Areia Hostun-RF, σ_c = 300 kPa

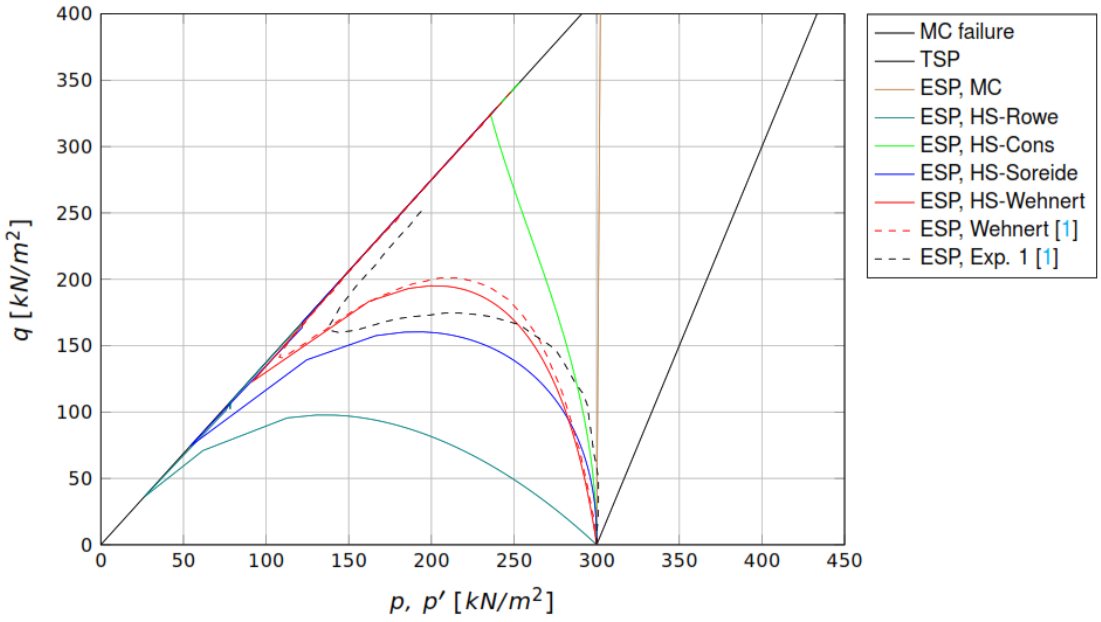


Figura 61 – Curvas do percurso de tensão efetiva (q / p)

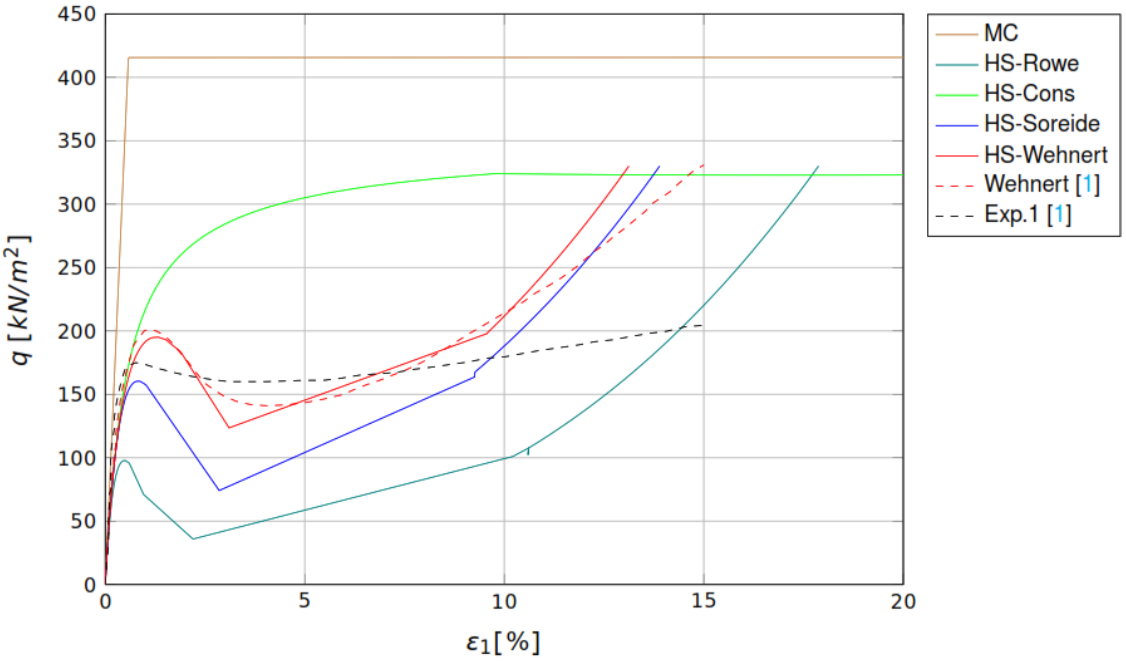


Figura 62 – Curvas de tensão desviadora / deformação axial (q / ε)

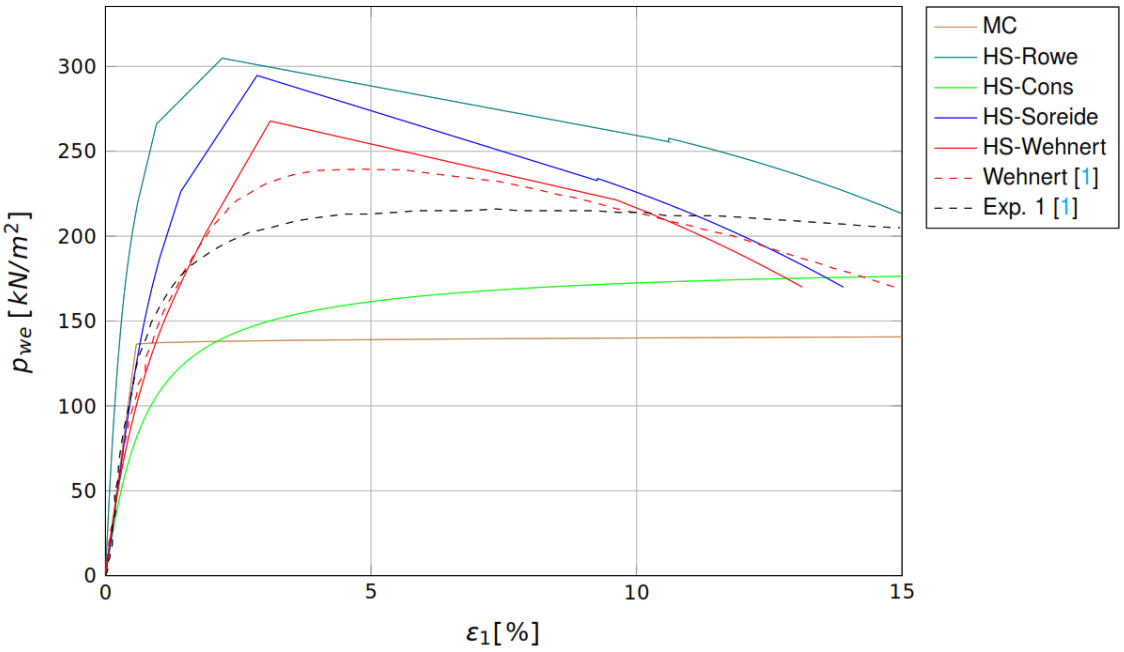


Figura 63 – Curvas de pressão excessiva de poros / deformação axial (p_e / ε_1)

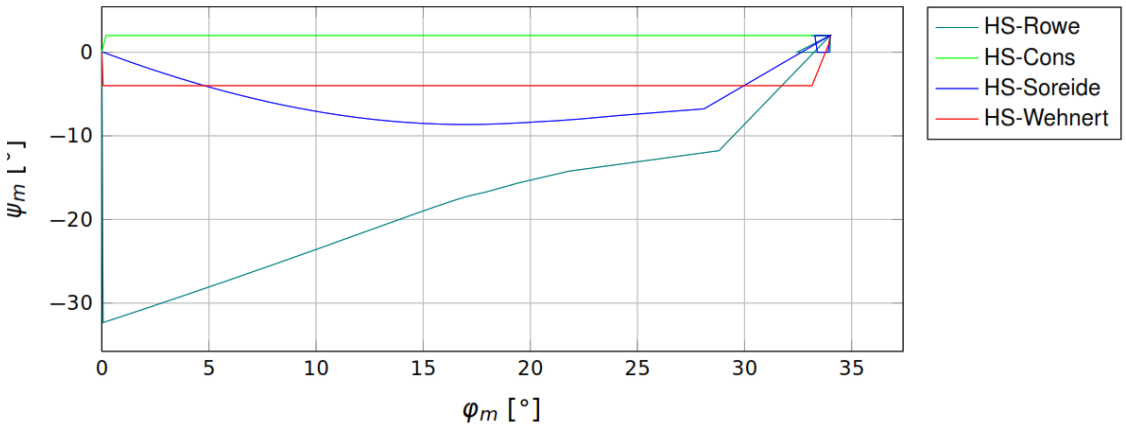


Figura 64 – Curvas do ângulo de dilatância mobilizado / ângulo de atrito (ψ_m / ϕ_m)

1.5.4 Conclusão

Este exemplo, referente ao teste triaxial não drenado consolidado de um solo arenoso solto, verifica que o modelo de material de Solo Hardening Soil, em combinação com uma escolha apropriada dos parâmetros do modelo e do modelo de dilatância, é capaz de capturar

características importantes do comportamento do solo não drenado. Os resultados numéricos estão em boa concordância com a solução de referência fornecida por Wehnert [1].

1.5.5 Referências

[1] M. Wehnert. Ein Beistrag zur dreainerten und undrainerten Analyse in der Geotechnik. Institut fur Geotechnik, Universit¨at Stuttgart: P. A. Vermeer, 2006.

[2] P.W. Rowe. “The stress-dilatancy relation for static equilibrium of an assembly of particles in contact”. In: Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences 269.1339 (1962), pp. 500–527.

[3] Benchmark Example No. 48 - Triaxial Consolidated Undrained (CU) Test. SOFiSTiK AG. Oberschleißheim, Alemanha, 2024.

1.6 Caso de estudo 5 – Teste Triaxial Drenado

1.6.1 Descrição do Problema

Neste exemplo, um teste triaxial drenado (D) em areia solta Hostun-RF é simulado. A amostra é submetida a diferentes níveis de tensões confinantes triaxiais e os resultados são comparados aos dos testes experimentais e simulações numéricas, conforme descrito por Wehnert [1].

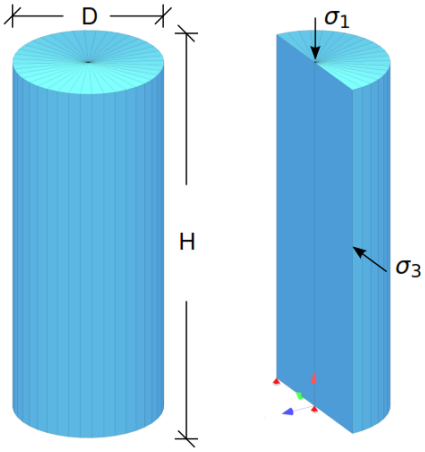


Figura 65 – Descrição do problema estudado

1.6.2 Exemplo de Referência

Neste exemplo, são utilizados dois modelos de solo, o modelo de Mohr-Coulomb (MC) e o modelo Hardening Soil (HS) com configurações de dilatância diferentes. Os detalhes sobre esses dois modelos estão descritos no caso de estudo 4.

1.6.3 Modelo e Resultados

As propriedades do modelo são apresentadas na Tabela seguinte. São considerados dois modelos de material: o Mohr-Coulomb e Hardening Soil, que é combinado com os diferentes modelos de dilatância conforme descrito nas formulações apresentadas anteriormente no caso de estudo 4.

A análise é realizada usando um modelo axissimétrico. São considerados dois níveis de tensão confinante, σ_c = 200kPa e σ_c = 300 kPa. O teste triaxial drenado na areia solta Hostun-RF é usado como referência. Mais informações sobre a areia Hostun-RF podem ser encontradas em Wehnert [1] e caso de estudo 4.

Tabela 28 – Propriedades do modelo

Material		Geometry	Loading
$E = 60.0\ MN/m^2$	$E_{s,ref} = 16.0\ MN/m^2$	$H = 0.09\ m$	Phase I:
$\nu_{ur} = 0.25$	$E_{50,ref} = 12.0\ MN/m^2$	$D = 0.036\ m$	$\sigma_1 = \sigma_3 = \sigma_c =$
$\gamma = 0.0\ MN/m^3$	$m = 0.75$		$= 100,300\ kPa$
$c' = 0.01\ kN/m^2$	$R_f = 0.9$		Phase II:
$\varphi' = 34°$	$K_0 = 0.44$		$\sigma_3 = \sigma_c = 100,300\ kPa$
$\psi = 2°$	$B = 0.9832$		$\sigma_1 = \sigma_a > \sigma_c$
$\psi_0 = -4°$			

Os resultados, calculados pelo SOFiSTiK, são apresentados nas Figuras seguintes (MC, HS-Rowe, HS-Cons, HS-Soreide e HS-Wehnert). As Figuras também incluem os resultados das simulações numéricas e dos testes experimentais de Wehnert [1] (Wehnert, Exp. 1 e Exp. 2). Em um diagrama p−q, além dos caminhos de tensão efetiva (ESP), são exibidos os caminhos de tensão total (TSP) e a condição de rotura de Mohr-Coulomb (MC failure) com base nos parâmetros de corte usados, c' e ϕ'.

Se analisarmos primeiro as curvas de referência de Wehnert [1], notamos que a concordância entre a simulação numérica e os testes experimentais é bastante boa.

Comparando os resultados do SOFiSTiK para o modelo HS com o modelo de dilatância de acordo com Wehnert (HS-Wehnert) com os resultados numéricos de referência de Wehnert [1], podemos notar que os caminhos de tensão p−q são capturados exatamente para ambos os níveis de tensão σ_c. Da mesma forma, a curva de tensão desviadora q versus a deformação axial ε_1 ajusta-se muito bem aos resultados de referência. No caso das curvas de deformação, algumas discrepâncias nos resultados são identificadas e parece que o modelo de dilatância de Soreide apresenta melhor concordância com os resultados da simulação de Wehnert.

Areia Hostun-RF, σ_c = 200 kPa

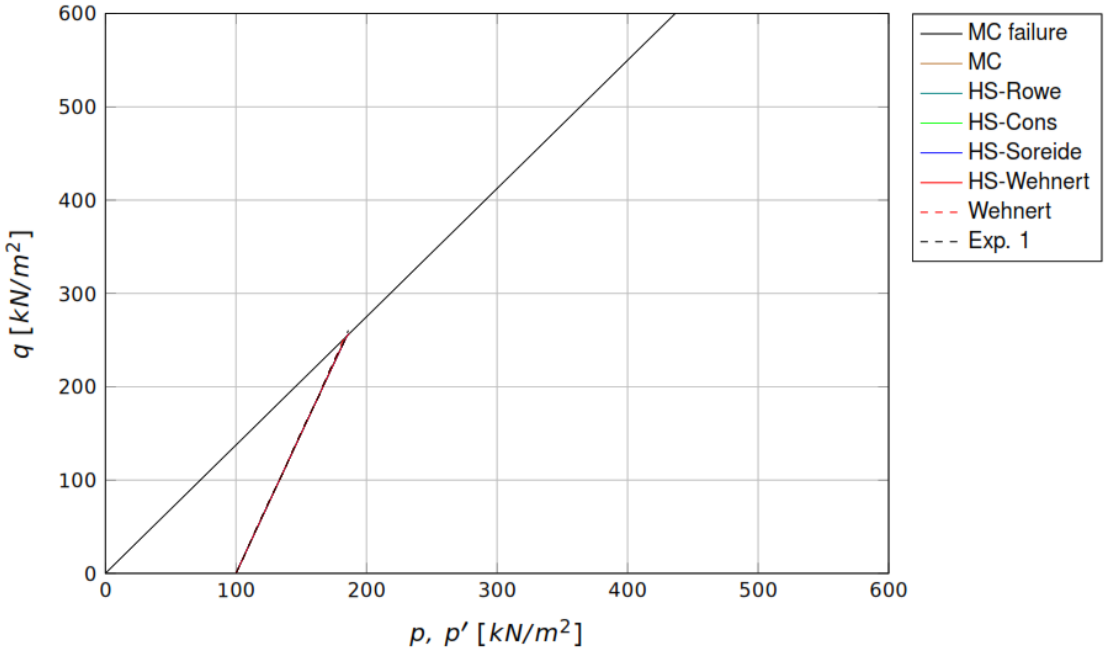


Figura 66 – Curvas de tensão efetiva (q / p)

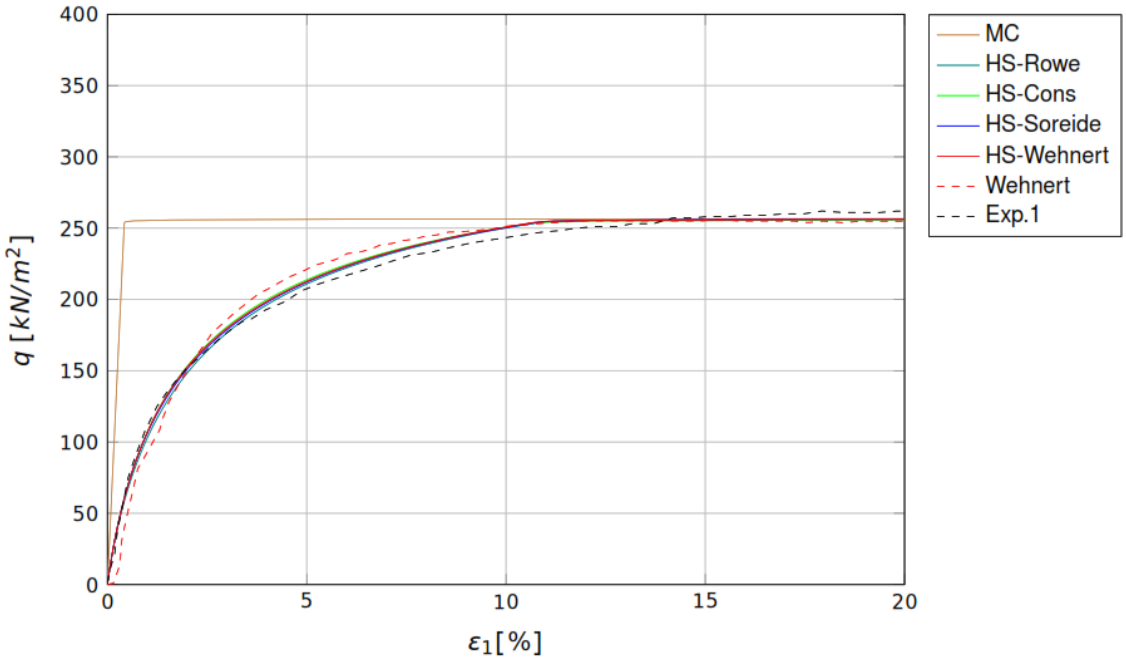


Figura 67 – Curvas de tensão desviadora / deformação axial (q / ε_1)

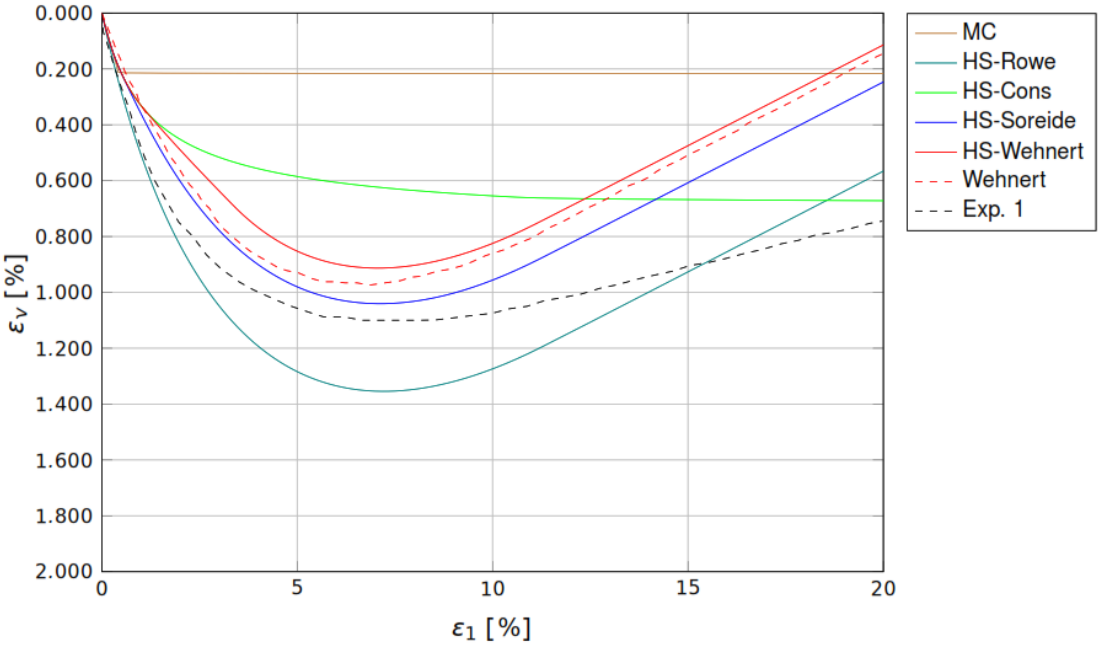


Figura 68 – Extensões volumétricas / extensões axiais (ε_V / ε_1)

Areia Hostun-RF, σ_c = 300 kPa

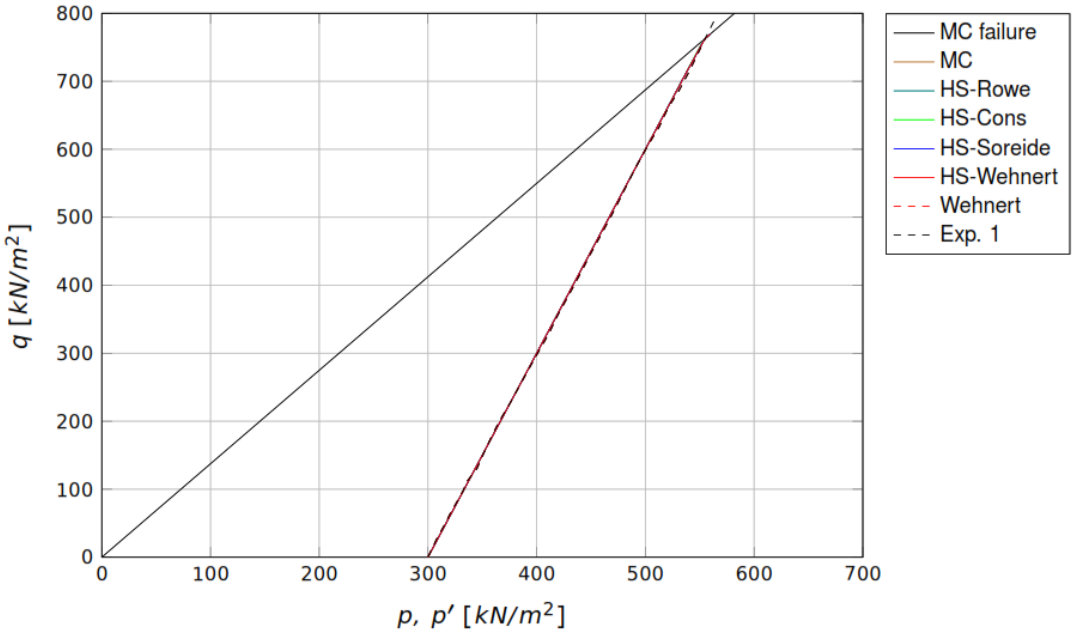


Figura 69 – Curvas do percurso de tensão efetiva (q / p)

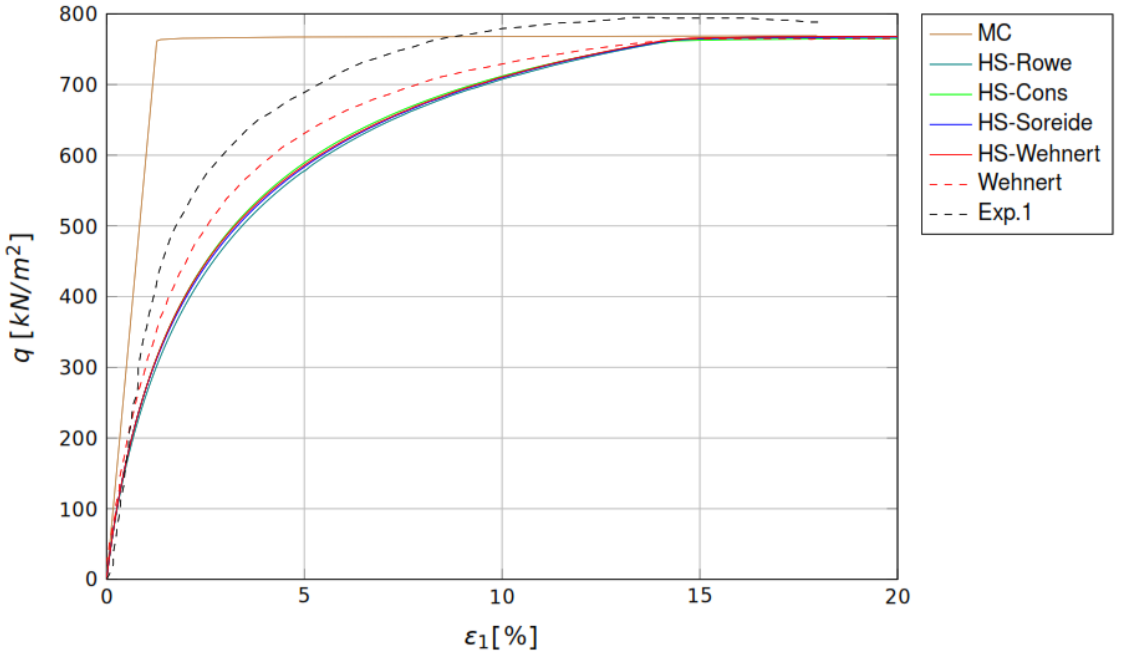


Figura 70 – Curvas de tensão desviadora / deformação axial (q / ε)

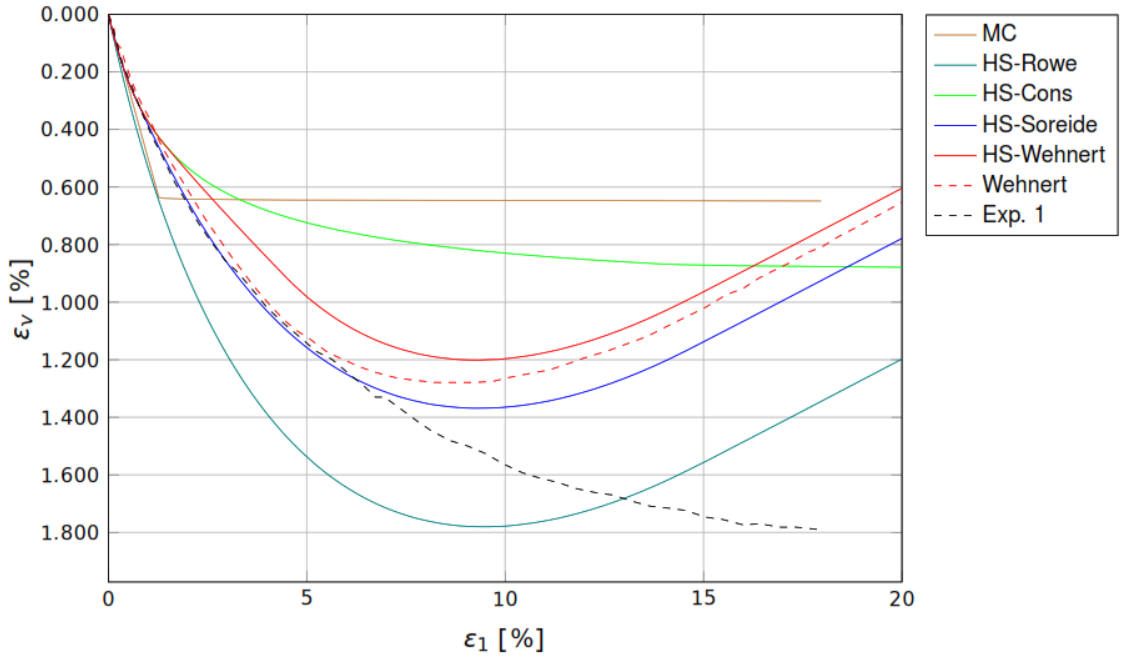


Figura 71 – Extensões volumétricas / extensões axiais (ε_V / ε_1)

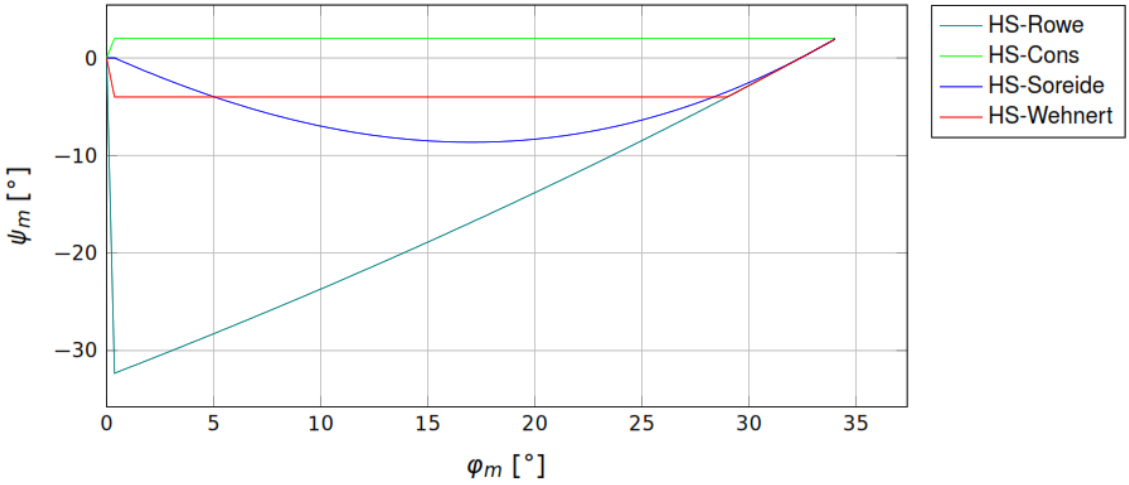


Figura 72 – Curvas do ângulo de dilatância mobilizado / ângulo de atrito (ψ_m / ϕ_m)

1.6.4 Conclusão

Este exemplo, referente ao teste triaxial drenado consolidado de um solo arenoso solto, verifica que o modelo de material de Solo Hardening Soil, em combinação com uma escolha apropriada dos parâmetros do modelo e do modelo de dilatância, é capaz de capturar características importantes do comportamento do solo não drenado. Os resultados numéricos estão em boa concordância com a solução de referência fornecida por Wehnert [1].

Este exemplo, referente ao teste triaxial de um solo arenoso solto consolidado não drenado, verifica que os resultados obtidos pelo modelo de material de Solo Hardening Soil com um limite na dilatância estão em boa concordância com a solução fornecida por Wehnert [1].

1.6.5 Referências

[1] M. Wehnert. Ein Beistrag zur dreainerten und undrainerten Analyse in der Geotechnik. Institut fur Geotechnik, Universit¨at Stuttgart: P. A. Vermeer, 2006.

[2] Benchmark Example No. 49 - Triaxial Consolidated Drained Test. SOFiSTiK AG. Oberschleißheim, Alemanha, 2024.

1.7 Caso de estudo 6 – Estabilidade de um talude

1.7.1 Descrição do Problema

Neste caso de estudo, a estabilidade de um aterro, conforme mostrado na Figura seguinte, é calculada por meio de uma redução de ϕ e c. O fator de segurança e a sua correspondente superfície de deslizamento são verificados.

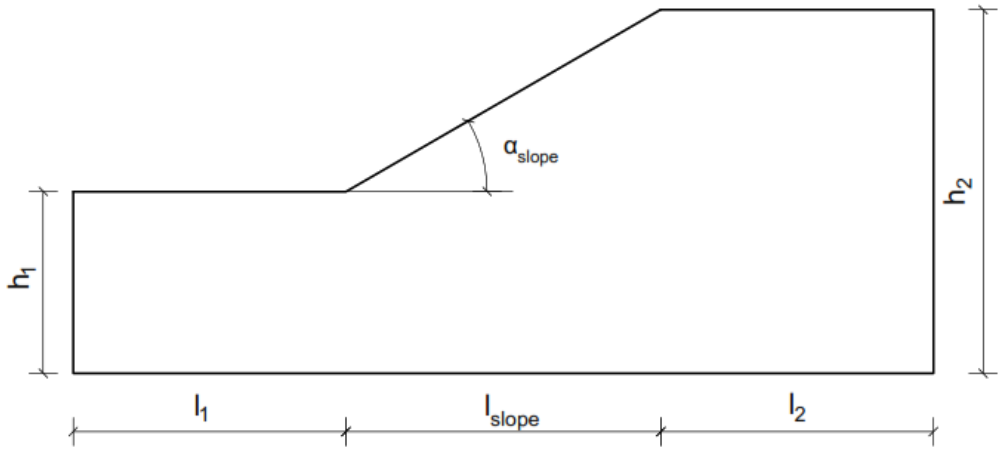


Figura 73 – Descrição do problema estudado

1.7.2 Exemplo de Referência

O problema clássico da análise de estabilidade de taludes envolve a investigação do equilíbrio de uma massa de solo delimitada abaixo por uma superfície de deslizamento potencial assumida e acima pela superfície do talude. Forças e momentos que tendem a causar a instabilidade da massa são comparados àqueles que tendem a resistir à instabilidade. A maioria dos procedimentos assume uma seção transversal bidimensional e condições de deformação plana para análise. Sucessivas hipóteses são realizadas em relação à superfície de deslizamento potencial até que a superfície crítica, ou seja, o menor fator de segurança, seja encontrada. Se a resistência ao corte do solo ao longo da superfície de deslizamento exceder a necessária para proporcionar o equilíbrio, a massa é estável. Se a resistência ao corte for insuficiente, a massa é instável. A estabilidade da massa depende do seu peso, das forças externas atuantes, das resistências ao corte e das pressões de água nos poros ao longo da superfície de deslizamento, e da resistência de qualquer reforço interno que cruze as superfícies de deslizamento potenciais. O fator de segurança é definido em relação à resistência ao corte do solo como a razão entre a resistência ao corte disponível e a resistência ao corte necessária para o equilíbrio [1]:

FS = Resistência ao corte existente / Tensão de corte de equilíbrio

A definição de segurança segundo FELLENIUS baseia-se na investigação da resistência ao corte do material no estado limite do sistema, ou seja, a resistência ao corte que leva à rotura do sistema. Seguindo essa noção, no SOFiSTiK, os fatores de segurança de acordo com a redução de ϕ e c são definidos como o rácio entre a resistência ao corte disponível e a resistência ao corte mobilizada no estado limite do sistema [2]:

$$\eta_\phi = \frac{\tan \phi_{inp}}{\tan \phi_{lim}}$$

$$\eta_c = \frac{c_{inp}}{c_{lim}}$$

onde c é a coesão e ϕ o ângulo de atrito. A análise de estabilidade por redução de ϕ e c baseia-se numa redução incremental da resistência ao corte, adotando um aumento sincronizado dos fatores de segurança $\eta\phi$=ηc. A segurança η alcançada na rotura do sistema representa a segurança computacional contra a rotura de estabilidade.

A solução de referência [3] baseia-se na formulação por elementos finitos dos teoremas do limite superior e inferior da plasticidade. Assim, a análise de limite por elementos finitos (FELA) fornece uma boa referência para o método de redução de resistência, pois estabelece estimativas de limite superior e inferior para o verdadeiro limite de estabilidade.

1.7.3 Modelo e Resultados

As propriedades do modelo são apresentadas na Tabela seguinte. O talude de aterro tem uma altura de de 10 m e um ângulo de 30°. As tensões iniciais são geradas usando carga gravítica in-situ. Em seguida, o aterro é submetido à redução de ϕ e c. Assumem-se condições de deformação plana.

Tabela 29 – Propriedades do modelo

Material Properties	Geometric Properties
$E = 20000\, kN/m^2$, $\nu = 0.3$	$h_1 = 20.0\, m$
$\gamma = 19\, kN/m^3$	$h_2 = 10.0\, m$
$\phi = 25°$, $\psi = 25°$	$l_1 = l_2 = 15.0\, m$
$c = 20\, kN/m^2$	$\alpha_{slope} = 30°$, $l_{slope} = 17.321\, m$

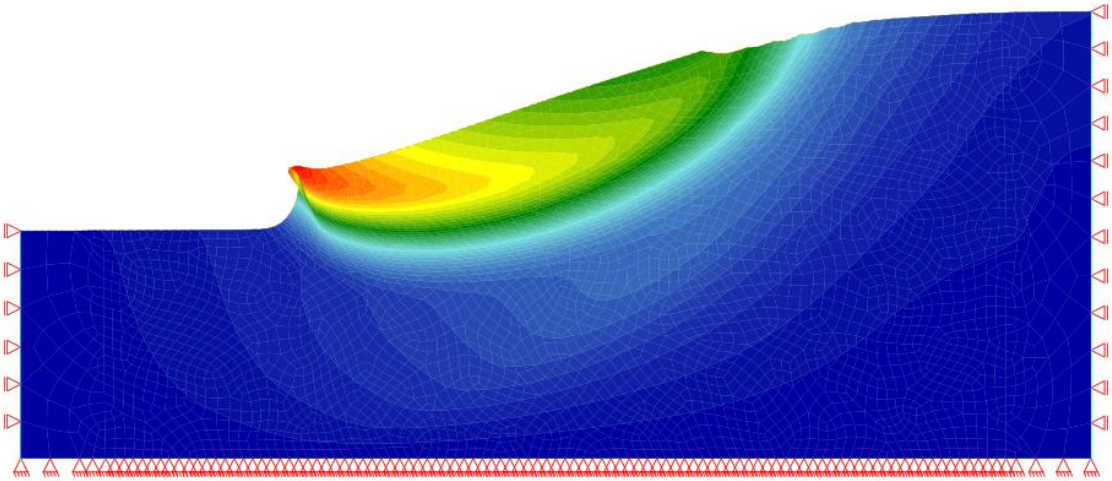


Figura 74 – Deslocamentos nodais para o fator de segurança obtido com a análise de redução de ϕ e c.

A Figura anterior apresenta o deslocamento nodal como uma distribuição vetorial para o fator de segurança obtido com a análise de redução de ϕ e c. Além disso, a correspondente deformação plástica desviadora é mostrada na Figura seguinte. O fator de segurança calculado é comparado com a solução de referência [3] na Tabela seguinte, ou seja, com os resultados da análise de limite por elementos finitos (FELA) de limite inferior e superior. Adicionalmente, o fator de segurança calculado a partir da análise de redução de ϕ e c é apresentado na Figura seguinte como uma função do deslocamento nodal na direção x para o nó no topo do talude.

Tabela 30 – Fator de Segurança (FS) – calculado e valores de referência de acordo com o estudo [3]

SOFiSTiK FEM	$FELA_{lower\ bound}$	$FELA_{upper\ bound}$
2.00	1.97	2.01

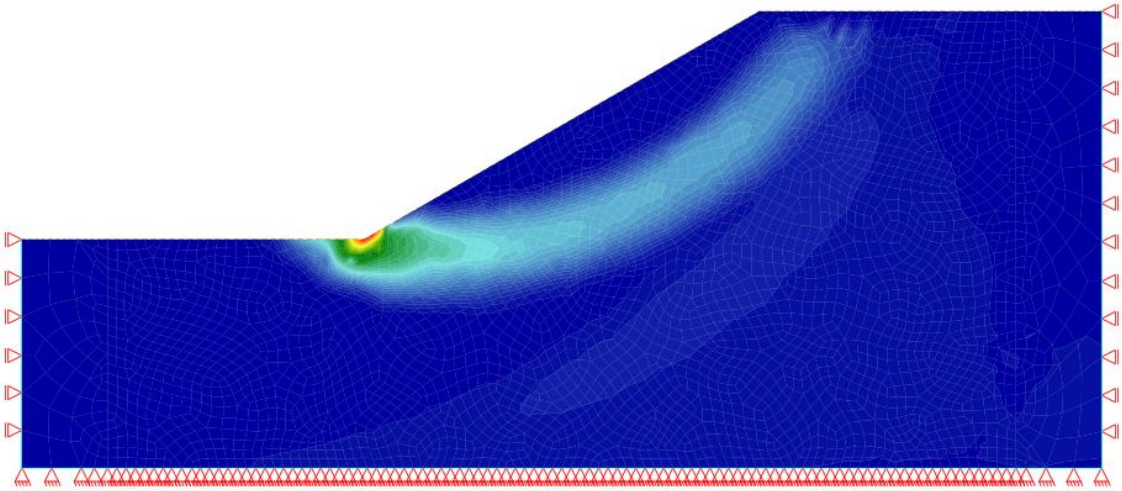


Figura 75 – Deformação plástica desviadora, para o fator de segurança obtido com a análise de redução de ϕ e c.

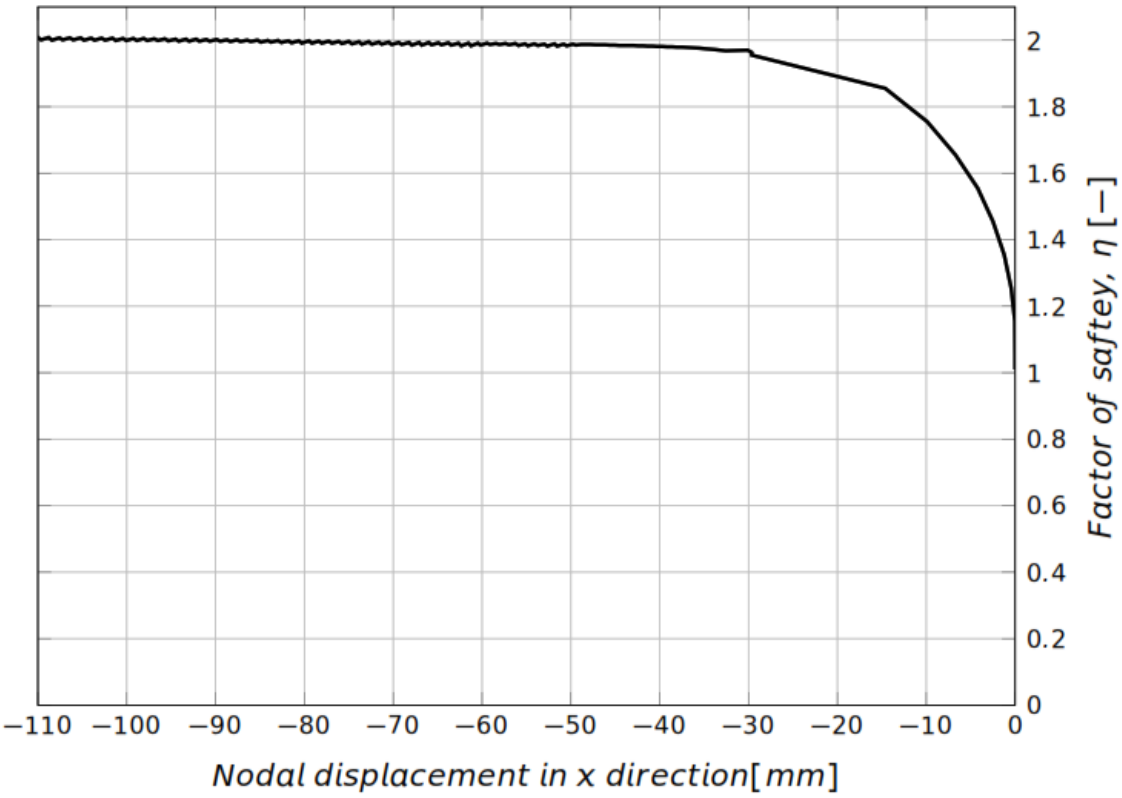


Figura 76 – Deslocamentos nodais na direção X em mm.

1.7.4 Conclusão

Este exemplo verifica a estabilidade de uma massa de solo e a determinação do fator de segurança. O fator de segurança calculado, obtido pelo método de redução de ϕ e c, é comparado aos resultados da análise de limite por elementos finitos e demonstra-se que o comportamento do modelo é capturado com precisão.

1.7.5 Referências

[1] USACE Engineering and Design: Slope Stability. USACE. 2003.

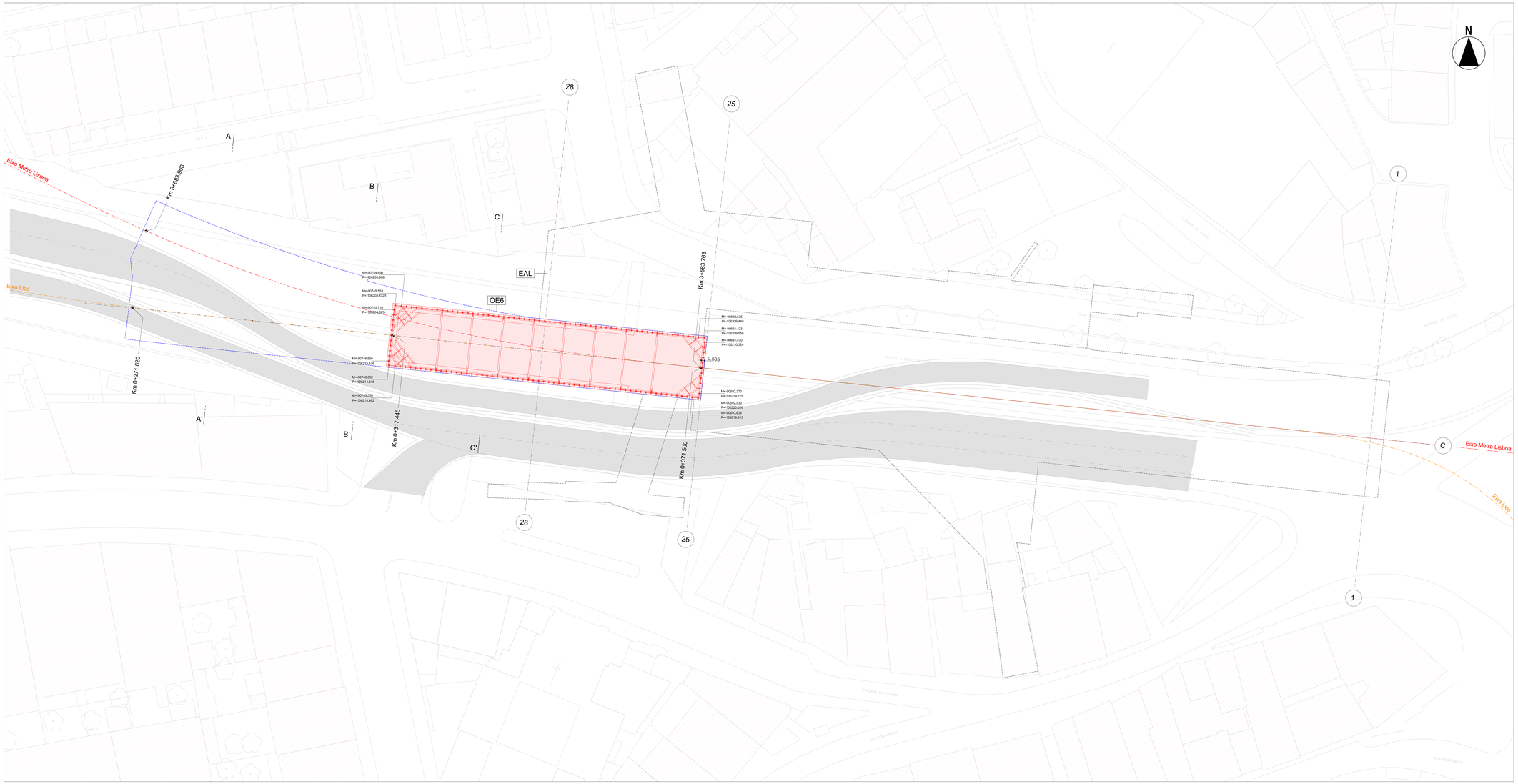
[2] TALPA Manual: 2D Finite Elements in Geotechnical Engineering. 2018-0. SOFiSTiK AG. Oberschleißheim, Alemanha, 2017.

[3] F. Tschuchnigg et al. “Comparison of finite-element limit analysis and strength reduction techniques”. In: Geotechnique 65(4) (2015), pp. 249–257.

[4] Benchmark Example No. 38 -Calculation of Slope Stability by Phi-C Reduction. SOFiSTiK AG. Oberschleißheim, Alemanha, 2024.

Registo e Controlo de Alterações

Revisão	Data	Descrição
0	2024-10-03	Emissão Inicial



PLANTA FASE - A

1:200

1. Execução das estacas e viga de coroamento para execução do Tunel Liós (OE6), 1ª fase.
2. Escavação, sistema de escoramento de dois níveis, pregagem e betão projectado.
3. Execução do tunel do Liós e ceptos exteriores.
4. Execução do aterro á cota de Fundação do Tunel do Metro.
5. Execução do aterro provisório para suporte das vias Norte e Sul.

Nº	ALTERAÇÃO	DATA	DES.	VERIF.
0	EMISSÃO INICIAL	03/10/2024	LC	AM

Data:
Aprov.
Verif.
Proj.
Des.

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

ESTRUTURAS
OBRA ESPECIAL OE6 - TÚNEL ALIÓTO

CONTENÇÃO PERIFÉRICA
PLANTA FASE - A

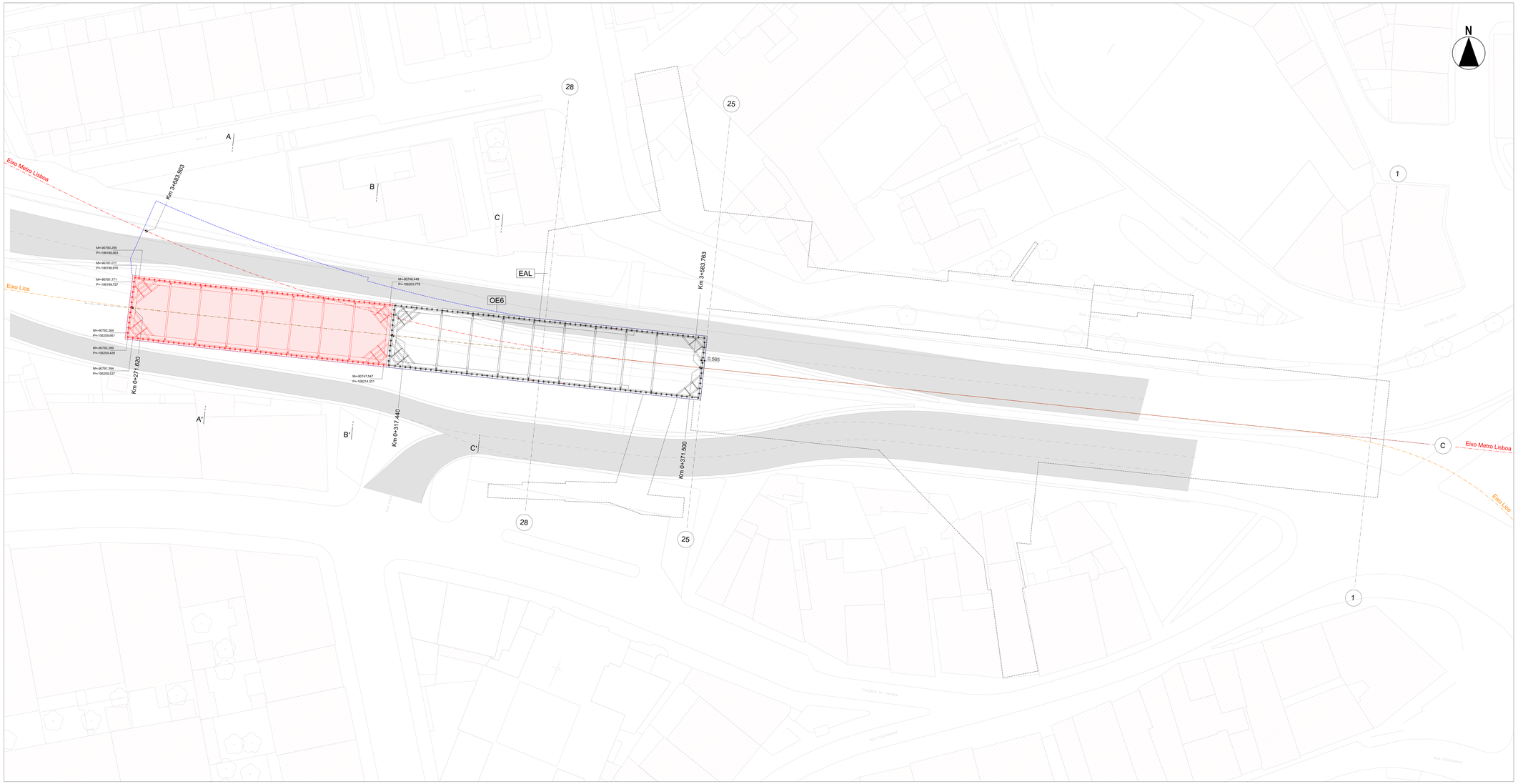
Metropolitano de Lisboa

Escalas:
Des. nº 133743 F 1 - 1
Alter.
Substituí-do
Substituído
Nº total
Versão
Folha

Aprov.	MP	03/10/2024
Verif.	DN	03/10/2024
Proj.	AM	03/10/2024
Des.	LC	03/10/2024

MOTAENGIL AMBIENTE
MOTAENGIL
cobo JET. ELCM
SOCIEDADE DE EMPREITEIROS CONFIDENCIAL
COBA / JET.SJ / ACIM / TALPROJECTO
Escalas: Folha
INDICADA 01 / 01
Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088401 0
Rev. 0

Nº	DESCRIÇÃO	DATA	VISTO
1	PARA APROVAÇÃO	03/10/2024	
2	PARA CONSULTA	03/10/2024	
3	PARA INFORMAÇÃO	03/10/2024	
4	PARA CONSTRUÇÃO	03/10/2024	
5	PARA ARQUIVO	03/10/2024	



PLANTA FASE - B

1:200

1. Execução das estacas e viga de coroamento para execução do Tunel Liós (OE6), 2ª Fase.
2. Escavação, sistema de escoramento de dois níveis, pregagem e betão projectado.
3. Execução do tunel do Liós, pregagem e ceptos exteriores.
4. Execução do aterro à cota de Fundação do Tunel do Metro.
5. Execução do muro de suporte e aterro para suporte das vias provisórias.

Alterações			
0	EMISSÃO INICIAL	03/10/2024	LC / AM
		DATA	DES. / VERIF.

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

Metropolitano de Lisboa

ESTRUTURAS
OBRA ESPECIAL OE6 - TÚNEL ALIÓTO

CONTENÇÃO PERIFÉRICA
PLANTA FASE - B

Desenho nº 133744 F 1 - 3

Alter.:
Substituído:
Nº total:
Versão: 0
Folha:

Data:
Aprov.:
Verif.:
Proj.:
Des.:

Aprov.	MP	03/10/2024
Verif.	SN	03/10/2024
Proj.	AM	03/10/2024
Des.	LC	03/10/2024

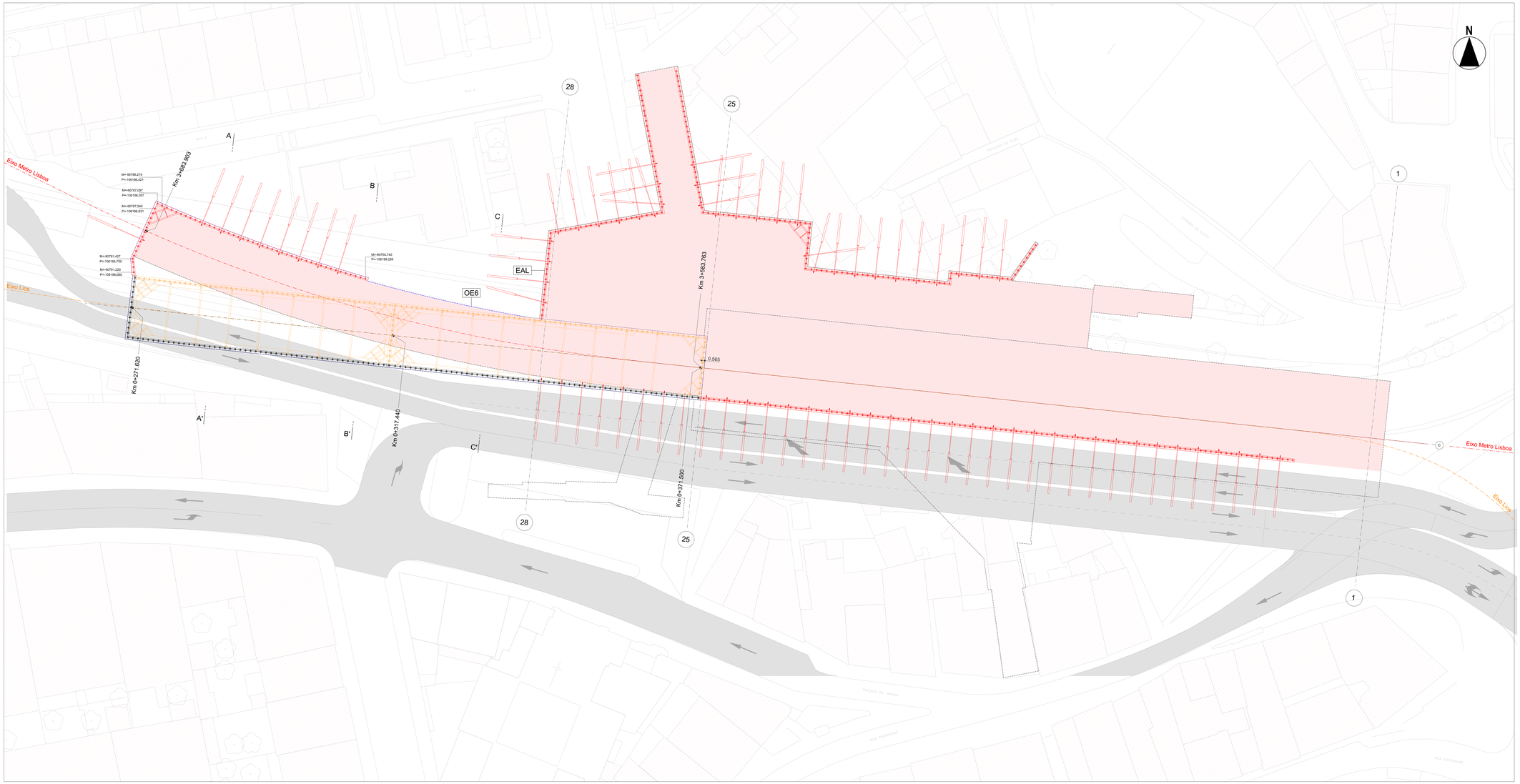
MOTAENGIL AMBIENTE
MOTAENGIL
cobo JET. ELCM

CONSÓRCIO LIÓIS/TUNEL
COBO / JET SJ / ELCM / TALPROJECTO

Escalas: Folha:
INDICADAS 01 / 01

Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088402 0

Nível: 0



PLANTA FASE - C

1:200

1. Execução das estacas e vigas de coroamento para execução do Tunel do Metro (OE6) e Estação de Alcântara (zona Norte).
2. Escavação e execução de ancoragens (1 ou 2 níveis), pregagens e betão projectado.
3. Execução do Tunel do Metro OE6 e inicio das fundações da Estação de Alcântara.

REVISÕES				
0	EMISSÃO INICIAL	03/10/2024	LC	AM
		DATA	DES.	VERIF.

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

ESTRUTURAS
OBRA ESPECIAL OE6 - TÚNEL ALVITO

CONTENÇÃO PERIFÉRICA
PLANTA FASE - C

Metropolitano de Lisboa

Desenho nº 133745 F 1 / 1

Alter.
Substituído
Nº total
Versão 0
Folha

Data:
Aprov.
Verif.
Proj.
Des.

Aprov.	MP	03/10/2024
Verif.	DN	03/10/2024
Proj.	AM	03/10/2024
Des.	LC	03/10/2024

APROVADO | VERIFICADO | PROJECTADO | DESENHADO | REVISTO | ANULADO | PROCESSO DE ANULAÇÃO

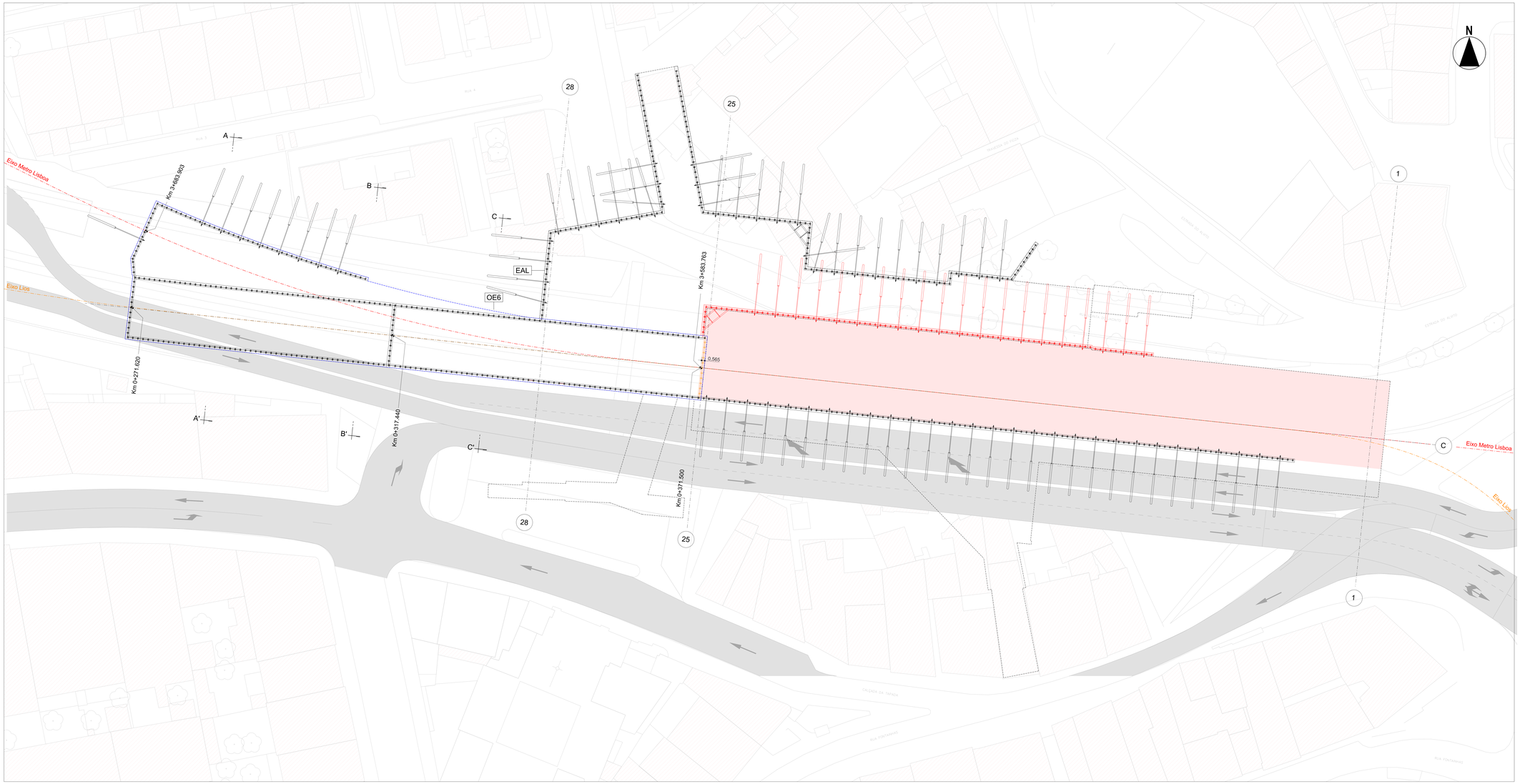
MOTAENGIL AMBIENTE
MOTAENGIL AMBIENTE

CONSULTORIA E ENGENHARIA
CCBA / JET SJ / ACIM / TALPROJECTO

Escalas: Folha
INDICADAS 01 / 01

Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088403 0

Nível: 0



PLANTA FASE - D

1:200

1. Execução das estacas e viga de coroamento para execução do piso 0 da Estação de Alcântara.
2. Escavação e execução de ancoragens (1 nível), pregagens e betão projectado.
3. Execução dos elementos estruturais de betão da Estação de Alcânt ra (zona Norte).
4. Execução dos aterros finais, zona Norte para suporte das Vias Ascendentes.

ALTERAÇÕES				
0	EMISSÃO INICIAL	03/10/2024	LC	AM
		DATA	DES.	VERIF.

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

ESTRUTURAS
OBRA ESPECIAL OE6 - TÚNEL ALVITO

CONTENÇÃO PERIFÉRICA
PLANTA FASE - D

Metropolitano de Lisboa

Escalas:
Des. nº 133746 F 1 - 1
Alter.
Subrotina
Subsidiário
Nº total
Desdo.
Folha

Data:
Aprov.
Verif.
Proj.
Des.

Aprov.	MP	03/10/2024	
Verif.	DN	03/10/2024	
Proj.	AM	03/10/2024	
Des.	LC	03/10/2024	

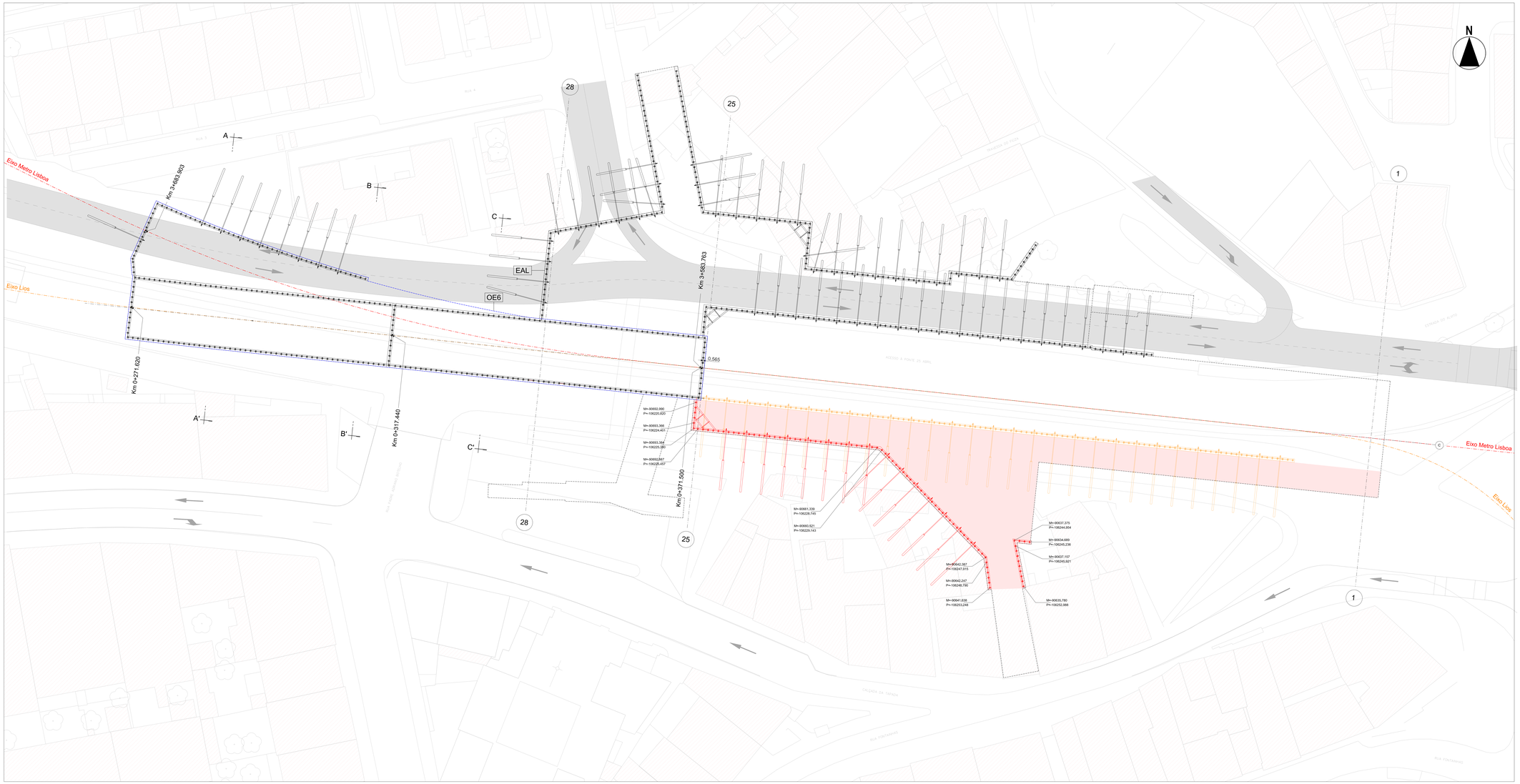
APROVADO | VERIFICADO | PROJECTADO | DESENHADO | REVISÃO | DATA | REVISÃO | DATA | REVISÃO | DATA | REVISÃO | DATA

MOTAENGIL AMBIENTE
MOTAENGIL AMBIENTE
cobo JET. ELCM
CONSORCIO TÚNEIS TAGUS
COBA / JET SJ / ELCM / TALPROJECTO

Escalas: Folha
INDICADAS 01 / 01

Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088404 0

Rev. 0



PLANTA FASE - E

1:200

1. Execução das estacas e viga de coroamento para execução do piso 0 da Estação de Alcântara.
2. Escavação e execução de ancoragens (1 nível), pregagens e betão projectado.
3. Demolição do muro provisório até à cota do piso 0.
4. Execução dos elementos estruturais de betão da Estação de Alcântara (zona Sul)
5. Execução da estrutura interna metálicas da Estação de Alcântara.
6. Execução dos aterros finais, zona Sul para suporte das Vias Descendentes.

Nº REVISÃO				
0	EMISSÃO INICIAL	03/10/2024	LC	AM
		DATA	DES.	VERIF.

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

Metropolitano de Lisboa

ESTRUTURAS
OBRA ESPECIAL OE6 - TÚNEL ALVITO

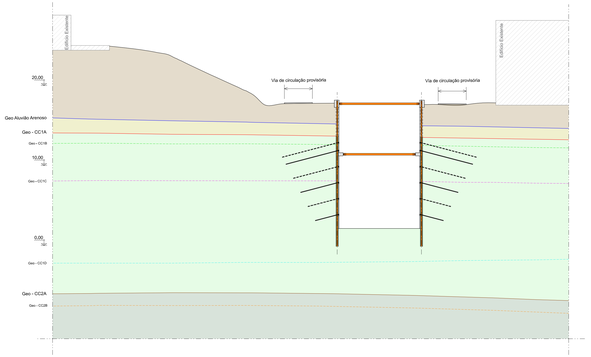
CONTENÇÃO PERIFÉRICA
PLANTA FASE - E

Desenho nº: 133747 F. 1 - 3
Alter.:
Substituí:
Substituído:
Nº total: –
Versão: –
Folha: –

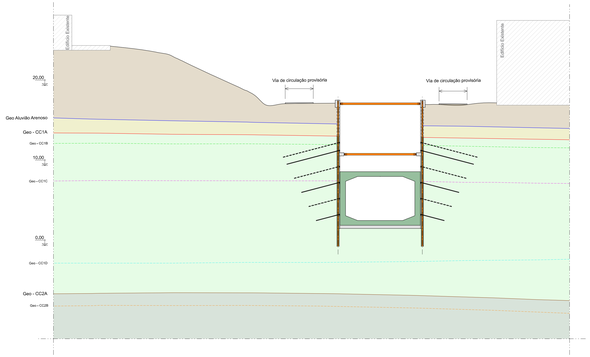
Data:
Aprov.:
Verif.:
Proj.:
Des.:

Aprov.	MP	03/10/2024
Verif.	DN	03/10/2024
Proj.	AM	03/10/2024
Des.	LC	03/10/2024

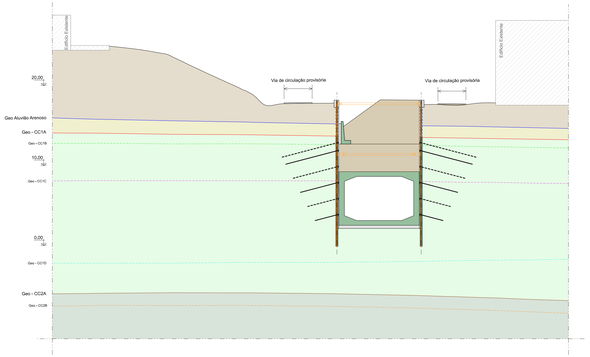
MOTAENGIL AMBIENTE
MOTAENGIL AMBIENTE
CONSTRUÇÕES
MOTAENGIL AMBIENTE
MOTAENGIL AMBIENTE
MOTAENGIL AMBIENTE



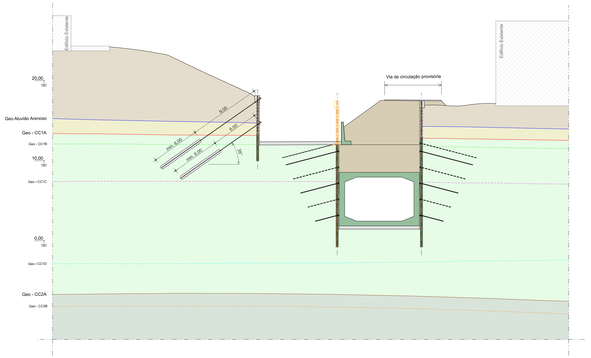
OE6 - Secção A-A'
Construção Fase - 1
(Planta Contenção Fase - B)
Escala: 1:200



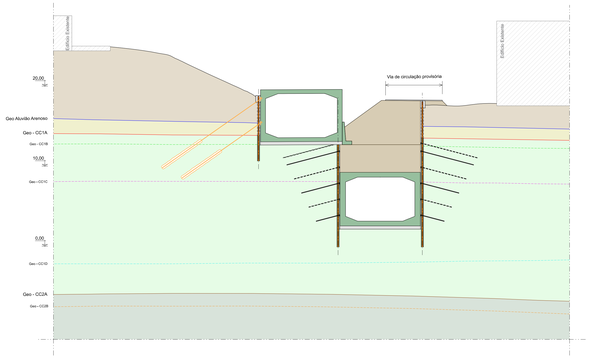
OE6 - Secção A-A'
Construção Fase - 2
(Planta Contenção Fase - B)
Escala: 1:200



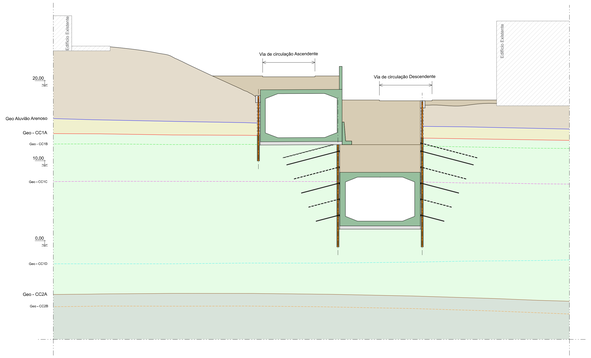
OE6 - Secção A-A'
Construção Fase - 3
(Planta Contenção Fase - B)
Escala: 1:200



OE6 - Secção A-A'
Construção Fase - 4
(Planta Contenção Fases - C/D)
Escala: 1:200



OE6 - Secção A-A'
Construção Fase - 5
(Planta Contenção Fases - C/D)
Escala: 1:200



OE6 - Secção A-A'
Construção Fase - Final
Escala: 1:200

NOTAS:

FASEAMENTO DA ESCAVAÇÃO:

1 - Escavação até ao nível da primeira ancoragem,

2 - Pré-esforçar o primeiro nível de ancoragens,

3 - Escavação até ao segundo nível de ancoragens (quando existe),

4 - Pré-esforçar o segundo nível de ancoragens (quando existe),

ALTERAÇÕES				
0	EMISSÃO INICIAL		LC	AM
		DATA	DES.	VERIF.

Dono:

Apro.:
Verif.:
Proj.:
Des.:

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

ESTRUTURAS
OBRA ESPECIAL OE6 - TÚNEL ALVITO

FASEAMENTO CONSTRUTIVO
CORTE TRANSVERSAL A/A

Metropolitano de Lisboa

Escalas:

Des. nº 133748 F. 3 - 3

Alter.:
Substituí
Substituído
Nº total: –
Vendo
Falta

Apro.	MP	03/10/2024	
Verif.	SN	03/10/2024	
Proj.	AM	03/10/2024	
Des.	LC	03/10/2024	

APROVADO | VERIFICADO | VISADO | PROJETADO | DESENHADO | ORIGINAL | CÓPIA | MODIFICADO | ANULADO

MOTAENGIL AMBIENTE
MOTAENGIL

cobo JET. ELCM

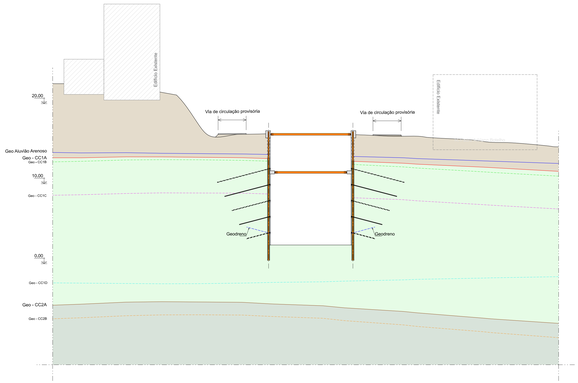
Sociedade Portuguesa Cobrapo
COBA / JET S.I / ALCM / TALPROJECTO

Escalas: Folha:

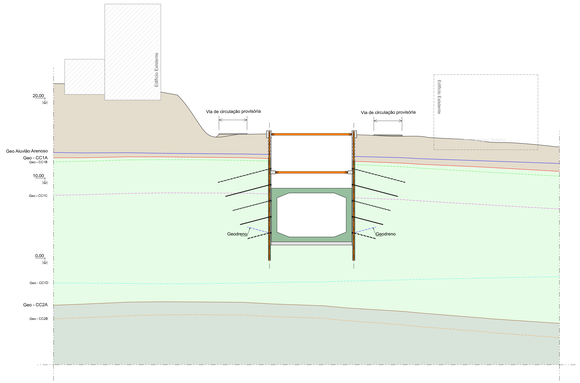
INDICADAS 01 / 01

Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 068406 0

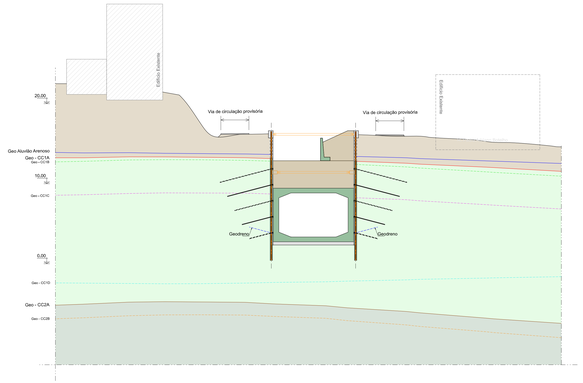
Nível: 0



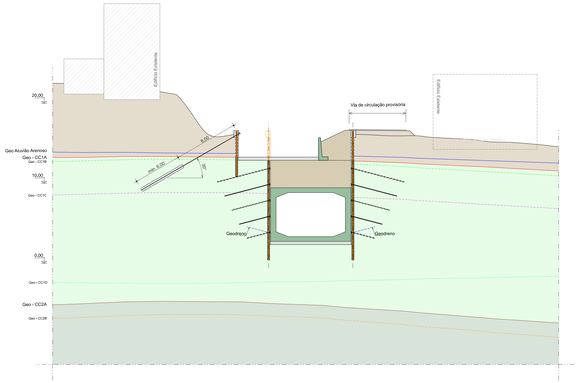
OE6 - Secção B-B'
Construção Fase - 1
(Planta Contenção Fase - A)
Escala: 1:200



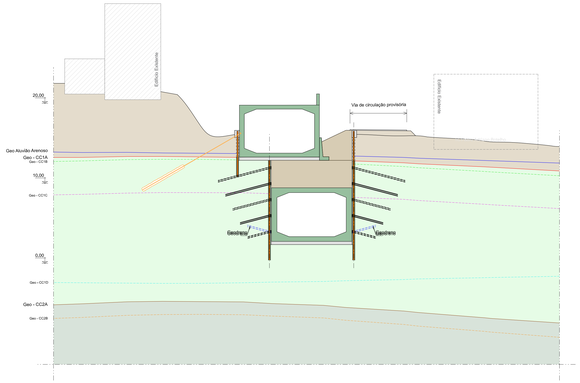
OE6 - Secção B-B'
Construção Fase - 2
(Planta Contenção Fase - B)
Escala: 1:200



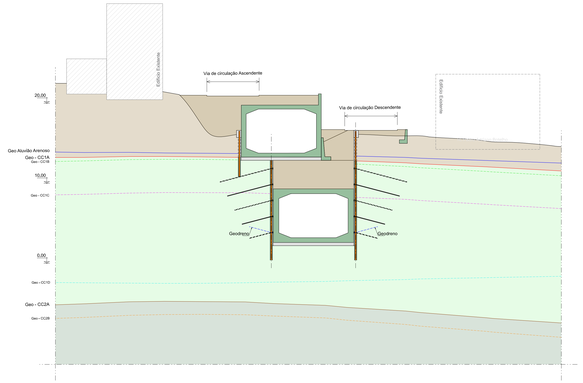
OE6 - Secção B-B'
Construção Fase - 3
(Planta Contenção Fase - B)
Escala: 1:200



OE6 - Secção B-B'
Construção Fase - 4
(Planta Contenção Fases - C/D)
Escala: 1:200



OE6 - Secção B-B'
Construção Fase - 5
(Planta Contenção Fases - C/D)
Escala: 1:200



OE6 - Secção B-B'
Construção Fase - Final
Escala: 1:200

NOTAS:

FASEAMENTO DA ESCAVAÇÃO:

1 - Escavação até ao nível da primeira ancoragem,

2 - Pré-esforçar o primeiro nível de ancoragens,

3 - Escavação até ao segundo nível de ancoragens (quando existe),

4 - Pré-esforçar o segundo nível de ancoragens (quando existe).

REVISÕES				
0	EMISSÃO INICIAL		LC	AM
		DATA	DES.	VERIF.

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

ESTRUTURAS
OBRA ESPECIAL OE6 - TÚNEL ALVITO

FASEAMENTO CONSTRUTIVO
CORTE TRANSVERSAL B/B

Metropolitano de Lisboa

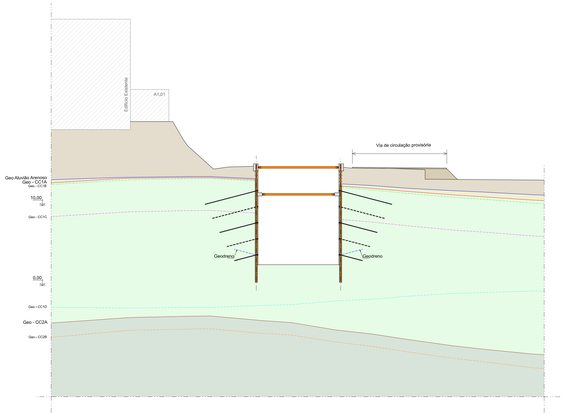
Escalas:
Des. nº 133749 F 1 / 1
Alter.
Substituí
Substituído
Nº total
Vendo
Falta

Data:
Aprov.
Verif.
Proj.
Des.

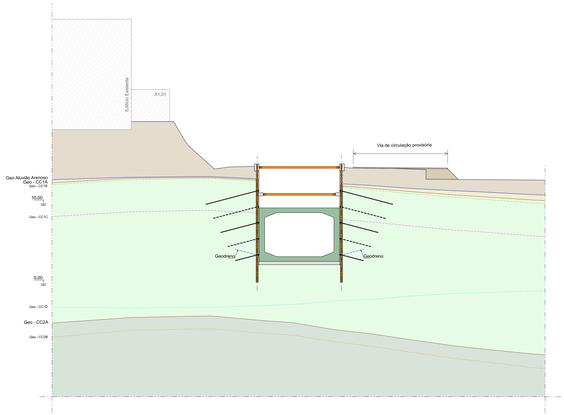
Aprov.	MF	03/10/2024	
Verif.	DN	03/10/2024	
Proj.	AM	03/10/2024	
Des.	LC	03/10/2024	

MOTAENGIL
SOMAGUE
MOTA-ENGIL / SOMAGUE
CCDM - JET SJ / JLCM / TALPROJECTO
Escalas: Folha
INDICADAS 01 / 01
Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088407-0
Nível: 0

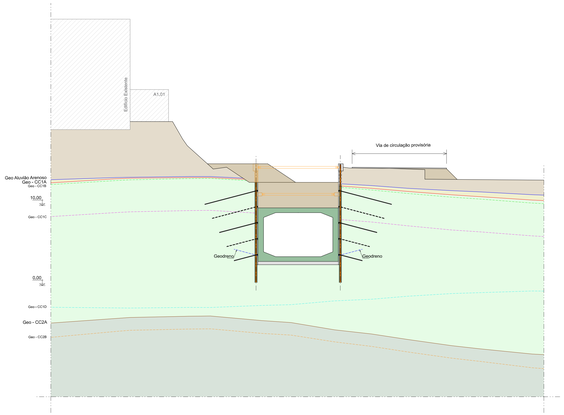
Rotação: 0



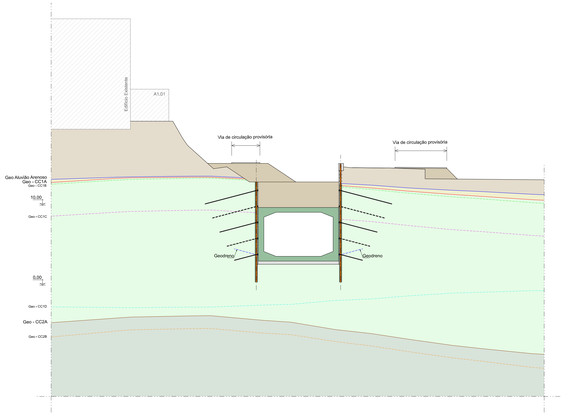
OE6 - Secção C-C'
Construção Fase - 1
(Planta Contenção Fase - A)
Escala: 1:200



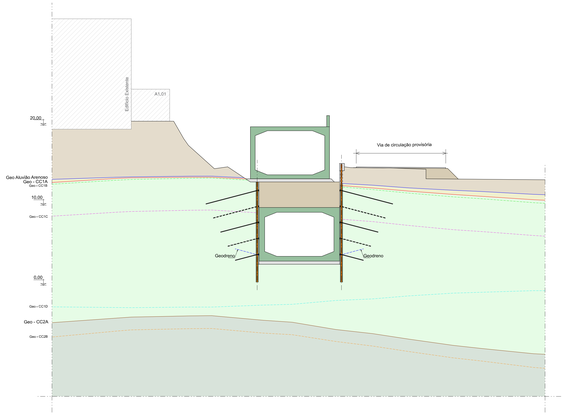
OE6 - Secção C-C'
Construção Fase - 2
(Planta Contenção Fase - A)
Escala: 1:200



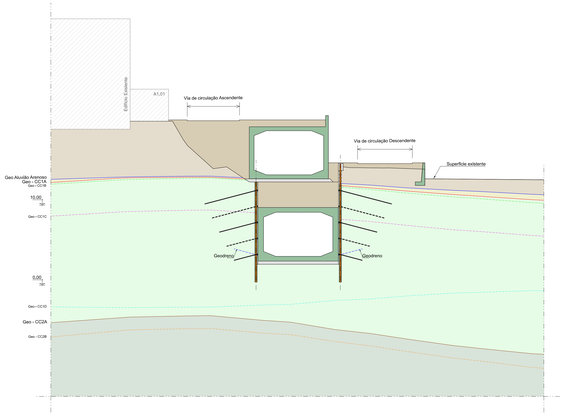
OE6 - Secção C-C'
Construção Fase - 3
(Planta Contenção Fase - A)
Escala: 1:200



OE6 - Secção C-C'
Construção Fase - 4
(Planta Contenção Fase - B)
Escala: 1:200



OE6 - Secção C-C'
Construção Fase - 5
(Planta Contenção Fases - C/D)
Escala: 1:200



OE6 - Secção C-C'
Construção Fase - Final
Escala: 1:200

NOTAS:

FASEAMENTO DA ESCAVAÇÃO:

1 - Escavação até ao nível da primeira ancoragem,

2 - Pré-esforçar o primeiro nível de ancoragens,

3 - Escavação até ao segundo nível de ancoragens (quando existe),

4 - Pré-esforçar o segundo nível de ancoragens (quando existe).

REVISÕES				
0	EMISSÃO INICIAL		LC	AM
		DATA	DES.	VERIF.

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

ESTRUTURAS
OBRA ESPECIAL OE6 - TÚNEL ALVITO

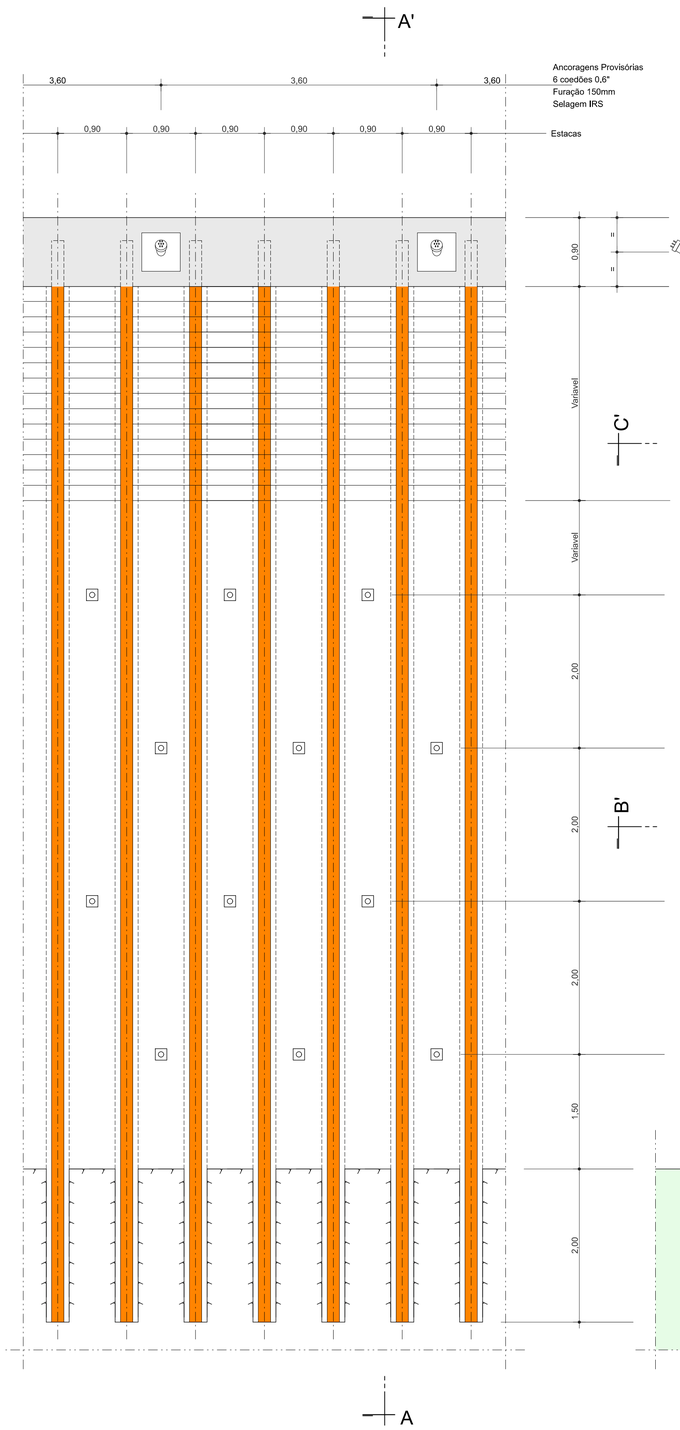
FASEAMENTO CONSTRUTIVO
CORTE TRANSVERSAL C/C'

Metropolitano de Lisboa

Dim. nº 133750 F 1 - 3
Alter.
Substituí
Substituído
Nº total -
Desenho
Folha -

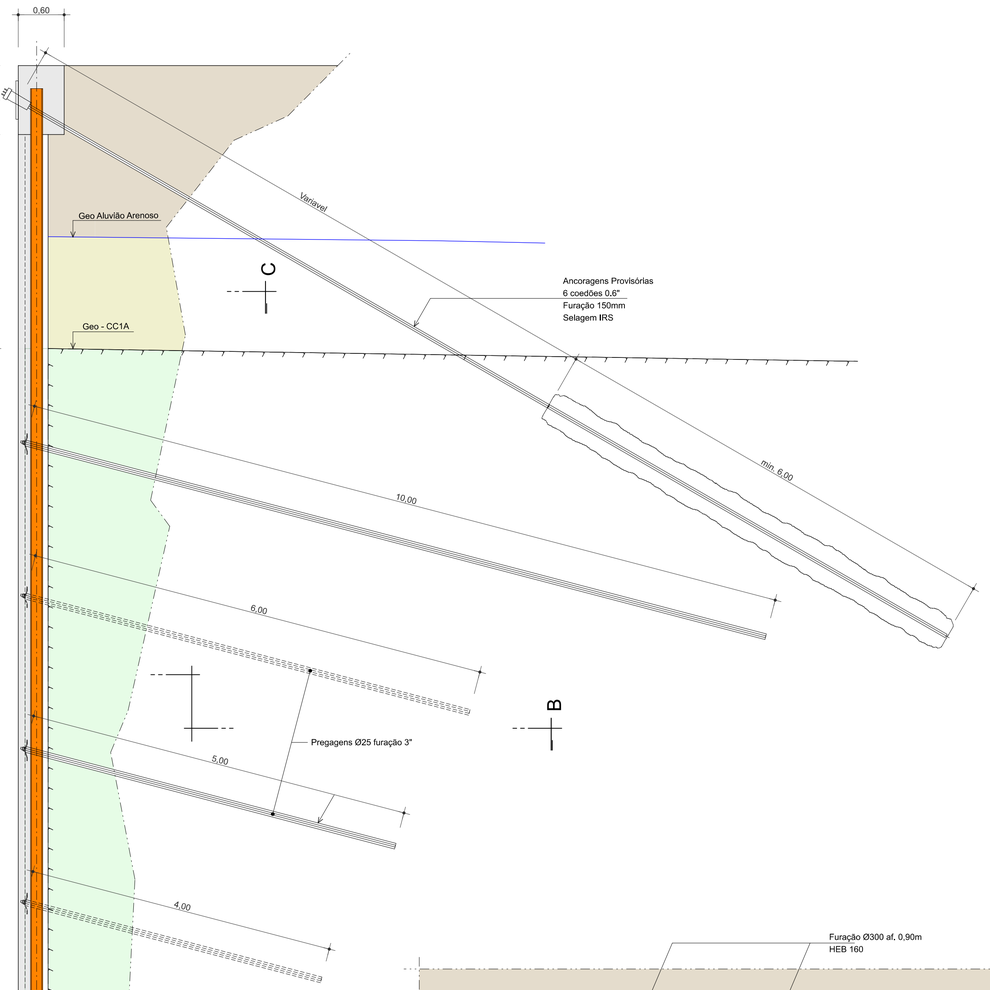
Aprov.	MP	03/10/2024	
Verif.	DN	03/10/2024	
Proj.	AM	03/10/2024	
Des.	LC	03/10/2024	

MOTAENGIL AMBIENTE
MOTAENGIL AMBIENTE
MOTAENGIL AMBIENTE



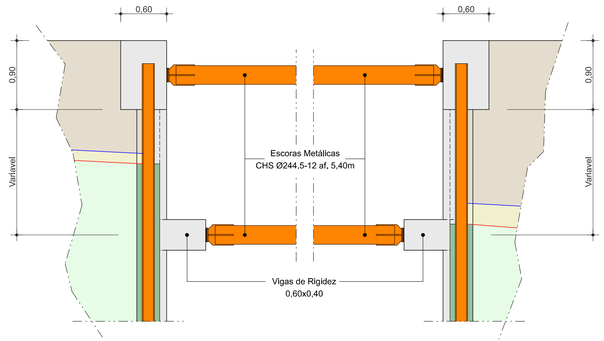
Contenção tipo BERLIM - Ancoragens, Pregagens

1:40



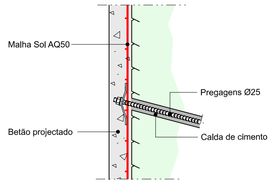
Corte A:A`

1:40



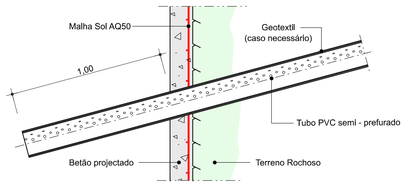
Contenção tipo BERLIM - Escoras 2 niveis

1:40



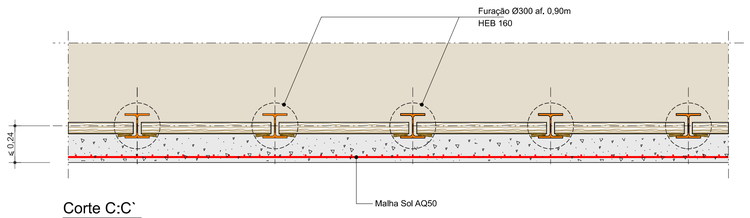
Pregagens

1:20



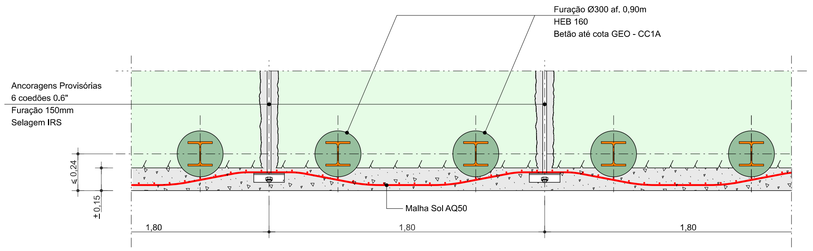
Drenagem

1:20



Corte C:C`

1:20



Corte B:B`

1:20

ALTERAÇÕES			
	03/10/2024	LC	AM

Data:	PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA PROJETO DE EXECUÇÃO	Metropolitano de Lisboa
Aprov.	ESTRUTURAS ESTAÇÃO ANCÂNTARA	Escalas: Des. nº 133751 F. 1 / 1
Verif.		Alter.
Proj.	FASEAMENTO CONSTRUTIVO PORMENORES	Substituí
Des.		Substituído
		Nº SAP — Versão
		Folha

Aprov.	RP	03/10/2024	
Verif.	SN	03/10/2024	
Proj.	AM	03/10/2024	
Des.	LC	03/10/2024	Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 085409 0

PV 061 TROÇO 85 · PV 211 TROÇO 84 · C. OURIQUE PV 215 TROÇO 83 · AF. SANTO PV 217 TROÇO 82 · ALCÂNTARA PV 217 TROÇO 81

MOTA-ENGIL ENGENHARIA · spie batignolles · coba · JET · JLCM

Identificação Empresa Projetista: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO

Escalas: INDICADAS

Folha: 01 / 01

Alter. 0

Metropolitano de Lisboa

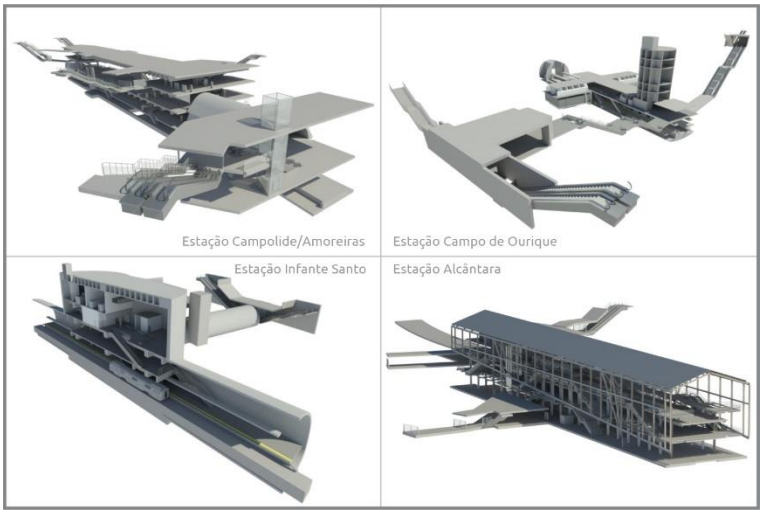
METRO DE LISBOA

LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO DO PROLONGAMENTO DA LINHA

TOMO III – OBRAS ESPECIAIS

PROJETO DE EXECUÇÃO



VOLUME 6 – OE6: TÚNEL NA ZONA DO ALVITO

01 - ESTRUTURAS

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA - ESTRUTURAS

Documento SAP:	LVSSA MSA PE STR TUN OE6 MD 088001 0

	Nome	Assinatura	Data
Elaborado	José Bernardo Lobo		2024-09-29
Revisto	Afonso Marques		2024-09-29
Verificado	Sergio Notarianni		2024-09-29
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		
Aprovado	Raúl Pistone		

Índice

1 OBJETIVO E ÂMBITO 5

2 ELEMENTOS DE BASE 5

3 CONDICIONAMENTOS 5

3.1 Traçado 5

3.2 Geológico e Geotécnicos 5

3.3 Desvios de Circulação 10

3.4 Ocupação de Superfície e de Subsolo 10

3.5 Interferências, Demolições de Edifícios, Soluções de Reforço de Edifícios e Contenções 10

3.6 Implantação 10

3.7 Segurança 11

3.8 Arquitetónicos 11

3.9 Compatibilidade com as Outras Especialidades 11

3.10 Ambiente 12

4 REGULAMENTAÇÃO E BIBLIOGRAFIA DE BASE 12

5 MATERIAIS 14

5.1 Estruturas De Contenção Provisória 14

5.2 Estruturas Definitivas 15

5.3 Recobrimentos Nominais 16

6 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO 16

6.1 Tempo de Vida Útil 16

6.2 Classificação da Obra de Acordo com a sua Importância 16

6.3 Classe de Inspeção 16

6.4 Categoria Geotécnica da obra associada às Estruturas de Contenção 17

6.5 Classe de Fiabilidade 17

6.6 Classificação do Tipo de Terreno 17

6.7 Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas 18

7 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO 19

7.1 Solução de Contenção Provisória 19

7.2 Solução de Fase Definitiva 24

7.3 Sistema de Impermeabilização 26

8 FASEAMENTO CONSTRUTIVO 27

8.1 Solução de Contenção Provisória e Fase Definitiva 27

9 PROJETO GEOTÉCNICO DAS CONTENÇÕES PROVISÓRIAS 29

9.1 Combinações de ações para os estados limite e abordagens de cálculo 29

9.2 Modelos Numéricos 32

9.3 Verificações de segurança 38

10 PROJETO DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS 42

10.1 Ações 42

10.2 Combinações de Ações 45

10.3 Modelos Numéricos 47

10.4 Critérios de Verificação da Segurança 49

10.5 DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS 51

11 PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO 51

11.1 Introdução 51

11.2 Escavações Mineiras 53

11.3 Edificações / Escavação a céu aberto 53

12 AVALIAÇÃO DE DANOS 54

13 REDE DE TERRAS 54

1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível de Projeto de Execução, da **Memória Descritiva e Justificativa da Obra Especial 6 – Túnel Zona do Alvito**, no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, que é parte integrante do **Tomo III** do **Volume 6 - 01 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;
- Programa Preliminar, Tomo IV – Estruturas, Volume 2 – Obras Especiais:
- Memória Descritiva e Justificativa - “LVSSA ML PP STR TUN OE6 MD 088003 0”;
- Peças Desenhadas (“LVSSA ML PP STR TUN OE6 DW 088101 0” a “LVSSA ML PP STR TUN OE6 DW 088107 0”, “LVSSA ML PP STR TUN OE6 DW 088401 0” a “LVSSA ML PP STR TUN OE5 DW 088404 0” e “LVSSA ML PP STR TUN OE6 DW 088701 0” a “LVSSA ML PP STR TUN OE5 DW 088702 0”);

3 CONDICIONAMENTOS

3.1 Traçado

A solução estrutural adotada e os processos e faseamento construtivos previstos encontram-se compatibilizados com o projeto do traçado da linha.

3.2 Geológico e Geotécnicos

Nesta fase de Projeto de Execução e 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 das campanhas do Programa de prospeção complementar a implementar.

Os condicionamentos Geológicos e Geotécnicos, são descritos no Volume II – Estudo Geológico-Geotécnico (LVSSA CBJ EP GEO 000 000 MD 020001 0). Os trabalhos de prospeção complementares são propostos no Programa de reconhecimento complementar (Geológico-geotécnico, hidrogeológico e ambiental) (LVSSA CBJ EP GEO 000 000 MD 020002 0).

Apresenta-se na Figura 1, o excerto do perfil geológico-geotécnico do local.

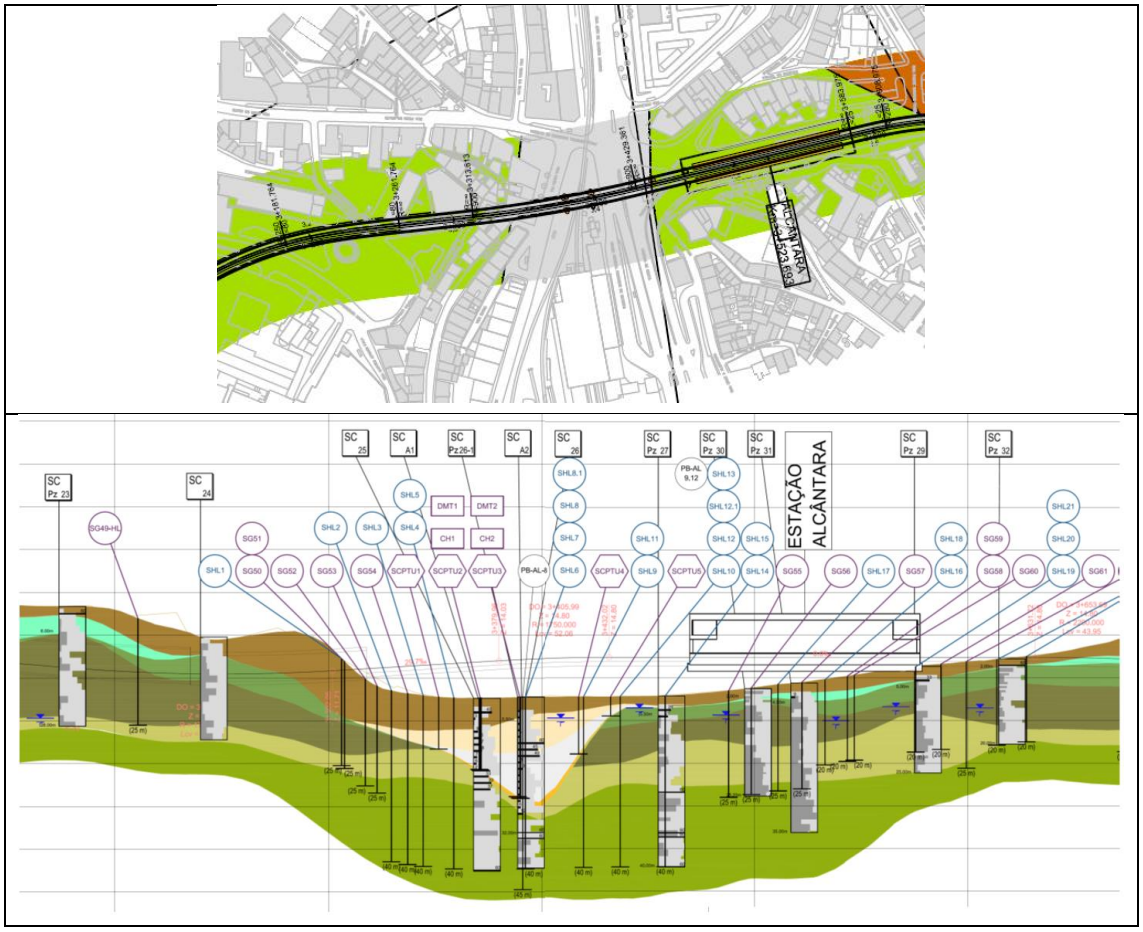


Figura 1 - Planta e perfil longitudinal – Geologia / Geotecnia
(Excerto dos desenhos LVSSA CBJ EP GEO LIN 000 DW 021000 0 e LVSSA CBJ EP GEO LIN 000 DW 021010 0 e LVSSA CBJ EP GEO LIN 000 DW 021012 0)

No local de implantação da Estação de Alcântara e da Obra Especial nº 6, realizaram-se as sondagens S27, S29, S30, S31 e S32. É provável que a sondagem S28 também tenha sido executada, embora não esteja indicada nos desenhos

A zona do Vale de Alcântara, onde de nascente para poente, se encontram a OE5, o viaduto metálico, a Estação e a OE6 é dominada pela presença de materiais cretácicos da Formação da Bica, sob cobertura de materiais recentes de aterro, com espessura importante, localmente superior a 10 m, do lado nascente na zona da OE6 e com uma espessura combinada juntamente com os aluviões no centro do vale que pode atingir cerca de 25 m. As unidades cretácicas presentes são a Cc1a, essencialmente correspondente a argilas margosas, aqui com reduzida expressão, Cc1b (calcário nodular), Cc1c (calcário semi-cristalino a cristalino com rudistas) e Cc1d (calcário compacto fendilhado). Abaixo e já sem se encontrar cortado pelos aluviões do vale de Alcântara, encontram-se os calcários da Formação de Caneças Cc2 (calcários por vezes margosos).

Os aluviões são essencialmente arenosos na parte superior e argilosos na zona central, na base e na parte superior do lado poente. Na base encontra-se pequeno nível de aluvião com cascalheira.

Relativamente aos níveis de água presentes, considera-se que na dependência dos aluviões o nível de água se situe à cota +2,50. A partir desta cota o mesmo sobe nas encostas do vale até cerca da cota 15,00 no final do traçado (450 m a poente) e até à cota 40,00, (550 m a nascente).

O Quadro seguinte resume as características das formações geológicas identificadas nas sondagens.

Tabela 1 – Descrição sumária das formações geológicas encontradas nas sondagens executadas junto da Estação Alcântara e Obra Especial 6

Sondagem	Descrição simplificada
27	0-4,5 m – Pavimentos + Aterros 4,5-21,0 m – Calcário cristalino/compacto, muito a medianamente alterado, muitíssimo fraturado. 21,0-40,0 m – Marga argilosa muito consolidada, rija /calcário margoso, muito a medianamente alterada(o), muito a medianamente fraturada(o).
29	0-3,0 m – Aterro 3,0-25,0 m – Calcário nodular compacto, muito a medianamente alterado, muito a muitíssimo fraturado, com preenchimento argilo-siltoso dos planos de fracturação.
30	0-0,5 m – Aterro 0,5-16,3 m – Calcário levemente cristalino compacto, muito a medianamente alterado, muitíssimo a muito fraturado. 16,3-25,2 m – Calcário levemente cristalino compacto, medianamente a pouco alterado, muito a medianamente fraturado.
31	0-3,5 m – Aterro 3,5-9,5 m – Calcário compacto, muito a medianamente alterado, muitíssimo a muito fraturado. 9,5-14,0 m – Calcário cristalino, muito a medianamente alterado, muito a medianamente fraturado. 14,0-27,0 m – Calcário cristalino compacto, medianamente a pouco alterado, muito a medianamente fraturado. 27,0-35,0 m – Calcário margoso, medianamente a pouco alterado, muito a medianamente fraturado.
32	0-1,5 m – Aterro. 1,5-9,7 m – Calcário cristalino, muito a medianamente alterado, muitíssimo a muito fraturado. 9,7-16,0 m - Calcário cristalino, medianamente alterado, muitíssimo a muito fraturado. 16,0-20,0 m - Calcário cristalino, muito a medianamente alterado, muitíssimo a muito fraturado.

Com base nas sondagens anteriormente descritas, é possível identificar que, sob a camada de aterros, encontram-se formações calcárias ou calcário-margosas do Cretácico. Na Carta Geológica de Lisboa, essas formações são designadas como Formação da Bica (Cretácico Superior) e Formação de Caneças (Cretácico Inferior).

Nos cortes geológico-geotécnicos do Estudo Prévio, também surgem pontualmente duas outras formações sobrejacentes aos calcários: i) aluviões de natureza arenosa e ii) tufos pertencentes ao Complexo Vulcânico de Lisboa.

A Formação da Bica, subdividida em quatro subunidades, assim como a Formação de Caneças, está descrita no quadro seguinte. Essas subunidades estão dispostas na mesma ordem, de cima para baixo, em que são apresentadas no quadro seguinte.

Tabela 2 – Unidades e subunidades do Cretácico que interessam à Estação Alcântara e Obra Especial 6

Formação da Bica	Cc1a	Argila margosa e/ou marga argilosa esbranquiçada a amarelada.
	Cc1b	A parte superior do complexo caracteriza-se por calcário nodular amarelado a esbranquiçado com inclusões a passagens margosas frequentes, a parte inferior caracteriza-se por um calcário rosado, amarelado, esbranquiçado por vezes carsificados, umas vezes compactos outras vezes margosos, com passagens argilosas.
	Cc1c	Calcários semi cristalinos a cristalinos com rudistas, apresentando nódulos a leitos de sílex, pouco alterados a medianamente alterados, fraturas medianamente afastadas a muito próximas.
	Cc1d	Calcário compacto branco e bege, fendilhado com prealveolinas, pouco alterado a medianamente alterado, com passagens muito alteradas a decompostas, fraturas afastadas a próximas.
Formação de Caneças	Cc2	Calcário por vezes margoso, com geóides no topo e com passagens argilosas por vezes com gesso na base.

Em alguns horizontes mais alterados das formações calcárias, foram realizados ensaios SPT, embora em número muito reduzido, e geralmente registando valores muito elevados. Isto não é surpreendente, dado que se trata essencialmente de formações rochosas, frequentemente intensamente alteradas e fraturadas, conforme observado.

Para efeitos de parametrização, foram utilizados principalmente os resultados dos ensaios de laboratório para determinação da resistência à compressão uniaxial e do módulo de deformabilidade (correspondente ao módulo de Young). Nestes ensaios, a observação visual das amostras permitiu classificá-las, no caso da Formação da Bica, numa das quatro subunidades descritas no quadro anterior

O Quadro seguinte apresenta os parâmetros propostos para as diversas camadas identificadas nas sondagens, terrosas e rochosas.

Tabela 3 – Parâmetros geomecânicos propostos para a Estação Alcântara e Obra Especial 6

Unidade	γ (kN/m3)	c' (kPa)	ϕ ' (º)	E' (MPa)	υ	K0	k (m/s)	σci,rocha (MPa)	Ei,rocha (GPa)
Aterro	20	0	30	20	0,30	0,5	10-5	-	-
Aluvião arenoso	20	0	30	20	0,30	0,5	10-5	-	-
Tufos vulcânicos	21	60	35	120	0,30	1,0	10-7	-	-
Cc1a	23	75	30	90	0,25	0,8	10-7	8	2
Cc1b	24	130	40	400	0,20	0,8	10-7	10	3,5
Cc1c	25	300	45	1340	0,20	0,8	10-6	22	6
Cc1d	24	200	40	450	0,20	0,8	10-7	18	4
Cc2	24	150	27	240	0,25	0,8	10-7	8	3

Os aterros têm uma presença significativa no local, sendo antigos e tipicamente muito heterogéneos, provavelmente com significativa compactação. As poucas análises granulométricas realizadas no âmbito do Estudo Prévio indicam uma percentagem de finos inferior a 20%. Os parâmetros mecânicos apresentados no quadro baseiam-se na experiência da equipa de projeto e são considerados conservadores. Parâmetros semelhantes foram atribuídos ao aluvião arenoso, que aparece subjacente ao aterro em um dos cortes geológico-geotécnicos do local.

Por sua vez, os tufos vulcânicos surgem na zona final da Obra Especial, com expressão relativamente reduzida, sobrejacentes às formações calcárias e margosas do Cretácico. Para esses tufos, foram considerados os parâmetros apresentados na memória descritiva do Estudo Prévio.

Relativamente aos parâmetros geomecânicos das formações rochosas da Bica e de Caneças (cinco últimas linhas do quadro em análise), os parâmetros de resistência e deformabilidade foram obtidos através dos resultados do software RocData da Rocscience Inc. Este software fornece os parâmetros de resistência do maciço de acordo com o modelo de Hoek & Brown. Adicionalmente, foram efetuados ajustes, além dos arredondamentos naturais, para refletir a variação na profundidade das formações.

Os valores do coeficiente de permeabilidade e de K0 foram adotados conforme os indicados na memória do Estudo Prévio, os quais considerámos apropriados (ver quadro seguinet)

Em relação à hidrogeologia da área de intervenção, o quadro seguinte indica os registos dos níveis freáticos obtidos nas sondagens realizadas no local, utilizando piezómetros.

Do quadro apresentado, pôde verificar-se que as variações dos registos em cada piezómetro foram muito reduzidas ao longo do período de observação (entre 03/12/2021 e 28/03/2022). A

última coluna do quadro apresenta a cota do nível freático em cada piezómetro, evidenciando uma grande coerência entre os valores registados nos diferentes locais.

Tendo isto em conta, propõe-se, por motivos de segurança, considerar o nível freático à cota +4,00., ligeiramente acima do nível de escavação.

Tabela 4 – Registos piezométricos e cota do nível freático.

Sondagem/piezómetro	Cota da boca (m)	Profundidade do nível freático (m)	Cota do nível freático (m)
27	5,23	2,78	2,45
29	12,08	9,48	2,60
30	8,12	6,18	1,94
31	11,76	8,86	2,90
32	14,63	11,50	3,13

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 07 - OUTRAS ESPECIALIDADES - Desvios de Trânsito, deste Projeto de Execução.

Os estaleiros são objeto de projeto autónomo, apresentado no 07 - OUTRAS ESPECIALIDADES – Estaleiros, deste Projeto de Execução.

3.4 Ocupação de Superfície e de Subsolo

A execução a céu aberto de parte dos acessos da estação e do arranque do poço vertical interfere 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 ponto 02 – Serviços Afetados, deste Projeto de Execução.

3.5 Interferências, Demolições de Edifícios, Soluções de Reforço de Edifícios e Contenções

As interferências resultantes da construção do túnel, necessidade de demolições, reforço de edifícios e contenções, encontram-se retratadas no ponto 07 - OUTRAS ESPECIALIDADES – Interferências, deste Projeto de Execução.

3.6 Implantação

A implantação da obra respeita integralmente os requisitos definidos no programa preliminar, tendo em consideração o novo traçado de via atualizado no "ANEXO X – AO CADERNO DE ENCARGOS TÉCNICO – ALTERAÇÃO DO TRAÇADO ENTRE OS KM 2+570.938 E O KM 3+471.193".

3.7 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.

3.8 Arquitetónicos

O presente Projeto de Execução procura atingir as soluções técnicas mais adequadas e que estão compatibilizadas com o Projeto de Execução de Arquitetura (01 Arquitetura).

3.9 Compatibilidade com as Outras Especialidades

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

- Tomo V – Via Férrea, Volume 1 – Traçado;
- Tomo V – Via Férrea, Volume 2 – Sistema de via;
- Tomo V – Via Férrea, Volume 3 – Drenagem de via;
- Tomo VI – Sistemas, Volume 1 – Energia;
- Tomo VI – Sistemas, Volume 2 – Telecomunicações;

- Tomo VI – Sistemas, Volume 3 – Mecânica;
- Tomo VII – Fluídos, Volume 1 – Redes de águas;
- Tomo VII – Fluídos, Volume 2 – Redes de drenagem;
- Tomo VII – Fluídos, Volume 3 – Coluna seca.

3.10 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 ponto 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 E BIBLIOGRAFIA DE BASE

A regulamentação e a bibliografia técnica adotadas são as apresentadas abaixo:

- 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 206:2013+A1:2017 – 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 13256 - Geotêxteis e produtos relacionados. Características requeridas para a construção de túneis e obras 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 -Ensaios 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 De Contenção Provisória

As caraterísticas dos materiais adotados no presente Projeto de Execução encontram-se apresentadas nos quadros seguintes:

Tabela 5 - Características dos materiais considerados na contenção provisória

MATERIAIS	**PROPRIEDADES**	
BETÃO	BETÃO PROJETADO (VIA HÚMIDA)	C20/25 XC 4(P) CL 0,4 DMAX.10 S5
	REGULARIZAÇÃO/ENCHIMENTO	C20/25 XC 0(P) CL 0.4 DMAX.22 S3
	VIGAS, EM GERAL	C 30/37 XC 2(P) CL 0.4 DMAX 22 S3
AÇO	CHAPAS E PERFIS METÁLICOS, EM GERAL	S 275 JR
	REDE ELETROSSOLDADA	A 500ER
	AÇO EM ELEMENTOS DE BETÃO ARMADO	A500 NR SD
	ELEMENTOS DE FIXAÇÃO METÁLICA	CLASSE 8.8
	ANCORAGENS	Fpuk > 1860 MPa (Grade 270k – ASTM A416)
No caso particular das soldaduras de elementos de construção metálica, a sua preparação e execução deverá obedecer ao estipulado no REAE, NP 1515 E NP EN 1993		
CALDA DE CIMENTO	A calda de cimento que constitui o bolbo de selagem dos elementos deverá ser injetada através de técnica adequada: IRS (válvulas anti-retorno e obturador duplo) e deverá apresentar as seguintes características:	
	INJEÇÃO DE SELAGEM	A/C = 1/2,5
	INJEÇÃO A ALTA PRESSÃO (> 2MPa)	A/C = 1/2,3
	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 7 DIAS	F_{CK} MÍN. = 27 MPa
	CIMENTO	CEM I 42,5 R
PRANCHAS DE MADEIRA	FLEXÃO	18 MPa
	COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS	11 MPa
	COMPRESSÃO NORMAL ÀS FIBRAS	18 MPa
	CORTE	4.8 MPa
	CLASSE DE QUALIDADE	E
	CLASSE DE DURAÇÃO DAS AÇÕES	Média
	CLASSE DE SERVIÇO	1
GEODRENOS	GEODRENO Ø50mm EM TUBOS PVC ENVOLTOS EM GEOTÊXTIL 150 gr/m^2	

5.2 Estruturas Definitivas

As caraterísticas dos materiais adotados no presente Projeto de Execução encontram-se apresentadas nos quadros seguintes:

Tabela 6 - Características dos materiais considerados na estrutura do túnel

MATERIAIS	**PROPRIEDADES**	
BETÃO	REGULARIZAÇÃO/ENCHIMENTO	C20/25 XC 0(P) CL 0.4 DMAX.22 S3
	SECÇÃO EM TÚNEL	C 40/50 XC4/XS1(P) CL 0.4 DMAX 22 S3
AÇO	AÇO EM ELEMENTOS DE BETÃO ARMADO	A500 NR SD
	REDE ELETROSSOLDADA	A 500ER
	AÇO EM ELEMENTOS DE BETÃO ARMADO	A500 NR SD
	ELEMENTOS DE FIXAÇÃO METÁLICA	CLASSE 8.8
No caso particular das soldaduras de elementos de construção metálica, a sua preparação e execução deverá obedecer ao estipulado no REAE, NP 1515 E NP EN 1993		

5.3 Recobrimentos Nominais

Os recobrimentos nominais adotados no presente Projeto de Execução encontram-se apresentados na tabela seguinte:

Tabela 7 - Recobrimentos nominais das armaduras

Recobrimentos Nominais (*) (**)		
Recobrimentos a Garantir de Acordo com Exigências de Resistência ao Fogo e Durabilidade dos Materiais **Vida Útil Considerada: 100 Anos** **Estabilidade ao Fogo: R120**	Elemento	Recobrimento nominal
	Estacas	75 mm
	Vigas de contenção provisória	35 mm
	Lajes e hasteais do túnel	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 0.005 m, devendo ser garantidos os recobrimentos mínimos definidos na EN 10080.

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, Poços de Ventilação e Túnel 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 classificam-se 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 de objeto desta Memória Descritiva e Justificativa enquadra-se na classe de inspeção 3, para betão moldado.

6.4 Categoria Geotécnica da obra associada às Estruturas de Contenção

A NP EN 1997-1:2010 estabelece 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, considera-se que a estrutura de contenção necessária à execução do túnel é 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 elevado. Assim, para uma classe de consequências CC3 para uma complexidade do projeto geotécnico média, atribui-se a Categoria Geotécnica 3 (CG3) à estrutura de contenção.

6.5 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.

6.6 Classificação do Tipo de Terreno

Relativamente ao tipo de terreno, o EC8 preconiza a seguinte classificação:

Tabela 8 – Tipos de Solos de acordo com o EC8

Tipo de solo	Descrição
A	Rocha ou fomação rochosa, incluindo no máximo 5m de material fraco à superfície
B	Depósitos muito densos de areias, cascalho ou argila muito compacta, com alguma espessura (na ordem das dezenas), caracterizados por um aumento gradual das propriedades mecânicas com a profundidade
C	Depósitos fundos de areia de média/alta densidade, cascalho ou argila compacta, com espessuras consideráveis (das dezenas às centenas de metros)
D	Depósitos de solos de média coesão soltos ou de solos de baixa coesão compactos
E	Formações aluvionares de pequena espessura (5 a 20m) sobre formações rochosas
S_1	Depósitos com uma espessura mínima de 10m, constituídos por argila/sedimentos com elevado nivel de plasticidade e alto nível freático
S_2	Depósitos de solos susceptíveis de liquefacção, argilas incoerentes ou outro tipo de solo que não se enquadre nas categorias acima descritas

Cada tipo de terreno é assim definido de forma mais rigorosa e a sua classificação é função da velocidade de propagação, das ondas de corte e coesão não drenada, conforme quadro abaixo.

Tabela 9 – Caracterização dos Solos de acordo com o EC8

Tipo de Solo	$v_{S,30}$ (m/s)	N_{SPT}	c_u (kPa)
A	> 800	-	-
B	360 - 800	> 50	> 250
C	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	< 180	< 15	< 70
E	Formações brandas com $v_{S,30}$ do tipo C ou D		

Onde:

$V_{S,30}$ - Velocidade das ondas de corte;

N_{SPT} - nº pancadas associadas ao ensaio SPT, para a cravação de 30 cm;

C_u – coesão não drenada.

Solo – Tipo A

6.7 Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas

6.7.1 Túneis

As obras em túnel e os 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/m2 em troços com comprimento de referência de 10 m e a 0,1 litros/m2 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 m2. Nos terrenos com presença de água sob pressão até 3 bar essa área fica limitada a 250 m2. Para valores indicativos de pressão superiores, o limite superior de área a considerar será de 200 m2.

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).

6.7.2 Estações subterrâneas

As estações subterrâneas deverão apresentar desempenho correspondente à classe 2 de BTS (2010)(1) complementada com as recomendações STUVA (Haack, 1991(2)) para a mesma classe.

O sistema de revestimento deverá garantir que a superfície interior se mantenha essencialmente seca, admitindo-se apenas, como manifestações de humidade, a existência de pequenas manchas isoladas. O contacto de mão seca com a mancha não deverá detetar água superficial. Igualmente um papel colocado sobre a mancha não deverá apresentar alteração cromática por via de absorção de água.

Esta exigência limita o influxo médio (espacial) diário de água a 0,1 litros/m2 em troços com comprimento de referência de 10 m e a 0,05 litros/m2 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.

Aplicam-se nas estações os princípios acima enunciados relativamente à compartimentação do sistema de impermeabilização dos túneis, com as devidas adaptações.

6.7.3 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

No presente capítulo descreve-se de uma forma geral as várias soluções adotadas para a obra em apresentação.

7.1 Solução de Contenção Provisória

Na conceção das soluções definidas no âmbito do presente Projeto de Execução procurou-se para além da necessária contenção dos terrenos a escavar, respeitar os seguintes pressupostos de base:

- Controlar as deformações nos terrenos envolventes à escavação, permitindo ainda a fácil adaptação da solução a eventuais singularidades de natureza geológico e geotécnica;
- Garantir a menor interferência possível com todas as estruturas e infraestruturas adjacentes;
- Procurar garantir facilidade, rapidez e segurança de execução;

A solução de escavação e contenção periférica proposta tem carácter provisório, apenas para permitir atingir as cotras de escavação previstas nos projetos de estabilidade. Em fase definitiva estão previstas soluções independentes das soluções descritas neste documento.

Face à profundidade de escavação, às condições geotécnicas locais e à proximidade dos arruamentos e edifícios, de forma a minimizar os riscos de descompressão do terreno e no sentido de garantir a segurança de toda a envolvente no decorrer da obra, adotou-se uma solução de contenção periférica baseada na execução faseada, de cima para baixo com a colocação de perfis metálicos verticais HEB160 afastados de 0,9 m em planta e colocados em furos de 300 mm de diâmetro previamente abertos no solo com equipamento adequado e selados no mínimo 2m nos calcários, abaixo da cota prevista para a base da escavação.

Ao nível da camada de aterros serão colocados painéis de pranchas de madeira com 16x8 cm de secção que serão encaixadas em perfis metálicos verticais HEB60, afastados de 0,90 m.

Ao nível dos calcários serão executados painéis de betão armado que apoiam nos perfis metálicos HEB 160 anteriormente colocados. A solução proposta consiste na execução de um muro gunitado pregado, com um mínimo de10 cm de espessura armado com uma malha AQ50. As pregagens propostas com 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 e 7.0m de comprimento têm 25 mm de diâmetro e um diâmetro de furação de 3´´ (75mm).

A Cortina será travada provisoriamente através de 2 ou 3 níveis de escoras ou ancoragens.

Os painéis constituídos por pranchas de madeira do primeiro nível são solidarizados à cabeça por intermédio de uma viga de coroamento com a espessura de 0,6 m e uma altura de 0,9 m.

Será ainda implementada um sistema de monitorização com o objetivo de avaliar as condições de segurança existentes durante a execução da obra, validar as hipóteses de cálculo consideradas no projeto e, no caso de comportamentos estruturais anómalos relativamente ao previsto, permitir intervir atempadamente na reformulação das soluções construtivas adotadas.

Face às condicionantes proporcionadas pelo faseamento necessário para manter a funcionalidade das vias de trânsito nesta zona, a solução necessita na sua generalidade da realização de 3 alçados de Cortina de Berlim provisório, conforme se mostra na Figura 2. Este tipo de solução apresenta a vantagem de permitir executar, antes da escavação, a estrutura de contenção definitiva, podendo o número de travamentos (ancoragens ou escoras) ser redefinidos em fase obra, em função das reais características dos terrenos escavados, assim como dos resultados do Plano de Instrumentação e Observação proposto.

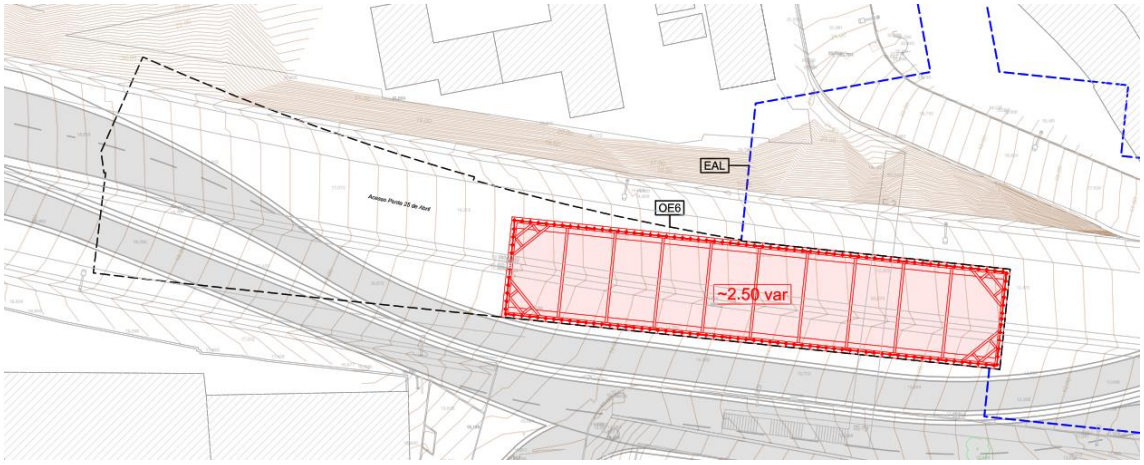


Figura 2 - Planta de Dimensionamento Contenção Provisória – 1ª Fase de escavação

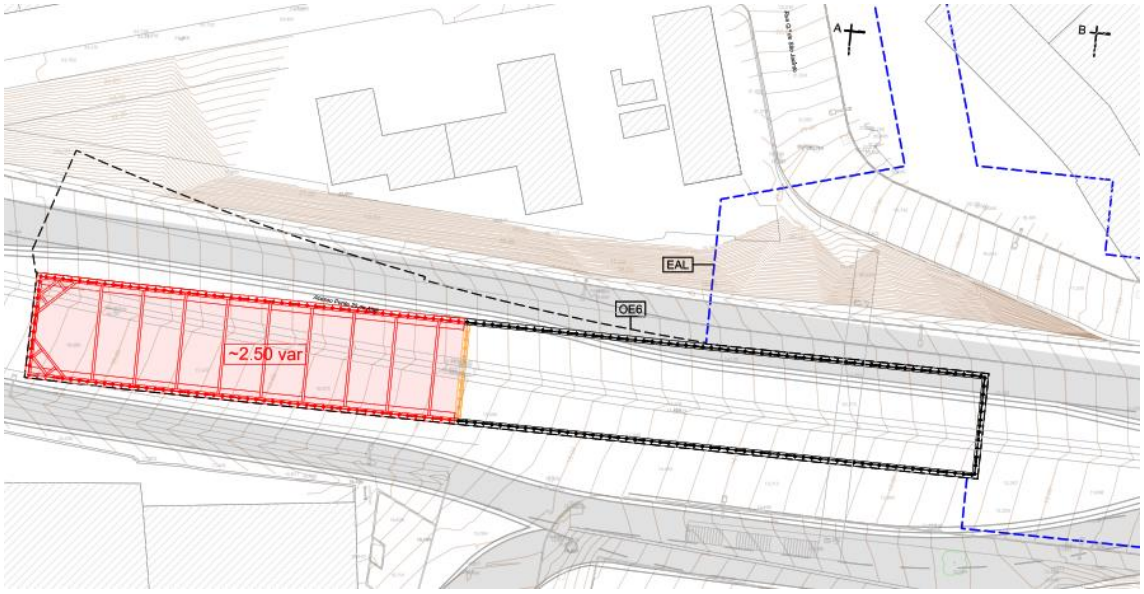


Figura 3 - Planta de Dimensionamento Contenção Provisória – 2ª Fase de escavação

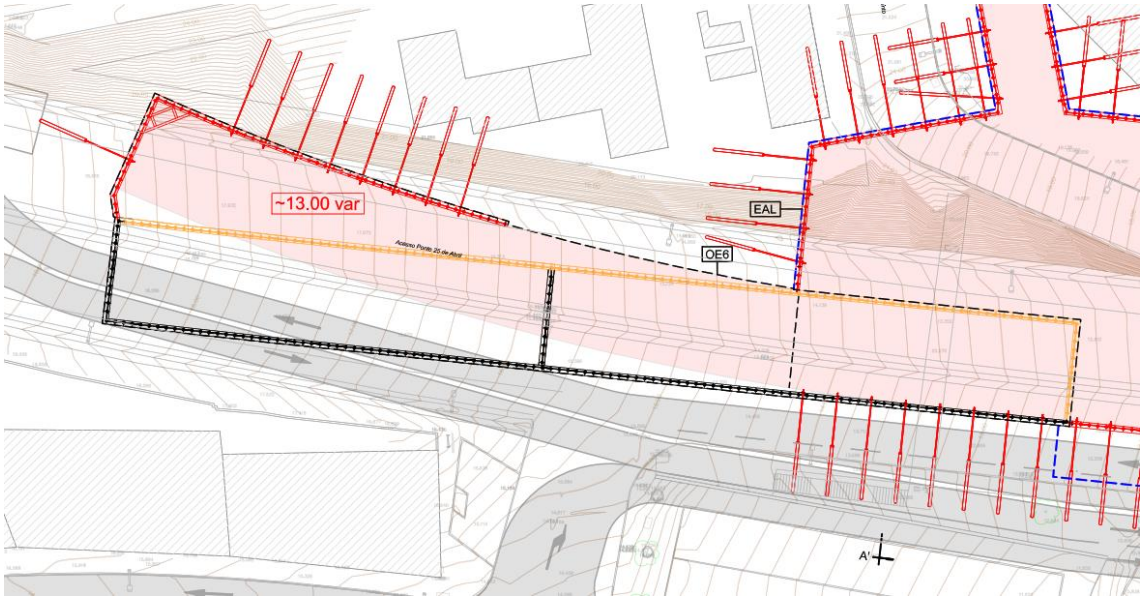


Figura 4 - Planta de Dimensionamento Contenção Provisória – 3ª Fase de escavação

A cortina será solidarizada entre si através de viga de coroamento e vigas de distribuição em betão armado e elementos metálicos, respetivamente. Estes elementos para a além de permitirem a solidarização dos perfis entre si, garantem também a correta transmissão dos esforços provenientes dos impulsos de terras aos elementos de travamento.

O terreno entre perfis, deverá ser revestido com betão projetado (5cm+5cm), devidamente armado com armaduras e drenado com recurso a um nível de geodrenos afastados a 3,6m.

As escoras serão materializadas através de perfis CHS245.5-12.5, ligados às vigas de distribuição de betão armado, com sistemas de suporte para a colocação destes elementos e respetivas soluções de cunha. Recomenda-se a pintura destes elementos à cor branca, para diminuir o efeito da variação de temperatura.

Por fim, as ancoragens serão constituídas, por 6 cordões de 0,60” e afastadas entre si a 3,6m, estas deverão ser seladas em formações competentes e geologicamente estáveis em relação à geometria total da escavação, através do sistema IRS. O respetivo diâmetro de furação não deverá ser inferior a 150mm (6”) e o comprimento de selagem no mínimo 6m, sendo os comprimentos livres expectáveis variáveis entre 12m, 10m, 8m e 6 metros. As ancoragens serão ligadas a vigas de betão armado ou a vigas de distribuição metálicas materializadas através de 2 perfis UPN 320, apoiadas nos perfis através de cachorros metálicos.

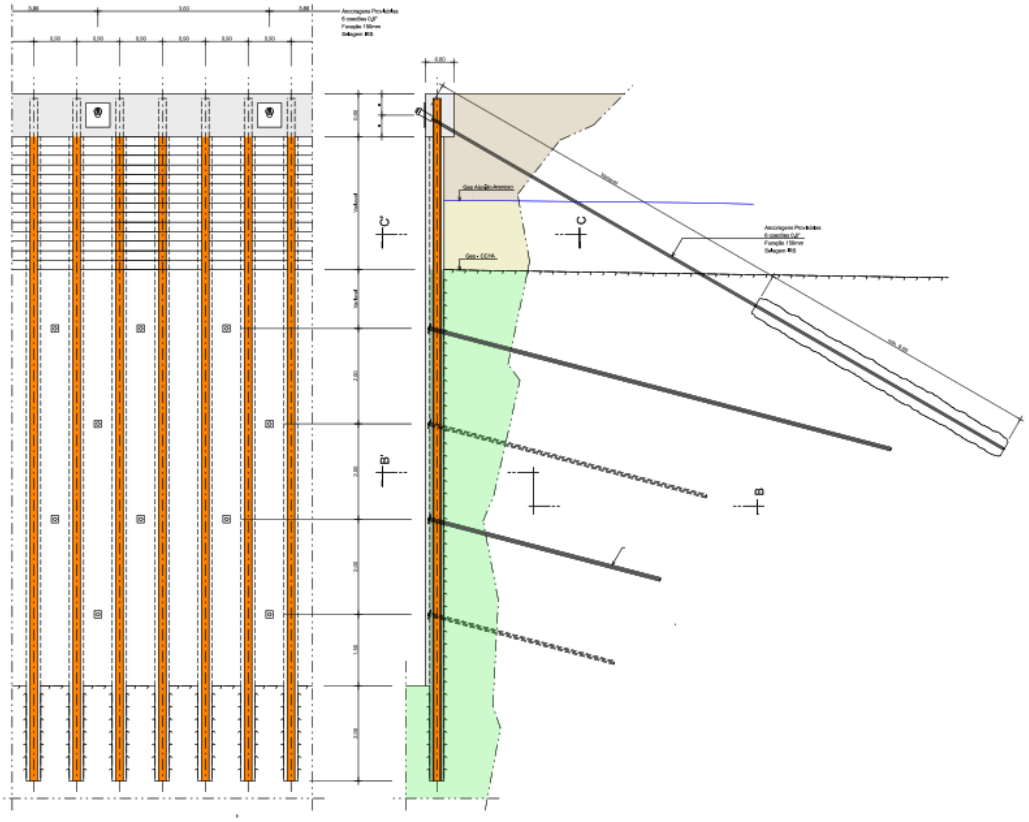


Figura 5 – Alçado e corte tipo da solução típica de contenção

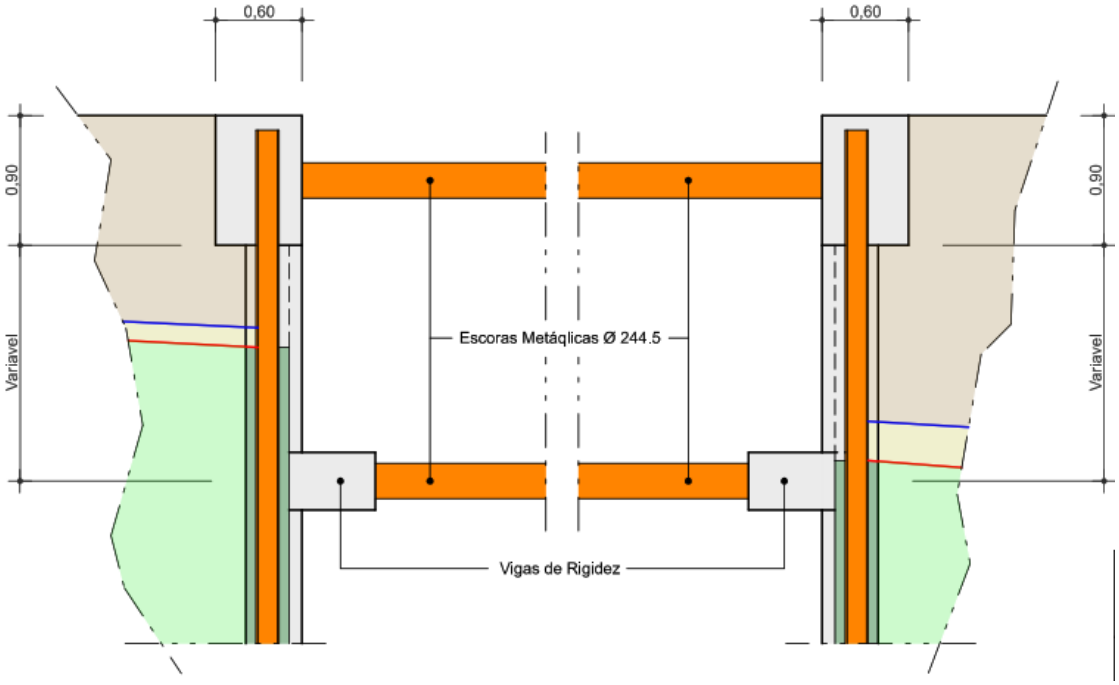


Figura 6 – Corte transversal da solução típica de contenção na OE6

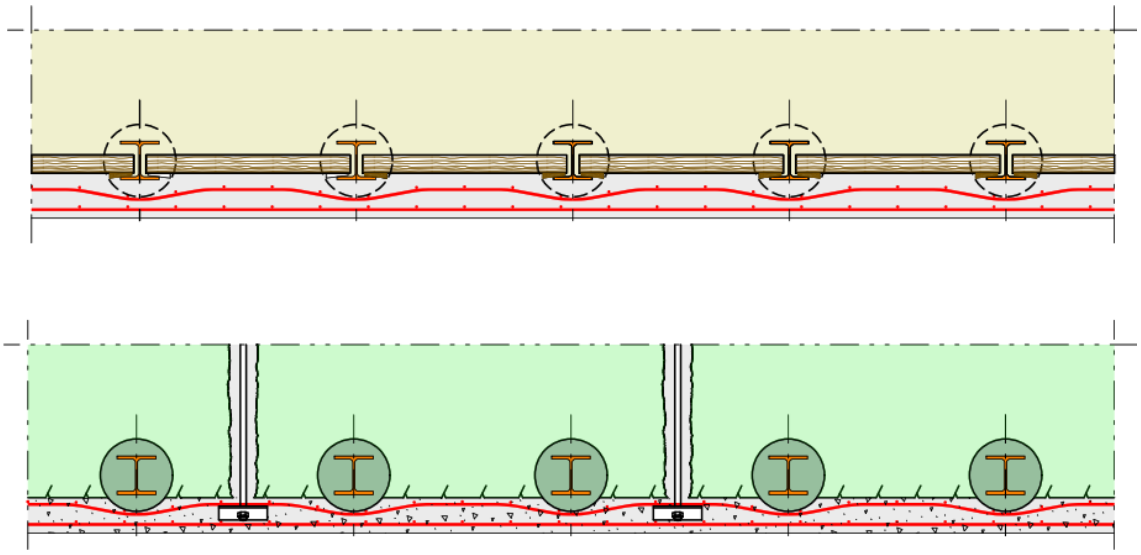


Figura 7 – Secção horizontal da solução de contenção, na zona de aluviões e aterros (imagem no topo) e gunitagem com pregagens na zona dos calcários (imagem inferior)

7.2 Solução de Fase Definitiva

Para a estrutura definitiva do túnel do metro e do LIOS prevê-se a adoção de processos construtivos habituais para este tipo de estrutura, adotando-se soluções betonadas "in-situ" executadas com recurso a cofragens tradicionais com cimbre ao solo. No entanto e conforme mostrado mais à frente neste capítulo, face ao faseamento necessário de cumprir e à localização dos túneis foi necessário prever a execução de vigas de ligação entre ambos os túneis.

Na Figura 8 e Figura 9 apresenta-se a solução estrutural da secção do túnel do LIOS e do túnel do metro preconizada para a zona do Alvito, quando estes se encontram desligados entre si.

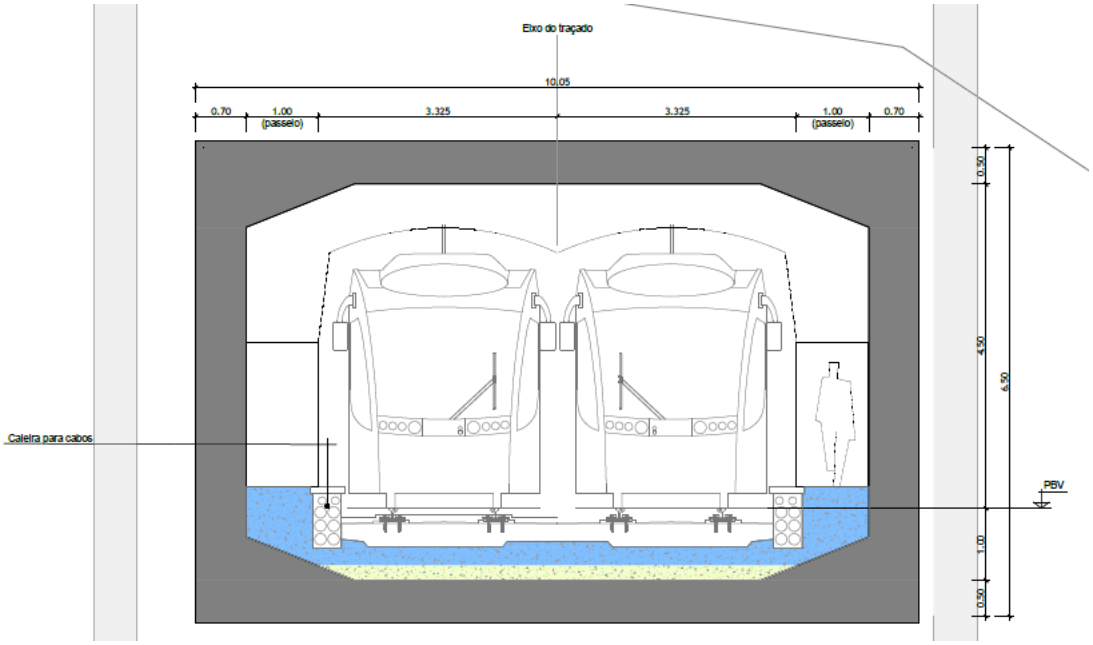


Figura 8 - Secção Tipo do Túnel do LIOS (sem escala)

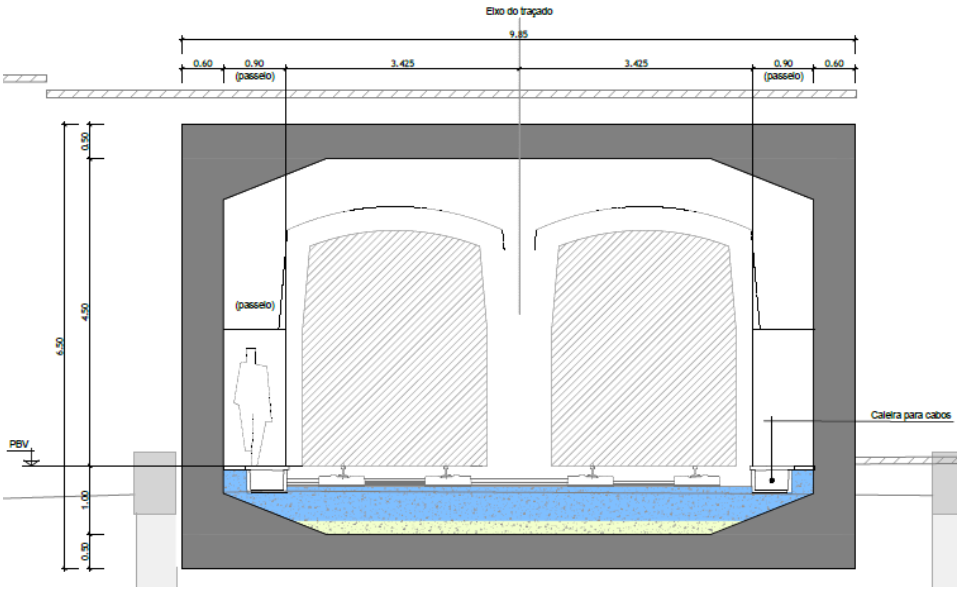


Figura 9 - Secção Tipo do Túnel do Metro (sem escala)

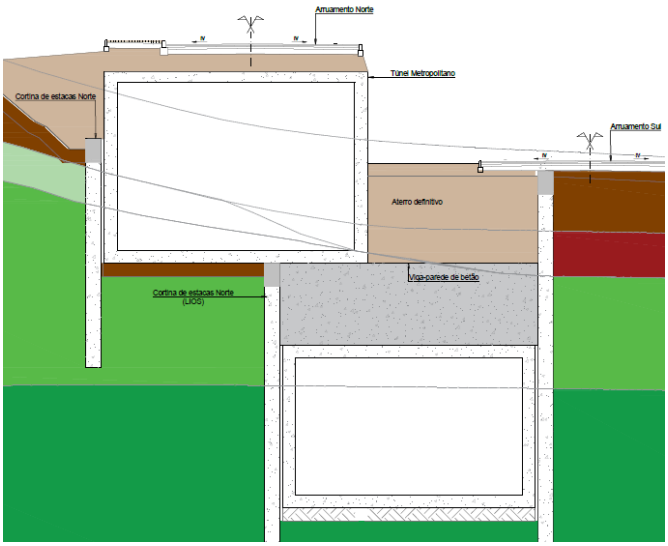


Figura 10 - Secção Tipo da solução de ligação entre o Túnel do Metro e Túnel do LIOS (sem escala)

Na extensão em que o túnel do metro se encontra por cima do túnel do LIOS, e sempre que o túnel do metro se encontre coincidente com o túnel do LIOS, na fase definita da estrutura foram definidas vigas-parede de ligação entre ambos os túneis, com uma secção de 0,60mx3,80m (bxh).

Após conclusão da estrutura do túnel, será executado o aterro sobre este, faseadamente e em conjunto com a desinstalação dos escoramentos metálicos, até à reposição das condições atuais em termos de cota altimétrica, infraestruturas no sub-solo e arranjos exteriores.

7.3 Sistema de Impermeabilização

De forma a cumprir as exigências de estanqueidade definidas no Caderno de Encargos, prevê-se para 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 m2.

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.

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

Na Figura 11 apresentam-se os pormenores do sistema de impermeabilização do revestimento definitivo na zona das paredes e da laje de fundo.

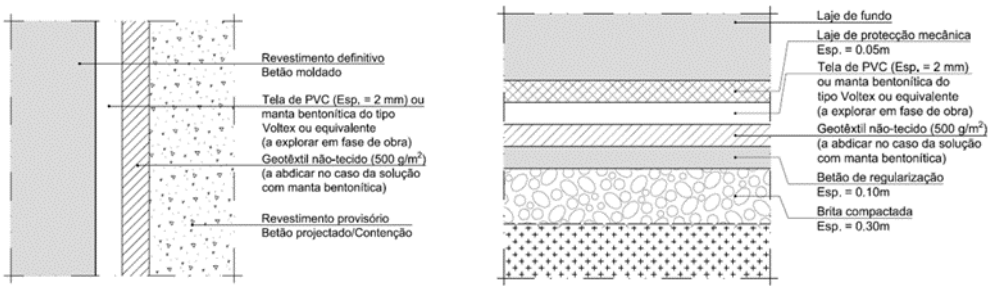


Figura 11 - Sistema de impermeabilização do revestimento definitivo das estruturas executadas a céu aberto

Propõe-se, para as estruturas executadas a céu aberto, explorar em fase de obra a possibilidade de utilização do sistema de impermeabilização a base de mantas bentoníticas.

Neste cenário, a explorar em fase de obra, a utilização de soluções com telas bentoníticas armadas com armadura de poliéster do tipo Voltex DS ou similar, protegidas a polietileno e geotêxtil, e com cordões hidroexpansivos.

8 FASEAMENTO CONSTRUTIVO

Neste capítulo apresentam-se de forma geral os faseamentos aplicados para as soluções definidas.

8.1 Solução de Contenção Provisória e Fase Definitiva

1. Instalação e zeragem de parte do sistema de instrumentação a implementar, em particular a instalação dos inclinómetros e piezómetro;
2. Realização de vistoria aos edifícios adjacentes ao recinto da escavação;
3. Levantamento e eventual desvio dos serviços que possam vir a ser afetados pela intervenção, localizados nos arruamentos adjacentes;
4. Preparação da plataforma de trabalho e dos respetivos acessos, devidamente compatibilizada com a solução adotada, para execução da cortina. Incluindo a demolição/remoção faseada das construções existentes no local;
5. Execução de furos necessários à implantação dos perfis metálicos HEB160 que aí deverão ser colocados e selados. A furação será realizada recorrendo a um entubamento ϕ = 320 mm que visa evitar o colapso do furo. A selagem deve ser realizada abaixo da cota de fundo de escavação e terá, pelo menos 2,0 m de profundidade na formação calcária competente;

6. Execução de uma vala com 0,9 m de altura para execução da viga de coroamento e execução da viga de coroamento de ligação dos perfis já executados, betonada, na face de extradorso, contra o terreno, deixando os negativos para o caso de haver ancoragens. Acompanhada da instalação e zeragem dos alvos topográficos definidos no Plano de Instrumentação e Observação;
7. Execução das ancoragens provisórias, de acordo com o disposto na EN1537:2013, e/ou instalação de escoramentos provisórios, ao nível da viga de coroamento;
8. Realização de ensaios de receção simplificados em todas as ancoragens, de modo a comprovar a sua eficácia para as cargas de dimensionamento. Nas ancoragens instrumentadas com células de carga deverão ser executados ensaios de receção detalhados. Todos os ensaios de receção deverão respeitar o disposto na EN ISSO 22477-5:2018;
9. Escavação acompanhada com a aplicação das pranchas de madeira entre os perfis de modo a conter as terras até à base da 1ª viga de distribuição
10. Escavação acompanhada com a aplicação das pranchas de madeira entre os perfis de modo a conter as terras até atingir a camada rochosa; Escavação no máximo 0,5 m abaixo do 1º nível de pregagens;
11. Furação de 3”, colocação da armadura e selagem com calda de cimento por gravidade para garantir a selagem da armadura às paredes do furo;
12. Após a execução do primeiro nível de pregagens e da gunitagem da área envolvente, prosseguir com a escavação para executar os níveis seguintes de pregagens e respetiva gunitagem, sempre 0.5 m no máximo abaixo da cota prevista para execução da pregagem;
13. Conclusão do muro pregado, até atingir a cota de escavação definida no projeto de estabilidade.
14. Execução de laje de fundo da secção definitiva do túnel do LIOS, incluindo todos os trabalhos relativos à execução da solução de impermeabilização preconizada em projeto;
15. Execução da restante estrutura do túnel do LIOS, incluindo execução de hasteais e laje de cobertura assim como todos os trabalhos relativos à execução da solução de impermeabilização preconizada em projeto;
16. Execução das vigas superiores de ligação entre túneis;
17. Execução de aterro faseado até à cota de base do túnel do metro;
18. Execução de laje de fundo da secção definitiva do túnel do metro, incluindo todos os trabalhos relativos à execução da solução de impermeabilização preconizada em projeto;
19. Execução da restante estrutura do túnel do metro, incluindo execução de hasteais e laje de cobertura assim como todos os trabalhos relativos à execução da solução de impermeabilização preconizada em projeto;
20. Remoção e desativação dos travamentos do 2º nível da contenção provisória;
21. Execução de aterro faseado até à cota de base da viga de coroamento;
22. Remoção e desativação dos travamentos do nível da viga de coroamento da contenção provisória;
23. Execução de aterro faseado até à cota final da fase definitiva com reposição de todos os serviços necessários.

9 PROJETO GEOTÉCNICO DAS CONTENÇÕES PROVISÓRIAS

A análise efetuada visou a realização de um estudo específico visando a análise de tensões e deformações experimentadas pelo solo ao longo das várias fases de execução da obra e as situações mais condicionantes para o dimensionamento estrutural.

As ações consideradas são as apresentadas no Tabela 10.

Tabela 10 - Ações de dimensionamento

Ações	Valor/Observação
CARGAS PERMANENTES	–
Peso próprio	$\gamma_{betão}$ = 25 kN/m^3
AÇÕES DO SOLO	–
Impulsos do solo	Adotaram-se os coeficientes de impulso horizontal definidos na parametrização geotécnica (ver Tomo I – Volume 6 – Estudo Geológico Geotécnico).
IMPULSOS DE ÁGUA	–
Impulsos hidrostáticos	$\gamma_{água}$ = 10 kN/m^3 Nível freático definido para cada secção de cálculo. Adotaram-se os níveis definidos nos estudos hidrogeológicos (ver Tomo I – Volume 6 – Estudo Geológico Geotécnico).
SOBRECARGAS Á SUPERFICIE	–
Carga de ocupação à superfície	10 kN/m^2

9.1 Combinações de ações para os estados limite e abordagens de cálculo

As combinações de ações baseiam-se nas regras definidas na NP EN 1990. Consideram-se as seguintes combinações de ações:

Combinação fundamental geral:

$$E_d = \sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} \text{"+"} \gamma_{Q,1} Q_{k,1} \text{"+"} \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Em que:

E_d - valor de cálculo do efeito das ações;

$\gamma_{G,j}$ – coeficiente parcial relativo à ação permanente j;

$G_{k,j}$ – valor característico da ação permanente j;

$\gamma_{Q,1}$ – coeficiente parcial relativo à ação variável de base de combinação 1;

$Q_{k,1}$ - valor característico da ação variável de base de combinação 1;

$\gamma_{Q,i}$ – coeficiente parcial relativo à ação variável i;

$\psi_{0,i}$ – coeficiente para a determinação do valor de combinação de uma ação variável;

$Q_{k,i}$ - valor característico da ação variável acompanhante i.

Combinação característica:

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

Em que:

E_d - valor de cálculo do efeito das ações;

$G_{k,j}$ – valor característico da ação permanente j;

$\psi_{2,i}$ – coeficiente para a determinação do valor quase-permanente de uma ação variável;

$Q_{k,i}$ - valor característico da ação variável acompanhante i.

Os coeficientes de redução ψ adotados são os definidos no Tabela 11:

Tabela 11 - Coeficientes de redução

Ação	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecargas	0,70	0,50	0,30

Em Portugal, as verificações respeitantes a estados limites últimos de rotura estrutural ou de rotura do terreno (STR/GEO) em situações persistentes ou transitórias devem ser efetuadas utilizando a Abordagem de Cálculo 1.

Assim, no presente projeto considerou-se a abordagem de cálculo 1 nos seguintes elementos:

- Combinação 1:A1 “+” M1 “+” R1.....(caso geral)
- Combinação 2: A2 “+” M2 “+” R1.....(caso geral)

Para a verificação da segurança aos estados limite serão considerados valores dos coeficientes parciais de segurança relativos às ações, de acordo com o estipulado nas normas NP EN1990 e NP EN1991 (Tabela 12) e aos materiais, segundo os regulamentos correspondentes a cada um destes estados limites (Tabela 13 e Tabela 14).

Tabela 12 - Coeficientes parciais de segurança utilizados nas ações

Ação		Símbolo	STR/GEO	
			A1	A2
Permanentes	Desfavorável	γ_G	1,35	1,00
	Favorável		1,00	1,00
Variável	Desfavorável	γ_Q	1,50	1,30

	Favorável		0,00	0,00

Tabela 13 - Coeficientes parciais de segurança utilizados na minoração das propriedades do terreno

Parâmetro do solo		STR/GEO	
	Símbolo	M1	M2
Ângulo de atrito interno em tensões efetivas	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesão em tensões efetivas	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistência ao corte não drenada	γ_{cu}	1,00	1,40
Peso volúmico	γ_{γ}	1,00	1,00

Tabela 14 - Coeficientes parciais de segurança relativos aos materiais para os estados limites últimos

Material	Símbolo	Situações persistentes e transitórias
Betão	γ_C	1,50
Aço para cambotas metálicas e pregagens expansivas	γ_S	1,15

Os valores dos coeficientes parciais dos materiais para a verificação dos estados limites de utilização são iguais à unidade.

Para a verificação da segurança ao estado limite de levantamento global (UPL) serão considerados os valores dos coeficientes parciais de segurança:

Tabela 15 - Coeficientes parciais de segurança utilizados nas ações.

Ação		Símbolo	UPL
Permanentes	Desfavorável	$\gamma_{G,dst}$	1,00
	Favorável	$\gamma_{G,stb}$	0,90
Variável	Desfavorável	$\gamma_{Q,dst}$	1,50

Tabela 16 - Coeficientes parciais de segurança utilizados na minoração das propriedades do terreno.

Parâmetro do solo	Símbolo	UPL
Ângulo de atrito interno em tensões efetivas [a)]	$\gamma_{\phi'}$	1,25
Coesão em tensões efetivas	$\gamma_{c'}$	1,25
Resistência ao corte não drenada	γ_{Su}	1,40
[a)]Este coeficiente é aplicado a tg ϕ'		

Para a verificação da segurança ao estado limite de levantamento hidráulico (HYD) serão considerados valores dos coeficientes parciais de segurança:

Tabela 17 - Coeficientes parciais de segurança utilizados nas ações.

Ação		Símbolo	HYD
Permanentes	Desfavorável	$\gamma_{G,dst}$	1,35
	Favorável	$\gamma_{G,stb}$	0,90
Variável	Desfavorável	$\gamma_{Q,dst}$	1,50

Os valores dos coeficientes parciais dos materiais para a verificação dos estados limites de utilização são iguais à unidade.

A verificação de segurança em relação aos estados limites últimos estruturais é garantida com base na seguinte condição:

$$S_d \leq R_d$$

em que S_d e R_d se designam respetivamente os valores de dimensionamento do esforço atuante e do esforço resistente.

Na consideração de um estado de limite de rotura ou de deformação excessiva de um elemento estrutural ou do terreno (STR ou GEO) deve ser feita a verificação de que:

$$E_d \leq R_d$$

em que E_d e R_d se designam respetivamente o valor de cálculo do efeito das ações e da capacidade resistente em relação a uma ação.

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 característica.

9.2 Modelos Numéricos

No dimensionamento estrutural e geotécnico das contenções provisórias foram consideradas as situações de projeto transitórias, correspondentes a condições temporárias e outras condições relacionadas com o faseamento construtivo da obra.

A análise estrutural foi realizada com base em modelos planos para o dimensionamento das secções representativas das estruturas de contenção.

Os modelos adotados foram realizados com recurso ao programa de elementos finitos SOFiSTiK, o qual permite modelar a interação entre o solo e as estruturas por meio de uma análise de tensões e deformações.

Os modelos de cálculo permitiram a modelação de todas as fases construtivas, metodologia essencial na análise deste tipo de estruturas, tendo sido obtidos como resultados, para além de deformações do maciço envolvente, os esforços nas estruturas de contenção em particular na Cortina de Berlim provisório, assim como nas escoras e ancoragens de travamento.

Com base nos esforços obtidos, realizaram-se as verificações de segurança dos elementos estruturais em relação aos estados limites últimos de rotura e aos estados limites de utilização. Os esforços resistentes foram, em geral, determinados a partir de folhas de cálculo ou, em alternativa, a partir de programas de cálculo automático.

Para definição da malha de elementos finitos, foram utilizados elementos retangulares de 4 nós tendo o nível de discretização da malha sido localmente ajustado para uma maior densidade de elementos finitos junto às estruturas de contenção.

O faseamento construtivo foi simulado de acordo com o previsto no projeto, tendo-se iniciado pela primeira fase de geração de tensões iniciais e em seguida execução das estruturas de contenção, nomeadamente Cortina de Berlim provisório, e aplicadas as sobrecargas à superfície sendo nesse momento efetuada uma zeragem das deformações antes de prosseguir para os seguintes passos. As fases seguintes foram simuladas conforme faseamento estabelecido nas peças desenhadas de projeto, incluindo a fase de execução da estrutura definitiva e execução do aterro sobre este de forma faseada com a desinstalação dos escoramentos metálicos.

Apresenta-se na Figura 12 o modelo elaborado para estudo da contenção provisória, na secção A, e nas figuras seguintes apresentam-se os modelos das secções B e C e o exemplo do faseamento construtivo para o primeiro modelo. Nestes modelos, as fronteiras verticais, à esquerda e direita, têm os deslocamentos horizontais fixos e a fronteira horizontal inferior tem os deslocamentos verticais fixos. As cortinas, são instaladas com elementos não lineares de interface.

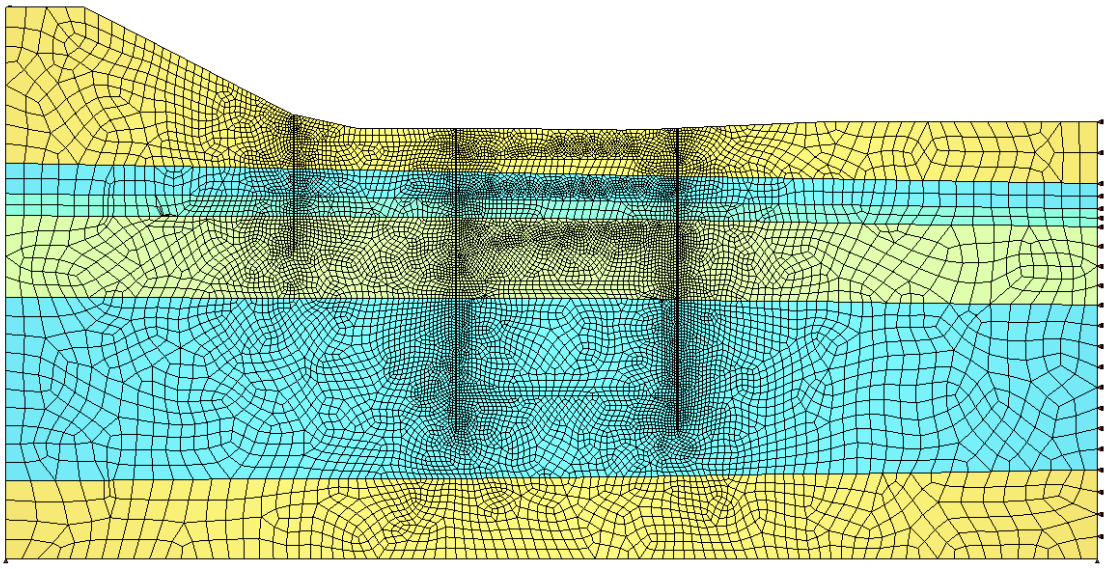


Figura 12 – Modelo de elementos finitos elaborado no *SOFiSTiK – Secção A – fase inicial*

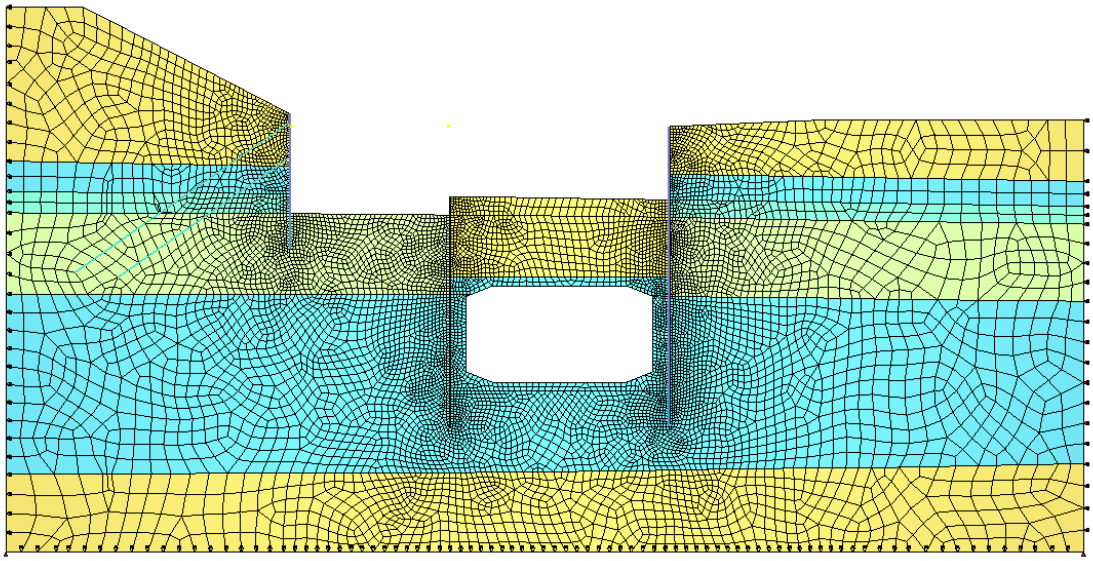


Figura 13 – Modelo de elementos finitos elaborado no *SOFiSTiK – Secção A – fase final*

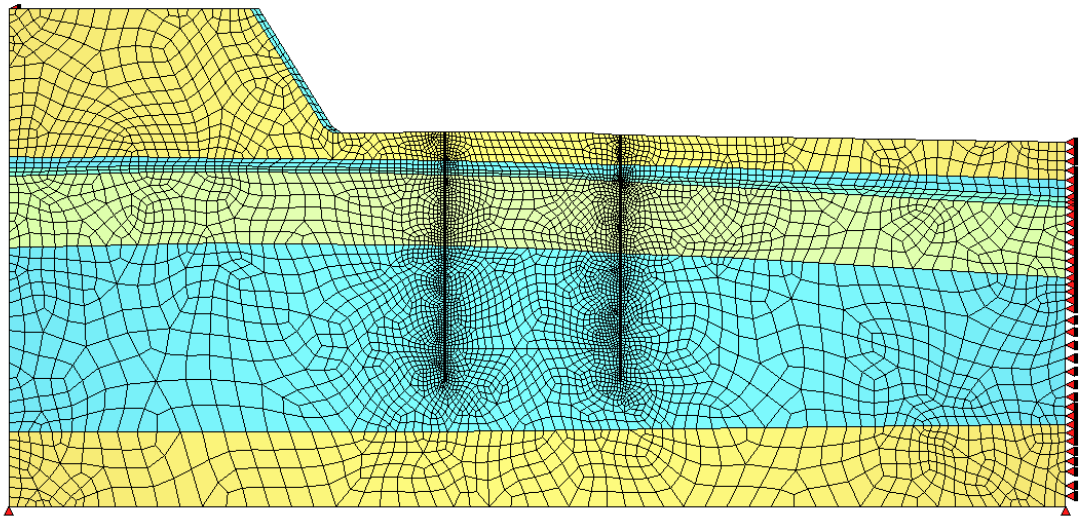


Figura 14 – Modelo de elementos finitos elaborado no *SOFiSTiK – Secção B – fase inicial*

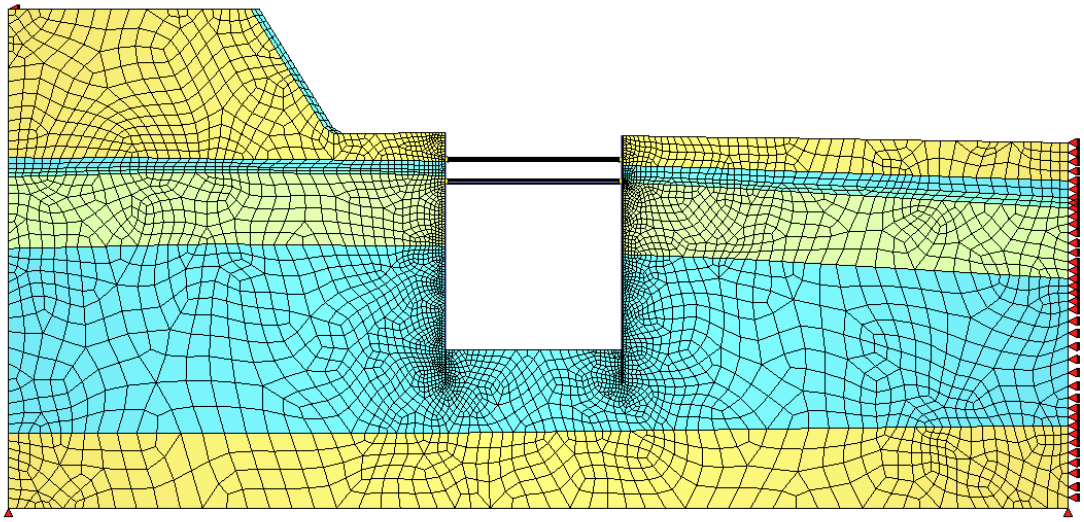


Figura 15 – Modelo de elementos finitos elaborado no *SOFiSTiK – Secção B – fase final*

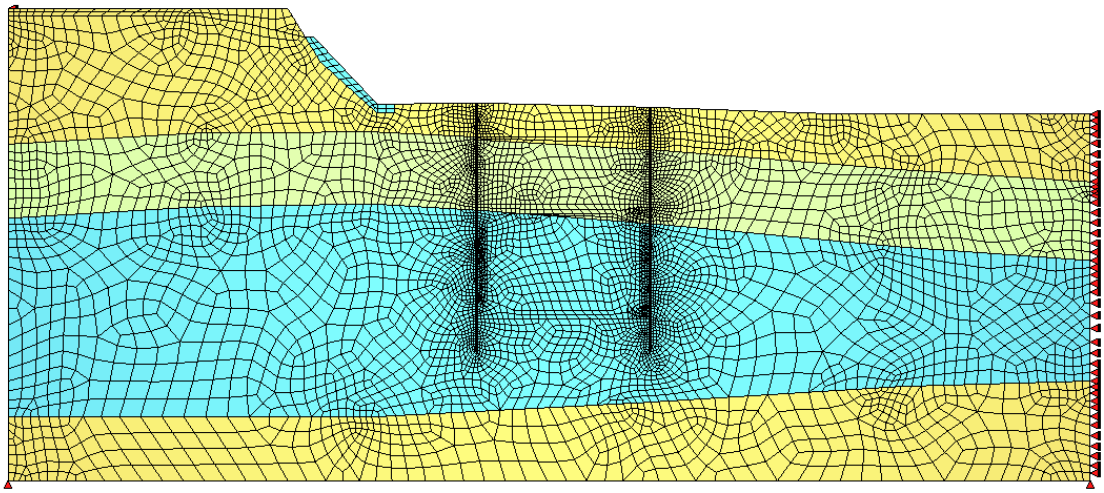


Figura 16 – Modelo de elementos finitos elaborado no *SOFiSTiK – Secção C – fase inicial*

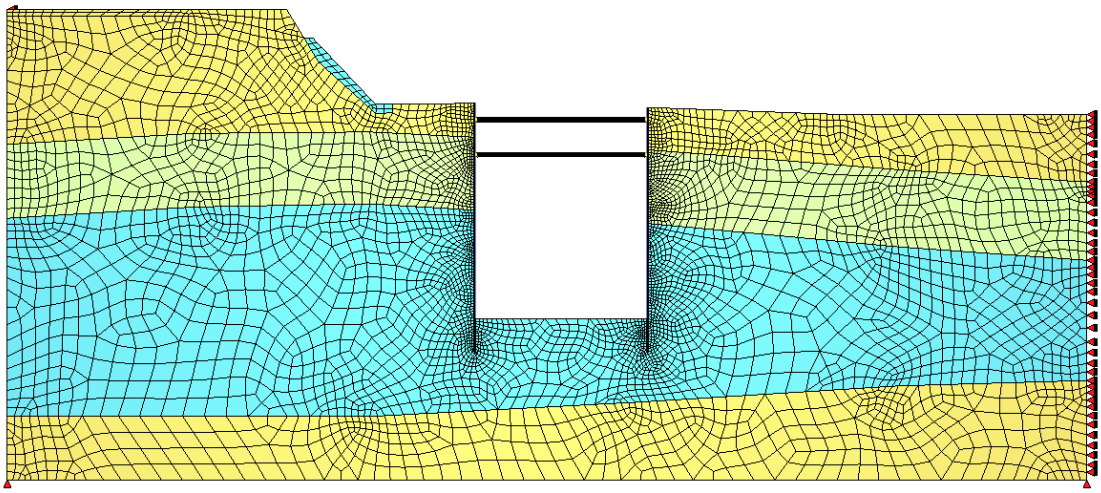


Figura 17 – Modelo de elementos finitos elaborado no *SOFiSTiK – Secção C – fase final*

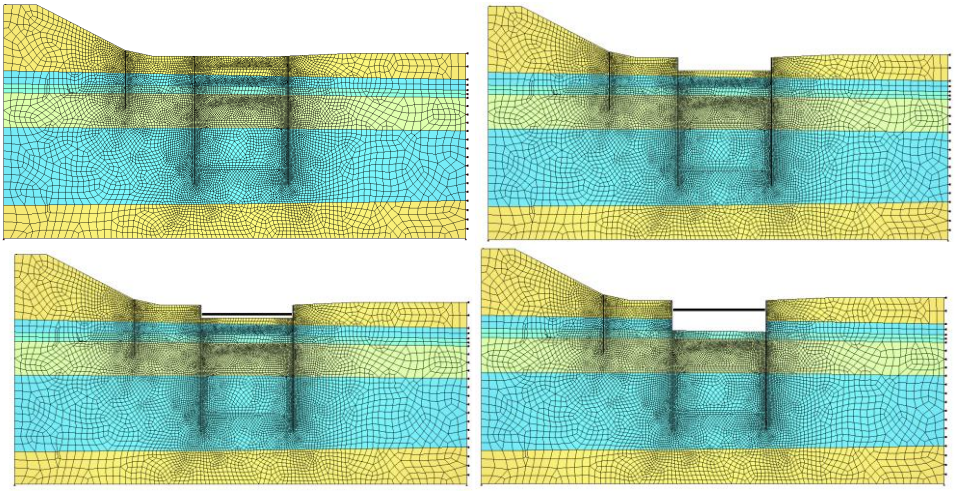


Figura 18 – Modelo de elementos finitos elaborado no *SOFiSTiK – Secção A – faseamento construtivo (1/4)*

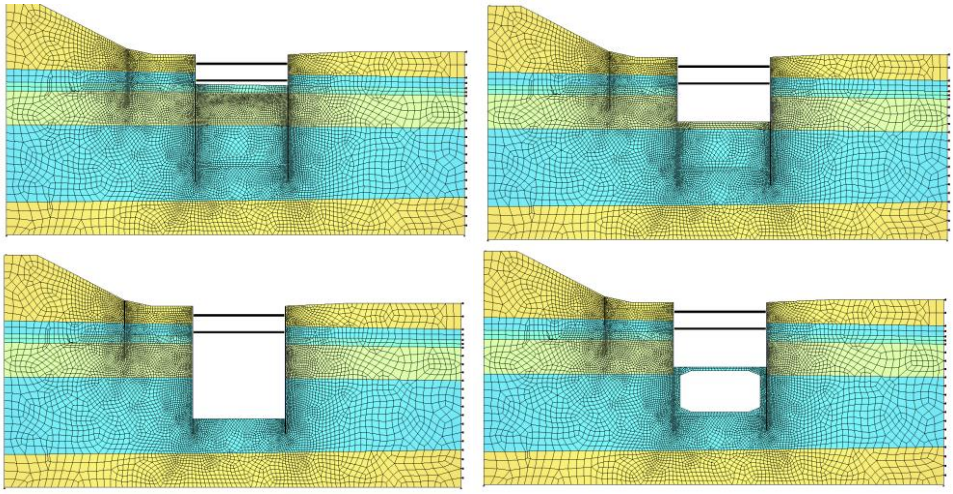


Figura 19 – Modelo de elementos finitos elaborado no *SOFiSTiK – Secção A – faseamento construtivo (2/4)*

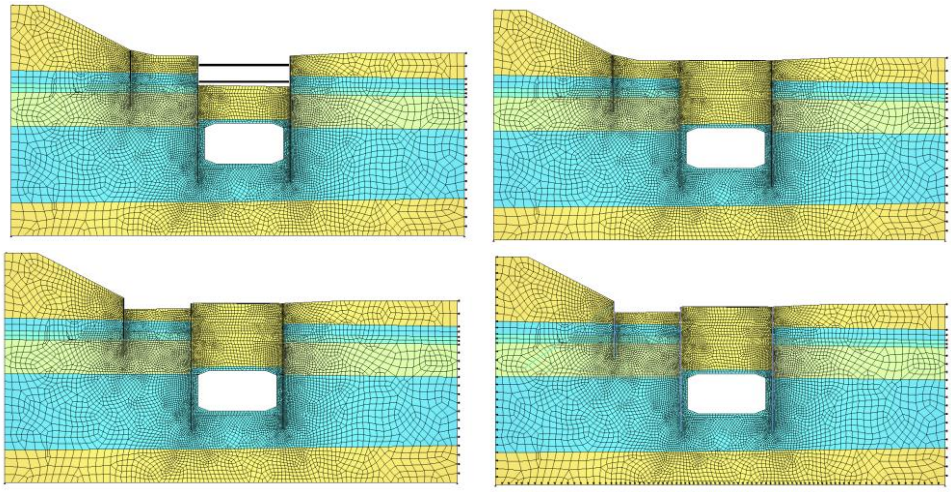


Figura 20 – Modelo de elementos finitos elaborado no *SOFiSTiK – Secção A – faseamento construtivo (3/4)*

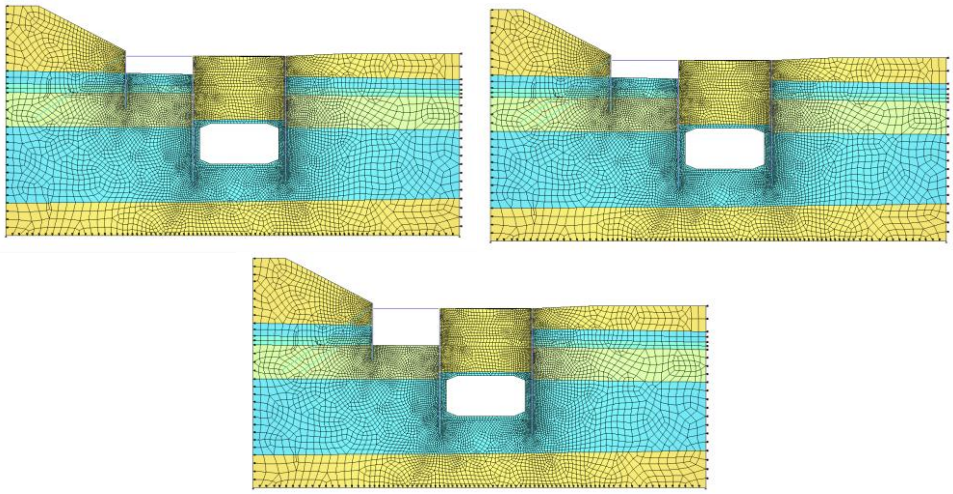


Figura 21 – Modelo de elementos finitos elaborado no *SOFiSTiK – Secção A – faseamento construtivo (4/4)*

9.3 Verificações de segurança

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.

Neste contexto, estes estados constituem limites para além dos quais a estrutura deixa de satisfazer os requisitos fundamentais de projeto, nomeadamente estados limites últimos e estados limites de utilização.

Com vista à verificação de segurança dos diversos elementos, as ações foram agrupadas nas seguintes combinações de ações:

Tabela 18 – 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.

Nesta fase de estudo consideraram-se relevantes as verificações da segurança aos estados limites dos elementos estruturais indicados na

Tabela 19, sendo as mesmas efetuadas de acordo com as disposições das normas NP EN 1992-1, NP EN 1993-1 e NP EN 1997-1.

Tabela 19 – Verificações de segurança associadas às contenções provisórias

	Tipo de verificação	
Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU)	Cortina de Berlim provisório	Estado limite último de resistência à flexão
		Estado limite último de resistência ao corte
	Microestacas	Estado limite último de resistência à encurvadura por varejamento
		Estado limite último de capacidade de carga do terreno (atrito lateral)
	Escoras	Estado limite último de resistência à encurvadura por varejamento
	Vigas de coroamento	Estado limite último de resistência à flexão
		Estado limite último de resistência ao corte
	Vigas de distribuição metálicas	Estado limite último de resistência à flexão
		Estado limite último de resistência ao corte
	Ancoragens	Estado limite último de resistência à tração
		Estado limite último de capacidade de carga do terreno (atrito lateral)
	Betão projetado	Estado limite último de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas
		Estado limite último de resistência ao esforço transverso/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas
Verificação da Segurança ao Estado Limite de Utilização (ELS)	Cortina de Berlim provisório	Deformação horizontal
	Terreno envolvente	Assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação

Apresenta-se para esta fase, no capítulo seguinte apenas algumas das verificações de segurança resumidas para os elementos principais da solução definida.

9.3.1 Estado Limite Último de 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.

9.3.2 Estado Limite Último de resistência ao corte de elementos

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

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

Em que:

V_{Ed} valor de cálculo do esforço transverso atuante;

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

A armadura de esforço transverso 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 transverso constituída por estribos verticais.

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

onde:

θ - ângulo das bielas de betão com o eixo do elemento;

A_{sw} - área da armadura de esforço transverso;

s - espaçamento da armadura de esforço transverso;

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 transverso;

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.

9.3.3 Estado Limite Último de capacidade de carga do terreno

Dado que as ancoragens se encontram à tração as características atribuídas à resistência de ponta são nulas, considerou-se, que o bolbo de selagem das ancoragens, funcionará apenas por resistência lateral. Segundo o Eurocódigo 7 a verificação da segurança é garantida pela condição:

$$\frac{N_{raro}}{R_{c;m}} \leq FS$$

onde:

N_{raro} - valor de cálculo das ações axiais correspondentes à combinação rara.

$R_{c;m}$ - valor médio da resistência do bolbo de selagem, determinado de acordo com a metodologia de Doix e Bustamante.

A resistência média do bolbo de selagem é dada pela expressão seguinte:

$$R_{c;m} = \pi \cdot \alpha \cdot D_d \cdot q_s \cdot L_{selagem}$$

em que:

α - Coeficiente de expansibilidade do furo na zona selada. Foram considerados os valores recomendados pelo fabricante, para os terrenos de selagem dos elementos;

D_d - Diâmetro de furacão;

q_s - Valor médio da resistência unitária última da interface calda-terreno, obtido a partir dos ábacos de Bustamante e Doix (1985) em função do tipo de terreno e do tipo de re-injeção;

$L_{selagem}$ - Comprimento do bolbo de selagem;

FS - Fator de segurança segundo EC7, sendo função das acções e tipo de cargas.

9.3.4 Estado limite último de resistência à encurvadura por varejamento

No que respeita aos perfis horizontais, do tipo HEB, de acordo com o Eurocódigo 3, a verificação da segurança ao estado limite último de resistência à encurvadura pode ser assegurado de acordo com a seguinte condição:

$$N_{b.Rd} = \chi \cdot A_s \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

onde:

N_{Sd} - Valor de cálculo do esforço axial atuante;

$N_{b.Rd}$ - Valor de cálculo da resistência à encurvadura global.

A resistência à encurvadura global por varejamento é definida pela seguinte expressão:

sendo:

A_s - Área da secção transversal;

f_y - Tensão de cedência do aço;

γ_{M1} - Coeficiente parcial de segurança, considerado igual a 1,0;

χ - Fator de redução para o modo de encurvadura.

9.3.5 Estado Limite Último De Resistência à Tração

De acordo, com EN 1537, toma-se que o valor máximo da tração de blocagem (P0) aplicada deve ser limitado pelo valor de 0,60 Rt,k.

Por outro lado, admitem-se perdas por reentrada das cunhas aquando a aplicação do pré-esforço, tem-se então, para o número de cordões de cada cabo de pré-esforço os seguintes valores:

Para a estimativa do valor das perdas por reentrada das cunhas, por cordão, tem-se a seguinte relação:

$$\Delta P_{cordão} = \frac{EA}{L} \times \Delta d$$

Sendo:

E – Módulo de elasticidade do aço;

A – Área dos cordões da ancoragem;

L – Comprimento livre da ancoragem;

Δd – Reentrada das cunhas.

De acordo com a EN 1537 encontra-se verificada a segurança ao Estado Limite Último de tração desde que seja assegurada a seguinte condição:

$$\frac{P_d}{R_{t;d}} \leq 1$$

Onde:

P_d - Valor de cálculo da força de pré-esforço aplicado na ancoragem.

$R_{t;d}$ - Valor de cálculo da resistência da armadura da ancoragem à tração, sendo esta dada por:

$$R_{t;d} = \frac{R_{t;k}}{\gamma_R}$$

em que:

$R_{t;k}$ - Valor característico da resistência da armadura da ancoragem à tração. Nesta verificação constitui o valor característico da força de rotura à tração da armadura da ancoragem;

γ_R - Fator parcial associado a resistência da ancoragem. Foi admitido no mínimo um valor de 1,35.

O valor característico da capacidade resistente da armadura que constitui ancoragem ($R_{t;k}$), pode ser determinado pela seguinte equação:

$$R_{t;k} = A_t \cdot f_{t;k}$$

onde:

A_t - Área da secção transversal da armadura de pré-esforço. Neste caso igual a 6x140 mm2 (6 cordões de 0,6') por seção;

$f_{t;k}$ - Valor característico da tensão de rotura à tração da armadura de ancoragem. Neste caso para o aço 1670/1860 toma o valor de 1860MPa.

De acordo com a mesma Euro-norma, a carga de blocagem aplicada deverá ainda respeitar a seguinte relação:

$$P_0 \leq 0{,}60 \cdot R_{t;k}$$

10 PROJETO DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS

10.1 Ações

Na fase de Projeto de Execução foram consideradas no dimensionamento das estruturas as ações regulamentares bem como as ações definidas no Normativo do Metropolitano de Lisboa.

10.1.1 Ações Permanentes

As ações permanentes consideradas na análise foram as seguintes:

- Peso Próprio da estrutura (PP) – Para o peso do betão armado da estrutura considerou-se um peso específico de γ_c = 25 kN/m^3;

- Restantes Cargas Permanentes (RCP) (revestimentos em zonas correntes, técnicas e coberturas) – valores determinados em função dos materiais e tipo de revestimento previsto;

- Retração e Fluência (Ret+Flu) – Os efeitos de retração e fluência do betão são ações ao longo do tempo consideradas permanentes. As extensões devidas à retração e os coeficientes de fluência foram consideradas de acordo com o estipulado na regulamentação europeia, NP EN1992-1-1 para uma idade de 10 000 dias após o início da construção.

Foram considerados os seguintes parâmetros para a sua quantificação: Humidade relativa média de 70% e temperatura ambiente de 20ºC;

Para quantificação dos esforços decorrentes desta deformação imposta considera-se o módulo de elasticidade do betão igual a metade do seu valor real e o coeficiente de dilatação térmica linear com valor: $\alpha = 10x10^{-6}$.

- Impulso de Terras (It) – Foram considerados os impulsos de terreno, calculados tendo em conta as caraterísticas geomecânicas dos maciços interessados (de acordo com o zonamento geotécnico apresentado nas peças desenhadas

- Impulso Hidrostático (Iw) – Considera-se a existência de água e consequentemente a ação do impulso hidrostático abaixo da interface do afloramento do complexo vulcânico (β+τ) e na faixa onde ocorrem os aterros heterogéneos. Para a determinação dos impulsos hidrostático considerou-se um peso específico da água de γ_w = 10 kN/m^3.

10.1.2 Ações Variáveis

As ações variáveis consideradas na análise foram as seguintes:

- Sobrecarga de tráfego – (SC_Traf);
- Sobrecarga de terrapleno – (SC_Terr) – Foi considerada uma sobrecarga de 10 kN/m2 para a determinação dos impulsos de terras;
- Sobrecarga Coberturas elevadas não acessíveis – (SC_Cob);
- Sobrecarga em coberturas enterradas com recobrimento de terras>1 m (ponto 2.2.2. c.1 das Normas de Projeto de Estruturas do Metropolitano, E.P.) – (SC_ML);
  No caso de existência de edifícios esta carga será substituída, se for mais desfavorável, por uma carga uniformemente distribuída de 12 kN/m2 por piso;
- Sobrecarga Geral (pisos-corrente) – (SC_GER);
- Sobrecarga Geral (pisos-técnicos) – (SC_TECN) de acordo com o definido nas Normas de Projeto de estruturas do Metropolitano, E. P.;
- Sobrecarga Ferroviária: Comboio Tipo (CT);
- Ação da temperatura – temperatura uniforme + temperatura diferencial (Δtu+Δtd);
- Levantamento de Estruturas – para transferência de cargas (LEV);

- Vento (W) – Nas estruturas expostas ao vento foi consideração a ação do vento quantificada de acordo com a NP EN 1991-1-4;
- Ações vibratórias externas.

10.1.3 Ação Sísmica

O efeito do sismo nas estruturas enterradas (túneis e estações) materializa-se pela imposição de deslocamentos no seu contorno em resultado da propagação das ondas sísmicas, em parte influenciada pela presença das próprias estruturas e dos edifícios adjacentes. Estes deslocamentos impõem deformações na estrutura as quais, por sua vez, geram tensões e esforços de natureza sísmica.

Os deslocamentos podem ser calculados por uma análise integrada, com um modelo de propagação de ondas incidentes desde o firme rochoso sísmico subjacente, ou por uma análise simplificada através de um modelo em que se admitem conhecidos previamente os deslocamentos sísmicos impostos. No presente estudo foi seguida esta segunda metodologia.

A ação sísmica é definida com base no espetro de resposta elástico de aceleração constante do DNA da parte 1-1 do Eurocódigo 8 para as zonas sísmicas 1.3 e 2.3. No caso da definição da ação sísmica à superfície, é considerado o tipo de terreno segundo o critério definido no Quadro 3.1 da EN 1998-1. No caso da definição da ação sísmica a uma profundidade correspondente a um firme rochoso sísmico é considerado o tipo de terreno A.

O movimento sísmico é introduzido, com a consideração do efeito de radiação energética, ao longo da fronteira rígida inferior do modelo, tradicionalmente associada a velocidades de propagação de ondas de corte superiores a 800 m/s. A consideração dos efeitos não lineares no comportamento dinâmico do terreno é garantida através da adoção do espetro de resposta elástico acima referido e da modelação da dependência das propriedades de deformabilidade e de amortecimento relativamente à deformação de corte (método linear equivalente).

A metodologia de análise incorpora as seguintes fases:

- Estudo do maciço envolvente adotando uma estratificação realista, com consideração da não-linearidade através do método linear equivalente, que incluem a estrutura sob uma forma simplificada;
- Imposição estática, a um modelo estrutural detalhado, do campo cinemático de distorção mais desfavorável obtido na análise anterior e cálculo dos correspondentes esforços nas estruturas subterrâneas.
- Consideração dos esforços de origem sísmica nas combinações de ações para situações de projeto sísmicas.

Foram seguidas as indicações do Anexo C7 – “Análise Sísmica de Estruturas Enterradas” das Cláusulas Técnicas (CET) do Caderno de Encargos, que indicam a metodologia de análise sísmica das estruturas enterradas, com a dependência das propriedades dinâmicas (deformabilidade ao corte e amortecimento) relativamente à amplitude de distorção sísmica (método linear equivalente) para a estimativa da deformada sísmica do terreno e da estrutura.

Nas estruturas totalmente enterradas os efeitos inerciais da sua resposta são desprezáveis, pelo que se recorreu simplificadamente a uma análise de interação cinemática. Nesta, a envolvente mais desfavorável de deslocamentos sísmicos é imposta, estaticamente, a um modelo estrutural detalhado da estrutura enterrada. Os esforços sísmicos assim calculados são considerados nas situações de projeto sísmicas.

10.1.4 Ações Acidentais

10.1.4.1 Ação Acidental de Incêndio

Na verificação da segurança estrutural para a ação do fogo foram considerados os seguintes critérios:

1. Manter a função de suporte de carga em pelo menos durante 120 minutos;
2. Limitação da propagação de fogo (chamas, gases quentes, excesso de calor).

Estes critérios são cumpridos adotando-se as disposições prescritas no EN 1992 1-2, no qual são apresentados valores tabelados que indicam as dimensões mínimas para elementos estruturais bem como os recobrimentos mínimos das armaduras.

No que se refere aos recobrimentos, os valores mínimos apresentados no quadro do capítulo 5 da EN 1992 1 2 são em geral inferiores aos mínimos necessários para garantir os requisitos de durabilidade. No capítulo 5 estão indicados os valores dos recobrimentos adotados para cada elemento estrutural com vista a garantir o requisito de durabilidade e de resistência ao fogo.

10.2 Combinações de Ações

10.2.1 Combinação de Ações para os Estados Limites Últimos (ELU)

As combinações de ações baseiam-se nas regras definidas na EN 1990. Consideram-se as seguintes combinações de ações:

10.2.1.1 Combinações fundamentais:

Para a verificação da segurança aos estados limites últimos de resistência, as combinações a considerar são (combinações fundamentais):

Em geral

$$S_d = \sum_{i=1}^{n} \gamma_{Gi} S_{Gik} + \gamma_Q \left[S_{Q1k} + \sum_{j=2}^{m} \psi_{0j} S_{Qjk} \right]$$

Em que:

S_{Gik} – esforços resultantes de ações permanentes consideradas com os seus valores característicos;

S_{Q1k} – esforço resultante da ação variável base tomada com o seu valor característico;

S_{Qjk} – esforços resultantes das restantes ações variáveis tomadas com os seus valores característicos.

γ_{Gi} – Coeficiente de segurança a aplicar às cargas permanentes que toma o valor de 1.35, quando desfavorável ou valor de 1.0, caso contrário;

γ_Q– Coeficiente de segurança a aplicar às ações variáveis que toma o valor de 1.50 as ações variáveis quando estas têm efeitos desfavoráveis, ou valor nulo caso contrário;

ψ_0 – Valor reduzido da ação variável i.

10.2.1.2 Combinações acidentais:

$$S_d = \sum_{i=1}^{n} S_{Gik} + S_{Fa} + (\psi_{1,1} \text{ou } \psi_{2,1})\, S_{Q,1} + \sum_{j=1}^{m} \psi_{2j}\, S_{Qjk}$$

Em que:

S_d – Esforço de cálculo;

$S_{Q,1}$ – Esforço resultante de uma ação variável distinta da ação de base, tomada com o seu valor característico;

S_{Fa} – Esforço resultante de uma ação de acidente, tomada com o seu valor característico;

O valor do coeficiente $(\psi_{1,1} \text{ou } \psi_{2,1})\, S_{Q,1}$ é definido em função da situação de projeto acidental correspondente (choque, incêndio ou a sobrevivência após uma situação de acidente).

10.2.1.3 Combinações Sísmicas:

No caso da ação variável de base ser a ação sísmica, cujos valores de cálculo dos esforços são designados por S_{Ed}, tem-se:

$$S_d = \sum_{i=1}^{n} S_{Gik} + S_{Ed} + \sum_{j=1}^{m} \psi_{2j}\, S_{Qjk}$$

Em que:

S_d – Esforço de cálculo;

ψ_2 – Valor reduzido da ação variável j.

10.2.2 Combinação de Ações para os Estados Limites de Serviço (ELS)

Para a verificação da segurança aos estados limites de utilização as combinações a considerar são as seguintes:

10.2.2.1 Combinação rara de ações:

$$S_{Carac} = \sum_{i=1}^{n} S_{Gik} + S_{Q1k} + \sum_{j=2}^{m} \psi_{1j}\, S_{Qjk}$$

10.2.2.2 Combinação frequente:

$$S_{Freq} = \sum_{i=1}^{n} S_{Gik} + \psi_{11}\, S_{Q1k} + \sum_{j=2}^{m} \psi_{2j}\, S_{Qjk}$$

10.2.2.3 Combinação quase permanente:

$$S_{QPerm} = \sum_{i=1}^{n} S_{Gik} + \sum_{j=1}^{m} \psi_{2j}\, S_{Qjk}$$

Em que:

S_{Gik} – esforços resultantes de ações permanentes consideradas com os seus valores característicos;

S_{Q1k} – esforço resultante da ação variável considerada como ação de base da combinação, tomada com o seu valor característico;

S_{Qjk} – esforços resultantes das restantes ações variáveis tomadas com os seus valores característicos.

ψ_1 e ψ_2 – Valores reduzidos da ação variável j.

10.3 Modelos Numéricos

No dimensionamento estrutural e geotécnico da estrutura definitiva do túnel do metro e do LIOS a análise estrutural foi realizada com base em modelos planos e tridimensionais para o dimensionamento das secções representativas das secções dos túneis.

Os modelos adotados foram realizados com recurso ao programa de elementos finitos SOFiSTiK, o qual permite modelar a secção bidimensional dos túneis.

Os túneis foram modelados através de elementos de barra apoiadas ao longo do seu contorno através de molas elásticas com valor da rigidez equivalente do solo confinante.

Com base nos modelos consideraram-se os esforços obtidos para realizar as verificações de segurança dos elementos estruturais em relação aos estados limites últimos de rotura e aos estados limites de utilização. Os esforços resistentes foram, em geral, determinados a partir de folhas de cálculo ou, em alternativa, a partir de programas de cálculo automático.

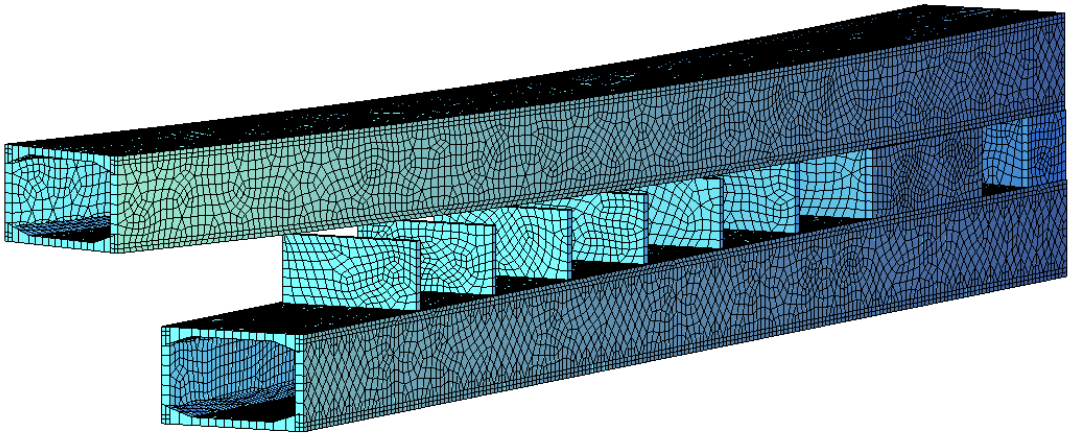


Figura 22 – Vista do modelo tridimensional de elementos finitos do Túnel do LIOS e Metro (*SOFiSTiK)*

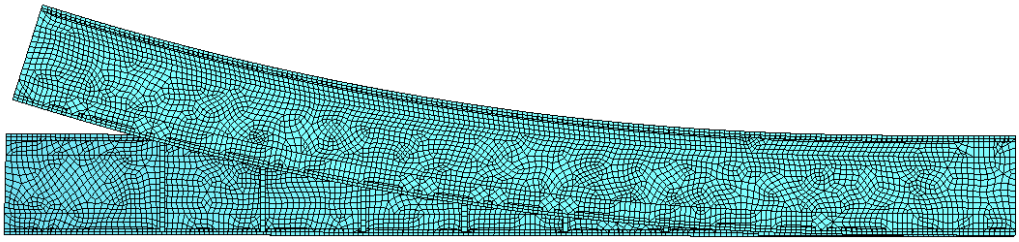


Figura 23 – Planta do modelo tridimensional de elementos finitos do Túnel do LIOS e Metro (*SOFiSTiK)*

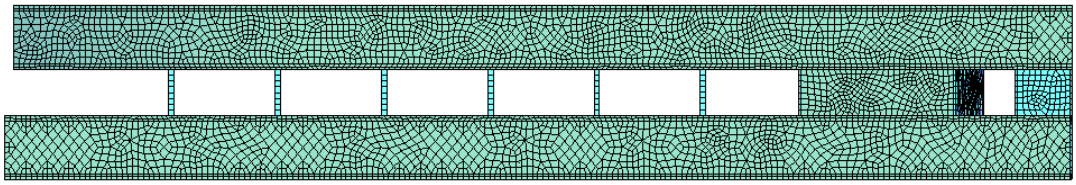


Figura 24 – Alçado Longitudinal do modelo tridimensional de elementos finitos do Túnel do LIOS e Metro (*SOFiSTiK)*

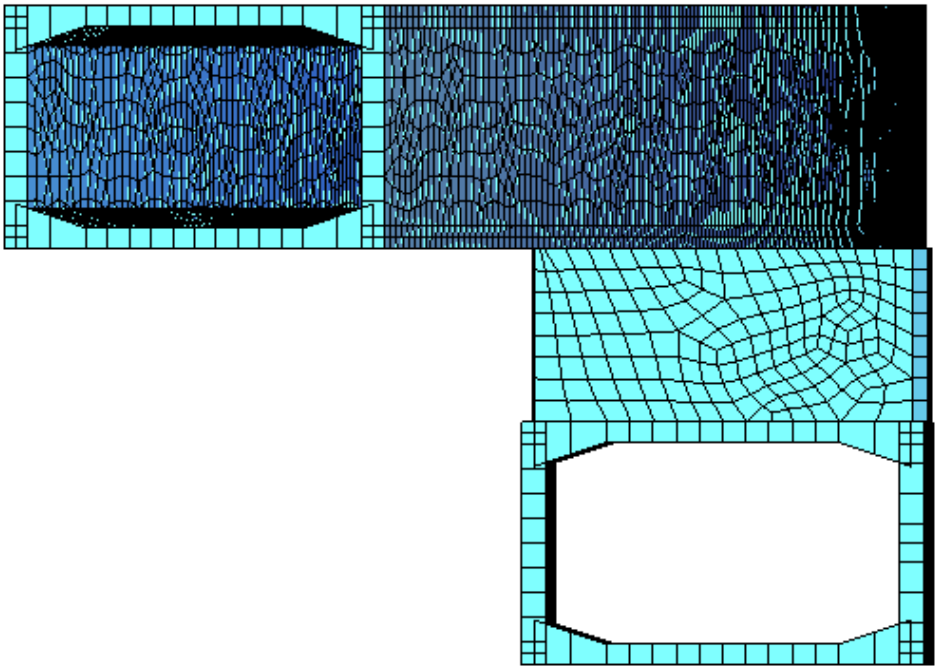


Figura 25 – Secção do modelo tridimensional de elementos finitos do Túnel do LIOS e Metro (*SOFiSTiK)*

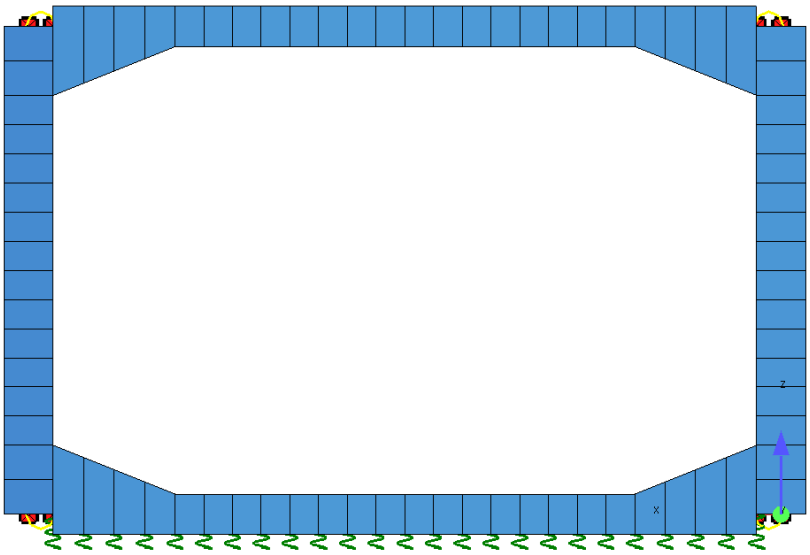


Figura 26 – Secção do Túnel do LIOS (*SOFiSTiK)*

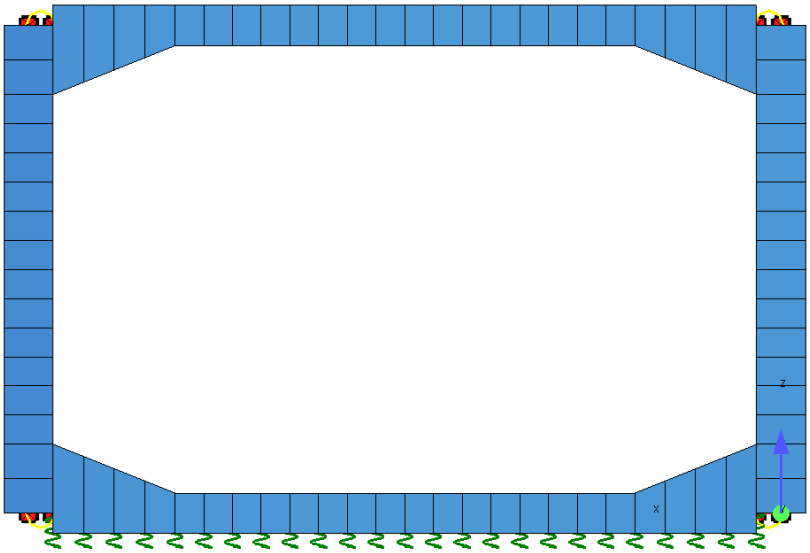


Figura 27 – Secção do Túnel do Metro (*SOFiSTiK*)

10.4 Critérios de Verificação da Segurança

10.4.1 Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU)

A verificação da segurança aos estados limites últimos dos elementos de betão armado foi efetuada de acordo com as disposições da NP EN 1992-1.

Para a verificação da segurança aos estados limites últimos de resistência dos elementos de betão armado foram considerados valores dos coeficientes parciais de segurança, relativos as ações e aos materiais. Foram realizadas as seguintes verificações de segurança, consideradas como condicionantes:

- Estado limite último de resistência à flexão;
- Estado limite último de resistência a flexão composta (quando relevante);
- Estado limite último de resistência ao esforço transverso.

Foi igualmente verificado o estado limite último de resistência do solo de fundação.

A verificação da segurança em relação aos Estados Limite Últimos (ELU) foi realizada em termos de resistências, respeitando a condição,

$$S_d \leq S_r$$

em que S_d é o valor de cálculo do esforço atuante e S_r é o valor de cálculo do esforço resistente.

A verificação da segurança estrutural para a ação do fogo considera os seguintes critérios:

1. Manter a função de suporte de carga em pelo menos durante 120 minutos;
2. Limitação da propagação de fogo (chamas, gases quentes, excesso de calor).

Estes critérios são cumpridos adotando-se as disposições prescritas no EN 1992 1-2, no qual são apresentados valores tabelados (capítulo 5) que indicam as dimensões mínimas para elementos estruturais bem como os recobrimentos mínimos das armaduras.

No que se refere aos recobrimentos, os valores mínimos apresentados no quadro do capítulo 5 da EN 1992 1-2 são em geral inferiores aos mínimos necessários para garantir os requisitos de durabilidade. Na Tabela 7 acima, estão representados os valores dos recobrimentos adotados para cada elemento estrutural com vista a garantir o requisito de durabilidade e de resistência ao fogo.

10.4.2 Verificação da Segurança aos Estados Limites de Utilização (ELS)

A verificação da segurança aos estados limites de utilização das estruturas de betão armado foi efetuada de acordo com as disposições da NP EN 1992-1.

- Limitação das tensões de compressão no betão armado:
- Controle da fendilhação para os elementos de betão armado:
    - Abertura de fendas: limitou-se a abertura de fendas a w_k = 0,3 mm para a combinação quase-permanente.
    - Garantiu-se a adoção de armaduras mínimas para os efeitos provocados por deformações impedidas de retração;

- Garantiu-se a adoção de armadura de alma nas faces laterais em vigas com altura superior a 1m.

- Controle da Deformação para os elementos de betão armado:
  - Limitação das flechas de lajes e vigas a l/250 para a combinação de ações quase permanente.
  - Limitação das flechas de elementos estruturais suscetíveis de danificar elementos adjacentes à estrutura, ou equipamentos a l/500 para a combinação de ações quase permanente.

10.4.3 Verificação da Segurança relativamente à rotura por Levantamento Global

A verificação da segurança relativamente à rotura por levantamento global foi efetuada através da comparação, em valor característico, das ações permanentes globais na direção vertical (F_v) com a subpressão (U). Considera-se verificada a segurança garantindo:

$$\frac{F_v}{U} \geq FS$$

Em que FS corresponde a um fator de segurança global a indicar juntamente com a verificação.

10.5 DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS

10.5.1 Junta de contração

Serão previstas juntas de contração em zonas de transição de comportamento estrutural da estrutura, de forma a evitar efeitos localizados que poderão ser nefastos para a estrutura.

10.5.2 Estanqueidade

A aplicação do sistema de impermeabilização que cumpra o descrito no capítulo 6.7 acima garantirá a estanqueidade da Obra.

As juntas de contração serão munidas de lâminas de estanqueidade tipo *Waterstop* em PVC.

11 PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

11.1 Introdução

O recurso à instrumentação e observação permitirá prever o controlo proactivo e sistemático dos trabalhos através de um plano de monitorização dos parâmetros que influenciam o desenvolvimento da obra, com o fim de verificar as hipóteses de projeto e, onde necessário, adaptá-lo antecipadamente de forma a garantir, sem subestimar a segurança, o cumprimento

dos tempos de execução, a gestão das aleatoriedades e dos imprevistos no contexto geológico-geotécnico em que a obra se insere. Em função dos resultados obtidos, este recurso possibilita o controlo e a adaptação atempada das soluções, com consequências benéficas na minimização do risco geotécnico da obra.

De salientar ainda que a metodologia adotada no desenvolvimento deste estudo segue os princípios correntes aplicados neste tipo de intervenção.

O sistema de monitorização deverá ser robusto e garantir a durabilidade adequada, devendo ser constituído por instrumentos de provada confiabilidade e de uso corrente em obras similares.

Toda a instrumentação terá que ser adequadamente protegida para evitar que seja danificada durante a execução da obra.

A realização de leituras topográficas pressupõe o recurso a elementos de referência adequados, posicionados numa zona da obra que não sofra perturbações e a uma distância tal que o erro de leitura associado seja mínimo.

A instalação da instrumentação tem uma importância estratégica para o correto desempenho do sistema de monitorização, em particular para aqueles instrumentos que uma vez instalados não ficam acessíveis.

A instalação deverá garantir a máxima confiabilidade e êxito das operações.

As técnicas e procedimentos de instalação deverão sempre ser de acordo as indicações dos fabricantes da instrumentação.

Toda a instrumentação deverá ser instalada com a devida antecedência em relação ao início das obras para se conseguir adequadas leituras de referência.

A redundância da instrumentação é importante para aumentar a confiança no sistema e permitir um controlo cruzado.

Sempre que possível serão adotados sistemas de leitura automatizada dos dispositivos de monitorização, nomeadamente, estações totais automatizadas.

No enquadramento anterior, o sistema de observação foi definido para as diferentes obras que compõem o projeto, sendo acompanhamento realizado através da monitorização dos seguintes dispositivos:

- Prisma topográfico (edifícios);
- Prisma topográfico (pavimentos);
- Prisma topográfico para carris;
- Extensómetro multiponto;
- Inclinómetro;
- Piezómetro tipo casagrande (a executar no ambito da obra);
- Fissurómetro (edifícios);
- Prisma de convergência;
- Sismógrafo (edifícios);
- Tiltimetro (edifícios);

- Extensómetro de corda vibrante para estruturas subterrâneas;
- Sensor de nível líquido.

Para cada uma das obras, os sistemas de observação preconizados atendem às diferentes fases da obra (construção, entrada em serviço e exploração), pelo que nuns casos a observação está limitada ao período de construção e, noutros, se estenderá à fase de exploração (sendo, posteriormente, integrada no Plano de Observação).

11.2 Escavações Mineiras

A avaliação da evolução do comportamento das obras subterrâneas será realizada através do registo dos deslocamentos do terreno (convergências) e observação de eventuais fissurações no suporte primário. Para tal serão criadas secções de medição de convergências, onde serão instalados pontos de convergência, na abóbada e hasteais.

Em geral, no que diz respeito às grandezas a observar, as mais relevantes são as que se relacionam com a libertação do estado de tensão, a presença e escoamento de água e com as vibrações devidas ao processo de escavação.

As ações relacionadas com a presença e escoamento de água nas escavações subterrâneas serão controladas pela observação sistemática dos caudais afluentes, não sendo expetável, neste caso específico a sua existência na maior parte da extensão da obra. Quando necessário, particular destaque assumem os furos longitudinais realizados em avanço da escavação, que permitirão antever as condições hidrogeológicas do terreno a escavar.

11.3 Edificações / Escavação a céu aberto

Para o controlo das estruturas de contenção a céu aberto e edificações próximas às obras será implementado um sistema de monitorização composto por:

- Prismas topográficos para o controlo dos deslocamentos das estruturas
- Prismas de pavimento para o controlo dos deslocamentos verticais;
- Níveis líquidos para controlo de pequenos deslocamentos verticais (elevada precisão);
- Sismógrafos para o controlo das vibrações induzidas pela execução das obras;
- Tiltímetros para o controlo das inclinações;
- Fissurómetros para o controlo de eventuais fissuras presentes nas edificações.

A adoção de medidas de instrumentação e observação permitirá em fase de obra observar os movimentos ocorridos em interferências e, se necessário, tomar medidas de minimização dos movimentos das estruturas e consequentemente reduzir os riscos humanos e materiais associados a estes movimentos. Assim sendo, foram estabelecidos dois níveis de instrumentação e observação (I e II), que se diferenciam, respetivamente, pela complexidade crescente da instrumentação instalada e pela frequência de leitura a realizar.

- Instrumentação e observação Nível I – Monitorização recorrendo essencialmente a prismas refletores;

- Instrumentação e observação Nível II – Monitorização recorrendo a alvos e prismas refletores e ainda a tiltímetros, níveis líquidos, fissurómetros e sismógrafos.

Note-se que os sismógrafos devem ser instalados o mais próximo possível às fundações das edificações e que os fissurómetros devem ser instalados apenas em caso de presença de fissuras.

12 AVALIAÇÃO DE DANOS

A avaliação de danos em interferências ao longo do traçado, assim como a definição de critérios de danos em estruturas ou infra-estruturas situadas na vizinhança da obra, encontra-se incluída no ponto Interferências ao Longo da Linha.

13 REDE DE TERRAS

A rede de terras proposta tem com objetivo garantir que as tensões de passagem e de contato de um eventual defeito, não excedem os valores regulamentares.

Todas as estruturas metálicas e massas da instalação serão ligadas a este sistema de terra.

As ligações entre os cabos da malha de terras e as varetas de aço cobreado, serão feitas por soldadura aluminotérmica.

A rede de terras será constituída pelos subsistemas que compõe a SET, existindo na estação poços de terra para os sistemas 30 kV, BT e 750 Vcc.

Nos desenhos de arquitetura encontram-se localizados os poços de terra.

Atendendo ao elevado nível freático da zona, os poços terra serão executados, na sua totalidade, com a instalação do elétrodo de terra, na fase de Toscos. Assim, teremos:

- A execução dos negativos e/ou das furações na laje, até atingir o terreno;
- Fornecimento e instalação dos elétrodos de cobre e enchimento com terra vegetal de boa qualidade;
- Medição da resistência de terra e sua aprovação pela Fiscalização/ Dono de Obra;
- Enchimento com o betão pobre;
- Fornecimento e instalação da tampa em chapa xadrez.

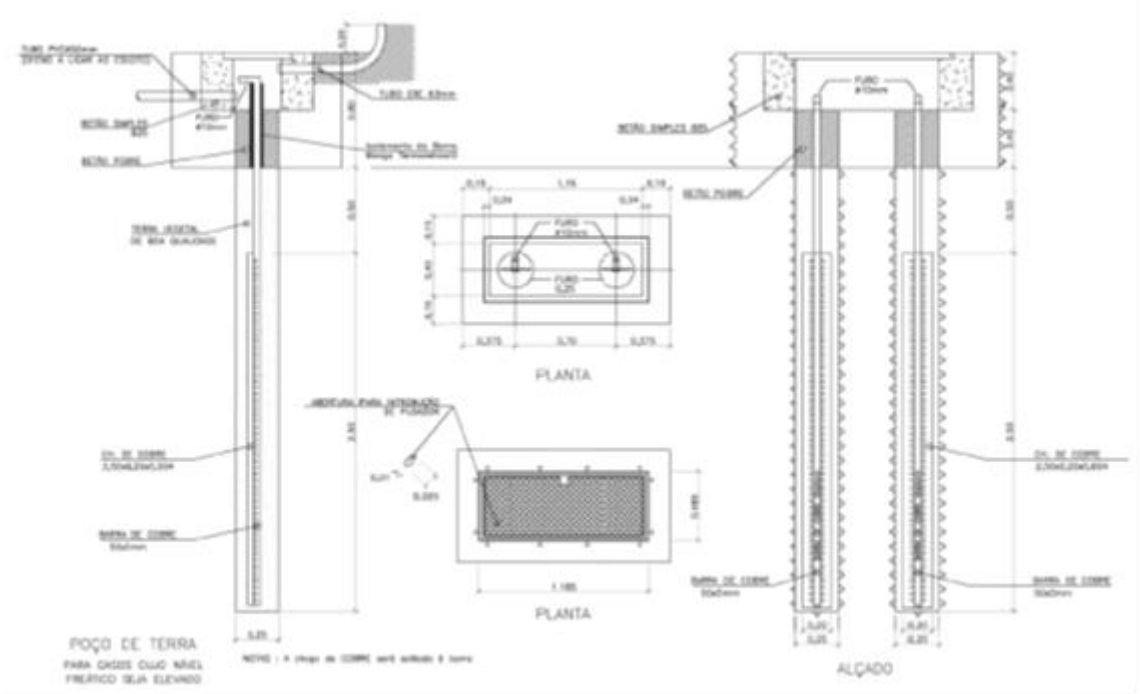


Figura 28 - Pormenores tipo dos poços de terra

Os elétrodos de terra deverão assegurar uma resistência de terra sempre inferior a 1 Ω, pelo que deverá ser considerado o fornecimento de terra vegetal de boa qualidade para o enchimento dos poços terra.

A terra vegetal deverá ser proveniente da camada superficial de terrenos de mata ou camada de terrenos agrícolas; estar isenta de pedras com dimensões superiores a 0.05 m e de materiais estranhos provenientes de incorporação de lixo; estar isenta de infestantes; apresentar uma composição uniforme, sem qualquer mistura de subsolo; ter uma textura franca; conter um teor de matéria orgânica não inferior a 4% e o PH situar-se entre os 6.5 e 7.5.

Registo e Controlo de Alterações

Revisão	Data	Descrição
0	2024-09-29	Emissão Inicial

Metropolitano de Lisboa

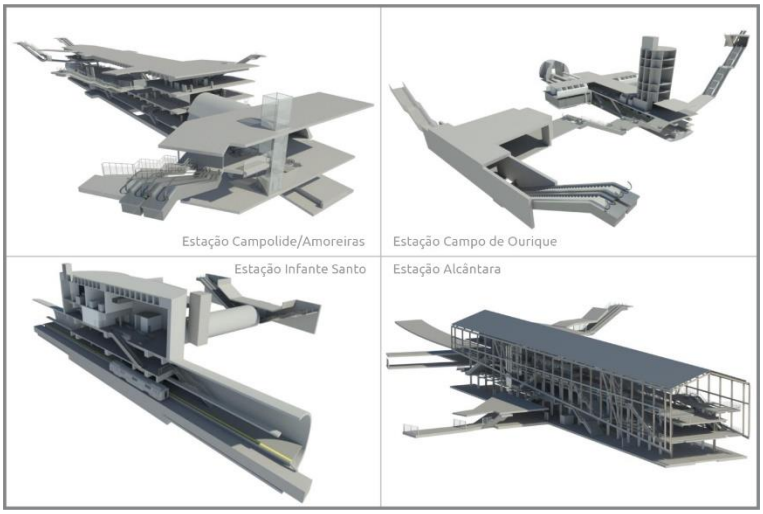
METRO DE LISBOA

LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO DO PROLONGAMENTO DA LINHA

TOMO III – OBRAS ESPECIAIS

PROJETO DE EXECUÇÃO



VOLUME 6 – OE6: TÚNEL NA ZONA DO ALVITO

01 - ESTRUTURAS

NOTA DE CÁLCULO - ESTRUTURAS

Documento SAP:	LVSSA MSA PE STR TUN OE6 NC 088001 0

	Nome	Assinatura	Data
Elaborado	José Bernardo Lobo		2024-09-29
Revisto	Afonso Marques		2024-09-29
Verificado	Sergio Notarianni		2024-09-29
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		
Aprovado	Raúl Pistone		

Índice

1 OBJETIVO E ÂMBITO 5

2 ELEMENTOS DE BASE 5

3 CONDICIONAMENTOS 5

3.1 Traçado 5

3.2 Geológico e Geotécnicos 5

3.3 Desvios de Circulação 10

3.4 Ocupação de Superfície e de Subsolo 10

3.5 Interferências, Demolições de Edifícios, Soluções de Reforço de Edifícios e Contenções 10

3.6 Implantação 10

3.7 Segurança 11

3.8 Arquitetónicos 11

3.9 Compatibilidade com as Outras Especialidades 11

3.10 Ambiente 12

4 REGULAMENTAÇÃO E BIBLIOGRAFIA DE BASE 12

5 MATERIAIS 14

5.1 Estruturas De Contenção Provisória 14

5.2 Estruturas Definitivas 15

5.3 Recobrimentos Nominais 16

6 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO 16

6.1 Tempo de Vida Útil 16

6.2 Classificação da Obra de Acordo com a sua Importância 16

6.3 Classe de Inspeção 16

6.4 Categoria Geotécnica da obra associada às Estruturas de Contenção 17

6.5 Classe de Fiabilidade 17

6.6 Classificação do Tipo de Terreno 17

6.7 Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas 18

7 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO 19

7.1 Solução de Contenção Provisória 19

7.2 Solução de Fase Definitiva 24

7.3 Sistema de Impermeabilização 26

8 FASEAMENTO CONSTRUTIVO 27

8.1 Solução de Contenção Provisória e Fase Definitiva 27

9 PROJETO GEOTÉCNICO DAS CONTENÇÕES PROVISÓRIAS 29

9.1 Ações consideradas 29

9.2 Combinações de ações para os estados limite e abordagens de cálculo 29

9.3 Modelos Numéricos 32

9.4 Verificações de segurança 38

10 PROJETO DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS 42

10.1 Ações 42

10.2 Combinações de Ações 45

10.3 Modelos Numéricos 47

10.4 Critérios de Verificação da Segurança 49

10.5 DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS 51

11 RESULTADOS DAS VERIFICAÇÕES DE SEGURANÇA DA ESTRUTURA DEFINITIVA 51

11.1 Verificação do Estado Limite Último de resistência à flexão de elementos 54

1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível de **Projeto de Execução**, da **Memória Descritiva e Justificativa da Obra Especial 6 – Túnel Zona do Alvito**, no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, que é parte integrante do **Tomo III** do **Volume 6 - 01 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;
- Programa Preliminar, Tomo IV – Estruturas, Volume 2 – Obras Especiais:
- Memória Descritiva e Justificativa - “LVSSA ML PP STR TUN OE6 MD 088003 0”;
- Peças Desenhadas (“LVSSA ML PP STR TUN OE6 DW 088101 0” a “LVSSA ML PP STR TUN OE6 DW 088107 0”, “LVSSA ML PP STR TUN OE6 DW 088401 0” a “LVSSA ML PP STR TUN OE5 DW 088404 0” e “LVSSA ML PP STR TUN OE6 DW 088701 0” a “LVSSA ML PP STR TUN OE5 DW 088702 0”);

3 CONDICIONAMENTOS

3.1 Traçado

A solução estrutural adotada e os processos e faseamento construtivos previstos encontram-se compatibilizados com o projeto do traçado da linha.

3.2 Geológico e Geotécnicos

Nesta fase de Projeto de Execução e 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 das campanhas do Programa de prospeção complementar a implementar.

Os condicionamentos Geológicos e Geotécnicos, são descritos no Volume II – Estudo Geológico-Geotécnico (LVSSA CBJ EP GEO 000 000 MD 020001 0). Os trabalhos de prospeção complementares são propostos no Programa de reconhecimento complementar (Geológico-geotécnico, hidrogeológico e ambiental) (LVSSA CBJ EP GEO 000 000 MD 020002 0).

Apresenta-se na Figura 1, o excerto do perfil geológico-geotécnico do local.

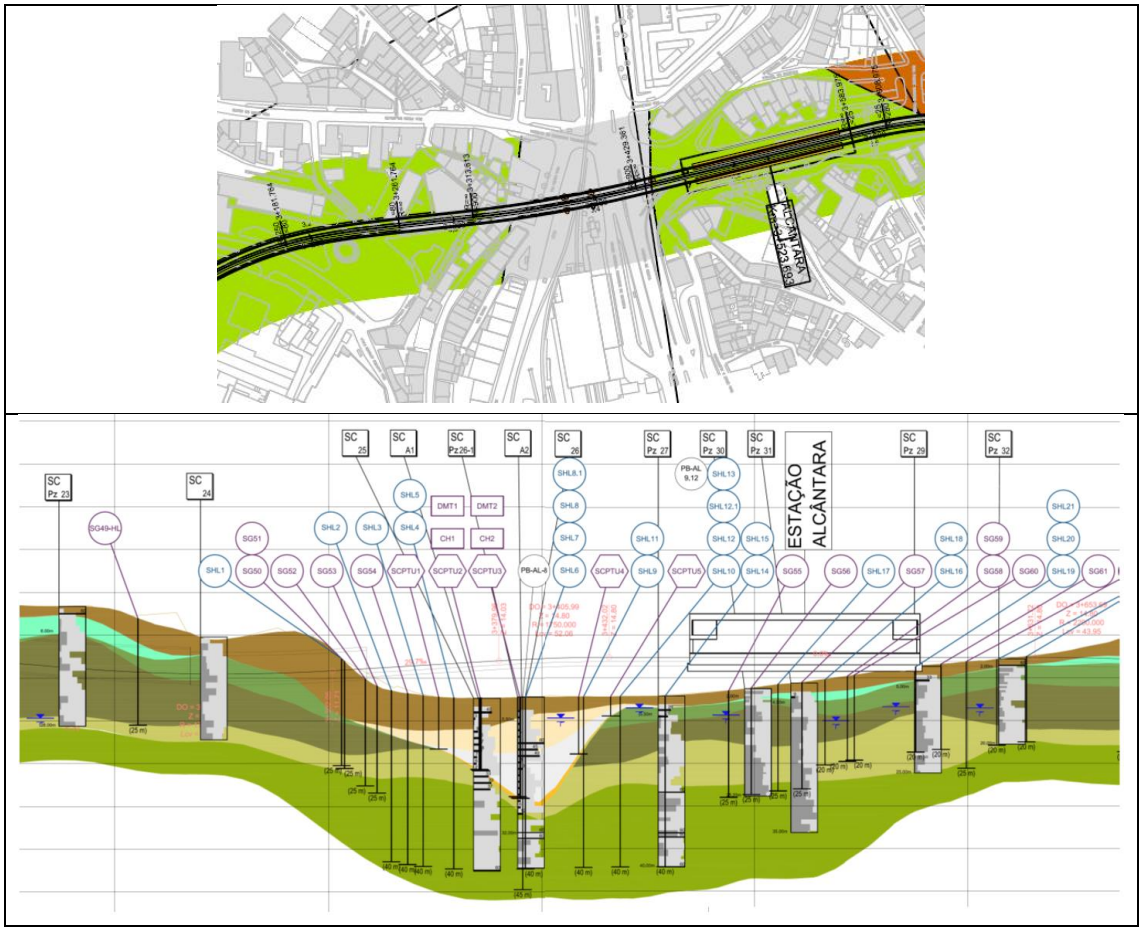


Figura 1 - Planta e perfil longitudinal – Geologia / Geotecnia
(Excerto dos desenhos LVSSA CBJ EP GEO LIN 000 DW 021000 0 e LVSSA CBJ EP GEO LIN 000 DW 021010 0 e LVSSA CBJ EP GEO LIN 000 DW 021012 0)

No local de implantação da Estação de Alcântara e da Obra Especial nº 6, realizaram-se as sondagens S27, S29, S30, S31 e S32. É provável que a sondagem S28 também tenha sido executada, embora não esteja indicada nos desenhos

A zona do Vale de Alcântara, onde de nascente para poente, se encontram a OE5, o viaduto metálico, a Estação e a OE6 é dominada pela presença de materiais cretácicos da Formação da Bica, sob cobertura de materiais recentes de aterro, com espessura importante, localmente superior a 10 m, do lado nascente na zona da OE6 e com uma espessura combinada juntamente com os aluviões no centro do vale que pode atingir cerca de 25 m. As unidades cretácicas presentes são a Cc1a, essencialmente correspondente a argilas margosas, aqui com reduzida expressão, Cc1b (calcário nodular), Cc1c (calcário semi-cristalino a cristalino com rudistas) e Cc1d (calcário compacto fendilhado). Abaixo e já sem se encontrar cortado pelos aluviões do vale de Alcântara, encontram-se os calcários da Formação de Caneças Cc2 (calcários por vezes margosos).

Os aluviões são essencialmente arenosos na parte superior e argilosos na zona central, na base e na parte superior do lado poente. Na base encontra-se pequeno nível de aluvião com cascalheira.

Relativamente aos níveis de água presentes, considera-se que na dependência dos aluviões o nível de água se situe à cota +2,50. A partir desta cota o mesmo sobe nas encostas do vale até cerca da cota 15,00 no final do traçado (450 m a poente) e até à cota 40,00, (550 m a nascente).

O Quadro seguinte resume as características das formações geológicas identificadas nas sondagens.

Tabela 1 – Descrição sumária das formações geológicas encontradas nas sondagens executadas junto da Estação Alcântara e Obra Especial 6

Sondagem	Descrição simplificada
27	0-4,5 m – Pavimentos + Aterros 4,5-21,0 m – Calcário cristalino/compacto, muito a medianamente alterado, muitíssimo fraturado. 21,0-40,0 m – Marga argilosa muito consolidada, rija /calcário margoso, muito a medianamente alterada(o), muito a medianamente fraturada(o).
29	0-3,0 m – Aterro 3,0-25,0 m – Calcário nodular compacto, muito a medianamente alterado, muito a muitíssimo fraturado, com preenchimento argilo-siltoso dos planos de fracturação.
30	0-0,5 m – Aterro 0,5-16,3 m – Calcário levemente cristalino compacto, muito a medianamente alterado, muitíssimo a muito fraturado. 16,3-25,2 m – Calcário levemente cristalino compacto, medianamente a pouco alterado, muito a medianamente fraturado.
31	0-3,5 m – Aterro 3,5-9,5 m – Calcário compacto, muito a medianamente alterado, muitíssimo a muito fraturado. 9,5-14,0 m – Calcário cristalino, muito a medianamente alterado, muito a medianamente fraturado. 14,0-27,0 m – Calcário cristalino compacto, medianamente a pouco alterado, muito a medianamente fraturado. 27,0-35,0 m – Calcário margoso, medianamente a pouco alterado, muito a medianamente fraturado.
32	0-1,5 m – Aterro. 1,5-9,7 m – Calcário cristalino, muito a medianamente alterado, muitíssimo a muito fraturado. 9,7-16,0 m - Calcário cristalino, medianamente alterado, muitíssimo a muito fraturado. 16,0-20,0 m - Calcário cristalino, muito a medianamente alterado, muitíssimo a muito fraturado.

Com base nas sondagens anteriormente descritas, é possível identificar que, sob a camada de aterros, encontram-se formações calcárias ou calcário-margosas do Cretácico. Na Carta Geológica de Lisboa, essas formações são designadas como Formação da Bica (Cretácico Superior) e Formação de Caneças (Cretácico Inferior).

Nos cortes geológico-geotécnicos do Estudo Prévio, também surgem pontualmente duas outras formações sobrejacentes aos calcários: i) aluviões de natureza arenosa e ii) tufos pertencentes ao Complexo Vulcânico de Lisboa.

A Formação da Bica, subdividida em quatro subunidades, assim como a Formação de Caneças, está descrita no quadro seguinte. Essas subunidades estão dispostas na mesma ordem, de cima para baixo, em que são apresentadas no quadro seguinte.

Tabela 2 – Unidades e subunidades do Cretácico que interessam à Estação Alcântara e Obra Especial 6

Formação da Bica	Cc1a	Argila margosa e/ou marga argilosa esbranquiçada a amarelada.
	Cc1b	A parte superior do complexo caracteriza-se por calcário nodular amarelado a esbranquiçado com inclusões a passagens margosas frequentes, a parte inferior caracteriza-se por um calcário rosado, amarelado, esbranquiçado por vezes carsificados, umas vezes compactos outras vezes margosos, com passagens argilosas.
	Cc1c	Calcários semi cristalinos a cristalinos com rudistas, apresentando nódulos a leitos de sílex, pouco alterados a medianamente alterados, fraturas medianamente afastadas a muito próximas.
	Cc1d	Calcário compacto branco e bege, fendilhado com prealveolinas, pouco alterado a medianamente alterado, com passagens muito alteradas a decompostas, fraturas afastadas a próximas.
Formação de Caneças	Cc2	Calcário por vezes margoso, com geóides no topo e com passagens argilosas por vezes com gesso na base.

Em alguns horizontes mais alterados das formações calcárias, foram realizados ensaios SPT, embora em número muito reduzido, e geralmente registando valores muito elevados. Isto não é surpreendente, dado que se trata essencialmente de formações rochosas, frequentemente intensamente alteradas e fraturadas, conforme observado.

Para efeitos de parametrização, foram utilizados principalmente os resultados dos ensaios de laboratório para determinação da resistência à compressão uniaxial e do módulo de deformabilidade (correspondente ao módulo de Young). Nestes ensaios, a observação visual das amostras permitiu classificá-las, no caso da Formação da Bica, numa das quatro subunidades descritas no quadro anterior

O Quadro seguinte apresenta os parâmetros propostos para as diversas camadas identificadas nas sondagens, terrosas e rochosas.

Tabela 3 – Parâmetros geomecânicos propostos para a Estação Alcântara e Obra Especial 6

Unidade	γ (kN/m3)	c' (kPa)	ϕ ' (º)	E' (MPa)	υ	K0	k (m/s)	σci,rocha (MPa)	Ei,rocha (GPa)
Aterro	20	0	30	20	0,30	0,5	10-5	-	-
Aluvião arenoso	20	0	30	20	0,30	0,5	10-5	-	-
Tufos vulcânicos	21	60	35	120	0,30	1,0	10-7	-	-
Cc1a	23	75	30	90	0,25	0,8	10-7	8	2
Cc1b	24	130	40	400	0,20	0,8	10-7	10	3,5
Cc1c	25	300	45	1340	0,20	0,8	10-6	22	6
Cc1d	24	200	40	450	0,20	0,8	10-7	18	4
Cc2	24	150	27	240	0,25	0,8	10-7	8	3

Os aterros têm uma presença significativa no local, sendo antigos e tipicamente muito heterogéneos, provavelmente com significativa compactação. As poucas análises granulométricas realizadas no âmbito do Estudo Prévio indicam uma percentagem de finos inferior a 20%. Os parâmetros mecânicos apresentados no quadro baseiam-se na experiência da equipa de projeto e são considerados conservadores. Parâmetros semelhantes foram atribuídos ao aluvião arenoso, que aparece subjacente ao aterro em um dos cortes geológico-geotécnicos do local.

Por sua vez, os tufos vulcânicos surgem na zona final da Obra Especial, com expressão relativamente reduzida, sobrejacentes às formações calcárias e margosas do Cretácico. Para esses tufos, foram considerados os parâmetros apresentados na memória descritiva do Estudo Prévio.

Relativamente aos parâmetros geomecânicos das formações rochosas da Bica e de Caneças (cinco últimas linhas do quadro em análise), os parâmetros de resistência e deformabilidade foram obtidos através dos resultados do software RocData da Rocscience Inc. Este software fornece os parâmetros de resistência do maciço de acordo com o modelo de Hoek & Brown. Adicionalmente, foram efetuados ajustes, além dos arredondamentos naturais, para refletir a variação na profundidade das formações.

Os valores do coeficiente de permeabilidade e de K0 foram adotados conforme os indicados na memória do Estudo Prévio, os quais considerámos apropriados (ver quadro seguinet)

Em relação à hidrogeologia da área de intervenção, o quadro seguinte indica os registos dos níveis freáticos obtidos nas sondagens realizadas no local, utilizando piezómetros.

Do quadro apresentado, pôde verificar-se que as variações dos registos em cada piezómetro foram muito reduzidas ao longo do período de observação (entre 03/12/2021 e 28/03/2022). A

última coluna do quadro apresenta a cota do nível freático em cada piezómetro, evidenciando uma grande coerência entre os valores registados nos diferentes locais.

Tendo isto em conta, propõe-se, por motivos de segurança, considerar o nível freático à cota +4,00., ligeiramente acima do nível de escavação.

Tabela 4 – Registos piezométricos e cota do nível freático.

Sondagem/piezómetro	Cota da boca (m)	Profundidade do nível freático (m)	Cota do nível freático (m)
27	5,23	2,78	2,45
29	12,08	9,48	2,60
30	8,12	6,18	1,94
31	11,76	8,86	2,90
32	14,63	11,50	3,13

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 07 - OUTRAS ESPECIALIDADES - Desvios de Trânsito, deste Projeto de Execução.

Os estaleiros são objeto de projeto autónomo, apresentado no 07 - OUTRAS ESPECIALIDADES – Estaleiros, deste Projeto de Execução.

3.4 Ocupação de Superfície e de Subsolo

A execução a céu aberto de parte dos acessos da estação e do arranque do poço vertical interfere 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 ponto 02 – Serviços Afetados, deste Projeto de Execução.

3.5 Interferências, Demolições de Edifícios, Soluções de Reforço de Edifícios e Contenções

As interferências resultantes da construção do túnel, necessidade de demolições, reforço de edifícios e contenções, encontram-se retratadas no ponto 07 - OUTRAS ESPECIALIDADES – Interferências, deste Projeto de Execução.

3.6 Implantação

A implantação da obra respeita integralmente os requisitos definidos no programa preliminar, tendo em consideração o novo traçado de via atualizado no "ANEXO X – AO CADERNO DE ENCARGOS TÉCNICO – ALTERAÇÃO DO TRAÇADO ENTRE OS KM 2+570.938 E O KM 3+471.193".

3.7 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.

3.8 Arquitetónicos

O presente Projeto de Execução procura atingir as soluções técnicas mais adequadas e que estão compatibilizadas com o Projeto de Execução de Arquitetura (01 Arquitetura).

3.9 Compatibilidade com as Outras Especialidades

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

- Tomo V – Via Férrea, Volume 1 – Traçado;
- Tomo V – Via Férrea, Volume 2 – Sistema de via;
- Tomo V – Via Férrea, Volume 3 – Drenagem de via;
- Tomo VI – Sistemas, Volume 1 – Energia;
- Tomo VI – Sistemas, Volume 2 – Telecomunicações;

- Tomo VI – Sistemas, Volume 3 – Mecânica;
- Tomo VII – Fluídos, Volume 1 – Redes de águas;
- Tomo VII – Fluídos, Volume 2 – Redes de drenagem;
- Tomo VII – Fluídos, Volume 3 – Coluna seca.

3.10 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 ponto 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 E BIBLIOGRAFIA DE BASE

A regulamentação e a bibliografia técnica adotadas são as apresentadas abaixo:

- 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 206:2013+A1:2017 – 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 13256 - Geotêxteis e produtos relacionados. Características requeridas para a construção de túneis e obras 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 -Ensaios 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 De Contenção Provisória

As caraterísticas dos materiais adotados no presente Projeto de Execução encontram-se apresentadas nos quadros seguintes:

Tabela 5 - Características dos materiais considerados na contenção provisória

MATERIAIS	**PROPRIEDADES**	
BETÃO	BETÃO PROJETADO (VIA HÚMIDA)	C20/25 XC 4(P) CL 0,4 DMAX.10 S5
	REGULARIZAÇÃO/ENCHIMENTO	C20/25 XC 0(P) CL 0.4 DMAX.22 S3
	VIGAS, EM GERAL	C 30/37 XC 2(P) CL 0.4 DMAX 22 S3
AÇO	CHAPAS E PERFIS METÁLICOS, EM GERAL	S 275 JR
	REDE ELETROSSOLDADA	A 500ER
	AÇO EM ELEMENTOS DE BETÃO ARMADO	A500 NR SD
	ELEMENTOS DE FIXAÇÃO METÁLICA	CLASSE 8.8
	ANCORAGENS	Fpuk > 1860 MPa (Grade 270k – ASTM A416)
No caso particular das soldaduras de elementos de construção metálica, a sua preparação e execução deverá obedecer ao estipulado no REAE, NP 1515 E NP EN 1993		
CALDA DE CIMENTO	A calda de cimento que constitui o bolbo de selagem dos elementos deverá ser injetada através de técnica adequada: IRS (válvulas anti-retorno e obturador duplo) e deverá apresentar as seguintes características:	
	INJEÇÃO DE SELAGEM	A/C = 1/2,5
	INJEÇÃO A ALTA PRESSÃO (> 2MPa)	A/C = 1/2,3
	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 7 DIAS	F_{CK} MÍN. = 27 MPa
	CIMENTO	CEM I 42,5 R
PRANCHAS DE MADEIRA	FLEXÃO	18 MPa
	COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS	11 MPa
	COMPRESSÃO NORMAL ÀS FIBRAS	18 MPa
	CORTE	4.8 MPa
	CLASSE DE QUALIDADE	E
	CLASSE DE DURAÇÃO DAS AÇÕES	Média
	CLASSE DE SERVIÇO	1
GEODRENOS	GEODRENO Ø50mm EM TUBOS PVC ENVOLTOS EM GEOTÊXTIL 150 gr/m^2	

5.2 Estruturas Definitivas

As caraterísticas dos materiais adotados no presente Projeto de Execução encontram-se apresentadas nos quadros seguintes:

Tabela 6 - Características dos materiais considerados na estrutura do túnel

MATERIAIS	**PROPRIEDADES**	
BETÃO	REGULARIZAÇÃO/ENCHIMENTO	C20/25 XC 0(P) CL 0.4 DMAX.22 S3
	SECÇÃO EM TÚNEL	C 40/50 XC4/XS1(P) CL 0.4 DMAX 22 S3
AÇO	AÇO EM ELEMENTOS DE BETÃO ARMADO	A500 NR SD
	REDE ELETROSSOLDADA	A 500ER
	AÇO EM ELEMENTOS DE BETÃO ARMADO	A500 NR SD
	ELEMENTOS DE FIXAÇÃO METÁLICA	CLASSE 8.8
No caso particular das soldaduras de elementos de construção metálica, a sua preparação e execução deverá obedecer ao estipulado no REAE, NP 1515 E NP EN 1993		

5.3 Recobrimentos Nominais

Os recobrimentos nominais adotados no presente Projeto de Execução encontram-se apresentados na tabela seguinte:

Tabela 7 - Recobrimentos nominais das armaduras

Recobrimentos Nominais (*) (**)		
Recobrimentos a Garantir de Acordo com Exigências de Resistência ao Fogo e Durabilidade dos Materiais **Vida Útil Considerada: 100 Anos** **Estabilidade ao Fogo: R120**	Elemento	Recobrimento nominal
	Estacas	75 mm
	Vigas de contenção provisória	35 mm
	Lajes e hasteais do túnel	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 0.005 m, devendo ser garantidos os recobrimentos mínimos definidos na EN 10080.

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, Poços de Ventilação e Túnel 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 classificam-se 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 de objeto desta Memória Descritiva e Justificativa enquadra-se na classe de inspeção 3, para betão moldado.

6.4 Categoria Geotécnica da obra associada às Estruturas de Contenção

A NP EN 1997-1:2010 estabelece 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, considera-se que a estrutura de contenção necessária à execução do túnel é 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 elevado. Assim, para uma classe de consequências CC3 para uma complexidade do projeto geotécnico média, atribui-se a Categoria Geotécnica 3 (CG3) à estrutura de contenção.

6.5 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.

6.6 Classificação do Tipo de Terreno

Relativamente ao tipo de terreno, o EC8 preconiza a seguinte classificação:

Tabela 8 – Tipos de Solos de acordo com o EC8

Tipo de solo	Descrição
A	Rocha ou fomação rochosa, incluindo no máximo 5m de material fraco à superfície
B	Depósitos muito densos de areias, cascalho ou argila muito compacta, com alguma espessura (na ordem das dezenas), caracterizados por um aumento gradual das propriedades mecânicas com a profundidade
C	Depósitos fundos de areia de média/alta densidade, cascalho ou argila compacta, com espessuras consideráveis (das dezenas às centenas de metros)
D	Depósitos de solos de média coesão soltos ou de solos de baixa coesão compactos
E	Formações aluvionares de pequena espessura (5 a 20m) sobre formações rochosas
S_1	Depósitos com uma espessura mínima de 10m, constituídos por argila/sedimentos com elevado nivel de plasticidade e alto nível freático
S_2	Depósitos de solos susceptíveis de liquefacção, argilas incoerentes ou outro tipo de solo que não se enquadre nas categorias acima descritas

Cada tipo de terreno é assim definido de forma mais rigorosa e a sua classificação é função da velocidade de propagação, das ondas de corte e coesão não drenada, conforme quadro abaixo.

Tabela 9 – Caracterização dos Solos de acordo com o EC8

Tipo de Solo	$v_{S,30}$ (m/s)	N_{SPT}	c_u (kPa)
A	> 800	-	-
B	360 - 800	> 50	> 250
C	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	< 180	< 15	< 70
E	Formações brandas com $v_{S,30}$ do tipo C ou D		

Onde:

$V_{S,30}$ - Velocidade das ondas de corte;

N_{SPT} - nº pancadas associadas ao ensaio SPT, para a cravação de 30 cm;

C_u – coesão não drenada.

Solo – Tipo A

6.7 Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas

6.7.1 Túneis

As obras em túnel e os 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/m2 em troços com comprimento de referência de 10 m e a 0,1 litros/m2 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 m2. Nos terrenos com presença de água sob pressão até 3 bar essa área fica limitada a 250 m2. Para valores indicativos de pressão superiores, o limite superior de área a considerar será de 200 m2.

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).

6.7.2 Estações subterrâneas

As estações subterrâneas deverão apresentar desempenho correspondente à classe 2 de BTS (2010)(1) complementada com as recomendações STUVA (Haack, 1991(2)) para a mesma classe.

O sistema de revestimento deverá garantir que a superfície interior se mantenha essencialmente seca, admitindo-se apenas, como manifestações de humidade, a existência de pequenas manchas isoladas. O contacto de mão seca com a mancha não deverá detetar água superficial. Igualmente um papel colocado sobre a mancha não deverá apresentar alteração cromática por via de absorção de água.

Esta exigência limita o influxo médio (espacial) diário de água a 0,1 litros/m2 em troços com comprimento de referência de 10 m e a 0,05 litros/m2 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.

Aplicam-se nas estações os princípios acima enunciados relativamente à compartimentação do sistema de impermeabilização dos túneis, com as devidas adaptações.

6.7.3 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

No presente capítulo descreve-se de uma forma geral as várias soluções adotadas para a obra em apresentação.

7.1 Solução de Contenção Provisória

Na conceção das soluções definidas no âmbito do presente Projeto de Execução procurou-se para além da necessária contenção dos terrenos a escavar, respeitar os seguintes pressupostos de base:

- Controlar as deformações nos terrenos envolventes à escavação, permitindo ainda a fácil adaptação da solução a eventuais singularidades de natureza geológico e geotécnica;
- Garantir a menor interferência possível com todas as estruturas e infraestruturas adjacentes;
- Procurar garantir facilidade, rapidez e segurança de execução;

A solução de escavação e contenção periférica proposta tem carácter provisório, apenas para permitir atingir as cotras de escavação previstas nos projetos de estabilidade. Em fase definitiva estão previstas soluções independentes das soluções descritas neste documento.

Face à profundidade de escavação, às condições geotécnicas locais e à proximidade dos arruamentos e edifícios, de forma a minimizar os riscos de descompressão do terreno e no sentido de garantir a segurança de toda a envolvente no decorrer da obra, adotou-se uma solução de contenção periférica baseada na execução faseada, de cima para baixo com a colocação de perfis metálicos verticais HEB160 afastados de 0,9 m em planta e colocados em furos de 300 mm de diâmetro previamente abertos no solo com equipamento adequado e selados no mínimo 2m nos calcários, abaixo da cota prevista para a base da escavação.

Ao nível da camada de aterros serão colocados painéis de pranchas de madeira com 16x10 cm de secção que serão encaixadas em perfis metálicos verticais HEB60, afastados de 0,90 m.

Ao nível dos calcários serão executados painéis de betão armado que apoiam nos perfis metálicos HEB 160 anteriormente colocados. A solução proposta consiste na execução de um muro gunitado pregado, com um mínimo de10 cm de espessura armado com uma malha AQ50. As pregagens propostas com 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 e 7.0m de comprimento têm 25 mm de diâmetro e um diâmetro de furação de 3´´ (75mm).

A Cortina será travada provisoriamente através de 2 ou 3 níveis de escoras ou ancoragens.

Os painéis constituídos por pranchas de madeira do primeiro nível são solidarizados à cabeça por intermédio de uma viga de coroamento com a espessura de 0,6 m e uma altura de 0,9 m.

Será ainda implementada um sistema de monitorização com o objetivo de avaliar as condições de segurança existentes durante a execução da obra, validar as hipóteses de cálculo consideradas no projeto e, no caso de comportamentos estruturais anómalos relativamente ao previsto, permitir intervir atempadamente na reformulação das soluções construtivas adotadas.

Face às condicionantes proporcionadas pelo faseamento necessário para manter a funcionalidade das vias de trânsito nesta zona, a solução necessita na sua generalidade da realização de 3 alçados de Cortina de Berlim provisório, conforme se mostra na Figura 2. Este tipo de solução apresenta a vantagem de permitir executar, antes da escavação, a estrutura de contenção definitiva, podendo o número de travamentos (ancoragens ou escoras) ser redefinidos em fase obra, em função das reais características dos terrenos escavados, assim como dos resultados do Plano de Instrumentação e Observação proposto.

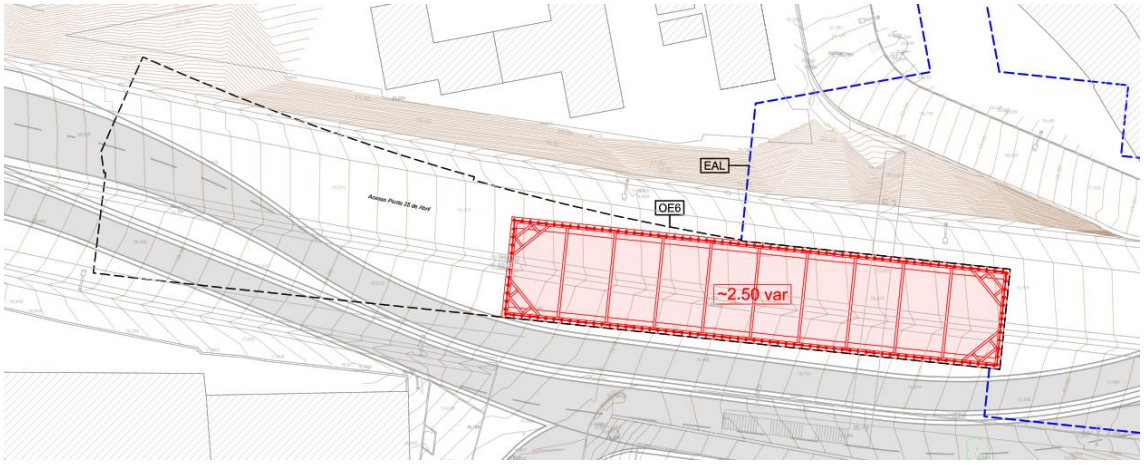


Figura 2 - Planta de Dimensionamento Contenção Provisória – 1ª Fase de escavação

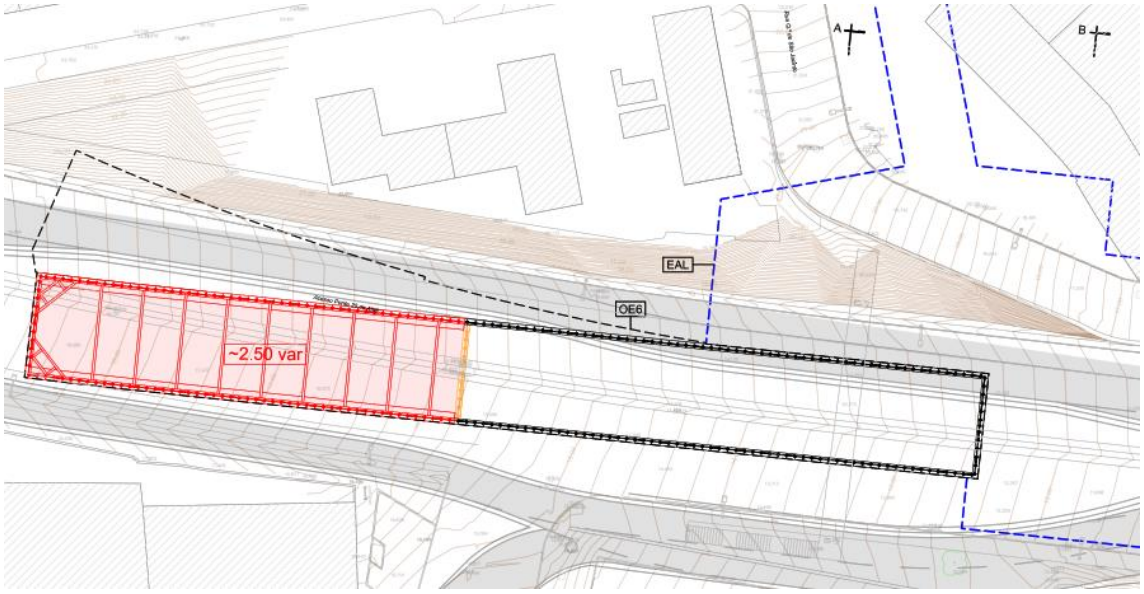


Figura 3 - Planta de Dimensionamento Contenção Provisória – 2ª Fase de escavação

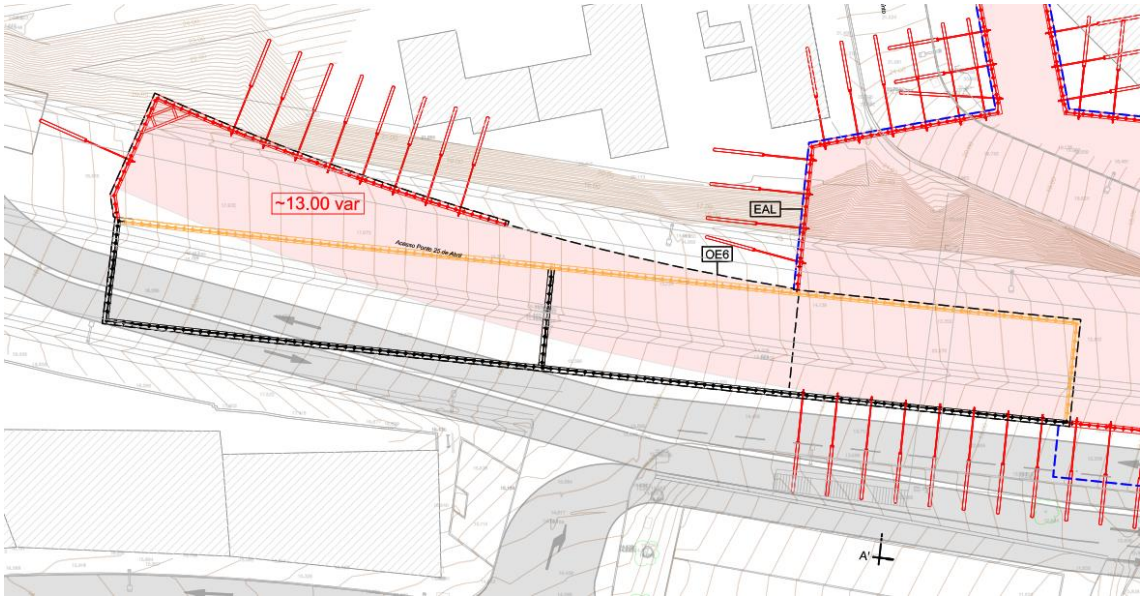


Figura 4 - Planta de Dimensionamento Contenção Provisória – 3ª Fase de escavação

A cortina será solidarizada entre si através de viga de coroamento e vigas de distribuição em betão armado e elementos metálicos, respetivamente. Estes elementos para a além de permitirem a solidarização dos perfis entre si, garantem também a correta transmissão dos esforços provenientes dos impulsos de terras aos elementos de travamento.

O terreno entre perfis, deverá ser revestido com betão projetado (5cm+5cm), devidamente armado com armaduras e drenado com recurso a um nível de geodrenos afastados a 3,6m.

As escoras serão materializadas através de perfis CHS245.5-12.5, ligados às vigas de distribuição de betão armado, com sistemas de suporte para a colocação destes elementos e respetivas soluções de cunha. Recomenda-se a pintura destes elementos à cor branca, para diminuir o efeito da variação de temperatura.

Por fim, as ancoragens serão constituídas, por 6 cordões de 0,60” e afastadas entre si a 3,6m, estas deverão ser seladas em formações competentes e geologicamente estáveis em relação à geometria total da escavação, através do sistema IRS. O respetivo diâmetro de furação não deverá ser inferior a 150mm (6”) e o comprimento de selagem no mínimo 6m, sendo os comprimentos livres expectáveis variáveis entre 12m, 10m, 8m e 6 metros. As ancoragens serão ligadas a vigas de betão armado ou a vigas de distribuição metálicas materializadas através de 2 perfis UPN 320, apoiadas nos perfis através de cachorros metálicos.

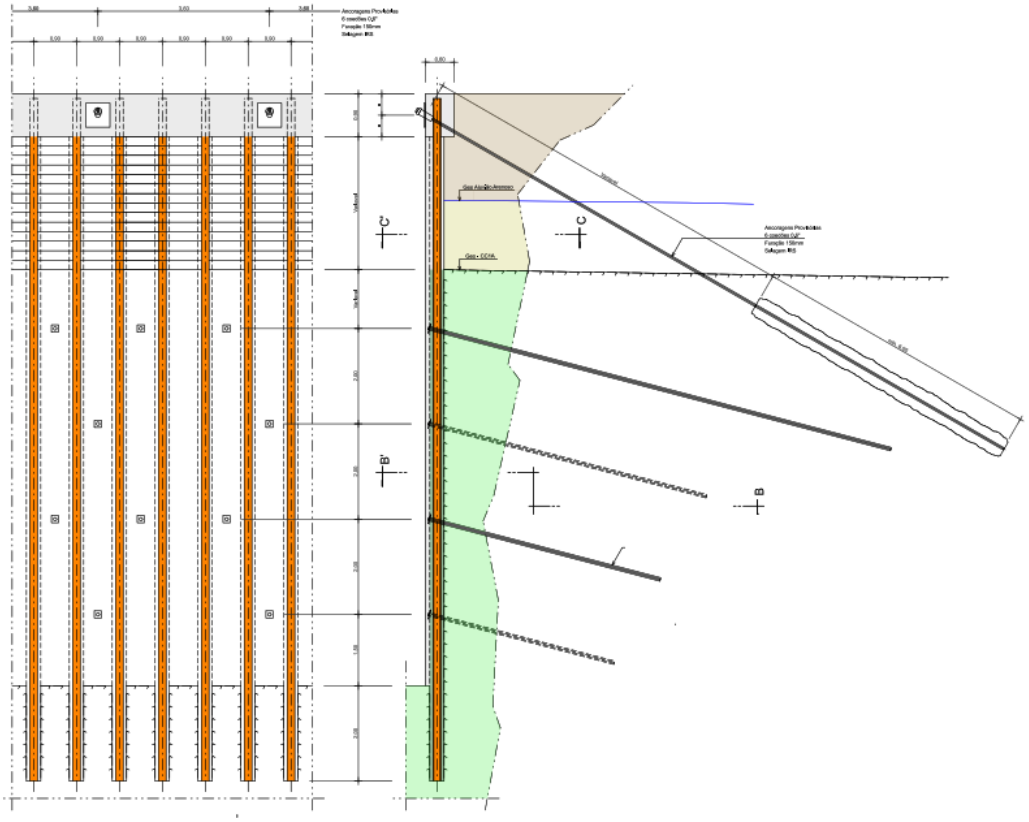


Figura 5 – Alçado e corte tipo da solução típica de contenção

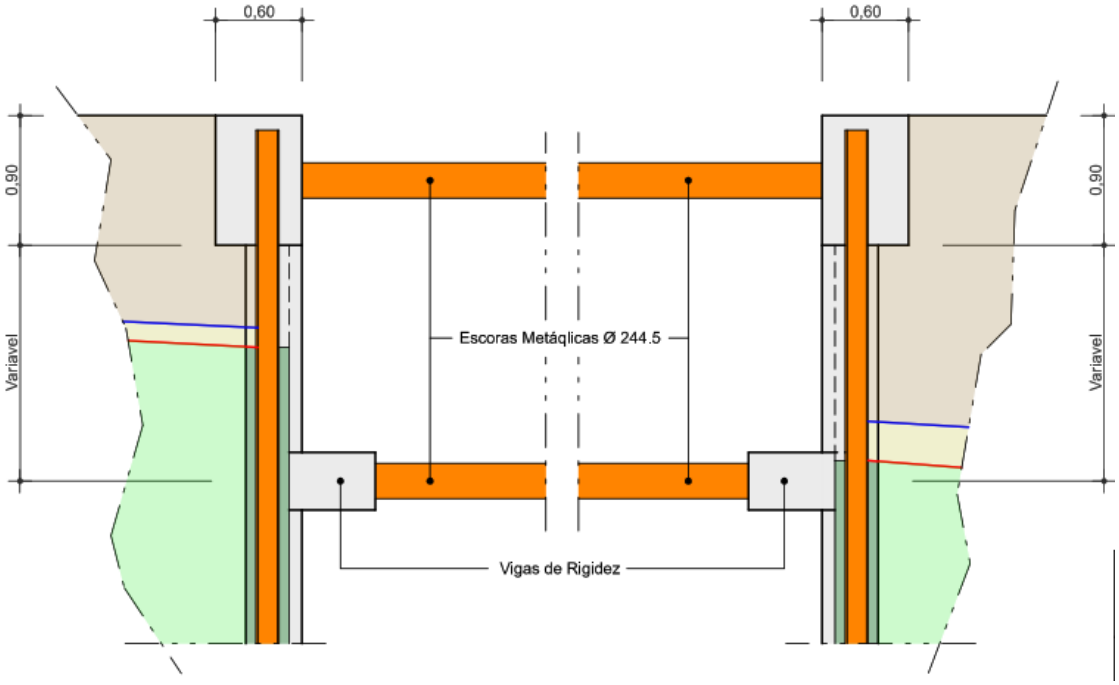


Figura 6 – Corte transversal da solução típica de contenção na OE6

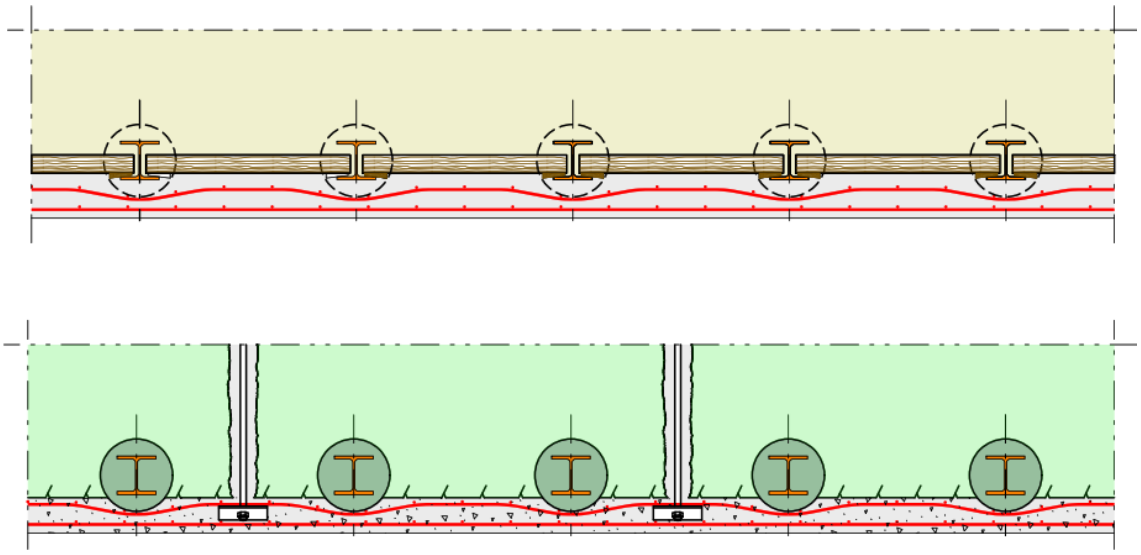


Figura 7 – Secção horizontal da solução de contenção, na zona de aluviões e aterros (imagem no topo) e gunitagem com pregagens na zona dos calcários (imagem inferior)

7.2 Solução de Fase Definitiva

Para a estrutura definitiva do túnel do metro e do LIOS prevê-se a adoção de processos construtivos habituais para este tipo de estrutura, adotando-se soluções betonadas "in-situ" executadas com recurso a cofragens tradicionais com cimbre ao solo. No entanto e conforme mostrado mais à frente neste capítulo, face ao faseamento necessário de cumprir e à localização dos túneis foi necessário prever a execução de vigas de ligação entre ambos os túneis.

Na Figura 8 e Figura 9 apresenta-se a solução estrutural da secção do túnel do LIOS e do túnel do metro preconizada para a zona do Alvito, quando estes se encontram desligados entre si.

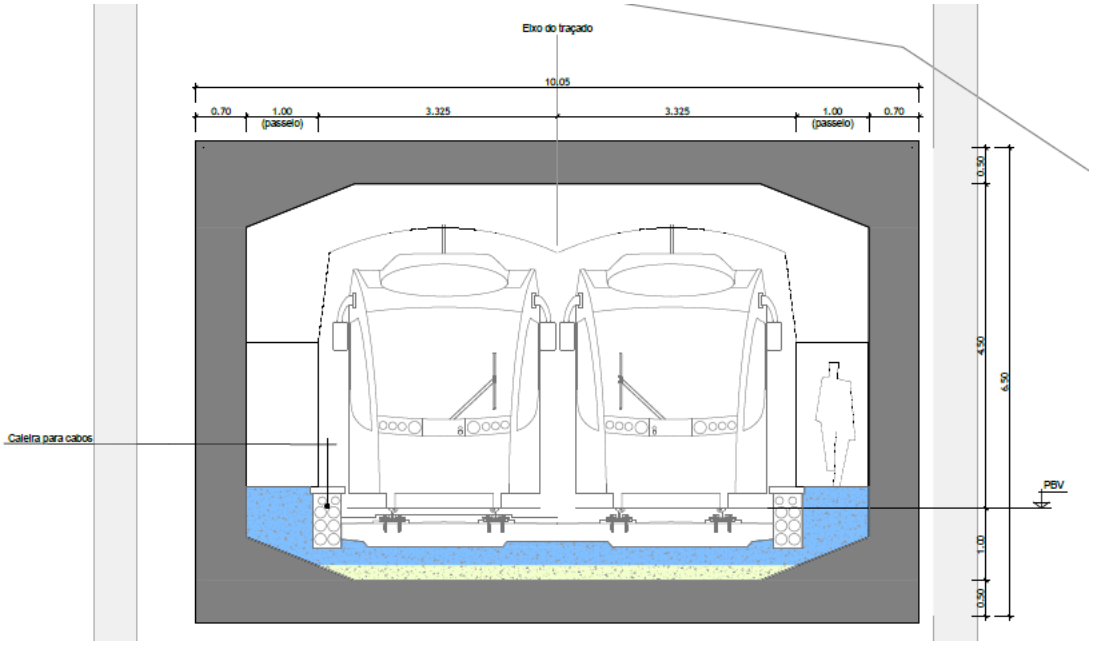


Figura 8 - Secção Tipo do Túnel do LIOS (sem escala)

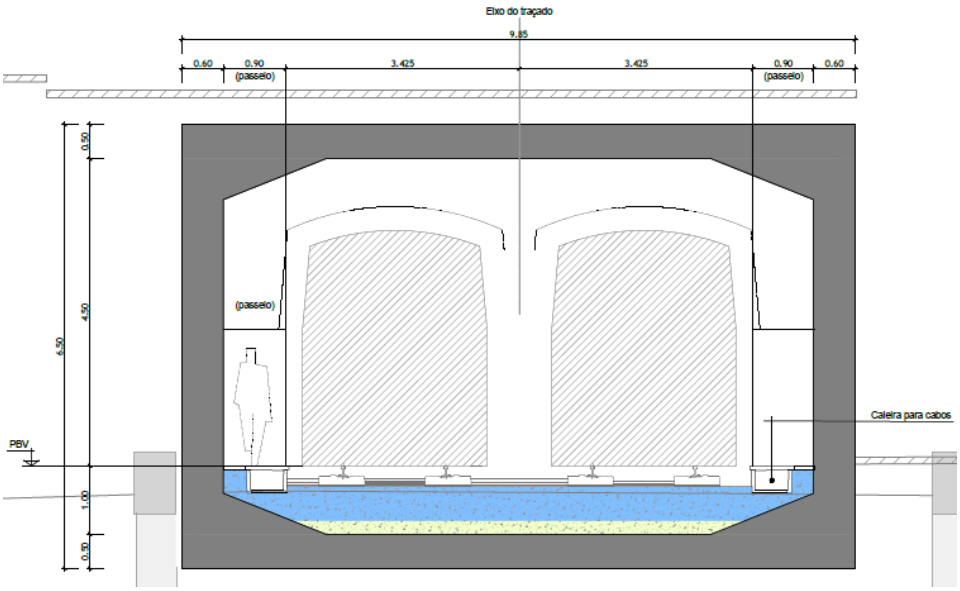


Figura 9 - Secção Tipo do Túnel do Metro (sem escala)

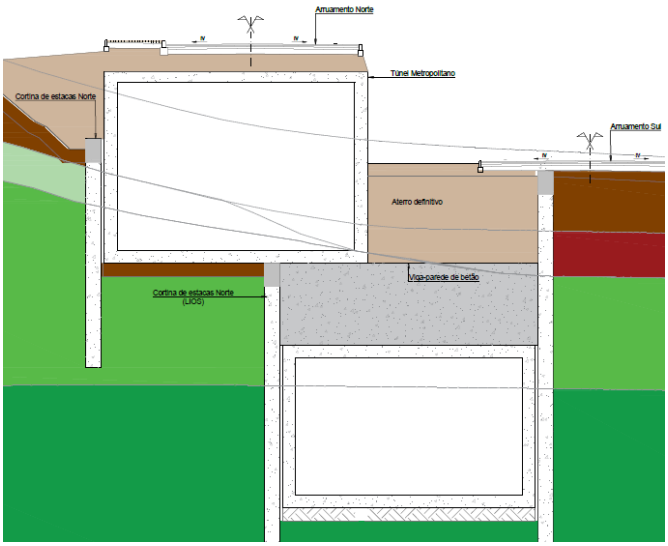


Figura 10 - Secção Tipo da solução de ligação entre o Túnel do Metro e Túnel do LIOS (sem escala)

Na extensão em que o túnel do metro se encontra por cima do túnel do LIOS, e sempre que o túnel do metro se encontre coincidente com o túnel do LIOS, na fase definita da estrutura foram definidas vigas-parede de ligação entre ambos os túneis, com uma secção de 0,60mx3,80m (bxh).

Após conclusão da estrutura do túnel, será executado o aterro sobre este, faseadamente e em conjunto com a desinstalação dos escoramentos metálicos, até à reposição das condições atuais em termos de cota altimétrica, infraestruturas no sub-solo e arranjos exteriores.

7.3 Sistema de Impermeabilização

De forma a cumprir as exigências de estanqueidade definidas no Caderno de Encargos, prevê-se para 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 m2.

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.

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

Na Figura 11 apresentam-se os pormenores do sistema de impermeabilização do revestimento definitivo na zona das paredes e da laje de fundo.

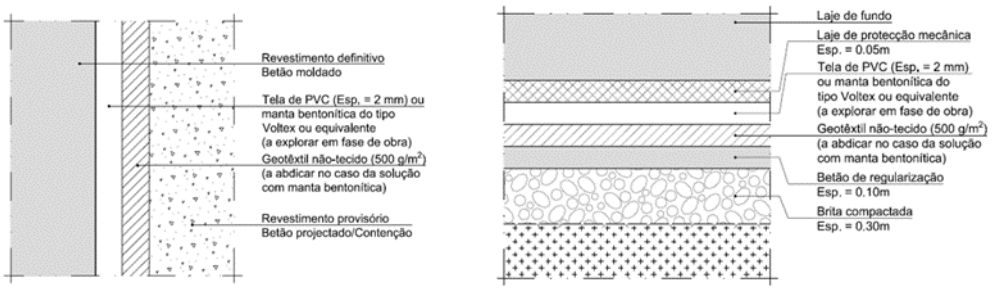


Figura 11 - Sistema de impermeabilização do revestimento definitivo das estruturas executadas a céu aberto

Propõe-se, para as estruturas executadas a céu aberto, explorar em fase de obra a possibilidade de utilização do sistema de impermeabilização a base de mantas bentoníticas.

Neste cenário, a explorar em fase de obra, a utilização de soluções com telas bentoníticas armadas com armadura de poliéster do tipo Voltex DS ou similar, protegidas a polietileno e geotêxtil, e com cordões hidroexpansivos.

8 FASEAMENTO CONSTRUTIVO

Neste capítulo apresentam-se de forma geral os faseamentos aplicados para as soluções definidas.

8.1 Solução de Contenção Provisória e Fase Definitiva

1. Instalação e zeragem de parte do sistema de instrumentação a implementar, em particular a instalação dos inclinómetros e piezómetro;
2. Realização de vistoria aos edifícios adjacentes ao recinto da escavação;
3. Levantamento e eventual desvio dos serviços que possam vir a ser afetados pela intervenção, localizados nos arruamentos adjacentes;
4. Preparação da plataforma de trabalho e dos respetivos acessos, devidamente compatibilizada com a solução adotada, para execução da cortina. Incluindo a demolição/remoção faseada das construções existentes no local;
5. Execução de furos necessários à implantação dos perfis metálicos HEB160 que aí deverão ser colocados e selados. A furação será realizada recorrendo a um entubamento ϕ = 320 mm que visa evitar o colapso do furo. A selagem deve ser realizada abaixo da cota de fundo de escavação e terá, pelo menos 2,0 m de profundidade na formação calcária competente;

6. Execução de uma vala com 0,9 m de altura para execução da viga de coroamento e execução da viga de coroamento de ligação dos perfis já executados, betonada, na face de extradorso, contra o terreno, deixando os negativos para o caso de haver ancoragens. Acompanhada da instalação e zeragem dos alvos topográficos definidos no Plano de Instrumentação e Observação;
7. Execução das ancoragens provisórias, de acordo com o disposto na EN1537:2013, e/ou instalação de escoramentos provisórios, ao nível da viga de coroamento;
8. Realização de ensaios de receção simplificados em todas as ancoragens, de modo a comprovar a sua eficácia para as cargas de dimensionamento. Nas ancoragens instrumentadas com células de carga deverão ser executados ensaios de receção detalhados. Todos os ensaios de receção deverão respeitar o disposto na EN ISSO 22477-5:2018;
9. Escavação acompanhada com a aplicação das pranchas de madeira entre os perfis de modo a conter as terras até à base da 1ª viga de distribuição
10. Escavação acompanhada com a aplicação das pranchas de madeira entre os perfis de modo a conter as terras até atingir a camada rochosa; Escavação no máximo 0,5 m abaixo do 1º nível de pregagens;
11. Furação de 3”, colocação da armadura e selagem com calda de cimento por gravidade para garantir a selagem da armadura às paredes do furo;
12. Após a execução do primeiro nível de pregagens e da gunitagem da área envolvente, prosseguir com a escavação para executar os níveis seguintes de pregagens e respetiva gunitagem, sempre 0.5 m no máximo abaixo da cota prevista para execução da pregagem;
13. Conclusão do muro pregado, até atingir a cota de escavação definida no projeto de estabilidade.
14. Execução de laje de fundo da secção definitiva do túnel do LIOS, incluindo todos os trabalhos relativos à execução da solução de impermeabilização preconizada em projeto;
15. Execução da restante estrutura do túnel do LIOS, incluindo execução de hasteais e laje de cobertura assim como todos os trabalhos relativos à execução da solução de impermeabilização preconizada em projeto;
16. Execução das vigas superiores de ligação entre túneis;
17. Execução de aterro faseado até à cota de base do túnel do metro;
18. Execução de laje de fundo da secção definitiva do túnel do metro, incluindo todos os trabalhos relativos à execução da solução de impermeabilização preconizada em projeto;
19. Execução da restante estrutura do túnel do metro, incluindo execução de hasteais e laje de cobertura assim como todos os trabalhos relativos à execução da solução de impermeabilização preconizada em projeto;
20. Remoção e desativação dos travamentos do 2º nível da contenção provisória;
21. Execução de aterro faseado até à cota de base da viga de coroamento;
22. Remoção e desativação dos travamentos do nível da viga de coroamento da contenção provisória;
23. Execução de aterro faseado até à cota final da fase definitiva com reposição de todos os serviços necessários.

9 PROJETO GEOTÉCNICO DAS CONTENÇÕES PROVISÓRIAS

A análise efetuada visou a realização de um estudo específico visando a análise de tensões e deformações experimentadas pelo solo ao longo das várias fases de execução da obra e as situações mais condicionantes para o dimensionamento estrutural.

9.1 Ações consideradas

As ações consideradas são as apresentadas no Tabela 10.

Tabela 10 - Ações de dimensionamento

Ações	Valor/Observação
CARGAS PERMANENTES	–
Peso próprio	$\gamma_{betão}$ = 25 kN/m^3
AÇÕES DO SOLO	–
Impulsos do solo	Adotaram-se os coeficientes de impulso horizontal definidos na parametrização geotécnica (ver Tomo I – Volume 6 – Estudo Geológico Geotécnico).
IMPULSOS DE ÁGUA	–
Impulsos hidrostáticos	$\gamma_{água}$ = 10 kN/m^3 Nível freático definido para cada secção de cálculo. Adotaram-se os níveis definidos nos estudos hidrogeológicos (ver Tomo I – Volume 6 – Estudo Geológico Geotécnico).
SOBRECARGAS Á SUPERFICIE	–
Carga de ocupação à superfície	10 kN/m^2

9.2 Combinações de ações para os estados limite e abordagens de cálculo

As combinações de ações baseiam-se nas regras definidas na NP EN 1990. Consideram-se as seguintes combinações de ações:

Combinação fundamental geral:

$$E_d = \sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} \text{"+"} \gamma_{Q,1} Q_{k,1} \text{"+"} \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Em que:

E_d - valor de cálculo do efeito das ações;

$\gamma_{G,j}$ – coeficiente parcial relativo à ação permanente j;

$G_{k,j}$ – valor característico da ação permanente j;

$\gamma_{Q,1}$ – coeficiente parcial relativo à ação variável de base de combinação 1;

$Q_{k,1}$ - valor característico da ação variável de base de combinação 1;

$\gamma_{Q,i}$ – coeficiente parcial relativo à ação variável i;

$\psi_{0,i}$ – coeficiente para a determinação do valor de combinação de uma ação variável;

$Q_{k,i}$ - valor característico da ação variável acompanhante i.

Combinação característica:

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

Em que:

E_d - valor de cálculo do efeito das ações;

$G_{k,j}$ – valor característico da ação permanente j;

$\psi_{2,i}$ – coeficiente para a determinação do valor quase-permanente de uma ação variável;

$Q_{k,i}$ - valor característico da ação variável acompanhante i.

Os coeficientes de redução ψ adotados são os definidos no Tabela 11:

Tabela 11 - Coeficientes de redução

Ação	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecargas	0,70	0,50	0,30

Em Portugal, as verificações respeitantes a estados limites últimos de rotura estrutural ou de rotura do terreno (STR/GEO) em situações persistentes ou transitórias devem ser efetuadas utilizando a Abordagem de Cálculo 1.

Assim, no presente projeto considerou-se a abordagem de cálculo 1 nos seguintes elementos:

- Combinação 1:A1 “+” M1 “+” R1.....(caso geral)
- Combinação 2: A2 “+” M2 “+” R1.....(caso geral)

Para a verificação da segurança aos estados limite serão considerados valores dos coeficientes parciais de segurança relativos às ações, de acordo com o estipulado nas normas NP EN1990 e NP EN1991 (Tabela 12) e aos materiais, segundo os regulamentos correspondentes a cada um destes estados limites (Tabela 13 e Tabela 14).

Tabela 12 - Coeficientes parciais de segurança utilizados nas ações

Ação		Símbolo	STR/GEO	
			A1	A2
Permanentes	Desfavorável	γ_G	1,35	1,00
	Favorável		1,00	1,00
Variável	Desfavorável	γ_Q	1,50	1,30
	Favorável		0,00	0,00

Tabela 13 - Coeficientes parciais de segurança utilizados na minoração das propriedades do terreno

Parâmetro do solo		STR/GEO	
	Símbolo	M1	M2
Ângulo de atrito interno em tensões efetivas	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesão em tensões efetivas	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistência ao corte não drenada	γ_{cu}	1,00	1,40
Peso volúmico	γ_{γ}	1,00	1,00

Tabela 14 - Coeficientes parciais de segurança relativos aos materiais para os estados limites últimos

Material	Símbolo	Situações persistentes e transitórias
Betão	γ_C	1,50
Aço para cambotas metálicas e pregagens expansivas	γ_S	1,15

Os valores dos coeficientes parciais dos materiais para a verificação dos estados limites de utilização são iguais à unidade.

Para a verificação da segurança ao estado limite de levantamento global (UPL) serão considerados os valores dos coeficientes parciais de segurança:

Tabela 15 - Coeficientes parciais de segurança utilizados nas ações.

Ação		Símbolo	UPL
Permanentes	Desfavorável	$\gamma_{G,dst}$	1,00
	Favorável	$\gamma_{G,stb}$	0,90
Variável	Desfavorável	$\gamma_{Q,dst}$	1,50

Tabela 16 - Coeficientes parciais de segurança utilizados na minoração das propriedades do terreno.

Parâmetro do solo	Símbolo	UPL

Ângulo de atrito interno em tensões efetivas [a)]	$\gamma_{\phi'}$	1,25
Coesão em tensões efetivas	$\gamma_{c'}$	1,25
Resistência ao corte não drenada	γ_{Su}	1,40
[a)]Este coeficiente é aplicado a tg ϕ'		

Para a verificação da segurança ao estado limite de levantamento hidráulico (HYD) serão considerados valores dos coeficientes parciais de segurança:

Tabela 17 - Coeficientes parciais de segurança utilizados nas ações.

Ação		**Símbolo**	**HYD**
Permanentes	Desfavorável	$\gamma_{G,dst}$	1,35
	Favorável	$\gamma_{G,stb}$	0,90
Variável	Desfavorável	$\gamma_{Q,dst}$	1,50

Os valores dos coeficientes parciais dos materiais para a verificação dos estados limites de utilização são iguais à unidade.

A verificação de segurança em relação aos estados limites últimos estruturais é garantida com base na seguinte condição:

$$S_d \leq R_d$$

em que S_d e R_d se designam respetivamente os valores de dimensionamento do esforço atuante e do esforço resistente.

Na consideração de um estado de limite de rotura ou de deformação excessiva de um elemento estrutural ou do terreno (STR ou GEO) deve ser feita a verificação de que:

$$E_d \leq R_d$$

em que E_d e R_d se designam respetivamente o valor de cálculo do efeito das ações e da capacidade resistente em relação a uma ação.

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 característica.

9.3 Modelos Numéricos

No dimensionamento estrutural e geotécnico das contenções provisórias foram consideradas as situações de projeto transitórias, correspondentes a condições temporárias e outras condições relacionadas com o faseamento construtivo da obra.

A análise estrutural foi realizada com base em modelos planos para o dimensionamento das secções representativas das estruturas de contenção.

Os modelos adotados foram realizados com recurso ao programa de elementos finitos SOFiSTiK, o qual permite modelar a interação entre o solo e as estruturas por meio de uma análise de tensões e deformações.

Os modelos de cálculo permitiram a modelação de todas as fases construtivas, metodologia essencial na análise deste tipo de estruturas, tendo sido obtidos como resultados, para além de deformações do maciço envolvente, os esforços nas estruturas de contenção em particular na Cortina de Berlim provisório, assim como nas escoras e ancoragens de travamento.

Com base nos esforços obtidos, realizaram-se as verificações de segurança dos elementos estruturais em relação aos estados limites últimos de rotura e aos estados limites de utilização. Os esforços resistentes foram, em geral, determinados a partir de folhas de cálculo ou, em alternativa, a partir de programas de cálculo automático.

Para definição da malha de elementos finitos, foram utilizados elementos retangulares de 4 nós tendo o nível de discretização da malha sido localmente ajustado para uma maior densidade de elementos finitos junto às estruturas de contenção.

O faseamento construtivo foi simulado de acordo com o previsto no projeto, tendo-se iniciado pela primeira fase de geração de tensões iniciais e em seguida execução das estruturas de contenção, nomeadamente Cortina de Berlim provisório, e aplicadas as sobrecargas à superfície sendo nesse momento efetuada uma zeragem das deformações antes de prosseguir para os seguintes passos. As fases seguintes foram simuladas conforme faseamento estabelecido nas peças desenhadas de projeto, incluindo a fase de execução da estrutura definitiva e execução do aterro sobre este de forma faseada com a desinstalação dos escoramentos metálicos.

Apresenta-se na Figura 12 o modelo elaborado para estudo da contenção provisória, na secção A, e nas figuras seguintes apresentam-se os modelos das secções B e C e o exemplo do faseamento construtivo para o primeiro modelo. Nestes modelos, as fronteiras verticais, à esquerda e direita, têm os deslocamentos horizontais fixos e a fronteira horizontal inferior tem os deslocamentos verticais fixos. As cortinas, são instaladas com elementos não lineares de interface.

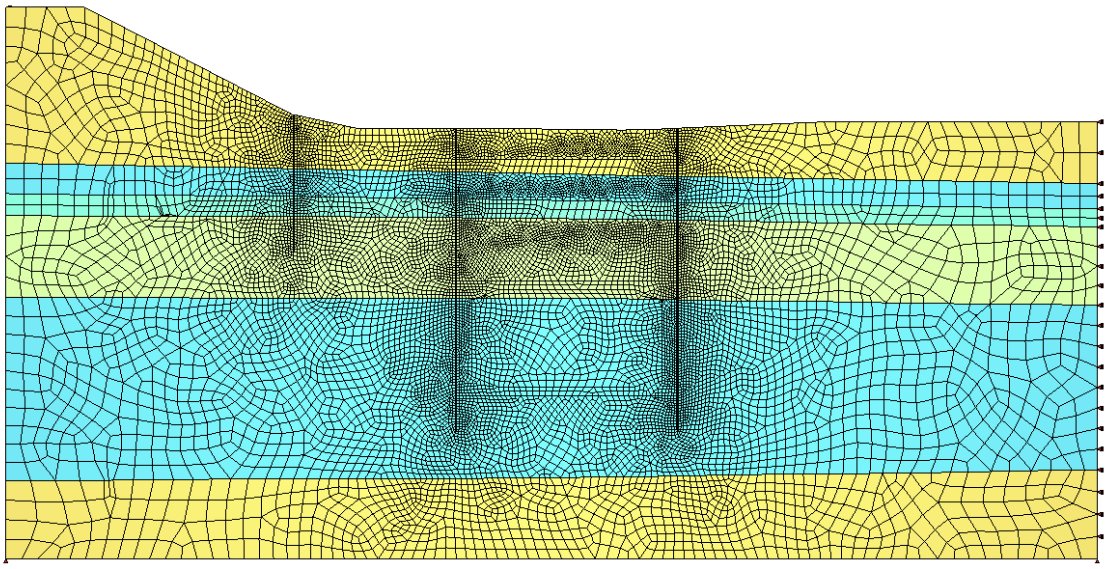


Figura 12 – Modelo de elementos finitos elaborado no *SOFiSTiK – Secção A – fase inicial*

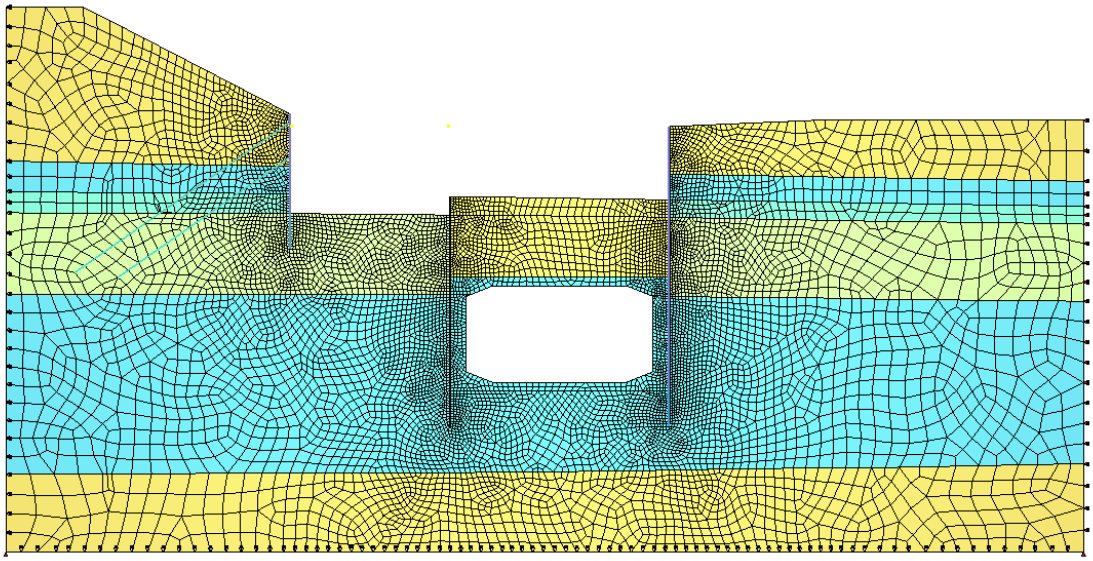


Figura 13 – Modelo de elementos finitos elaborado no *SOFiSTiK – Secção A – fase final*

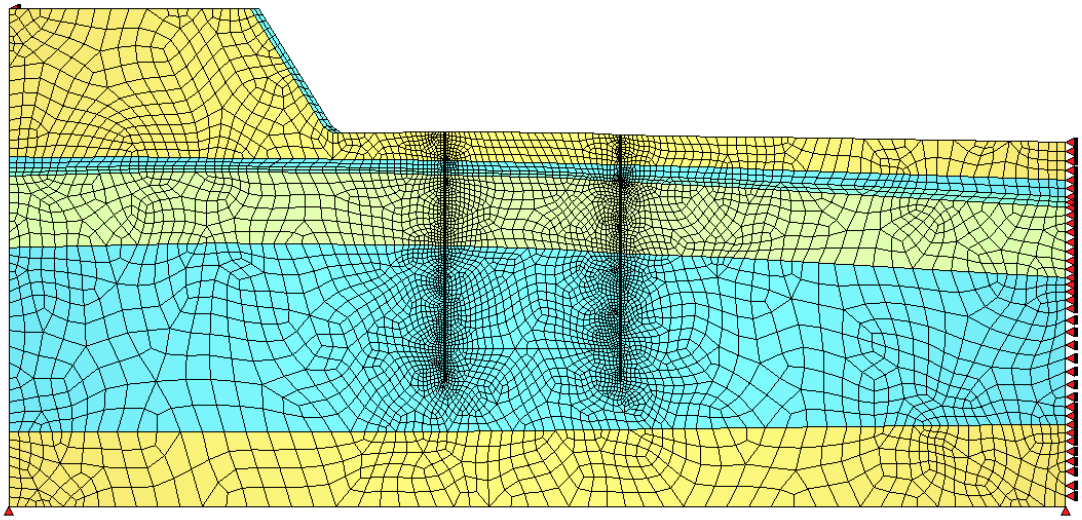


Figura 14 – Modelo de elementos finitos elaborado no *SOFiSTiK – Secção B – fase inicial*

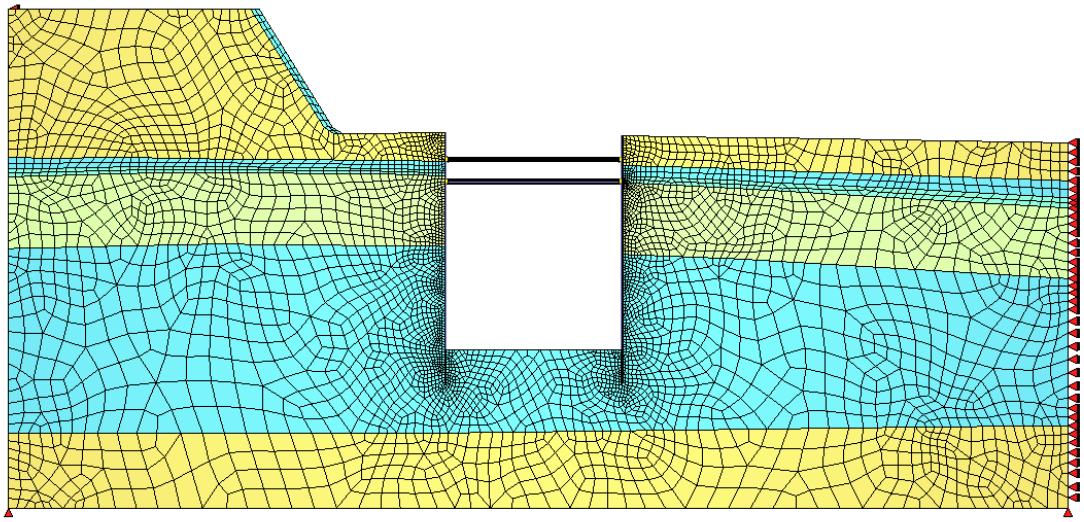


Figura 15 – Modelo de elementos finitos elaborado no *SOFiSTiK – Secção B – fase final*

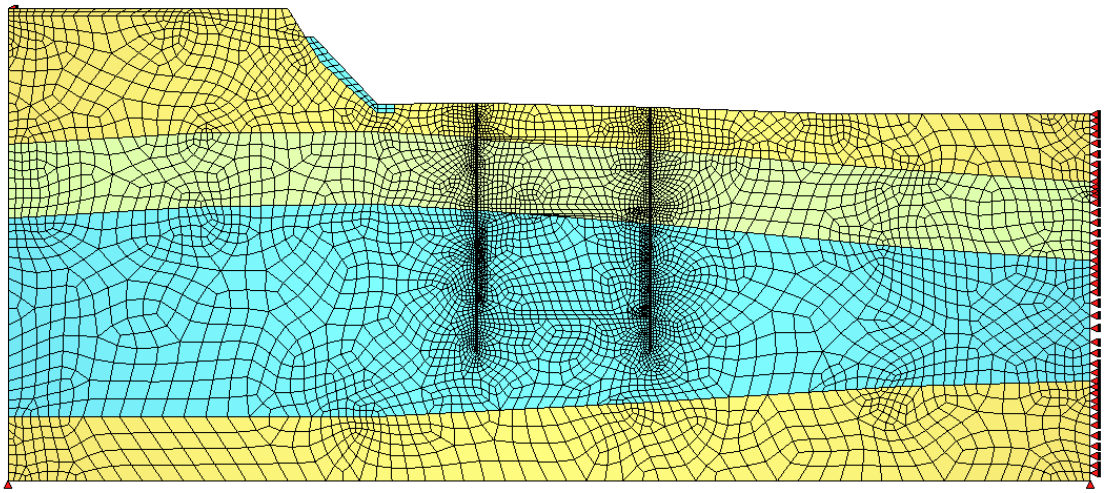


Figura 16 – Modelo de elementos finitos elaborado no *SOFiSTiK – Secção C – fase inicial*

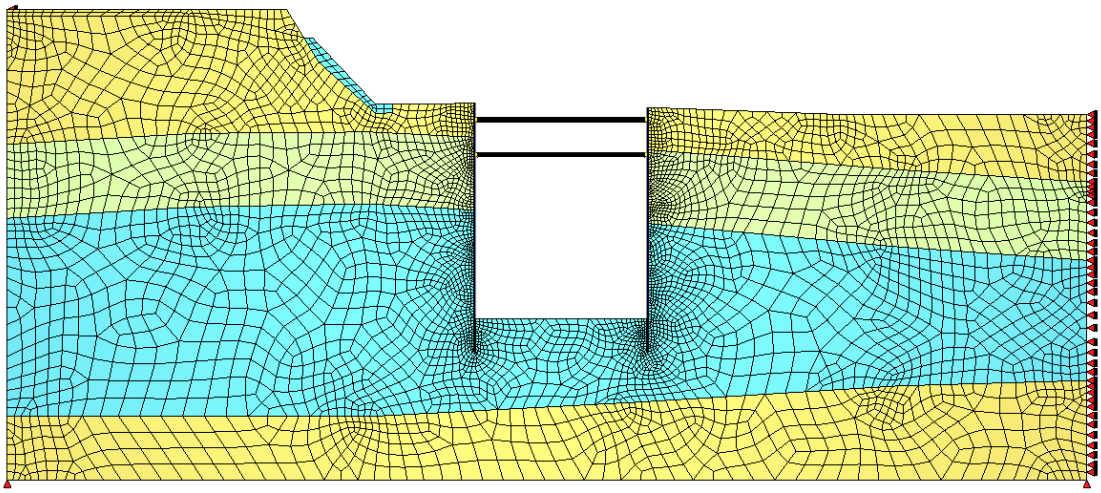


Figura 17 – Modelo de elementos finitos elaborado no *SOFiSTiK – Secção C – fase final*

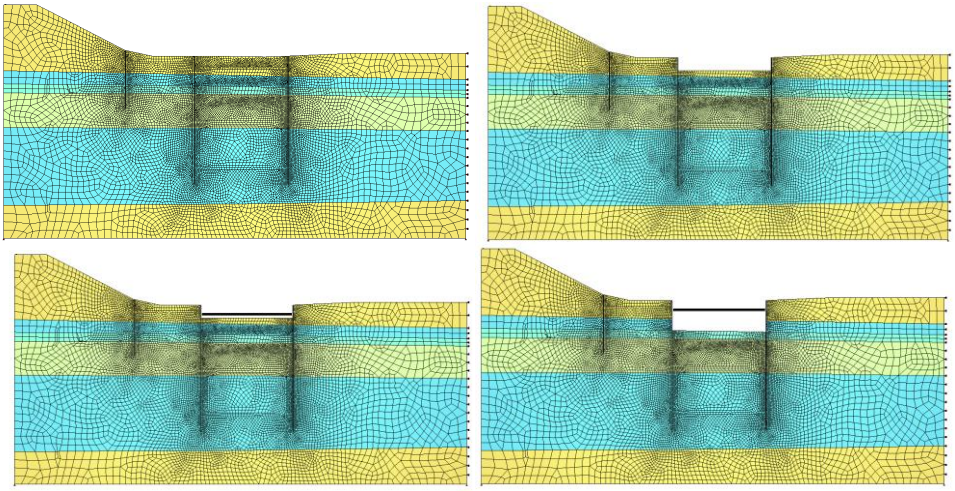


Figura 18 – Modelo de elementos finitos elaborado no *SOFiSTiK – Secção A – faseamento construtivo (1/4)*

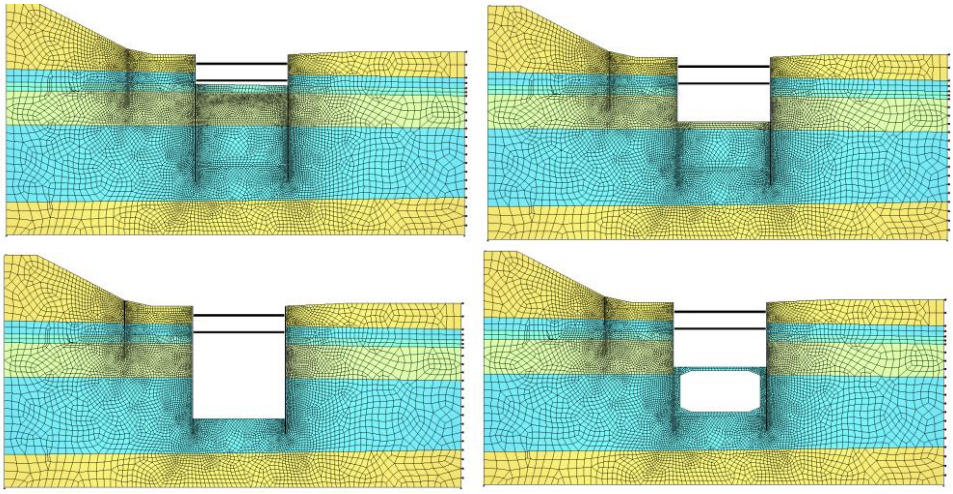


Figura 19 – Modelo de elementos finitos elaborado no *SOFiSTiK – Secção A – faseamento construtivo (2/4)*

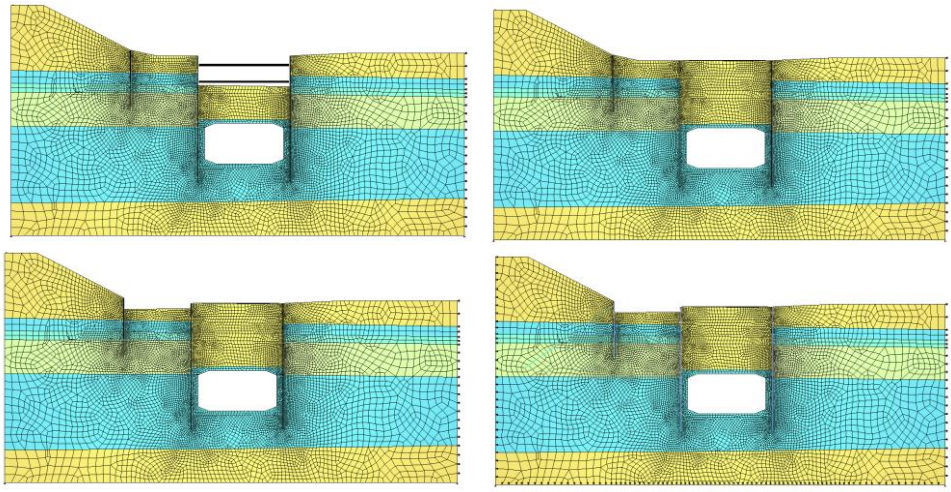


Figura 20 – Modelo de elementos finitos elaborado no *SOFiSTiK – Secção A – faseamento construtivo (3/4)*

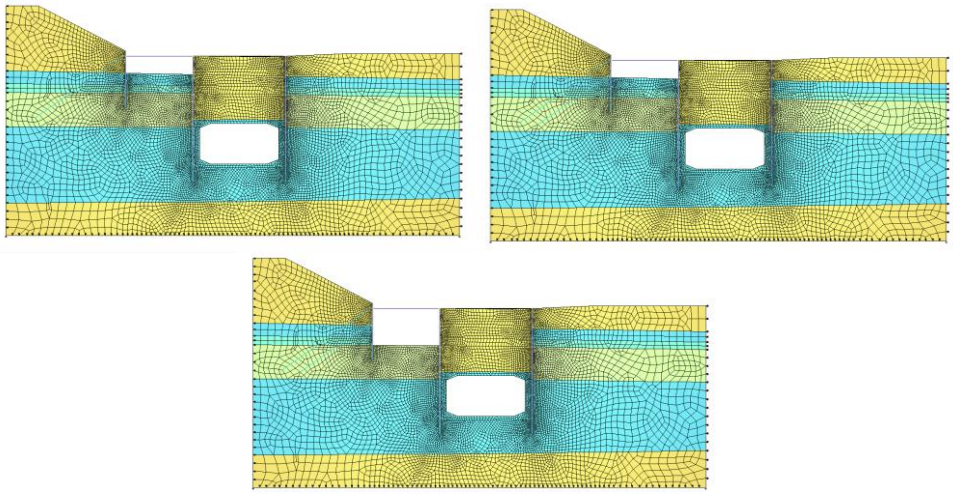


Figura 21 – Modelo de elementos finitos elaborado no *SOFiSTiK – Secção A – faseamento construtivo (4/4)*

9.4 Verificações de segurança

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.

Neste contexto, estes estados constituem limites para além dos quais a estrutura deixa de satisfazer os requisitos fundamentais de projeto, nomeadamente estados limites últimos e estados limites de utilização.

Com vista à verificação de segurança dos diversos elementos, as ações foram agrupadas nas seguintes combinações de ações:

Tabela 18 – 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.

Nesta fase de estudo consideraram-se relevantes as verificações da segurança aos estados limites dos elementos estruturais indicados na

Tabela 19, sendo as mesmas efetuadas de acordo com as disposições das normas NP EN 1992-1, NP EN 1993-1 e NP EN 1997-1.

Tabela 19 – Verificações de segurança associadas às contenções provisórias

	Tipo de verificação	
Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU)	Cortina de Berlim provisório	Estado limite último de resistência à flexão
		Estado limite último de resistência ao corte
	Microestacas	Estado limite último de resistência à encurvadura por varejamento
		Estado limite último de capacidade de carga do terreno (atrito lateral)
	Escoras	Estado limite último de resistência à encurvadura por varejamento
	Vigas de coroamento	Estado limite último de resistência à flexão
		Estado limite último de resistência ao corte
	Vigas de distribuição metálicas	Estado limite último de resistência à flexão
		Estado limite último de resistência ao corte
	Ancoragens	Estado limite último de resistência à tração
		Estado limite último de capacidade de carga do terreno (atrito lateral)
	Betão projetado	Estado limite último de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas
		Estado limite último de resistência ao esforço transverso/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas
Verificação da Segurança ao Estado Limite de Utilização (ELS)	Cortina de Berlim provisório	Deformação horizontal
	Terreno envolvente	Assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação

Apresenta-se para esta fase, no capítulo seguinte apenas algumas das verificações de segurança resumidas para os elementos principais da solução definida.

9.4.1 Estado Limite Último de 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.

9.4.2 Estado Limite Último de resistência ao corte de elementos

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

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

Em que:

V_{Ed} valor de cálculo do esforço transverso atuante;

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

A armadura de esforço transverso 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 transverso constituída por estribos verticais.

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

onde:

θ - ângulo das bielas de betão com o eixo do elemento;

A_{sw} - área da armadura de esforço transverso;

s - espaçamento da armadura de esforço transverso;

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 transverso;

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.

9.4.3 Estado Limite Último de capacidade de carga do terreno

Dado que as ancoragens se encontram à tração as características atribuídas à resistência de ponta são nulas, considerou-se, que o bolbo de selagem das ancoragens, funcionará apenas por resistência lateral. Segundo o Eurocódigo 7 a verificação da segurança é garantida pela condição:

$$\frac{N_{raro}}{R_{c;m}} \leq FS$$

onde:

N_{raro} - valor de cálculo das ações axiais correspondentes à combinação rara.

$R_{c;m}$ - valor médio da resistência do bolbo de selagem, determinado de acordo com a metodologia de Doix e Bustamante.

A resistência média do bolbo de selagem é dada pela expressão seguinte:

$$R_{c;m} = \pi \cdot \alpha \cdot D_d \cdot q_s \cdot L_{selagem}$$

em que:

α - Coeficiente de expansibilidade do furo na zona selada. Foram considerados os valores recomendados pelo fabricante, para os terrenos de selagem dos elementos;

D_d - Diâmetro de furacão;

q_s - Valor médio da resistência unitária última da interface calda-terreno, obtido a partir dos ábacos de Bustamante e Doix (1985) em função do tipo de terreno e do tipo de re-injeção;

$L_{selagem}$ - Comprimento do bolbo de selagem;

FS - Fator de segurança segundo EC7, sendo função das acções e tipo de cargas.

9.4.4 Estado limite último de resistência à encurvadura por varejamento

No que respeita aos perfis horizontais, do tipo HEB, de acordo com o Eurocódigo 3, a verificação da segurança ao estado limite último de resistência à encurvadura pode ser assegurado de acordo com a seguinte condição:

$$N_{b.Rd} = \chi \cdot A_s \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

onde:

N_{Sd} - Valor de cálculo do esforço axial atuante;

$N_{b.Rd}$ - Valor de cálculo da resistência à encurvadura global.

A resistência à encurvadura global por varejamento é definida pela seguinte expressão:

sendo:

A_s - Área da secção transversal;

f_y - Tensão de cedência do aço;

γ_{M1} - Coeficiente parcial de segurança, considerado igual a 1,0;

χ - Fator de redução para o modo de encurvadura.

9.4.5 Estado Limite Último De Resistência à Tração

De acordo, com EN 1537, toma-se que o valor máximo da tração de blocagem (P0) aplicada deve ser limitado pelo valor de 0,60 Rt,k.

Por outro lado, admitem-se perdas por reentrada das cunhas aquando a aplicação do pré-esforço, tem-se então, para o número de cordões de cada cabo de pré-esforço os seguintes valores:

Para a estimativa do valor das perdas por reentrada das cunhas, por cordão, tem-se a seguinte relação:

$$\Delta P_{cordão} = \frac{EA}{L} \times \Delta d$$

Sendo:

E – Módulo de elasticidade do aço;

A – Área dos cordões da ancoragem;

L – Comprimento livre da ancoragem;

Δd – Reentrada das cunhas.

De acordo com a EN 1537 encontra-se verificada a segurança ao Estado Limite Último de tração desde que seja assegurada a seguinte condição:

$$\frac{P_d}{R_{t;d}} \leq 1$$

Onde:

P_d - Valor de cálculo da força de pré-esforço aplicado na ancoragem.

$R_{t;d}$ - Valor de cálculo da resistência da armadura da ancoragem à tração, sendo esta dada por:

$$R_{t;d} = \frac{R_{t;k}}{\gamma_R}$$

em que:

$R_{t;k}$ - Valor característico da resistência da armadura da ancoragem à tração. Nesta verificação constitui o valor característico da força de rotura à tração da armadura da ancoragem;

γ_R - Fator parcial associado a resistência da ancoragem. Foi admitido no mínimo um valor de 1,35.

O valor característico da capacidade resistente da armadura que constitui ancoragem ($R_{t;k}$), pode ser determinado pela seguinte equação:

$$R_{t;k} = A_t \cdot f_{t;k}$$

onde:

A_t - Área da secção transversal da armadura de pré-esforço. Neste caso igual a 6x140 mm2 (6 cordões de 0,6') por seção;

$f_{t;k}$ - Valor característico da tensão de rotura à tração da armadura de ancoragem. Neste caso para o aço 1670/1860 toma o valor de 1860MPa.

De acordo com a mesma Euro-norma, a carga de blocagem aplicada deverá ainda respeitar a seguinte relação:

$$P_0 \leq 0{,}60 \cdot R_{t;k}$$

10 PROJETO DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS

10.1 Ações

Na fase de Projeto de Execução foram consideradas no dimensionamento das estruturas as ações regulamentares bem como as ações definidas no Normativo do Metropolitano de Lisboa.

10.1.1 Ações Permanentes

As ações permanentes consideradas na análise foram as seguintes:

- Peso Próprio da estrutura (PP) – Para o peso do betão armado da estrutura considerou-se um peso específico de γ_c = 25 kN/m^3;

- Restantes Cargas Permanentes (RCP) (revestimentos em zonas correntes, técnicas e coberturas) – valores determinados em função dos materiais e tipo de revestimento previsto;

- Retração e Fluência (Ret+Flu) – Os efeitos de retração e fluência do betão são ações ao longo do tempo consideradas permanentes. As extensões devidas à retração e os coeficientes de fluência foram consideradas de acordo com o estipulado na regulamentação europeia, NP EN1992-1-1 para uma idade de 10 000 dias após o início da construção.

  Foram considerados os seguintes parâmetros para a sua quantificação: Humidade relativa média de 70% e temperatura ambiente de 20ºC;

  Para quantificação dos esforços decorrentes desta deformação imposta considera-se o módulo de elasticidade do betão igual a metade do seu valor real e o coeficiente de dilatação térmica linear com valor: $\alpha = 10x10^{-6}$.

- Impulso de Terras (It) – Foram considerados os impulsos de terreno, calculados tendo em conta as caraterísticas geomecânicas dos maciços interessados (de acordo com o zonamento geotécnico apresentado nas peças desenhadas

- Impulso Hidrostático (Iw) – Considera-se a existência de água e consequentemente a ação do impulso hidrostático abaixo da interface do afloramento do complexo vulcânico (β+τ) e na faixa onde ocorrem os aterros heterogéneos. Para a determinação dos impulsos hidrostático considerou-se um peso específico da água de γ_w = 10 kN/m^3.

10.1.2 Ações Variáveis

As ações variáveis consideradas na análise foram as seguintes:

- Sobrecarga de tráfego – (SC_Traf);
- Sobrecarga de terrapleno – (SC_Terr) – Foi considerada uma sobrecarga de 10 kN/m2 para a determinação dos impulsos de terras;
- Sobrecarga Coberturas elevadas não acessíveis – (SC_Cob);
- Sobrecarga em coberturas enterradas com recobrimento de terras>1 m (ponto 2.2.2. c.1 das Normas de Projeto de Estruturas do Metropolitano, E.P.) – (SC_ML);
  No caso de existência de edifícios esta carga será substituída, se for mais desfavorável, por uma carga uniformemente distribuída de 12 kN/m2 por piso;
- Sobrecarga Geral (pisos-corrente) – (SC_GER);
- Sobrecarga Geral (pisos-técnicos) – (SC_TECN) de acordo com o definido nas Normas de Projeto de estruturas do Metropolitano, E. P.;
- Sobrecarga Ferroviária: Comboio Tipo (CT);
- Ação da temperatura – temperatura uniforme + temperatura diferencial (Δtu+Δtd);
- Levantamento de Estruturas – para transferência de cargas (LEV);

- Vento (W) – Nas estruturas expostas ao vento foi consideração a ação do vento quantificada de acordo com a NP EN 1991-1-4;
- Ações vibratórias externas.

10.1.3 Ação Sísmica

O efeito do sismo nas estruturas enterradas (túneis e estações) materializa-se pela imposição de deslocamentos no seu contorno em resultado da propagação das ondas sísmicas, em parte influenciada pela presença das próprias estruturas e dos edifícios adjacentes. Estes deslocamentos impõem deformações na estrutura as quais, por sua vez, geram tensões e esforços de natureza sísmica.

Os deslocamentos podem ser calculados por uma análise integrada, com um modelo de propagação de ondas incidentes desde o firme rochoso sísmico subjacente, ou por uma análise simplificada através de um modelo em que se admitem conhecidos previamente os deslocamentos sísmicos impostos. No presente estudo foi seguida esta segunda metodologia.

A ação sísmica é definida com base no espetro de resposta elástico de aceleração constante do DNA da parte 1-1 do Eurocódigo 8 para as zonas sísmicas 1.3 e 2.3. No caso da definição da ação sísmica à superfície, é considerado o tipo de terreno segundo o critério definido no Quadro 3.1 da EN 1998-1. No caso da definição da ação sísmica a uma profundidade correspondente a um firme rochoso sísmico é considerado o tipo de terreno A.

O movimento sísmico é introduzido, com a consideração do efeito de radiação energética, ao longo da fronteira rígida inferior do modelo, tradicionalmente associada a velocidades de propagação de ondas de corte superiores a 800 m/s. A consideração dos efeitos não lineares no comportamento dinâmico do terreno é garantida através da adoção do espetro de resposta elástico acima referido e da modelação da dependência das propriedades de deformabilidade e de amortecimento relativamente à deformação de corte (método linear equivalente).

A metodologia de análise incorpora as seguintes fases:

- Estudo do maciço envolvente adotando uma estratificação realista, com consideração da não-linearidade através do método linear equivalente, que incluem a estrutura sob uma forma simplificada;
- Imposição estática, a um modelo estrutural detalhado, do campo cinemático de distorção mais desfavorável obtido na análise anterior e cálculo dos correspondentes esforços nas estruturas subterrâneas.
- Consideração dos esforços de origem sísmica nas combinações de ações para situações de projeto sísmicas.

Foram seguidas as indicações do Anexo C7 – “Análise Sísmica de Estruturas Enterradas” das Cláusulas Técnicas (CET) do Caderno de Encargos, que indicam a metodologia de análise sísmica das estruturas enterradas, com a dependência das propriedades dinâmicas (deformabilidade ao corte e amortecimento) relativamente à amplitude de distorção sísmica (método linear equivalente) para a estimativa da deformada sísmica do terreno e da estrutura.

Nas estruturas totalmente enterradas os efeitos inerciais da sua resposta são desprezáveis, pelo que se recorreu simplificadamente a uma análise de interação cinemática. Nesta, a envolvente mais desfavorável de deslocamentos sísmicos é imposta, estaticamente, a um modelo estrutural detalhado da estrutura enterrada. Os esforços sísmicos assim calculados são considerados nas situações de projeto sísmicas.

10.1.4 Ações Acidentais

10.1.4.1 Ação Acidental de Incêndio

Na verificação da segurança estrutural para a ação do fogo foram considerados os seguintes critérios:

1. Manter a função de suporte de carga em pelo menos durante 120 minutos;
2. Limitação da propagação de fogo (chamas, gases quentes, excesso de calor).

Estes critérios são cumpridos adotando-se as disposições prescritas no EN 1992 1-2, no qual são apresentados valores tabelados que indicam as dimensões mínimas para elementos estruturais bem como os recobrimentos mínimos das armaduras.

No que se refere aos recobrimentos, os valores mínimos apresentados no quadro do capítulo 5 da EN 1992 1 2 são em geral inferiores aos mínimos necessários para garantir os requisitos de durabilidade. No capítulo 5 estão indicados os valores dos recobrimentos adotados para cada elemento estrutural com vista a garantir o requisito de durabilidade e de resistência ao fogo.

10.2 Combinações de Ações

10.2.1 Combinação de Ações para os Estados Limites Últimos (ELU)

As combinações de ações baseiam-se nas regras definidas na EN 1990. Consideram-se as seguintes combinações de ações:

10.2.1.1 Combinações fundamentais:

Para a verificação da segurança aos estados limites últimos de resistência, as combinações a considerar são (combinações fundamentais):

Em geral

$$S_d = \sum_{i=1}^{n} \gamma_{Gi} S_{Gik} + \gamma_Q \left[S_{Q1k} + \sum_{j=2}^{m} \psi_{0j} S_{Qjk} \right]$$

Em que:

S_{Gik} – esforços resultantes de ações permanentes consideradas com os seus valores característicos;

S_{Q1k} – esforço resultante da ação variável base tomada com o seu valor característico;

S_{Qjk} – esforços resultantes das restantes ações variáveis tomadas com os seus valores característicos.

γ_{Gi} – Coeficiente de segurança a aplicar às cargas permanentes que toma o valor de 1.35, quando desfavorável ou valor de 1.0, caso contrário;

γ_Q– Coeficiente de segurança a aplicar às ações variáveis que toma o valor de 1.50 as ações variáveis quando estas têm efeitos desfavoráveis, ou valor nulo caso contrário;

ψ_0 – Valor reduzido da ação variável i.

10.2.1.2 Combinações acidentais:

$$S_d = \sum_{i=1}^{n} S_{Gik} + S_{Fa} + (\psi_{1,1} \text{ou } \psi_{2,1})\, S_{Q,1} + \sum_{j=1}^{m} \psi_{2j}\, S_{Qjk}$$

Em que:

S_d – Esforço de cálculo;

$S_{Q,1}$ – Esforço resultante de uma ação variável distinta da ação de base, tomada com o seu valor característico;

S_{Fa} – Esforço resultante de uma ação de acidente, tomada com o seu valor característico;

O valor do coeficiente $(\psi_{1,1} \text{ou } \psi_{2,1})\, S_{Q,1}$ é definido em função da situação de projeto acidental correspondente (choque, incêndio ou a sobrevivência após uma situação de acidente).

10.2.1.3 Combinações Sísmicas:

No caso da ação variável de base ser a ação sísmica, cujos valores de cálculo dos esforços são designados por S_{Ed}, tem-se:

$$S_d = \sum_{i=1}^{n} S_{Gik} + S_{Ed} + \sum_{j=1}^{m} \psi_{2j}\, S_{Qjk}$$

Em que:

S_d – Esforço de cálculo;

ψ_2 – Valor reduzido da ação variável j.

10.2.2 Combinação de Ações para os Estados Limites de Serviço (ELS)

Para a verificação da segurança aos estados limites de utilização as combinações a considerar são as seguintes:

10.2.2.1 Combinação rara de ações:

$$S_{Carac} = \sum_{i=1}^{n} S_{Gik} + S_{Q1k} + \sum_{j=2}^{m} \psi_{1j}\, S_{Qjk}$$

10.2.2.2 Combinação frequente:

$$S_{Freq} = \sum_{i=1}^{n} S_{Gik} + \psi_{11}\, S_{Q1k} + \sum_{j=2}^{m} \psi_{2j}\, S_{Qjk}$$

10.2.2.3 Combinação quase permanente:

$$S_{QPerm} = \sum_{i=1}^{n} S_{Gik} + \sum_{j=1}^{m} \psi_{2j}\, S_{Qjk}$$

Em que:

S_{Gik} – esforços resultantes de ações permanentes consideradas com os seus valores característicos;

S_{Q1k} – esforço resultante da ação variável considerada como ação de base da combinação, tomada com o seu valor característico;

S_{Qjk} – esforços resultantes das restantes ações variáveis tomadas com os seus valores característicos.

ψ_1 e ψ_2 – Valores reduzidos da ação variável j.

10.3 Modelos Numéricos

No dimensionamento estrutural e geotécnico da estrutura definitiva do túnel do metro e do LIOS a análise estrutural foi realizada com base em modelos planos e tridimensionais para o dimensionamento das secções representativas das secções dos túneis.

Os modelos adotados foram realizados com recurso ao programa de elementos finitos SOFiSTiK, o qual permite modelar a secção bidimensional dos túneis.

Os túneis foram modelados através de elementos de barra apoiadas ao longo do seu contorno através de molas elásticas com valor da rigidez equivalente do solo confinante.

Com base nos modelos consideraram-se os esforços obtidos para realizar as verificações de segurança dos elementos estruturais em relação aos estados limites últimos de rotura e aos estados limites de utilização. Os esforços resistentes foram, em geral, determinados a partir de folhas de cálculo ou, em alternativa, a partir de programas de cálculo automático.

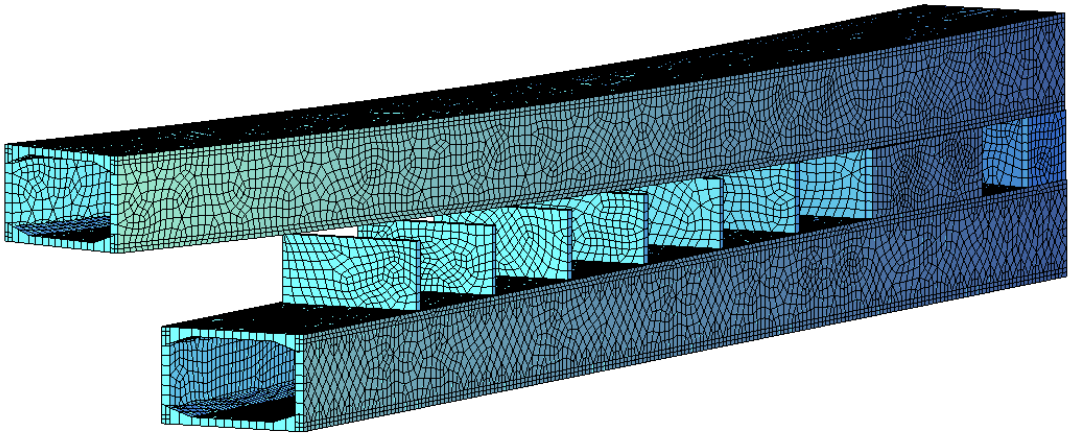


Figura 22 – Vista do modelo tridimensional de elementos finitos do Túnel do LIOS e Metro (*SOFiSTiK)*

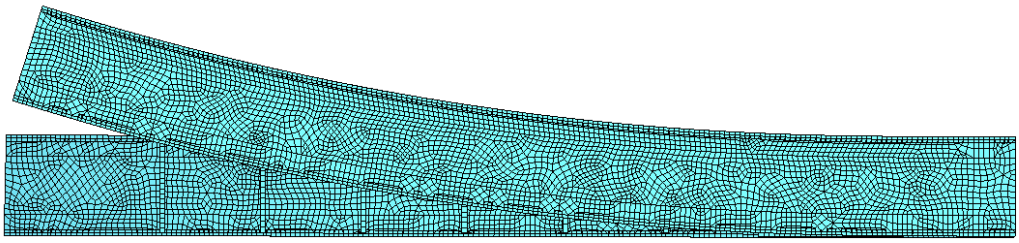


Figura 23 – Planta do modelo tridimensional de elementos finitos do Túnel do LIOS e Metro (*SOFiSTiK)*

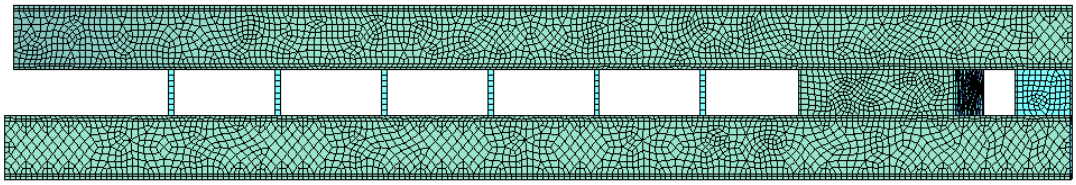


Figura 24 – Alçado Longitudinal do modelo tridimensional de elementos finitos do Túnel do LIOS e Metro (*SOFiSTiK)*

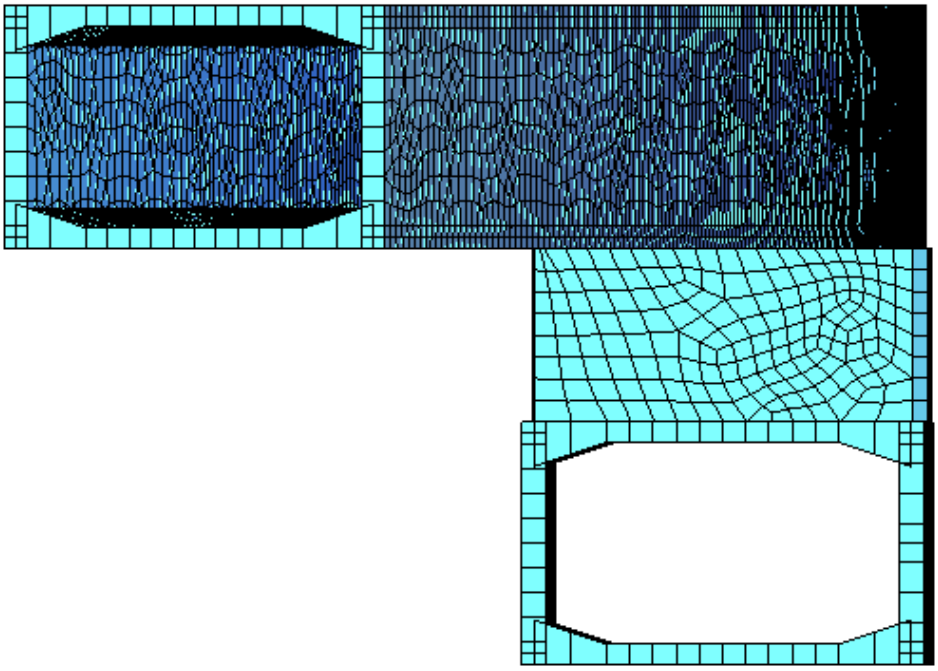


Figura 25 – Secção do modelo tridimensional de elementos finitos do Túnel do LIOS e Metro (*SOFiSTiK)*

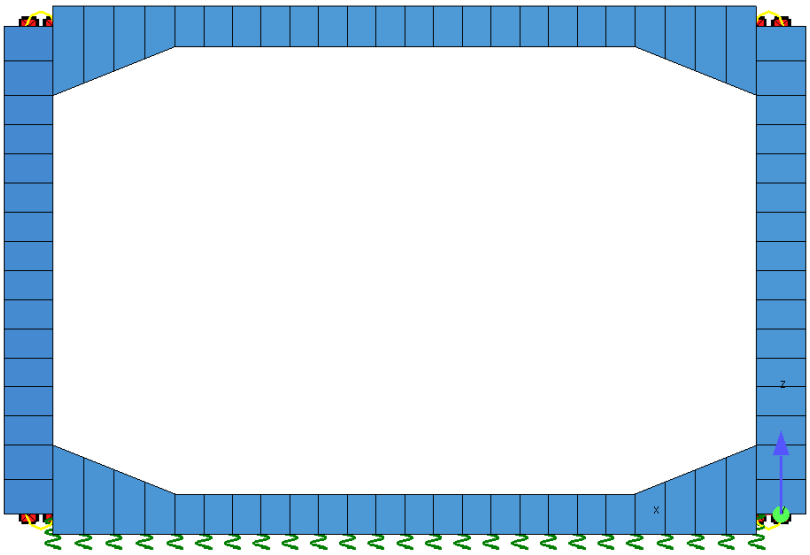


Figura 26 – Secção do Túnel do LIOS (*SOFiSTiK)*

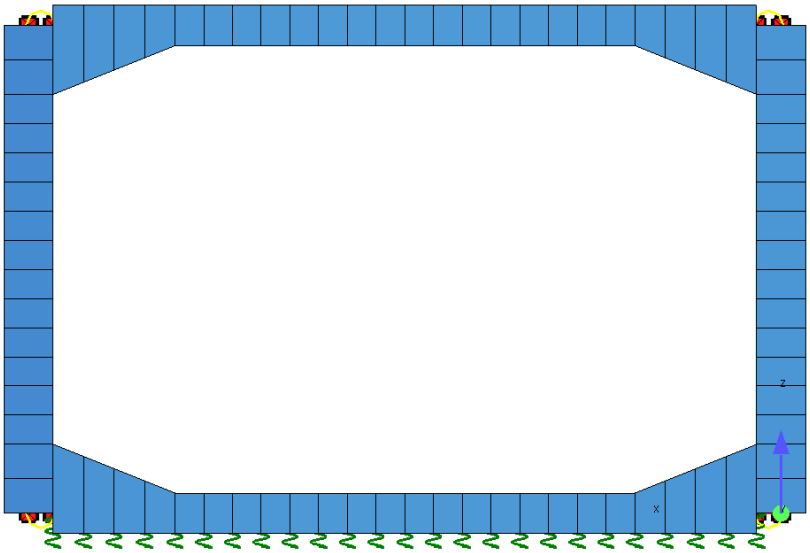


Figura 27 – Secção do Túnel do Metro (*SOFiSTiK*)

10.4 Critérios de Verificação da Segurança

10.4.1 Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU)

A verificação da segurança aos estados limites últimos dos elementos de betão armado foi efetuada de acordo com as disposições da NP EN 1992-1.

Para a verificação da segurança aos estados limites últimos de resistência dos elementos de betão armado foram considerados valores dos coeficientes parciais de segurança, relativos as ações e aos materiais. Foram realizadas as seguintes verificações de segurança, consideradas como condicionantes:

- Estado limite último de resistência à flexão;
- Estado limite último de resistência a flexão composta (quando relevante);
- Estado limite último de resistência ao esforço transverso.

Foi igualmente verificado o estado limite último de resistência do solo de fundação.

A verificação da segurança em relação aos Estados Limite Últimos (ELU) foi realizada em termos de resistências, respeitando a condição,

$$S_d \leq S_r$$

em que S_d é o valor de cálculo do esforço atuante e S_r é o valor de cálculo do esforço resistente.

A verificação da segurança estrutural para a ação do fogo considera os seguintes critérios:

1. Manter a função de suporte de carga em pelo menos durante 120 minutos;
2. Limitação da propagação de fogo (chamas, gases quentes, excesso de calor).

Estes critérios são cumpridos adotando-se as disposições prescritas no EN 1992 1-2, no qual são apresentados valores tabelados (capítulo 5) que indicam as dimensões mínimas para elementos estruturais bem como os recobrimentos mínimos das armaduras.

No que se refere aos recobrimentos, os valores mínimos apresentados no quadro do capítulo 5 da EN 1992 1-2 são em geral inferiores aos mínimos necessários para garantir os requisitos de durabilidade. Na Tabela 7 acima, estão representados os valores dos recobrimentos adotados para cada elemento estrutural com vista a garantir o requisito de durabilidade e de resistência ao fogo.

10.4.2 Verificação da Segurança aos Estados Limites de Utilização (ELS)

A verificação da segurança aos estados limites de utilização das estruturas de betão armado foi efetuada de acordo com as disposições da NP EN 1992-1.

- Limitação das tensões de compressão no betão armado:
- Controle da fendilhação para os elementos de betão armado:
    - Abertura de fendas: limitou-se a abertura de fendas a w_k = 0,3 mm para a combinação quase-permanente.
    - Garantiu-se a adoção de armaduras mínimas para os efeitos provocados por deformações impedidas de retração;

- Garantiu-se a adoção de armadura de alma nas faces laterais em vigas com altura superior a 1m.

- Controle da Deformação para os elementos de betão armado:
  - Limitação das flechas de lajes e vigas a l/250 para a combinação de ações quase permanente.
  - Limitação das flechas de elementos estruturais suscetíveis de danificar elementos adjacentes à estrutura, ou equipamentos a l/500 para a combinação de ações quase permanente.

10.4.3 Verificação da Segurança relativamente à rotura por Levantamento Global

A verificação da segurança relativamente à rotura por levantamento global foi efetuada através da comparação, em valor característico, das ações permanentes globais na direção vertical (F_v) com a subpressão (U). Considera-se verificada a segurança garantindo:

$$\frac{F_v}{U} \geq FS$$

Em que FS corresponde a um fator de segurança global a indicar juntamente com a verificação.

10.5 DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS

10.5.1 Junta de contração

Serão previstas juntas de contração em zonas de transição de comportamento estrutural da estrutura, de forma a evitar efeitos localizados que poderão ser nefastos para a estrutura.

10.5.2 Estanqueidade

A aplicação do sistema de impermeabilização que cumpra o descrito no capítulo 6.7 acima garantirá a estanqueidade da Obra.

As juntas de contração serão munidas de lâminas de estanqueidade tipo *Waterstop* em PVC.

11 RESULTADOS DAS VERIFICAÇÕES DE SEGURANÇA DA ESTRUTURA DEFINITIVA

Neste capítulo apresentam-se apenas as principais verificações de segurança associadas ao dimensionamento dos elementos principais constituintes da estrutura definitiva do túnel. Os esforços apresentados dos respetivos elementos foram obtidos ou extrapolado através dos modelos de cálculo previamente apresentados e desenvolvidos.

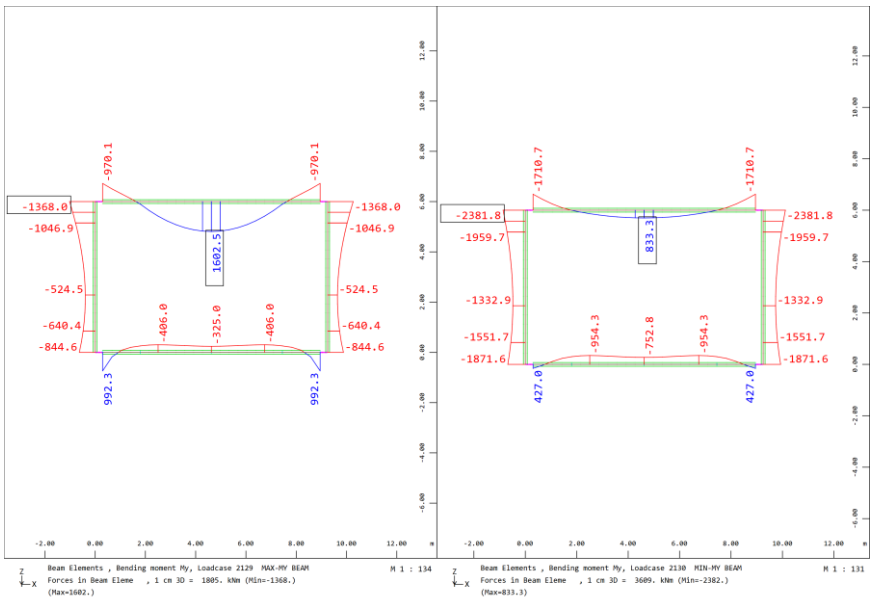


Figura 28 – Secção do Túnel LIOS - m_{Sd} (kN.m/m)

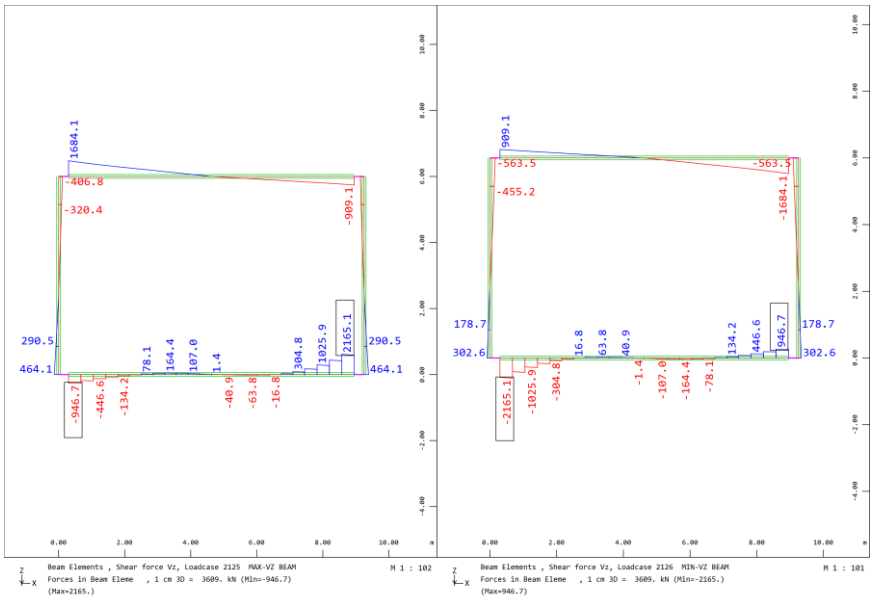


Figura 29 – Secção do Túnel LIOS - v_{Sd} (kN/m)

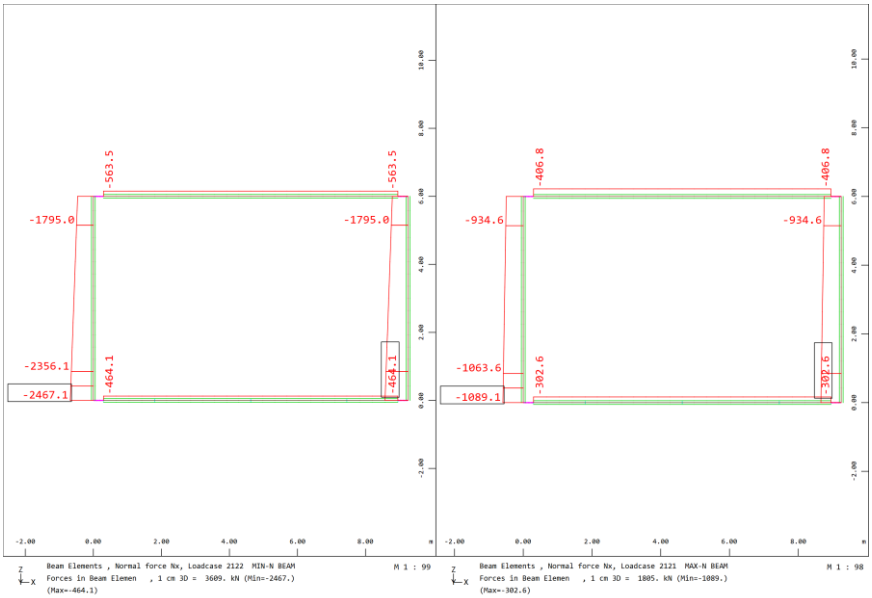


Figura 30 – Secção do Túnel LIOS - n_{Sd} (kN/m)

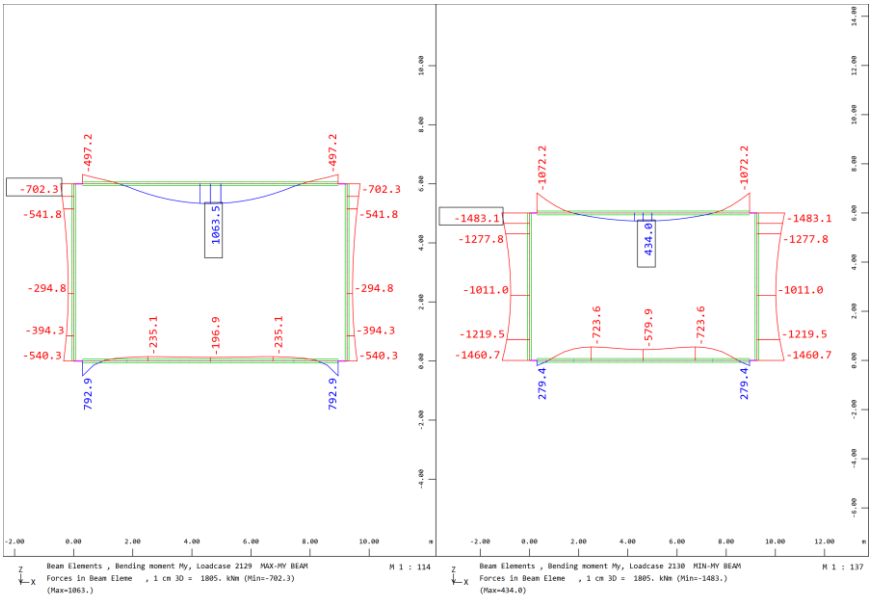


Figura 31 – Secção do Túnel Metro - m_{Sd} (kN.m/m)

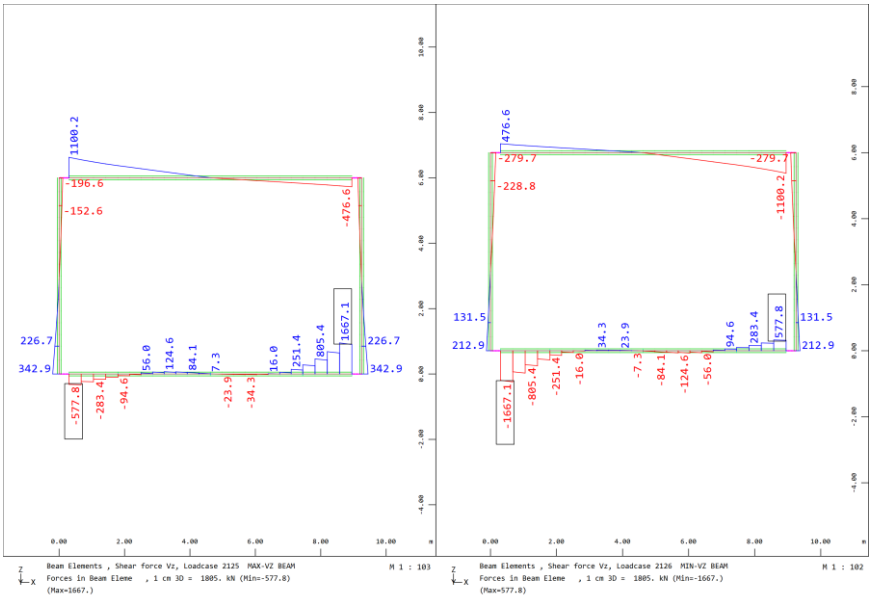


Figura 32 – Secção do Túnel Metro - v_{Sd} (kN/m)

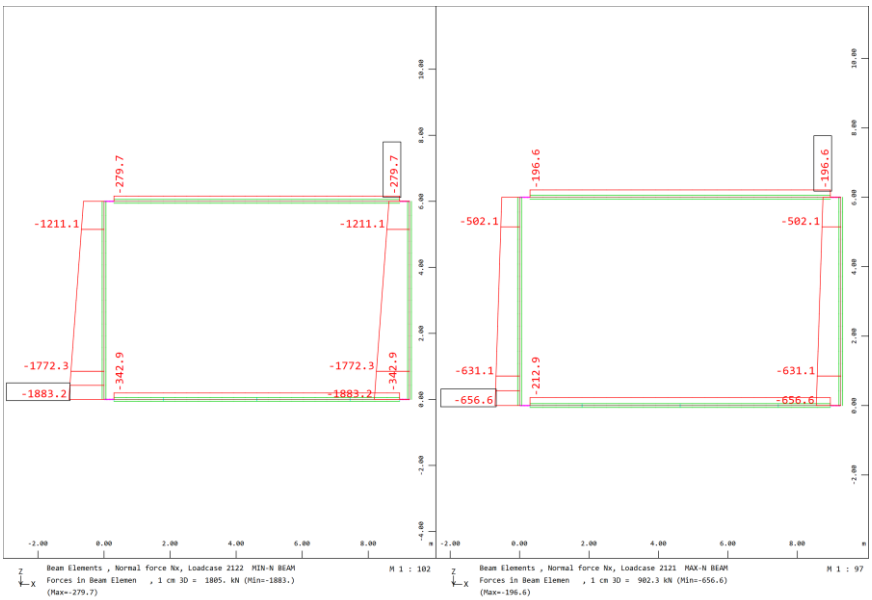


Figura 33 – Secção do Túnel Metro - n_{Sd} (kN/m)

11.1 Verificação do Estado Limite Último de resistência à flexão de elementos

Apresenta-se em seguida em forma de tabelas a verificação ao estado limite respetivo.

Tabela 20 – Verificação de segurança ao estado limite último de resistência à flexão do túnel do metro

Elemento	b	h	d	v_{Rd}	m_{sd}	μ	$A_{s\ req}$	Armadura adopt.		$A_{s\ adopt}$	FS
	(m)	(m)	(m)	(kN/m)	(kN.m/m)		(cm^2/m)	f (mm)	afast. (m)	(cm^2/m)	
Laje de cobertura	1.00	0.50	0.45	263.9	1063.5	0.263	67.74	32	0.100	80.4	1.19
	1.00	0.50	0.45	263.9	1072.2	0.265	68.48	32	0.100	80.4	1.17
Hasteal	1.00	0.60	0.55	294.5	1483.1	0.245	75.69	32	0.100	80.4	1.06
	1.00	0.60	0.55	294.5	1219.5	0.202	59.41	32	0.100	80.4	1.35
Laje de fundo	1.00	0.50	0.45	263.9	792.9	0.196	46.95	25	0.100	49.1	1.05
	1.00	0.50	0.45	263.9	723.6	0.179	42.16	25	0.100	49.1	1.16

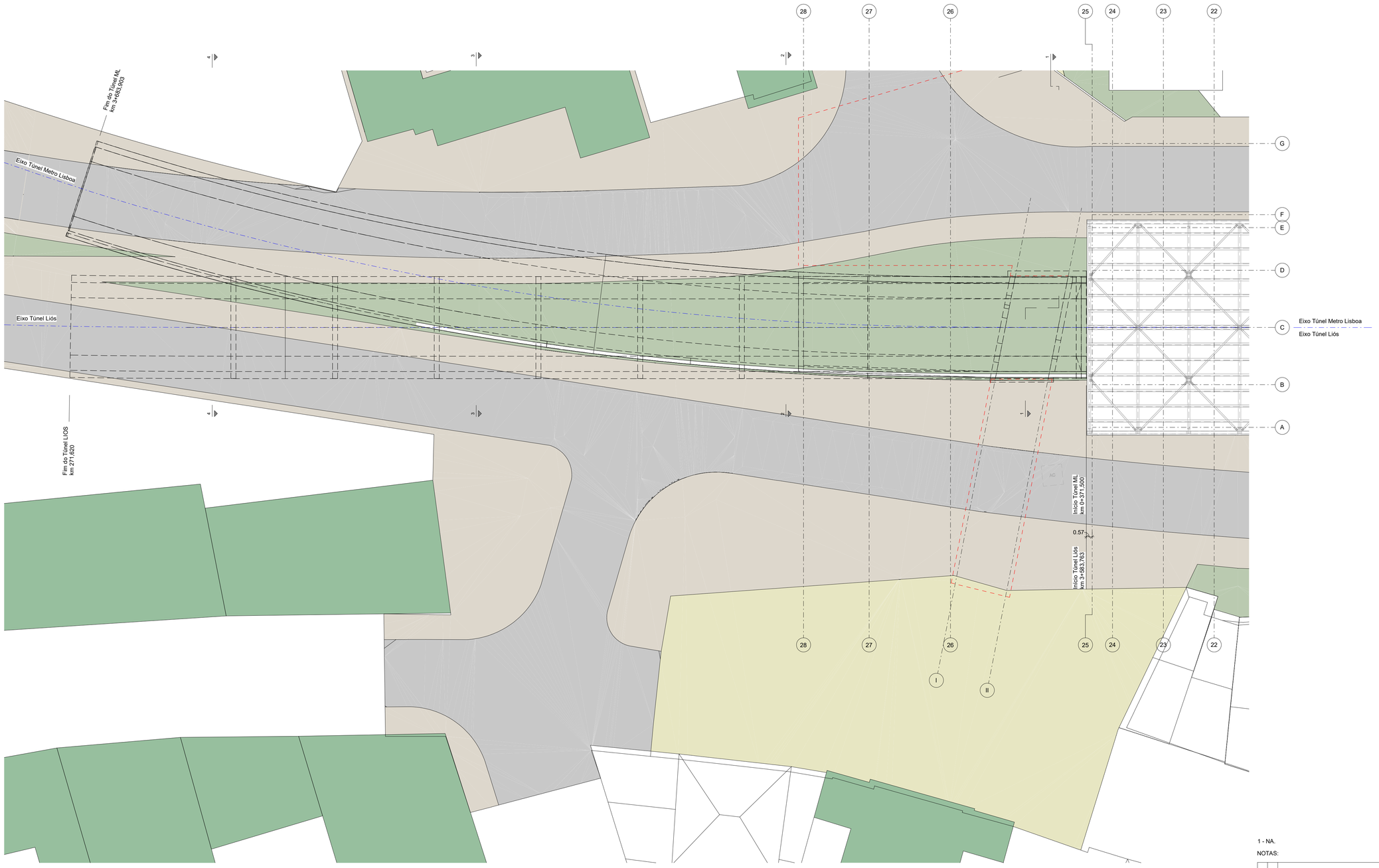
Tabela 21 – Verificação de segurança ao estado limite último de resistência à flexão do túnel do LIOS

Elemento	b	h	d	v_{Rd}	m_{sd}	μ	$A_{s\ req}$	Armadura adopt.		$A_{s\ adopt}$	FS
	(m)	(m)	(m)	(kN/m)	(kN.m/m)		(cm^2/m)	f (mm)	afast. (m)	(cm^2/m)	
Laje de cobertura	1.00	0.60	0.55	294.5	1602.5	0.265	83.75	32	0.075	107.2	1.28
	1.00	0.60	0.55	294.5	1710.7	0.283	91.54	32	0.075	107.2	1.17
Hasteal	1.00	0.70	0.65	331.5	2381.8	0.282	107.71	32	0.075	107.2	1.00
	1.00	0.70	0.65	331.5	1400.0	0.166	55.82	32	0.100	80.4	1.44
Laje de fundo	1.00	0.60	0.55	294.5	992.3	0.164	46.69	25	0.100	49.1	1.05
	1.00	0.60	0.55	294.5	954.3	0.158	44.66	25	0.100	49.1	1.10

Conforme apresentado nas tabelas, considera-se verificada a segurança no que diz respeito ao estado limite último em análise.

Registo e Controlo de Alterações

Revisão	Data	Descrição
0	2024-09-29	Emissão Inicial



PLANTA DE IMPLANTAÇÃO

1 : 200

1 - NA.

NOTAS:

ALTERAÇÕES				
0	EMISSÃO INICIAL	01/10/2024	JF	SN
		DATA	DES.	VERIF.

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

Metropolitano de Lisboa

ESTRUTURAS
OBRA ESPECIAL OE6 - TÚNEL DO ALVITO

DIMENSIONAMENTO GERAL
PLANTA DE IMPLANTAÇÃO

Data:

Aprov.	RP	27/09/2024
Verif.	SN	27/09/2024
Proj.	AM	27/09/2024
Des.	JF	27/09/2024

Escalas:
Des. nº 133752 F. ___/___
Alter.
Substitui
Substituído
Nº SAP —
Versão
Folha

CONCELHOS ABRANGIDOS
CONCELHO DE LISBOA — CONCELHO DE OEIRAS — CONCELHO DE AMADORA
PV 061 — PV 231 — E. OLIVAIS — PV 215 — JF. SANTO — PV 207 — ALCÂNTARA
TROÇO 85 — TROÇO 84 — TROÇO 83 — TROÇO 82 — TROÇO 81

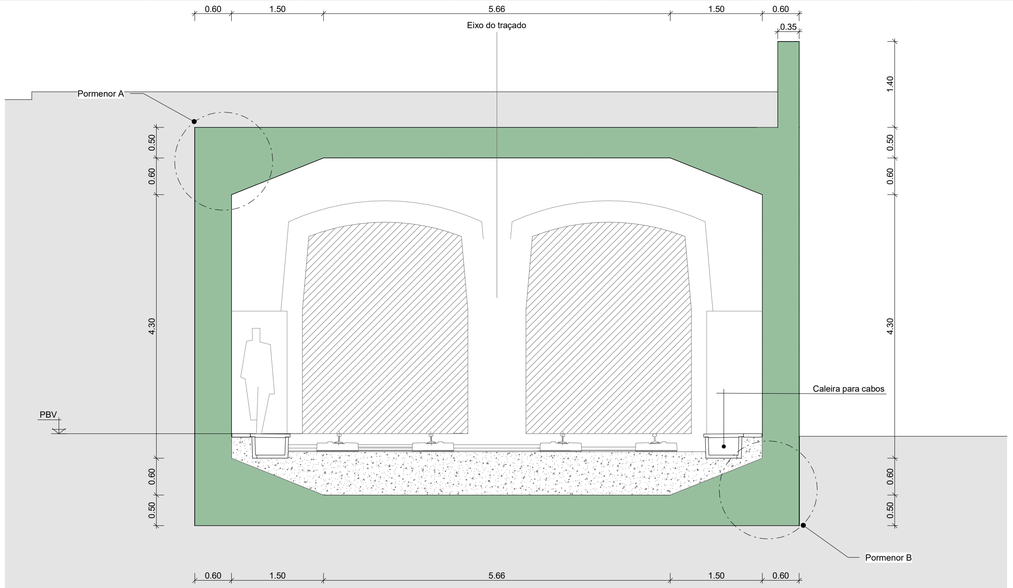
MOTAENGIL ENGENHARIA
spie batignolles
coba — JET — JLCM

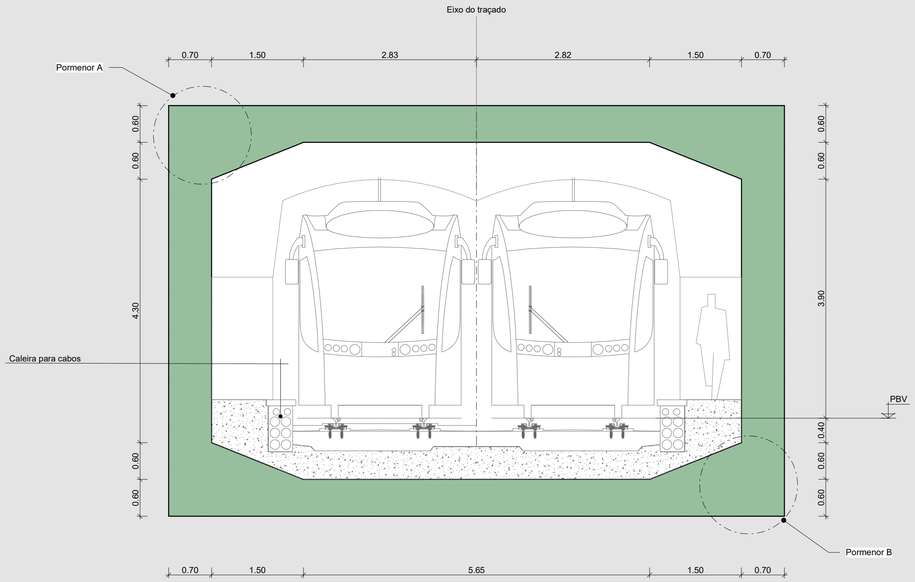
Identificação Empresa Projetista:
COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO

Escalas: 1:200
Folha: 1/ 1

Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088102 0 (1- 1)
Alter. 01/10/2024

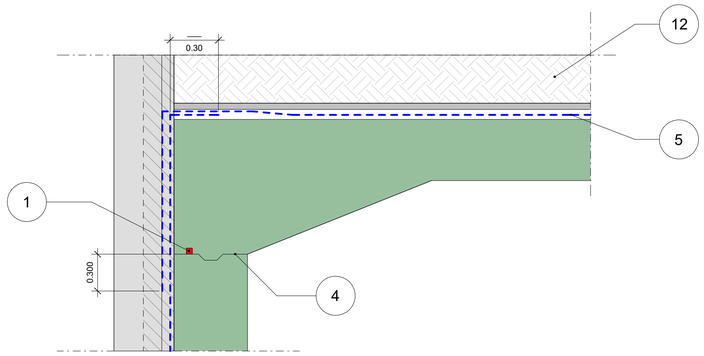
Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, do Metropolitano de Lisboa, E.P.E.





CORTES TIPO

1 : 50



PORMENOR A - IMPERMEABILIZAÇÃO DA LAJE DE COBERTURA INTERFACE COM SISTEMA DE CONTENÇÃO

1 : 25

1 CORDÃO HIDROEXPANSIVO BENTONÍTICO DO TIPO "VOLTEX RX" OU EQUIVALENTE EM JUNTAS DE CONSTRUÇÃO LONGITUDINAIS

2 CORDÃO HIDROEXPANSIVO BENTONÍTICO DO TIPO "VOLTEX RX" OU EQUIVALENTE EM JUNTAS DE CONSTRUÇÃO TRANSVERSAIS

3 PERFIL DE REMATE EM AÇO INOX COM FIXAÇÃO af. 300 mm OU EQUIVALENTE

4 JUNTAS DE CONSTRUÇÃO TRANSVERSAIS

5 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO CONSTITUIDO POR MANTA BENTONITICA "VOLTEX DS" OU EQUIVALENTE

6 LAJE DE PROTECÇÃO MECÂNICA (e=50mm)

7 BETÃO DE REGULARIZAÇÃO (e=100mm)

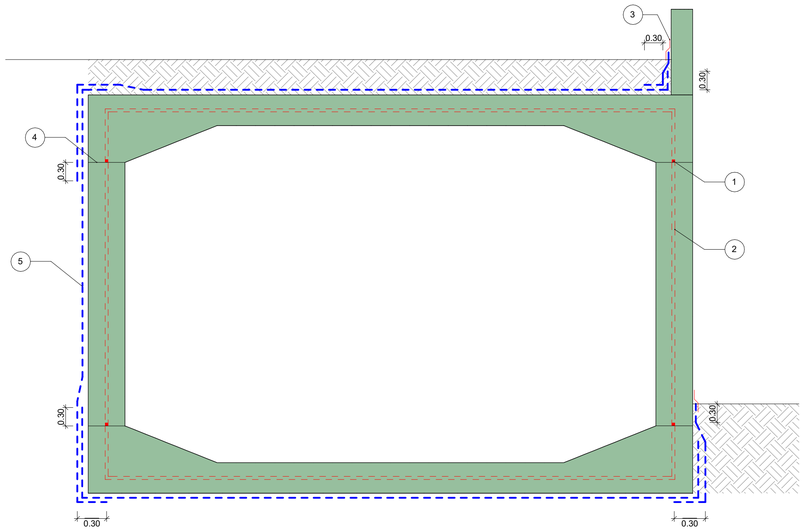
8 BRITA COMPACTADA (emin=250mm)

9 SOLO DE FUNDAÇÃO

10 REVESTIMENTO EM BETÃO PROJECTADO DO MURO TIPO BERLIM

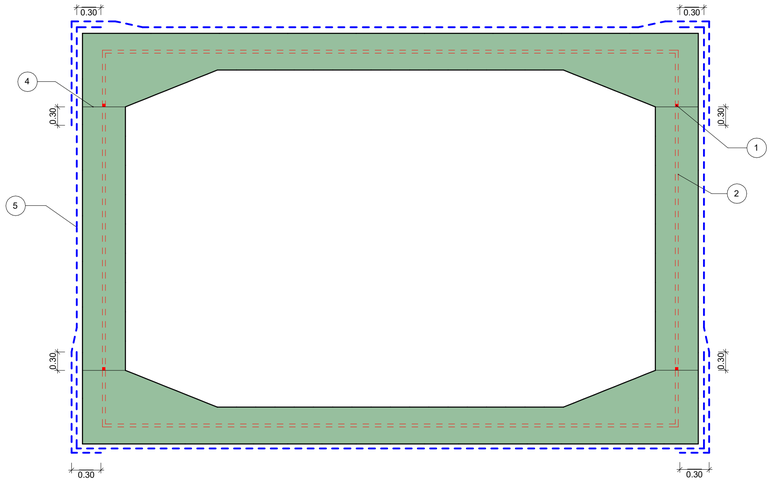
11 EIXO DO MURO TIPO BERLIM

12 ATERRO



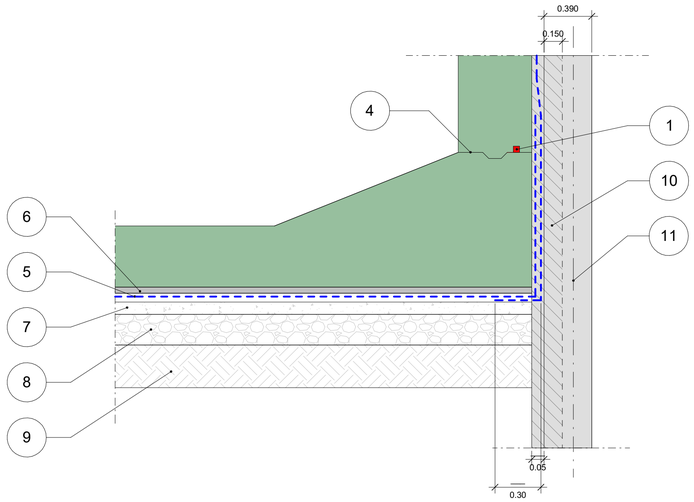
CORTES TIPO ESQUEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO TUNEL ML

1 : 50



CORTES TIPO ESQUEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO TUNEL LIOS

1 : 50



PORMENOR B - IMPERMEABILIZAÇÃO DA LAJE DE FUNDO INTERFACE COM SISTEMA DE CONTENÇÃO

1 : 25

1 - NA.

NOTAS:

ALTERAÇÕES				
0	EMISSÃO INICIAL	01/10/2024	JF	SN
		DATA	DES.	VERIF.

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

Metropolitano de Lisboa

ESTRUTURAS
OBRA ESPECIAL OE6 - TÚNEL DO ALVITO

DIMENSIONAMENTO GERAL
CORTES TRANSVERSAIS TIPO

Data:
Aprov.
Verif.
Proj.
Des.

Escalas:
Des. nº 133753 F. /
Alter.
Substitui
Substituído
Nº SAP —
Versão
Folha

TROÇO B1 — TROÇO B2 — TROÇO B3 — TROÇO B4 — TROÇO B5 — TROÇO B6 — TROÇO B7

MOTAENGIL ENGENHARIA — spie batignolles — coba — JET — JLCM

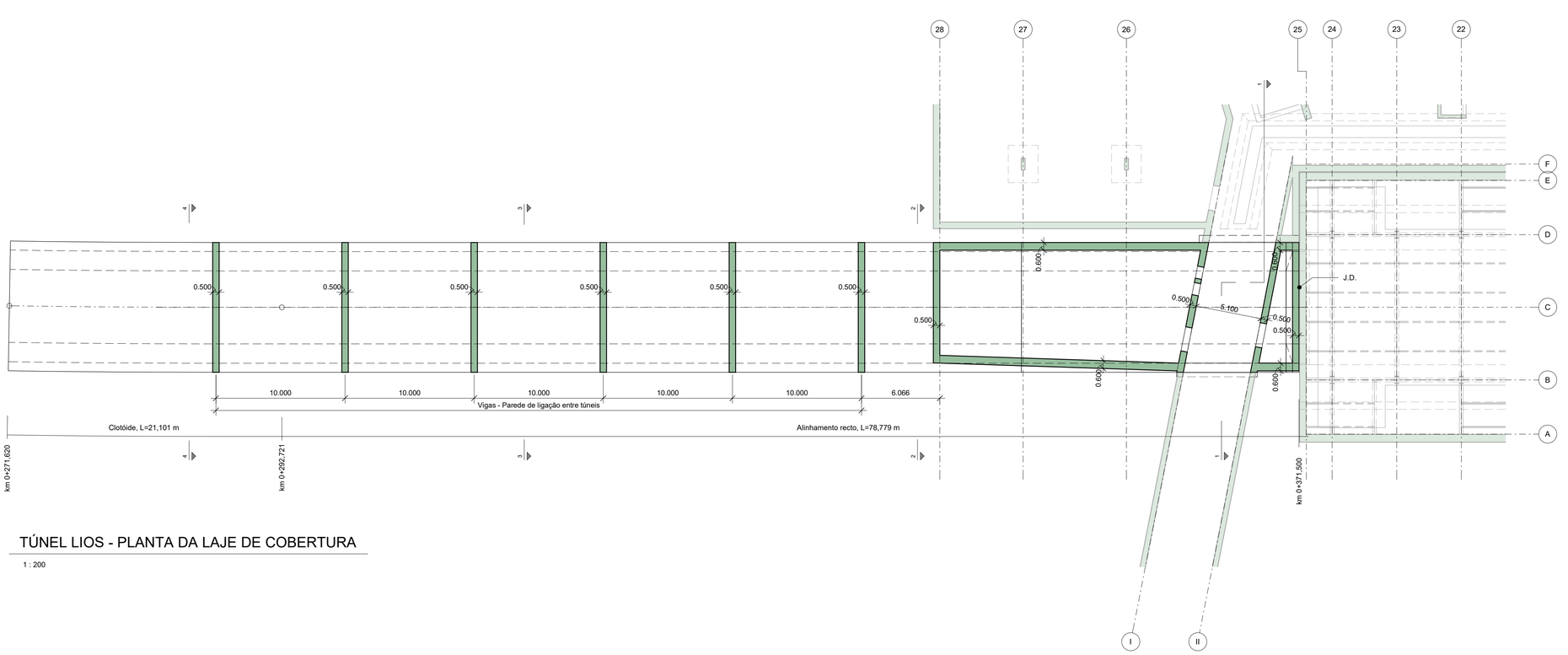
Aprov.	RP	27/09/2024
Verif.	SN	27/09/2024
Proj.	AM	27/09/2024
Des.	JF	27/09/2024

Identificação Empresa Projetista:
COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO

Escalas: 1:50
Folha: 1/ 1

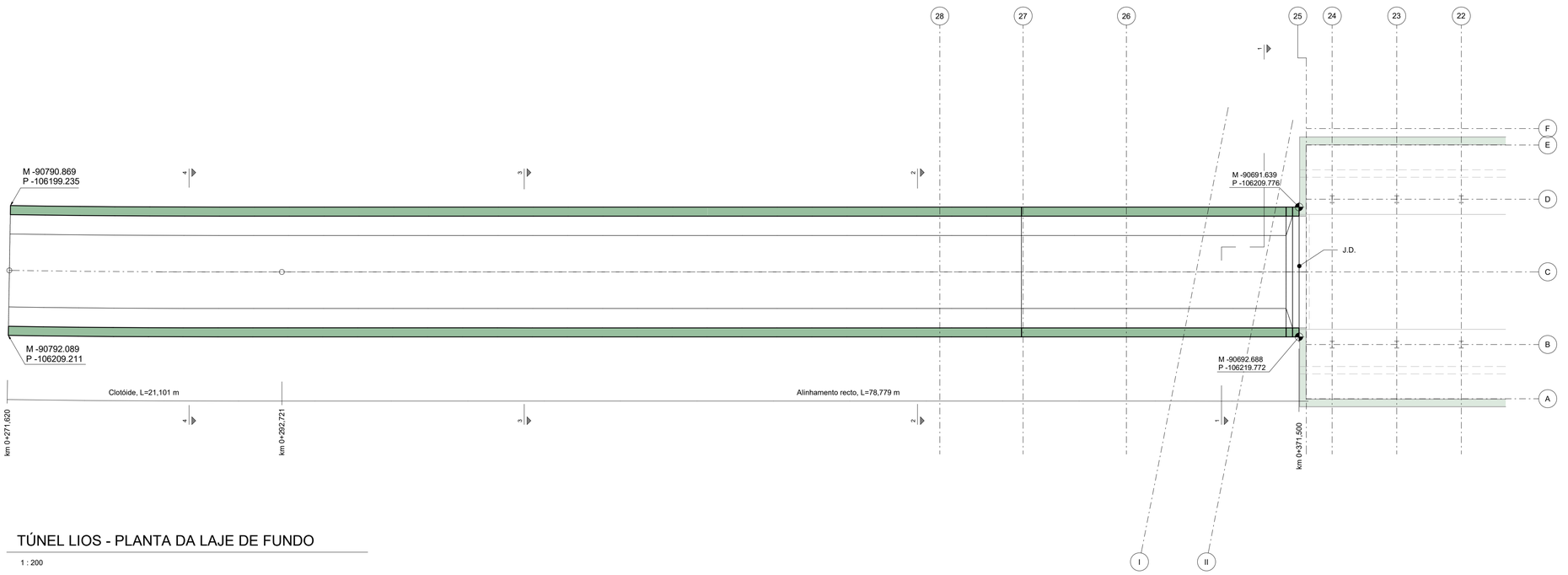
Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088103 0 (1- 1)
Alter. 01/10/2024

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.



TÚNEL LIOS - PLANTA DA LAJE DE COBERTURA

1 : 200



TÚNEL LIOS - PLANTA DA LAJE DE FUNDO

1 : 200

1 - NA.

NOTAS:

ALTERAÇÕES				
0	EMISSÃO INICIAL	01/10/2024	JF	SN
		DATA	DES.	VERIF.

Data:

Aprov.

Verif.

Proj.

Des.

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

Metropolitano de Lisboa

ESTRUTURAS
OBRA ESPECIAL OE6 - TÚNEL DO ALVITO

DIMENSIONAMENTO GERAL
PLANTAS DO TÚNEL DO LIOS

Escalas:

Des. nº 133754 F. __/__

Alter.

Substitui

Substituído

Nº SAP — Versão

Folha

TROÇO 85 — PK 1 — CAMPOLIDE — PK 211 — TROÇO 84 — C. CUBRADE — PK 215 — TROÇO 83 — M. SANTO — TROÇO 82 — ALCÂNTARA — PK 1017 — TROÇO 81

Aprov.	RP	27/09/2024
Verif.	SN	27/09/2024
Proj.	AM	27/09/2024
Des.	JF	27/09/2024

Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088104 0 (1- 1)

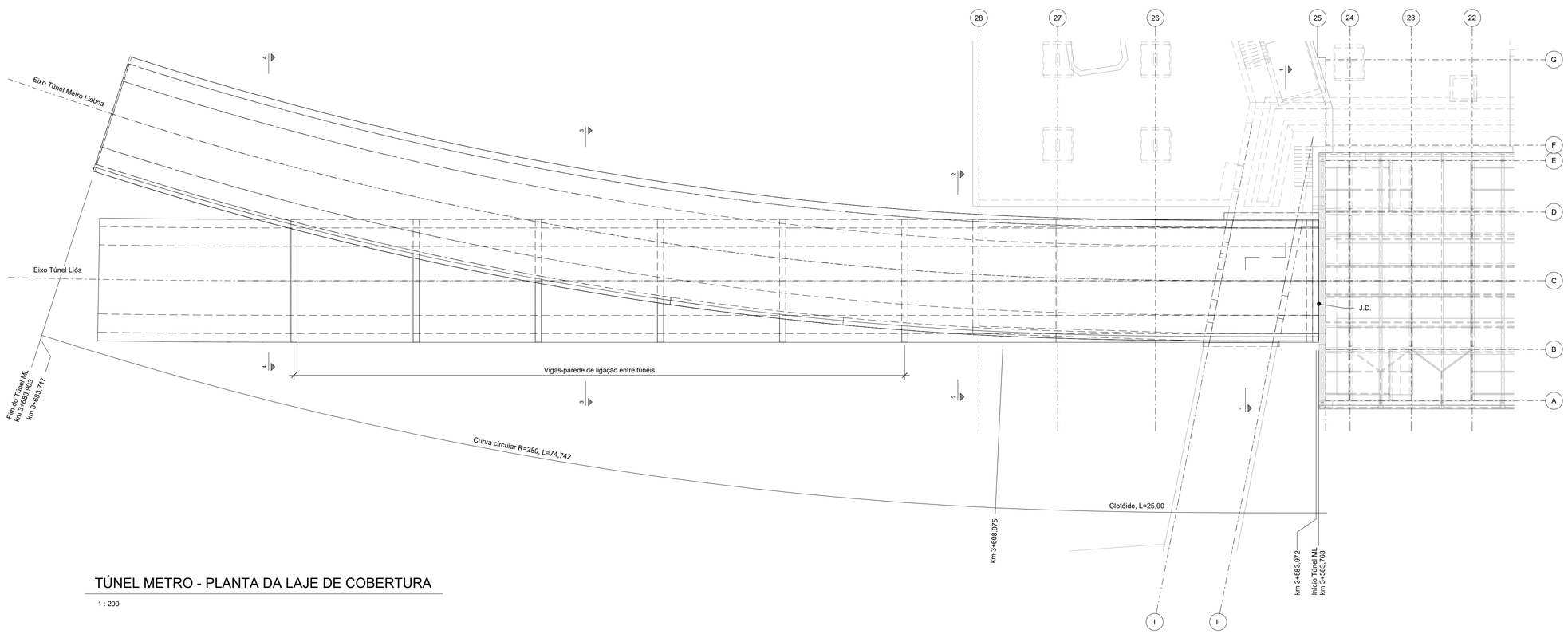
Identificação Empresa Projetada:
COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO

Escalas: 1:200

Folha: 1/ 1

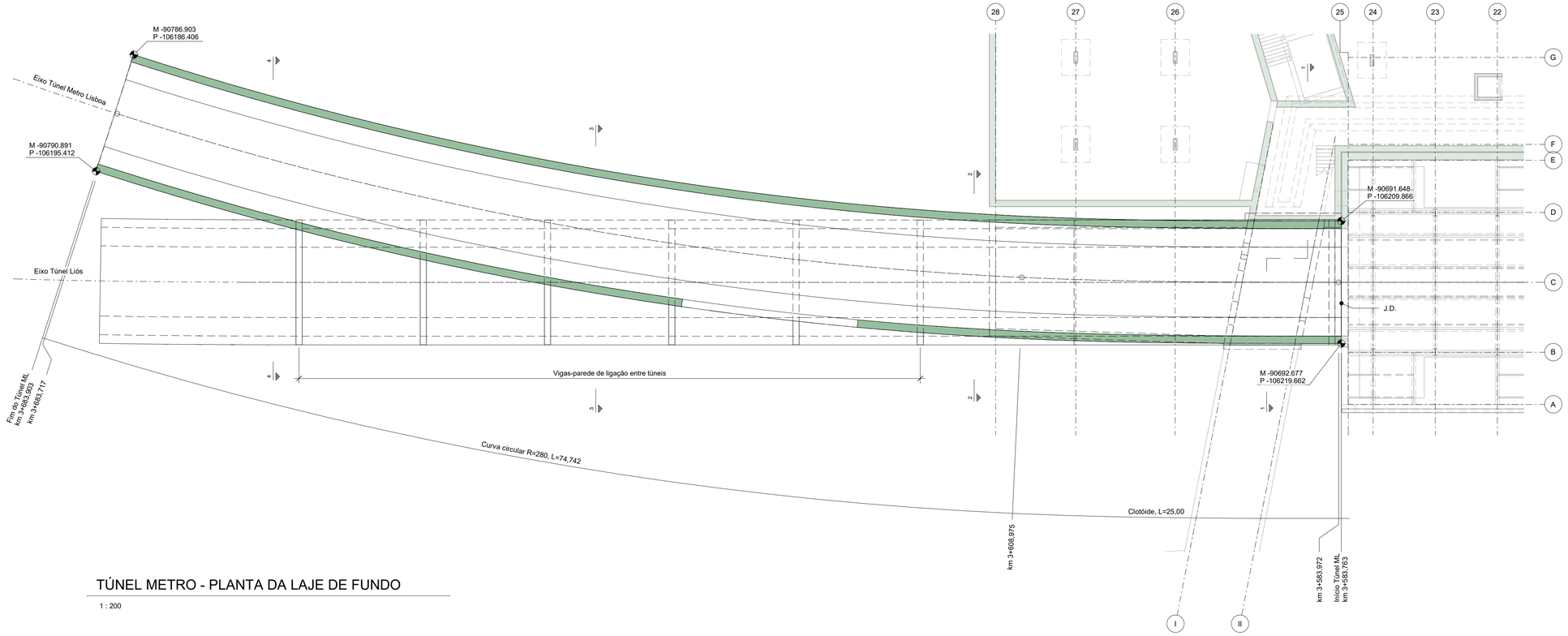
Alter. 01/10/2024

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.



TÚNEL METRO - PLANTA DA LAJE DE COBERTURA

1 : 200



TÚNEL METRO - PLANTA DA LAJE DE FUNDO

1 : 200

1 - NA.

NOTAS:

ALTERAÇÕES				
0	EMISSÃO INICIAL	01/10/2024	JF	SN
		DATA	DES.	VERIF.

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

Metropolitano de Lisboa

ESTRUTURAS
OBRA ESPECIAL OE6 - TÚNEL DO ALVITO

DIMENSIONAMENTO GERAL
PLANTAS DO TÚNEL DO METROPOLITANO DE LISBOA

Data:
Aprov.
Verif.
Proj.
Des.

Escalas:
Des. nº 133755 F. ___/
Alter.
Substitui
Substituído
Nº SAP —
Versão
Folha

TROÇO 85 — TROÇO 84 — TROÇO 83 — TROÇO 82 — TROÇO 81

Aprov.	RP	27/09/2024
Verif.	SN	27/09/2024
Proj.	AM	27/09/2024
Des.	JF	27/09/2024

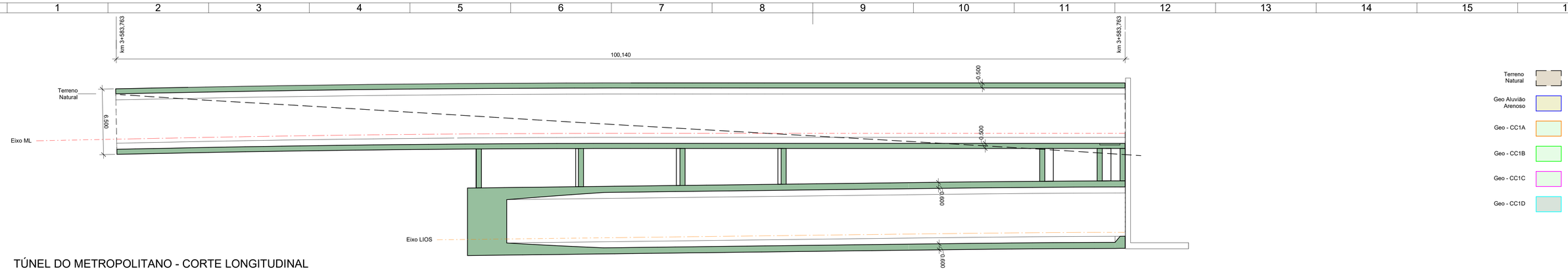
Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088105 0 (1- 1)

Identificação Empresa Projetista:
COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO

Escalas: 1:200
Folha: 1/ 1

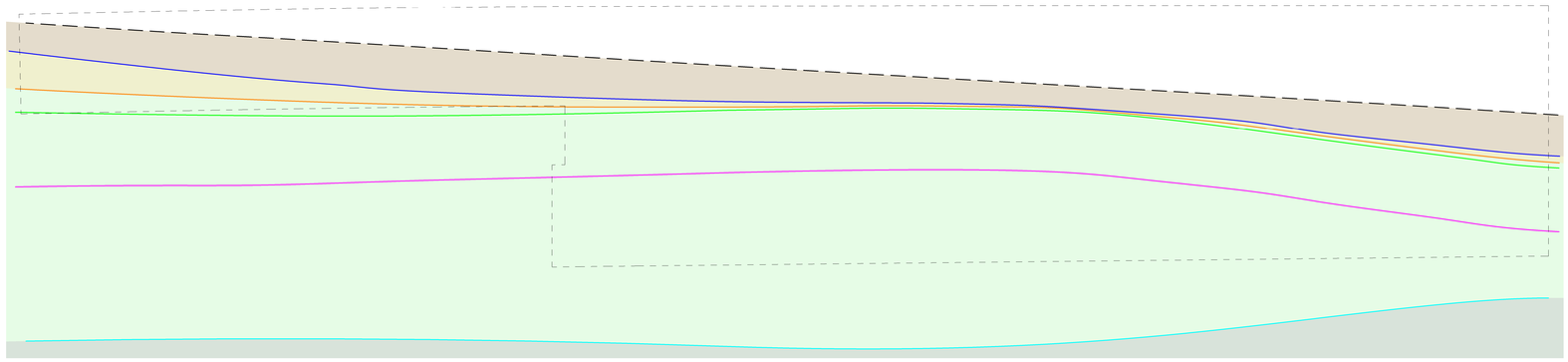
Alter. 01/10/2024

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.



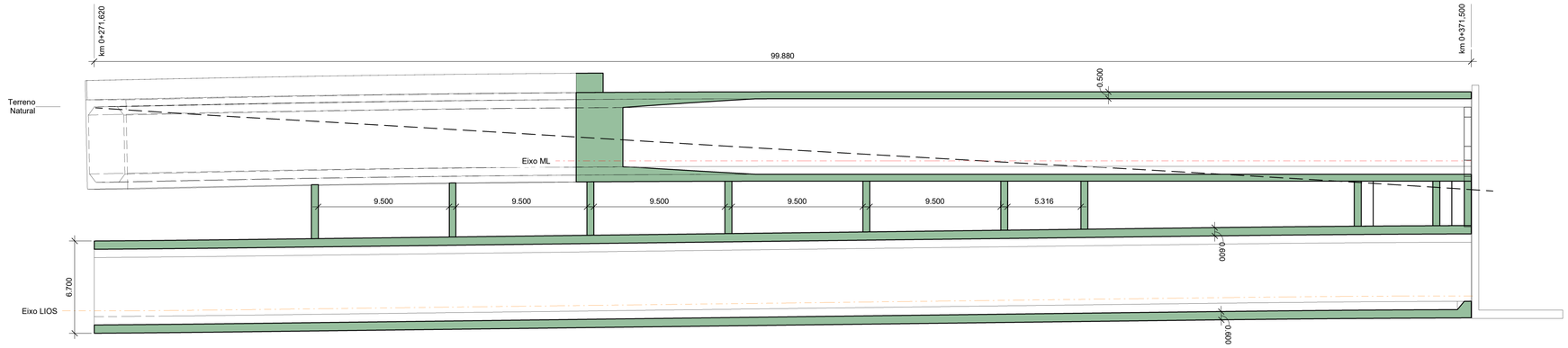
TÚNEL DO METROPOLITANO - CORTE LONGITUDINAL

1 : 200



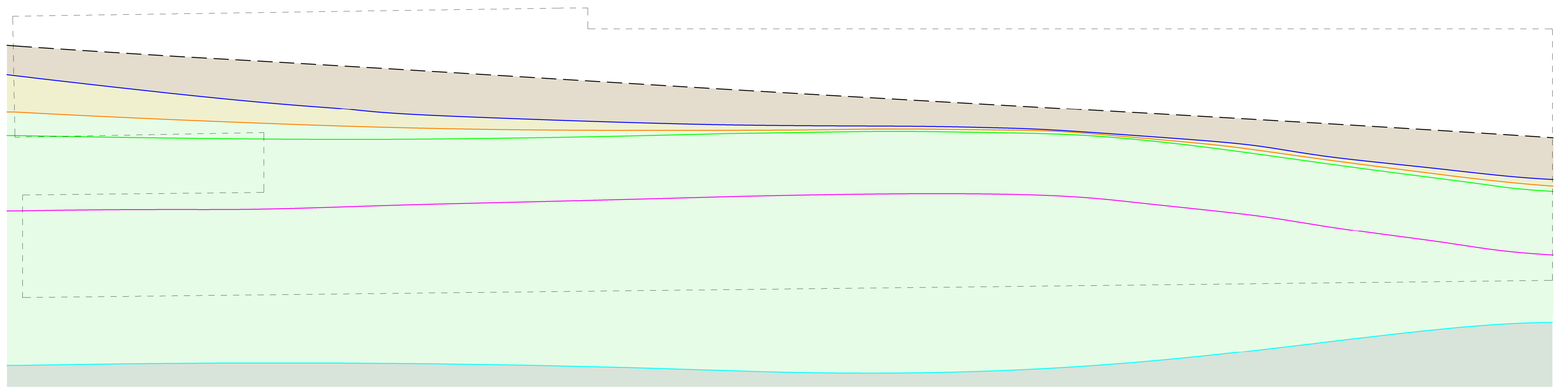
TÚNEL DO METROPOLITANO - CORTE LONGITUDINAL GEOLOGICO

1 : 200



TÚNEL DO LIOS - CORTE LONGITUDINAL

1 : 200



TÚNEL DO LIOS - CORTE LONGITUDINAL GEOLOGICO

1 : 200

1 - NA.

NOTAS:

ALTERAÇÕES				
0	EMISSÃO INICIAL	01/10/2024	JF	SN
		DATA	DES.	VERIF.

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

Metropolitano de Lisboa

ESTRUTURAS
OBRA ESPECIAL OE6 - TÚNEL DO ALVITO

DIMENSIONAMENTO GERAL
CORTES LONGITUDINAIS

Data:

Aprov.	RP	27/09/2024
Verif.	SN	27/09/2024
Proj.	AM	27/09/2024
Des.	JF	27/09/2024

Escalas:
Des. nº 133756 F. __/__
Alter.
Substitui
Substituído
Nº SAP —
Versão
Folha

CONCESSÃO: PK 061 TROÇO 85 · PK 111 TROÇO 84 · E. OURIQUE PK 135 TROÇO 83 · INF. SANTO TROÇO 82 · ALCÂNTARA PK 157 TROÇO 81

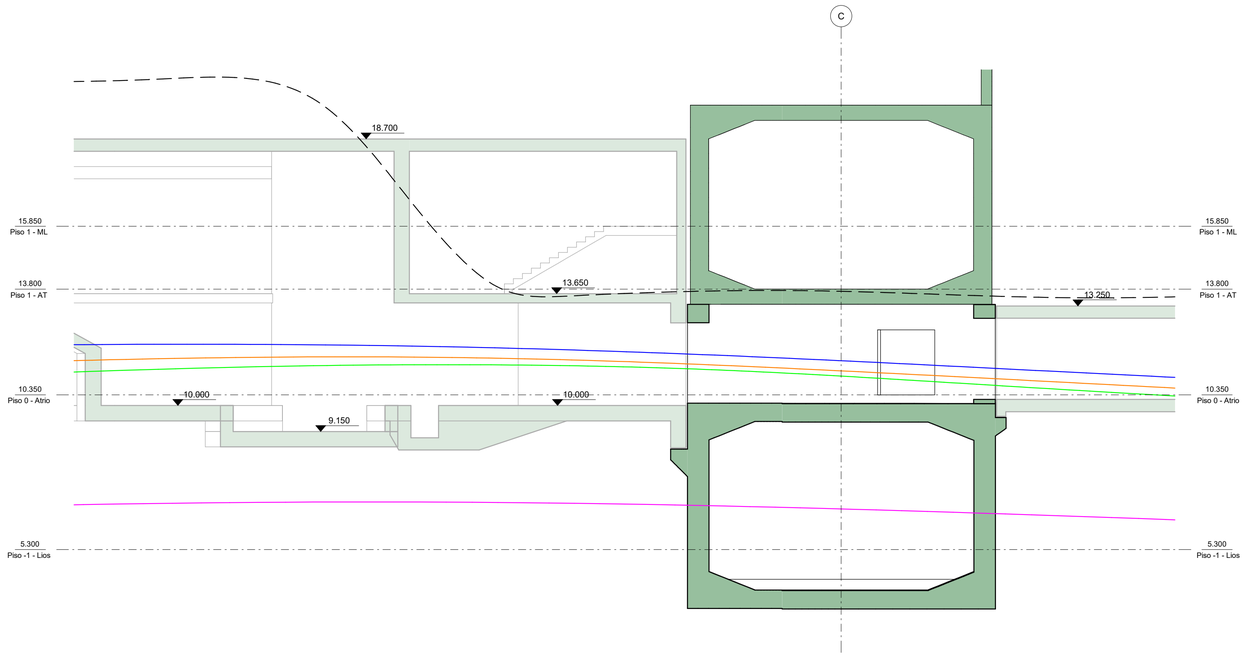
MOTA-ENGIL ENGENHARIA · spie batignolles · coba Portugal · JET · JLCM

Identificação Empresa Projetista:
COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO

Escalas: 1:200
Folha: 1/ 1

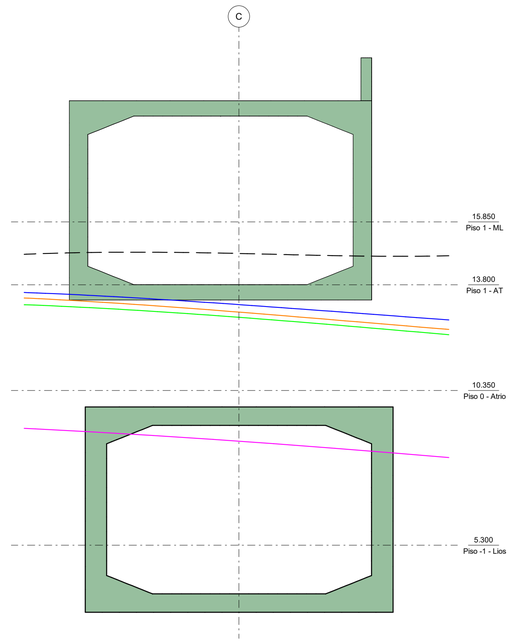
Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088106 0 (1- 1)
Alter.
01/10/2024

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.



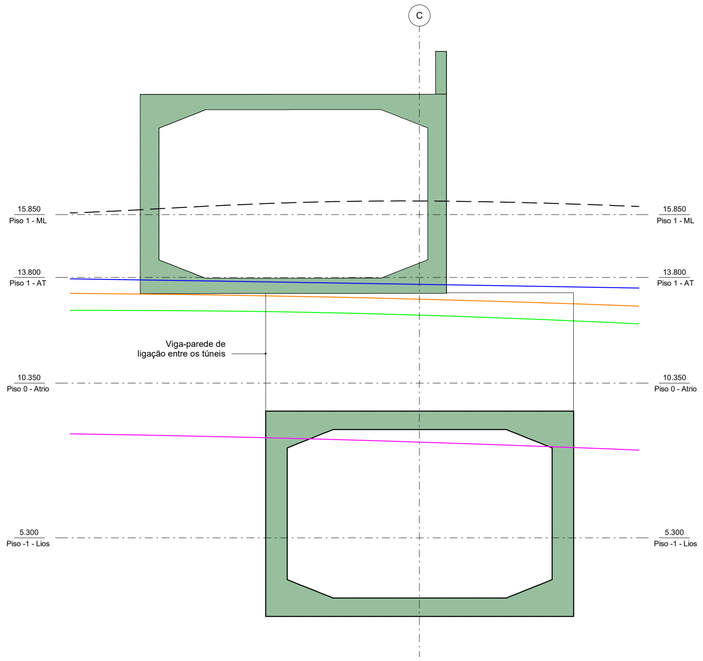
CORTE 1-1

1 : 100



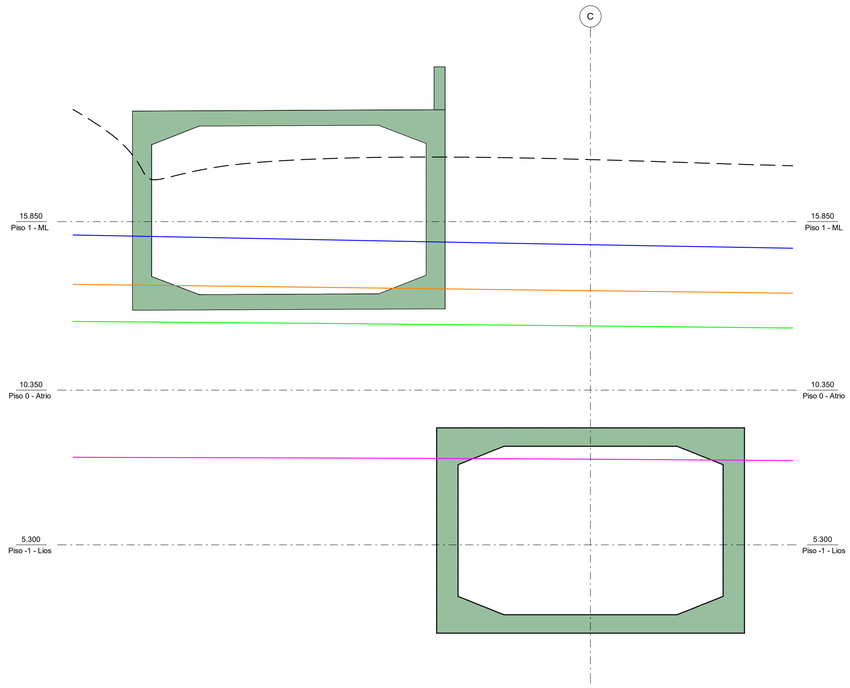
CORTE 2-2

1 : 100



CORTE 3-3

1 : 100



CORTE 4-4

1 : 100

Terreno Natural

Geo Aluvião Arenoso

Geo - CC1A

Geo - CC1B

Geo - CC1C

Geo - CC1D

1 - NA.

NOTAS:

ALTERAÇÕES				
0	EMISSÃO INICIAL	01/10/2024	JF	SN
		DATA	DES.	VERIF.

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

Metropolitano de Lisboa

Data:

Aprov.

Verif.

Proj.

Des.

ESTRUTURAS
OBRA ESPECIAL OE6 - TÚNEL DO ALVITO

DIMENSIONAMENTO GERAL
CORTES TRANSVERSAIS

Escalas:

Des. nº 133757 F. ___/___

Alter.

Substitui

Substituído

Nº SAP — Versão

Folha

RP1 — TROÇO B5 — PV 7311 — TROÇO B4 — PV 7315 — C. CAMPOLIDE — TROÇO B3 — M. SANTO — TROÇO B2 — ALCÂNTARA — PV 7317 — TROÇO B1

Aprov.	RP	27/09/2024
Verif.	SN	27/09/2024
Proj.	AM	27/09/2024
Des.	JF	27/09/2024

Desenho nº LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088107 0 (1- 1)

Identificação Empresa Projetada:
COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO

Escalas: 1:100

Folha: 1/ 1

Alter. 01/10/2024

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.

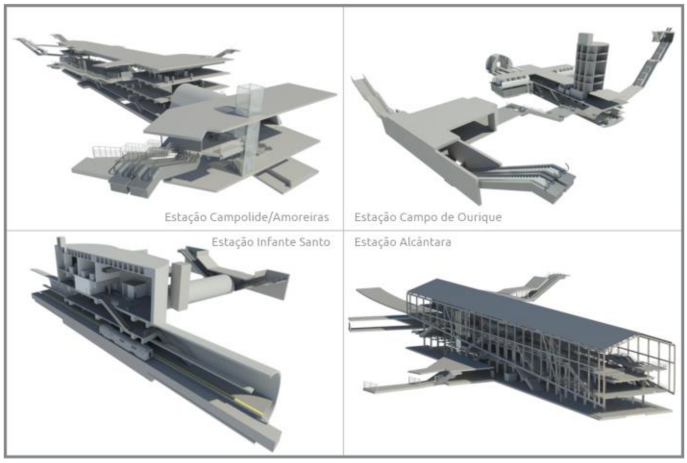
Metropolitano de Lisboa

METRO DE LISBOA

PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO

PROJETO DE EXECUÇÃO



SERVIÇOS AFETADOS

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

Documento SAP:	LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 MD 058001 0

	Nome	Assinatura	Data
Elaborado	António Ferreira		2024-09-27
Revisto	João Guedes		2024-09-27
Verificado	Sergio Notarianni		2024-09-27
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		
Aprovado	Raúl Pistone		

Índice

1 OBJETIVO E ÂMBITO 3
2 NORMAS DE PROJETO / CRITÉRIOS BASE 3
3 CADASTRO DAS INFRAESTRUTURAS 4
3.1 Tratamento da Informação Recebida 5
3.2 Implantação das Infraestruturas 5
4 Análise de Interferências com as infraestruturas existentes em serviço 6
4.1 Serviços Afetados na Área da Estação Alcântara 6
4.1.1 Interferências na Rede de Saneamento 6
4.1.2 Interferências na Rede de Abastecimento de Água 7
4.1.3 Interferências nas Redes Elétricas 8
4.1.3.1 Interferências na Rede de Média Tensão 8
4.1.4 Interferências na rede de Baixa Tensão 8
4.1.4.1 Zona de Serviços Afetados – Baixa Tensão – Túnel Zona do Alvito: 01 8
4.1.5 Interferências na rede de Iluminação Pública 9
4.1.6 Interferências nas Infraestruturas de Telecomunicações – ITUR 11
4.1.6.1 Zona de Serviços Afetados – Telecomunicações – Túnel Zona do Alvito: 01 11
4.1.7 Interferência na Rede de Gás Combustível 12
4.1.8 Interferências nas Infraestruturas da Rede do Sistema Luminoso Automático do Trânsito – SLAT 12
4.1.8.1 Zona de Serviços Afetados – SLAT – Túnel Zona do Alvito: 01 13
5 DIVERSOS 13

1 OBJETIVO E ÂMBITO

A Presente Memória Descritiva refere-se ao Projeto de Execução para Recap dos Serviços Afetados (SAF) do Prolongamento da Linhas Vermelha, entre São Sebastião e Alcântara, do Plano de Expansão do Metropolitano de Lisboa E.P.E..

Este Estudo tem como base os Elementos Patenteados, dados e constatações decorrentes do desenvolvimento dos estudos bem como outras informações complementares entretanto recolhidas e/ou recebidas.

O estudo tem como objetivo a identificação e resolução das interferências nas zonas de obras, no subsolo e à superfície, nomeadamente, nas zonas das estações, obras anexas como os poços de ventilação ou outros e no percurso do túnel, nos casos que caso se preveja a sua realização a céu aberto ou ainda onde a obra subterrânea do túnel possa interferir com infraestruturas de subsolo das várias Empresas Concessionárias das Redes existentes.

As Redes das especialidades focadas, na presente Memória Descritiva são:

- Redes Hidráulicas;
- Redes Elétricas;
- Redes de telecomunicações (ITUR);
- Redes de gás;
- Redes de SLAT.

O atual caderno, reflete, os serviços afetados na área de intervenção do troço do tunel designado por Túnel Zona do Alvito e áreas contiguas.

2 NORMAS DE PROJETO / CRITÉRIOS BASE

As intervenções a estudar e a projetar nas infraestruturas de subsolo das concessionárias, seguem, em geral, as regras e regulamentos em vigor adotados pela empresa gestora da infraestrutura visada e dependerão ainda do tipo de intervenção necessária.

O projeto obedece as leis e regulamentos nacionais aplicáveis a este tipo obras - públicas -, de urbanização e em conformidade com a Portaria n.° 701-H/2008 de 29 de Julho que aprova o conteúdo obrigatório do programa e do projeto de execução, bem como os procedimentos e normas a adotar na elaboração e faseamento de projetos de obras públicas, designadas "Instruções para a elaboração de projetos de obras", e a classificação de obras por categorias.

Os estudos e projeto seguem as disposições municipais aplicáveis, nomeadamente:

- Alteração ao Regulamento Municipal de Urbanização e Edificação de Lisboa (RMUEL) publicada pelo Aviso n°5147/2013, no DR 2ª série n.°74 de 16 de abril de 2013;

- Edital n° 73/79 do Diário da República n° 24 de 29 de Janeiro de 1980, com disposições construtivas segundo as cláusulas técnicas gerais;

- Aviso n.°14828/2015, publicado no Diário da República, 2.ª série, n.°247, relativo ao Regulamento de Infraestruturas em Espaço Público;

- Regulamento de Ocupação da Via Pública com Estaleiros de Obras (ROVPEO) aprovado em sessão da Assembleia Municipal de 21 de Outubro de 2014, pela Deliberação n.° 263/AML/2014 e publicado no Boletim Municipal n.°1079 de 23 de Outubro de 2014;

Na conceção e dimensionamento que venham a ser necessários para as Redes de saneamento municipais e para as Redes de águas foi seguido o Decreto Regulamentar n° 23/95 de 23 de Agosto - Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de

Drenagem de Águas Residuais conjuntamente com a Declaração de Retificação n°153/95 de 30 de Novembro.

Para as Redes Elétricas foram seguidos os seguintes regulamentos:

- Regulamento de Segurança de Linhas Elétricas de Alta Tensão- Decreto regulamentar n° 1/92 de 18 de Fevereiro.

Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação – Decreto n° 42895 de 31 de Março de 1960, alterado polos Decretos Regulamentares n°56/85 de 6 de Setembro.

- Regulamento de Segurança das Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão (Decreto Regulamentar n° 90/84 de 26 de Dezembro).

- Documentos normativos da E-Redes (DMA´s).

Nas Redes de Telecomunicações Públicas foram seguidas as Prescrições e instruções técnicas do Manual ITUR – Infraestruturas de Telecomunicações em Loteamentos, Urbanizações e Conjuntos de Edifícios, 3ª edição, da ANACOM, Decreto de Lei 123/2009 de 21 de Maio de 2009, alterado e republicado pelo Decreto-lei n.º 92/2017, de 31 de julho

Para as redes de gás combustível observou-se não só a legislação aplicável às redes de distribuição de gás combustível como também se procurou garantir a total compatibilidade com as normas e especificações técnicas da distribuidora local.

A rede de SLAT obedece às Normas e Regulamentos das Redes Elétricas e de Telecomunicações Publicas

3 CADASTRO DAS INFRAESTRUTURAS

A solicitação de informação cadastral junto das várias entidades concessionárias das infraestruturas de subsolo e aéreas existentes ao longo do traçado do prolongamento da Linha vermelha em estudo, foi realizada pelo Metropolitano de Lisboa E.P.E. – ML.

As informações das infraestruturas solicitadas das redes em serviço foram as seguintes:

O presente caderno de SA é baseado na solicitação de informação cadastral, realizada pelo Metropolitano de Lisboa E.P.E. – ML., junto das várias entidades concessionárias das infraestruturas de subsolo e aéreas existentes ao longo do traçado do prolongamento da Linha vermelha em estudo.

As informações das infraestruturas solicitadas das redes em serviço foram as seguintes, de acordo com as redes e especialidades:

- Adução e abastecimento de água;
- Saneamento e de Drenagem Municipais - sistemas unitários/separativos, intercetores, etc.
- Redes de Alta, Baixa, Média Tensão e Iluminação Pública, cadastros E-Redes;
- Redes de Alta Tensão, cadastros REN
- Redes de Telecomunicações, cadastros SIIA - Sistema de Informação de Infraestruturas Aptas - ANACOM
- Redes de Telecomunicações, cadastros das concecionárias:
    - ALTICE/MEO;
    - AR TELECOM;
    - COLT;

- SERVIÇOS DE TRANSMISSÃO MILITARES;
- IP TELECOM;
- NOS;
- ONI;
- VODAFONE.

- Distribuição de gás natural;
- Infraestruturas da Rede SLAT – Sistema Luminoso Automático do Trânsito, cadastros Câmara Municipal de Lisboa.

Não fugindo a regra, os cadastros tem informação de difícil perceção e são pouco exatos, havendo por vezes cadastros de proveniências distintas para as mesmas redes cuja conicidade não acontece, pelo que os atuais cadastros deverão ser vistos com o intuito informativo sobre a identificação e localização das redes.

Os cadastros deverão ser confirmados, após piquetagem, reconhecimento e identificação de todas as infraestruturas existentes nos locais de intervenção, antes da execução dos trabalhos, com vista a avaliar a sua interferência e o grau de intervenção nas redes existentes.

Desta forma as intervenções, apresentadas poderão ser alvo de retificação, no reconhecimento real das infraestruturas e só depois validadas ao nível do projeto de execução e no processo de licenciamento.

3.1 Tratamento da Informação Recebida

Todas as informações de cadastro obtidas foram analisadas e selecionada a informação relevante, com o necessário detalhe para esta fase de projeto. Com base na sobreposição das plantas de cadastro recebidas com o traçado da linha desta expansão, foram identificados os serviços de utilidade pública passíveis de serem afetados pela execução das obras, seja por interferência direta ou indireta da construção.

Com base nos elementos recebidos e nas bases cartográficas realizou-se o ajuste de alguns traçados e elementos/órgão das redes de infraestruturas de serviços de utilidade pública, tendo em vista o ajuste, mais possível, à situação real e permitir aferir com mais certeza as infraestruturas interferidas.

Neste estudo foram identificados os pontos relevantes de interferências e/ou de conflito: tendo em conta os cadastros e as informações dos serviços de utilidade pública e os troços em túnel de pouca profundidade, propostos a executar a céu aberto. Após a identificação das interferências, são apresentadas propostas de intervenção/soluções de modo a viabilizar a construção da empreitada.

3.2 Implantação das Infraestruturas

Ao longo dos passeios e arruamentos existem infraestruturas de serviços de utilidade pública que poderão ser afetadas pelas obras a executar nesta extensão da linha de metro. As intervenções a executar seguirão o Regulamento de Infraestruturas em Espaço Público da Câmara de Lisboa, nomeadamente, no que diz respeito às condições técnicas – implantação das mesmas nos passeios.

Assim, a profundidade das infraestruturas de subsolo, ou seja, a altura de aterro sobre a infraestrutura, nas zonas de passeios é, normalmente, a seguinte:

INFRAESTRUTURAS	BAIXA TENSÃO (BT)	MÉDIA TENSÃO (MT)	ÁGUA	GÁS	COMUNIC. ELECTRONICAS	SLAT E NOVAS OPERADORAS
Profundidade (metros)	0.8	1.20	0.90	0.60	0.80	0.60

4 Análise de Interferências com as infraestruturas existentes em serviço

Neste capítulo será descrita de uma forma geral a análise realizada às infraestruturas existentes na zona da Estação de Alcântara.

4.1 Serviços Afetados na Área da Estação Alcântara

O corpo da estação Alcântara está prevista ser implantada nos atuais acessos rodoviários à Ponte 25 de Abril, entre os pk's 3+475 e 3+575 da Via. Esta estação será executada a céu aberto.

Devido à implantação da estação a zona envolvente será alvo de reformulação, nomeadamente os acesso rodoviários.

É essencial que as necessárias contenções e obras de desvio/suspensão/outras intervenções nas redes de serviços públicos tenham de ser estudadas para estarem corretamente coordenadas, no tempo e no espaço, de modo a que possam permitir um faseamento construtivo do túnel do metro que não ponha em causa a segurança dos serviços, das pessoas/bens e o prazo de execução da empreitada.

Em fase seguinte do estudo tanto os cadastros como as propostas de intervenção têm de ser aferidas e confirmadas com o levantamento topográfico, os levantamentos de tampas de algumas caixas de visita e com as empresas concessionárias podendo, portanto, vir a sofrer alterações.

Encontram-se nas peças desenhadas os cadastros das redes existentes e as propostas de intervenção para cada infraestrutura que se prevê afetação.

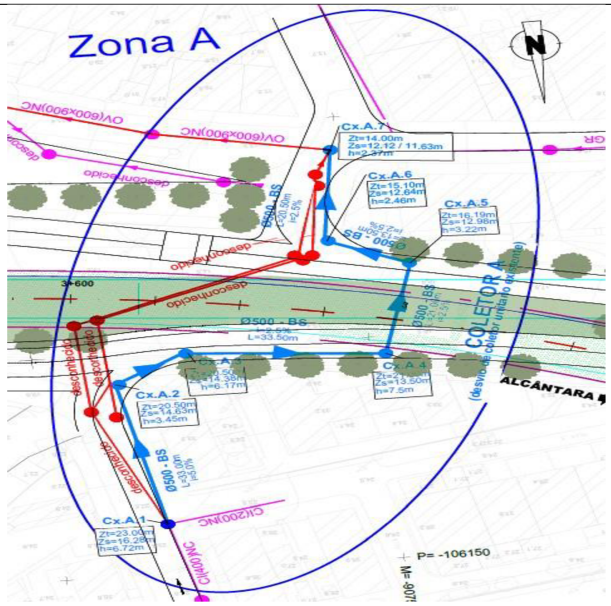
4.1.1 Interferências na Rede de Saneamento

Analisada a informação recebida da Divisão de Saneamento, da CML, (cadastro das redes de saneamento) constatou-se que existe um coletor unitário de secção desconhecida que será necessário restabelecer, assim em fase posterior deverá proceder-se a todos os trabalhos de modo a saber a secção do tubo existente.

Previu-se que o novo coletor terá diâmetro de 500mm e será em betão. Na travessia do novo coletor sob o túnel do metro prevê-se um afastamento de 1,00m entre o coletor e o túnel do metro.

Verificou-se também a existência de um ramal predial (Zona A) que será desativado.

Em fase posterior haverá que acautelar todas as situações de interferência e consequentes o



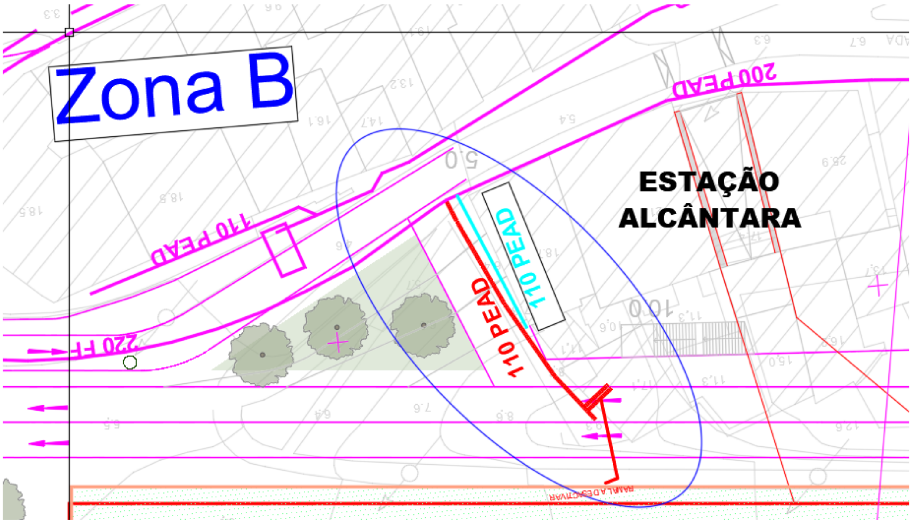
desvio/suspensões/reposições dos coletores e deverão ser objeto de coordenação com as concessionárias e com as especialidades envolvidas no projeto.

Deverá o empreiteiro proceder à monitorização dos coletores na zona da obra e apresentar o plano de monitorização à CML, que consiste em:

- Inspeção dos coletores (visual e vídeo) antes de se iniciarem os trabalhos.
- Analisados os coletores, material e seu estado de sua conservação, será definida a necessidade de instrumentar diretamente o coletor em causa e serão definidos os níveis de alarme adequados a cada caso. Da inspeção dos coletores e caso seu estado de conservação o justifique, será realizada uma intervenção no coletor, a definir caso a caso.
- Com base nas medições definidas no Plano de instrumentação e com níveis de alarme definidos serão efetuadas, será garantida a integridade dos coletores e seu bom funcionamento. Caso se venha a verificar necessário poderá, no decurso da obra, ser necessário efetuar intervenções nos coletores monitorizados.
- No final da execução da obra da estação ML, será efetuada a inspeção final dos coletores e deste modo será verificada a sua integridade e bom funcionamento.

4.1.2 Interferências na Rede de Abastecimento de Água

As plantas de cadastro recebidas da EPAL e devido à implantação dos acessos rodoviários do lado sul à Ponte 25 de Abril, prevê-se a substituição de uma conduta existente por uma tubagem nova de Ø110 em PEAD, bem como a desativação do ramal de abastecimento a edifícios existente (Zona B). Aquando da construção dos acessos deverão ser tomadas todas as medidas de monitorização e proteção das novas Tubagens, nomeadamente execução de apoios (estruturas suplementares), que durante a empreitada servirão de suporte e proteção mecânica da rede exposta na escavação e que durante o referido período terão que dar continuidade de serviços.



4.1.3 Interferências nas Redes Elétricas

Os serviços afetados das várias infraestruturas, localizadas na área de alcântara, estendem-se desde a Via de acesso à Ponte 25 de Abril, desde a rotunda proposta, o encontro com a Av. de Ceuta, Rua Maria Pia e a calçada do livramento.

As interferências, das infraestruturas elétricas, existem ao nível das redes de:

- Baixa Tensão – BT;
- Iluminação Pública – IP;
- Infraestruturas de telecomunicações – ITUR
- Infraestruturas da Rede do Sistema Luminoso Automático do Trânsito – SLAT.

As afetações devem-se á construção de uma estação sobre viaduto, cujos pilares suporte e o arranque da infraestrutura que obrigam a relocalização dos traçados das várias redes s e como tal sejam alvos de serviços afetados (SA), especialmente nas zonas de implantação dos maciços dos pilares de sustentação do viaduto.

De realçar a intervenção da Iluminação publica que sofrerá uma profunda remodelação, em toda a área, com a transição dos aparelhos de iluminação para tecnologia LED e obrigatoriamente com uma melhoria da certificação energética.

Passamos a identificar as interferências alvo de serviços afetados (SA)

4.1.3.1 Interferências na Rede de Média Tensão

Não se prevê nenhuma interferência na rede de MT

4.1.4 Interferências na rede de Baixa Tensão

4.1.4.1 Zona de Serviços Afetados – Baixa Tensão – Túnel Zona do Alvito: 01

A zona de SA, abreviada, ZSA-BT-OE6: 01, localiza-se na Via de acesso à Ponte 25 de Abril

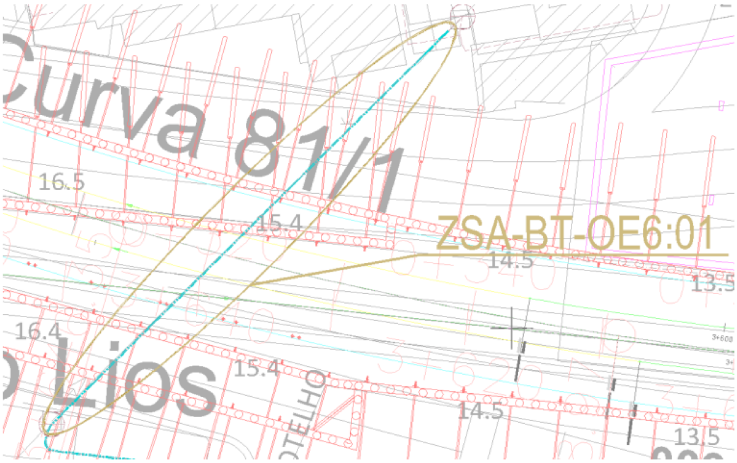


Figura 1: ZONA DE SERVIÇOS AFETADOS – BAIXA TENSÃO – TÚNEL ALVITO: 01

Trata-se de uma linha aérea que faz a travessia das vias.

O serviço afetado passa pela monitorização e estabelecimento de proteção mecânica adicional, provisória, ao circuito em travessia da via que será depois reinstalado em condições análogas às atuais.

4.1.5 Interferências na rede de Iluminação Pública

Relativamente à rede de Iluminação Pública, esta sofrerá uma intervenção profunda visto que, aliada à significativa alteração das vias de circulação automóvel e construção das futuras infraestruturas da linha do metro, considera-se necessária a reestruturação completa da mesma na área que vem na continuidade da área da estação e do viaduto de Alcântara.

A reformulação, da Iluminação Pública, estendem-se desde a Via de acesso à Ponte 25 de Abril, o encontro com a Av. de Ceuta e a Rua Maria Pia.

Em termos de classificação de vias, segundo a EN 13201, considerou-se a seguinte definição a que correspondem os níveis luminotécnicos exigidos pela norma:

- Vias, em geral:> ME3 (ME2 ou ME1)
- Áreas pedonais e áreas ajardinadas: P3

A rede de IP será subterrânea, com cabos armados LSVAV 4x35, LVAV 4x16, com derivação em armários de distribuição de IP e nas caixas/Quadro de Ramal (quadro de proteção/seccionamento das portinholas) das colunas.

A rede será dividida, nas responsabilidades de exploração, entre a e-redes a montante dos quadros de Ramal e pela CML a jusante dos Quadro de Ramal.

A constituição e traçado será conforme as plantas anexas.

Os conjuntos de iluminação, apoios luminárias, terão várias formações de acordo com as peças desenhadas.

A solução de iluminação conjuga luminárias, instaladas em colunas metálicas, de tronco-cilíndrico, com construção em aço galvanizado por imersão a quente, dimensionado segundo EN40 e com marcação CE, fixação por maciço, com uma altura útil de 12m (Hu=12m) em Vias e a altura útil de 8 m (Hu=6m em arruamentos residenciais, Rua Maria Pia.

Terão configurações várias com braço de 750mm a 15000mm de acordo com as peças desenhadas.

As luminárias utilizadas serão de tecnologia LED .

Com base na diminuição da potência total instalada, os novos circuitos utilizarão os mesmos pontos de alimentação, armários de distribuição, dos atuais troços.

As instalações elétricas a executar deverão estar de acordo com as Normas em vigor, devendo ter em conta o tipo de local onde serão executadas e/ou tipo de suporte onde as mesmas se instalam.

Todas as colunas reservam portinholas a altura regulamentar para instalação de Quadro de Ramal (quadro proteção/seccionamento do conjunto) com proteção diferenciai, de acordo com as normas técnicas da CML, Classe II, com bornes extraíveis preparados para cabos de Alumínio ou Cobre, auto extinguível, com régua de fixação à coluna.

As luminárias serão alimentadas através de cabo H05VV – F 3G2,5 mm², protegido mecanicamente com tubo tipo rinoflex de 25mm de diâmetro.

O sistema de terra de proteção a jusante da caixa de ramal será o Sistema TT (Responsabilidade da CML), este será constituído pelos condutores de proteção, elétrodos de terra, condutores de terra e condutores de equipotencialidade suplementar para ligação das estruturas metálicas envolventes ao candeeiro ao terminal deste.

Condutores de proteção:

No interior dos candeeiros existirá o condutor de proteção com a mesma secção dos condutores de fase e neutro e revestido pelas cores regulamentares.

Serão ligados ao borne de terra da caixa por meio de ligadores situados no interior da portinhola dos candeeiros ou da caixa de alimentação.

Elétrodo de Terra:

Em cada coluna metálica ou caixa/quadro de ramal existirão elétrodos de terra, constituídos pelos elementos necessários à garantia de que a resistência de terra seja inferior a 20Ω em qualquer época do ano, com as seguintes condições unitárias descritas nas Condições Técnicas.

Condutor de Terra:

A ligação entre o ligador e o terminal de terra, existente na portinhola de cada coluna, será feita, primeiro através de condutor H07V-R com uma secção não inferior a 35 mm2,

Ligadores:

As ligações ao terminal de terra de proteção serão sempre implementadas por ligadores mecânicos amovíveis apropriados e obrigatoriamente acessíveis para verificação visual e medição, quando necessário.

Os maciços serão pré-fabricados, incluindo a respetiva armação metálica. As dimensões padronizadas serão definidas em função da altura.

Os maciços, a utilizar, serão para colunas até 6m de altura (inclusive) - com 20 cm de distância entre pernos.

A identificação dos candeeiros é feita através da colocação de uma pequena chapa (idêntica às existentes nos candeeiros instalados na cidade), devendo ser solicitada a numeração ao serviço municipal de iluminação pública.

O sistema de telegestão deverá permitir que os objetos sejam localizados e controlados remotamente numa infraestrutura de rede em estrela ou "mesh" ou ambas, criando oportunidades para melhorar a eficiência, precisão e benefício económico. Através do seu sistema de computação integrado, cada objeto pode ser identificado exclusivamente e pode ainda interagir dentro da infraestrutura de Internet existente.

O servidor do fabricante do sistema deve ainda permitir a ligação à plataforma municipal através de uma API a desenvolver, ou seja, o sistema de gestão de iluminação deve ser um sistema aberto, orientado para o futuro e disponível para integração por terceiros.

Ao nível da segurança devem ser utilizadas tecnologias de encriptação 128bits que garanta que o sistema de gestão de iluminação é utlizado em perfeita segurança e, em caso de falha, o controlador da luminária deve armazenar o perfil.

O sistema de gestão de iluminação deverá ser baseado na web, utilizando uma VPN com os respetivos servidores, garantindo desta forma uma total proteção e encriptação de dados. O acesso à aplicação deve poder ser assegurado por meio de um utilizador e senha de um qualquer computador, tablet ou dispositivo móvel ligado à Internet. A cada utilizador deve poder ser atribuído um acesso específico para visualizar ou modificar os parâmetros.

O sistema de gestão deve incorporar a possibilidade de gerar relatórios e alarmes que permitam manter o utilizador informado de uma forma regular acerca do estado da instalação, relatórios estes que podem ser organizados de acordo com as necessidades específicas de cada cliente, podendo ser exportados ou enviados por e-mail. Os alarmes deverão ser parametrizados pelo utilizador.

4.1.6 Interferências nas Infraestruturas de Telecomunicações – ITUR

Como referimos os serviços afetados tem por base os cadastros fornecidos pelas operadoras, cruzados com os cadastros da ANACOM - SIIA - Sistema de Informação de Infraestruturas Aptas.

Com o segundo podemos ter a identificação das caixas e possíveis medidas destas, nem sempre apresentadas, mas em nenhum cadastro conseguimos informação da formação de tubagem entre caixas nem tão pouco os circuitos e tecnologias de suporte às comunicações.

As soluções apresentadas são meramente indicativas da possível relocalização das caixas e a ligação entre elas.

Todo e quaisquer trabalhos de SA terão que ser efetuados em estrita colaboração com as operadoras no que toca á informação das formações ente caixas e o número de circuitos e tecnologias de suporte utilizadas nestes.

Desta forma o principal objeto, deste caderno é identificar, nos cadastros, pontos de interferência e possíveis soluções e quantificação para a empreitada de serviços afetados de telecomunicações – ITUR.

Identifiquemos as interferências:

4.1.6.1 Zona de Serviços Afetados – Telecomunicações – Túnel Zona do Alvito: 01

A zona de SA, abreviada, ZSA-TEL-OE6: 01, localiza-se na Via de acesso à Ponte 25 de Abril, lado poente da estação.

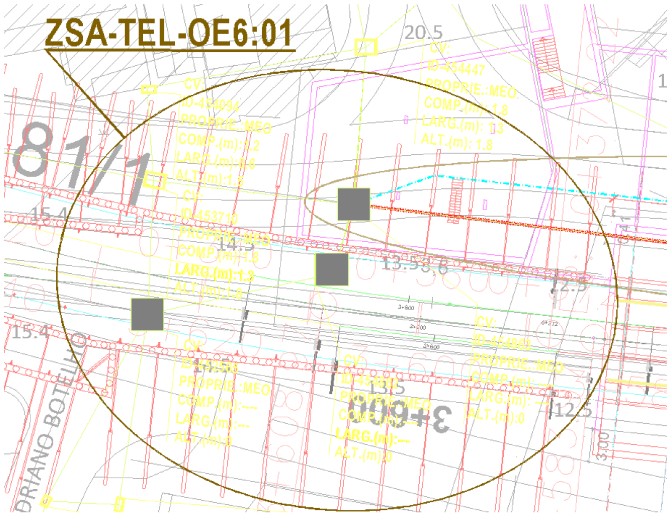


Figura 2: ZONA DE SERVIÇOS AFETADOS – TELECOMUNICAÇÕES – ALCÂNTARA: 01

Os circuitos, sinalizados como pertencentes á concessionária MEO, sofrem afetação entre as caixas:

- ID: 454094 e a caixa ID: 453710
- ID: 453710 e as caixas ID: 452565 e ID:454863
- ID: 452565 e as caixas ID:452186, ID:454097 e ID:4548623
- ID:454862 e a caixa ID:454863
- ID:454863 e a caixa ID:454447
-

A resolução do SA passa pela relocalização da formação de tubagem, iguais às existentes, e circuitos agregados em localização nas proximidades de acordo com as peças desenhadas. A vala dedicada, da relocalização, será efetuada em condições regulamentares, de acordo com os desenhos de pormenor.

4.1.7 Interferência na Rede de Gás Combustível

Não se prevê nenhuma interferência na rede de Gás Combustível.

4.1.8 Interferências nas Infraestruturas da Rede do Sistema Luminoso Automático do Trânsito – SLAT

Na área envolvente da nova estação de metro de Alcântara, as vias automóveis, nomeadamente, na Av. de Ceuta e na Via de acesso à Ponte 25 de Abril, são alvo de profunda reformulação.

Tal reformulação implica quase a totalidade de interferências com a Rede SLAT existente que de uma forma geral será relocalizada, havendo muitos dos seus elementos a desmantelara.

A abordagem dos SA terá como primeiro intuito a identificação das novas localizações de elementos, conjunto de semáforos, a relocalizar.

Os elementos enunciados são:

- Poste de controlo de trânsito automóvel;
- Poste de controlo trânsito pedonal;

- Espiras de contagem
- Rede de tubagem aos postes de controlo (PEADØ63)
- Rede de tubagem de integração do sistema (2xPEADØ110)
- Caixas de visita (06x06m)

Os desmantelamentos propostos deverão ser reconhecidos nas peças desenhadas.

Identifiquemos as interferências:

4.1.8.1 Zona de Serviços Afetados – SLAT – Túnel Zona do Alvito: 01

A zona de SA, abreviada, ZSA-SLAT-OE6: 01, localiza-se na Via de acesso à Ponte 25 de Abril, no sentido da Av. de Ceuta, na proximidade da Rua Padre Adriano Botelho.

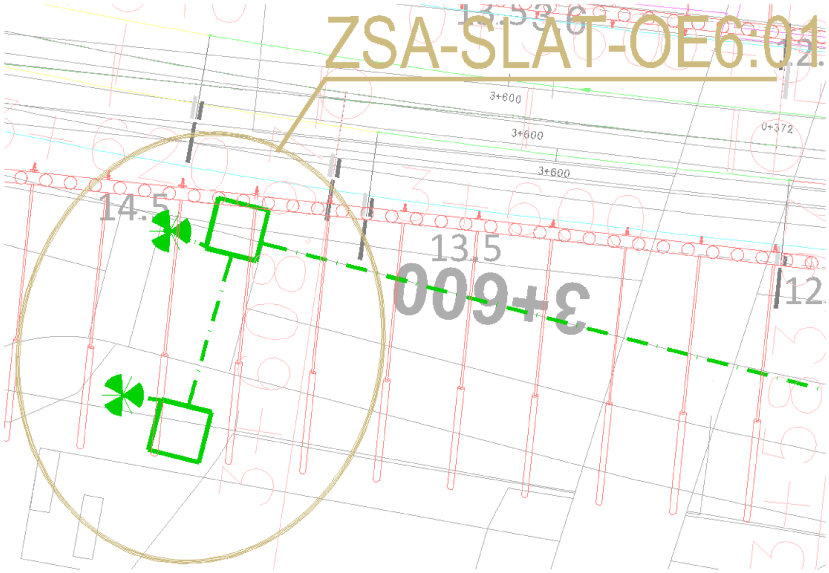


Figura 3: ZONA DE SERVIÇOS AFETADOS – SLAT – ALCÂNTARA: 01

A resolução do SA passa pela relocalização de elementos a desmontar com instalação de novas caixas e rede de tubagem quer para ligação dos postes de controlo de trânsito quer para a integração no sistema, já que se trata de uma nova passagem de peões.

5 DIVERSOS

Os projetos / estudos de Serviços Afetados são sempre dificultados pela ausência de informação ou falta de rigor desta.

Como já referido, os presentes estudos são baseados nos cadastros fornecidos, pelas concessionárias, cujas representações se referem ao traçado e localizações quer dos circuitos quer dos equipamentos das várias infraestruturas.

Devido á falta de rigor e informação, todos os trabalhos deverão iniciar-se com a piquetagem, reconhecimento e identificação, real, das infraestruturas a intervir, ou outras existentes no local de intervenção que posam colidir com as infraestruturas a afetar.

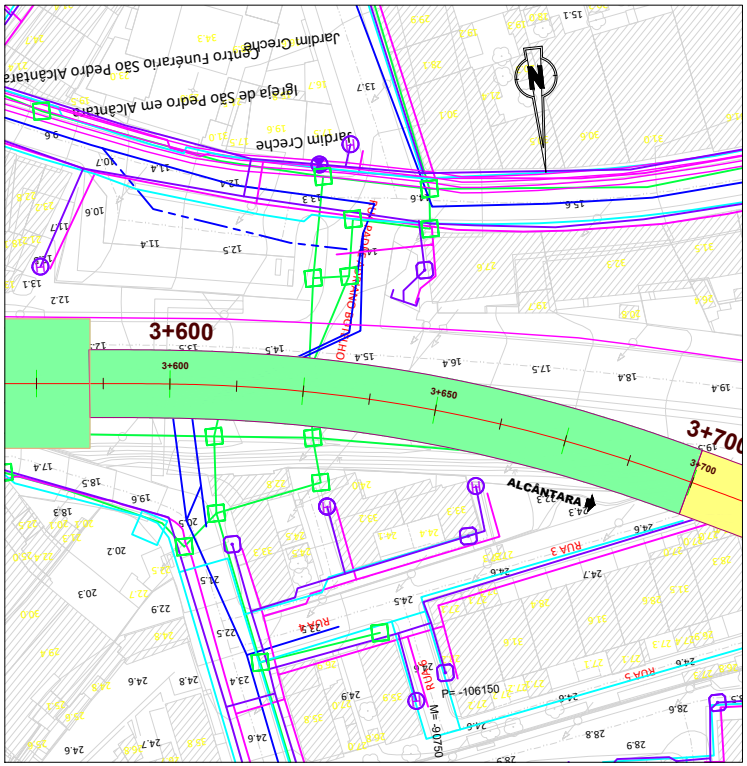
As empreitadas de serviços afetados, após conhecimento real da afetação, devem prever todas e quaisquer resoluções de todas as interferências provocadas por todos os Serviços Afetados identificados no presente projeto/estudo (aéreos e/ou à superfície e/ou subterrâneos) no âmbito da execução de todos os trabalhos englobados na empreitada.

Os Serviços Afetados decorrerão de acordo com a integração destes no Plano Geral de Trabalhos, de forma discriminada, o planeamento de todos os trabalhos necessários à resolução das interferências provocadas pelos serviços afetados previstos no estudo em fase de preparação de obra, durante a obra ou em fecho da obra, de acordo com a planeamento de obra.

Todos os trabalhos a executar serão obrigatoriamente avalizados pelas empresas concessionárias da infraestrutura e serviços de fiscalização / Dono de obra.

Registo e Controlo de Alterações

Revisão	Data	Descrição
0	2024-09-27	Emissão Inicial



LEGENDA

- Túnel
- Estação e Galerias
- Método NATM
- Céu Aberto
- Viaduto
- SANEAMENTO - Caneiro
- SANEAMENTO - Domésticos
- SANEAMENTO - Pluviais
- SANEAMENTO - Unitários
- EPAL - Aqueduto Águas Livres
- EPAL - Condutas
- EPAL - Caixa Orgãos
- EPAL - Recinto
- GALP GÁS - Tubagem
- GALP GÁS - Haste
- GALP GÁS - Sifão
- GALP GÁS - Válvula
- LISBOA GÁS - Tubagem
- LISBOA GÁS - Tubagem
- AR Telecom - Cabos / Condutas
- AR Telecom - Armários
- COLT - Cabos
- COLT - Caixas
- STM (Serviços Transmissão Militares) - Cabos
- STM (Serviços Transmissão Militares) - Caixas
- IP - Condutas
- IP - Estruturas
- MEO - Cabos
- MEO - Caixas
- ONI - Cabos de Fibra
- ONI - Caixas para Fibra
- ONI - Telecomunicações
- ONI - Caixas para Telecomunicações
- SLAT - Cabos
- SLAT - Caixas
- SLAT - Comando
- SLAT - Espiras
- SLAT - Semáforos

NOTAS

1- NOTAS GERAIS:

- Os cadastros apresentados neste desenho foram fornecidos pelas empresas das infraestruturas concessionárias a título informativo, devendo o empreiteiro efetuar os levantamentos, pesquisas e sondagens necessárias de modo a obter a localização exata das infraestruturas existentes.

- Todos os trabalhos de serviços afetados, deverão iniciar-se com a piquetagem, reconhecimento e identificação das infraestruturas a intervir ou outras existentes no local de intervenção que possam colidir com as infraestruturas a afetar.

- Após levantamento de campo e reconhecimento real das infraestruturas existentes, devem as soluções propostas serem adaptadas às condições reais.

- As soluções propostas devem ser analisadas e aprovadas pelas respetivas concessionárias.

- Durante o período da empreitada todas as soluções provisórias terão que dar obrigatoriamente, continuidade aos serviços em utilização.

- As Redes Repostas terão que ter pelo menos a mesma capacidade da rede atualmente existente.

- As infraestruturas existentes que se localizam junto à zonas de implantação dos Tunéis e das Estações e que não se prevêm intervenção nas mesmas, deverão ser monitorizadas de modo a verificar que não existe deslocamentos das mesmas. Em caso de deslocamento de terrenos deverão ser tomadas todas as medidas de proteção necessárias das infraestruturas a aferir com cada concessionária de modo a se manter a integridade das mesmas.

ALTERAÇÕES

0	EMISSÃO INICIAL	2024-09-27	ALN/PIR	PG
		DATA	DES.	VERIF.

Data:

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

Metropolitano de Lisboa

Aprov.
Verif.
Proj.
Des.

SERVIÇOS AFETADOS
OE6 : TÚNEL NA ZONA DO ALVITO

REDES EXISTENTES - INTERFERÊNCIAS
PLANTA GERAL - MULTIREDES

Escalas:
Des. nº 133758 F 1
Alter.
Substitui
Substituído
Nº SAP —
Versão
Folha

RP | SN | PG | ALN/PIR
TROÇO 1B | TROÇO 3A | TROÇO 3B | TROÇO 4A | TROÇO 4B | TROÇO 5A
1:1000 | 1:1000 | 1:1000 | 1:1000 | 1:1000 | 1:1000

MOTAENGIL ENGENHARIA
spe.ladrigo.pt
COBA | JET | JLCM

Aprov.	RP	2024-09-27
Verif.	SN	2024-09-27
Proj.	PG	2024-09-27
Des.	ALN/PIR	2024-09-27

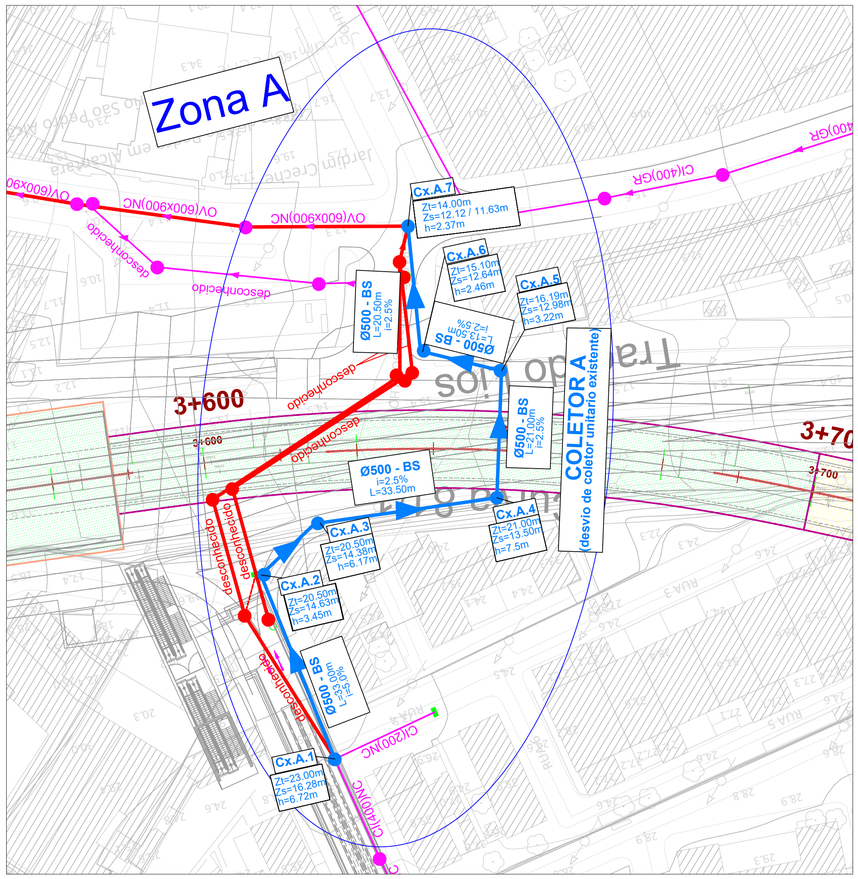
Desenho nº LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058001 0

Identificação Empresa Projetista:
COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO

Escalas: 1/500
Folha: 1/ 1

Alter. 2024-09-27

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.



LEGENDA

- Túnel
- Estação e Galerias
- Método NATM
- Céu Aberto
- Viaduto
- Zona de Intervenção de Serviços Afetados

REDE DE SANEAMENTO

- Rede a Desactivar/Remover
- Caixa existente a Desactivar/Remover
- Rede existente a manter
- Caixa existente a manter
- Rede Nova (reposição)
- Caixa Nova (reposição)

Zt Cota de Terreno
Zs Cota da Soleira da caixa
h Profundidade da Vala

NOTAS

1- NOTAS GERAIS:

- Os cadastros apresentados neste desenho foram fornecidos pelas empresas das infraestruturas concessionárias a título informativo, devendo o empreiteiro efetuar os levantamentos, pesquisas e sondagens necessárias de modo a obter a localização exata das infraestruturas existentes.

- Todos os trabalhos de serviços afetados, deverão iniciar-se com a piquetagem, reconhecimento e identificação das infraestruturas a intervir ou outras existentes no local de intervenção que possam colidir com as infraestruturas a afetar.

- Após levantamento de campo e reconhecimento real das infraestruturas existentes, devem as soluções propostas serem adaptadas às condições reais.

- As soluções propostas devem ser analisadas e aprovadas pelas respetivas concessionárias.

- Durante o período da empreitada todas as soluções provisórias terão que dar obrigatoriamente, continuidade aos serviços em utilização.

- As Redes Repostas terão que ter pelo menos a mesma capacidade da rede atualmente existente.

- As infraestruturas existentes que se localizam junto às zonas de implantação dos Tunéis e das Estações do Metro e que não se preveêm intervenção nas mesmas, deverão ser monitorizadas de modo a verificar que não existe deslocamentos das mesmas. Em caso de deslocamento de terrenos deverão ser tomadas todas as medidas de proteção necessárias das infraestruturas a aferir com cada concessionária de modo a se manter a integridade das mesmas.

NOTAS
Túnel do Alvito

2- INTERVENÇÕES PROPOSTAS:

ZONA A:

- O troço do COLETOR UNITÁRIO EXISTENTE que atravessa os acessos rodoviários da Ponte 25 de Abril será a desativar/remover devido à construção da Estação de Alcântara e à reformulação da sua envolvente.

- O diâmetro do troço do Coletor a substituir é desconhecido, assim em fase posterior deverá proceder-se a todos os trabalhos de modo a saber a secção do tubo existente.

-Previu-se que o novo coletor tem Ø 500mm, e será em Betão. Previu-se um afastamento de 1,00m entre a o coletor e o tunel do Metro.

- Durante a empreitada deverá ser assegurada o funcionamento de toda a rede e toda a sua integridade.

* No local da travessia do coletor sob o tunel. O túnel do Metro apresenta uma cota de 14.80m

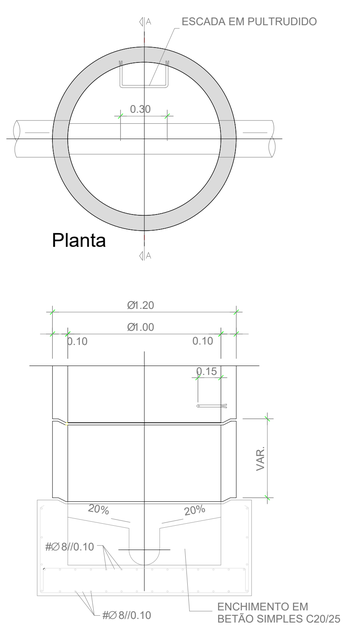
---

- Aquando da construção da Estação deverão ser tomadas todas as medidas de monitorização e proteção dos novos Coletores, nomeadamente execução de apoios (estruturas suplementares), que durante a empreitada, servirão de suporte e proteção mecânica da rede exposta na escavação e que durante o referido período terão que dar continuidade de serviços.

CAIXAS DE VISITA PARA COLETORES

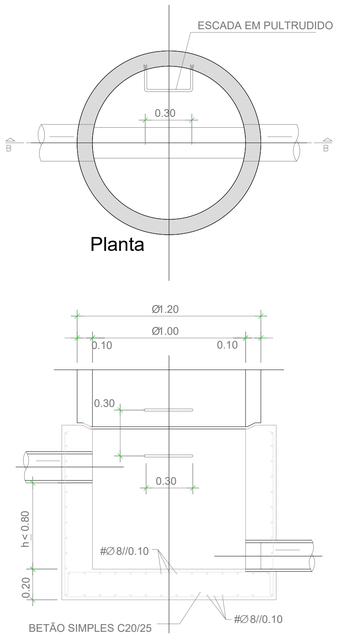
CAIXA DE VISITA SIMPLES

ESC.1:20



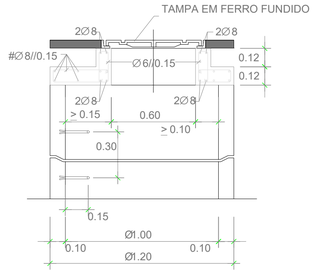
CAIXA DE VISITA COM QUEDA

ESC.1:20



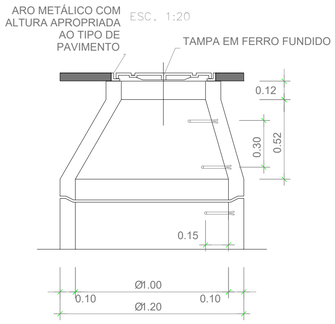
COBERTURA PLANA

ESC.1:20



COBERTURA TRONCO-CÓNICA ASSIMÉTRICA

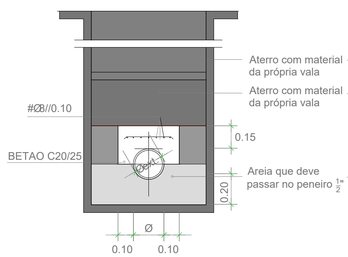
ESC. 1:20



ABERTURA DE VALAS

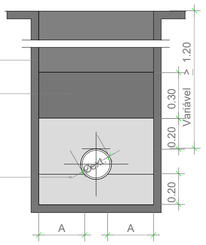
ESC.1:20

EM ZONAS DE PROTECÇÃO À TUBAGEM (profundidade sobre a geratriz superior a 4.00m ou inferior a 1.00m)



NOTA: A face inferior da vala será bem compactada (compactação superior a 85% do Ensaio Normal)

VALA SIMPLES



H (m)	D (m)	A (m)
até 2.00	≤ 0.40	0.30
	> 0.40	0.40
2.00 a 3.00	≤ 0.40	0.35
	> 0.40	0.45
3.00 a 4.00	≤ 0.40	0.40
	> 0.40	0.50
4.00 a 5.00	≤ 0.40	0.45
	> 0.40	0.55
5.00 a 6.00	≤ 0.40	0.50
	> 0.40	0.60

MATERIAIS

BETÕES:
Em geral ——— C25/30
Betão de regularização — C16/20

AÇO:
Armaduras passivas ——— A400NR

BETÕES:
- Recobrimento mínimo = 0.03m
- Dimensões em metros

ALTERAÇÕES				
0	EMISSÃO INICIAL	27/09/2024	AL/NP/PR	SN
		DATA	DES.	VERIF.

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

Metropolitano de Lisboa

SERVIÇOS AFETADOS
OE6 : TÚNEL NA ZONA DO ALVITO

PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO
REDE DE SANEAMENTO

Escalas: Des. nº 133759 F. ___/___
Alter.
Substituí
Substituído
Nº SAP —
Versão
Folha

Aprov.	RP	27/09/2024
Verif.	SN	27/09/2024
Proj.	PG	27/09/2024
Des.	AL/NP/PR	27/09/2024

TROÇO 85 (001 – 2000/2001) · TROÇO 84 (P.211) · TROÇO 83 (P.215 – C.CARDUÇE) · TROÇO 82 (P.223 – INF. SANTO) · TROÇO 81 (P.227 – ALCÂNTARA)

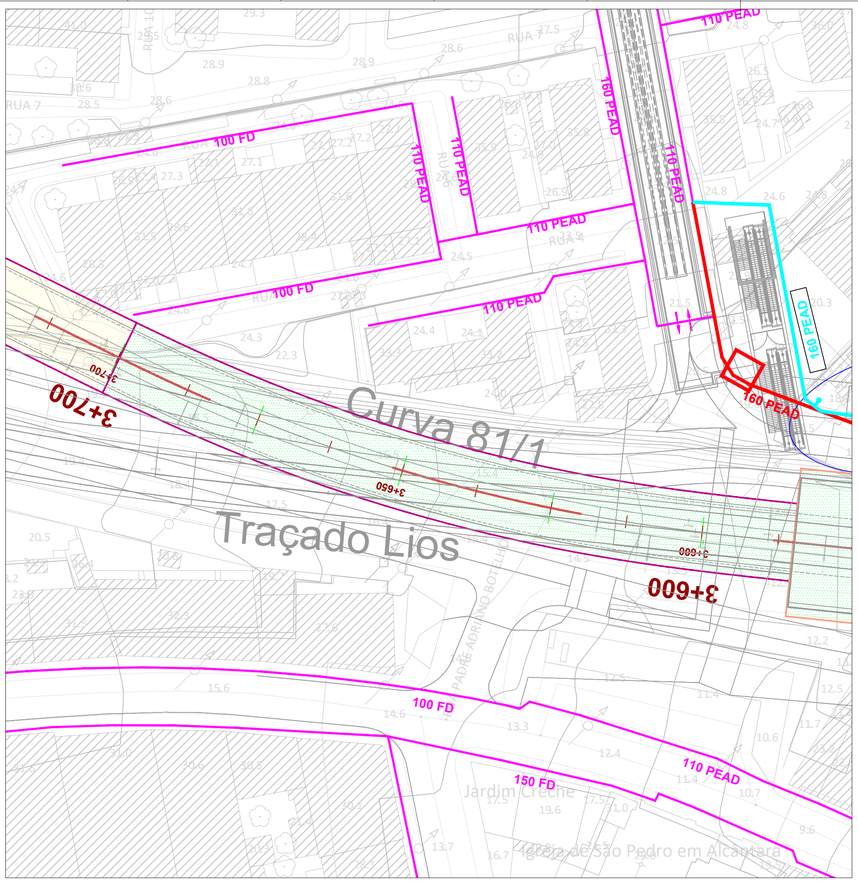
MOTAENGIL ENGENHARIA · igpe batlaporões · coba Portugal · JET SJ · JLCM Portugal

Identificação Empresa Projetista: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO

Escalas: 1/500 1/20
Folha: 01/01

Desenho nº LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058002 0
Alter. 0

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.



LEGENDA

- Túnel
- Estação e Galerias
- Método NATM
- Céu Aberto
- Viaduto
- Zona de Intervenção de Serviços Afetados

REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

- Rede a Desativar/Remover
- Rede existente a manter
- Rede Nova (reposição)

NOTAS

1- NOTAS GERAIS:

- Os cadastros apresentados neste desenho foram fornecidos pelas empresas das infraestruturas concessionárias a título informativo, devendo o empreiteiro efetuar os levantamentos, pesquisas e sondagens necessárias de modo a obter a localização exata das infraestruturas existentes.

- Todos os trabalhos de serviços afetados, deverão iniciar-se com a piquetagem, reconhecimento e identificação das infraestruturas a intervir ou outras existentes no local de intervenção que possam colidir com as infraestruturas a afetar.

- Após levantamento de campo e reconhecimento real das infraestruturas existentes, devem as soluções propostas serem adaptadas às condições reais.

- As soluções propostas devem ser analisadas e aprovadas pelas respetivas concessionárias.

- Durante o período da empreitada todas as soluções provisórias terão que dar obrigatoriamente, continuidade aos serviços em utilização.

- As Redes Repostas terão que ter pelo menos a mesma capacidade da rede atualmente existente.

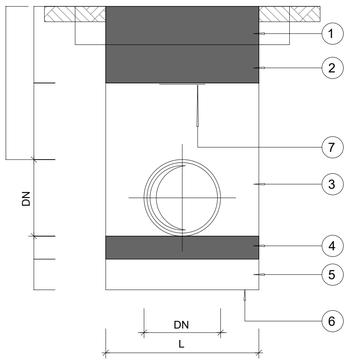
- As infraestruturas existentes que se localizam junto às zonas de implantação dos Tunéis e das Estações do Metro e que não se preveêm intervenção nas mesmas, deverão ser monitorizadas de modo a verificar que não existe deslocamentos das mesmas. Em caso de deslocamento de terrenos deverão ser tomadas todas as medidas de proteção necessárias das infraestruturas a aferir com cada concessionária de modo a se manter a integridade das mesmas.

NOTAS
Túnel do Alvito

Os serviços afetados que se visualizam no túnel do Alvito estão definidos na peça desenhada da estação de Alcântara.
Fora da zona da estação de Alcântara não existem redes de abastecimento a desviar.

ASSENTAMENTO DE TUBAGENS EM VALA SIMPLES

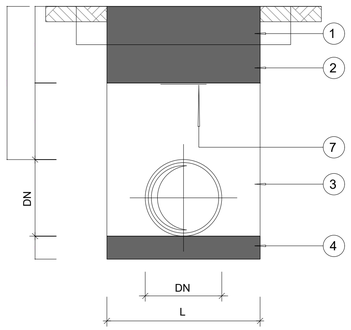
Tipo 1
COM NÍVEL FREÁTICO ACIMA DO LEITO DA VALA



LARGURA DA VALA (L)

L = 0.50m + DN para DN <500mm
L = 0.70m + DN para DN >500mm

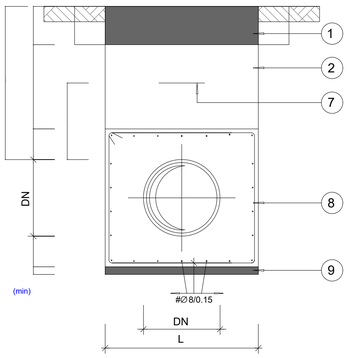
Tipo 2
COM NÍVEL FREÁTICO ABAIXO DO LEITO DA VALA



LARGURA DA VALA (L)

L = 0.50m + DN para DN <500mm
L = 0.70m + DN para DN >500mm

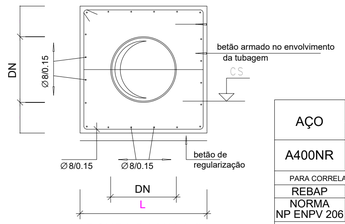
Tipo 3
EM ZONAS DE PROTECÇÃO À TUBAGEM
(profundidade sobre o extradorso da tubagem, inferior a 1.00m)



LARGURA DA VALA (L)

L = 0.50m + DN para DN <500mm
L = 0.70m + DN para DN >500mm

PROTEÇÃO À TUBAGEM
SECÇÃO TIPO



LARGURA DA VALA (L)

L = 0.50m + DN para DN <500mm

MATERIAIS

AÇO	BETÃO		RECOBRIMENTO	
	RESISTÊNCIA	DURABILIDADE	EXTERIOR	INTERIOR
A400NR	B25 (REBAP)	5b (NP ENV 206)	3.5cm	3.5cm

PARA CORRELAÇÃO DAS CLASSES DE RESISTÊNCIA ADMITE-SE A SEGUINTE EQUIVALENCIA:

REBAP	B15	B20	B25	B30	B37	B45	B50
NORMA NP ENPV 206	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/45

BETÃO DE REGULARIZAÇÃO COM 0.05m DE ESPESSURA SOB TODOS OS ELEMENTOS DE FUNDAÇÃO

LEGENDA:

1) - EM TERRENOS AGRÍCOLAS: REPOSIÇÃO DA CAMADA DE TERRA VEGETAL
EM ZONAS PAVIMENTADAS: REPOSIÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ENCHIMENTO E DE COMPACTAÇÃO DO
2) - MATERIAL DA PRÓPRIA VALA CIRANDADO OU MATERIAL DE MANCHA DE EMPRÉSTIMO, COMPACTADO DE MODO A SER ATINGIDA UMA COMPACTAÇÃO IDÊNTICA À DOS TERRENOS ADJACENTES.
3) - MATERIAL DA PRÓPRIA VALA CIRANDADO OU MATERIAL DE MANCHA DE EMPRÉSTIMO, SEM PEDRAS, TORRÕES COMPACTOS OU MATÉRIA ORGÂNICA, COMPACTADO
4) - AREIA GROSSA, SAIBRO OU MATERIAL NÃO ARGILOSO, COMPACTADA.
5) - MATERIAL GRANULAR, COM GRANULOMETRIA COMPREENDIDA ENTRE 5mm E 30mm, COMPACTADO.
6) - TELA DE GEOTÊXTIL
7) - BANDA EM PVC, PARA SINALIZAÇÃO DA TUBAGEM
8) - BETÃO ARMADO NO ENVOLVIMENTO DA TUBAGEM
9) - BETÃO DE REGULARIZAÇÃO

ALTERAÇÕES			
0	EMISSÃO INICIAL	27/09/2024	AL/NP/PR	SN
		DATA	DES.	VERIF.

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

Metropolitano de Lisboa

SERVIÇOS AFETADOS
OE6 : TÚNEL NA ZONA DO ALVITO

PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO
REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Data:
Aprov.
Verif.
Proj.
Des.

Escalas:
Des. nº 133760 F. ___/___
Alter.
Substitui
Substituído
Nº SAP — Versão
Folha

TROÇO 85 — TROÇO 84 — TROÇO 83 — TROÇO 82 — TROÇO 81

Aprov.	RP	27/09/2024
Verif.	SN	27/09/2024
Proj.	PG	27/09/2024
Des.	AL/NP/PR	27/09/2024

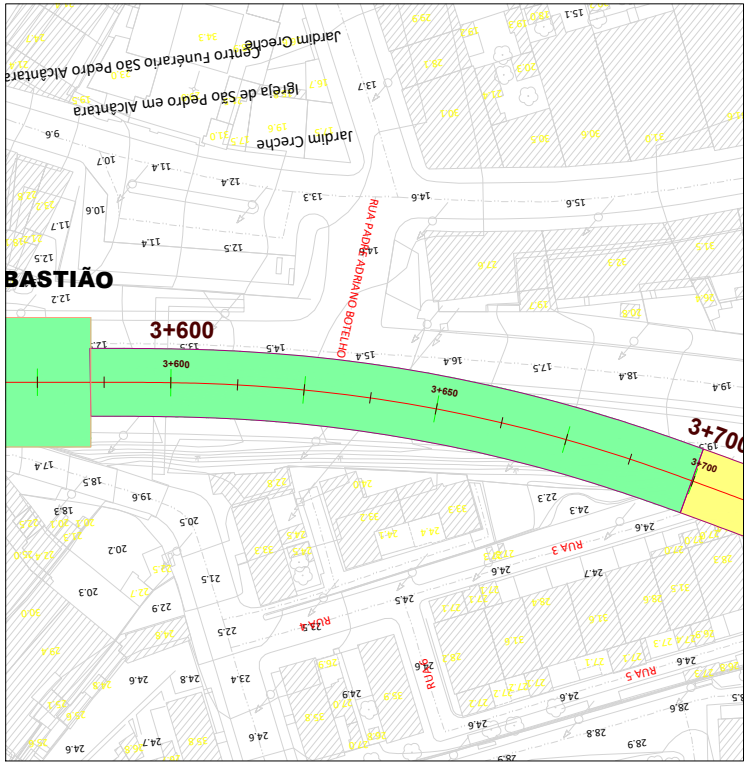
Desenho nº LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058003 0

Identificação Empresa Projetista:
COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO

Escalas: 1/500 1/20
Folha: 01/01

Alter. 0

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.



LEGENDA

- Túnel
- Estação e Galerias
- Método NATM
- Céu Aberto
- Viaduto
- Zona de intervenção de Serviços afetados
- SLAT - Cabos
- SLAT - Caixas
- SLAT - Comando
- SLAT - Espiras
- SLAT - Semáforos
- SLAT - Rede de tubagem/Cabos novas ou reposicionadas (SA)
- SLAT -Caixas novas ou reutilizadas (SA)
- SLAT - Comando novos ou reutilizados (SA)
- SLAT - Espiras novas ou reutilizadas (SA)
- SLAT - Semáforos novos ou reutilizados (SA)
- SLAT - Rede de tubagem/Cabos desmanteladas ou reposicionadas (SA)
- SLAT -Caixas a desmantelar (SA)
- SLAT - Comando a desmantelar (SA)
- SLAT - Espiras a desmantelar (SA)
- SLAT - Semáforos a desmantelar (SA)
- SLAT - percurso de apoios provisórios da rede de tubagem/Cabos durante a empreitada (SA)

NOTAS

1-NOTAS GERAIS:

- O presente desenho apresenta propostas para a reposição de serviços afetados do Sistema Luminoso Automático do Trânsito (SLAT).
As propostas foram desenvolvidas de acordo com a fase de desenvolvimento do projeto e a informação de cadastros, da especialidade, apresentados pela CM Lisboa (CML). A solução final deve ser efetuada com base no projeto de execução.

- Todos os trabalhos, de serviços afetados, deverão iniciar-se com a piquetagem, reconhecimento e identificação das infraestruturas a intervir ou outras existentes no local de intervenção que posam colidir com as infraestruturas a afetar.

- Após levantamento de campo e reconhecimento real das infraestruturas existentes, devem as soluções proposta serem adaptadas as condições reais.

- As soluções definitivas devem, obrigatoriamente ter o aval da CML.

- Durante o período da empreitada todas as soluções provisórias terão que dar continuidade de serviços, obrigatoriamente.

- As reposições da rede tem que ter pelo menos a mesma capacidade da rede atualmente existente.

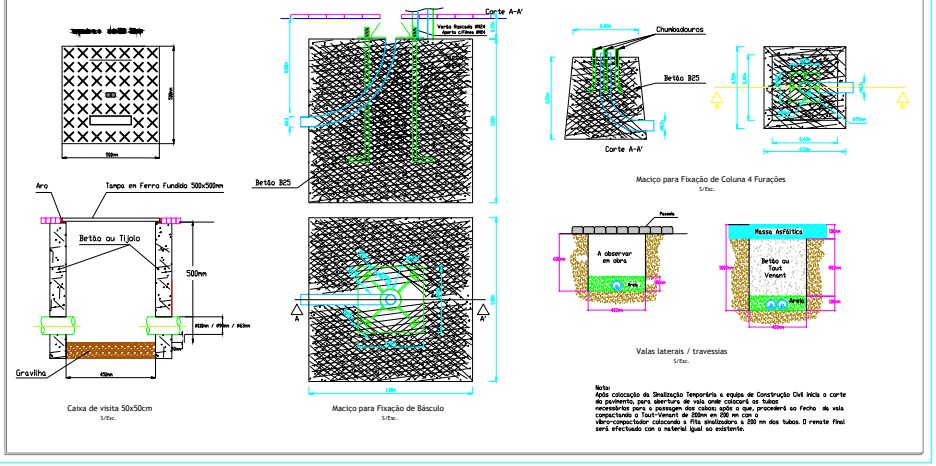
- O reposicionamento da rede de tubagem/Cabos será limitada pelo comprimento dos cabos e pelas condições de reposição existentes, por exemplo obstáculos intransponíveis. Na impossibilidade da reposição devem ser utilizados troços novos de Tubos/Cabos.

- As representações, referidas na legenda como serviços afetados, assinalam cabos/tubos e caixas, que serão de alguma forma alvos de SA, quer seja por novo fornecimento, aproveitamento ou simplesmente protegidas mecanicamente durante o período de obras e consequente reposição.

- A representação do "percurso de apoios" refere-se a estruturas suplementares que serão utilizadas, durante a empreitada, que servirão de suporte e proteção mecânica da rede de Tubagem/Cabos expostas na escavação e que durante o referido período terão que dar continuidade de serviços.

PORMENORES

S/Escala



Nota:
Após colocação da Sinalização Temporária a equipa de Construção Civil inicia o corte do pavimento, para abertura de vala onde colocará os tubos necessários para a passagem dos cabos; após o que, procederá ao fecho da vala compactando o Tout-Venant de 200mm em 200 mm com o vibro-compactador colocando a fita sinalizadora a 200 mm dos tubos. O remate final será efectuado com o material igual ao existente.

ALTERAÇÕES				
0	EMISSÃO INICIAL	2024-09-27	ALN/PR	PG
		DATA	DES.	VERIF.

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

Metropolitano de Lisboa

SERVIÇOS AFETADOS
OE6 : TÚNEL NA ZONA DO ALVITO

PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO
SLAT

Escalas: Des. nº 133761 F 1/
Alter.
Substitui
Substituído
Nº SAP —
Versão
Folha

Aprov.	RP	2024-09-27
Verif.	SN	2024-09-27
Proj.	PG	2024-09-27
Des.	ALN/PR	2024-09-27

RP / PROCEDE — LOPES DIAS / SN / PROCEDE — C. CARDIAS / PG / PROCEDE — MP. ALVITO / PROCEDE — MOTA-ENGIL / PG / PROCEDE

MOTA-ENGIL ENGENHARIA
spe-ferrovias
CODA JET JLCM

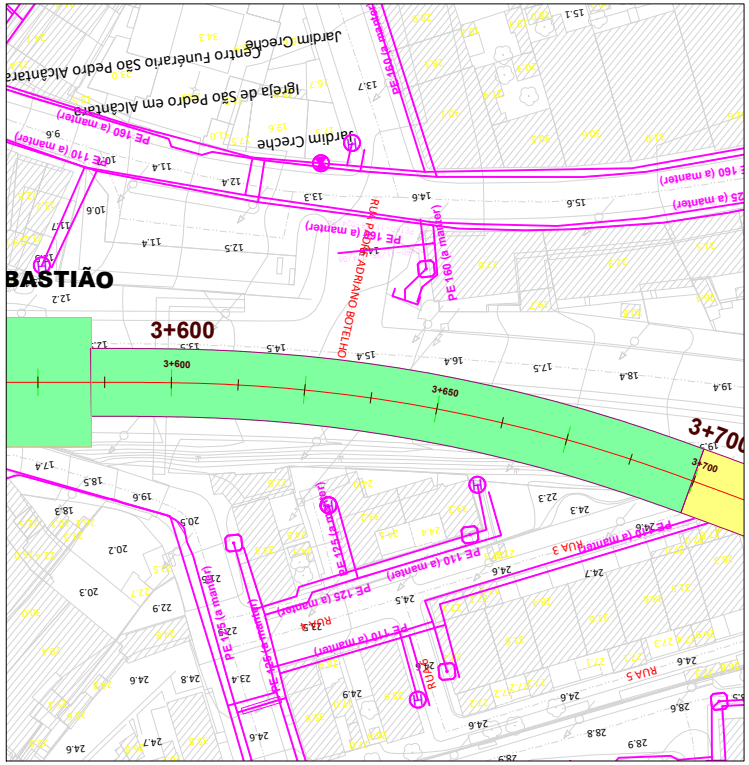
Identificação Empresa/Projetista: CODA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO

Escalas: 1/500 Folha: 1/ 1

Desenho nº LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058004 0

Alter. 2024-09-27

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.



LEGENDA

- Túnel
- Estação e Galerias
- Método NATM
- Céu Aberto
- Viaduto
- Zona de intervenção de Serviços afetados

REDE DE ABASTECIMENTO DE GÁS

- Rede a Desativar/Remover
- Rede existente a manter
- Rede Nova (reposição)

NOTAS

1- NOTAS GERAIS:

- Os cadastros apresentados neste desenho foram fornecidos pelas empresas das infraestruturas concessionárias a título informativo, devendo o empreiteiro efetuar os levantamentos, pesquisas e sondagens necessárias de modo a obter a localização exata das infraestruturas existentes.

- Todos os trabalhos de serviços afetados, deverão iniciar-se com a piquetagem, reconhecimento e identificação das infraestruturas a intervir ou outras existentes no local de intervenção que possam colidir com as infraestruturas a afetar.

- Após levantamento de campo e reconhecimento real das infraestruturas existentes, devem as soluções propostas serem adaptadas às condições reais.

- As soluções propostas devem ser analisadas e aprovadas pelas respetivas concessionárias.

- Durante o período da empreitada todas as soluções provisórias terão que dar obrigatoriamente, continuidade aos serviços em utilização.

- As Redes Repostas terão que ter pelo menos a mesma capacidade da rede atualmente existente.

- As infraestruturas existentes que se localizam junto às zonas de implantação dos Túneis e das Estações do Metro e que não se prevêem intervenção nas mesmas, deverão ser monitorizadas de modo a verificar que não existe deslocamentos das mesmas. Em caso de deslocamento de terrenos deverão ser tomadas todas as medidas de proteção necessárias das infraestruturas a aferir com cada concessionária de modo a se manter a integridade das mesmas.

NOTAS cont.

2- INTERVENÇÕES PROPOSTAS:
ZONA A:

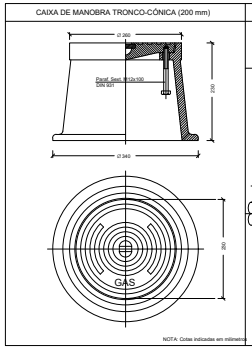
- Prevê-se a substituição de um troço da tubagem existente devido à construção da Estação de Alcântara e dos novos Acessos Rodoviários à Ponte 25 de Abril do Lado Norte.

- Prevê-se a sua substituição por uma tubagem de Ø 200mm. Aquando da construção dos acessos e da estação deverão ser tomadas todas as medidas de monitorização e proteção das novas Tubagens, nomeadamente execução de apoios (estruturas suplementares), que durante a empreitada, servirão de suporte e proteção mecânica da rede exposta na escavação e que durante o referido período terão que dar continuidade de serviços.

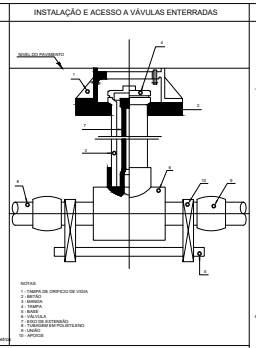
- Deverão ser monitorizadas as tubagens existentes de Gás que serão a manter, de modo a verificar que não existe deslocamentos das mesmas. Em caso de deslocamento de terrenos deverão ser tomadas todas as medidas de proteção necessárias das infraestruturas a aferir com cada concessionária de modo a se manter a integridade das mesmas.

PORMENORES

CAIXA DE MANOBRA TRONCO-CÓNICA (200 mm)

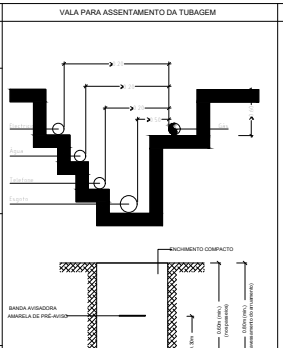


INSTALAÇÃO E ACESSO A VÁVULAS ENTERRADAS



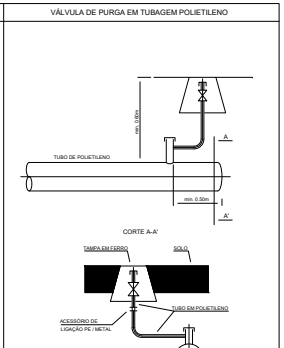
NOTA: Cotas indicadas em milímetros

VALA PARA ASSENTAMENTO DA TUBAGEM

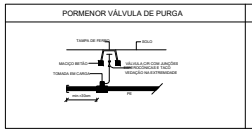


PE Ø exterior	TOMADA 32M CARGA	VÁLVULA DN
125	125/32	25
110	110/32	25
63	63/32	25
40	40/20	15

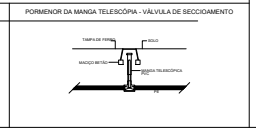
VÁLVULA DE PURGA EM TUBAGEM POLIETILENO



PORMENOR VÁLVULA DE PURGA



PORMENOR DA MANGA TELESCÓPIA - VÁLVULA DE SECCIOAMENTO



ALTERAÇÕES				
0	EMISSÃO INICIAL	2024-09-27	ALIN/PR	PG
		DATA	DES.	VERIF.

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

Metropolitano de Lisboa

SERVIÇOS AFETADOS
OE6 : TÚNEL NA ZONA DO ALVITO

PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO
REDE DE GÁS

Escalas: Des. nº 133762 F. /
Alter.
Substitui
Substituído
Nº SAP —
Versão
Folha

Data:
Aprov.
Verif.
Proj.
Des.

MOTA-ENGIL ENGENHARIA
spe.salgueiros
CODA JET SJ JLCM

Aprov.	RP	2024-09-27
Verif.	SN	2024-09-27
Proj.	PG	2024-09-27
Des.	ALIN/PR	2024-09-27

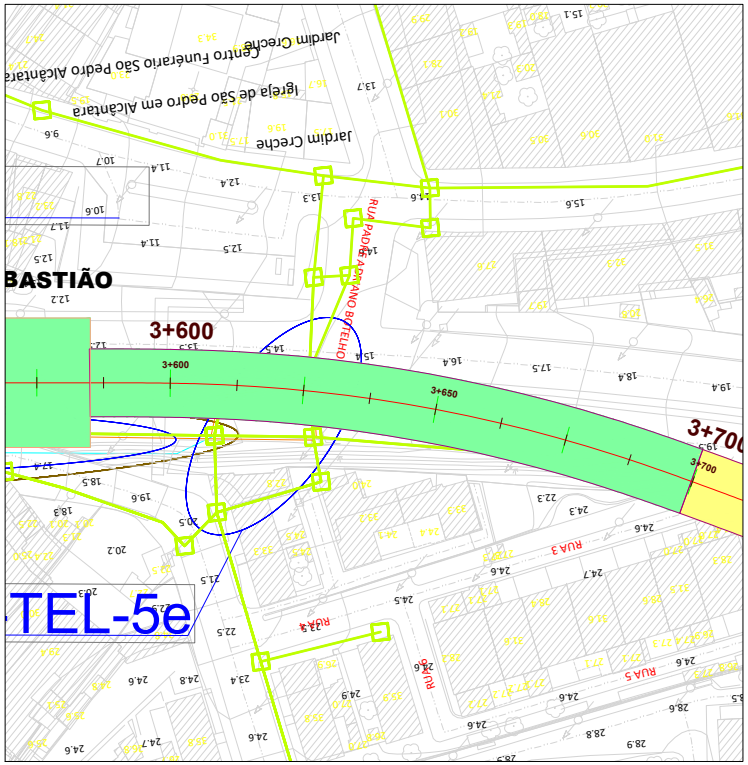
Desenho nº LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058005 0

Identificação Empresa Projetista:
CODA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO

Escalas: 1/500 Folha: 1/ 1

Alter. 2024-09-27

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.



LEGENDA

- Túnel
- Estação e Galerias
- Método NATM
- Céu Aberto
- Viaduto
- Zona de intervenção de Serviços Afetados
- AR Telecom - Cabos / Condutas
- AR Telecom - Armários
- COLT - Cabos
- COLT - Caixas
- STM (Serviços Transmissão Militares) - - Cabos
- STM (Serviços Transmissão Militares) - - Caixas
- IP - Condutas
- IP - Estruturas
- MEO - Cabos
- MEO - Caixas
- ONI - Cabos de Fibra
- ONI - Caixas para Fibra
- ONI - Telecomunicações
- ONI - Caixas para Telecomunicações
- TEL - Rede de tubagem/Cabos novas ou reposicionadas (SA)
- TEL -Caixas novas ou reutilizadas (SA)
- TEL - Rede de tubagem/Cabos desmanteladas ou reposicionadas (SA)
- TEL -Caixas a desmantelar
- TEL - percurso de apoios provisórios da rede de tubagem/Cabos durante a empreitada (SA)

NOTAS

1-Notas gerais:

- O presente desenho apresenta propostas para a reposição de serviços afetados.
As propostas foram desenvolvidas de acordo com a fase de desenvolvimento do projeto e a informação de cadastros, da especialidade, apresentados pelas Operadoras.

- Todos os trabalhos, de serviços afetados, deverão iniciar-se com a piquetagem, reconhecimento e identificação das infraestruturas a intervir ou outras existentes no local de intervenção que posam colidir com as infraestruturas a afetar.

- Após levantamento de campo e reconhecimento real das infraestruturas existentes, devem as soluções proposta serem adaptadas as condições reais.

- As soluções definitivas devem, obrigatoriamente ter o aval da operadora, referente, ou serem desenvolvidas pelas Operadoras.

- Durante o período da empreitada todas as soluções provisórias terão que dar continuidade de serviços, obrigatoriamente.

- As reposições da rede tem que ter pelo menos a mesma capacidade das redes atualmente existentes.

- O reposicionamento da rede de tubagem/Cabos será limitada pelo comprimento dos cabos e pelas condições de reposição existentes, por exemplo obstáculos intransponíveis. Na impossibilidade da reposição devem ser utilizados troços novos de Tubos/Cabos.

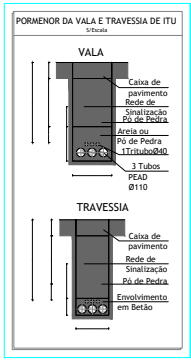
- As representações, referidas na legenda como serviços afetados, assinalam cabos/tubos e caixas, que serão de alguma forma alvos de SA, quer seja por novo fornecimento, aproveitamento ou simplesmente protegidas mecanicamente durante o período de obras e consequente reposição.

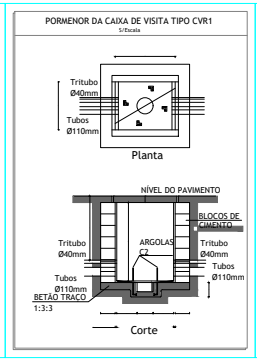
- A representação do "percurso de apoios" refere-se a estruturas suplementares que serão utilizadas, durante a empreitada, que servirão de suporte e proteção mecânica da rede de Tubagem/Cabos expostas na escavação e que durante o referido período terão que dar continuidade de serviços.

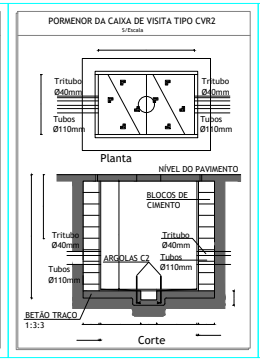
NOTAS cont.

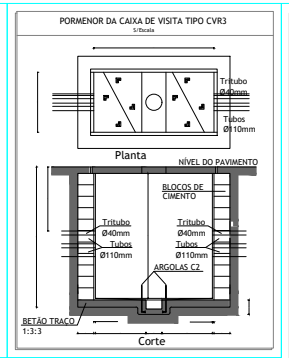
2- INTERVENÇÕES PROPOSTAS:

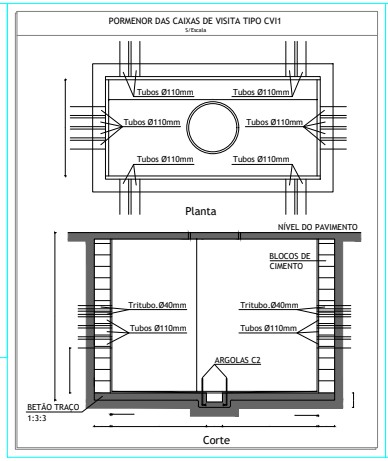
e) - ZSA-TEL-5:
As zonas localizam-se na área de construção da estação de Alcântara no Acesso à Ponte 25 de Abril e o encontro com a Av. de Ceuta.
Trata-se de uma estação sobre viaduto, cujos pilares suporte obrigam a recondicionamentos da via que implicam que a rede ITUR seja alvo de serviços afetados (SA), especialmente nas zonas de implantação dos maciços dos pilares de sustentação do viaduto.
Os trabalhos, de SA, genericamente, passam por:
ZSA-TEL-5a e ZSA-TEL-5c
A) - Aplicação de proteções mecânicas, chapas metálicas, para proteção das redes ITUR
B) - Apos finalização da construção do viaduto procede-se à remoção das proteções.
ZSA-TEL-5b
A) - Instalação de caixa com nova localização. Interligação com a caixa do outro lado do maciço e remoção do troço tubos/cabos atualmente existente.
B) - Apos finalização da empreitada deve a rede ser reposta em localização idêntica ou similar, otimizada, ou reposicionada, tubos/cabos e caixas, na área.
C) Na área, ou na proximidade, existem duas antenas sem interferência direta na empreitada do viaduto/estação. No entanto a sua proteção deve ser acautelada nesse período.
A capacidade de transmissão destas devem ser testadas no final da empreitada no que toca a possíveis "sombras" provocadas palas novas construções. Caso estas existem então as antenas devem ser elevadas altura suficiente para a reposição das capacidades de transmissão.
ZSA-TEL-5d e ZSA-TEL-5e
A) - Aplicação de apoios provisórios aos troços e remoção/proteção das caixas coincidentes com a área de construção.
B) - Apos finalização da empreitada deve a rede ser reposta em localização idêntica ou similar, otimizada, ou reposicionada, tubos/cabos e caixas, na área.

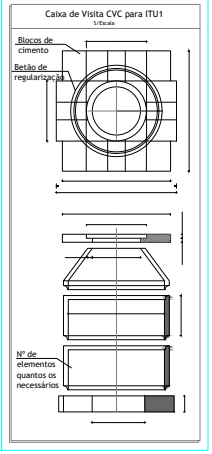












ALTERAÇÕES				
0	EMISSÃO INICIAL	2024-09-27	ALN/PPR	PG
		DATA	DES.	VERIF.

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

Metropolitano de Lisboa

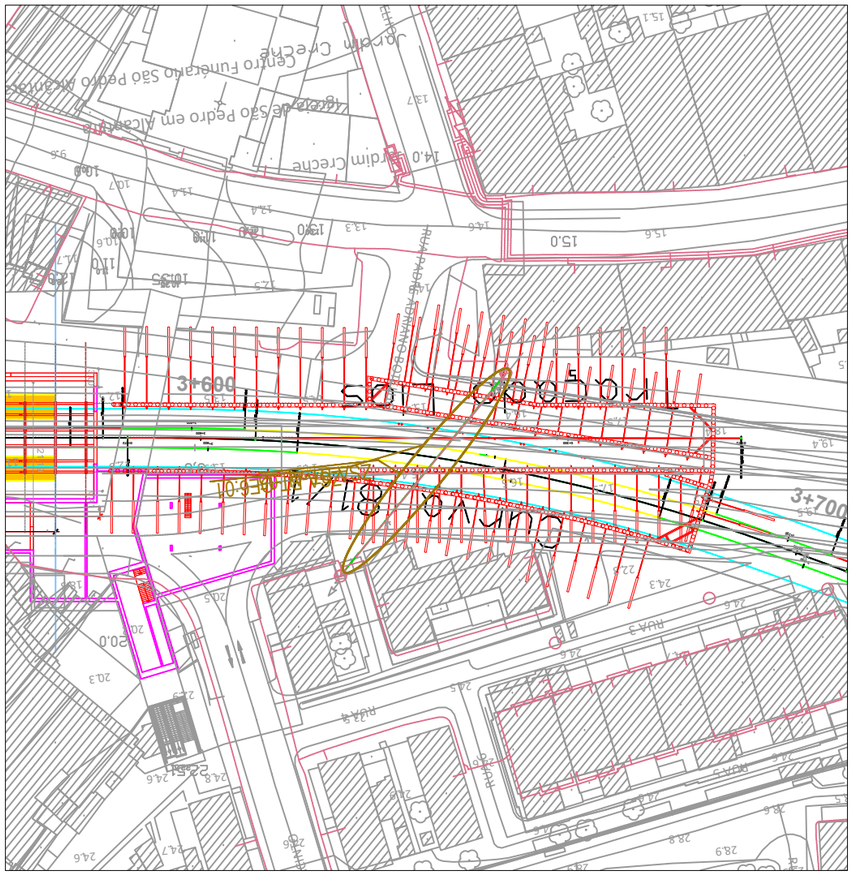
SERVIÇOS AFETADOS
OE6 : TÚNEL NA ZONA DO ALVITO

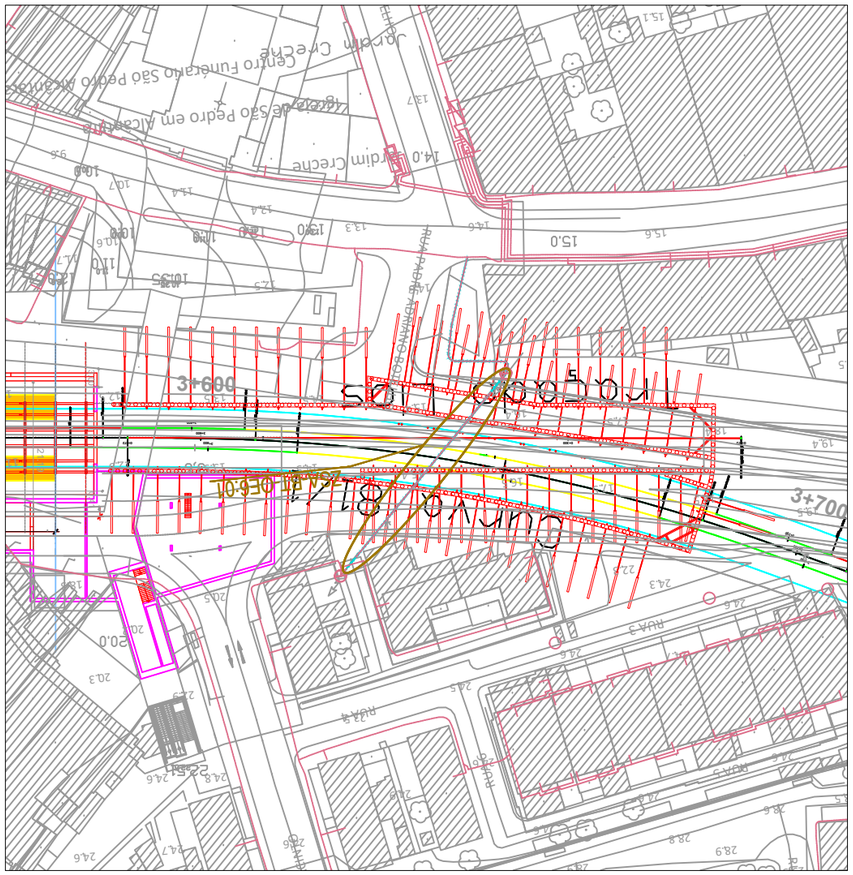
PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO
REDE DE TELECOMUNICAÇÕES

Escalas: Des. nº 133763 F 1/
Alter.
Substitui
Substituído
Nº SAP —
Versão
Folha

Data:
Aprov.
Verif.
Proj.
Des.

LOCALIZAÇÃO DA OBRA: RI | TROÇO RI | TRAÇO AV | TRAÇO AV | TRAÇO BT | TRAÇO BT | TRAÇO AV - ALVITO | TRAÇO AV | TRAÇO AV | TRAÇO AV


3+600
3+700
15,0
14,0
Jardim Crescente
Rua Pedro Nunes
Rua A
Rua A3
Rua A4
Rua A5
Rua A6
Rua A7
Rua A8
Rua A9
Rua A10
Rua A11
Rua A12
Rua A13
Rua A14
Rua A15
Rua A16
Rua A17
Rua A18
Rua A19
Rua A20
Rua A21
Rua A22
Rua



ZONAS DE SERVIÇOS AFETADOS (SA) BT NA ÁREA DE INTERVENÇÃO

SÍMBOLO	DESIGNAÇÃO
	Troço BT (cadastro e-redes)
	Travessias Cabo Entubado (cadastro e-redes)
	Posto Transformação e Seccionamento (cadastro e-redes)
	Zona de Serviços Afetados (SA)
ZSA-BT-XX:W	Zona de serviço afetado de Baixa Tensão no na Área "XX" com o numero de ordem "W".
	Metro - Túnel
	Metro - Estação
	Metro - Céu Aberto
	Metro - Viaduto
	Troço BT existente a intervencionar (SA)
	Troço BT Relocalizado (traçado proposto)
	Troço BT a Desmantelar
	Localizações das traves apoiadas nas estruturas de entivação da vala, para apoio provisório das infraestuturas existentes a manter, durante a empreitada.
	Caixa união de cabos de BT, kit tripolar, para cabos até 185mm²
	Travessias ou proteções mecânicas

LEGENDA

- Túnel
- Estação e Galerias
- Método NATM
- Céu Aberto
- Viaduto
- SANEAMENTO - Caneiro
- SANEAMENTO - Domésticos
- SANEAMENTO - Pluviais
- SANEAMENTO - Unitários
- EPAL - Aqueduto Águas Livres
- EPAL - Condutas
- EPAL - Caixa Orgãos
- EPAL - Recinto
- GALP GÁS - Tubagem
- GALP GÁS - Haste
- GALP GÁS - Sifão
- GALP GÁS - Válvula
- LISBOA GÁS - Tubagem
- LISBOA GÁS - Tubagem
- AR Telecom - Cabos / Condutas
- AR Telecom - Armários
- COLT - Cabos
- COLT - Caixas
- STM (Serviços Transmissão Militares) - Cabos
- STM (Serviços Transmissão Militares) - Caixas
- IP - Condutas
- IP - Estruturas
- MEO - Cabos
- MEO - Caixas
- ONI - Cabos de Fibra
- ONI - Caixas para Fibra
- ONI - Telecomunicações
- ONI - Caixas para Telecomunicações
- SLAT - Cabos
- SLAT - Caixas
- SLAT - Comando
- SLAT - Espiras
- SLAT - Semáforos

NOTAS

1- NOTAS GERAIS:

- Os cadastros apresentados neste desenho foram fornecidos pelas empresas das infraestruturas concessionárias a título informativo, devendo o empreiteiro efetuar os levantamentos, pesquisas e sondagens necessárias de modo a obter a localização exata das infraestruturas existentes.

- Todos os trabalhos de serviços afetados, deverão iniciar-se com a piquetagem, reconhecimento e identificação das infraestruturas a intervir ou outras existentes no local de intervenção que possam colidir com as infraestruturas a afetar.

- Após levantamento de campo e reconhecimento real das infraestruturas existentes, devem as soluções propostas serem adaptadas às condições reais.

- As soluções propostas devem ser analisadas e aprovadas pelas respetivas concessionárias.

- Durante o período da empreitada todas as soluções provisórias terão que dar obrigatoriamente, continuidade aos serviços em utilização.

- As Redes Repostas terão que ter pelo menos a mesma capacidade da rede atualmente existente.

- As infraestruturas existentes que se localizam junto à zonas de implantação dos Tunéis e das Estações e que não se prevêm intervenção nas mesmas, deverão ser monitorizadas de modo a verificar que não existe deslocamentos das mesmas. Em caso de deslocamento de terrenos deverão ser tomadas todas as medidas de proteção necessárias das infraestruturas a aferir com cada concessionária de modo a se manter a integridade das mesmas.

NOTAS
Túnel Zona do Alvito

2- INTERVENÇÕES PROPOSTAS:

- ZSA-BT-OE6:01

Trata-se de uma linha aérea que faz a travessia das vias.

O serviço afetado passa pela monitorização e estabelecimento de proteção mecânica adicional, provisória, ao circuito em travessia da via que será depois reinstalado em condições análogas às atuais.

ALTERAÇÕES

0	EMISSÃO INICIAL	2024-09-27	AL/NP/PR	PG
		DATA	DES.	VERIF.

Data:

Aprov. | Verif. | Proj. | Des.

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

Metropolitano de Lisboa

SERVIÇOS AFETADOS
OE6 : TÚNEL NA ZONA DO ALVITO

REDES EXISTENTES - INTERFERÊNCIAS
BAIXA TENSÃO - DEFINITIVO

Escalas:

Des. nº 135018 F. /

Alter.
Substitui
Substituído
Nº SAP —
Versão
Folha

TROÇO B5 | PT-711 | TROÇO B4 | PT-C.ALMEIDA | TROÇO B3 | PT-Nº SANTO | TROÇO B2 | PT-ALCÂNTARA | TROÇO B1

MOTA-ENGIL ENGENHARIA
coba Portugal | JET SJ | JLCM

Aprov.	RP	2024-09-27
Verif.	SN	2024-09-27
Proj.	PG	2024-09-27
Des.	AL/NP/PR	2024-09-27

Desenho nº LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058008 0

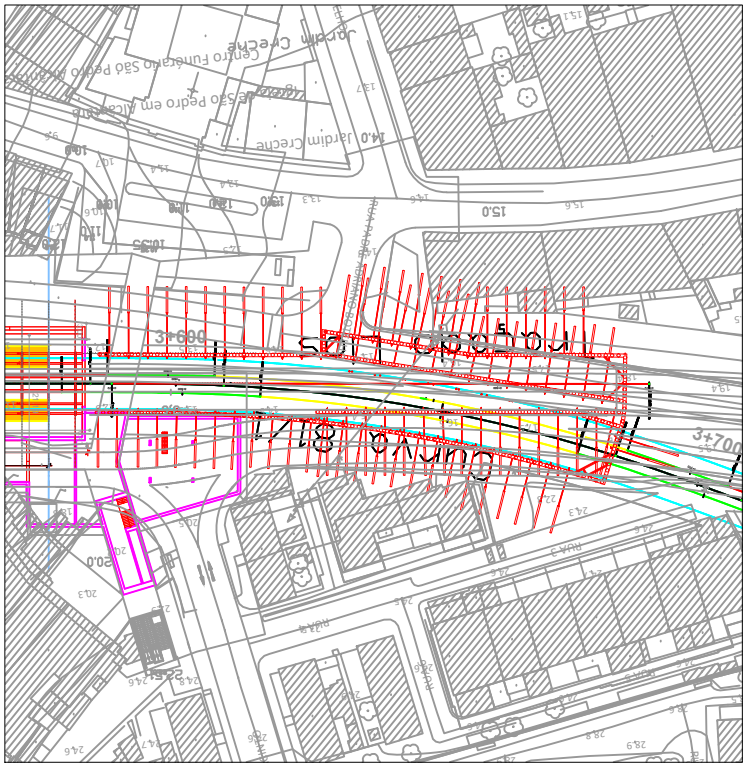
Identificação Empresa Projetista:
COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO

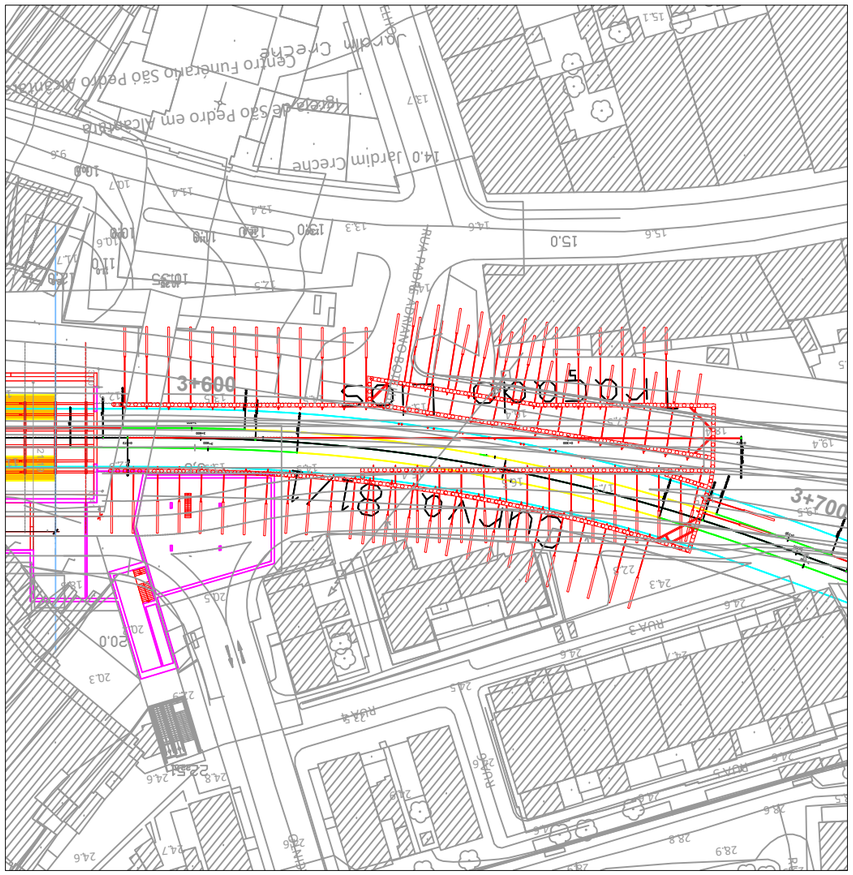
Escalas: 1/500

Folha: 1/ 1

Alter. 2024-09-27

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.


SAF 1 - CONDUTA 5 (A)
SAF 2 - CONDUTA 5 (B)
3+600
3+700
Jardim Crente
Centro Funerário São Pedro em Alcântara
Rua Professor Mário Chaves
Rua Alvito
Rua Alvito 3
Rua 3
Rua 2
Rua 1
14,0
15,0
20,0
22,0
24,0
26,0
28,0
30,0
32,0
34,0
36,0
38,0
40,0
42,0
44,0
46,0
48,0
50,0
52,0
54,0
56,0
58,0
60,0
62,0
64,0
66,0
68,0
70,0
72,0
74,0
76,0
78,0
80,0
82,0
84,0
86,0
88,0
90,0
92,0
94,0
96,0
98,0



ZONAS DE SERVIÇOS AFETADOS DEFINITIVO (SAF) MT NA ÁREA DE INTERVENÇÃO

SÍMBOLO	DESIGNAÇÃO
	Troço MT (cadastro e-redes)
	Travessias Cabo Entubado (cadastro e-redes)
	Posto Transformação e Seccionamento (cadastro e-redes)
	Posto de Transformação de Distribuição (PTD) (edifícios tipo).
	Zona de Serviços Afetados (SA)
ZSA-MT-SX	Zona de serviço afetado de média tensão no sublanço "X".
	Troço MT existente a intervencionar a reposicionadas (SA)
	Troço MT traçado definitivo (SA)
	Troço MT Relocalizado (traçado proposto)
	Troço MT a Desmantelar
	Troço MT, percurso de apoios provisórios da rede de tubagem/Cabos durante a empreitada (SA)
	Caixa união de cabos de MT, kit tripolar, para cabos até 240mm²
	Caixa de visita de MT
	Protecção provisória das infraestuturas existentes a manter, relativamente à proximidade da obra
	Travessias ou proteções mecânicas

LEGENDA

- Túnel
- Estação e Galerias
- Método NATM
- Céu Aberto
- Viaduto
- SANEAMENTO - Caneiro
- SANEAMENTO - Domésticos
- SANEAMENTO - Pluviais
- SANEAMENTO - Unitários
- EPAL - Aqueduto Águas Livres
- EPAL - Condutas
- EPAL - Caixa Orgãos
- EPAL - Recinto
- GALP GÁS - Tubagem
- GALP GÁS - Haste
- GALP GÁS - Sifão
- GALP GÁS - Válvula
- LISBOA GÁS - Tubagem
- LISBOA GÁS - Tubagem
- AR Telecom - Cabos / Condutas
- AR Telecom - Armários
- COLT - Cabos
- COLT - Caixas
- STM (Serviços Transmissão Militares) - Cabos
- STM (Serviços Transmissão Militares) - Caixas
- IP - Condutas
- IP - Estruturas
- MEO - Cabos
- MEO - Caixas
- ONI - Cabos de Fibra
- ONI - Caixas para Fibra
- ONI - Telecomunicações
- ONI - Caixas para Telecomunicações
- SLAT - Cabos
- SLAT - Caixas
- SLAT - Comando
- SLAT - Espiras
- SLAT - Semáforos

NOTAS

1- NOTAS GERAIS:

- Os cadastros apresentados neste desenho foram fornecidos pelas empresas das infraestruturas concessionárias a título informativo, devendo o empreiteiro efetuar os levantamentos, pesquisas e sondagens necessárias de modo a obter a localização exata das infraestruturas existentes.

- Todos os trabalhos de serviços afetados, deverão iniciar-se com a piquetagem, reconhecimento e identificação das infraestruturas a intervir ou outras existentes no local de intervenção que possam colidir com as infraestruturas a afetar.

- Após levantamento de campo e reconhecimento real das infraestruturas existentes, devem as soluções propostas serem adaptadas às condições reais.

- As soluções propostas devem ser analisadas e aprovadas pelas respetivas concessionárias.

- Durante o período da empreitada todas as soluções provisórias terão que dar obrigatoriamente, continuidade aos serviços em utilização.

- As Redes Repostas terão que ter pelo menos a mesma capacidade da rede atualmente existente.

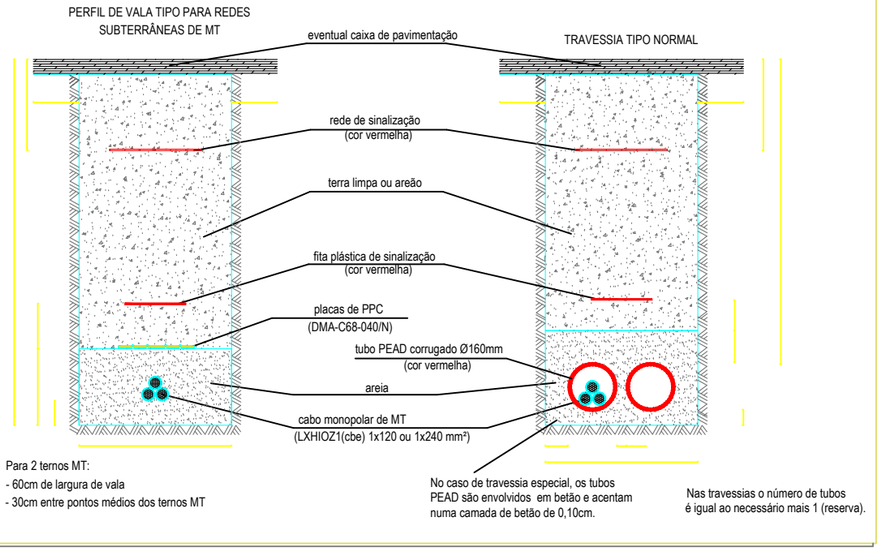
- As infraestruturas existentes que se localizam junto à zonas de implantação dos Tunéis e das Estações e que não se prevêm intervenção nas mesmas, deverão ser monitorizadas de modo a verificar que não existe deslocamentos das mesmas. Em caso de deslocamento de terrenos deverão ser tomadas todas as medidas de proteção necessárias das infraestruturas a aferir com cada concessionária de modo a se manter a integridade das mesmas.

NOTAS
Túnel Zona do Alvito

2- INTERVENÇÕES PROPOSTAS:

Não se prevê nenhuma interferência na rede de MT

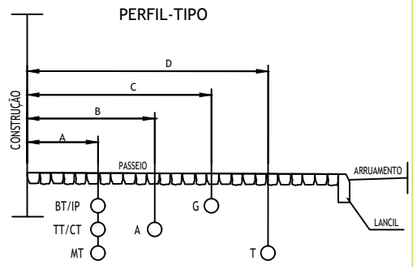
PORMENORES DA VALA E DA TRAVESSIA DE MT
Esc.:1/10



POSICIONAMENTO DAS INFRAESTRUTURAS SUBTERRÂNEAS

DISTÂNCIA E PROFUNDIDADE DAS CANALIZAÇÕES SEGUNDO AS LARGURAS DOS PASSEIOS

LARGURA DOS PASSEIOS (metros)	DISTÂNCIAS (metros)			
	A	B	C	D
0,60	0,40	-	-	-
0,70	0,40	-	-	-
0,80	0,40	-	-	-
0,90	0,40	-	-	-
1,00	0,40	0,80	-	-
1,10	0,40	0,80	-	-
1,20	0,40	0,80	-	-
1,30	0,40	0,80	1,10	-
1,40	0,40	0,80	1,10	-
1,50	0,40	0,80	1,10	-
1,60	0,40	0,80	1,10	1,40
1,70	0,40	0,80	1,10	1,40
1,80	0,40	0,80	1,10	1,40
1,90	0,50	0,90	1,30	1,60
2,00	0,50	0,90	1,30	1,60
2,10	0,50	0,90	1,30	1,60
2,20	0,50	0,90	1,40	1,80
2,30	0,50	0,90	1,40	1,80
≥ 2,40	0,50	0,90	1,40	1,80



		PROFUNDIDADE
BT/IP	BAIXA TENSÃO / ILUMINAÇÃO PUBLICA	0,70
TT/CT	TRITUBO / CABO TELEFÓNICO (EDP)	0,90
MT	MÉDIA TENSÃO 10kV	1,10
A	ÁGUA	0,90
G	GÁS	0,60
T	TELEFONES (PT)	1,10

ALTERAÇÕES				
0	EMISSÃO INICIAL	2024-09-27	AL/NP/PR	PG
		DATA	DES.	VERIF.

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

Metropolitano de Lisboa

SERVIÇOS AFETADOS
OE6 : TÚNEL NA ZONA DO ALVITO

REDES EXISTENTES - INTERFERÊNCIAS
MÉDIA TENSÃO - DEFINITIVO

Data:
Aprov.
Verif.
Proj.
Des.

Escalas:
Des. nº 135020 F. /
Alter.
Substitui
Substituído
Nº SAP —
Versão
Folha

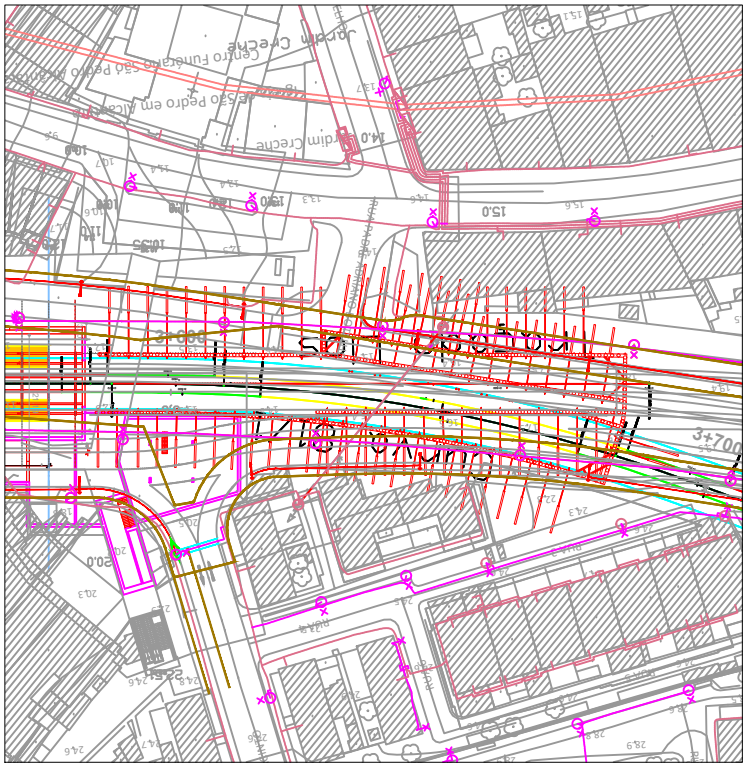
Aprov.	RP	2024-09-27
Verif.	SN	2024-09-27
Proj.	PG	2024-09-27
Des.	AL/NP/PR	2024-09-27

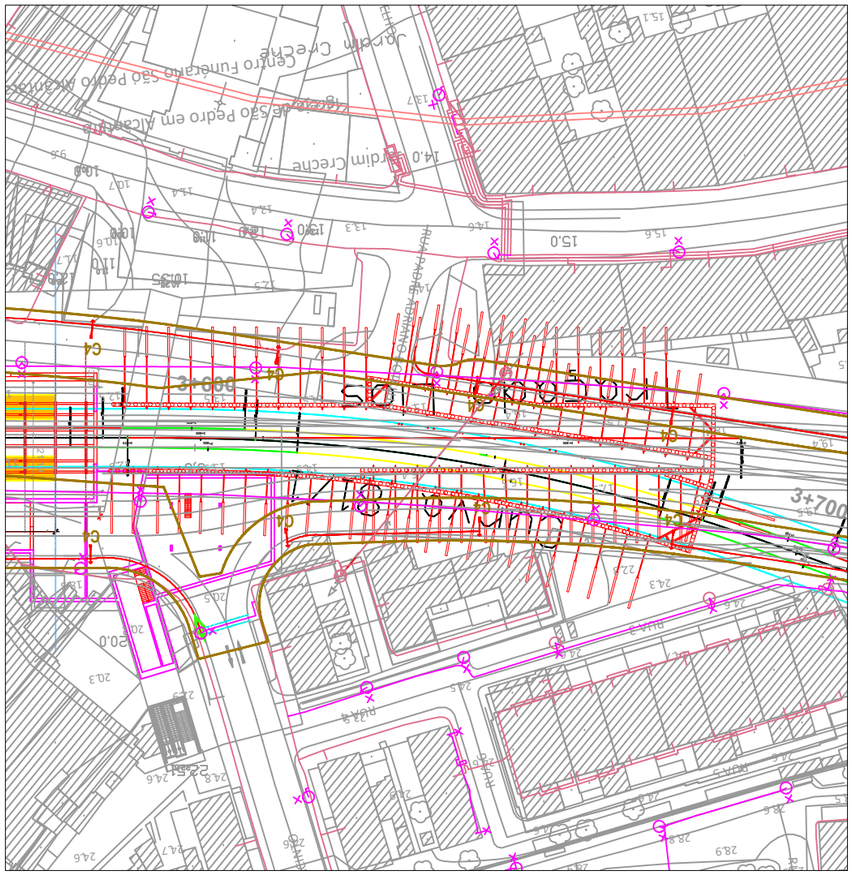
Desenho nº LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058010 0

Identificação Empresa Projetista:
COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO

Escalas: 1/500
Folha: 1/ 1
Alter. 2024-09-27

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.


Jardim Crescente
Centro Funerário São Pedro em Alcântara
Rua São Pedro em Alcântara
Rua Alcântara
Rua Alcântara
Rua



ZONAS DE SERVIÇOS AFETADOS (SAF) IP NA ÁREA DE INTERVENÇÃO	
SÍMBOLO	DESIGNAÇÃO
	Troço IP (cadastro e-redes)
	Travessias Cabo Entubado (cadastro e-redes)
	Posto Transformação e Seccionamento (cadastro e-redes)
	Luminárias existentes (cadastro e-redes)
	Zona de Serviços Afetados (SA)
ZSA-BT-XX:W	Zona de serviço afetado de IP no na Área "XX" com o numero de ordem "W".
	Metro - Túnel
	Metro - Estação
	Metro - Céu Aberto
	Metro - Viaduto

LEGENDA

- Túnel
- Estação e Galerias
- Método NATM
- Céu Aberto
- Viaduto
- SANEAMENTO - Caneiro
- SANEAMENTO - Domésticos
- SANEAMENTO - Pluviais
- SANEAMENTO - Unitários
- EPAL - Aqueduto Águas Livres
- EPAL - Condutas
- EPAL - Caixa Orgãos
- EPAL - Recinto
- GALP GÁS - Tubagem
- GALP GÁS - Haste
- GALP GÁS - Sifão
- GALP GÁS - Válvula
- LISBOA GÁS - Tubagem
- LISBOA GÁS - Tubagem
- AR Telecom - Cabos / Condutas
- AR Telecom - Armários
- COLT - Cabos
- COLT - Caixas
- STM (Serviços Transmissão Militares) - Cabos
- STM (Serviços Transmissão Militares) - Caixas
- IP - Condutas
- IP - Estruturas
- MEO - Cabos
- MEO - Caixas
- ONI - Cabos de Fibra
- ONI - Caixas para Fibra
- ONI - Telecomunicações
- ONI - Caixas para Telecomunicações
- SLAT - Cabos
- SLAT - Caixas
- SLAT - Comando
- SLAT - Espiras
- SLAT - Semáforos

NOTAS

1- NOTAS GERAIS:

- Os cadastros apresentados neste desenho foram fornecidos pelas empresas das infraestruturas concessionárias a título informativo, devendo o empreiteiro efetuar os levantamentos, pesquisas e sondagens necessárias de modo a obter a localização exata das infraestruturas existentes.

- Todos os trabalhos de serviços afetados, deverão iniciar-se com a piquetagem, reconhecimento e identificação das infraestruturas a intervir ou outras existentes no local de intervenção que possam colidir com as infraestruturas a afetar.

- Após levantamento de campo e reconhecimento real das infraestruturas existentes, devem as soluções propostas serem adaptadas às condições reais.

- As soluções propostas devem ser analisadas e aprovadas pelas respetivas concessionárias.

- Durante o período da empreitada todas as soluções provisórias terão que dar obrigatoriamente, continuidade aos serviços em utilização.

- As Redes Repostas terão que ter pelo menos a mesma capacidade da rede atualmente existente.

- As infraestruturas existentes que se localizam junto à zonas de implantação dos Tunéis e das Estações e que não se prevêm intervenção nas mesmas, deverão ser monitorizadas de modo a verificar que não existe deslocamentos das mesmas. Em caso de deslocamento de terrenos deverão ser tomadas todas as medidas de proteção necessárias das infraestruturas a aferir com cada concessionária de modo a se manter a integridade das mesmas.

NOTAS
Túnel Zona do Alvito

2- INTERVENÇÕES PROPOSTAS:

Relativamente à rede de Iluminação Pública, esta sofrerá uma intervenção profunda visto que, aliada à significativa alteração das vias de circulação automóvel e construção das futuras infraestruturas da linha do metro, considera-se necessária a reestruturação completa da mesma na área que vem na continuidade da área da estação e do viaduto de Alcântara.

ALTERAÇÕES

0	EMISSÃO INICIAL	2024-09-27	AL/NP/PR	PG
		DATA	DES.	VERIF.

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

Metropolitano de Lisboa

Data:

Aprov. | Verif. | Proj. | Des.

SERVIÇOS AFETADOS
OE6 : TÚNEL NA ZONA DO ALVITO

REDES EXISTENTES - INTERFERÊNCIAS
ILUMINAÇÃO PÚBLICA - DEFINITIVO

Escalas:

Des. nº 135022 F. /

Alter.
Substitui
Substituído
Nº SAP —
Versão
Folha

SK1 — TROÇO 85 — PT-711 — R. CLARIDADE — TROÇO 84 — PT-715 — AV. SANTO — TROÇO 83 — PT-717 — R. ALCÂNTARA — TROÇO 81

MOTA-ENGIL ENGENHARIA
spw.ballogroup
coba Portugal
JET SJ
JLCM

Aprov.	RP	2024-09-27
Verif.	SN	2024-09-27
Proj.	PG	2024-09-27
Des.	AL/NP/PR	2024-09-27

Desenho nº LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058012 0

Identificação Empresa Projetista:
COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO

Escalas: 1/500

Folha: 1/ 1

Alter. 2024-09-27

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

Metropolitano de Lisboa

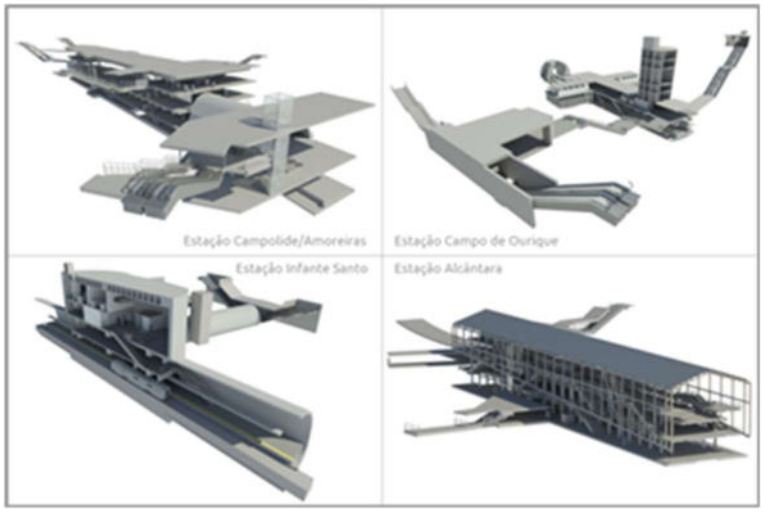
METRO DE LISBOA

LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO DO PROLONGAMENTO DA LINHA

TOMO III – OBRAS ESPECIAIS

PROJETO DE EXECUÇÃO



VOLUME 6 – OE6 – OBRA ESPECIAL 6 – TÚNEL ZONA DO ALVITO (ZONA POENTE ESTAÇÃO ALCÂNTARA)

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

Documento SAP:	LVSSA MSA PE AGI TUN OE6 MD 098001 0

	Nome	Assinatura	Data
Elaborado	Leila Anselmo		2024-10-08
Revisto	Claúdia Paredes		2024-10-08
Verificado	Sergio Notarianni		2024-10-08
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		2024-10-08
Aprovado	Raúl Pistone		2024-10-08

Índice

1 OBJETIVO E ÂMBITO 3

2 NORMAS DE PROJETO 3

3 COLUNA SECA 3

3.1 Dados de Entrada 3

3.2 Descrição Geral da Coluna Seca 4

3.3 Materiais 5

3.4 Bocas Siamesas 5

3.5 Bocas de Incêndios 6

3.6 Critérios de Dimensionamento 6

3.6.1 Dispositivos de consumo 7

3.6.2 Perdas de carga unitárias e localizadas 7

3.6.3 Velocidades de escoamento 7

3.6.4 Pressões de funcionamento necessárias 7

3.7 Dimensionamento da Coluna Seca dos Túneis 7

1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento é parte integrante do **Projecto de Execução da Coluna Seca** dos Túneis, da empreitada do Projeto do Plano de Expansão do Metropolitano de Lisboa: S.Sebastião – Alcântara – Prolongamento da Linha Vermelha do Metropolitano de Lisboa, E.P.E.

Este estudo define o traçado da rede e órgãos desta rede.

O Projecto de execução encontra-se compatibilizado e coordenado com todas as outras infraestruturas instaladas e a instalar.

O sistema de combate a incêndio da Coluna Seca acompanha todos os Túneis / Galerias e é instalado apenas de um dos lados da via. O mesmo acontece para as vias de resguardo.

2 NORMAS DE PROJETO

Serão seguidas as leis e regulamentos nacionais aplicáveis a este tipo obras - públicas -, de urbanização e em conformidade com a Portaria n.º 255/2023 de 7 de agosto que aprova o conteúdo obrigatório do projeto de execução, bem como os procedimentos e normas a adotar na elaboração e faseamento de projetos de obras públicas, designados «Instruções para a elaboração de projetos de obras», e a classificação de obras por categorias.

Nos estudos e projeto deverão também seguidas as disposições municipais aplicáveis, nomeadamente:

- Decreto Regulamentar nº 23/95 de 23 de agosto - Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais conjuntamente com a Declaração de Retificação nº153/95 de 30 de novembro;
- Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro (RJSCIE), com redação dada pela Lei n.º 123/2019 de 18 de outubro
- Portaria n.º 1532/2008, de 29 de dezembro com as alterações introduzidas pela Portaria n.º 135/2020 de 2 de junho (Alteração ao Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndio em Edifícios (SCIE);
- Regulamentação de SCIE, através do que tem estado a ser desenvolvido através da publicação, sob a forma de Despachos, das Notas Técnicas.

Serão ainda seguidos os critérios gerais de dimensionamento, requisitos de projeto, recomendações e as normativas do Metropolitano de Lisboa no que respeita aos Requisitos Técnicos para instalação de redes de incêndios.

3 COLUNA SECA

3.1 Dados de Entrada

Para a elaboração do projeto de rede de coluna seca, os dados de entrada são os seguintes

- O Anteprojeto do projeto de Segurança contra Incêndios;
- O Anteprojeto da Via-Férrea;
- As plantas cartográficas em ETRS89;
- Levantamento topográfico detalhado para área de implantação das várias estações e poços de ventilação.

O projecto de execução tomou como base de desenvolvimento os elementos definidos e presentes no Anteprojecto (AP), essenciais para o dimensionamento da coluna seca. Estes elementos consistiram essencialmente no traçado, gama de diâmetros e materiais já definidos

para esta infraestrutura hidráulica, nos dispositivos alvo de alimentação e no regime de funcionamento destes sistemas.

3.2 Descrição Geral da Coluna Seca

A rede seca compreende:

- Uma coluna (tubagem vertical);
- O acoplamento direto, ou através de ramal de ligação, entre a coluna e a sua boca de alimentação;
- A boca de alimentação (dupla) na fachada (boca siamesa);
- As bocas -de -incêndio duplas nos pisos.

Para cada estação e poços de ventilação foi preconizada uma coluna seca que irá abastecer de água as bocas de incêndio, ao nível do sub-cais das estações e túneis adjacentes.

A alimentação da coluna seca das galerias será feita através das colunas secas das novas estações e/ou poços de ventilação, que por sua vez terá origem nas bocas siamesas propostas e devidamente sinalizadas junto a estas, no exterior e à superfície de elemento. Assim, encontram-se previstas as seguintes alimentações à coluna seca, na superfície:

- Poço de Ventilação 217;
- Estação de Alcântara – Rua Quinta do Jacinto;
- Estação Infante Santo – Avenida Infante Santo;
- Poço de Ventilação 215 – Rua Professor Gomes Teixeira;
- Estação Campo de Ourique – Rua Almeida e Sousa;
- Poço de Ventilação 211 – Rua Gorgel do Amaral;
- Estação de Campolide – Avenida Concelheiro Fernando de Sousa;
- Poço de Ventilação Existente em S. Sebastião.

A menos de 30 m de cada boca siamesa encontra-se instalado um hidrante, existente ou a executar, em local exato a definir em fase de projeto de execução, por forma a dar cumprimento à Legislação de Segurança.

Do interior de cada estação/poço de ventilação, a coluna seca deriva para cada lado do sub-cais e daí segue uma tubagem que alimenta sensivelmente metade do túnel num sentido, e a outra, que alimenta a outra metade do túnel no outro sentido, conforme requisito do ML.

O comprimento máximo dos troços horizontais das redes secas não pode exceder os 500 m, medidos entre a alimentação na boca siamesa e a boca de incêndio mais afastada.

Desta forma, será minimizado o quanto possível, a extensão da coluna seca, em túnel, dando cumprimento ao art.º 274 da Portaria n.º 135/2020 de 2 de junho.

A tubagem será montada ao longo das galerias nas suas paredes laterais a cerca de 0.45 m acima do Plano Base da Via (PBV), sendo que sempre que necessário se prevê o atravessamento das galerias / túneis pelos seus tetos, com posicionamento final definido em obra.

No interior dos túneis ferroviários, embora seja apenas obrigatória a instalação de bocas-de-incêndio por cada 100 m (art.º 274.º da Portaria n.º 135/2020 de 2 de junho), definiu-se que num dos lados do túnel sejam instaladas bocas-de-incêndio, de 40 em 40 m aproximadamente.

A tubagem das picagens será em DN50 montada nas paredes das galerias e irá abastecer as bocas de incêndio ficando a uma altura não superior a 0.80 m em relação ao PBV. A derivação será com Tê de redução (DN100/DN50).

Deverá também ser montado um sistema de isolamento elétrico na rede de combate a incêndio, um sistema de ligação à rede de terras, fluxostatos, e proteção anticorrosiva sempre que necessário.

A rede de combate a incêndios nas galerias em coluna seca prevê também a instalação de juntas de expansão/dilatação afastadas em média de 24 em 24 m, válvulas de retenção do tipo obturador de charneira, ventosas trifuncionais DN100 (válvulas de purga de ar de tripla ação) instaladas em locais convenientes ao funcionamento e também nos pontos altos do perfil longitudinal do traçado da Via (nomeadamente ao km 0+094) e válvulas de purga de água DN50 PN16 de macho esférico em AISI 316 L nos pontos baixos do perfil longitudinal do traçado da Via (nomeadamente ao km 3+241).

A Rede de Combate a Incêndio – Rede Seca (Coluna Seca), deverá ser de uso exclusivo dos bombeiros, e este facto só deverá ocorrer com a catenária de energia desligada.

O projeto da coluna seca dos túneis, a realizar pelo adjudicatário em fases subsequentes, deverá ser coordenado com as restantes especialidades, inclusive o projeto de coluna seca das estações/poços de ventilação.

Na estação Alcântara, foi preconizada uma coluna seca que percorre o túnel na zona do Alvito, sentido término, ao nível do Cais do Metropolitano, entrando no túnel até perfazer uma distância não superior à regulamentar.

3.3 Materiais

No caso da rede em coluna seca propõe-se a instalação em aço inox, AISI 316L, com o sistema de juntas de aperto rápido (sistema "Victaulic" ou equivalente), conforme tem sido instalado nas extensões do Metropolitano e na sequência das especificações ML.

A classe de pressão da tubagem e acessórios será PN16 e a temperatura de funcionamento prevista será de 250oC.

3.4 Bocas Siamesas

A alimentação da Coluna Seca, será efetuada diretamente pelos bombeiros, através da boca dupla, siamesa, dotada de válvula antirretorno, onde cada uma das junções será de aperto rápido tipo "STORZ", DN 75, conforme Artigo 8.º Meios de extinção do Anexo I do Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndio em Edifícios Portaria n.º 135/2020, de 2 de junho com as alterações introduzidas pela Declaração de Retificação n.º 26/2020.

Todas as bocas devem ser munidas com tampão, de preferência dotado de dispositivo de alívio de pressão e fiel de corrente.

As bocas de alimentação:

- Localizar-se-ão, junto à faixa de operação, localizadas nas respetivas vias de acesso;
- Terão o seu eixo a uma cota de nível relativamente ao pavimento da via de acesso, compreendida entre 0,80 e 1,20 m;
- Serão devidamente sinalizada com a frase «SI — Rede Seca» ou o pictograma equivalente (ver NT n.º 11).

A boca de alimentação poderá ser protegida por armário (ou nicho dotado de porta), com as dimensões mínimas de 0,80 × 0,80 m, com porta devidamente sinalizada no exterior com a frase «SI — Rede Seca» ou o pictograma equivalente (ver NT n.º 11).

A parte inferior do armário ou nicho deve estar, no mínimo, a 0,50 m do eixo da boca.

As bocas de alimentação serão dotadas de válvulas antirretorno.

As bocas de alimentação serão montadas com as entradas de água viradas para o pavimento e a sua conceção deve ser tal que, o seu eixo forme um ângulo não inferior a 30° nem superior a 50° com o plano vertical.

3.5 Bocas de Incêndios

A coluna seca terá, em cada ponto marcado no projecto, uma boca -de -incêndio dupla para acoplamento das mangueiras para ataque direto ao incêndio, do tipo"STORZ "C=52

A sua instalação deve garantir que o eixo da boca tenha uma cota de nível entre 0,80 a 1,20 m, relativamente ao pavimento.

Admite -se a sua localização à vista, dentro de nichos ou dentro de armários, devidamente sinalizados na parte visível da porta e com a frase «SI — Rede Seca» ou pictograma equivalente (ver NT n.º 11). A distância mínima entre o eixo das bocas -de -incêndio e a parte inferior dos nichos ou armários deve ser de 0,50 m.

O corpo das bocas deverá ser fabricado em material resistente a solicitações mecânicas e a ambientes corrosivos.

As bocas devem ser equipadas com válvula de passagem tipo globo, o qual deve indicar de forma indelével o sentido de abertura e fecho da válvula.

Todas as bocas devem possuir tampões ligados às bocas por corrente.

O tamponamento, com as bocas submetidas à pressão de teste, deve garantir uma estanquidade total. A ligação de entrada, quando as bocas estão em carga à pressão de teste, deve garantir uma estanquidade total.

As bocas -de -incêndio devem ser montadas com as saídas de água viradas para o pavimento e a sua conceção deve ser tal que, o seu eixo forme um ângulo não inferior a 30° nem superior a 50° com o plano vertical.

As bocas-de-incêndio serão instaladas a 0.80 m do pavimento de circulação, conforme previsto no Artigo 169.º da Portaria n. 135/2020 de 2 de junho (Alteração ao Regulamento Técnico de Segurança contra Incendio em Edifícios (SCIE), aprovado pela Portaria n.º 1532/2008, de 29 de dezembro).

3.6 Critérios de Dimensionamento

Os critérios de dimensionamento da rede de coluna seca dos túneis, adotadas no projecto apresentam-se de seguida e basearam-se nas informações presentes no AP e na legislação em vigor aplicável.

As colunas secas montantes devem possuir no mínimo a dimensão nominal DN 80. Sempre que se justifique deve recorrer -se ao DN 100 para garantir as condições de escoamento. Quando se apliquem tubagens metálicas cuja série comercial não contenha estas dimensões nominais, deve considerar -se um tubo com um diâmetro interior igual ou superior a 80 mm nas situações em que é prescrito o DN 80 e um tubo com um diâmetro interior igual ou superior a 100 mm nas situações em que é prescrito o DN 100.

As colunas secas descendentes devem possuir a dimensão nominal DN 80, exceto nas situações previstas no n.º 6 do artigo 168.º Excetuam -se também as redes previstas no artigo 274.º do RT -SCIE, em que a dimensão nominal a considerar será DN 100.

O dimensionamento das redes secas montantes deve ser justificado pelo projetista através do cálculo hidráulico sempre que seja verificada uma das seguintes condições:

- O comprimento do ramal de alimentação seja superior a 14 m;
- A ligação das bocas -de -incêndio não seja direta à coluna mas efetuada em troços horizontais de tubagem, cujo comprimento exceda 14 metros na boca mais desfavorável;
- Exista simultaneamente um ramal de alimentação e um troço horizontal de ligação da coluna à boca -de -incêndio mais desfavorável e a soma dos respetivos comprimentos exceda 14 metros;
- A rede seca seja utilizada em substituição da rede húmida, nas condições previstas no n.º 6 do artigo 168.º do RT -SCIE

3.6.1 Dispositivos de consumo

Os dispositivos consumidores de água em situação de incêndio no sistema de coluna seca dos túneis consistem nas designadas bocas-de-incêndio, afastadas de 20 em 20 m. Estas deverão ser DN50 e assegurar um caudal instantâneo de 3.0 l/s.

Os caudais de cálculo serão calculados genericamente com base na soma do caudal de metade das bocas-de-incêndio a funcionar em simultâneo com o máximo de 4 bocas.

3.6.2 Perdas de carga unitárias e localizadas

Os caudais de cálculo são calculados genericamente com base nos caudais acumulados e nos coeficientes de simultaneidade.

O dimensionamento é realizado tendo em conda o troço mais condicionante para adução. Para a além da alimentação aos dipositivos sanitários e das salas técnicas, foi feito o cálculo da rede de incêndio e assegurada a pressão regulamentar. O dimensionamento das rede foi acautelada com o maior dos caudais instalados. Para o cálculo da velocidade, esta foi calculada com base na seguinte expressão:

$$V = Q/A$$

em que:

Q - caudal (m^3/s)
A - $\pi . D^2/4$ (m^2)
D - diâmetro interno do tubo (m)
V - velocidade do líquido no interior do tubo (m/s)

O cálculo da perda de carga unitária foi calculada através da formula de Flamant:

$$J = 4b \times v^{7/4} \times D^{-5/4}$$

onde:

J - Perda de carga unitária (m/m)
b - fator caracterizador da rugosidade do material (b=0,000152 para tubagens de cobre ou aço inox; b=0,000134 para tubagens de materiais plásticos)

3.6.3 Velocidades de escoamento

As velocidades de escoamento máximas admissíveis na coluna seca deverão ser de 5.0 m/s.

3.6.4 Pressões de funcionamento necessárias

O dimensionamento hidráulico da rede seca deve ser feito considerando o caudal de cálculo repartido pelas duas bocas -de -incêndio duplas mais desfavoráveis e pressões dinâmicas mínimas nessas bocas de 350 kPa.

A pressão máxima a considerar é de 100 m.

O conjunto da rede seca deve possuir uma resistência e garantir a consequente estanquidade, a uma pressão de ensaio mínima de 1400 kPa, considerada ao nível da boca de alimentação, durante duas horas.

3.7 Dimensionamento da Coluna Seca dos Túneis

No presente Projecto considera-se não existirem colunas secas montantes, em virtude das bocas de saída se encontrarem sempre abaixo da boca da alimentação, não havendo, portanto, necessidade de se apresentar justificação do dimensionamento da coluna através da verificação de cálculo hidráulico.

O diâmetro adotado para a coluna seca descendente foi DN100.

Como já referido, o sistema de coluna seca é alimentado pelos RSB por meio de ligação de um marco de incêndio localizado nas proximidades da boca siamesa deste sistema, considerando-se por isso a mesma pressão da rede para o dimensionamento.

A tabela seguinte apresenta as pressões disponíveis nas diferentes estações e poços de ventilação, a profundidade à superfície da localização da coluna seca dos túneis e a referida pressão na ligação entre colunas secas estações-túneis. Dado que a colunas seca dos túneis se interligam com a das estações e poços de ventilação, estas pressões terão influência no funcionamento da referida coluna.

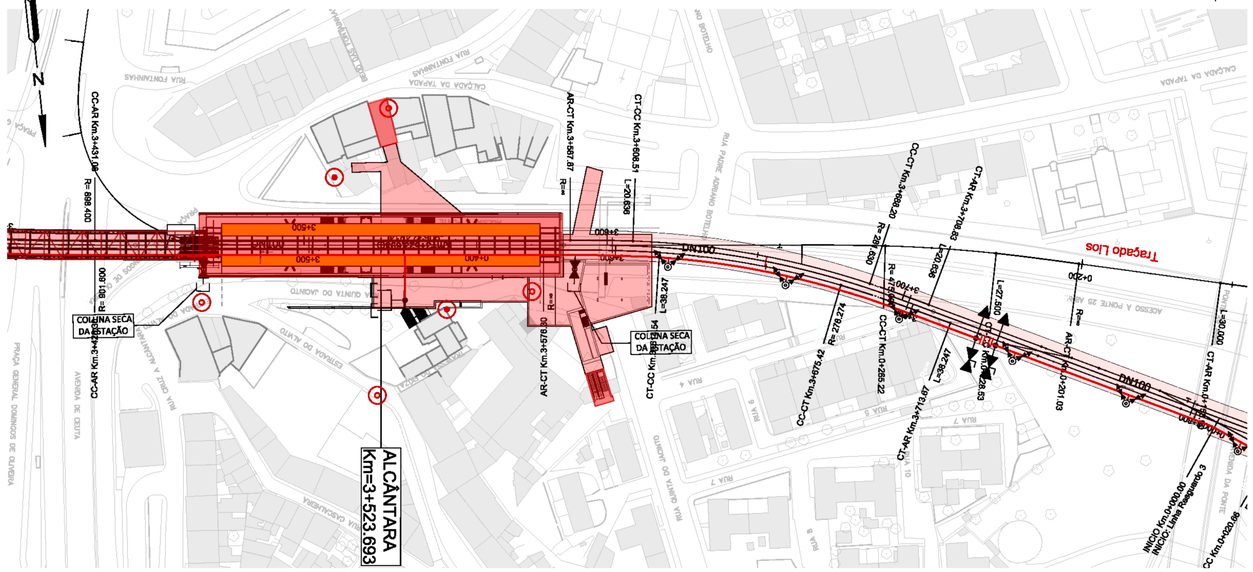
Tabela 1 – Pressões disponíveis ao nível da coluna seca das Galerias/Túneis

Estações / Poços de ventilação	Pressão disponível na rede de abastecimento (m)	Cota do Terreno (m)	Cota da Via (projeto) (m)	Profundidade (m)	Pressão na coluna seca (m)
OE1	45	110	*84.67*	25.75	70.33
Estação de Campolide / Amoreiras	45	103	*82.94*	19.86	65.06
PV 211	45	100	*76.16*	25.90	68.84
Estação Campo de Ourique	27	92	*61.30*	30.20	57.70
PV 215	26	87	*47.43*	35.83	65.58
Estação Infante Santo	26	87	*34.60*	21.20	78.40
Estação Alcântara	45	16	*14.80*	0.57	46.20
	45	12	*14.80*	-3.66	42.20
PV 217	31	33	*10.10*	23.05	53.90

Estes valores são todos superiores ao mínimo exigível de 35 m e inferiores ao máximo admissível de 100 m, pelo que se verifica a pressão máxima de funcionamento.

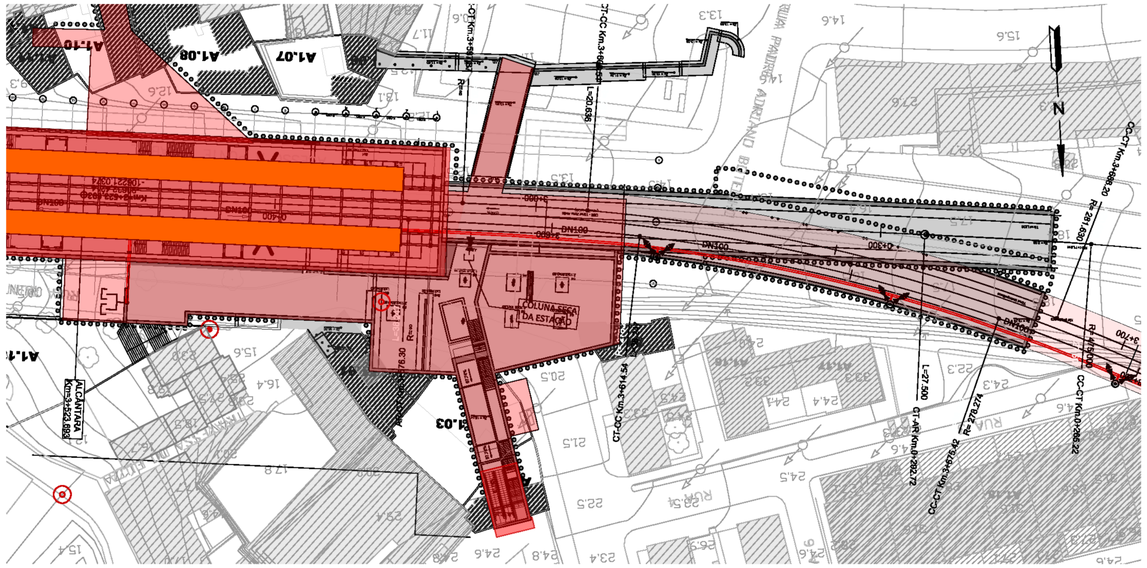
Registo e Controlo de Alterações

Revisão	Data	Descrição
0	2024-10-08	Emissão inicial



IMPLANTAÇÃO OE6 - TÚNEL NA ZONA DO ALVITO

ESC. 1:1000

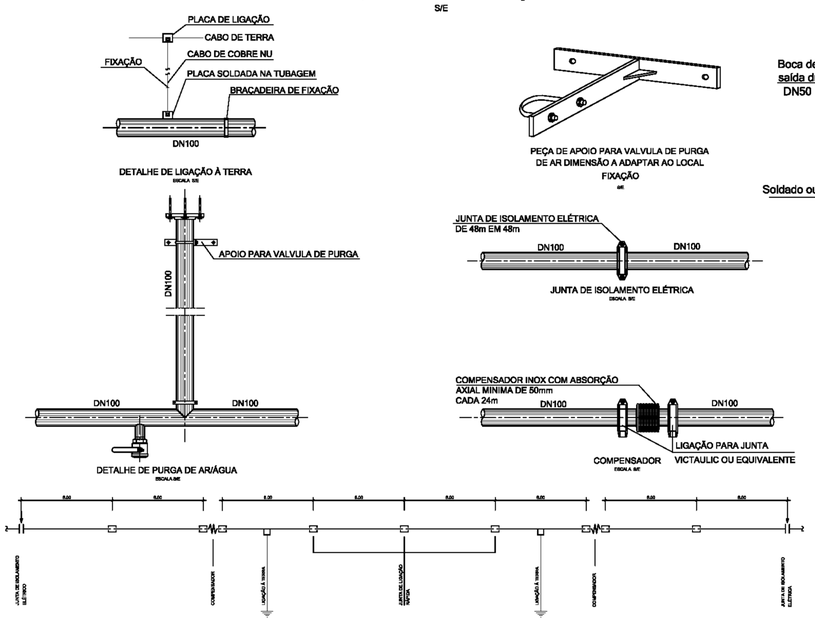


PLANTA OE6 - TÚNEL NA ZONA DO ALVITO

Escala 1:500

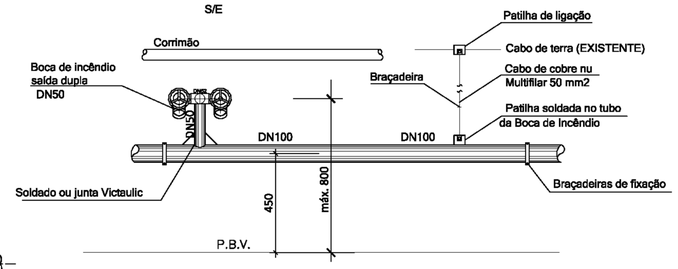
ESQUEMA DE INSTALAÇÃO

S/E



PORMENOR TIPO

S/E



LEGENDA

SIMBOLOGIA: REDE DE INCÊNDIO

- COLUNA SECA A PROJETAR
- VÁLVULA DE PURGA DE ÁGUA
- VENTOSA
- VALVULA DE SECCIONAMENTO TAMPONADA
- BOCAS SIAMESAS (TWINS)
- BOCAS TAMPONADAS SECAS
- FLANGE CEGA (FIM COLETOR - LIMPEZAS E TESTES)
- MARCO DE INCÊNDIO A INSTALAR (A MENOS DE 30 METROS)
- MARCO DE INCÊNDIO EXISTENTE
- SENTIDO DE ESCOAMENTO

MATERIAIS:

A REDE DE INCÊNDIO SECA, AO LONGO DOS TÚNEIS, SERÁ EXECUTADA EM AÇO INOX ÂNSI 316L, PN 16, COM INDICAÇÃO DO FLUIDO, SEGUNDO NP182 .
A TUBAGEM EM COLUNA SECA DOS TÚNEIS SERÁ DE DN100 E AS BOCAS DE INCÊNDIO SERÃO COM DIÂMETRO DN50

NOTAS:

EM FASE POSTERIOR, DEVERÁ O ADJUDICATÁRIO, INSTALAR A COLUNA SECA, NOS NOVOS TUNEIS, BEM COMO ASSEGURAR A COMPATIBILIZAÇÃO COM A COLUNA SECA DAS ESTAÇÕES, AO NÍVEL DA LIGAÇÃO NOS SUBCAIS.
A INSTALAÇÃO DA COLUNA SECA SERÁ AFERIDA EM OBRA, DEVENDO SER REALIZADO, PELO ADJUDICATÁRIO, O RESPETIVO PROJETO. DEVERÁ SER COORDENADO COM AS OUTRAS INFRAESTRUTURAS EXISTENTES E A INSTALAR.
O ADJUDICATÁRIO, DEVERÁ PREVER TODOS OS TRABALHOS DA ADAPTAÇÃO DA COLUNA SECA/BOCAS DE INCÊNDIO, NECESSÁRIO AO SEU PERFEITO FUNCIONAMENTO.
AS PURGAS DA COLUNA SECA SERÃO INSTALADAS A 0.50m DE ALTURA EM RELAÇÃO AO LIMPO.
AS PEÇAS DESENHADAS NÃO DISPENSAM A CONSULTA DOS RESTANTES DOCUMENTOS, ESCRITOS E DESENHADOS, DESTE PROJECTO.

ALTERAÇÕES				
0	EMISSÃO INICIAL	08/10/2024	LA	SN
		DATA	DES.	VERIF.

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

Metropolitano de Lisboa

REDE DE ÁGUAS E INCÊNDIOS
OBRA ESPECIAL 6

PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE6

TÚNEL NA ZONA DO ALVITO
IMPLANTAÇÃO - PLANTA - PORMENORES

Data:
Aprov.
Verif.
Proj.
Des.

Escalas:
Des. nº 133764 F. /
Alter.
Substitui
Substituído
Nº SAP —
Versão
Folha

PROCEDIMENTO 1 | PROCEDIMENTO 2 | PROCEDIMENTO 3 | PROCEDIMENTO 4 | PROCEDIMENTO 5 | PROCEDIMENTO 6 | PROCEDIMENTO 7 | PROCEDIMENTO 8 | PROCEDIMENTO 9 | PROCEDIMENTO 10 | PROCEDIMENTO 11 | PROCEDIMENTO 12 | PROCEDIMENTO 13 | PROCEDIMENTO

Metropolitano de Lisboa

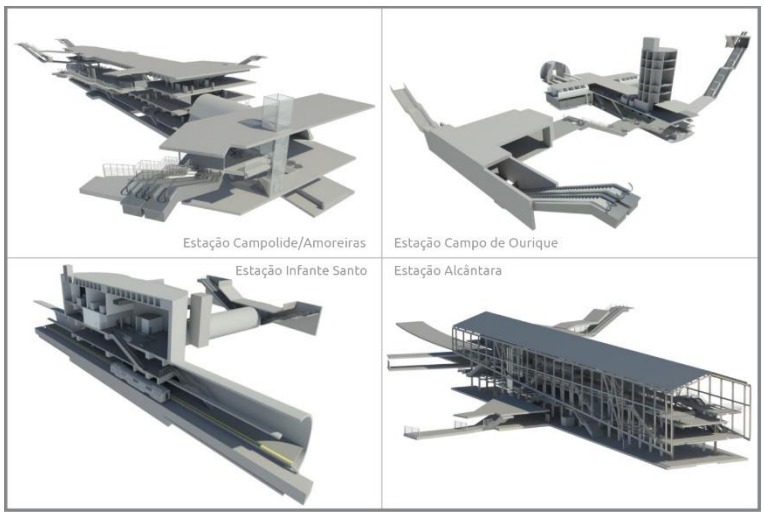
METRO DE LISBOA

LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO DO PROLONGAMENTO DA LINHA

TOMO III – OBRAS ESPECIAIS

PROJETO DE EXECUÇÃO



VOLUME 6 – OBRA ESPECIAL 6 – TÚNEL ZONA DO ALVITO

TELECOMUNICAÇÕES

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

Documento SAP:	LVSSA MSA PE TLM TUN OE6 MD 118001 0

	Nome	Assinatura	Data
Elaborado	Diogo Cordeiro		2024-10-08
Revisto	Márcio Rebelo		2024-10-08
Verificado	Sergio Notarianni		2024-10-08
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		
Aprovado	Raúl Pistone		

ÍNDICE

1 GLOSSÁRIO 4

2 OBJETIVO E ÂMBITO 5

3 NORMAS 5

4 TELEFONES ML E SISTEMA DECT 5

4.1 Introdução 5

4.2 Especificação Funcional do Sistema 6

4.3 Arquitectura do Sistema 7

5 SISTEMA DE SUPERVISÃO DE INSTALAÇÕES TÉCNICAS - SSIT 8

5.1 Introdução 8

5.2 Especificação Funcional do Sistema 8

5.3 Arquitectura do Sistema 9

6 SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETEÇÃO DE INCÊNDIO - SADI 10

6.1 Introdução 10

6.2 Especificação Funcional do Sistema 11

6.3 Arquitectura do Sistema 12

7 CITV 13

7.1 Introdução 13

7.2 Especificação Funcional do Sistema 14

7.3 Arquitectura do Sistema 15

8 CABOS PRINCIPAIS 17

8.1 Introdução 17

8.2 Especificação Funcional do Sistema 17

8.3 Arquitectura do Sistema 17

9 CABO RADIANTE 17

9.1 Introdução 17

9.2 Especificação Funcional do Sistema 18

9.3 Arquitectura do Sistema 18

10 REQUISITOS TÉCNICOS 19

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS 20

1 GLOSSÁRIO

ATE – Armário de Telecomunicações do Edifício

ATI – Armário de Telecomunicações Individual

ATM – Automatic Teller Machine (Multibanco)

CAIN – Controlo de Acessos e Intrusão

CITV – Circuito Interno de Televisão

CVM – Caixa Visita Multioperador

DECT – Digital Enhanced Cordless Telecommunications

EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres

FO – Fibra Ótica

IP – Internet Protocol

ITED – Instalações Telefónicas em Edifícios

KVM - Keyboard, Video and Mouse (Teclado, Monitor e Rato)

LAN – Local Area Network

ML – Metropolitano de Lisboa

PA – Ponto de Ajuda

PAI – Pontos de Ajuda e Intercomunicação

PC – Personal Computer

PCC – Posto de Comando Central

PCC/E – Posto de Comando Central/Energia

PCC/I – Posto de Comando Central/Informação (REGIE)

PCC/T – Posto de Comando Central/Tráfego

PCC/V – Posto de Comando Central/Vigilantes

PMO – Parque de Materiais e Oficina

PP – Programa Preliminar

PST – Posto de Seccionamento e Transformação

PTZ - Pan Tilt Zoom

PV – Poço de Ventilação

QGBT – Quadro Geral de Baixa Tensão

QSBT – Quadro Secundário de Baixa Tensão

RD – Rede de Dados

RF – Rádio Frequência

RGE – Repartidor Geral da Estação

SADI – Sistema Automático de Deteção de Incêndio

SET – Subestação de Tração

SSIT – Sistema de Supervisão das Instalações Técnicas

TINF & DH – Teleinformação e Distribuição Horária

ODF - Optical Distribution Frame (Bastidor de Fibra Ótica)

2 OBJETIVO E ÂMBITO

Pretende-se nesta fase de projeto (PE) e com este documento especificar os requisitos funcionais dos sistemas de Telecomunicações para a extensão São Sebastião – Alcântara do Metropolitano de Lisboa, nomeadamente o Túnel T85.

O objetivo principal dos sistemas a integrar será garantir a segurança e regularidade na exploração, permitindo a comunicação entre todos os intervenientes do sistema de metro, quer ao nível da Estação, quer ao nível do PCC – Posto de Comando Central.

Os sistemas de telecomunicações, são os abaixo especificados:

- Telefones ML e Sistema DECT;
- Sistema de Supervisão das Instalações Técnicas – SSIT;
- Sistema Automático de Detecção de Incêndio – SADI;
- Cabos Principais – Telefónico e FO;
- Cabo Radiante;
- Rede de Dados.

Os sistemas de telecomunicações previstos para a futura extensão devem ser baseados numa rede de transmissão de dados, que será responsável pelas comunicações entre os vários subsistemas, Estações, Poços de Ventilação e Posto de Comando Central.

Pretende-se que sejam instaladas redes IP com alto desempenho, fiabilidade e disponibilidade. Na escolha dos sistemas dever-se-á ter em consideração a garantia do fabricante, a disponibilidade de interfaces Ethernet nos equipamentos escolhidos e a sua integração no PCC, assim como a sua integração com os sistemas já instalados.

A vida útil do equipamento, a sua manutenção e a retro compatibilidade deverão ser igualmente tidas em consideração.

3 NORMAS

Os projetos deverão ser desenvolvidos de acordo com a Portaria n.º 255/2023, de 7 de agosto e tendo em conta a regulamentação e legislação em vigor, nomeadamente:

- Manual ITED – 4ª edição (DL Nº123/2009 de 21 de Maio, com a alteração introduzida pela Lei 92/2017 de 22 de Agosto – 4ª Alteração ao DL 123);
- Normas Portuguesas aplicáveis (NP);
- Normas Europeias Aplicáveis (EN);
- Requisitos Técnicos do Metropolitano de Lisboa;
- Normas Internacionais na ausência de legislação portuguesa ou europeias aplicáveis.

4 TELEFONES ML E SISTEMA DECT

4.1 Introdução

Este sistema tem como objetivo dotar a estação, túnel e PVs com equipamento telefónico ligado a uma rede interna no ML, de modo a garantir as comunicações telefónicas aos serviços de exploração e de manutenção.

Os utilizadores da rede telefónica serão os Operadores do PCC, da Manutenção e da Exploração.

O sistema DECT é um sistema de comunicações telefónico sem fios, estando integrado na rede telefónica fixa.

4.2 Especificação Funcional do Sistema

A nível técnico, não existem grandes diferenças entre os telefones ML e o DECT. A separação entre esses sistemas é apenas a nível funcional.

Deverá ser prevista nesta expansão duas Centrais Telefónicas, a instalar preferencialmente nas Estações de Campolide/Amoreiras e Infante Santo.

O sistema permitirá a comunicação entre todos os locais equipados com a rede ML assim como a transferência para o DECT associado.

Na sala de telecomunicações ao nível do Cais será instalado um ATE. Este será interligado à rede através de cabos do tipo TE1HG1RAG 30x4x0,9.

A ligação entre as restantes instalações será efetuada através de cabos do tipo TE1HZ1 11x2x0,64.

As instalações projetadas terminarão em tomadas telefónicas ou em caixas com dimensões adequadas, quando a ligação aos equipamentos não seja feita a partir de tomada.

Serão dotados deste sistema, as seguintes salas e locais:

- Sala de Telecomunicações
- Bilheteira
- Sala do Cofre
- Salas do Q.G.B.T. e Q.S.B.T.
- Sala de Sinalização
- Sala de Ventilação
- Sala de Bombagem
- Sala do Vigilante
- Sala do Quadro de Colunas
- PST
- SET
- Nicho da EPAL
- Sala de Pessoal
- Subcais
- Posto de Tração
- Galerias via ascendente e descendente
- Cais de manobra dos términos
- Tímpanos dos cais (Telefone para Maquinista)

Nas galerias, serão instalados telefones, em caixa estanque IP65. Estes são instalados de 120 em 120 metros, em ambas as vias, em quincôncio. Nos cais de manobra dos términos, serão instalados telefones em ambas as extremidades.

As antenas DECT serão instaladas de modo a garantir uma cobertura total da estação, PVs, saídas de emergência e dos túneis. Será necessário aferir em Obra, através de testes de continuidade o posicionamento correto das antenas, de modo a verificar a cobertura total das instalações.

Cada telefone da estação, tal como o telefone DECT do Operador da Estação, possuirá um número distinto, sendo este geralmente com quatro dígitos.

As chamadas geradas a partir dos terminais de intercomunicação serão encaminhadas para a cabina de bilheteira, caso não seja atendido o pedido, a chamada será transferida para o telefone portátil DECT do Responsável da Estação ou redirecionada para o PCC, caso este não responda.

4.3 Arquitectura do Sistema

Os elementos que compõem a rede telefónica são:

- Repartidor Geral do Edifício, localizado na sala de telecomunicações;
- Central telefónica, localizada na sala de telecomunicações (Estação Santos);
- Tomadas telefónicas;
- Caixas do tipo I1 e do tipo I3;
- Antenas DECT;
- Telefones fixos/DECT.

A arquitetura proposta para o sistema, nas novas estações, é a seguinte:

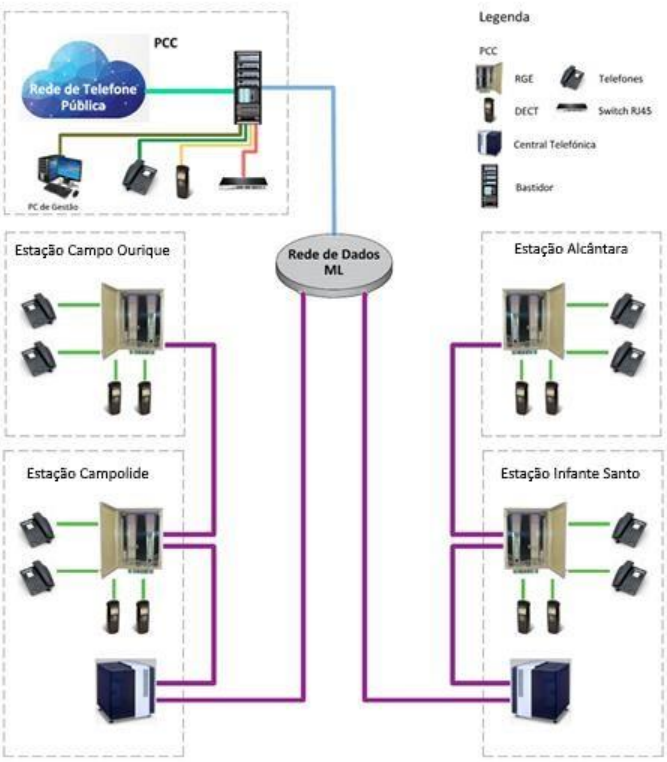


Figura 1 – Diagrama do Sistema de Telefones ML e DECT

Apresenta-se acima o diagrama previsto nesta fase de PE, para o sistema Telefones ML e DECT, devidamente apresentado para cada túnel nas peças desenhadas:

- LVSSA MSA PE TLM TUN T85 DW 117010 0 – TROÇO 85º : S.SEBASTIÃO - AMOREIRAS;
- LVSSA MSA PE TLM TUN T84 DW 117010 0 – TROÇO 84º : AMOREIRAS/ CAMPOLIDE - CAMPO DE OURIQUE;
- LVSSA MSA PE TLM TUN T83 DW 117010 0– TROÇO 83º : CAMPO DE OURIQUE - INFANTE SANTO;
- LVSSA MSA PE TLM TUN T82 DW 117010 0 – TROÇO 82º : INFANTE SANTO – ALCÂNTARA;
- LVSSA MSA PE TLM TUN T81 DW 117010 0 – TROÇO 81º : ALCÂNTARA – TÉRMINO.

5 SISTEMA DE SUPERVISÃO DE INSTALAÇÕES TÉCNICAS - SSIT

5.1 Introdução

O sistema de supervisão das instalações técnicas tem como função principal a supervisão e comando dos equipamentos técnicos das estações, com otimização dos recursos humanos disponíveis na rede de exploração, mantendo os atuais padrões de segurança.

Propomos sempre que possível, uma uniformização dos autómatos, com rede Ethernet. O sistema proposto será compatível com o existente na rede ML.

5.2 Especificação Funcional do Sistema

O SSIT a nível da Rede ML é constituído por um conjunto de Postos de Supervisão, interligados por uma rede de comunicações e hierarquicamente organizados.

Existe um posto de supervisão por estação e postos de supervisão no Posto Central de Comando (PCC), situado nas instalações da Av. Sidónio Pais.

Nas estações, ao nível da bilheteira, o responsável da estação terá acesso às funcionalidades do sistema, conseguindo visualizar e controlar as informações de estado e alarme.

Nas estações, as instalações técnicas supervisionadas serão:

- Alarmes de incêndio;
- Alavancas de Disparo;
- Postos de Seccionamento e de Transformação (P.S.T.);
- Quadros Gerais de Baixa Tensão (Q.G.B.T.);
- Quadros Secundários de Baixa Tensão (Q.S.B.T.);
- Bombagem de Águas Negras (B.A.N.);
- Bombagem de Águas Limpas (B.A.L.);
- Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (A.V.A.C.);
- Ventiladores;
- Elevadores;
- Escadas Mecânicas.

A nível de hierarquia e transferência de comando no sistema, o nível mais elevado corresponde ao nível de comando centralizado (PCC), o intermédio ao comando de uma estação principal e o mais baixo ao comando de uma estação secundária.

O nível de comando superior (PCC) poderá retirar ou ceder, sem qualquer constrangimento, o comando de um nível inferior (estação principal ou estação secundária), ficando assegurado o registo cronológico de aceitação de alarmes e de execução de comandos, na base de dados, independentemente do operador que tenha realizado essas operações.

A transferência de comandos, por iniciativa do operador do PCC, será efetuada estação principal a estação principal.

Em caso de falha de comunicação entre dois níveis de comando, o sistema entrará automaticamente em modo degradado. Em modo degradado, os comandos passam de forma automática do PCC para a estação.

Após a normalização das comunicações, o PCC poderá, por sua iniciativa, recuperar os comandos.

5.3 Arquitectura do Sistema

Os elementos que compõem o SSIT serão:

- Nas estações:
  - Autómato Concentrador e Restantes Autómatos;
  - PC de Supervisão;
  - Equipamento de Transmissão de Dados F.O.
  - Switch's de rede.
- No PCC:
  - Servidor de Dados e Alarmes o Servidor de Comunicações o PC de Supervisão.

A arquitetura proposta para o sistema nas novas estações é a seguinte:

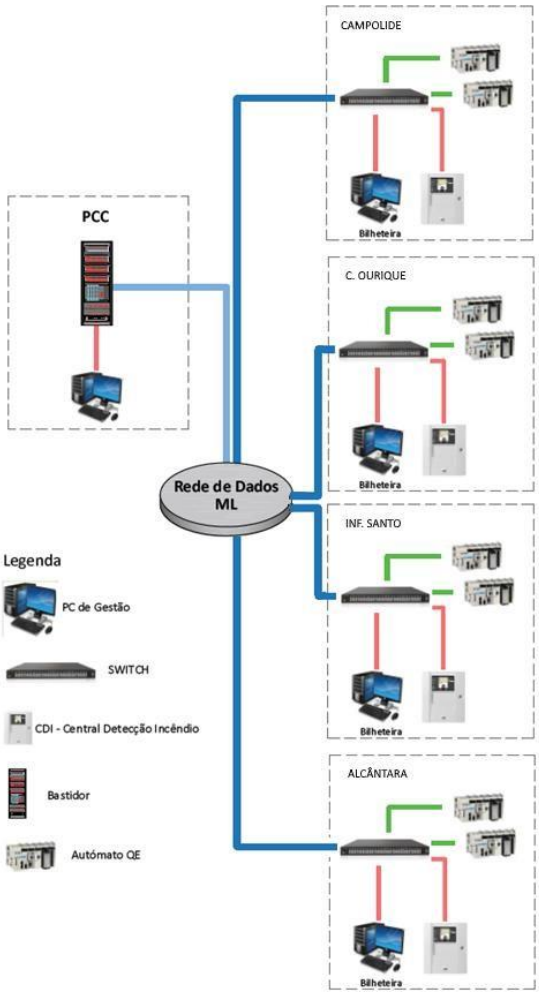


Figura 2 – Diagrama do Sistema de Supervisão de Instalações Técnicas

Apresenta-se acima o diagrama previsto nesta fase de PE, para o sistema SSIT – Sistema de Supervisão das Instalações Técnicas, devidamente apresentado para cada estação, nas peças desenhadas:

- LVSSA MSA PE TLM TUN T85 DW 117009 0 – TROÇO 85º : S.SEBASTIÃO - AMOREIRAS;
- LVSSA MSA PE TLM TUN T84 DW 117009 0 – TROÇO 84º : AMOREIRAS/ CAMPOLIDE - CAMPO DE OURIQUE;
- LVSSA MSA PE TLM TUN T83 DW 117009 0– TROÇO 83º : CAMPO DE OURIQUE - INFANTE SANTO;
- LVSSA MSA PE TLM TUN T82 DW 117009 0 – TROÇO 82º : INFANTE SANTO – ALCÂNTARA;
- LVSSA MSA PE TLM TUN T81 DW 117009 0 – TROÇO 81º : ALCÂNTARA – TÉRMINO.

6 SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETEÇÃO DE INCÊNDIO - SADI

6.1 Introdução

O SADI tem como objetivo dotar os espaços técnicos e públicos da estação com um sistema de deteção automática de incêndio. O mesmo será previsto para os PVs.

6.2 Especificação Funcional do Sistema

Este sistema será composto por detetores óticos de fumo, termo velocimétricos ou híbridos, detetor linear de calor, detetor por feixe, escolhidos em função do local a proteger e que detetarão numa fase precoce algum incidente, botoneiras e alarmes acústicos a serem atuados pelos operadores.

As zonas a serem protegidas serão todas as áreas técnicas, fossas dos elevadores e escadas mecânicas, assim como as zonas de público.

Para os túneis e vias de resguardo, será utilizada deteção por cabo sensor , estando este cabo sensor ligado à unidade de deteção linear de incêndio inserida na CDI da estação de Campo de Ourique, podendo essa unidade funcionar de forma autónoma.

As Centrais de Deteção de Incêndio de todas as Estações e Poços de Ventilação serão interligadas em loop por BUS no sentido de garantir redundância, estando estes cabos de loop dispostos nos caminhos de cabos definidos para os tuneis, de forma alternada

O sistema a ser instalado tem como objetivo avisar rapidamente os serviços competentes a desencadear rapidamente algumas das ações possíveis para evitar a propagação do incêndio.

O funcionamento do sistema basear-se-á nos seguintes procedimentos:

- Ao ser detetada uma situação de incêndio, os detetores automáticos transmitirão um sinal à C.D.I., dando origem a uma sinalização acústica e luminosa na C.D.I., possibilitando a visualização da zona em alarme.
- O Operador ao tomar conhecimento da situação de alarme, cancela o alarme através do botão de cancelamento da C.D.I., executando de seguida os procedimentos estipulados pela Empresa.
- Decorrido algum tempo, se a causa que deu origem ao alarme desaparecer, o detetor deixa de atuar e o sistema volta à situação inicial. Caso contrário, após a temporização estabelecida, a ocorrência passa a um segundo estado de alarme, dando origem a uma nova situação sonora e ao fecho dos contactos, desencadeando as diversas operações automáticas de proteção.
- As sirenes serão temporizadas, para que não fiquem atuadas por tempo excessivo.
- Se durante o período que decorre entre a manobra de cancelamento do sinal sonoro originado pela situação de alarme numa zona e a reposição do sistema no estado de funcionamento normal, surgir uma nova situação de alarme noutra zona, esta deverá ser devidamente sinalizada na C.D.I..
- O cancelamento do primeiro alarme, não pode impedir a sinalização luminosa e acústica do novo alarme.
- Caso a deteção seja efetuada através da atuação de detetores manuais, a sua atuação deverá originar na C.D.I., as sinalizações descritas anteriormente para a deteção automática e pela ativação dos procedimentos das manobras automáticas de proteção atrás referidas, sem a temporização.

O sistema a propor será compatível com o DESIGO CC da Siemens.

6.3 Arquitectura do Sistema

Os elementos que compõem o SADI serão:

- Unidade de Controlo (Central de Deteção);
- Detetores (escolhidos em função do local a proteger);
- Botões de Alarme;
- Sirenes;
- Painel Repetidor;
- Indicadores de Acão / Sinalizadores de Alarme;

A arquitetura proposta para o sistema nas novas estações é a seguinte:

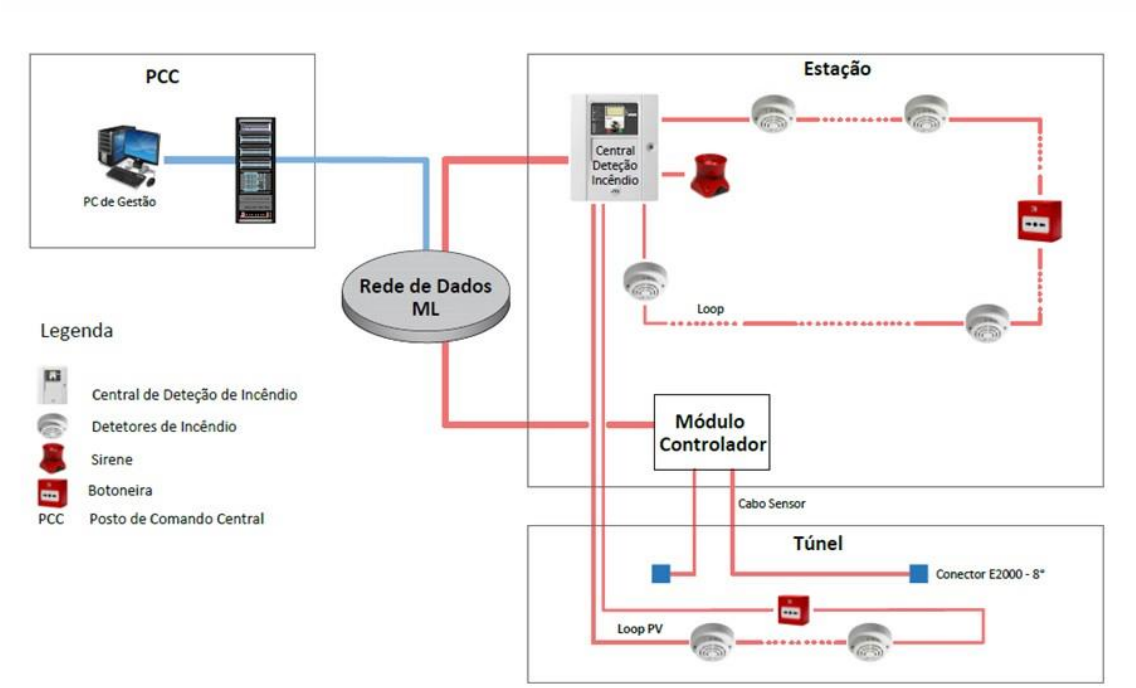
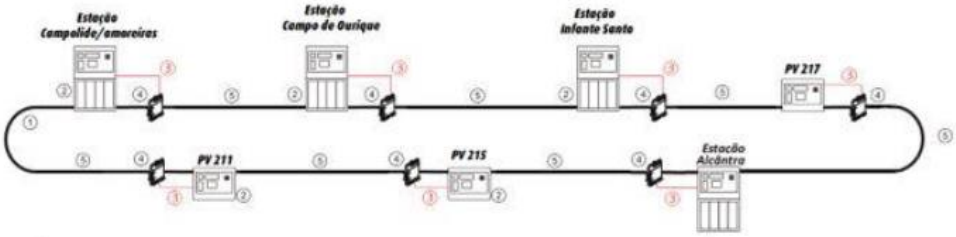


Figura 3 – Diagrama do Sistema de Automático de Deteção de Incêndio



Legenda:

1- Bus do sistema C-WEB/SAFEDLINK – cabo JE-H (St) H 2x2x1,5 Bd FE180/E90
2- Central incendio network C-WEB/SAFEDLINK
3- Alimentação elétrica desde a Central de incêndio
4- Repetidor SAFEDLINK (FN2002-A1)
5- Extensão com limite máximo 2 Km C-WEB/SAFEDLINK (mesmo cabo BUS)

Notas para considerar em projeto:

- Distancia máxima entre centrais 1000m com o repetidor distancia máxima 2000m
- Máximo de um repetidor entre centrais e em todo o loop o máximo 32 repetidores.

Figura 4 – Interligação de Sistemas Automáticos de Deteção de Incêndio

Apresenta-se acima o diagrama previsto nesta fase de PE, para o sistema de SADI – Sistema de Deteção de Incêndio, devidamente apresentado para cada estação, nas peças desenhadas:

- LVSSA MSA PE TLM TUN T85 DW 117007 0 – TROÇO 85º : S.SEBASTIÃO - AMOREIRAS;
- LVSSA MSA PE TLM TUN T84 DW 117007 0 – TROÇO 84º : AMOREIRAS/ CAMPOLIDE - CAMPO DE OURIQUE;
- LVSSA MSA PE TLM TUN T83 DW 117007 0– TROÇO 83º : CAMPO DE OURIQUE - INFANTE SANTO;
- LVSSA MSA PE TLM TUN T82 DW 117007 0 – TROÇO 82º : INFANTE SANTO – ALCÂNTARA;
- LVSSA MSA PE TLM TUN T81 DW 117007 0 – TROÇO 81º : ALCÂNTARA – TÉRMINO.

7 CITV

7.1 Introdução

O circuito interno de televisão instalado no Metropolitano de Lisboa tem como principal objetivo a ajuda à exploração e por outro lado permitir aumentar a segurança dos passageiros e equipamentos nas estações.

O sistema permite a visualização na estação e a gravação das imagens de todas as câmaras da estação. As imagens são visualizadas, em monitores instalados no cais e átrio da estação, e nos postos de Operação situados na Bilheteira, Gabinete do Operador de Linha (onde existam) e nas estações com término adjacente no posto de tração.

Através do sistema de videovigilância centralizada do ML as imagens das estações (CITV) são enviadas a pedido para o Posto de Comando Central (PCC - Vigilantes) situado na Av. Sidónio Pais.

O sistema de Videovigilância Centralizada permitirá a partir de postos de operação remotos, visualizar imagens em tempo real e gravadas de qualquer câmara instalada nos sistemas de CITV de estação e configurar os equipamentos de codificação e gravação de vídeo de estação em grupo ou individualmente.

A tecnologia de compressão de vídeo é MPEG 2 e MPEG 4. Para efeitos de transmissão o sistema baseia-se na tecnologia de vídeo sobre IP, utilizando a Rede Gigabit Ethernet existente na empresa. O sistema utiliza a plataforma VIDOS versão 4.02 do fabricante Bosch, pelo que será contabilizado esse facto ao nível do projeto, prevendo uma .

7.2 Especificação Funcional do Sistema

O sistema de videovigilância terá capacidade para deteção de movimento originando alarmes que podem ser reconhecidos na estação ou no PCC - Vigilantes.

A cobertura nas estações será total, com especial incidência nas zonas abaixo indicadas:

- Elevadores (Câmara exterior e interior);
- Escadas Mecânicas e pedonais;
- Cais;
- Átrios;
- Máquinas de Venda Automáticas de Bilhetes;
- Canais de Acesso;
- Pontos de Ajuda;
- Términos e Agulhas de Inversão;
- Acessos à via;
- Bilheteiras.

Nos PV's serão instaladas câmaras, na entrada quer pela via, quer pela superfície.

No cais será instalado um controlo da descida à via com o objetivo de auxiliar a exploração da rede ML e contribuir para a segurança das instalações e túnel entre estações do ML.

As principais funcionalidades do CITV da estação serão:

- Visualização das instalações e equipamentos, zona pública e túneis adjacentes à estação a partir das salas onde existam postos de operação do CITV: Bilheteira, Posto de Segurança, Posto de tração;
- Gravação das imagens de todas as câmaras da estação;
- Disponibilizar as imagens de todas as câmaras da estação e túneis adjacentes, para visualização remota no PCC, na oficina da manutenção e no posto de recolha de imagens gravadas (segurança) através do sistema de videovigilância centralizada;
- Ajuda ao maquinista na visualização das saídas e entradas dos passageiros nos comboios;
- Visualização do cais pelo operador de tráfego em serviço no Átrio da estação;
- Deteção de movimento por análise vídeo e consequente alarme;
- Interligação com o SSIT para visualização das escadas mecânicas e PAI para ajuda aos passageiros nos pontos de ajuda na estação situados nos cais, átrio, acessos, elevadores e linha de controlo.
- Visualização e deteção de descida à via de pessoas e visualização de zona entre o tímpano e uma distância superior a 20 m.

Pretende-se um sistema com tecnologia IP, com recurso ao protocolo ONVIF. O projeto contemplará a instalação de um conjunto de equipamentos em bastidor na sala de Telecomunicações.

7.3 Arquitectura do Sistema

Os elementos que compõem o sistema de CITV serão:

- Bastidor de CITV;
- Câmaras (Dome, PTZ, Board, Housing, consoante o local a instalar);
- Conversores;
- Monitores de vídeo;
- Gravador de Imagem;
- Postos de operação, constituído por Workstation, Monitor, Teclado e Rato.

A arquitetura proposta para o sistema nas novas estações é a seguinte:

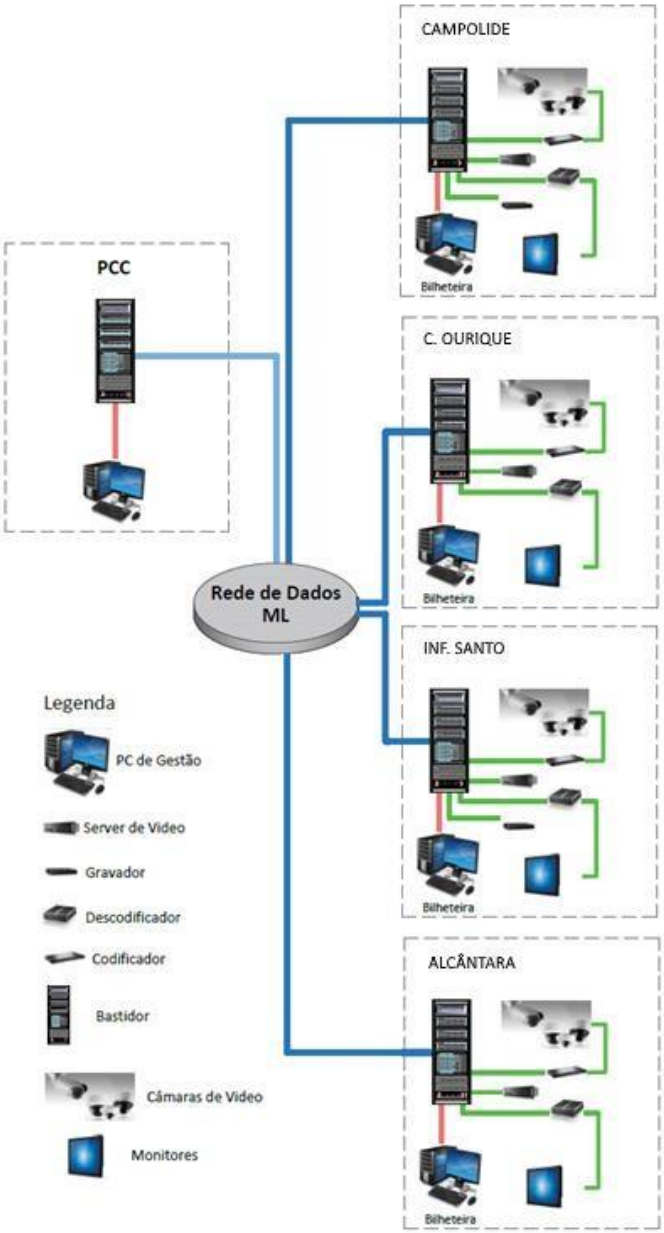


Figura 5 – Diagrama do Sistema CITV

Apresenta-se acima o diagrama previsto nesta fase de PE, para o sistema CITV – Circuito Interno de Televisão, devidamente apresentado para cada estação, nas peças desenhadas:

- LVSSA MSA PE TLM TUN T85 DW 117003 0 – TROÇO 85º : S.SEBASTIÃO - AMOREIRAS;
- LVSSA MSA PE TLM TUN T84 DW 117003 0 – TROÇO 84º : AMOREIRAS/ CAMPOLIDE - CAMPO DE OURIQUE;
- LVSSA MSA PE TLM TUN T83 DW 117003 0– TROÇO 83º : CAMPO DE OURIQUE - INFANTE SANTO;
- LVSSA MSA PE TLM TUN T82 DW 117003 0 – TROÇO 82º : INFANTE SANTO – ALCÂNTARA;
- LVSSA MSA PE TLM TUN T81 DW 117003 0 – TROÇO 81º : ALCÂNTARA – TÉRMINO.

8 CABOS PRINCIPAIS

8.1 Introdução

Os cabos principais, cabo telefónico, fibra ótica e cabo radiante instalados no túnel, possibilitam a transmissão de serviços de voz e de dados para a interligação dos diversos equipamentos e sistemas da "Empresa" localizados nas Estações, nos Parques de Material e Oficinas e nos Edifícios de Escritórios.

8.2 Especificação Funcional do Sistema

A infraestrutura de comunicações percorre as diversas instalações do ML, através de cabos telefónicos na galeria, possibilitando assim a transmissão de serviços de voz e de dados, cujas velocidades de transmissão variam entre 1200 bps e 2,048 Mbps.

Permitem da mesma forma a interligação dos diversos equipamentos e sistemas do ML, localizados nas Estações, nos PMO's e Edifícios de Escritórios, servindo de meio de comunicação para os seguintes sistemas:

- Comandos centralizados da rede de energia;
- Comandos de sinalização;
- Sistema de radiocomunicações (Ver ponto 15 - Cabo Radiante);
- Distribuição horária;
- Interligação das centrais telefónicas;
- Telefones de estações e galerias, etc.

Devido à proximidade da instalação dos cabos telefónicos com os cabos de média tensão (30 kV) e com os cabos de alimentação do 3º carril (750 Vcc), dos arranques e manobras de comutação frequentes nos circuitos de tração das automotoras, será dada especial importância às características destes cabos, nomeadamente no que respeita à existência de uma blindagem.

8.3 Arquitectura do Sistema

Os elementos que compõem a rede de telecomunicações serão:

- Cabo telefónico;
- Cabo de FO;
- Bastidor de FO;
- Central Telefónica.

9 CABO RADIANTE

9.1 Introdução

Serão mantidas as comunicações via Rádio, entre o PCC – Posto de Comando Central e os comboios/equipas de exploração e manutenção na rede da Empresa, utilizando o SIRESP – Sistema Integrando das Redes de Emergência e Segurança de Portugal.

Pretende-se com este sistema assegurar a comunicação com os serviços de emergência, proteção civil e serviços de segurança para lidar com possíveis situações de emergência/calamidade.

Como meio de propagação de RF (Rádio Frequência), mantém-se a solução técnica existente, cabo radiante (leak feeder). O sistema SIRESP utiliza a banda UHF (380-400 MHz).

9.2 Especificação Funcional do Sistema

O sinal RF proveniente da estação base SIRESP, instalada na sala de telecomunicações da estação, é dividido por dois ramais de cabo radiante.

O cabo radiante será instalado no teto do túnel, em posição central, de forma a cobrir as duas vias.

Nas estações será instalado ao nível do cais, átrios e acessos. Os PV's terão igualmente cobertura até à superfície.

A distância entre o cabo radiante e os rádios varia entre, 2 e 5 metros, consoante se trate de, um comboio com antena instalada no topo da cabina condutora ou de, um rádio portátil utilizado pelas equipas de apoio à exploração, manutenção ou outras entidades aderentes do sistema SIRESP.

A fixação do cabo será efetuada com suportes resistentes ao fogo, com garra metálica garantindo assim o funcionamento do cabo até ao limite do mesmo. Estes suportes devem ser instalados sensivelmente de 8 em 8m, encurtando esta distância sempre que seja necessário. No intervalo destes, a cada metro, deverá ser instalado o mesmo tipo de suporte, mas com garra standard.

Serão efetuados testes e ensaios de propagação do sinal ao longo da instalação, com equipamentos de medida conforme recomendação do fabricante do cabo, de modo a garantir a cobertura de sinal.

No dimensionamento do sistema serão tidos em conta:

- Instalações em desníveis;
- Distância excessiva entre o cabo radiante e as antenas do comboio;
- Cruzamento com outros cabos, nomeadamente cabos de energia;
- Proximidade a fontes de calor;
- Raios de curvatura;
- Gabari estático e dinâmico do comboio;
- Possíveis obstáculos entre o cabo e os comboios que possam afetar a cobertura radioelétrica.

9.3 Arquitectura do Sistema

Os elementos que compõem a rede de comunicações radiante serão:

- Base Station;
- Cabo radiante;

- Suportes resistentes ao fogo;
- Suportes Standard;
- Conectores e acessórios.

A arquitetura proposta para o sistema, nas novas estações, é a seguinte:

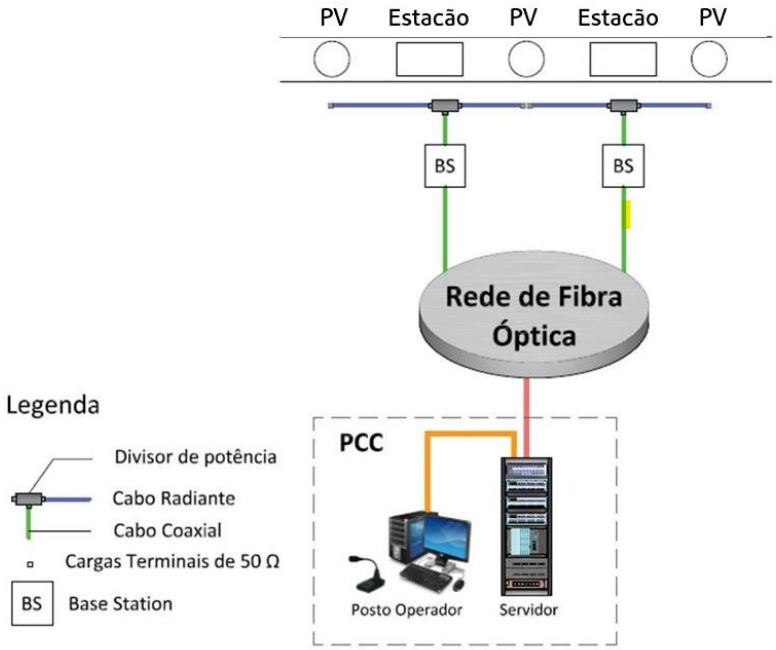


Figura 6 – Diagrama do Sistema de Comunicações Radiante

10 REQUISITOS TÉCNICOS

Para além da presente memória, serão ainda considerados os seguintes requisitos técnicos do ML:

- Cabos de Telecomunicações
- Sistema Automático de Deteção de Incêndios
- Rede de dados de Telecomunicações
- Cabo Radiante
- Telefones e Sistema DECT
- Circuito Interno de Televisão - CITV
- Sistema de Supervisão das Instalações Técnicas – SSIT
- Cabos de Energia
- Etiquetagem
- Caixas
- Abraçadeiras
- Tubagem
- Caminho de Cabos
- Aparelhagem
- Quadros Parciais

- Selagem Corta-Fogo
- Documentação

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas as referências a marcas e modelos indicadas na MD e Requisitos Técnicos, serão entendidas e consideradas como “igual ou equivalente”.

Em tudo o que ficou omisso nesta Memória Descritiva, dever-se-á seguir os Regulamentos e Normas Portuguesas em vigor, bem como as regras de boa técnica de execução e as orientações específicas do operador.

Registo e Controlo de Alterações

Revisão	Data	Descrição
0	2024-10-08	Emissão Inicial