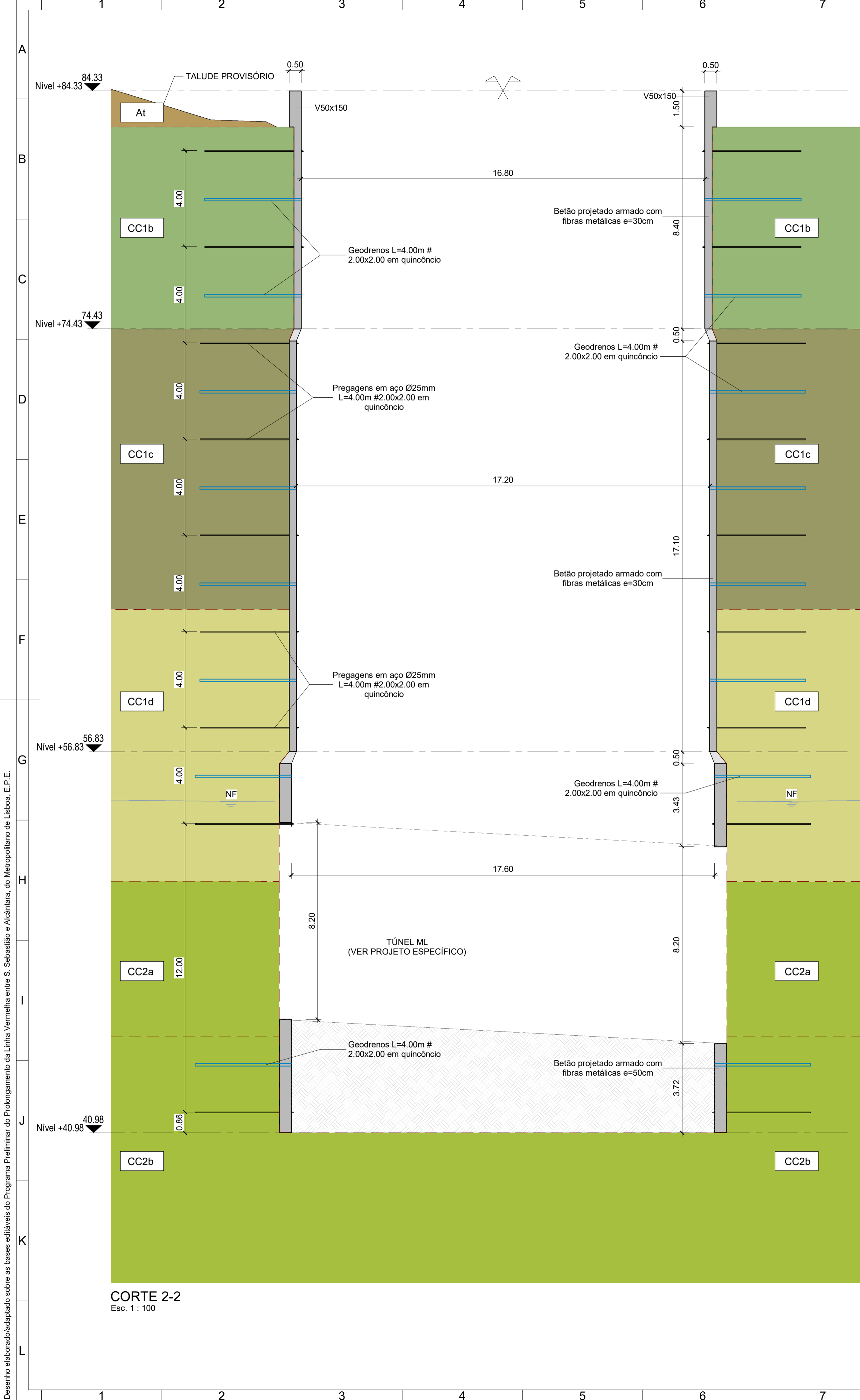
**ESTRUTURAS PROVISÓRIAS**  
CORTE 1-1 E VISTA 3D

Aprov.	RP	04/10/2024	Identificação Empresa Projeção:
Verif.	RT	04/10/2024	COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO
Proj.	AH, AS, CM, PM	04/10/2024	Escalas: 1/100 1/200
Des.	AH	04/10/2024	Folha: 03/06

Desenho nº LVSSA MSA PE STR PVE PV215 DW 086150 0 (03-06) Alter. 04/10/2024

Desenho elaborado/autorizado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, do Metropolitano de Lisboa, E.P.E.





- LEGENDA DE GEOLOGIA**
- QUATERNÁRIO - Holocénio (Recente)**
- At: Aterro heterogéneo
  - Al(ar): Aluvião arenoso (ar)
  - Al(ag): Aluvião argiloso (ag)
  - Al(cg): Aluvião com cascalheira (cg)
- NEOGÉNICO - Miocénico - "Argilas e Calcários dos Prazeres" (M<sub>P</sub>)**
- M(ag): Argilas cinzentas-esverdeadas
  - M(cal): Calcarenitos fossilíferos
- OLIGOCÉNICO - "Formação de Benfica" (φ)**
- φ: Areias finas, siltosas e silto-argilosas; Siltos argilosos
- NEOCRETÁCICO - "Complexo Vulcânico de Lisboa" (β)**
- β': Basalto
  - c: Tufos vulcânicos
- CRETÁCICO - "Formação de Bica"**
- CC1a: Argila margosa e/ou marga argilosa
  - CC1b: Calcário nodular
  - CC1c: Calcário cristalino
  - CC1d: Calcário compacto
- CENOMANIANO MÉDIO - "Formação de Caneças"**
- CC2: Calcário margoso

- LEGENDA:**
- CONTENÇÃO PERIFÉRICA**
- Betão projetado armado com fibras metálicas
  - Geodrenos
  - Pregagens em aço Ø25mm

ALTERAÇÕES		DATA		DES.		VERIF.	
0	Emissão inicial	04/10/2024	AH	RP			

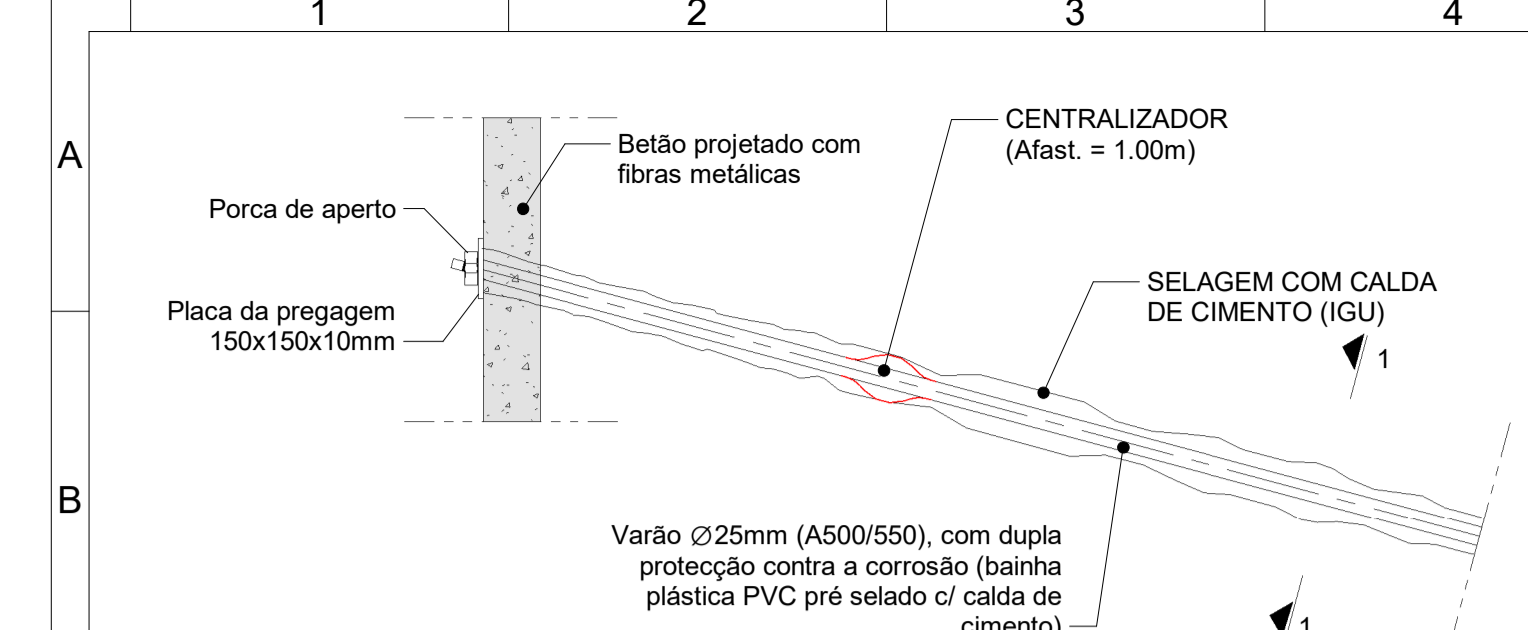
<b>PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA</b> <b>S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA</b> PROJETO DE EXECUÇÃO		
Data: _____ Aprov. _____ Verif. _____ Proj. _____ Des. _____	Escalas: Des. n.º 134565 F. / / Alter. _____ Substituído _____ Nº SAP _____ Versão _____ Folha _____	

MOTAENGLIL ENGENHARIA COBA JET SJ JLM / TALPROJECTO		
Identificação Empresa Projeção: COBA / JET SJ / JLM / TALPROJECTO Escala: 1/100 1/200 Folha: 04/06	Des. n.º LVSSA MSA PE STR PVE PV215 DW 086151 0 (04-06) Alter. 04/10/2024	

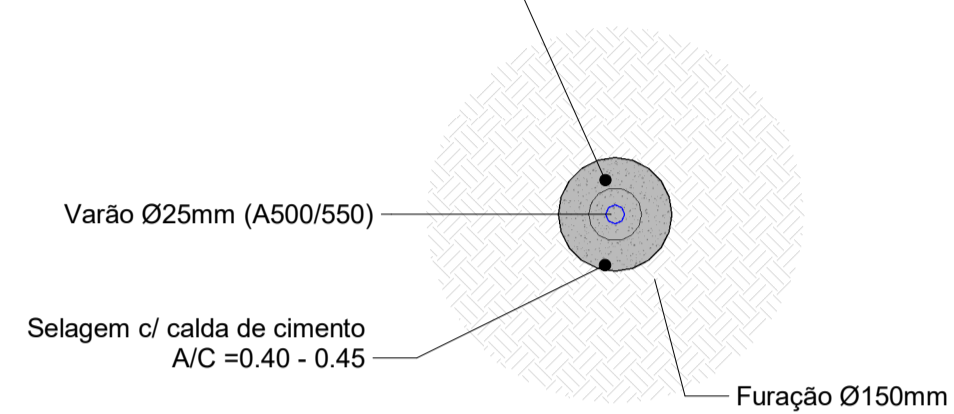
Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar de Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, do Metropolitano de Lisboa, E.P.E.



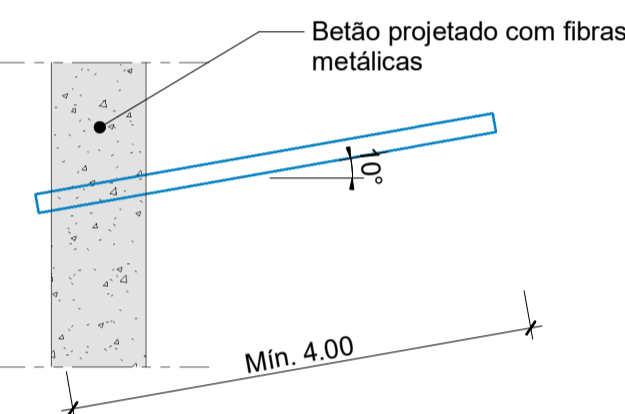


**PREGAGENS ALCADO**  
Esc. 1 : 20

Revestimento do varão - manga de PVC corrugado pré-selado com calda de cimento



**PREGAGENS CORTE 1-1**  
Esc. 1 : 10



Geodrenos Ø50 mm em tubos de PEAD crepinado, com comprimento 6 m e uma inclinação ascendente de 10° com a horizontal. envoltos em geotêxtil 150 gr/m², dispostos em quincôncio, 4.00 x 4.00

**GEODRENOS CORTE**  
Esc. 1 : 20

**QUADRO DE SOLDADURAS:**

SIMBOLOGIA		PORMENOR		SIMBOLOGIA		PORMENOR	
OFICINA	MONTAGEM	OFICINA	MONTAGEM	OFICINA	MONTAGEM	OFICINA	MONTAGEM
		e≤6 60°	e	50° e<15	e	50° e>15	e
		e>15 60°	e	a<0.7e1 a<0.7e2	a	a<0.7e1 a<0.7e2	a
		e>15 10° a 20°	e	a<0.7e1 a<0.7e2	a	a<0.7e1 a<0.7e2	a
VERIFICAÇÃO DAS SOLDADURAS				SOLDADURAS EM GERAL			
RX	POR RAO X						
US	POR ULTRA-SONS						

PREPARAÇÃO E EXECUÇÃO DAS SOLDADURAS SEGUNDO REGULAMENTO DE ESTRUTURAS DE AÇO PARA EDIFÍCIOS NP 1515. E CUMPRIMENTO DAS RECOMENDAÇÕES DO EUROCODIGO 3 SOBRE EXECUÇÃO E CONTROLO DA QUALIDADE  
OBS: SOLDADURA EM GERAL: a=0.7xMENOR DAS ESPESURAS A LIGAR

**NOTAS:**

Consideram-se particularmente importantes os seguintes aspetos:

- As medidas constantes neste projecto estão em metros, excepto quanto explicitamente indicadas outras unidades;
- As cotas altimétricas encontram-se indicadas em metros, e referem-se aos tocos excepto quando explicitamente indicado o contrário;
- A confirmação prévia da geometria e cotas de fundação das estruturas e infraestruturas localizadas junto ao perímetro exterior do recinto da escavação;
- O levantamento prévio de todos os serviços afetados localizados na vizinhança do recinto de intervenção, e que possam vir a interferir com a execução das soluções e os trabalhos da obra, nomeadamente aqueles localizados sob os passeios dos arruamentos adjacentes. Se necessário, alguns serviços deverão ser desviados;
- A confirmação do zonamento geotécnico e das características geomecânicas dos terrenos interessados pela intervenção, com implicações nos comprimentos estimados das pregagens;
- A compatibilização das soluções propostas com as definidas nos projetos das restantes especialidades, em particular: estruturas, arquitetura e drenagem, a qual poderá determinar a necessidade de revisão das soluções agora propostas;
- Antes de cada betonagem a Entidade Executante deverá assegurar-se que foram incluídos todos os elementos a deixar embebidos nos elementos de betão armado.

**CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS**  
(BETÃO ARMADO CARATERIZADO CONFORME NP EN 206:2017+A2:2021 E EN 10080:2005)  
(AÇO EM ESTRUTURAS METÁLICAS CARATERIZADO CONFORME EN 10025-2:2021)

Materiais	Localização	Classe de Resistência	Classe Exposição	Classe Teor de Cloretos	Dmax (mm)	Classe de Consistência
BETÃO <i>in situ</i>	Regularização	C12/15	X0 (P)	CL 1.00	≤ 22	S3
	Betão projetado	C30/37	XC4 (P)	CL 0.40	≤ 10	S5
	Estacas	C30/37	XC4 (P)	CL 0.40	≤ 15	S4
	Viga de coramento e distribuição	C30/37	XC4 (P)	CL 0.40	≤ 22	S3
CALDA DE CIMENTO	Muros de munique e tradicionais	C30/37	XC4 (P)	CL 0.40	≤ 22	S3
	Resistência à compressão aos 7 dias	EQUIVALENTE A C25/C30	-	-	-	-
AÇO em varão	Armaduras Ordinárias	A500NR SD	-	-	-	-
	Malha eletrossoldada	A500 ER	-	-	-	-
	Chapas e perfis metálicos	S355 JR	-	-	-	-
	Enfilagens	S355 JR	-	-	-	-
AÇO (*) em chapas, perfis, barras e anilhas	Cambotas treliçadas	A500NR	-	-	-	-
	Pregagens	A500NR	-	-	-	-
	Elementos de fixação metálica	CLASSE 8.8	-	-	-	-
	Microestacas	N80 (API 5A) fyd > 560	-	-	-	-
ANCORAGENS PROVISÓRIAS	Aço de alta resistência	Y1860	-	-	-	-
	Resistência à tração	1500 MPa	-	-	-	-
FIBRAS METÁLICAS	Comprimento (extremidade com gancho)	< 35 mm	-	-	-	-
	Esbelteza, L/d	65	-	-	-	-
	Classe de absorção de energia	E700	-	-	-	-
PREGAGENS DE FIBRA DE VIDRO	Resistência à tração	≥ 2000 MPa	-	-	-	-
	Carga nominal de rotura	430 kN	-	-	-	-
AÇO em varão	Armaduras Ordinárias	A500NR SD	-	-	-	-
	Malha eletrossoldada	A500 EL	-	-	-	-
PREGAGENS DE TUBO EXPANSIVO	Aço	S 355 MC	-	-	-	-
	Carga mínima de cedência	Py = 130 kN	-	-	-	-
PRANCHAS DE MADEIRA	Classe de qualidade	E	-	-	-	-
	Classe de serviço	3	-	-	-	-
	Classe de duração das ações	Média duração	-	-	-	-
	Classe de resistência perpendicular às fibras	C30	-	-	-	-
GEODRENOS	Tubo de polietileno rígido, corrugado e ranhurado	-	-	-	-	-
	Massa por unidade de área (EN9864)	150 g/m²	-	-	-	-
GEOTÊXTEL DO GEODRENO	Massa por unidade de área (EN9864)	2 mm	-	-	-	-
	Resistência à tração (EN ISO 10319)	4,5 kN/m	-	-	-	-
	Alongamento à carga máxima (EN ISO 10319)	80%	-	-	-	-
	Punçoamento estático (EN ISO 12236)	≥ 700 N	-	-	-	-
	Resistência à perfuração dinâmica (EN 918)	≤ 28 mm	-	-	-	-
	Durabilidade	Duração estimada de, no mínimo, 25 anos em terreno com 4 < ph < 9 e temperaturas < 25°C (tempo de exposição máximo de 1 semana após instalação)	-	-	-	-
BUEIROS	Tubo de polietileno rígido, corrugado e ranhurado	-	-	-	-	-

**RECOBRIMENTOS NOMINAIS (\*\*)**

ELEMENTO	RECOBRIMENTO NOMINAL
Estacas	75 mm
Vigas de coramento e distribuição	35 mm
Muros de munique e tradicionais	50 mm

(\*\*) - Recobrimento mínimo + Margem de cálculo para as tolerâncias de execução = Recobrimento nominal.  
\* Em elementos inferiores a 0.25 m o recobrimento é reduzido em 0.05 m, devendo ser garantidos os recobrimentos mínimos definidos na EN1008.

**COMPRIMENTO DE AMARRAÇÃO lbd DE ARMADURAS LONGITUDINAIS ORDINÁRIAS**  
EN 1992-1-1 (2010) [cm]

CLASSE DE BETÃO	DIÂMETRO DOS VARÕES													
	Ø8		Ø10		Ø12		Ø16							
	A	B	A	B	A	B	A	B						
C 25/30	35	45	40	60	50	70	65	95	80	115	100	145	130	185
C 30/37	30	40	35	50	45	60	60	80	70	105	90	130	115	165

**CONDIÇÕES DE ADERÊNCIA: B-VARÕES SUPERIORES DE LAJES COM ESPESURA>0.25M A-OUTROS VARÕES (BOA ADERÊNCIA)**

DIÂMETRO DE DOBRAGEM	Ø8	Ø10	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25	Ø32
	32	40	48	64	140	175	224

NOTAS:  
1 - TODAS AS COTAS DO EXISTENTE TÊM COMO BASE AS TELAS FINAIS E O PROJETO DE ARQUITETURA E DEVERÃO SER CONFINADAS EM OBRA.

**ALTERAÇÕES**

Nº	Descrição	DATA	AH	RP
0	Emissão inicial	04/10/2024	AH	RP

**PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA**  
PROJETO DE EXECUÇÃO

**Metropolitano de Lisboa**

Data: \_\_\_\_\_  
Aprov. \_\_\_\_\_  
Verif. \_\_\_\_\_  
Proj. \_\_\_\_\_  
Des. \_\_\_\_\_

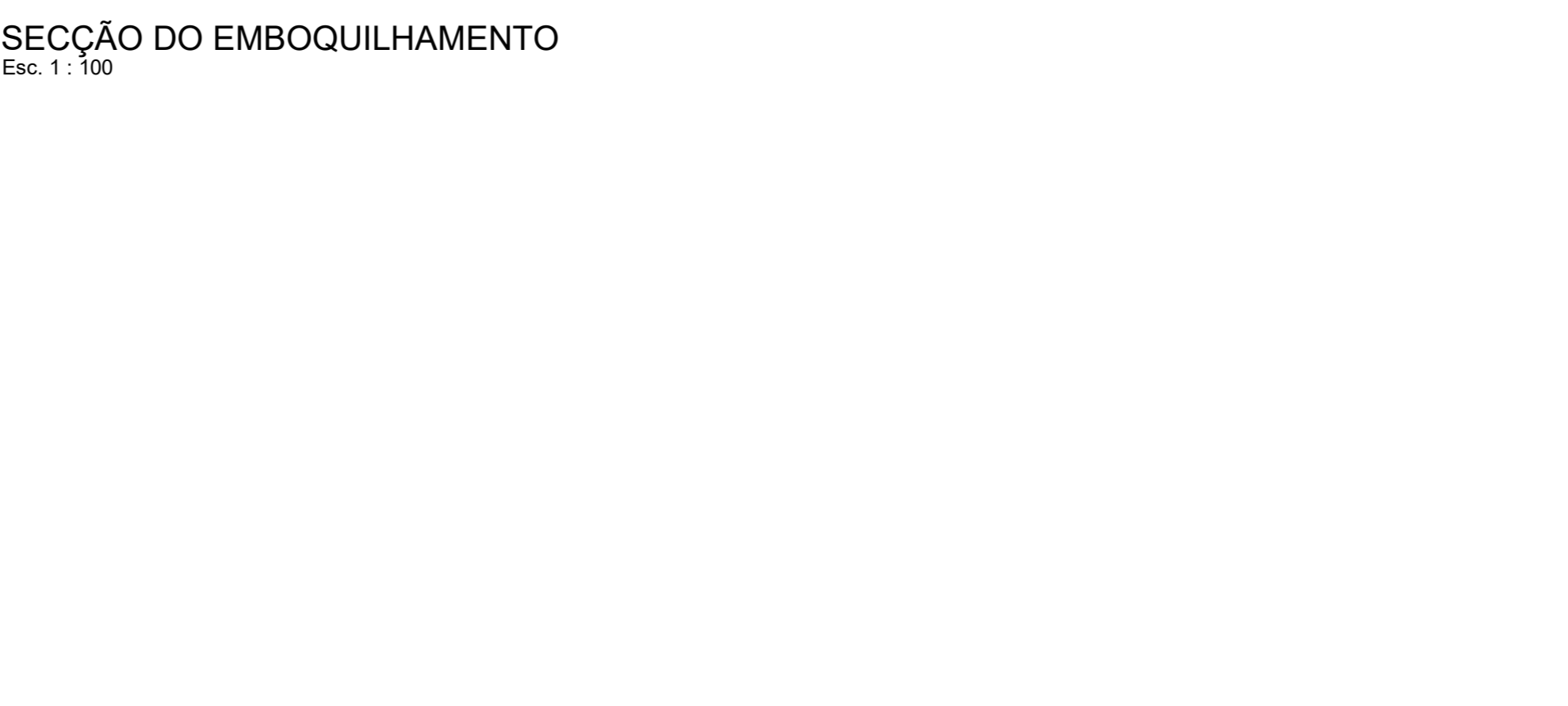
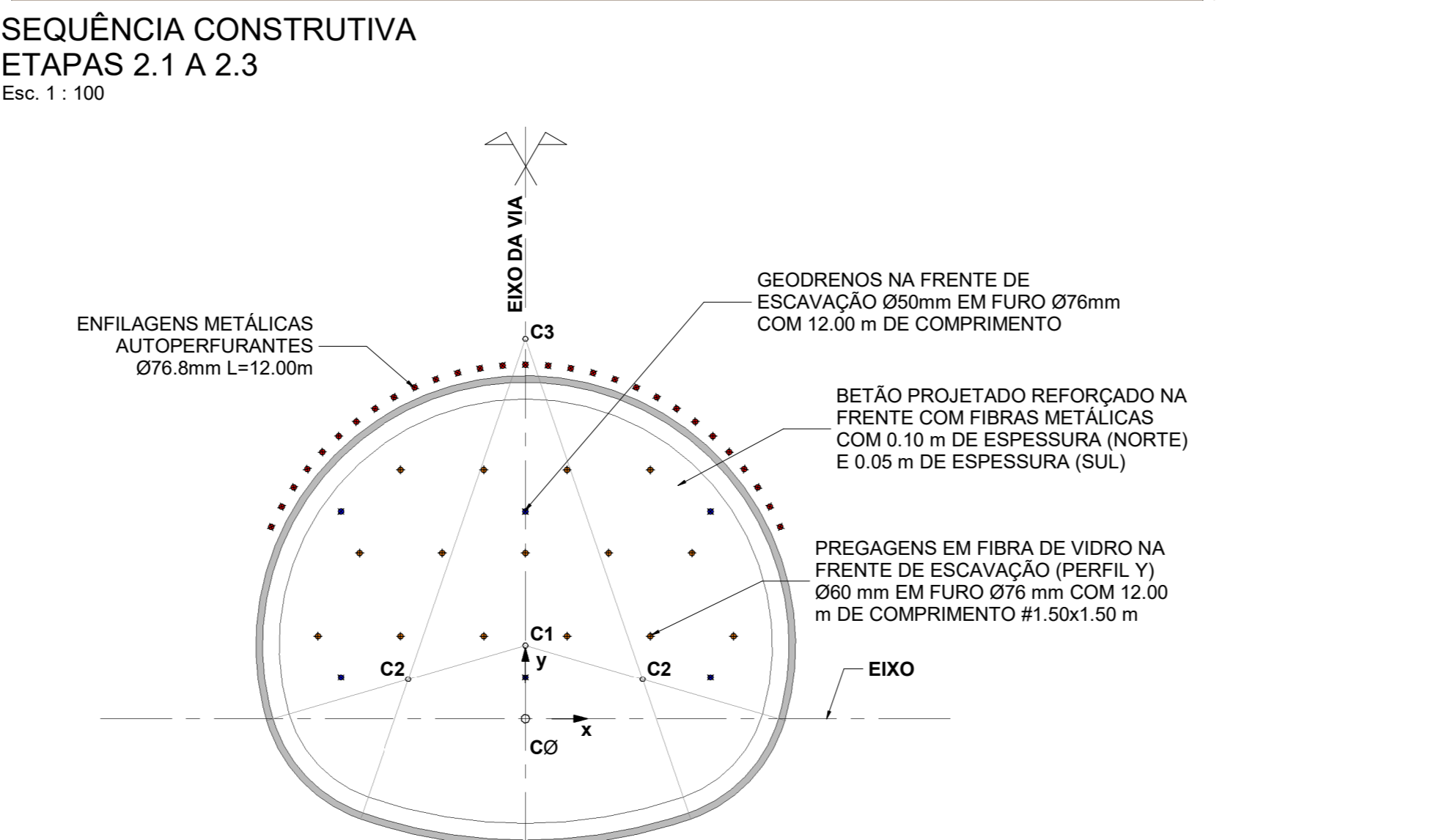
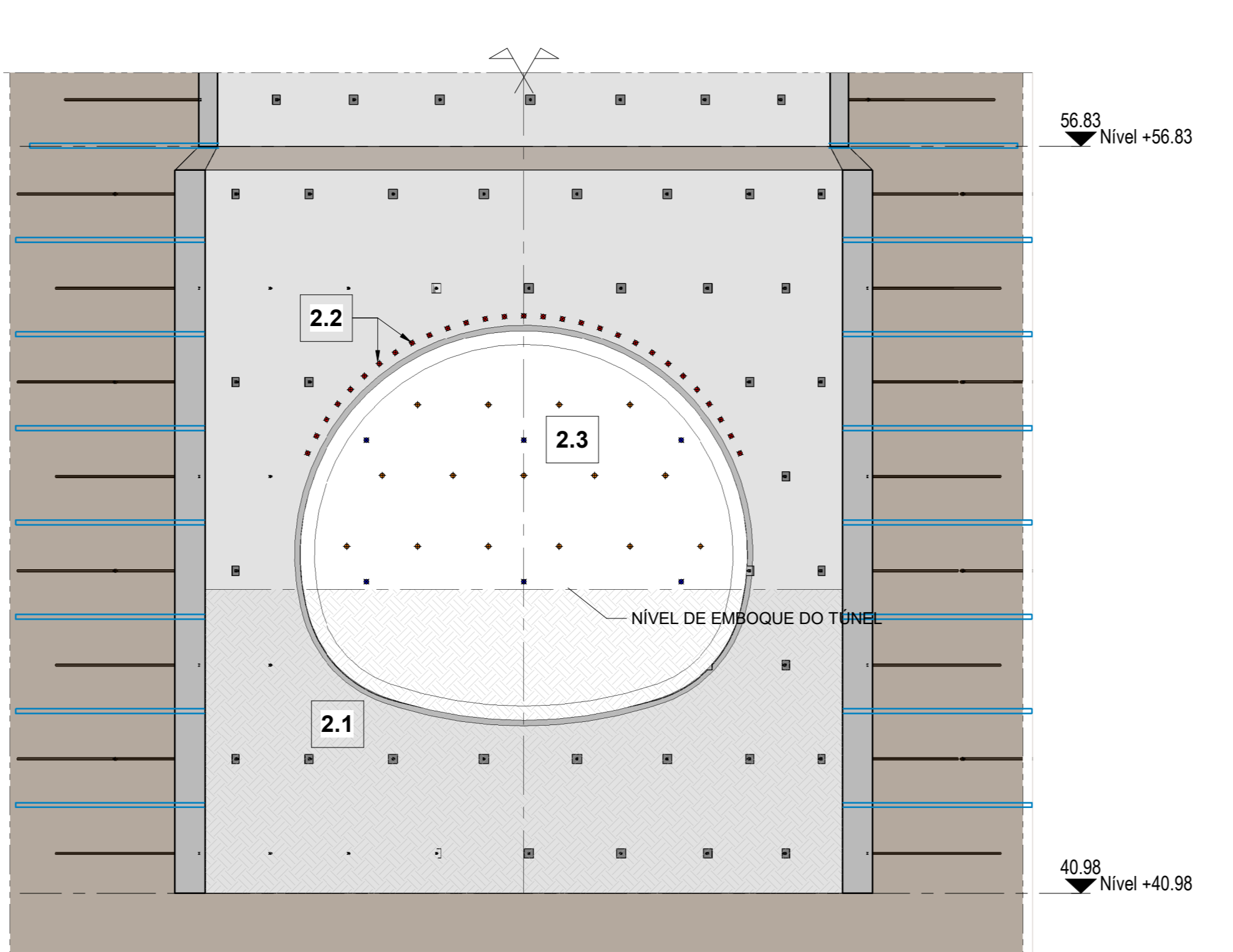
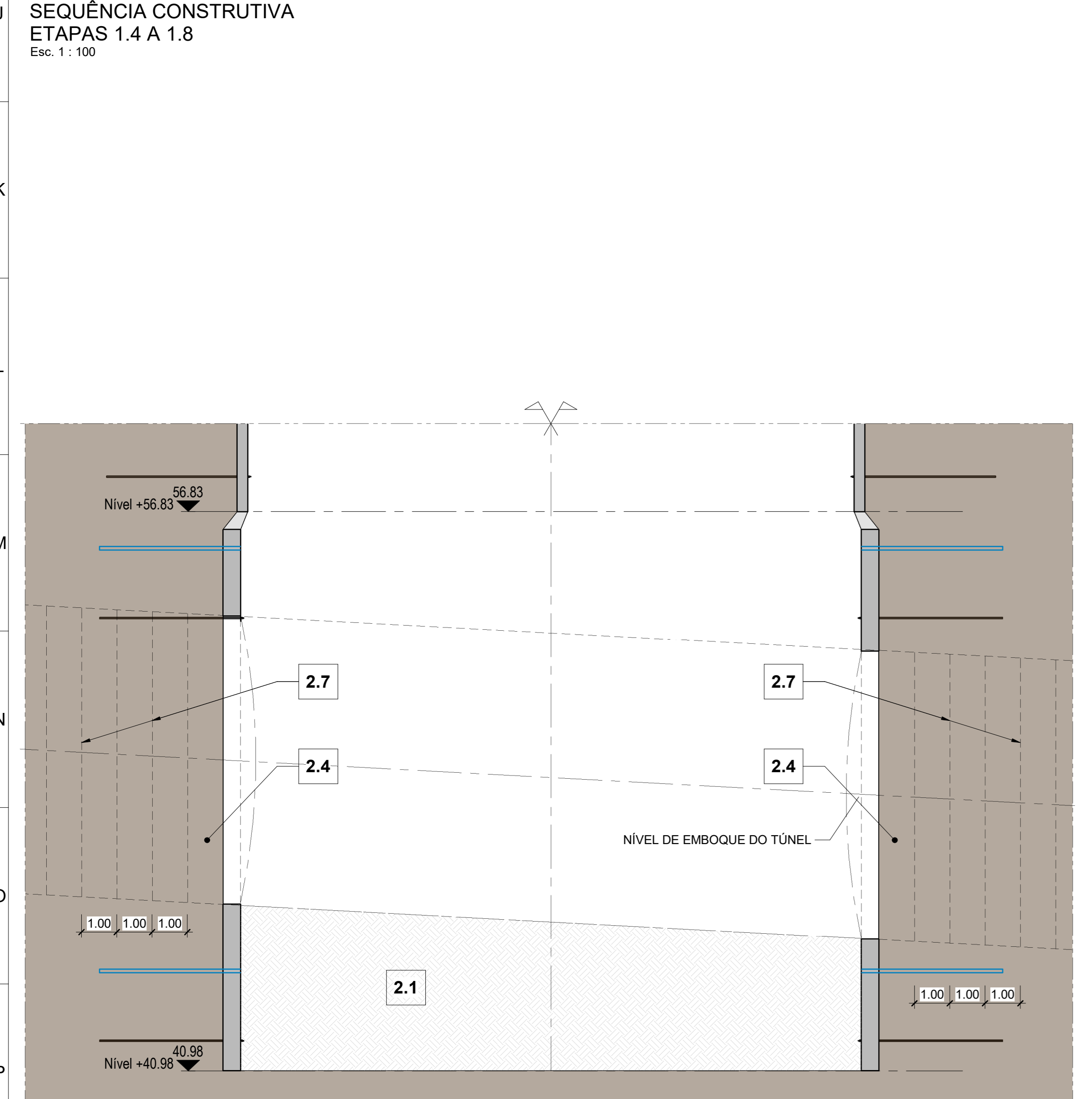
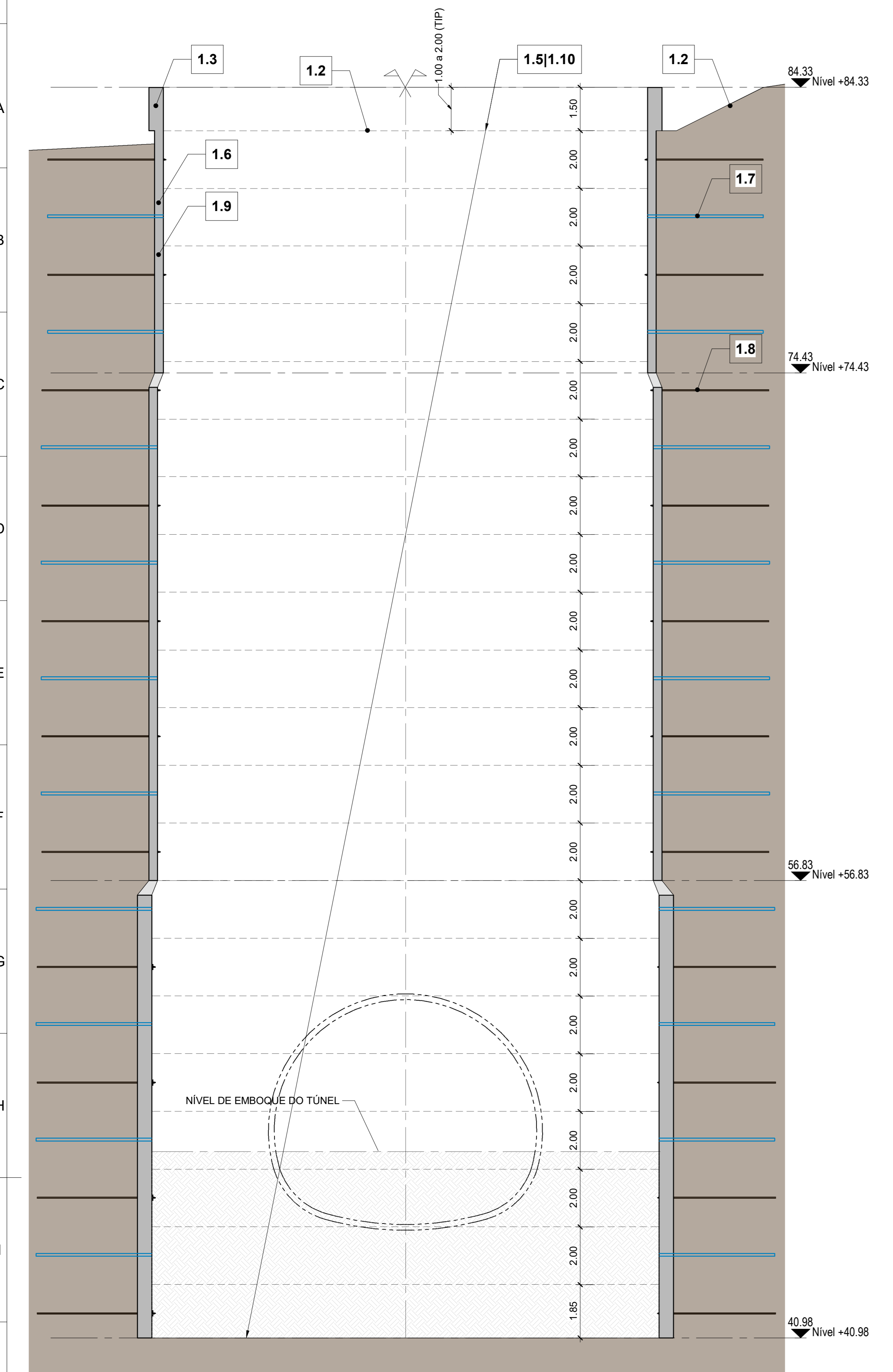
Escalas: Des. nº 134976 F. / /  
Alter. \_\_\_\_\_  
Substituído \_\_\_\_\_  
Nº SAP \_\_\_\_\_ Versão \_\_\_\_\_  
Folha \_\_\_\_\_

Aprov.	RP	04/10/2024
Verif.	RT	04/10/2024
Proj.	AH, AS, CM, PM	04/10/2024
Des.	AH	04/10/2024

Identificação Empresa Projeção: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO  
Escala: 1:20 1:10  
Folha: 05/06  
Desenho nº LVSSA MSA PE STR PVE PV215 DW 086200 0 (05-06)  
Alter: 04/10/2024

Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, do Metropolitano de Lisboa, E.P.E.





- FASEAMENTO CONSTRUTIVO - ETAPA 1 (PV215):**
- Preparação da plataforma de trabalho e dos respetivos acessos, devidamente compatibilizada com a topografia do local;
  - Escavação em talude, até à cota de base da viga de coroaamento;
  - Execução da viga de coroaamento, deixando armaduras de espera para a ligação ao betão projetado. Inclui as operações de montagem e colocação das armaduras, cofragem e betonagem;
  - Instalação e zeragem dos dispositivos de instrumentação;
  - Escavação em avanços verticais de 2,00m, articulada com a instalação e zeragem dos dispositivos de instrumentação posicionados na face do betão projetado;
  - Execução de uma primeira camada de revestimento do poço, em betão projetado (via húmida) reforçado com fibras metálicas com 10 cm de espessura;
  - Execução dos geodrenos. Inclui as operações de furação, limpeza e colocação;
  - Execução das pregagens em aço tradicional. Inclui as operações de furação, limpeza, colocação da armadura e selagem com calda de cimento;
  - Execução da restante espessura do revestimento de betão projetado reforçado com fibras metálicas (via húmida), em camadas de 5 cm de espessura. Após a conclusão da projeção de betão, colocação das chapas das pregagens, anilha e porcas;
  - Repetição dos passos 1.4 a 1.9 até o nível à cota de fundo do poço;
- FASEAMENTO CONSTRUTIVO - ETAPA 2 (EMBOQUE DO TÚNEL DE VIA):**
- Execução do aterro provisório até ao nível do emboque do túnel de via;
  - Execução do tratamento de emboquilhamento do túnel de via;
  - Demolição do revestimento do poço;
  - Execução de um avanço típico de cabote (ver desenhos LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087000 0 a LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087002 0, LVSSA MSA AP STR TUN 783 DW 087000 0 e LVSSA MSA AP STR TUN 783 DW 087002 0) com aplicação imediata de betão projetado para regularização;
  - Execução de pregagens e enfilagens (ver desenhos LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087000 0 a LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087002 0);
  - Aplicação de betão projetado de modo a atingir a espessura do projeto;
  - Execução de avanços típicos de túnel de via (ver desenhos LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087000 0 a LVSSA MSA AP STR TUN 000 DW 087002 0);
- FASEAMENTO CONSTRUTIVO - ETAPA 3 (ESTRUTURA DEFINITIVA DO PV):**
- Execução da impermeabilização do poço entre os revestimentos provisório e definitivo;
  - Execução do revestimento definitivo em toda a altura do poço;

**CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS**  
(BETÃO ARMADO CARATERIZADO CONFORME NP EN 206:2017+A2:2021 E EN 10080:2005)  
(AÇO EM ESTRUTURAS METÁLICAS CARATERIZADO CONFORME EN 10025-2:2021)

Materiais	Localização	Classe de Resistência	Classe Exposição	Classe Teor de Cloretos	D <sub>max</sub> (mm)	Classe de Consistência
BETÃO in situ	Regularização	C12/15	XB (P)	CL 1.00	≤ 22	S3
	Betão projetado	C30/37	XC4 (P)	CL 6.40	≤ 10	S5
	Estacas	C30/37	XC4 (P)	CL 6.40	≤ 15	S4
	Viga de coroaamento e distribuição	C30/37	XC4 (P)	CL 6.40	≤ 22	S3
CALDA DE CIMENTO	Resistência à compressão aos 28 dias	EQUIVALENTE A C30/37	-	-	-	-
	Resistência à tração	ASO/NR SD	-	-	-	-
AÇO em varão	Armaduras Ordinárias	ASO/NR SD	-	-	-	-
	Malha eletrosoldada	A500 ER	-	-	-	-
	Chapas e perfis metálicas	S355 JR	-	-	-	-
	Enfilagens	S355 JR	-	-	-	-
AÇO (*) em chapas, perfis, barras e anilhas	Camboetas treilçadas	ASO/NR	-	-	-	-
	Pregagens	ASO/NR	-	-	-	-
	Elementos de tração metálica	CLASSE 8.8	-	-	-	-
	Microestacas	N50 (API SA) fyk > 500	-	-	-	-
ANCORAGENS PROVISÓRIAS	Aço de alta resistência	V1860	-	-	-	-
	Resistência à tração	1500 MPa	-	-	-	-
FIBRAS METÁLICAS	Comprimento (extremidade com gancho)	< 35 mm	-	-	-	-
	Estabilidade, L <sub>0</sub>	65	-	-	-	-
PREGAGENS DE FIBRA DE VIDRO	Resistência à tração	≥ 2000 MPa	-	-	-	-
	Carga nominal de ruptura	430 kN	-	-	-	-
AÇO em varão	Armaduras Ordinárias	ASO/NR SD	-	-	-	-
	Malha eletrosoldada	A500 EL	-	-	-	-
PREGAGENS DE TUBO EXPANSIVO	Aço	S 355 MC	-	-	-	-
	Carga mínima de aderência	Py = 130 kN	-	-	-	-
PRANCHAS DE MADEIRA	Classe de qualidade	E	-	-	-	-
	Classe de serviço	3	-	-	-	-
GEODRENOS	Classe de duração dos adesivos	Média duração	-	-	-	-
	Classe de resistência perpendicular às fibras	C30	-	-	-	-
GEOTÊXTIL DO GEODRENO	Massa por unidade de área (EN10664)	150 g/m <sup>2</sup>	-	-	-	-
	Massa por unidade de área (EN10664)	2 mm	-	-	-	-
	Resistência à tração (EN ISO 10319)	4,5 kN/m	-	-	-	-
	Abrandamento à carga máxima (EN ISO 10319)	80%	-	-	-	-
	Punçamento estático (EN ISO 12236)	≥ 700 N	-	-	-	-
	Resistência à perfuração dinâmica (EN 1515)	≤ 28 mm	-	-	-	-
Durabilidade	Duração estimada de, no mínimo, 25 anos em terreno com 4 < pH < 9 e temperaturas < 25°C (tempo de exposição máximo de 1 semana após instalação)	-	-	-	-	-
BUEIROS	Tubo de polietileno rígido, congado e ranhurado	-	-	-	-	-

**RECOBRIMENTOS NOMINAIS (\*\*)**

ELEMENTO	RECOBRIMENTO NOMINAL	
	Estacas	Revestimento
RECOBRIMENTOS A GARANTIR DE ACORDO COM EXIGÊNCIAS DE DURABILIDADE DOS MATERIAIS	75 mm	35 mm
	Muros de coroaamento e distribuição	50 mm

**COMPRIMENTO DE AMARRAÇÃO l<sub>bd</sub> DE ARMADURAS LONGITUDINAIS ORDINÁRIAS**  
EN 1992-1-1 (2010) [cm]

CLASSE DE BETÃO	DIÂMETRO DOS VARÕES					
	Ø8	Ø10	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25
C 25/30	35	45	40	60	50	70
C 30/37	30	40	35	50	45	60

**CONDICÕES DE ADERÊNCIA: B-VARÕES SUPERIORES DE LAJES COM ESPESURA > 0,25M A-OUTROS VARÕES (BOA ADERÊNCIA)**

DIÂMETRO DE DOBRAGEM d <sub>b</sub> [mm]	Ø8	Ø10	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25
	32	40	48	64	140	175

NOTAS:  
1 - TODAS AS COTAS DO EXISTENTE TEM COMO BASE AS TELAS FINAIS E O PROJETO DE ARQUITETURA E DEVERÃO SER CONFINADAS EM OBRA.

**PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA**  
S. SEBASTIÃO - ALCÁNTARA  
PROJETO DE EXECUÇÃO

**Metropolitano de Lisboa**

ESTRUTURAS  
POÇO DE VENTILAÇÃO 215

ESTRUTURAS PROVISÓRIAS  
FASEAMENTO CONSTRUTIVO

Rev. 04/10/2024  
Desenho nº LVSSA MSA PE STR PVE PV215 DW 086300 0 (02-05)



Metropolitano de Lisboa

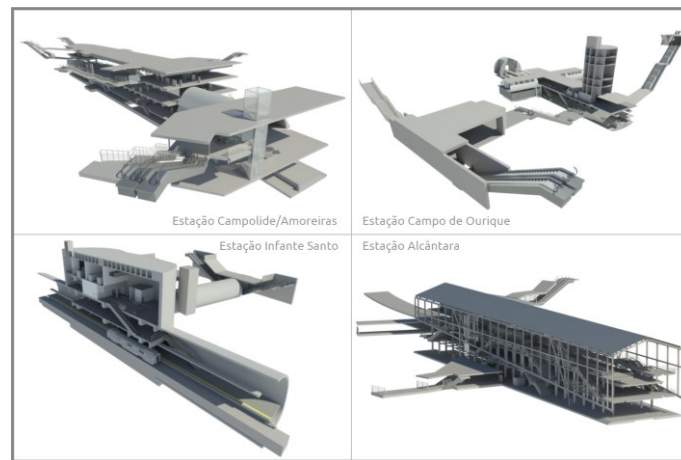


# METRO DE LISBOA

## LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

### EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO DO PROLONGAMENTO DA LINHA

### PROJETO DE EXECUÇÃO



## TOMO VI – POÇOS DE VENTILAÇÃO

### VOLUME 1 – POÇO DE VENTILAÇÃO PV215

### MEMÓRIA DESCRITIVA – ESTRUTURAS DEFINITIVAS

<b>Documento SAP:</b>	LVSSA MSA PE STR PVE PV215 MD 086001 0
-----------------------	--

	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Elaborado	André Henriques		2024-10-04
Revisto	Rui Tomásio		2024-10-04
Verificado	Sandra Ferreira/ Gonçalo Mateus		2024-10-04
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		2024-10-04
Aprovado	Raúl Pistone		2024-10-04



1	OBJETIVO E ÂMBITO.....	5
2	ELEMENTOS DE BASE.....	6
3	CONDICIONAMENTOS.....	7
3.1	Traçado.....	7
3.2	Geologia e Geotecnia.....	7
3.2.1	Geral.....	7
3.2.2	Zonamento e Parametrização Geológico-Geotécnico.....	7
3.3	Desvios de Circulação.....	8
3.4	Ocupação de Superfície e de Subsolo.....	8
3.5	Interferências.....	9
3.5.1	Enquadramento.....	9
3.5.2	Estado do edificado, incluindo património, das infraestruturas enterradas e das infraestruturas ferroviárias.....	10
3.5.2.1	Atividades realizadas.....	10
3.5.2.2	Edifícios.....	10
3.5.2.3	Infraestruturas enterradas.....	11
3.5.3	Medidas de mitigação.....	11
3.6	Análise de danos e Demolições.....	11
3.7	Implantação.....	12
3.8	Segurança.....	12
3.9	Arquitetónicos.....	13
3.10	Compatibilidade com as Outras Especialidades.....	13
3.11	Ambiente.....	13
4	REGULAMENTAÇÃO/NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA TÉCNICA.....	15
5	MATERIAIS.....	17
5.1	Estruturas definitivas.....	17
5.2	Sistemas de impermeabilização.....	18
6	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO.....	19
6.1	Tempo de vida útil.....	19
6.2	Classificação da obra de acordo com a sua importância.....	19
6.3	Classe de inspeção.....	19
6.4	Classe de fiabilidade.....	19
6.5	Categoria geotécnica da obra associada às estruturas de contenção.....	20
6.6	Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas.....	20
6.6.1	Túneis e Poços de Ventilação.....	20

6.6.2	Requisitos legais de proteção de águas subterrâneas .....	20
7	DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO.....	22
8	PROJETO DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS.....	24
8.1	Situações de projeto.....	24
8.1.1	Persistentes .....	24
8.1.2	Acidentais .....	24
8.1.3	Sísmica.....	24
8.2	Análise e dimensionamento.....	24
8.3	Ações.....	24
8.3.1	Ações permanentes.....	24
8.3.1.1	Peso próprio (PP).....	24
8.3.1.2	Restantes cargas permanentes (RCP).....	25
8.3.1.3	Fluência e Retração (Ret).....	25
8.3.1.4	Impulso de Terras (It).....	25
8.3.1.5	Impulso Hidrostático (Iw).....	25
8.3.2	Ações Variáveis.....	26
8.3.2.1	Sobrecargas de utilização (SC).....	26
8.3.2.2	Varição Uniforme da Temperatura (DTu).....	26
8.3.3	Ação Sísmica .....	27
8.3.4	Ações Acidentais.....	28
8.3.5	Incêndio .....	28
8.3.6	Movimentos das Fundações.....	28
8.4	Combinações de Ações.....	28
8.4.1	Combinação de Ações para os Estados Limites Últimos (ELU).....	28
	Combinações fundamentais:.....	28
	Combinações acidentais:.....	29
	Combinações Sísmicas:.....	29
8.4.2	Combinação de Ações para os Estados Limites de Utilização (ELS) .....	29
	Combinação Característica de ações:.....	29
	Combinação Frequente:.....	29
	Combinação Quase Permanente:.....	30
8.4.3	Coeficientes Parciais das Ações.....	30
8.4.4	Coeficientes Parciais dos Materiais .....	31
8.5	CrITÉRIOS de Verificação da Segurança.....	31
8.5.1	Verificação do Estado limite de levantamento global (UPL).....	31

---

8.5.2	Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU) .....	31
8.5.3	Verificação da Segurança aos Estados Limites de Utilização (ELS).....	32
8.5.4	Verificação da Resistência ao fogo .....	33
9	DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS .....	34
9.1	Junta de contração.....	34
9.2	Estanqueidade.....	34
10	REDE DE TERRAS.....	35
11	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	37

---

## 1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível de **Projeto de Execução**, da **Memória Descritiva e Justificativa das estruturas definitivas do Poço de Ventilação PV215**, no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, que é parte integrante do **Tomo VI – Poços de Ventilação do Volume 2 – Estruturas**.

---

## 2 ELEMENTOS DE BASE

Com base nos elementos do Programa Preliminar do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, realizado pelo Metropolitano de Lisboa, fizeram-se as verificações necessárias bem como os acrescentos e ajustes considerados como pertinentes para otimização e desenvolvimento detalhado ao nível de Projeto de Execução, das soluções técnicas e elementos de obra, bem como dos processos e faseamento construtivos associados.

Os documentos considerados como elementos de entrada associados à obra foram os seguintes:

- Procedimento – Proc. n.º 125/2022–DLO/ML;
- Projeto de Execução, Tomo I – Geral, Volume 2 – Traçado;
- Projeto de Execução, Tomo I – Geral, Volume 6 – Estudo Geológico Geotécnico;
- Projeto de Execução, Tomo VI – Poços de Ventilação, Volume 1 – Arquitetura: PV215;
- Projeto de Execução, Tomo VI – Poços de Ventilação, Volume 1 – Arquitetura Paisagista: PV215;
- Projeto de Execução, Tomo VI – Poços de Ventilação, Volume 2 – Estruturas: PV215;
- Projeto de Execução, Tomo VI – Poços de Ventilação, Volume 2 – Projeto de Instrumentação e Observação: PV215;

## 3 CONDICIONAMENTOS

### 3.1 Traçado

A solução estrutural adotada e os processos e faseamento construtivos previstos encontram-se compatibilizados com o traçado da linha definido no Tomo I – Geral, Volume 2 – Traçado, do presente Projeto de Execução.

A profundidade a que está colocado o P.B.V. (Plano Base da Via) relativamente à superfície, cerca de 35 m, condicionou a solução estrutural bem como o faseamento construtivo.

### 3.2 Geologia e Geotecnia

#### 3.2.1 Geral

De acordo com as condições conhecidas para terrenos com características semelhantes foram estabelecidas soluções de suporte que terão de ser confirmadas e/ou desenvolvidas nas próximas fases de projeto em função da interpretação dos resultados dos trabalhos de prospeção já concluídos e de eventuais campanhas de prospeção complementares.

Os condicionamentos Geológicos e Geotécnicos, são descritos, em detalhe, no Tomo I – Geral, Volume 6 – Estudo Geológico-Geotécnico, onde se definem também os trabalhos de prospeção complementares.

Apresentam-se na Figura 1 o excerto da planta e perfil geológico-geotécnico na zona do PV215.

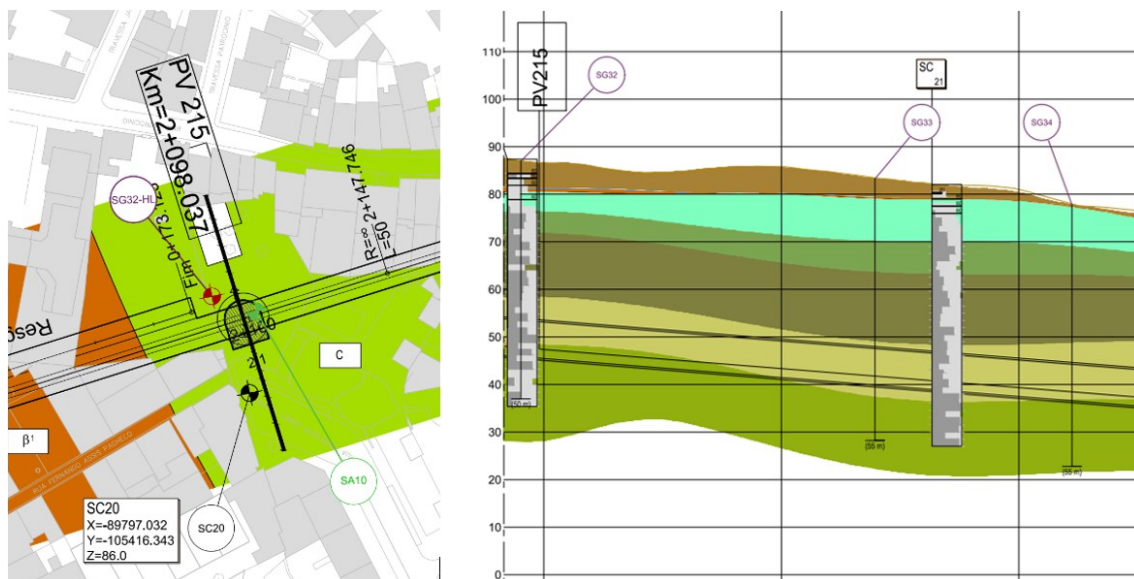


Figura 1 – Planta e perfil longitudinal – Geologia / Geotecnia.

#### 3.2.2 Zonamento e Parametrização Geológico-Geotécnico

O PV215, com um desenvolvimento vertical da ordem dos 45 m, abaixo dos materiais recentes de cobertura (aterros) e de uma estreita passagem de CVL – “Complexo Vulcânico de Lisboa”, aqui com basaltos muito alterados a decompostos, interessa terrenos das Formações da Bica e de Caneças, nomeadamente as unidades Calcário CC1a (argila margosa), Calcário Cc1b (calcário nodular), Cc1c (calcário semi-cristalino a cristalino com rudistas) e Cc1d (calcário compacto fendilhado). Abaixo, encontram-se os calcários da Formação de Caneças Cc2 (calcários por vezes margosos).

Sem prejuízo da possível existência de níveis de água suspensos, considera-se que na zona envolvente à OE3 e ao PV215 o nível de água se situe sensivelmente entre as cotas +55,00 e +70,00.

Da análise desenvolvida às condições geológico-geotécnicas na zona da obra, resultam os parâmetros geotécnicos resumidos na tabela seguinte:

Tabela 1 – Características geológico-geotécnicas e parâmetros geotécnicos das unidades terrosas.

Unidade	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_u$ (kPa)	$E_u$ (MPa)	$c'$ (kPa)	$\phi'$ ( $^\circ$ )	$E'$ (MPa)	$K_0$	$k$ (m/s)	$\nu$	$\sigma$ (MPa) [rocha]	$E'$ (GPa) [rocha]
ATERRO, At	18	20	---	---	0	28	8	0,5	10 <sup>-5</sup>	0,35	---	---
ALUVIÃO, a(ar)	19	21	---	---	0	34	50	0,5	10 <sup>-5</sup>	0,30	---	---
ALUVIÃO, a(ag)	17	19	10	10	0	28	4	0,5	10 <sup>-8</sup>	0,46	---	---
ALUVIÃO, a(cg)	20	22	---	---	0	35	75	0,5	10 <sup>-4</sup>	0,30	---	---
MIOCÉNICO, M(ag)b NSPT < 50	21	22	180	40	5	28	20	1,0	10 <sup>-8</sup>	0,38	---	---
MIOCÉNICO M(cal)	24	24	---	---	100	34	400	0,8	10 <sup>-5</sup>	0,25	---	---
OLIGOCÉNICO, $\Phi$	20	22	400	150	15	30	75	1,2	10 <sup>-7</sup>	0,30		
BASALTO, $\beta$	26	26	---	---	200	40	2000	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,26	20	12
BASALTO, $\beta_{ws;w4/5}$	21	23	---	---	50	35	250	0,7	10 <sup>-6</sup>	0,28	---	---
TUFOS, $\tau$	20	21	---	---	60	35	120	1,0	10 <sup>-7</sup>	0,27	---	---
CALCÁRIO, Cc1a	23	23	---	---	50	32	60	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,23	---	---
CALCÁRIO, Cc1b	24	24	---	---	90	38	325	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,21	9	3
CALCÁRIO, Cc1c	25	25	---	---	300	42	4000	0,8	10 <sup>-6</sup>	0,21	50	27,5
CALCÁRIO, Cc1d	24	24	---	---	120	40	1250	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,21	12	6
CALCÁRIO DE CANEÇAS	23	23	---	---	100	35	400	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,25	5	1,5

### 3.3 Desvios de Circulação

Ao longo da duração da obra os estaleiros e áreas reservadas junto à zona a realizar a céu aberto, que interfiram com a circulação existente, serão demarcadas como áreas temporárias de ocupação com os consequentes desvios de trânsito.

Os desvios de circulação são objeto de projeto autónomo, apresentado no Tomo I – Geral, Volume 12 – Projeto Viário, deste Projeto de Execução.

Os estaleiros são objeto de projeto autónomo, apresentado no Tomo VI – Poços de Ventilação, Volume 09 – Outras Especialidades, deste Projeto de Execução.

### 3.4 Ocupação de Superfície e de Subsolo

A execução a céu aberto do poço é passível de interferir com as redes de infraestruturas existentes no subsolo. As infraestruturas serão objeto de desvios provisórios/definitivos ou eventual suspensão, de modo a compatibilizar-se com o faseamento construtivo proposto.

Os serviços afetados são objeto de projeto autónomo, apresentado no Tomo VI – Poços de Ventilação, Volume 3 – Serviços Afetados, deste Projeto de Execução.

O Poço de Ventilação 215 encontra-se implantado num lote desocupado situado a Sul do Cemitério Alemão e a Norte da Escola Básica do 1º ciclo com Jardim de Infância Eng. Ressano

Garcia. Apesar da existência destas edificações não se prevê, nesta fase, que estas venham a condicionar os processos de escavação e construção do Poço.

Verifica-se, no entanto, que, face à natureza destas edificações, o processo construtivo previsto para o poço deverá prever uma monitorização contínua destas estruturas, relevantes do ponto de vista funcional e patrimonial.

## 3.5 Interferências

### 3.5.1 Enquadramento

A avaliação de danos foi realizada com base na metodologia preconizada no Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha, já mencionada nos Critérios Gerais de Projeto, apoiada pelas recomendações do Eurocódigo 7, Anexo H e ainda pelo relatório ITA/AITES Report 2006 – Settlements induced by tunneling in Soft Ground.

Genericamente, todas as interferências estudadas encontram-se dentro da faixa de 30 m de ambos os lados do eixo do traçado e na zona de influência das escavações. A avaliação risco contemplou diversos tipos de interferências (EIEIF), nomeadamente:

- Edificado, incluindo os de interesse patrimonial;
- Infraestruturas enterradas;
- Infraestruturas ferroviárias.

Após a realização da avaliação de danos, em função do tipo de interferência e da magnitude dos danos estimados, serão selecionadas medidas de mitigação de assentamentos tendo em consideração:

- Tipo de obra a realizar;
- Cenário geológico, geotécnico e hidrogeológico estimado;
- Relação custo-benefício.

A execução dos trabalhos de escavação irá originar alterações do estado de tensão do maciço que resultarão em descompressões e conseqüentemente em deslocamentos na sua zona de influência. O método construtivo adotado em combinação com o comportamento das estruturas e dos materiais intercedidos condicionará a magnitude dos deslocamentos induzidos nas estruturas nele fundadas (doravante denominadas interferências). Em função da grandeza dos deslocamentos e da natureza das interferências, os efeitos dos deslocamentos poderão ser significativos e resultar em danos, pelo que importa analisar os seus efeitos. Com este objetivo, a metodologia proposta, permite quando necessário e aplicável, definir medidas de mitigação.

A presente avaliação de danos foi realizada de acordo com os requisitos do Caderno de Encargos. De modo a abranger as várias tipologias de interferências presentes no ambiente urbano em que a obra se insere, foi necessário complementar a metodologia patenteada, resultando no processo descrito no ponto seguinte do presente documento.



## 3.5.2 Estado do edificado, incluindo património, das infraestruturas enterradas e das infraestruturas ferroviárias

### 3.5.2.1 Atividades realizadas

Com o objetivo de melhor caracterizar os edifícios, as infraestruturas enterradas e as infraestruturas ferroviárias, foi realizada uma consulta da informação cadastral, dos elementos técnicos (plantas) disponíveis e de fotografias históricas e, onde possível, realizadas visitas.

Para os edifícios abrangidos pela faixa de perturbação, tentou-se recolher sempre que possível informações sobre as características das suas fundações, nomeadamente, o tipo de fundação e a cota estimada a que estas poderão estar localizadas.

Para a caracterização das infraestruturas enterradas e das infraestruturas ferroviárias na zona de influência dos trabalhos de escavação, serão realizados contactos com a entidades concessionárias das infraestruturas com o objetivo de aferir o seu posicionamento e estado de conservação. Paralelamente, serão realizadas vistorias aos serviços e efetuados levantamentos topográficos dos elementos visíveis à superfície.

### 3.5.2.2 Edifícios

O projeto insere-se numa zona urbana cujo edificado foi construído em diferentes períodos históricos e em que a sua composição, estado de conservação e tipo de estrutura, diferem significativamente.

Na avaliação da suscetibilidade de edifícios foi também considerado o seu valor histórico-cultural, particularmente se no que respeita ao facto de o mesmo ser considerado património classificado. Assim, com o objetivo de incluir na avaliação de risco esta componente, foi incorporado um fator de agravamento da categoria de risco, descrita no Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha.

A análise dos elementos acima referidos em combinação com o posicionamento dos edifícios em relação aos trabalhos de escavação, permitiu identificar os edifícios mais suscetíveis à ocorrência de danos (Tabela 2).

Tabela 2 – Edifícios mais suscetíveis à ocorrência de danos

N.º	CATEGORIA	LOCALIZAÇÃO
249	Edifício	Rua Fernando Assis Pacheco, 4-4A
250	Edifício	Rua Fernando Assis Pacheco, 6-6B
251	Edifício	Rua Fernando Assis Pacheco, 207C
252	Edifício	Rua Fernando Assis Pacheco, 207D
253	Edifício	Rua Fernando Assis Pacheco, 207E
254	Edifício	Rua Fernando Assis Pacheco, 207a
255	Edifício	Rua Fernando Assis Pacheco, 207b
256	Edifício	Rua do Patrocínio, 1-5
257	Edifício	Rua do Patrocínio, 9
258	Edifício	Rua do Patrocínio, 11
259	Edifício	Rua do Patrocínio, 17
260	Edifício	Rua do Patrocínio, 19

N.º	CATEGORIA	LOCALIZAÇÃO
261	Edifício	Rua do Patrocínio, 21
262	Edifício	Rua do Patrocínio, 35
263	Cemitério	Rua do Patrocínio, 57-61
264	Edifício	Rua do Patrocínio, 65 a 65A
265	Edifício	Rua do Patrocínio, 67
267	Edifícios Públicos	Rua Professor Gomes Teixeira, 15-17
268	Edifício	Rua Professor Gomes Teixeira, 19

### 3.5.2.3 Infraestruturas enterradas

O traçado do projeto atravessa uma área da cidade de Lisboa que é simultaneamente servida por infraestruturas enterradas para saneamento, drenagem, abastecimento de água, telecomunicações e eletricidade.

À semelhança do referido no ponto anterior para edifícios, também as infraestruturas enterradas foram instaladas em diferentes períodos históricos, em que a sua composição, estado de conservação e material utilizado, diferem significativamente (ver documento sobre serviços afetados emitido no âmbito de cada volume).

A análise dos elementos acima referidos, em combinação com o posicionamento das infraestruturas enterradas em relação aos trabalhos de escavação, permitiu identificar as infraestruturas enterradas mais suscetíveis à ocorrência de danos (Tabela 3). Assinala-se que algumas destas infraestruturas serão desviadas faseadamente durante a execução dos trabalhos.

Tabela 3 – Infraestruturas enterradas mais suscetíveis à ocorrência de danos.

N.º	CATEGORIA	LOCALIZAÇÃO
266	Serviço	Rua do Patrocínio, Aqueduto

### 3.5.3 Medidas de mitigação

Para a fase de Projeto de Execução, foi realizada uma referenciação de danos nas interferências mais suscetíveis, tendo-se concluído, nesta fase do projeto e numa primeira aproximação, não ser necessário realizar medidas específicas de reforço estrutural. A monitorização de cada interferência pode ter que ser reforçada função do seu nível de suscetibilidade perante a obra.

## 3.6 Análise de danos e Demolições

A avaliação de danos em interferências ao longo do traçado, assim como a definição de critérios de danos em estruturas ou infraestruturas situadas na vizinhança da obra, encontra-se desenvolvida no Tomo I – Geral, Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha.

As interferências resultantes da construção do túnel que resultam em necessidade de demolições, encontram-se retratadas no Tomo I – Geral, Volume 27 – Demolições ao Longo da Linha, do presente Projeto de Execução.

### 3.7 Implantação

Conforme referido acima, o PV215 encontra-se implantado num lote desocupado situado a Sul do Cemitério Alemão e a Norte da Escola Básica do 1º ciclo com Jardim de Infância Eng. Ressano Garcia, como representado na Figura 2.

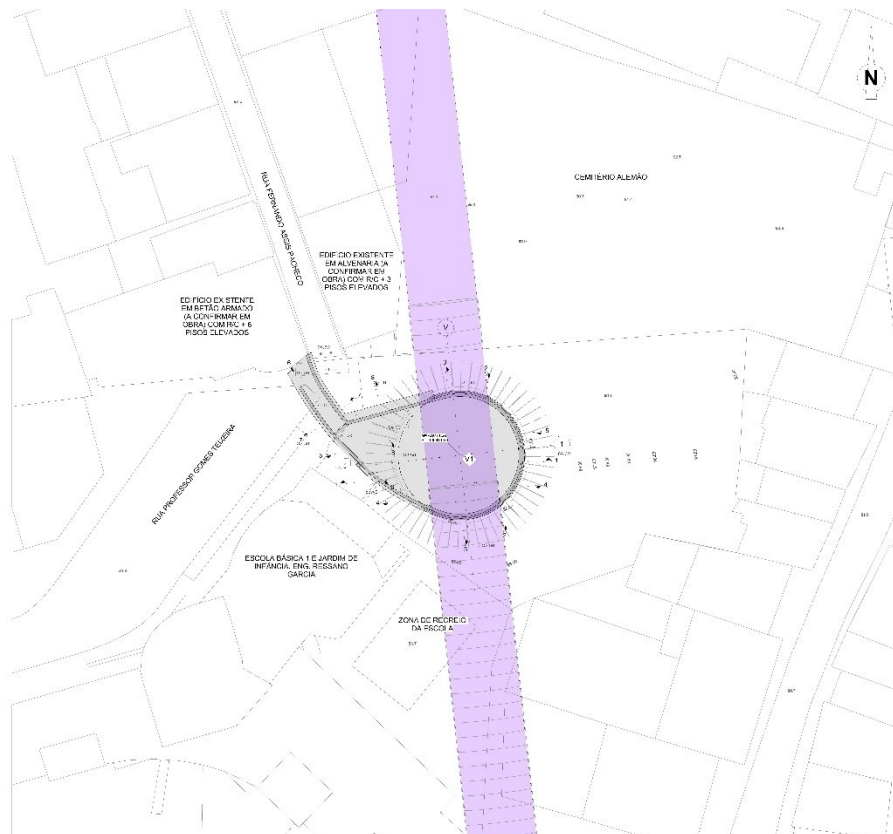


Figura 2 – Implantação do PV215.

De acordo com o programa preliminar, a implantação do poço de ventilação na localização mencionada acima foi condicionada pela necessidade de assegurar condições de fuga, segurança, ventilação e exaustão de fumos (em caso de incêndio) no troço em que se insere e pela necessidade de uma área livre suficiente para a implantação à superfície e para o estaleiro durante a construção.

A profundidade deste poço foi condicionada pela cota do túnel do metropolitano nesta zona.

Tendo em conta o recobrimento do poço e na proximidade a estruturas existentes, na próxima fase do projeto será efetuado um levantamento cuidadoso das interferências identificadas de modo a mitigar os danos associados à execução da obra.

### 3.8 Segurança

A atividade de prevenção de riscos profissionais tem uma matriz de referência baseada num conjunto de princípios gerais de prevenção:

1. Evitar os riscos;
2. Avaliar os riscos que não possam ser evitados;
3. Combater os riscos na origem;
4. Adaptar o trabalho ao trabalhador;

5. Ter em conta o estado de evolução técnica;
6. Substituir o que é perigoso pelo que é isento de perigo ou menos perigoso;
7. Planificar a prevenção;
8. Dar prioridade à prevenção coletiva em relação à individual;
9. Dar formação e instruções adequadas aos trabalhadores.

Estes princípios devem nortear a ação de todos os intervenientes durante todo o processo de construção. Apresenta-se nas peças desenhadas do presente Projeto de Execução, subscrevendo as orientações do Dono de Obra apresentadas no Programa Preliminar, desenho de notas gerais com uma lista não exaustiva de atividades que envolvem riscos especiais para a segurança e saúde dos trabalhadores decorrentes da execução do projeto e as ações para a prevenção de riscos associados à realização dos trabalhos.

Será da responsabilidade da Entidade Executante desenvolver o Plano de Segurança e Saúde, conforme indicado no Caderno de Encargos, e garantir a sua implementação na fase de execução da obra.

### 3.9 Arquitetónicos

O presente Projeto de Execução procura atingir as soluções técnicas mais adequadas e que estão compatibilizadas com o Projeto de Execução de Arquitetura (Tomo VI – Poços de Ventilação, Volume 1 – Arquitetura).

### 3.10 Compatibilidade com as Outras Especialidades

O presente Projeto de Execução está compatibilizado com todas as restantes especialidades, nomeadamente:

- Tomo I – Geral, Volume 2 – Traçado;
- Tomo I – Geral, Volume 3 – Via-Férrea;
- Tomo I – Geral, Volume 4 – Coluna seca;
- Tomo VI – Poços de Ventilação, Volume 1 – Arquitetura;
- Tomo VI – Poços de Ventilação, Volume 4 – Fluídos;
- Tomo VI – Poços de Ventilação, Volume 5 – Energia;
- Tomo VI – Poços de Ventilação, Volume 6 – Telecomunicações;
- Tomo VI – Poços de Ventilação, Volume 7 – Mecânica.

### 3.11 Ambiente

O projeto do “Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara” está sujeito a Avaliação de Impacte Ambiental, tendo sido desenvolvido um Estudo de Impacte Ambiental e emitida uma Declaração de Impacte Ambiental (DIA) que determina uma **Decisão Favorável Condicionada** ao cumprimento dos termos e condições expressas na DIA (processo de AIA n.º 3462), na qual se identificam as medidas de minimização gerais a implementar em fase de construção, a serem complementadas em fase do Projeto de Execução com a realização do Relatório de Conformidade Ambiental com o Projeto de Execução (RECAPE).

No desenvolvimento do presente Projeto de Execução foram consideradas as seguintes medidas:

- Cumprimento das áreas mínimas de intervenção, necessárias à realização dos trabalhos, apresentadas no Programa Preliminar do M.L.;

- 
- Consideração das medidas e recomendações constantes da DIA (processo de AIA n.º 3462);
  - Consulta dos elementos patenteados a concurso referentes à identificação de todas as interferências ao longo do traçado e ao levantamento dos respetivos cadastros para análise nas fases seguintes de projeto. Nesta fase realizou-se uma análise de risco aos edifícios interferidos seguindo a metodologia de avaliação de danos nos edifícios devido a escavações profundas e de túneis patenteada pelo M.L., que consta do Tomo I – Geral, Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha, do presente Projeto de Execução;
  - Adoção de faseamentos construtivos que promovam a realização dos trabalhos no prazo mais curto e que minimizem o impacto sobre a vida da comunidade e sobre o património edificado;
  - Definição de um plano de instrumentação e observação, que se encontra enquadrado no presente Projeto de Execução em cada volume de frente de obra (a detalhar devidamente em Projeto de Execução), no sentido de detetar, quantificar e prevenir possíveis danos nas estruturas (por exemplo, ao nível do edificado) e deformações da superfície, bem como prevenir que eventuais deformações tenham consequências ao nível do edificado.

## 4 REGULAMENTAÇÃO/NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA TÉCNICA

O Projeto será desenvolvido de acordo com a regulamentação nacional em vigor, ou europeia em caso de omissão, destacando-se as seguintes normas:

- NP EN 1990 – Bases para projetos de estruturas (EC0);
- NP EN 1991 – Bases de projeto e ações em estruturas (EC1);
- NP EN 1992 – Projeto de Estruturas de Betão (EC2);
- NP EN 1993 – Projeto de Estruturas de Aço (EC3);
- NP EN 1994 – Projeto de Estruturas mistas Aço-Betão (EC4);
- NP EN 1997 – Projeto Geotécnico (EC7);
- NP EN 1998 – Projeto de Estruturas para Resistência aos Sismos (EC8);
- fib Model Code 2010 for Concrete Structures;
- Normas de Projeto de estruturas do Metropolitano de Lisboa.

Serão ainda consideradas as seguintes normas de execução:

- NP EN 206 – Betão: Especificação, desempenho, produção e conformidade;
- NP EN 13670-1 – Execução de estruturas de betão. Parte 1: Regras Gerais;
- NP EN 14199 – Execução de obras geotécnicas especiais: Microestacas;
- NP EN 1537 – Execução de obras geotécnicas especiais: Ancoragens;
- EN ISO 22447-5 – Geotechnical investigation and testing – Testing of geotechnical structures – Part 5: Testing of grouted anchors;
- EN 1536 – Execution of Special Geotechnical Works: Bored piles;
- EN 14490 – Execution of Special Geotechnical Works: Soil nailing;
- NP EN 197-1 – Cimento. Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes;
- NP EN 197-2 – Cimento. Parte 2: Avaliação de conformidade;
- NP EN 13251 – Geotêxteis e produtos relacionados. Características requeridas para a utilização em obras de terraplenagem, fundações e estruturas de suporte;
- NP EN 14487-1 – Betão projetado. Parte 1: Definições, especificações e conformidade;
- NP EN 14487-2 – Betão projetado. Parte 2: Execução;
- NP EN 14889-1 – Fibras para betão – Parte 1: Fibras de aço – Definições, especificações e conformidade;
- NP EN 14488-5 – Ensaio do betão projetado – Parte 5: Determinação da capacidade de absorção de energia de provetes de lajes reforçadas com fibras;
- NP EN 445 – Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Métodos de ensaio;

- 
- NP EN 446 – Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Procedimentos para injeção;
  - NP EN 447 – Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Especificações para caldas correntes.

## 5 MATERIAIS

### 5.1 Estruturas definitivas

As características dos materiais adotados para as estruturas definitivas da estação encontram-se apresentadas nas tabelas seguintes.

Tabela 4 – Estruturas definitivas. Características dos materiais – Betão.

MATERIAIS	PROPRIEDADES	
BETÃO	Regularização	C12/15 XC0(P) CL 1,0 DMAX.25 S3
	Estrutura interior em ambiente seco (lajes, vigas, pilares, escadas e paredes)	C30/37 XC1(P) CL 0,4 DMAX.25 S3
	Estrutura interior em zonas húmidas – zonas com sanitários (lajes, vigas, pilares, escadas e paredes)	C30/37 XC3(P) CL 0,4 DMAX.25 S3
	Estrutura exterior (revestimento definitivo das paredes de contenção periférica, laje de fundo, laje de cobertura e elementos expostos à intempérie)	C30/37 XC4(P) CL 0,4 DMAX.25 S3
	Enchimento	C20/25 XC0(P) CL 1,0 DMAX.25 S3
	Elementos pré-esforçados	C40/50 XC4(P) CL 0,2 DMAX.25 S3

**Notas:**

As betonilhas de enchimento a realizar para o assentamento dos revestimentos dos pisos e para a formação de pendentos nas lajes internas deverão ter um peso específico máximo de 15 kN/m<sup>3</sup>.

Tabela 5 – Estruturas definitivas. Características dos Materiais – Aço estrutural.

MATERIAIS	PROPRIEDADES	
AÇO	ARMADURAS ORDINÁRIAS	A500 NR SD
	ARMADURAS PRÉ-ESFORÇO	EN 10138-3-Y1860S7-15,7-F1-C1
	MALHA ELETROSSOLDADA	A500 EL
	ESTRUTURAS METÁLICAS (CHAPAS E PERFIS)	S355 JR
	PARAFUSOS / PERNOS	Classe 8.8/10.9
	PORCAS	Classe 8/10
	ARMADURAS ORDINÁRIAS	A500 NR SD



Tabela 6 – Estruturas definitivas. Recobrimentos nominais das armaduras

Recobrimentos Nominais (*) (**)		
	Elemento	Recobrimento nominal
<b>Recobrimentos a Garantir de Acordo com Exigências de Resistência ao Fogo e Durabilidade dos Materiais</b>  <b>Vida Útil Considerada: 100 Anos</b> <b>Estabilidade ao Fogo: R120</b>	Lajes elevadas e escadas	40 mm
	Paredes interiores	40 mm
	Pilares e Vigas	45 mm
	Paredes de Contenção	45 mm
	Laje de fundo	45 mm
	Lajes de cobertura enterradas	45 mm
	Vigas pré-esforçadas na cobertura	60 mm
	Vigas pré-esforçadas interiores	55 mm

(\*) – Recobrimento mínimo + Margem de cálculo para as tolerâncias de execução = Recobrimento nominal.

(\*\*) – Em elementos inferiores a 0.25 m o recobrimento é reduzido em 0.005 m, devendo ser garantidos os recobrimentos mínimos definidos na EN 10080.

## 5.2 Sistemas de impermeabilização

De forma a cumprir as exigências de estanqueidade definidas no Caderno de Encargos, prevê-se para o túnel de ligação (NATM) a aplicação de um sistema de impermeabilização com recurso a uma barreira geossintética constituída por uma geomembrana impermeabilizante (policloreto de vinil) com 2 mm de espessura protegida com geotêxtil (polipropileno), de acordo com a especificação RT026 do ML e com as peças desenhadas do presente Projeto de Execução.

De acordo com o previsto no Caderno de Encargos, para a circunscrição dos eventuais defeitos do sistema de impermeabilização e dos trabalhos de reparação será efetuada a compartimentação transversal e, se necessário, longitudinal do sistema de impermeabilização (AFTES, 2005).

A compartimentação transversal será conseguida pela solidarização de perfis extrudidos flexíveis (lâminas de estanqueidade do tipo *watersop*) à geomembrana impermeabilizante ao longo do perímetro das galerias. Para a eventual compartimentação longitudinal, em troços localizados, os perfis serão colocados segundo o eixo das galerias nos alinhamentos superior (abóbada) e inferior (soleira).

A compartimentação transversal será realizada aproximadamente a cada 8 metros, limitando-se assim a área máxima de cada compartimento a 250 m<sup>2</sup>.

A eventual necessidade de colocação de uma proteção mecânica, e suas características, deverá ser avaliada em conjunto com o aplicador e fornecedor do sistema de impermeabilização, em função do risco de danificação da tela de impermeabilização, tendo em conta o tipo de circulação e dos trabalhos a realizar em obra.

Na soleira das galerias, deverá ser aplicada uma betonilha de proteção do sistema de impermeabilização com 50 mm de espessura para permitir a circulação mantendo a integridade do sistema de impermeabilização.

O sistema de impermeabilização será confirmado em função das condições encontradas em obra e em conjunto com o fornecedor e aplicador da solução.

## 6 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

### 6.1 Tempo de vida útil

Tendo em conta o preconizado no ponto 2.3 do Anexo Nacional da NP EN 1990, a estrutura é classificada com sendo uma estrutura de categoria do tempo de vida útil de projeto 5, a qual corresponde um valor indicativo de tempo de vida útil de projeto de 100 anos.

### 6.2 Classificação da obra de acordo com a sua importância

A classificação da obra de acordo com a sua importância é realizada de acordo com o especificado no Anexo Nacional da EN 1990.

Tendo em conta a definição das classes de consequências apresentada no quadro B.1 da EN 1990, as Estações e Poços de Ventilação são parte integrante de uma infraestrutura cujo colapso representa “consequência elevada em termos de perda de vidas humanas; ou consequências económicas, sociais ou ambientais muito importantes”, pelo que se classificam como sendo da classe de consequência CC3.

### 6.3 Classe de inspeção

De acordo com a norma NP EN 13670 – 1 anexo G, quadro G.1, a estrutura da estação enquadra-se na classe de inspeção 3, para betão moldado.

### 6.4 Classe de fiabilidade

A Classe de Fiabilidade é definida de acordo com o anexo nacional da NP EN 1990. Tendo em conta que a obra definitiva é da classe de consequência CC3, de acordo com o ponto B.3.2 do Anexo B, fixa-se a classe de fiabilidade RC3 para a obra.

De acordo com a NP EN 1990, a classe de fiabilidade RC3 pode ser garantida através da combinação das medidas definidas nas alíneas c), d) e e) do ponto 2.2 (5), nomeadamente:

- c) medidas relacionadas com a gestão da qualidade;
- d) medidas destinadas a reduzir erros de projeto e de construção da estrutura, e erros humanos grosseiros;
- e) outras medidas relacionadas com as seguintes questões de projeto:
  - os requisitos gerais;
  - o grau de robustez (integridade estrutural);
  - a durabilidade, incluindo a escolha do tempo de vida útil de projeto;
  - a extensão e a qualidade das prospeções preliminares dos solos e as possíveis influências ambientais;
  - o rigor dos modelos mecânicos utilizados;
  - as disposições construtivas.

No presente projeto, encontram-se implementadas as medidas indicadas nas alíneas c) e d) acima, de acordo com o preconizado na alínea (b) do ponto B.1 e os procedimentos definidos nos pontos B.4 e B.5 do anexo B do ECO, nomeadamente:

- Nível de supervisão de projeto, DSL3, compatível com a classe de fiabilidade RC3, traduz-se num requisito de supervisão alargada, realizada por uma entidade distinta da que elaborou o Projeto;
- Nível de inspeção durante a execução, IL3, compatível com a classe de fiabilidade RC3, traduz-se num requisito de inspeção alargada, realizada por terceiros (Fiscalização da Empreitada de Construção).

Complementarmente, tendo em consideração a fixação do tempo de vida útil de projeto de 100 anos, o plano de prospeção geológico-geotécnica complementar previsto para a empreitada, a robustez das estruturas definitivas (nomeadamente a não integração e consideração de estruturas de contenção provisória nas estruturas definitivas) e outras disposições construtivas,

tais como a adoção de sistemas de impermeabilização, conjugadas com as especificações técnicas que integram as Cláusulas Técnicas do Caderno de Encargos, garante-se também a classe de fiabilidade RC3 no que se refere ao cumprimento das medidas indicadas da alínea e) acima. Nas situações omissas, que forem posteriormente identificadas, poderão ser elaboradas especificações técnicas e ensaios de verificação complementares aos já previstos no CE.

## 6.5 Categoria geotécnica da obra associada às estruturas de contenção

A NP EN 1997-1:2010 estabelece-se a Categoria Geotécnica (CG1, CG2 ou CG3) do projeto em função da sua complexidade e classe de consequências.

Tendo em conta a definição das classes de consequências apresentada no quadro B.1 da NP EN 1990, os Poços de Ventilação fazem parte integrante de uma infraestrutura cujo colapso representa “consequência elevada em termos de perda de vidas humanas; ou consequências económicas, sociais ou ambientais medianamente importantes” (CC3), considera-se ainda que o grau de complexidade do projeto geotécnico é médio. Assim, para uma classe de consequências CC3, para uma complexidade do projeto geotécnico médio, atribui-se a Categoria Geotécnica 3 (CG3), de acordo com o Quadro IV do Anexo Nacional da NP EN 1997-1:2010.

## 6.6 Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas

### 6.6.1 Túneis e Poços de Ventilação

As obras dos poços de ventilação deverão apresentar desempenho correspondente à classe 3 de BTS (2010)(1) complementada com as recomendações STUVA (Haack, 1991(2)) para a mesma classe.

De acordo com estas recomendações o sistema de revestimento deverá garantir que o afluxo de água ao interior do túnel se restrinja a fenómenos de capilaridade, admitindo-se apenas, como manifestações de humidade, a existência de pequenas manchas isoladas sem qualquer escorrência de água, embora possa ocorrer alteração cromática de um papel sobre elas colocado. Esta exigência limita o influxo médio (espacial) diário de água a 0,2 litros/m<sup>2</sup> em troços com comprimento de referência de 10 m e a 0,1 litros/m<sup>2</sup> em troços com comprimento de referência de 100 m. Para aplicação do primeiro limite, os troços de 10 m deverão ser pontuais, com caráter esporádico.

Para a circunscrição dos eventuais defeitos do sistema de impermeabilização e dos trabalhos de reparação será efetuada a compartimentação transversal e, se necessário, longitudinal do sistema de impermeabilização (AFTES, 2005(3)).

A área máxima de cada compartimento será de 360 m<sup>2</sup>. Nos terrenos com presença de água sob pressão até 3 bar essa área fica limitada a 250 m<sup>2</sup>. Para valores indicativos de pressão superiores, o limite superior de área a considerar será de 200 m<sup>2</sup>.

A compartimentação transversal será conseguida pela solidarização de perfis extrudidos flexíveis à geomembrana impermeabilizante ao longo do perímetro do túnel. Para a eventual compartimentação longitudinal, em troços localizados, os perfis serão colocados segundo o eixo do túnel num alinhamento superior (abóbada) e em alinhamentos inferiores (juntas de betonagem no arranque dos hasteais).

Aplicam-se nos poços os princípios acima enunciados relativamente à compartimentação do sistema de impermeabilização, com as devidas adaptações.

### 6.6.2 Requisitos legais de proteção de águas subterrâneas

Regra geral a Lei de Proteção da Água exige que os níveis de água existentes no subsolo sejam mantidos e que a água subterrânea seja mantida sem contaminação; uma consequência direta do

---

cumprimento destas exigências é a impossibilidade de rebaixamento permanente do lençol freático, sempre que possível.

Assim, qualquer desvio de água subterrânea deve ser limitado ao período de construção e os volumes desviados devem ser limitados por forma a garantir a plena recuperação do nível inicial do lençol freático

## 7 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

O revestimento definitivo exterior do poço foi otimizado em altura relativamente à geometria apresentadas no Programa Preliminar, mediante a melhoria da forma das secções transversais, resultando em geral numa redução do volume de betão e das quantidades de armadura. Neste enquadramento, o revestimento definitivo é constituído por uma secção em anel circular com 18.00 m de diâmetro interior e espessura variável em altura, de 0,40 m de espessura nos 10,00m superficiais, de 0,60m entre os 10,00m e os 27,50m de profundidade, e de 0,80m na restante altura até ao fundo do poço. Na Figura 3, Figura 4 e Figura 5 apresenta-se um corte transversal corrente, uma planta tipo do poço e uma planta da cobertura, respetivamente.

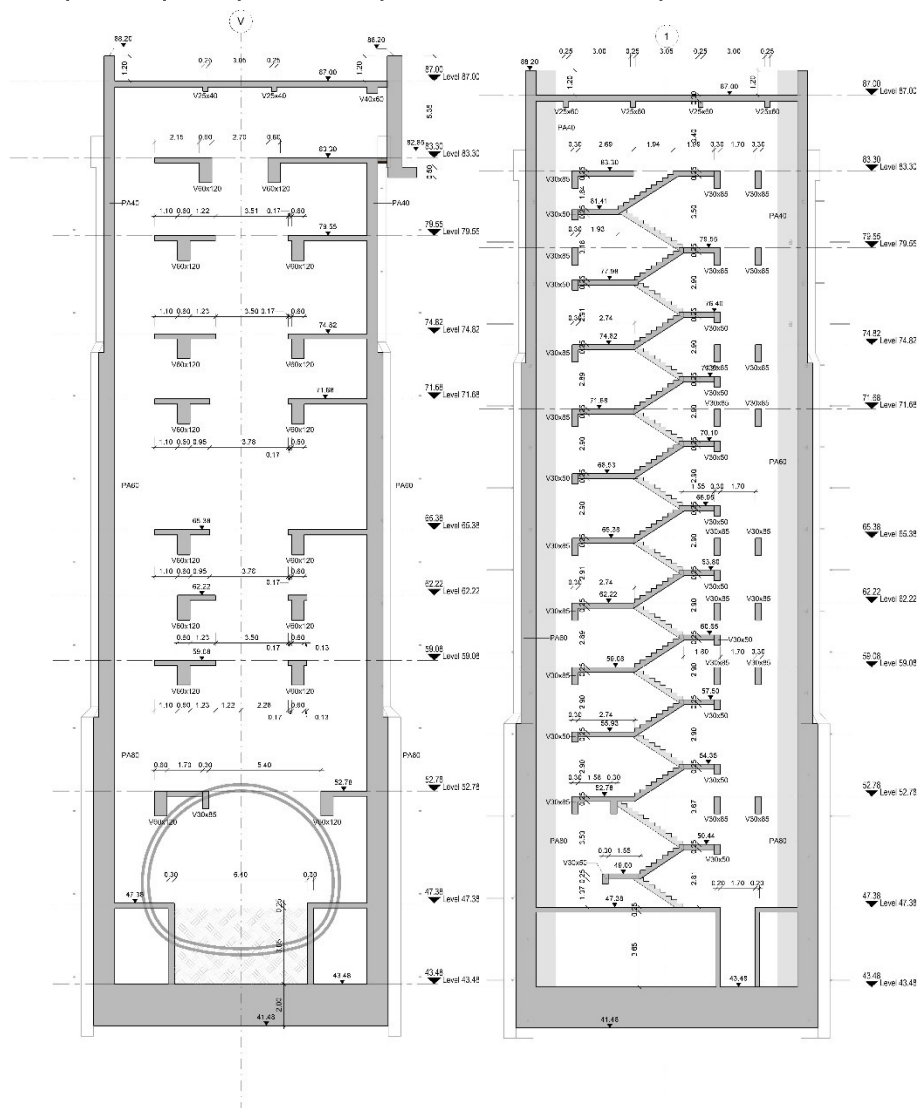


Figura 3 – Cortes transversais correntes do poço.

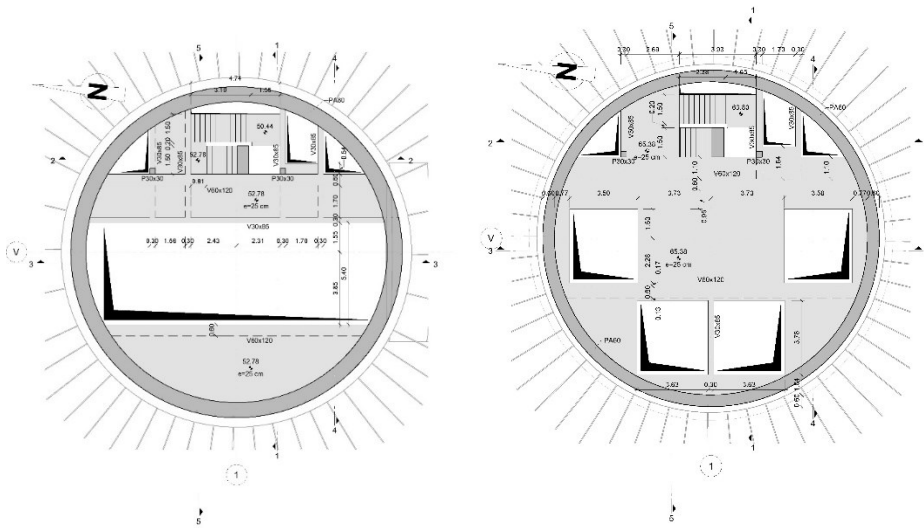


Figura 4 – Planta tipo da estrutura definitiva do poço.

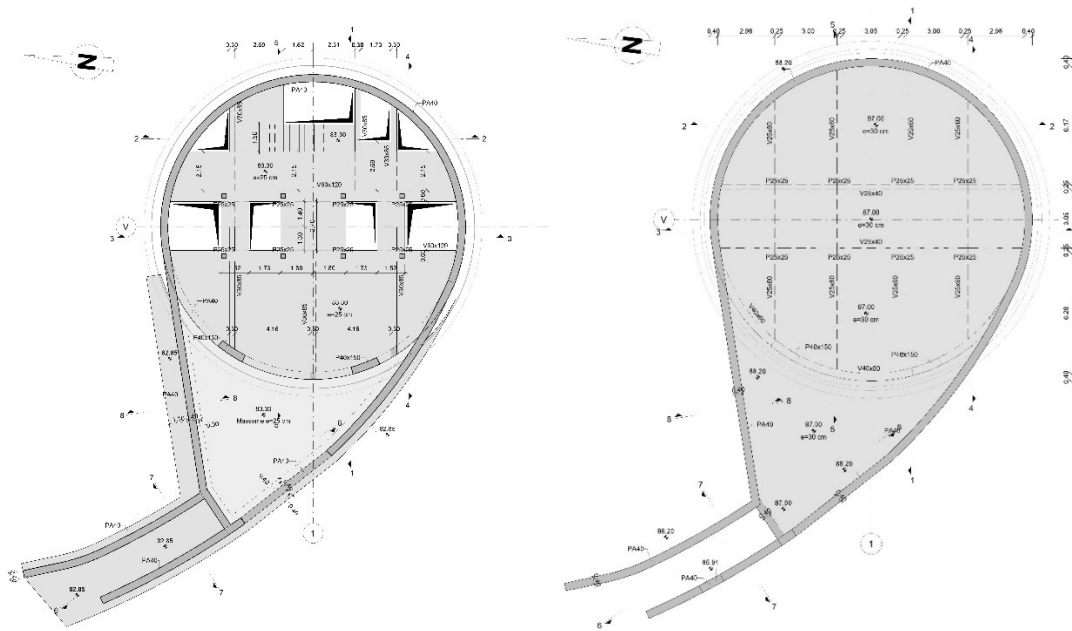


Figura 5 – Planta da cobertura da estrutura definitiva do poço.