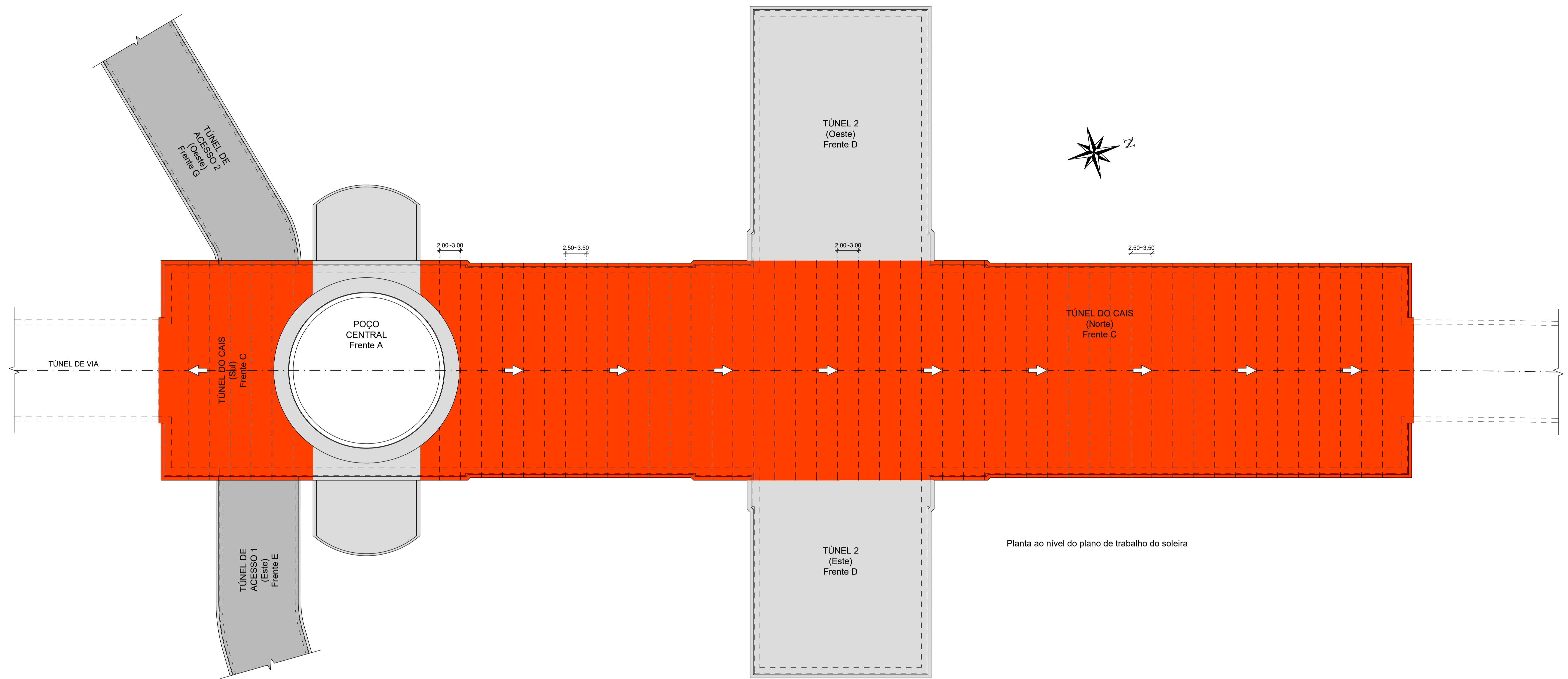
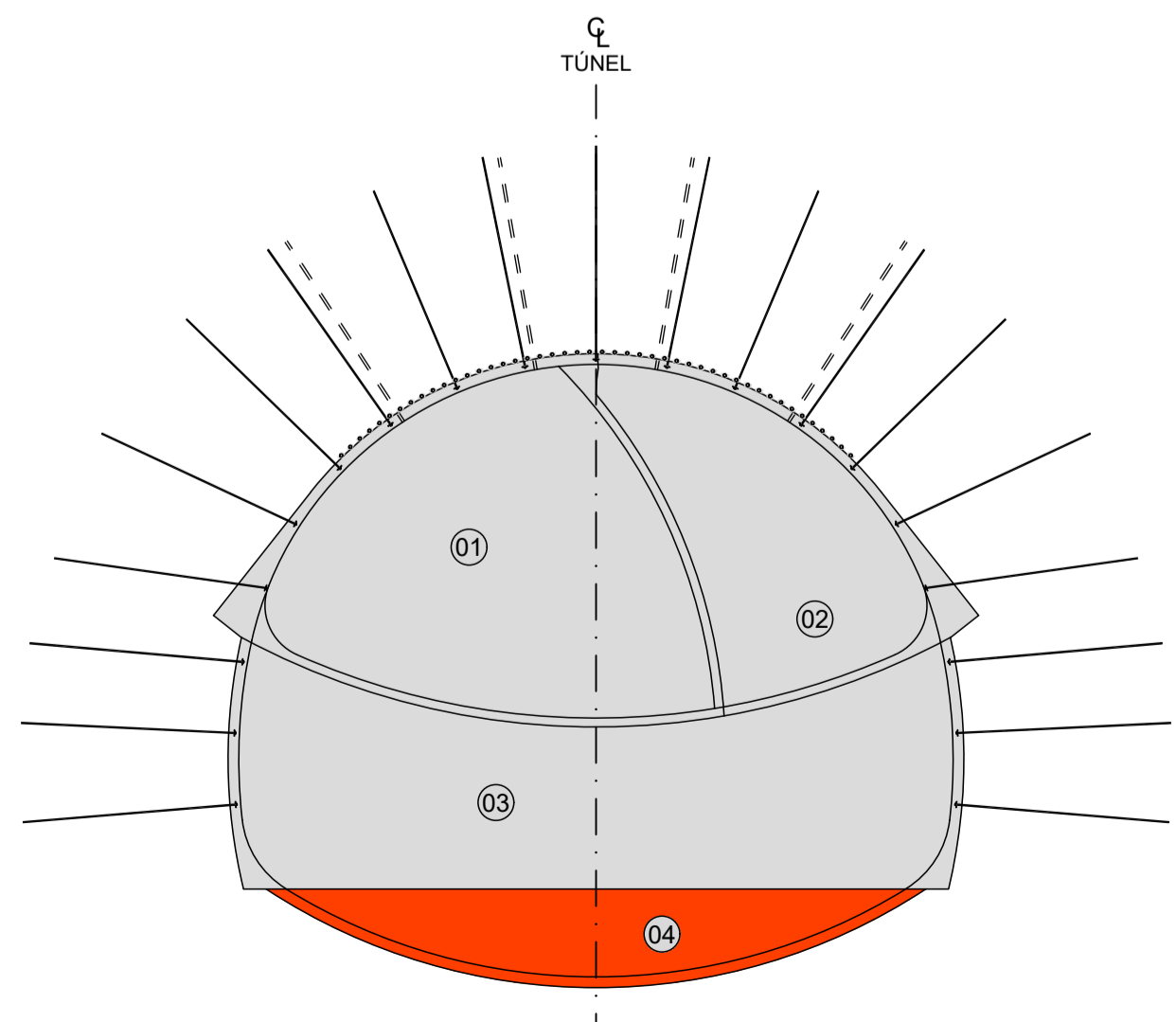


**Frente C - Execução do Túnel do Cais (norte e sul)**  
 Fase 5: Soleira (Avanços de 2.00-3.50m)



Planta ao nível do plano de trabalho do soleira

Secção Tipo do Túnel do Cais  
 (Lado Sul-Lado Norte)



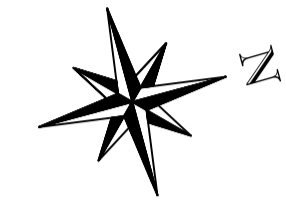
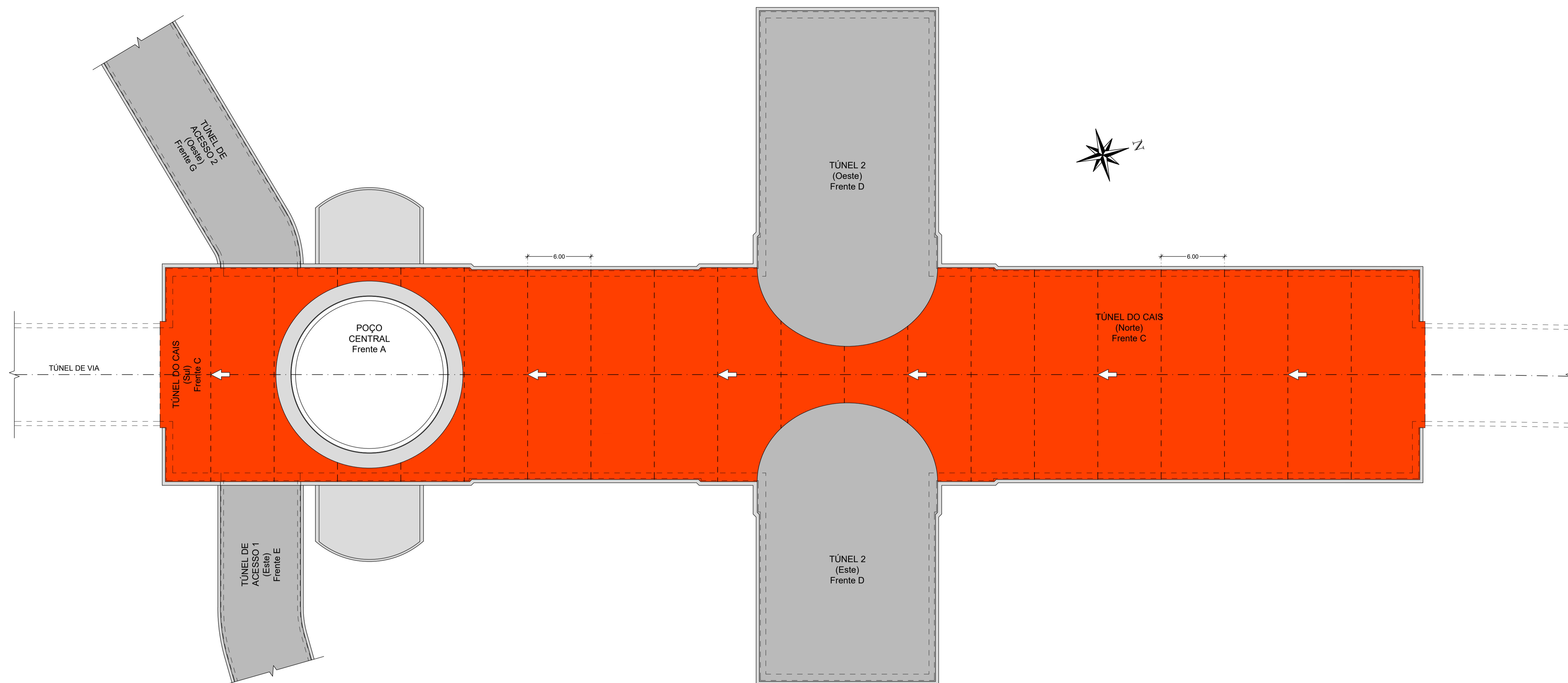
- FASES:**
- 01 Side Drift
  - 02 Alargamento da Abóbada
  - 03 Rebaixo das Bancadas
  - 04 Soleira
  - 05 Revestimento Definitivo

ALTERAÇÕES					
0	EMISSÃO INICIAL	27/09/2024	C.B. / P.K.	S.N.	VERIF.
Data:		Prolongamento da Linha Vermelha S. Sebastião - Alcântara Projeto de Execução			
Aprov.		ESTRUTURAS ESTAÇÃO CAMPO DE OURIQUE		Escala: Des. n.º 134027 F. / /	
Verif.		METODOLOGIA DE EXECUÇÃO POÇO E GALERIAS		Alter.:	
Proj.				Substituído	
Des.				N.º SAP	
				Versão	
				Folha	
				Identificação Empresa Projeto: COBA / JET SJ / JLDM / TALPROJECTO	
Aprov.	R.P.	27/09/2024	Escala:		Folha:
Verif.	S.N.	27/09/2024	S/E		12 / 18
Proj.	R.R.	27/09/2024	Alter.		0
Des.	C.B. / P.K.	27/09/2024	Desenho n.º		LVSSA MSA PE STR EST CO DW 083912 0 (12-18)

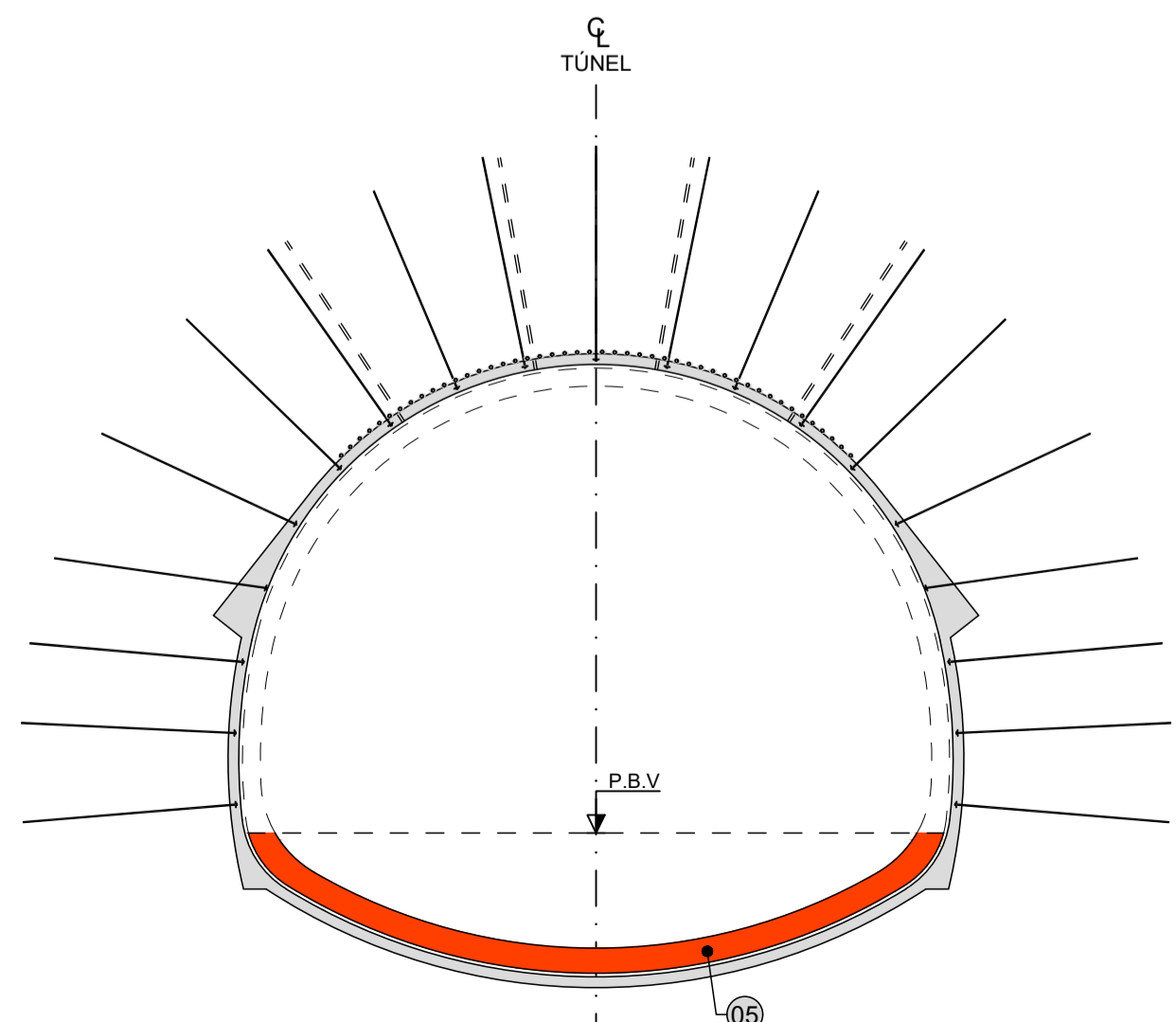




**Execução do Revestimento Definitivo do Túnel do Cais**  
 2ª Fase: Soleira do Túnel do Cais (Frente C, com avanços de 6.00m)



Secção Tipo do Túnel do Cais  
(Lado Sul-Lado Norte)



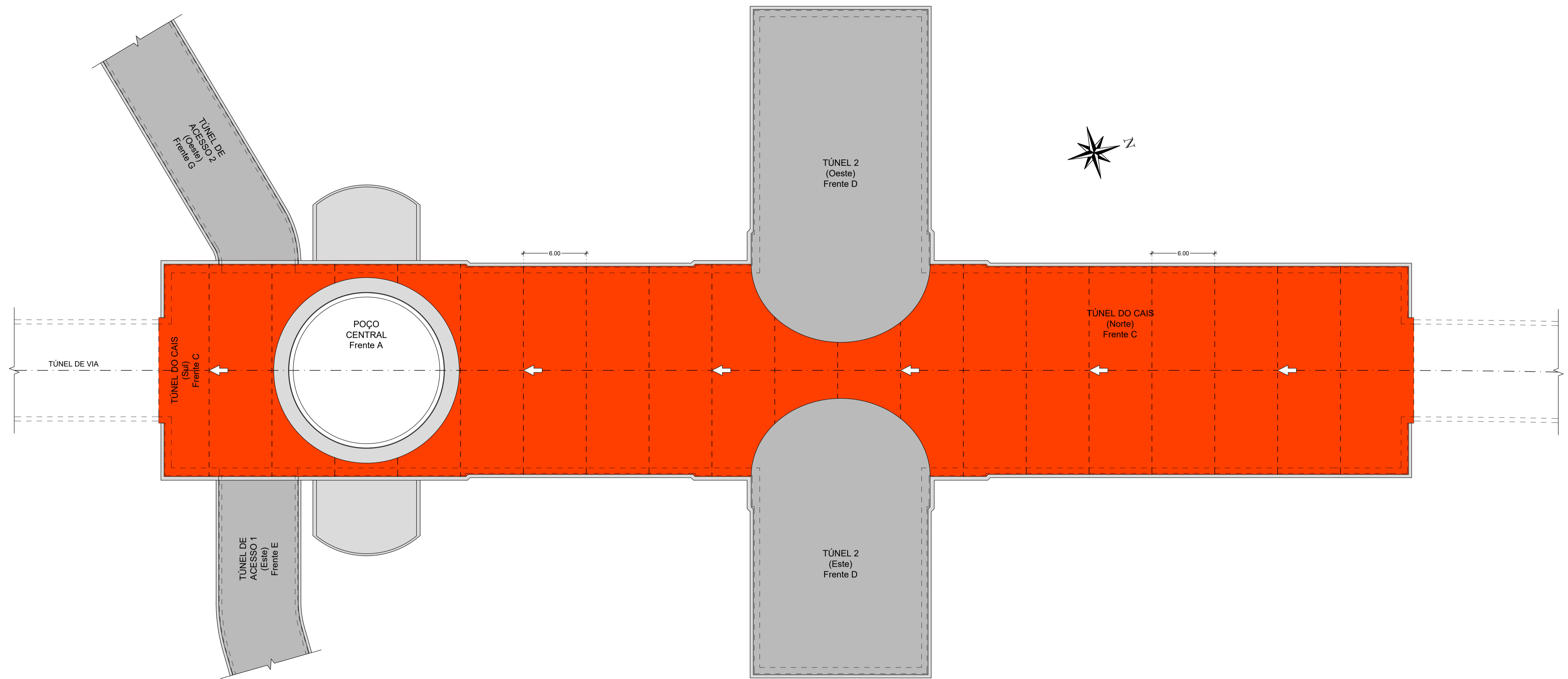
- FASES:**
- 01 Side Drift
  - 02 Alargamento da Abóbada
  - 03 Rebaixo das Bancadas
  - 04 Soleira
  - 05 Revestimento Definitivo

ALTERAÇÕES					
0	EMISSÃO INICIAL	27/09/2024	C.B. / P.K.	S.N.	VERIF.
Data:		Prolongamento da Linha Vermelha S. Sebastião - Alcântara Projeto de Execução			
Aprov.		ESTRUTURAS ESTAÇÃO CAMPO DE OURIQUE		Escala: Des. n.º 134030 F. / /	
Verif.		METODOLOGIA DE EXECUÇÃO POÇO E GALERIAS		Alter.:	
Proj.				Substituição	
Des.				N.º SAP	
				Versão	
				Folha	
Aprov. R.P. 27/09/2024		Identificação Empresa Projeção:			
Verif. S.N. 27/09/2024		COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO			
Proj. R.R. 27/09/2024		Escala: S/E		Folha: 15 / 18	
Des. C.B. / P.K. 27/09/2024		Desenho n.º LVSSA MSA PE STR EST CO DW 083915 0 (15-18)		Alter.:	

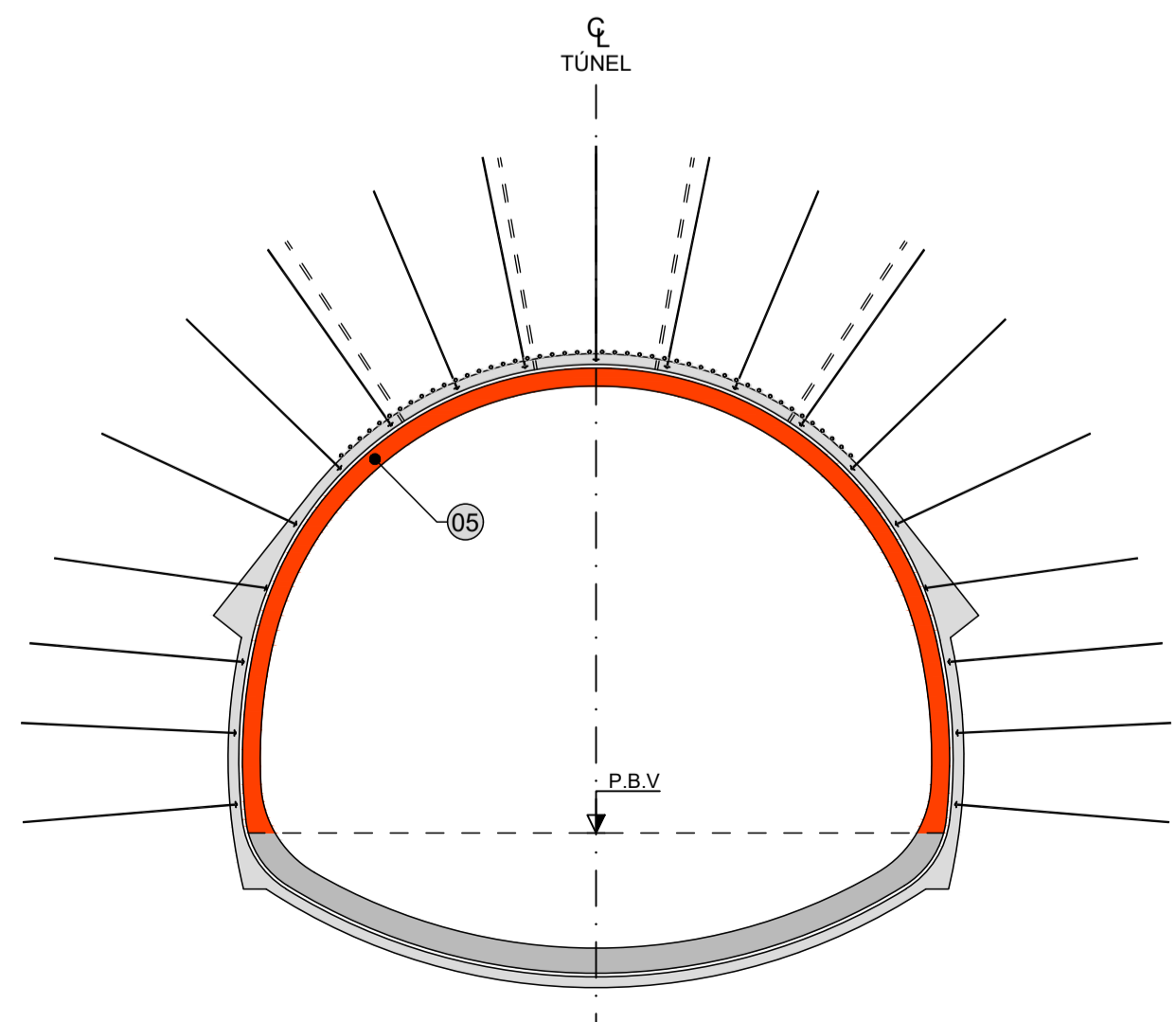




**Execução do Revestimento Definitivo**  
 4ª Fase: Abóbada do Túnel do Cais (Frente C, com avanços de 6.00m)



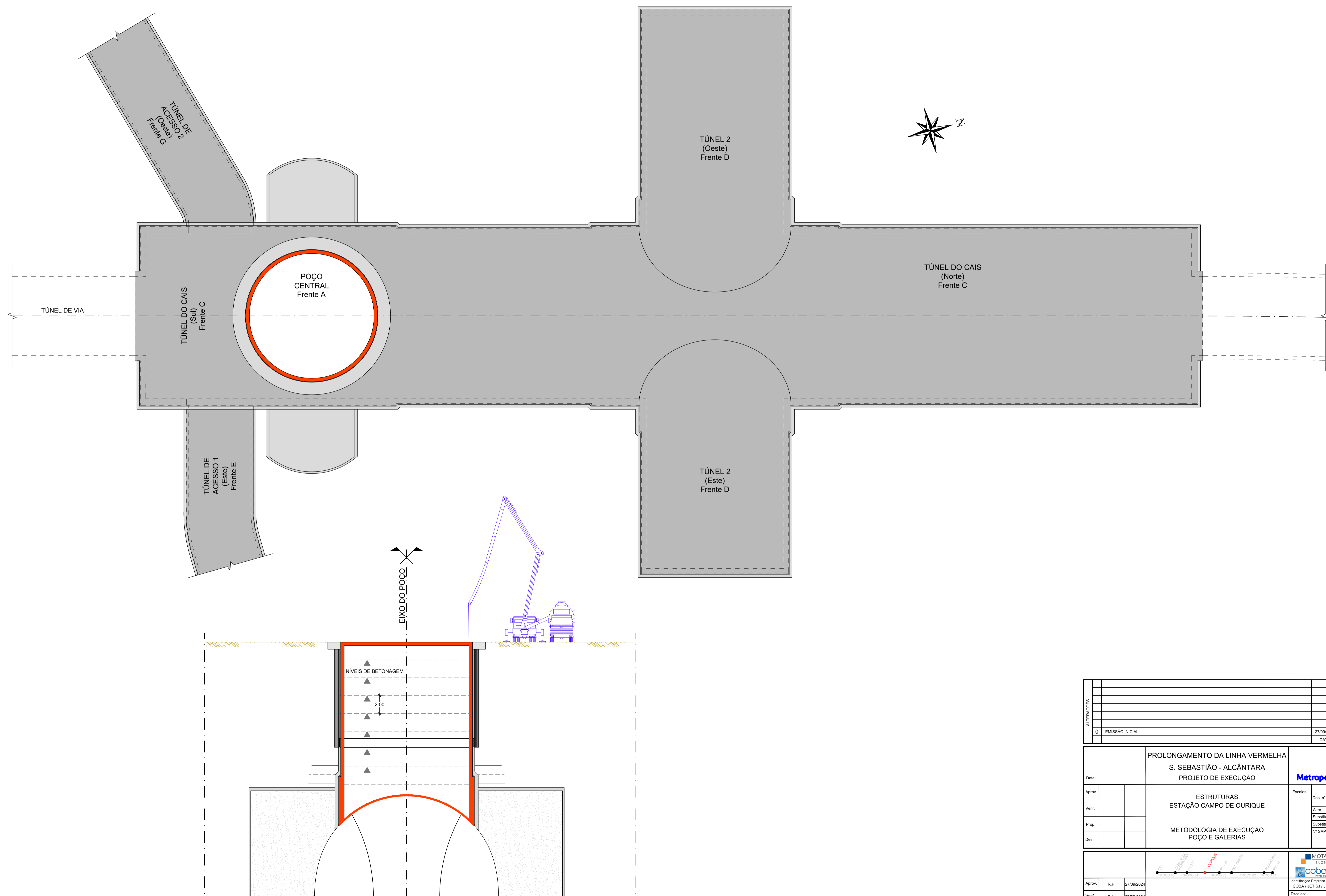
Secção Tipo do Túnel do Cais  
(Lado Sul-Lado Norte)



- FASES:**
- 01 Side Drift
  - 02 Alargamento da Abóbada
  - 03 Rebaixo das Bancadas
  - 04 Soleira
  - 05 Revestimento Definitivo

ALTERAÇÕES					
0	EMISSÃO INICIAL	27/09/2024	C.B. / P.K.	S.N.	VERIF.
Data:		Prolongamento da Linha Vermelha S. Sebastião - Alcântara Projeto de Execução			
Aprov.		ESTRUTURAS ESTAÇÃO CAMPO DE OURIQUE		Escala: Des. n.º 134032 F. / /	
Verif.		METODOLOGIA DE EXECUÇÃO POÇO E GALERIAS		Alter.:	
Proj.				Substituído	
Des.				N.º SAP	
				Versão	
				Folha	
Aprov.	R.P.	27/09/2024	Identificação Empresa Projeto:		
Verif.	S.N.	27/09/2024	COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO		
Proj.	R.R.	27/09/2024	Escala: S/E		Folha: 17 / 18
Des.	C.B. / P.K.	27/09/2024	Desenho n.º LVSSA MSA PE STR EST CO DW 083917 0 (17-18)		Alter.:

**Frente A - Execução do Revestimento Definitivo**  
5ª Fase: Poço Central (avanços de 2.00m)



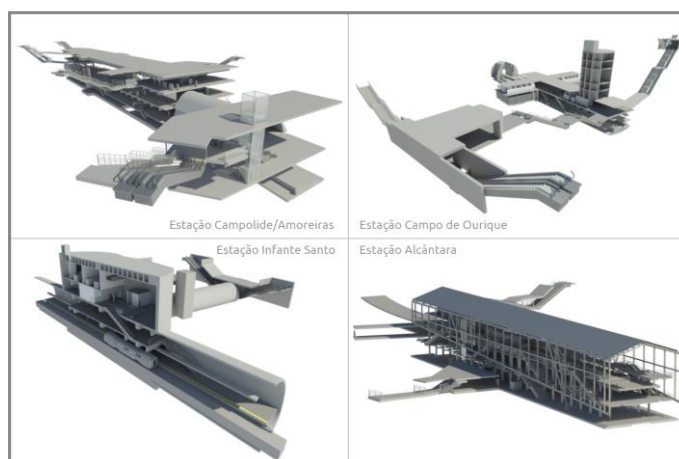
ALTERAÇÕES					
0	EMISSÃO INICIAL	27/09/2024	C.B. / P.K.	S.N.	
		DATA	DES.	VERIF.	
Data:		PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA PROJETO DE EXECUÇÃO			
Aprov.		ESTRUTURAS ESTAÇÃO CAMPO DE OURIQUE		Escala: Des. n.º 134033 F. / /	
Verif.		METODOLOGIA DE EXECUÇÃO POÇO E GALERIAS		Alter.:	
Proj.				Substituição	
Des.				N.º SAP	
				Versão	
				Folha	
				Identificação Empresa Projeto: COBA / JET SJ / JLTM / TALPROJECTO	
Aprov.	R.P.	27/09/2024			Escala: S/E
Verif.	S.N.	27/09/2024			Folha: 18 / 18
Proj.	R.R.	27/09/2024			
Des.	C.B. / P.K.	27/09/2024	Desenho n.º LVSSA MSA PE STR EST CO DW 083918 0 (18-18)		Alter.:
				0	

# METRO DE LISBOA

## PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

### EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO

#### PROJETO DE EXECUÇÃO



### TOMO V

## VOLUME 2 – ESTAÇÃO CAMPO DE OURIQUE – 02 ESTRUTURAS

### MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA.

Documento SAP:	LVSSA MSA PE STR EST CO ME 083001 0
----------------	-------------------------------------

	Nome	Assinatura	Dados
Elaborado	Christos Biliris P. Kontothanasis		2024-09-27
Revisto	Afonso Marques		2024-09-27
Verificado	Sergio Notarianni		2024-09-27
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		
Aprovado	Raúl Pistone		



## ÍNDICE

1	OBJECTIVO E ÂMBITO.....	6
2	CÓDIGOS E NORMAS DE CONCEÇÃO.....	6
3	DADOS DE ENTRADA.....	8
3.1	Desenhos e Documentos.....	8
3.2	Levantamento Topográfico .....	8
4	DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO .....	9
4.1	Alinhamento .....	10
4.2	Desvios.....	11
4.3	Ocupação à Superfície e Subterrânea.....	11
4.4	Interferências.....	11
4.5	Implementação.....	11
4.6	Segurança.....	11
4.7	Arquitetura.....	12
4.8	Compatibilidade com outras Especialidades.....	12
4.9	Ambiente.....	12
5	CONDIÇÕES GEOLÓGICAS E GEOTÉCNICAS.....	13
6	MATERIAIS.....	17
6.1	Apoio Primário.....	17
6.2	Estruturas Definitivas .....	18
6.3	Sistema de Impermeabilização .....	19
7	CONCEPÇÃO ESTRUTURAL.....	21
7.1	Tempo de Vida Útil do Projeto.....	21
7.2	Classificação dos Projetos de Acordo com a sua Importância.....	21
7.3	Classificação do Tipo de Solo.....	21
7.4	Classe de Inspeção.....	23
7.5	Classe de Fiabilidade .....	23
7.6	Categoria Geotécnica.....	24
7.7	Estanquidade das Estruturas Subterrâneas.....	24
7.7.1	Estações Subterrâneas .....	24
7.7.2	Requisitos Legais de Proteção das Águas Subterrâneas.....	25
8	METODOLOGIA DE CONCEPÇÃO DE ESTRUTURAS TEMPORÁRIAS .....	26

8.1	Escavação e Apoio Inicial.....	26
9	CONCEÇÃO ESTRUTURAL DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS.....	28
9.1	Estruturas Permanentes Externas .....	28
9.2	Estruturas Definitivas Interiores .....	31
9.3	Metodologia de Cálculo .....	34
9.4	Ações.....	36
9.4.1	Ações Permanentes .....	36
9.4.1.1	Peso Próprio (PP).....	36
9.4.1.2	Tensão no Solo.....	36
9.4.1.3	Forças Hidrostáticas.....	37
9.4.1.4	Restante Carga Permanente (RCP).....	37
9.4.1.4.1	Paredes e Divisórias Não Estruturais .....	38
9.4.1.5	Escadas Rolantes .....	38
9.4.2	Ações Variáveis.....	38
9.4.2.1	Sobrecarga de Utilização (SC) .....	38
9.4.2.2	Sobrecarga Ferroviária (SF).....	40
9.4.2.3	Variação Uniforme da Temperatura .....	40
9.5	Retração e Fluência.....	41
9.6	Mapas Genéricos de Cargas.....	42
9.6.1	Piso do Cais .....	42
9.6.2	Piso do átrio.....	43
9.6.3	Pisos Superiores +75,82 +79,06 +85,54 +88,78.....	44
9.7	Ações Acidentais .....	45
9.7.1	Sísmica Ação.....	45
9.7.2	Incêndio .....	49
9.7.3	Descarrilamento.....	50
9.8	Combinações de Cargas.....	50
9.8.1	Estados Limites Últimos (ELU).....	50
9.8.2	Estados Últimos de Serviço (ELS) .....	51
9.8.3	Fatores de Carga.....	52
9.8.4	Fatores de Segurança de Materiais.....	53
9.9	Verificação de Segurança .....	53
9.9.1	Verificação de Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU).....	53
9.9.2	Verificação da Segurança aos Estados Limites de Utilização (ELU).....	54
10	PLANO DE MONITORIZAÇÃO.....	55

---

10.1	Introdução .....	55
10.2	Parâmetros Monitorizados.....	56
10.3	Escavações Mineiras.....	56
10.4	Edifícios.....	56
10.5	Frequência de Monitorização.....	57
10.6	Níveis de Aviso, Referência e Alarme.....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Unidades Geotécnicas Reconhecidas no Local do Projeto .....	13
Tabela 2	Profundidades das Unidades Geotécnicas .....	14
Tabela 3	Valores Característicos dos Parâmetros Geotécnicos .....	15
Tabela 4	Suporte Inicial. Características do Material .....	17
Tabela 5	Estruturas Finais. Características do Material.....	18
Tabela 6.	Estruturas de Aço. Características dos Materiais .....	18
Tabela 7	Estruturas Definitivas. Revestimentos Nominais de Armadura .....	19
Tabela 8	Aceleração Máxima de Referência de Projeto agR (m/s <sup>2</sup> ) nas Várias Zonas Sísmicas .....	22
Tabela 9	Tipos de Solo por EC8 .....	23
Tabela 10	Tipos de Solo por Parâmetros de Solo .....	23
Tabela 11	Fatores Parciais .....	27
Tabela 12.	Cargas.....	39
Tabela 13	Quantificação da Ação Sísmica .....	46
Tabela 14	Ação de Descarrilamento. Tabela 4.4 da EN1991-1-7:2006.....	50
Tabela 15	Coefficientes Parciais das Ações para os Estados Limites últimos.....	52
Tabela 16	Coefficientes de Combinação $\Psi$ .....	53
Tabela 17	Coefficientes Parciais dos Materiais para o Estado Limite Último.....	53
Tabela 18	Frequência de Controlo .....	57

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da Estação de Campo de Ourique.....	10
Figura 2 – Sistema de Impermeabilização para o Revestimento Definitivo das Galerias da Estação.....	20
Figura 3 – Sistema de Impermeabilização para o Revestimento Definitivo de Estruturas Executadas a Céu Aberto.....	20
Figura 4 Zonamento Sísmico do Território Nacional de Acordo com o Anexo Nacional NA da NP EN 1998-1:2010.....	22
Figura 5. Vista em Planta 3D da estação.....	28
Figura 6. Secção Longitudinal da Estação.....	29
Figura 7. Secção Transversal do Túnel.....	29
Figura 8. Secção Transversal do Túnel 2.....	30
Figura 9 Secção Transversal do Poço Principal.....	30
Figura 10. Secção Transversal da Entrada.....	31
Figura 11. Planta do Piso do Cais.....	32
Figura 12. Planta do Átrio.....	32
Figura 13 . Corte Transversal ao Túnel do Cais na Zona do Poço Principal.....	33
Figura 14. Modelo 3D Exportado do Scia Engineer.....	35
Figura 15. Modelo 3D Exportado do Scia Engineer.....	35
Figura 16 Distribuição da Carga no Solo para Túneis Minados (Beton – Kalender 2014).....	37
Figura 17 Cargas Transmitidas por uma Formação MRM (extrato ANX_C4, ML 90).....	40
Figura 18 Cargas no Piso do Cais.....	42
Figura 19 Sobrecargas.....	43
Figura 20 RCP no Piso do Átrio.....	43
Figura 21 Sobrecargas no Piso do átrio.....	44
Figura 22 RCP nos Pisos Superiores.....	44
Figura 23 Sobrecargas nos Piso Superiores.....	44
Figura 24 Verificação da Capacidade de Secção do Revestimento Definitivo do Túnel da Estação.....	47
Figura 25 Verificação da Capacidade de Secção do Revestimento Definitivo do Túnel 2.....	48
Figura 26 Verificação da Capacidade de Secção do Revestimento Definitivo do Túnel de Acesso.....	49



## 1 OBJECTIVO E ÂMBITO

A Estação de Campo de Ourique faz parte do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara do Metropolitano de Lisboa. A estação é constituída por uma estrutura subterrânea com 117,4m de comprimento interior, 18,8m de largura interior máxima e 15,7m de altura interior máxima, com cerca de 15 metros de cobertura.

Este documento descreve os principais pressupostos de projeto e a metodologia a considerar durante o desenvolvimento do Anteprojeto e, numa fase posterior, do Projeto de Execução das Estruturas Finais da Estação de Campo de Ourique.

## 2 CÓDIGOS E NORMAS DE CONCEÇÃO

O projeto será desenvolvido com base nos seguintes códigos de projeto:

- NP EN 1990 – Bases para o Projeto de Estruturas (EC0);
- NP EN 1991 – 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 de Aço e Betão (EC4);
- NP EN 1997 – Projeto Geotécnico (EC7);
- NP EN 1998 – Projeto de Estruturas para Resistência aos Sismos (EC8);
- Código Modelo FIB para Estruturas de Betão 2010
- Normas de Projeto de Estruturas do Metropolitano de Lisboa.

Serão igualmente consideradas as seguintes normas de execução:

- NP EN 206:2013+A1:2017 – Betão: Especificação, desempenho, produção e conformidade.
- NP EN 13670-1 – Execução de estruturas de betão. Parte 1 – Regras.
- NP EN 14199 – Execução de obras geotécnicas especiais. Microestacas.
- NP EN 1537 – Execução de obras geotécnicas especiais. Ancoragens de solo.
- EN ISO 22447-5 – Investigação e ensaios geotécnicos – Ensaio de estruturas geotécnicas – Parte 5: Ensaio de ancoragens betumadas.
- EN 1536 – Execução de Obras Geotécnicas Especiais. Estacas escavadas.
- EN 14490 – Execução de Obras Geotécnicas Especiais. Pregagem do solo.
- NP EN 197-1 – Cimento. Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos comuns.
- NP EN 197-2 – Cimento. Parte 2: Avaliação e verificação da regularidade do desempenho.
- NP EN 13251 – Geotêxteis e produtos relacionados com geotêxteis – Características requeridas para uso em terraplenagens, fundações e estruturas de suporte.
- NP EN 13256 – Geotêxteis e produtos relacionados com geotêxteis – Características requeridas para uso na construção de túneis e estruturas subterrâneas.
- 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 em 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 tendões de pré-esforço - Métodos de ensaio.
  - NP EN 446 - Caldas de injeção para tendões de pré-esforço - Procedimentos de injeção.
  - NP EN 447 - Caldas de injeção para tendões de pré-esforço - Requisitos básicos.

---

## 3 DADOS DE ENTRADA

Os desenhos e documentos considerados como dados de entrada associados ao trabalho foram os seguintes.

### 3.1 Desenhos e Documentos

O presente relatório baseia-se nos seguintes documentos e respetivos desenhos, fornecidos pelo Metropolitano de Lisboa:

1. Estação Campo De Ourique, Arquitetura, Memória Descritiva E Justificativa, LVSSA ML PP ARQ EST ECO MD 063001 0, 2022-08-10,
2. Estação Campo De Ourique, Memória Descritiva E Justificativa, LVSSA ML PP STR EST ECO MD 083000 A, 2022-11-16,

bem como aos documentos seguintes e aos desenhos que os acompanham, apresentados no âmbito do projeto de concurso:

3. VOLUME 3 - Estações - Campo De Ourique Memória Descritiva E Justificativa, Suporte. Primário E Faseamento Construtivo, LVSSA CBJ EP STR EST ECO MD 083000 0, 2023-06-23,
4. VOLUME 3 - Estações - Estação Campo De Ourique Memória Descritiva E Justificativa, LVSSA CBJ EP STR EST ECO MD 083001 0, 2023-06-23,
5. VOLUME 3 - Estações - Estação Campo De Ourique Nota De Cálculo - Estruturas Externas, LVSSA CBJ EP STR EST ECO NC 083001 0, 2023-06-23,
6. VOLUME 3 - Estações Nota De Cálculo - Estruturas Internas Da Estação De Campo De Ourique, LVSSA CBJ EP STR EST ECO NC 083002 0, 2023-06-23,
7. Memória Descritiva e Justificativa do Método Construtivo e Faseamento da Obra, PROC. N.º 125/2022 DLO/ML.

### 3.2 Levantamento Topográfico

Sempre que se considere relevante, serão fornecidos trabalhos de levantamento topográfico e clássico, que servirão de base para a preparação do projeto.

---

## 4 DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO

A estação de Campo de Ourique situa-se no Jardim da Parada, entre a Rua 4 de Infantaria e a Rua Tomás da Anunciação.

Devido às restrições de espaço à superfície, esta estação será construída numa galeria totalmente subterrânea, devido à necessidade de interferência mínima com a superfície e os edifícios circundantes.

A estação é constituída por um poço de acesso com 14,0m de diâmetro interior definitivo, o túnel principal (Túnel da Plataforma) com 117,4m de comprimento interior, 18,8m de largura interior máxima e 15,7m de altura interior máxima, e um túnel transversal com cerca de 57,0m de comprimento interior, 15,8m de largura interior máxima e 14,9m de altura interior máxima. Estão ainda previstos dois túneis de acesso com 7,0m de largura interior máxima e 6,1m de altura interior máxima.

O poço de acesso situa-se na esquina entre a Rua Almeida e Sousa e a Rua Tomás da Anunciação.

A Estação de Campo de Ourique encontra-se sob o Jardim Teófilo de Braga, sendo que a cobertura sobre o Túnel varia aproximadamente entre 15m e 18m.

A construção da estação subterrânea será efetuada pelo método NATM. O túnel da plataforma será escavado a partir do poço.

Os túneis de acesso serão executados a partir do Túnel Principal, no sentido ascendente, até ao nível do último lanço de escadas. A partir desta cota, os trabalhos serão executados à superfície pelo método "cut & cover" através de um poço aberto, provisoriamente retido por um muro de estacas.

Uma vez que o diâmetro do poço é inferior à largura do túnel, são inicialmente considerados alargamentos laterais do túnel, preenchidos com betão, para funcionarem como pilares e colunas de reforço do poço, que serão reavaliados durante a fase de projeto pormenorizado.

A figura seguinte mostra a localização da Estação de Campo de Ourique.



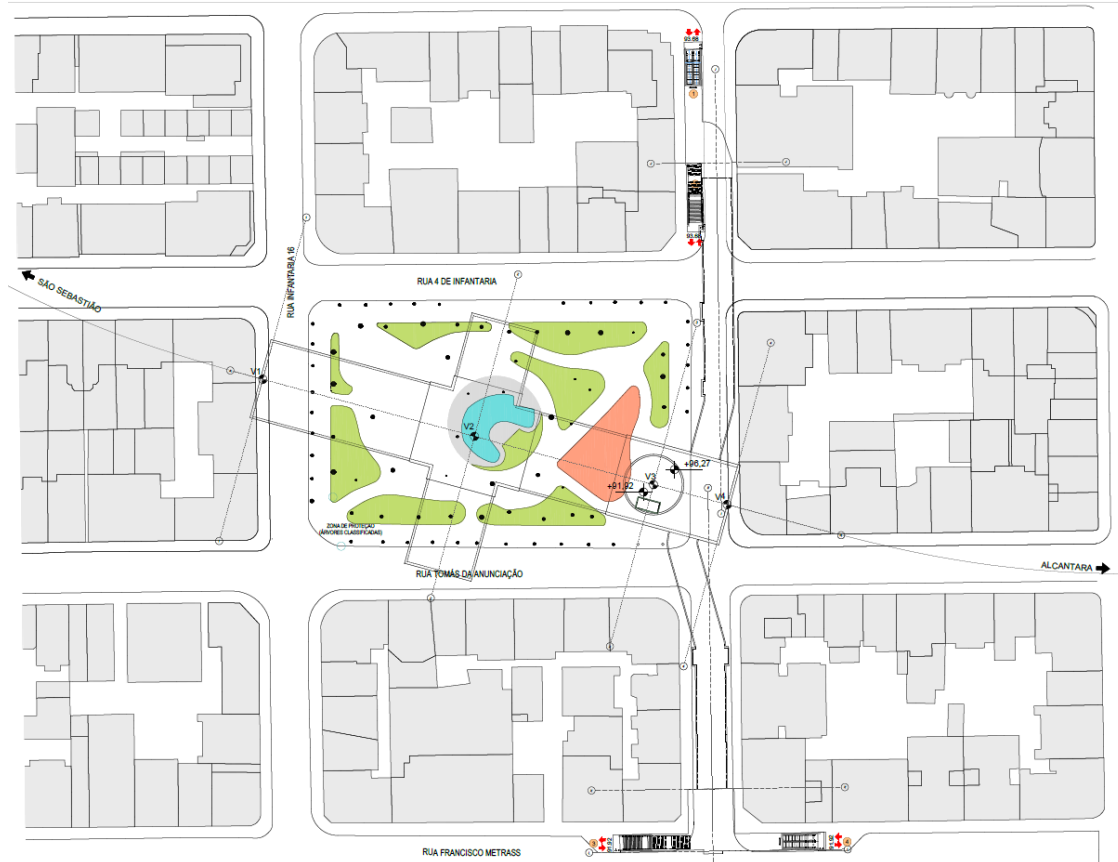


Figura 1 - Localização da Estação de Campo de Ourique

## 4.1 Alinhamento

A solução estrutural adotada e os processos e faseamentos de construção previstos são compatíveis com o projeto de traçado da linha definido no Programa Preliminar e no Estudo Prévio.

O traçado do percurso, bem como a sua proximidade a um eixo viário crítico para a mobilidade urbana, onde qualquer interrupção ou desvio, mesmo que temporário, provocaria transtornos muito significativos, foram aspetos fundamentais que condicionaram a implementação da estação de Campo de Ourique.

A profundidade a que o P.B.V. é colocado. (Plano de Base da Estrada) em relação à superfície foi uma parte condicionante da solução estrutural, bem como do faseamento da construção.

---

## 4.2 Desvios

Ao longo da duração dos trabalhos, as estações e áreas reservadas junto à área a executar a céu aberto, que interfiram com a circulação existente, serão demarcadas como áreas de ocupação temporária com os consequentes desvios de trânsito.

As estações são objeto de um projeto autónomo, apresentado no Tomo I – Geral, Volume 9 – Estações da Linha.

## 4.3 Ocupação à Superfície e Subterrânea

A execução a céu aberto de parte dos acessos à estação e o arranque do poço vertical interferem com as redes de infra-estruturas existentes no subsolo. As infra-estruturas serão objeto de desvios provisórios/definitivos ou eventual suspensão, de forma a serem compatíveis com a fase de construção proposta.

Os serviços afetados são objeto de um projeto autónomo, apresentado no Capítulo 02 – Serviços afetados, do presente volume.

## 4.4 Interferências

As principais interferências serão objeto de um estudo autónomo, apresentado nos desenhos de identificação de interferências. As necessidades de demolições, reforço de edifícios e contenções, estão retratadas no Tomo I – Geral, Volume 17 – Interferências ao longo da Linha e Volume 27 – Demolições ao longo da Linha.

## 4.5 Implementação

A execução da obra respeita integralmente os requisitos definidos no Programa Preliminar, que foram também desenvolvidos na fase de Estudo Prévio.

Tendo em conta a cobertura da estação, será efetuado um levantamento cuidadoso das interferências identificadas, de forma a mitigar os danos associados à execução dos trabalhos.

## 4.6 Segurança

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

1. Evitar os riscos;
2. Avaliar os riscos que não podem ser evitados;
3. Combater os riscos na origem;
4. Adaptar o trabalho ao trabalhador;
5. Adaptação ao progresso técnico;

6. Substituir o que é perigoso pelo que não é perigoso ou pelo que é menos perigoso.
7. prevenção;
8. Dar prioridade à prevenção coletiva em detrimento da individual;
9. Dar instruções adequadas aos trabalhadores.

Estes princípios que devem orientar a atuação de todos os intervenientes ao longo do processo de construção serão respeitados no desenvolvimento deste Projeto, iniciando-se nesta fase a elaboração do respetivo Plano de Segurança e Saúde.

## 4.7 Arquitetura

O Projeto respeita todas as exigências arquitetónicas definidas no Programa Preliminar e procurará obter as soluções técnicas mais adequadas que respondam às exigências definidas no Programa Preliminar de Arquitetura.

## 4.8 Compatibilidade com outras Especialidades

O projeto é compatível com o Programa Preliminar de Arquitetura e com as outras especialidades.

- Volume V – Caminho de ferro, Volume 1 – Alinhamento;
- Volume V – Caminhos-de-ferro, Volume 2 – Sistema de vias;
- Tomo V – Caminhos-de-ferro, Tomo 3 – Drenagem da via;
- Volume VI – Sistemas, Tomo 1 – Energia;
- Volume VI – Sistemas, Volume 2 – Telecomunicações;
- Volume VI – Sistemas, Volume 3 – Mecânica;
- Volume VII – Fluidos, Volume 1 – Redes de água;
- Volume VII – Fluidos, Volume 2 – Redes de drenagem;
- Volume VII – Fluidos, Volume 3 – Coluna seca.

## 4.9 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 expressos na DIA (processo de AIA n.º 3462), na qual são identificadas as medidas gerais de minimização a implementar na fase de construção, a complementar na fase de Projeto de Execução com a realização do Relatório de Conformidade Ambiental com o Projeto de Execução (RECAPE).

## 5 CONDIÇÕES GEOLÓGICAS E GEOTÉCNICAS

Os resultados disponíveis da investigação geotécnica efetuada foram avaliados e posteriormente foi desenvolvido um modelo geotécnico preliminar adequado à elaboração dos estudos geotécnicos preliminares da estação de Campo de Ourique. De acordo com os dados geotécnicos obtidos com base na investigação geotécnica relativa (sondagens SC14-pz, SC15-pz, SC16, SC17-pz e SC18-pz), as formações no local do projeto são constituídas por argilas silto-arenosas rígidas a muito rígidas, sobrepostas a uma camada de argilas e margas siltosas, duras a muito duras. Nos estratos mais profundos, encontra-se a formação de basalto moderadamente a fortemente fraturado com abundantes veios de calcite. Na base do local do projeto encontra-se a formação de calcário cristalino, que apresenta um grande grau de diferenciação em termos do seu grau de meteorização e desintegração.

De um modo geral, a estratigrafia encontrada na área geral da estação proposta de Campo de Ourique é categorizada em unidades geotécnicas distintas, conforme apresentado na Tabela abaixo.

Tabela 1 Unidades Geotécnicas Reconhecidas no Local do Projeto

Unidade Geotécnica	Descrição
At	Camada betuminosa assente em aterro argiloso-siltoso, ligeiramente arenoso, com fragmentos de calcário, cinzento acastanhado.
M(ag)b	Argila silto-arenosa rígida a muito rígida ( $15 < N_{SPT} < 30$ ), com concreções carbonatadas, cinzenta acastanhada e cinzenta-esverdeada.
M(ag)a	Argilas e margas duras a muito duras ( $N_{SPT} > 30$ ), com fragmentos basálticos.
$\beta_{W5;W4/5}$	Basalto, com abundantes veios de calcite, fortemente fraturado, moderadamente a fortemente desgastado, caracterizado pelo Índice de Resistência Geológica, $GSI=20-35$ .
$\beta$	Basalto, com abundantes veios de calcite, moderadamente fraturado, ligeira a moderadamente alterado, caracterizado pelo Índice de Resistência Geológica, $GSI=35-55$ .
Cc1a	Argila margosa e/ou marga argilosa esbranquiçada a amarelada
Cc1b	Calcário cristalino, fortemente desintegrado, moderadamente a fortemente desgastado, caracterizado pelo Índice de Resistência Geológica, $GSI=10-20$ .
Cc1d	Calcário cristalino, moderadamente desintegrado, moderadamente a fortemente meteorizado, caracterizado pelo Índice de Resistência Geológica, $GSI=20-40$ .
Cc1c	Calcário cristalino, ligeira a moderadamente desintegrado, moderadamente desgastado, caracterizado pelo Índice de Resistência Geológica, $GSI=40-55$ .

As profundidades a que as unidades geotécnicas estabelecidas acima mencionadas são encontradas em cada furo de sondagem na área geral do local do projeto são apresentadas na tabela seguinte.



Tabela 2 Profundidades das Unidades Geotécnicas

Furo de Sondagem	Profundidade (m)								
	At	M(ag)b	M(ag)a	$\beta_{W5;W4/5}$	$\beta$	Cc1a	Cc1b	Cc1d	Cc1c
SC14-pz	0.0 - 1.5	1.5 - 10.5		10.5 - 13.5		-	16.5 - 21.0 25.0 - 34.5	13.5 - 16.5	21.0 - 25.0 34.5 - 48.0
SC15-pz	0.0 - 2.0		2.0 - 13.6	13.6 - 24.0		-	29.5 - 37.5 45.4 - 48.0	24.0 - 29.5	37.5 - 45.4
SC16	0.0 - 3.0	3.0 - 8.5	8.5 - 19.5	19.5 - 25.5		25.5 - 28.5	31.5 - 45.0	28.5 - 31.5	45.0 - 47.26
SC17-pz	0.0 - 2.0	2.0 - 7.5	7.5 - 17.3	17.3 - 21.0	21.0 - 28.5	28.5 - 31.5		31.5 - 42.0 45.6 - 49.0	42.0 - 45.6 49.0 - 50.0
SC18-pz	0.0 - 2.9	2.9 - 5.0	5.0 - 6.5	6.5 - 15.0			21.0 - 22.5 29.0 - 33.2	15.0 - 21.0 22.5 - 29.0 33.2 - 45.0	

De notar que, com base nos dados disponíveis das cinco (5) sondagens executadas nas imediações da Estação de Campo de Ourique, a formação Cc1a (i.e. "Argila marga e/ou marga argilosa esbranquiçada a amarelada"), reconhecida com base nos dados de toda a campanha de investigação geotécnica, foi identificada apenas em zonas muito limitadas das sondagens SC16 & SC17-pz, sem resultados laboratoriais suficientes para a estimativa de parâmetros de uma Unidade Geotécnica distinta (CC1a). Assim, como abordagem conservadora e devido à semelhança esperada em termos de comportamento geomecânico global, aos materiais a estas profundidades foram atribuídos os parâmetros geotécnicos adotados para a Unidade Geotécnica M(ag)a (Argilas e margas duras a muito duras (NSPT >30), com fragmentos basálticos).

Com base na avaliação preliminar e no tratamento estatístico dos dados disponíveis provenientes dos trabalhos de investigação geotécnica executados in situ e em laboratório, são propostas gamas preliminares dos parâmetros de projeto geotécnico para cada unidade geotécnica, tal como se apresenta na Tabela seguinte. Observa-se que para as unidades geotécnicas de rocha são fornecidos dois conjuntos de parâmetros de projeto, um que corresponde a um fator de perturbação,  $D$ , de 0,30 e outro que corresponde a um fator de perturbação de 0,0. De acordo com Hoek e Brown (2019), enquanto uma escavação de túnel cuidadosamente projetada e executada é alcançada, o valor mais alto do fator de perturbação ( $D = 0.30$ ) pode ser aplicado apenas a uma zona que se estende por 2-3 m em torno da escavação do túnel.

No Tabela seguinte são resumidos os valores característicos selecionados dos parâmetros de conceção geotécnica.

Tabela 3 Valores Característicos dos Parâmetros Geotécnicos

Parâmetro	Gama de Valores de Projeto												
	At	M(ag)b	M(ag)a	$\beta_{W5;W4/5}$		$\beta$		Cc1b		Cc1d		Cc1c	
				D=0.0	D=0.3	D=0.0	D=0.3	D=0.0	D=0.3	D=0.0	D=0.3	D=0.0	D=0.3
Peso unitário, $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	18	19	20	23		23		22		23		24	
Coesão efectiva, $c'$ (kPa)	2	8	20	60	50	110	90	55	45	130	90	210	150
Ângulo de fricção efetivo, $\phi'$ (°)	28	28	30	47	44	52	47	38	32	46	42	50	48
Resistência ao cisalhamento não drenada, $c_u$ (kPa)	-	70	300	-		-		-		-		-	
Resistência à compressão uniaxial, $\sigma_{ci}$ (MPa)	-	-	-	7.5		7.5		15		25		25	
GSI	-	-	-	20-35		35-55		10-20		20-40		40-55	
Módulo de elasticidade, E (MPa)	8	15	45	-		-		-		-		-	
Módulo de elasticidade do maciço rochoso, $E_m$ (MPa)	-	-	-	200	150	600	350	270	220	1100	600	2500	1500
Rácio de Poisson, $\nu$	0.35	0.35	0.30	0.25		0.25		0.20		0.20		0.20	
Coefficiente de pressão da terra em repouso, $K_0$	0.5	0.5	0.7	0.7		0.7		0.8		0.8		0.8	
Módulo do edómetro, $E_s$ (MPa)	12	24	60	-		-		-		-		-	

\*Nota: O valor mais elevado do fator de perturbação ( $D = 0.30$ ) pode ser aplicado a uma zona que se estende por 2-3 m à volta da escavação do túnel, de acordo com Hoek e Brown (2019).

---

As águas subterrâneas foram registadas a profundidades que variam entre 40,2m e 46,8m da superfície do solo, o que corresponde a uma profundidade superior a 5m abaixo do “invert” do túnel da plataforma.

Note-se que os valores de dimensionamento acima tabelados para os parâmetros geotécnicos das várias unidades geotécnicas reconhecidas se baseiam, em geral, numa abordagem conservadora, pertinente para a presente fase de Estudo Prévio do projeto. Os valores dos parâmetros geotécnicos adotados serão reavaliados no âmbito da fase de Projeto de Execução, com base nos resultados do programa de investigação geotécnica adicional que será realizado nas imediações da Estação de Campo de Ourique.

## 6 MATERIAIS

### 6.1 Apoio Primário

As características dos materiais a adotar na conceção são apresentadas a título indicativo no Tabela seguinte.

Tabela 4 Suporte Inicial. Características do Material

Material		Propriedades	
Betão	Betão projetado (húmido)	C30/37 XC 4(P) CL 0.4 D <sub>MAX</sub> .10 S5	
	Enxuto / Enchimento	C12/15 XC 2(P) CL 0.4 D <sub>MAX</sub> .22 S3	
Fibras Metálicas	Resistência à tração	1500MPa	
	Comprimento (extremidade do gancho)	< 35mm	
	Esbelteza, L/D	65	
	Dose mínima de fibra	25kg/m <sup>3</sup>	
	Classe de absorção de energia	E700	
Aço	Chapas e conjuntos de aço	S 355 JR	
	Cambotas treliçadas	A 500NR	
	Malha electro-soldada	UM 500ER	
	Enfilagens	S 355 JR	
	Pregagens	CLASSE ISO 8.8	
A soldadura de elementos de aço, a sua preparação e execução obedecerão aos requisitos da REAE, NP EN 1515 e NP EN 1993			
Pregagens de tubo expansivo	Carga mínima de elasticidade	P <sub>y</sub> = 130kN	
	Grau de aço	S 355 MC	
Pregagens totalmente calcadas	Carga mínima de elasticidade	P <sub>y</sub> > 200kN	
	Grau de aço	A 500NR	
Parafusos de fibra de vidro	Resistência à tração	≥ 2000Mpa	
	Carga de projeto	> 250kN	
Argamassa	Resistência à compressão aos 28 dias	f <sub>CK</sub> MIN. =25 MPa	
Tubos de drenagem	Tubo de polietileno rígido, corrugado e com ranhuras		
Geotêxtil	Massa por unidade de superfície (EN 9864)	150g/m <sup>2</sup>	
	Espessura mínima (EN ISO 9863-1)	2mm	
	Resistência à tração (EN ISO 10319)	4,5kN/m	
	Alongamento à carga máxima (EN ISO 10319)	80%	
	Puncionamento estático (EN ISO12236)	> 700N	
	Resistência dinâmica à perfuração (EN 918)	≤ 28 mm	

Material	Propriedades	
	Durabilidade	[Duração estimada de pelo menos 25 anos em solos com $4 < PH < 9$ e temperaturas $< 25^{\circ}C$ (tempo máximo de exposição de 1 semana após a instalação)]

## 6.2 Estruturas Definitivas

As propriedades características dos materiais adotados no projeto são apresentadas nos Tabelas seguintes.

Tabela 5 Estruturas Finais. Características do Material

Materiais	Localização	Classe de Resistência	Classe de Exposição	Teor Máximo de Cloretos	dmax (mm)	Classe de Consistência
Betão	Regularização	C12/15	X0	CL 1,00	25	S3
	Estrutura interior em ambiente seco (lajes, vigas, pilares, escadas e paredes)	C30/37	XC1	CL 0,40	20 25	S4
	Estrutura interior em zonas húmidas – zonas com casas de banho (lajes, vigas, pilares, escadas e paredes)	C30/37	XC3	CL 0,40	20 25	S4
	Estrutura exterior (revestimento definitivo das galerias, muros de contenção periféricos, laje de fundo do poço principal, laje de cobertura e elementos expostos às intempéries)	C30/37	XC4	CL 0,40	25	S3
	Enchimento	C20/25	XC0	CL 1,00	25	S3

**Notas:**

As betonilhas de enchimento a executar para a colocação de revestimentos de pavimentos e para a formação de pendentos nas lajes interiores devem ter um peso específico máximo de  $15 \text{ kN/m}^3$ .

Tabela 6. Estruturas de Aço. Características dos Materiais

Materiais	Localização	Classe de Resistência
Aço Estrutural	Armadura comum	A500 NR SD
	Malha electrossoldada	A500 EL

Materiais	Localização	Classe de Resistência
	Estruturas metálicas (chapas, perfis, barras e anilhas)	S355 JR
	Parafusos / Pernos	Classe 8.8/10.9
	Porcas	Classe 8/10

Tabela 7 Estruturas Definitivas. Revestimentos Nominais de Armadura

A classe de desempenho dos elementos de betão armado é EXC3, de acordo com a EN 1090-2.

Coberturas Nominais (*) (**)		
	Elemento	Recobrimento Nominal
<b>As coberturas devem ser garantidas de acordo com os requisitos de resistência ao fogo e durabilidade dos materiais considerados</b> <b>Vida útil de projeto: 100 anos</b> <b>Estabilidade ao fogo: R120</b>	Lajes elevadas e escadas	40 mm
	Paredes interiores	40 mm
	Pilares e vigas	45 mm
	Revestimento definitivo das galerias	45 mm
	Laje do furo do fundo principal	45 mm
	Lajes de cobertura enterradas	45 mm
	Paredes de contenção definitivos	50 mm

(\*) - Cobertura mínima + margem de cálculo para tolerâncias de execução = Recobrimento nominal.

(\*\*) - Em elementos inferiores a 0,25 m, o revestimento é reduzido em 0,005 m, devendo ser garantidos os revestimentos mínimos definidos na norma EN 10080.

### 6.3 Sistema de Impermeabilização

De forma a cumprir os requisitos de estanquidade definidos no Caderno de Encargos, prevê-se para os túneis da estação (NATM) a aplicação de um sistema de impermeabilização com recurso a uma barreira geossintética constituída por uma geomembrana impermeabilizante (policloreto de vinilo) com 2 mm de espessura protegida com geotêxtil (polipropileno), de acordo com a especificação RT026 do ML e com as peças desenhadas deste Estudo Prévio.

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

A compartimentação transversal será efetuada através da solidarização de perfis flexíveis extrudidos (lâminas de estanquidade do tipo “watersop”) à geomembrana de impermeabilização 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 efetuada aproximadamente de 8 em 8 metros, limitando assim a área máxima de cada compartimento a 250 m<sup>2</sup>.

A eventual necessidade de colocar uma proteção mecânica, e as suas características, deve ser avaliada em conjunto com o aplicador e o fornecedor do sistema de impermeabilização, em função



do risco de danificar a tela de impermeabilização, tendo em conta o tipo de circulação e os trabalhos a realizar no local.

Na parte invertida dos túneis, deve 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 de acordo com as condições encontradas no local e em conjunto com o fornecedor e o aplicador da solução.

Pormenores do sistema de impermeabilização para o revestimento definitivo das galerias da estação Figura 2 são apresentados, respetivamente para poços e abóbadas (à esquerda) e invertidos (à direita).

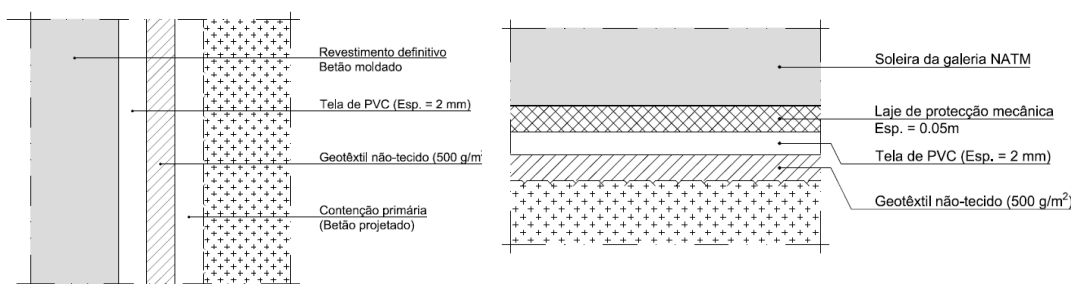


Figura 2 – Sistema de Impermeabilização para o Revestimento Definitivo das Galerias da Estação

Para a impermeabilização de estruturas executadas a céu aberto, será adotado o sistema de impermeabilização apresentado a seguir.



Figura 3 – Sistema de Impermeabilização para o Revestimento Definitivo de Estruturas Executadas a Céu Aberto

Propõe-se, para as estruturas executadas a céu aberto, explorar na fase de construção a possibilidade de utilizar o sistema de impermeabilização baseado em mantas de bentonite.

Neste cenário, a ser explorado na fase de construção, a utilização de soluções com telas bentoníticas armadas com reforço de poliéster do tipo Voltex DS ou similar, protegidas com polietileno e geotêxtil, e com cordões hidroexpansivos.

---

## 7 CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

### 7.1 Tempo de Vida Útil do Projeto

Tendo em conta o recomendado no ponto 2.3 do Anexo Nacional da NP EN 1990, a estrutura é classificada na categoria de vida útil de projeto 5, o que corresponde a uma vida útil de projeto indicativa de 100 anos.

### 7.2 Classificação dos Projetos de Acordo com a sua Importância

A classificação do projeto em função da sua importância é efetuada de acordo com o especificado no Anexo Nacional da EN 1990.

Tendo em conta a definição das classes de consequências apresentadas na tabela B.1 da EN 1990, as estações e poços de ventilação são parte integrante de uma infraestrutura cujo colapso representa "Consequências elevadas para a perda de vidas humanas, ou consequências económicas, sociais ou ambientais muito grandes", pelo que são classificadas como sendo da classe de consequências CC3.

### 7.3 Classificação do Tipo de Solo

No que respeita à sismicidade, os sismos que afetam o território nacional têm duas fontes de geração distintas:

- Sismicidade interplaca - associada à fronteira das placas euro-asiática e africana, gerada na zona de fratura Açores-Gibraltar, com registo de sismos de elevada magnitude (1755 e 1969);
- Sismicidade intraplaca - associada a movimentos ao longo de estruturas ressonantes no interior da placa euroasiática, resultantes da acumulação de tensões e do desenvolvimento de deformações, dando origem a sismos de magnitudes moderadas (1909).

Considerando todos os sismos históricos e instrumentais registados, de acordo com os dados compilados e interpretados pelo Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG), as intensidades sísmicas terão atingido IX na área de estudo, de acordo com a escala de Mercalli modificada.

De acordo com o disposto na NP EN 1998-1: 2010 (EC8) e respetivo Anexo Nacional NA, devido à afetação simultânea do território com perturbações dinâmicas com origem interplaca e intraplaca, a área em análise localiza-se nas Zonas Sísmicas classificadas como 1.3 e 2.3, para a Ação Sísmica Tipo 1 e Ação Sísmica Tipo 2, respetivamente.

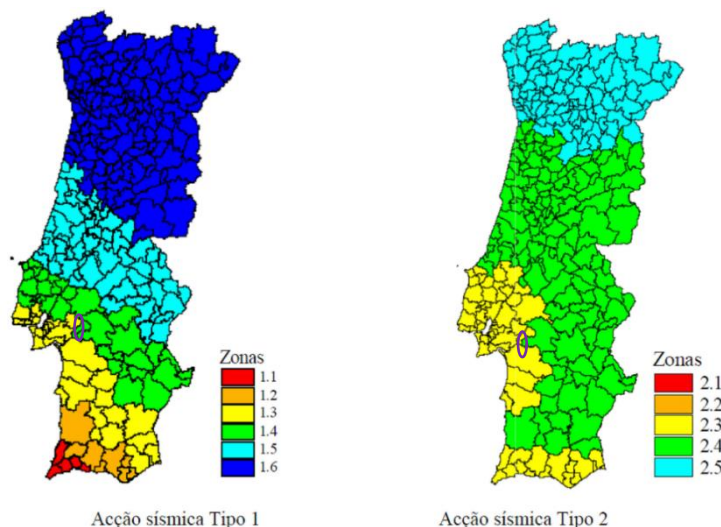


Figura 4 Zonamento Sísmico do Território Nacional de Acordo com o Anexo Nacional NA da NP EN 1998-1:2010

Os valores da aceleração máxima de referência de projeto, para cada uma das zonas sísmicas em função dos dois tipos de atividade sísmica a considerar, são os indicados na Tabela seguinte.

Ação Sísmica de Tipo 1 (distância)		Ação Sísmica de Tipo 2 (próximo)	
Zona Sísmica	$a_{gR} (m/s)^2$	Zona Sísmica	$a_{gR} (m/s)^2$
1.1	2.5	2.1	2.5
1.2	2.0	2.2	2.0
1.3	1.5	2.3	1.7
1.4	1.0	2.4	1.1
1.5	0.6	2.5	0.8
1,6	0.35	---	---

Tabela 8 Aceleração Máxima de Referência de Projeto  $a_{gR} (m/s^2)$  nas Várias Zonas Sísmicas

De acordo com este zonamento sísmico, os valores máximos de aceleração de referência a considerar na obra,  $a_{gR}$ , correspondentes a um período de retorno de 475 anos, são  $1,5 m/s^2$  (Zona Sísmica 1.3 e Ação Sísmica Tipo 1) e  $1,7 m/s^2$  (Zona Sísmica 2.3 e Ação Sísmica Tipo 2). De modo a ter em conta a influência das condições locais do terreno na ação sísmica, o EC8 considera os tipos de terreno indicados na Tabela seguinte, para definir os espectros de resposta elástica a utilizar em cada zona sísmica.

Relativamente ao tipo de solo, a EC8 recomenda a seguinte classificação.

Tipo de Solo	Descrição
A	Rocha ou outra formação geológica semelhante à rocha, incluindo, no máximo, 5 m de material mais fraco à superfície.
B	Depósitos de areia muito densa, cascalho ou argila muito rígida, com pelo menos várias dezenas de metros de espessura, caracterizados por um aumento gradual das propriedades mecânicas com a profundidade.
C	Depósitos profundos de areia densa ou medianamente densa, cascalho ou argila rígida com espessura de várias dezenas a muitas centenas de metros.

Tipo de Solo	Descrição
D	Depósitos de solo solto a médio sem coesão (com ou sem algumas camadas coesivas moles), ou de solo coesivo predominantemente mole a firme.
E	Perfil de solo constituído por uma camada de aluvião superficial com valores de $v_s$ do tipo C ou D e espessura variável entre cerca de 5 m e 20 m, subjacente a material mais rígido com $v_s > 800$ m/s.
S <sub>1</sub>	Depósitos constituídos, ou contendo uma camada com pelo menos 10 m de espessura, de argilas moles/siltos com um elevado índice de plasticidade ( $PI > 40$ ) e elevado teor de água.
S <sub>2</sub>	Depósitos de solos liquefactíveis, de argilas sensíveis ou de qualquer outro perfil de solo não incluído nos tipos A – E ou S <sub>1</sub> .

Tabela 9 Tipos de Solo por EC8

Cada tipo de solo é assim definido de forma mais rigorosa e a sua classificação pode ser baseada na velocidade da onda de cisalhamento,  $v_{s,30}$ , ou / e na contagem de golpes do ensaio de penetração padrão,  $N_{SPT}$ , ou / e na resistência ao cisalhamento não drenada,  $c_u$ , conforme apresentado na tabela abaixo.

Tipo de Solo	Parâmetros		
	$v_{s,30}$ (m/seg)	$N_{SPT}$ (sopros/30cm)	$c_u$ (kPa)
A	> 800	–	–
B	360 – 800	> 50	> 250
C	180 – 360	15 – 50	70 – 250
D	< 180	< 15	< 70

Tabela 10 Tipos de Solo por Parâmetros de Solo

Com base no que precede, e tendo em conta que a espessura do material mais fraco é superior a 5 m, o solo é classificado como sendo do tipo B.

## 7.4 Classe de Inspeção

De acordo com o Tabela G.1 do Anexo G, da norma NP EN 13670 – 1, as estruturas de betão do projeto são classificadas como Classe de Inspeção 3.

## 7.5 Classe de Fiabilidade

A Classe de Fiabilidade é definida de acordo com o anexo nacional da NP EN 1990. Tendo em conta que o trabalho final é da classe de consequência CC3, de acordo com a cláusula B.3.2 do Anexo B, a classe de fiabilidade RC3 é atribuída ao projeto.

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 os erros de conceção e de construção da estrutura, bem como os erros humanos grosseiros;
- e) outras medidas relacionadas com as seguintes questões de conceção:

- Requisitos gerais
- O grau de robustez (integridade estrutural);
- Durabilidade, incluindo a escolha do tempo de vida do projeto;
- A extensão e a qualidade dos estudos preliminares do solo e as possíveis influências ambientais;
- O rigor dos modelos mecânicos utilizados;
- Disposições construtivas.

Adicionalmente, tendo em conta a fixação da vida útil do projeto em 100 anos, o plano complementar de prospeção geológico-geotécnica 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, como a adoção de sistemas de impermeabilização, conjugadas com as especificações técnicas que integram as Cláusulas Técnicas do Caderno de Encargos, a classe de fiabilidade RC3 é igualmente garantida no que respeita ao cumprimento das medidas indicadas na alínea e) supra.

## 7.6 Categoria Geotécnica

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

Tendo em conta a definição das classes de consequências apresentadas na tabela B.1 da NP EN 1990, a Estação ECO é parte integrante de uma infraestrutura cujo colapso representa "consequências elevadas em termos de perda de vidas humanas; ou consequências económicas, sociais ou ambientais importantes" (CC3), considera-se também que o grau de complexidade do projeto geotécnico é elevado. Assim, para uma classe de consequências CC2, para uma complexidade de projeto geotécnico média, é atribuída à Estação ECO a Categoria Geotécnica 3 (CG3).

## 7.7 Estanquidade das Estruturas Subterrâneas

### 7.7.1 Estações Subterrâneas

Os critérios de desempenho de fugas em estações subterrâneas correspondem à classe 2 das Specifications for Tunnelling (BTS, 2010), complementadas pelas recomendações da STUVA (Studiengesellschaft für TUnnel und VerkehrsAnlagen – Research Association for Tunnels and Traffic Facilities) (Haack, 1991(2)) para a mesma classe.

O sistema de impermeabilização garante que a superfície interior permanece essencialmente seca, permitindo apenas manchas ocasionais de humidade e pequenos pontos de humidade isolados. O contacto manual seco com o remendo não deve detetar água à superfície. De igual modo, um papel colocado sobre o remendo não deve ficar descolorido devido à absorção de água.

Este requisito limita o afluxo médio (espacial) diário de água a 0,1 litros/m<sup>2</sup> em secções com um comprimento de referência de 10 m e a 0,05 litros/m<sup>2</sup> em secções com um comprimento de referência de 100m. Para a aplicação do primeiro limite, as secções de 10 m devem ser periódicas.

A fim de limitar os defeitos do sistema de impermeabilização e os trabalhos de reparação, será efetuada uma compartimentação transversal e, se necessário, longitudinal do sistema de impermeabilização. A área máxima de cada compartimento será de 360m<sup>2</sup>. A compartimentação transversal será efetuada através da solidificação de perfis flexíveis extrudidos à membrana de impermeabilização ao longo do perímetro dos túneis. Para a eventual compartimentação longitudinal, em troços localizados, os perfis serão colocados segundo o eixo da galeria num alinhamento superior (abóbada) e em alinhamentos inferiores (juntas de betão no início dos varões). No poço principal, serão também aplicados os princípios acima enunciados relativamente à compartimentação do sistema de impermeabilização com as necessárias adaptações.

### 7.7.2 Requisitos Legais de Proteção das Águas Subterrâneas

Como regra geral, a Lei de Proteção da Água exige que os níveis de água subsuperficiais sejam mantidos e que as águas subterrâneas não sejam contaminadas; uma consequência direta do cumprimento dos requisitos acima mencionados é que o rebaixamento permanente do lençol freático não é permitido sempre que possível.

Assim, qualquer desvio de águas subterrâneas deve ser limitado ao período de construção e os volumes desviados devem ser limitados, a fim de garantir a recuperação total do nível inicial das águas subterrâneas.



## 8 METODOLOGIA DE CONCEÇÃO DE ESTRUTURAS TEMPORÁRIAS

### 8.1 Escavação e Apoio Inicial

A escavação e o apoio inicial durante a fase de Anteprojeto devem ser verificados:

- por análises numéricas de elementos finitos elasto-plásticos bidimensionais para as várias geometrias dos túneis e classes de apoio com o software PLAXIS 2D, ou similar, e
- por análises numéricas tridimensionais de elementos finitos elasto-plásticos para o poço de acesso com o software PLAXIS 3D, ou similar.

A partir das análises acima mencionadas, serão inicialmente estimadas as forças e as tensões internas dos vários elementos de apoio, bem como as convergências das secções e os deslocamentos na superfície do solo.

Durante a fase de projeto pormenorizado, a adequação das medidas de apoio nas zonas das ligações/junções dos vários túneis será verificada através de análises numéricas tridimensionais mais elaboradas de elementos finitos elasto-plásticos. Os resultados das análises tridimensionais acima mencionadas serão também utilizados para a estimativa dos deslocamentos na superfície do solo. Durante a fase de projeto pormenorizado, será igualmente verificada a estabilidade da face do túnel.

O projeto geotécnico e estrutural da obra deve ser realizado de acordo com as normas do Eurocódigo. As combinações de cargas no Estado Limite Último devem ser as indicadas no §6.4.3.2 da NP EN 1990.

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_G \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Onde,
- $E_d$  é o valor de projeto do efeito das ações,
  - $\gamma_G$  é o fator parcial para as ações permanentes, que também tem em conta as incertezas do modelo e as variações dimensionais,
  - $G_{k,j}$  é o valor característico da ação permanente  $j$ ,
  - $\gamma_{Q,1}$  é o fator parcial para a ação da variável principal 1,
  - $Q_{k,1}$  é o valor característico da ação da variável principal 1,
  - $\gamma_{Q,i}$  é o fator parcial para a variável de acompanhamento da ação  $i$ ,
  - $\psi_{0,i}$  é o fator de combinação do valor de uma ação variável  $i$
  - $Q_{k,i}$  é o valor característico da variável de acompanhamento da ação  $i$ .

As combinações de cargas no estado limite de utilização devem ser as indicadas no §6.5.3 da NP EN 1990.

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 2} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

- Onde,
- $E_d$  é o valor de projeto do efeito das ações,
  - $G_{k,j}$  é o valor característico da ação permanente  $j$ ,
  - $\psi_{2,i}$  é o fator para o valor quase permanente de uma ação variável  $i$
  - $Q_{k,i}$  é o valor característico da ação complementar variável  $i$

Na tabela seguinte, são resumidos os valores dos fatores  $\psi$ .

Tabela 1 – Valores dos Fatores da Variável Ações

$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
0.70	0.50	0.30

De acordo com o respetivo anexo nacional, é adotada a abordagem de projeto 1 da norma EN 1997-1 com as seguintes combinações de conjuntos de coeficientes parciais de segurança:

Combinação DA 1-1: A1 "+" M1 "+" R1

Combinação DA 1-2: A2 "+" M2 "+" R1

De acordo com o respetivo anexo nacional para a abordagem de projeto 1, devem ser considerados os seguintes fatores de resistência parcial

		Combinação 1	Combinação 2
Ação	Permanente Desfavorável, $\gamma_G$	1.35	1.00
	Permanente Favorável, $\gamma_G$	1.00	1.00
	Variável Desfavorável, $\gamma_Q$	1.50	1.30
	Variável Favorável, $\gamma_Q$	0.00	0.00
Parâmetros do Solo	Ângulo de atrito interno, $\tan\phi'$ , $\gamma_{\phi'}$	1.00	1.25
	Coesão efectiva, $c'$ , $\gamma_{c'}$	1.00	1.25
	Resistência ao corte não drenada, $c_u$ , $\gamma_{c_u}$	1.00	1.40
	Densidade do peso, $\gamma$ , $\gamma_\gamma$	1.00	1.00
Ancoragens pré-Esforçadas	Temporário, $\gamma_{a,t}$ & Permanente $\gamma_{a,p}$	1.10	1.10
Estruturas de Retenção	Resistência à terra $\gamma_{R,e}$	1.00	1.00

Tabela 11 Fatores Parciais

Para o estado limite último, devem ser considerados os seguintes fatores parciais para os materiais de construção:

- Betão,  $\gamma_C = 1,50$  e
- Aço,  $\gamma_S = 1,15$ .

Para a aplicação da Combinação da Abordagem de Projeto DA 1-1, os efeitos da ação/ação são tidos em conta, enquanto os parâmetros do solo não são tidos em conta. A Combinação de Abordagem de Projeto DA 1-2 requer que os parâmetros do solo sejam faturados.

## 9 CONCEÇÃO ESTRUTURAL DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS

### 9.1 Estruturas Permanentes Externas

O revestimento definitivo externo da Estação Principal é construído após a execução das estruturas de apoio primário. Os apoios primários são construídos na fase de escavação e destinam-se à sustentação provisória do túnel.

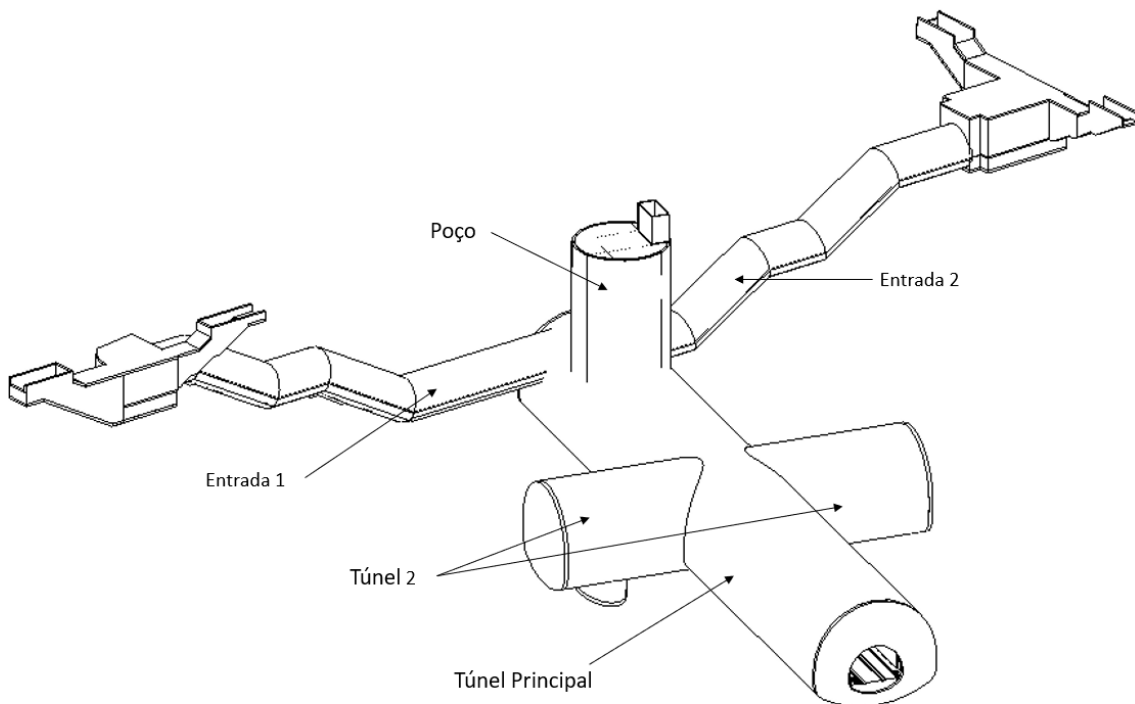


Figura 5. Vista em Planta 3D da estação

O revestimento definitivo do Túnel Principal é constituído por uma secção com 0.50m de espessura no coroamento e 0.70m de espessura no “invert”. Nas intersecções do Túnel Principal com o Túnel 2 (Túneis Transversais) e com o Poço, é efetuado um aumento local de espessura de 0,20m no revestimento definitivo.

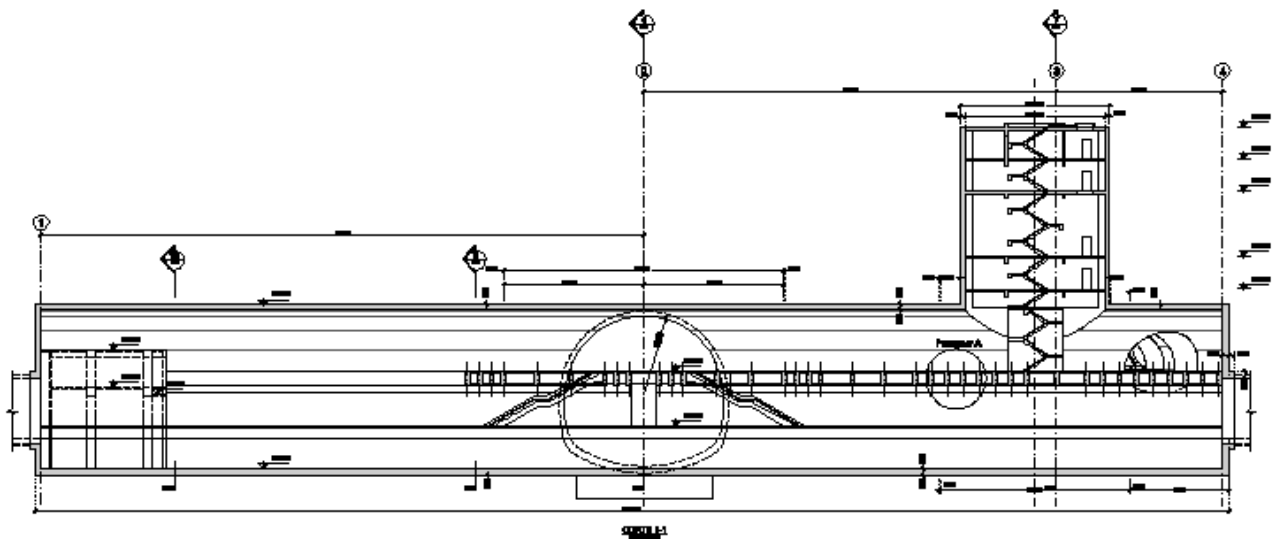


Figura 6. Secção Longitudinal da Estação

A secção transversal do túnel principal é apresentada na figura seguinte.

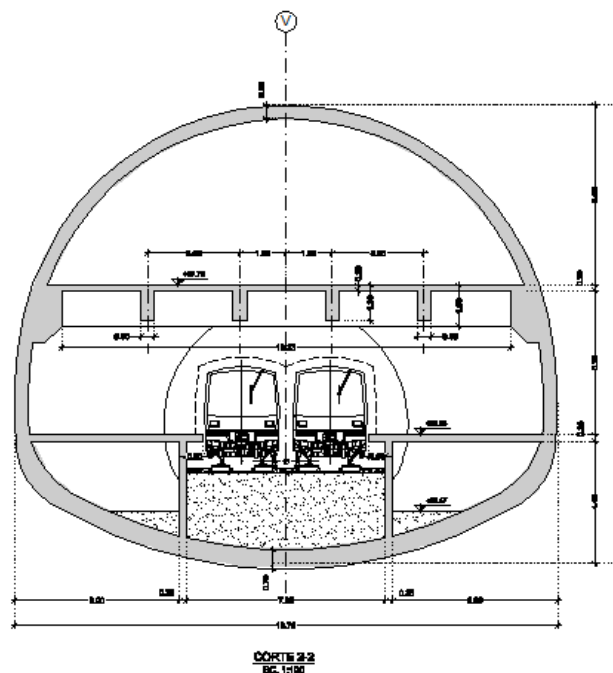


Figura 7. Secção Transversal do Túnel

O revestimento definitivo do Túnel 2 (Túneis Transversais) consiste numa secção com 0,50m de espessura no coroamento e 0,70m de espessura no “invert”. Na intersecção do túnel 2 com o túnel principal, é efetuado um aumento de espessura local de 0,20 m. A secção transversal do túnel 2 é apresentada na figura seguinte.

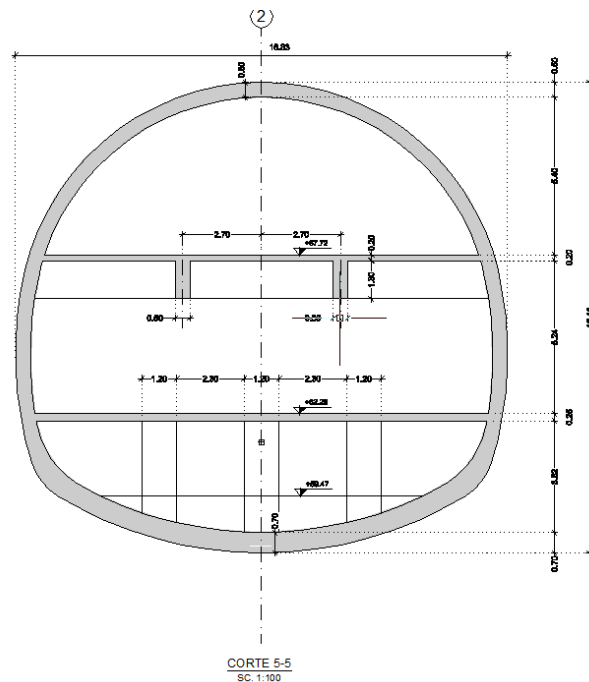


Figura 8. Secção Transversal do Túnel 2

O revestimento definitivo do Poço é constituído por uma secção circular em anel com 14m de diâmetro interior e 0,20m de espessura. Na intersecção do Poço com o Túnel Principal é efetuado um aumento de espessura de 0,20m, suportado pelas paredes interiores e pelo anel circular do revestimento definitivo. A secção do poço é apresentada na figura seguinte.

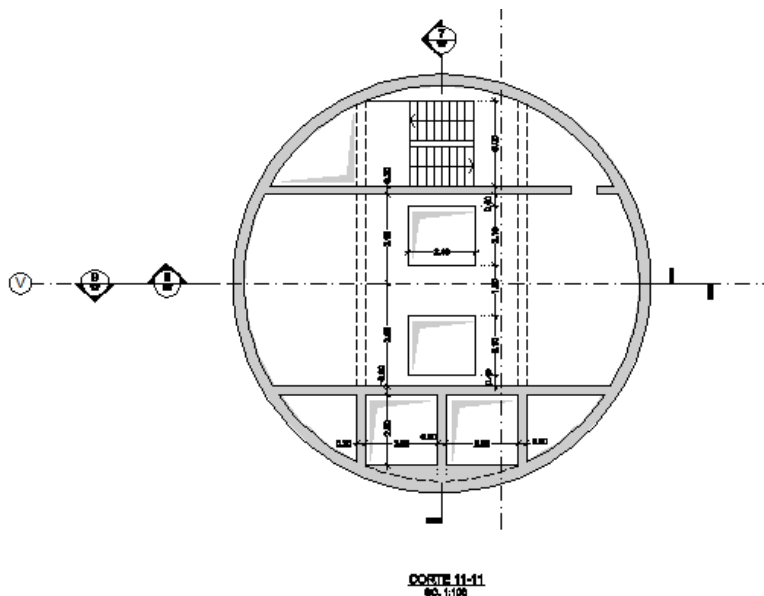


Figura 9 Secção Transversal do Poço Principal

O revestimento definitivo das entradas na zona NATM é constituído por uma secção circular de 0,25 m de espessura. A secção das entradas é apresentada na figura seguinte.

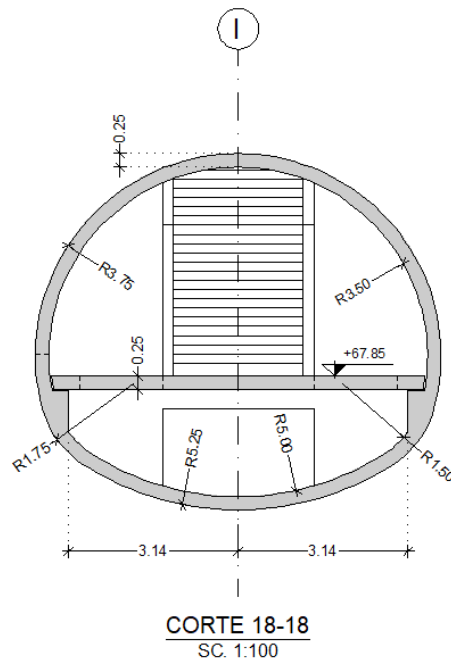


Figura 10. Secção Transversal da Entrada

## 9.2 Estruturas Definitivas Interiores

As estruturas interiores do túnel principal e do túnel 2 (túneis transversais) são constituídas pelas lajes da plataforma e do átrio.

A plataforma é constituída por uma laje de 0,25 m de espessura suportada por paredes (paredes da subplataforma) de 0,25 m de espessura. As paredes da plataforma inferior são ligadas ao revestimento definitivo da estação principal. Na extremidade norte do túnel principal existem ainda duas salas, de cada lado da linha. A vista em planta da laje da plataforma é apresentada na figura seguinte.



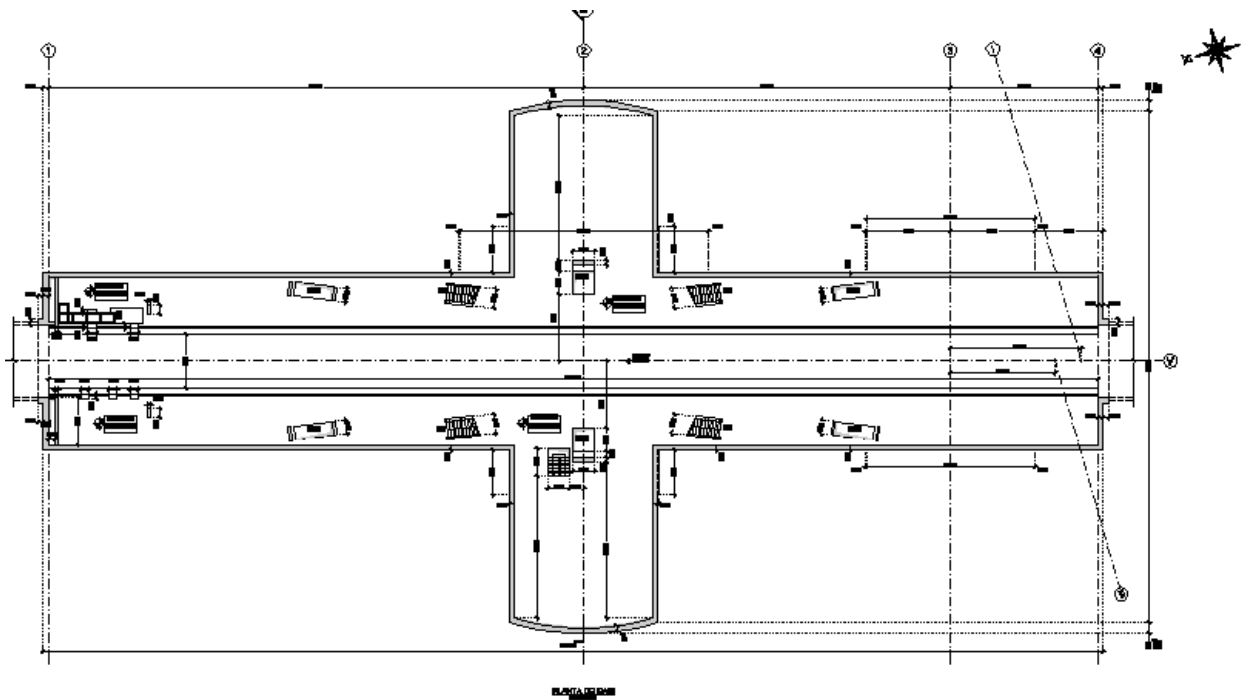


Figura 11. Planta do Piso do Cais

A piso do átrio é constituída por uma laje extensa de 0,20 m de espessura suportada por vigas de 0,50 m \* 1,50 m. O vão entre as vigas é variável. A vista em planta do piso do átrio é apresentada na figura seguinte.

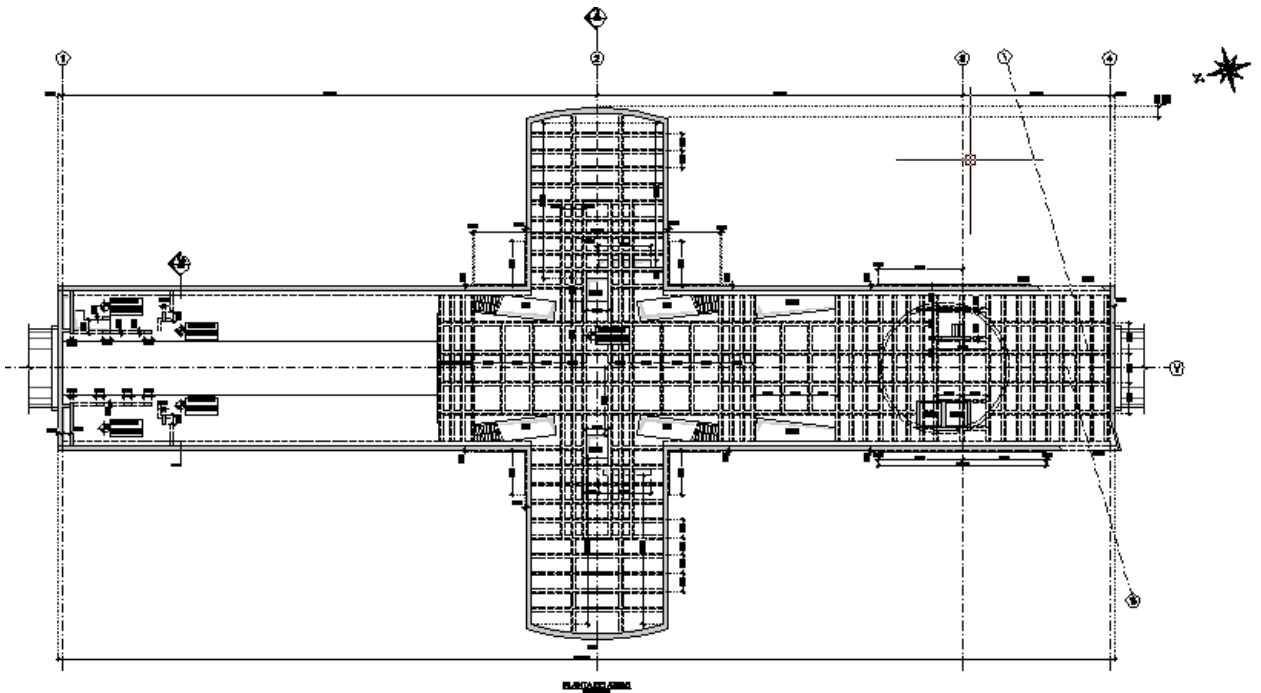


Figura 12. Planta do Átrio

As estruturas interiores do Poço são constituídas por quatro lajes interiores acima do coroamento do Túnel Principal e uma laje ao nível do solo. As lajes das quatro lajes interiores têm o mesmo sistema estrutural, 0,20m de espessura, e são suportadas por vigas de 0,30m \* 0,60m. A laje ao nível do solo tem uma espessura de 0.20m. A secção do poço é apresentada na figura abaixo.

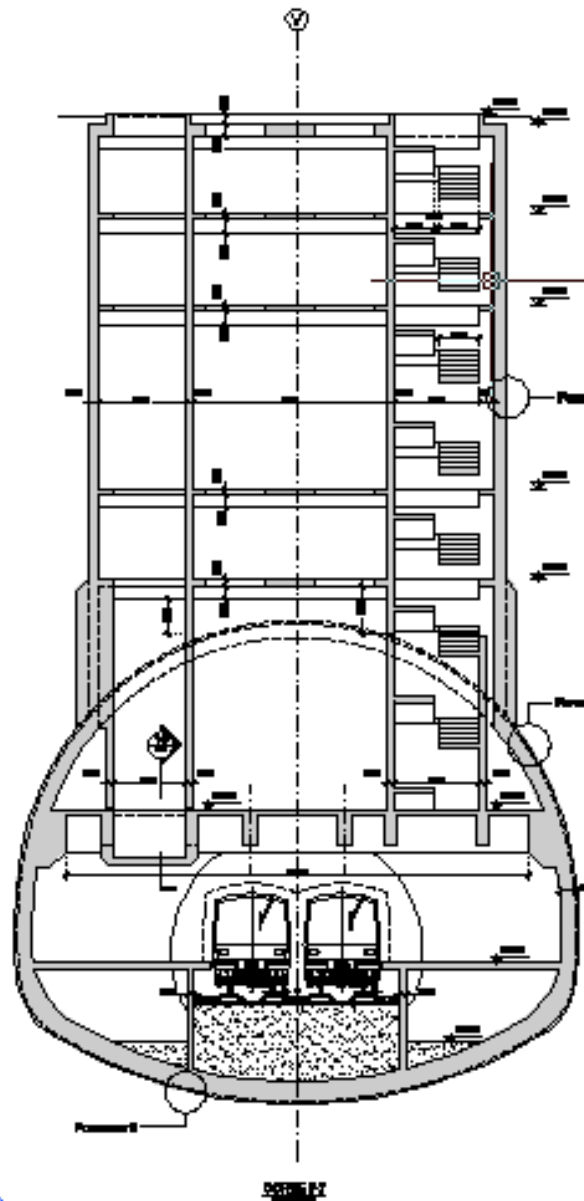


Figura 13 . Corte Transversal ao Túnel do Cais na Zona do Poço Principal