

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE



PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
13/10/2024

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO										
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES				
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D
<b>TOMO III - VOLUME 1 - OE1 : TÍMPANO/ TÉRMINO S. SEBASTIÃO</b>										
<b>01 - ESTRUTURAS</b>										
1. Projeto de estruturas										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
LVSSA MSA PE STR TUN OE1 MD 088001 0		OBRA ESPECIAL OE1 - TÍMPANO TÉRMINO S.SEBASTIÃO.	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0						
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
LVSSA MSA PE STR TUN OE1 DW 088000 0	133692	OBRA ESPECIAL OE1	TÍMPANO COM TÚNEL EXISTENTE NO TERMINO SÃO SEBASTIÃO	0						
<b>02 - FLUIDOS</b>										
1. Projeto de Rede de incêndios										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
LVSSA MSA PE AGI TUN OE1 MD 098001 0		PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE1 (CLS)	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0						
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
Sem Peças desenhadas										
<b>03 - TELECOMUNICAÇÕES</b>										
1. Projeto de Telecomunicações										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
LVSSA MSA PE TLM TUN OE1 MD 118001 0		TELECOMUNICAÇÕES	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0						
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
LVSSA MSA PE TLM TUN OE1 DW 118001 0	133693	TELECOMUNICAÇÕES. TUNEL TÉRMINO	PLANTA - PORMENORES	0						
<b>04 - OUTRAS ESPECIALIDADES</b>										
1. Estudo de sobreposição de especialidades										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE										
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
sem peças desenhadas										

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE



PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
13/10/2024

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
<b>TOMO III - VOLUME 2 - OE2 : PASSAGEM SOB TÚNEL DO MARQUÊS</b>											
<b>01 - ESTRUTURAS</b>											
<b>1. Projeto geotécnico de escavação e estruturas provisórias, incluindo métodos construtivos associados</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE2 MD 088000 0		ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE2 MD 088001 0		ESTRUTURAS DEFINITIVAS	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE2 DW 088000 0	133694	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	IMPLANTAÇÃO, PLANTA, PERFIL LONGITUDINAL E SECÇÃO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE2 DW 088150 0	133695	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	DEFINIÇÃO GEOMÉTRICA - SECÇÕES	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE2 DW 088200 0	133696	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	PORMENORES CONSTRUTIVOS	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE2 DW 088300 0	133697	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	MÉTODO CONSTRUTIVO - ETAPAS 1 A 4 - SECÇÕES E PERFIL LONGITUDINAL	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE2 DW 088301 0	133698	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	MÉTODO CONSTRUTIVO - ETAPAS 5 E 6 - SECÇÕES E PERFIL LONGITUDINAL	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE2 DW 883002 0	133699	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	MÉTODO CONSTRUTIVO - ETAPA 7 - SECÇÕES E PERFIL LONGITUDINAL	0							
<b>2. Projeto das estruturas definitivas incluindo métodos construtivos associados e impermeabilização</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE2 MD 088001 0		ESTRUTURAS DEFINITIVAS	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE2 DW 088500 0	133700	ESTRUTURAS DEFINITIVAS	DIMENSIONAMENTO GERAL - IMPLANTAÇÃO E DIMENSIONAMENTO	0							
<b>02 - FLUIDOS</b>											
<b>1. Projeto de Rede de incêndios</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE AGI TUN OE2 MD 098001 0		PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE2	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE AGI TUN OE2 DW 098001 0	133701	PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE2		0							
<b>03 - TELECOMUNICAÇÕES</b>											
<b>1. Projeto de Telecomunicações</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE TLM TUN OE2 MD 118001 0		TELECOMUNICAÇÕES	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE TLM TUN OE2 DW 118001 0	133702	TELECOMUNICAÇÕES		0							
<b>04 - OUTRAS ESPECIALIDADES</b>											
<b>1. Estudo de sobreposição de especialidades</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>											
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
<i>sem peças desenhadas.</i>											

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE

PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
13/10/2024



IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO										
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES				
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D
<b>TOMO III - VOLUME 3 - OE3 : TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1</b>										
<b>01 - ESTRUTURAS</b>										
1. Projeto geotécnico de escavação e estruturas provisórias, incluindo métodos construtivos associados										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
LVSSA MSA PE STR TUN OE3 MD 088001 0		OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1 - ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0						
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
LVSSA MSA PE STR TUN OE3 DW 088000 0	133703	OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1	TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1 IMPLANTAÇÃO, PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL	0						
LVSSA MSA PE STR TUN OE3 DW 088001 0	133704	OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1	TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1 SECÇÕES, SUPORTE E REVESTIMENTO	0						
LVSSA MSA PE STR TUN OE3 DW 088002 0	133705	OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1	TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1 MÉTODO CONSTRUTIVO-SECÇÃO VR1.1 E VR1.2, PERFIL LONGITUDINAL	0						
LVSSA MSA PE STR TUN OE3 DW 088003 0	133706	OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1	TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1 MÉTODO CONSTRUTIVO-SECÇÃO VR2.3/ VR1.4 E VR1.5, PERFIL LONGITUDINAL	0						
2. Projeto das estruturas definitivas incluindo métodos construtivos associados e impermeabilização										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
LVSSA MSA PE STR TUN OE3 MD 088002 0		OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1 - ESTRUTURAS DEFINITIVAS	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0						
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
LVSSA MSA PE STR TUN OE3 DW 088004 0	133707	OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1	TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1 - SECÇÕES - REVESTIMENTO DEFINITIVO (1/3)	0						
LVSSA MSA PE STR TUN OE3 DW 088005 0	133708	OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1	TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1 - SECÇÕES - REVESTIMENTO DEFINITIVO (2/3)	0						
LVSSA MSA PE STR TUN OE3 DW 088006 0	133709	OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1	TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1 - SECÇÕES - REVESTIMENTO DEFINITIVO (3/3)	0						
<b>02 - FLUIDOS</b>										
1. Projeto de Rede de incêndios										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
LVSSA MSA PE AGI TUN OE3 MD 098001 0		PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS, OE3	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0						
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
LVSSA MSA PE AGI TUN OE3 DW 098001 0	133710	PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS, OE3		0						
<b>03 - TELECOMUNICAÇÕES</b>										
1. Projeto de Telecomunicações										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
LVSSA MSA PE TLM TUN OE3 MD 118001 0		TELECOMUNICAÇÕES	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0						
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
LVSSA MSA PE TLM TUN OE3 DW 118001 0	133711	TELECOMUNICAÇÕES		0						
<b>04 - SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS</b>										
1. Projeto de Segurança contra incêndios										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>				0						
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
LVSSA MSA PE SCI TUN OE3 DW 198001 0	133712	INSTALAÇÃO DE DETEÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIO NO TÚNEL E VIAS DE RESGUARDO		0						
<b>05 - OUTRAS ESPECIALIDADES</b>										
1. Estudo de sobreposição de especialidades										
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>										
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>										
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>										
<i>sem peças desenhadas</i>										

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE



PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
13/10/2024

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
<b>TOMO III - VOLUME 4 - OE4 : TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2</b>											
<b>01 - ESTRUTURAS</b>											
1. Projeto geotécnico de escavação e estruturas provisórias, incluindo métodos construtivos associados											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE STR TUN OE4 MD 088001 0		OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2 - ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE STR TUN OE4 DW 088000 0	133713	OBRA ESPECIAL OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2	OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2 - IMPLANTAÇÃO - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE4 DW 088001 0	133714	OBRA ESPECIAL OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2	OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2 - SEÇÕES - SUPORTE E REVESTIMENTO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE4 DW 088002 0	133715	OBRA ESPECIAL OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2	OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2 - MÉTODO CONSTRUTIVO - SEÇÃO VR2.2 E VR2.2 - PERFIL CONSTRUTIVO E REVESTIMENTO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE4 DW 088003 0	133716	OBRA ESPECIAL OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2	OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2 - MÉTODO CONSTRUTIVO - SEÇÃO VR2.3/VR2.4 E VR2.5 - PERFIL CONSTRUTIVO E REVESTIMENTO	0							
2. Projeto das estruturas definitivas incluindo métodos construtivos associados e impermeabilização											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE STR TUN OE4 MD 088002 0		OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2 - ESTRUTURAS DEFINITIVAS	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE STR TUN OE4 DW 088004 0	133717	OBRA ESPECIAL OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2	TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2 - SEÇÕES - REVESTIMENTO DEFINITIVO (1/2)	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE4 DW 088005 0	133718	OBRA ESPECIAL OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2	TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2 - SEÇÕES - REVESTIMENTO DEFINITIVO (2/3)	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE4 DW 088006 0	133719	OBRA ESPECIAL OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2	TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2 - SEÇÕES - REVESTIMENTO DEFINITIVO (3/3)	0							
<b>02 - FLUIDOS</b>											
1. Projeto de Rede de incêndios											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE AGI TUN OE4 MD 098001 0		PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE4	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE AGI TUN OE4 DW 098001 0	133720	PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE4		0							
<b>03 - TELECOMUNICAÇÕES</b>											
1. Projeto de Telecomunicações											
PEÇAS ESCRITAS											
LVSSA MSA PE TLM TUN OE4 MD 118001 0		TELECOMUNICAÇÕES	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE TLM TUN OE4 DW 118001 0	133721	TELECOMUNICAÇÕES		0							
<b>04 - SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS</b>											
1. Projeto de Segurança contra incêndios											
PEÇAS ESCRITAS											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>				0							
PEÇAS DESENHADAS											
LVSSA MSA PE SCI TUN OE4 DW 198001 0	133722	INSTALAÇÃO DE DETEÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIO NO TÚNEL E VIAS DE RESGUARDO		0							
<b>05 - OUTRAS ESPECIALIDADES</b>											
1. Estudo de sobreposição de especialidades											
PEÇAS ESCRITAS											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>											
PEÇAS DESENHADAS											
<i>sem peças desenhadas</i>											

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE

PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
13/10/2024



IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO

CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E

TOMO III - VOLUME 5 - OE5 : TÚNEL NA ZONA DO BALUARTE

01 - ESTRUTURAS

1. Projeto geotécnico de escavação e estruturas provisórias, incluindo métodos construtivos associados

PEÇAS ESCRITAS

LVSSA MSA PE STR TUN OES NC 088000 0		CRITÉRIOS GERAIS DE PROJETO	NOTA DE CÁLCULO	0										
LVSSA MSA PE STR TUN OES MD 088001 0		ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	MEMÓRIA DESCRITIVA	0										
LVSSA MSA PE STR TUN OES NC 088001 0		ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	NOTA DE CÁLCULO	0										

PEÇAS DESENHADAS

LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088000 0	133723	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	PLANTA DE IMPLANTAÇÃO E LOCALIZAÇÃO	0										
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088050 0	133724	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	PLANTA DE DIMENSIONAMENTO	0										
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088100 0	133725	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	ALÇADO AB E BC	0										
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088101 0	133726	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	ALÇADO CD	0										
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088150 0	133727	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	CORTE A-A E B-B	0										
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088151 0	134511	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	CORTE C-C E D-D	0										
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088200 0	133728	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	PORMENORES	0										
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088300 0	133729	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	FASEAMENTO GERAL DA SOLUÇÃO (1/2)	0										
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088301 0	133730	ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	FASEAMENTO GERAL DA SOLUÇÃO (2/2)	0										

2. Projeto das estruturas definitivas incluindo métodos construtivos associados e impermeabilização

PEÇAS ESCRITAS

LVSSA MSA PE STR TUN OES MD 088002 0		ESTRUTURAS DEFINITIVAS	MEMÓRIA DESCRITIVA	0										
LVSSA MSA PE STR TUN OES NC 088002 0		ESTRUTURAS DEFINITIVAS	NOTA DE CÁLCULO	0										

PEÇAS DESENHADAS

LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088500 0	133731	ESTRUTURAS DEFINITIVAS	PLANTA DE IMPLANTAÇÃO E LOCALIZAÇÃO	0										
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088550 0	133732	ESTRUTURAS DEFINITIVAS	PLANTA DE DIMENSIONAMENTO	0										
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088750 0	133733	ESTRUTURAS DEFINITIVAS	CORTES	0										
LVSSA MSA PE STR TUN OES DW 088800 0	133734	ESTRUTURAS DEFINITIVAS	PORMENORES	0										

02 - SERVIÇOS AFETADOS

1. Projeto de Desvio de Redes, Enterradas e em Superfície

PEÇAS ESCRITAS

LVSSA MSA PE SAF TUN OES MD 058001 0		MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA		0										
--------------------------------------	--	------------------------------------	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

PEÇAS DESENHADAS

LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058001 0	133735	SERVIÇOS AFETADOS	MULTIREDES	0										
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058002 0	133736	SERVIÇOS AFETADOS	SANEAMENTO	0										
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058003 0	133737	SERVIÇOS AFETADOS	ABASTECIMENTO	0										
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058004 0	133738	SERVIÇOS AFETADOS	SLAT	0										
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058005 0	133739	SERVIÇOS AFETADOS	GAS	0										
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058006 0	133740	SERVIÇOS AFETADOS	TELECOMUNICAÇÕES	0										
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058007 0	135011	SERVIÇOS AFETADOS	Baixa Tensão - Provisório	0										
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058008 0	135012	SERVIÇOS AFETADOS	Baixa Tensão - Definitivo	0										
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058009 0	135013	SERVIÇOS AFETADOS	Média Tensão - Provisório	0										
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058010 0	135014	SERVIÇOS AFETADOS	Média Tensão - Definitivo	0										
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058011 0	135015	SERVIÇOS AFETADOS	Iluminação Pública - Provisório	0										
LVSSA MSA PE SAF TUN OES DW 058012 0	135016	SERVIÇOS AFETADOS	Iluminação Pública - Definitivo	0										

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE



PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
13/10/2024

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
<b>03 - FLUIDOS</b>											
<b>1. Projeto de Rede de incêndios</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE AGI TUN OES MD 098001 0		PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OES	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE AGI TUN OES DW 098001 0	133741	PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OES		0							
<b>04 - TELECOMUNICAÇÕES</b>											
<b>1. Projeto de Telecomunicações</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE TLM TUN OES MD 118001 0		TELECOMUNICAÇÕES	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE TLM TUN OES DW 118001 0	133742	TELECOMUNICAÇÕES		0							
<b>05 - OUTRAS ESPECIALIDADES</b>											
<b>1. Estudo de sobreposição de especialidades</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>											
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
<i>sem peças desenhadas</i>											

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE



PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
13/10/2024

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
<b>TOMO III - VOLUME 6 - OE6 : TÚNEL NA ZONA DO ALVITO</b>											
<b>01 - ESTRUTURAS</b>											
<b>1. Projeto geotécnico de escavação e estruturas provisórias, incluindo métodos construtivos associados</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 NC 088000 0		OBRA ESPECIAL OE6 - TÚNEL ZONA DO ALVITO	NOTA DE CÁLCULO. CRITÉRIOS GERAIS DE PROJETO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 MD 088002 0		OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA. ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA E FASEAMENTO CONSTRUTIVO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 NC 088002		OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	NOTA DE CÁLCULO. ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO PROVISÓRIA E FASEAMENTO CONSTRUTIVO	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088401 0	133743	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	CONTENÇÃO PERIFÉRICA PLANTA FASE A	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088402 0	133744	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	CONTENÇÃO PERIFÉRICA PLANTA FASE B	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088403 0	133745	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	CONTENÇÃO PERIFÉRICA PLANTA FASE C	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088404 0	133746	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	CONTENÇÃO PERIFÉRICA PLANTA FASE D	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088405 0	133747	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	CONTENÇÃO PERIFÉRICA PLANTA FASE E	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088406 0	133748	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	FASEAMENTO CONSTRUTIVO CORTE TRANSVERSAL A.A'	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088407 0	133749	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	FASEAMENTO CONSTRUTIVO CORTE TRANSVERSAL B.B'	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088408 0	133750	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	FASEAMENTO CONSTRUTIVO CORTE TRANSVERSAL C.C'	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE7 DW 088409 0	133751	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	FASEAMENTO CONSTRUTIVO - PORMENORES	0							
<b>2. Projeto das estruturas definitivas incluindo métodos construtivos associados e impermeabilização</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 MD 088001 0		OBRA ESPECIAL OE6 - TÚNEL ZONA DO ALVITO	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA. ESTRUTURAS EXTERNAS E INTERNAS	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 NC 088001 0		OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	NOTA DE CÁLCULO. ESTRUTURAS EXTERNAS E INTERNAS	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088102 0	133752	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	DIMENSIONAMENTO PLANTA DE IMPLANTAÇÃO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088103 0	133753	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	DIMENSIONAMENTO GERAL SECÇÕES TRANSVERSAIS TIPO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088104 0	133754	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	DIMENSIONAMENTO TÚNEL LIOS PLANTAS	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088105 0	133755	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	DIMENSIONAMENTO TÚNEL METRO LISBOA PLANTAS	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088106 0	133756	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	DIMENSIONAMENTO CORTES LONGITUDINAIS	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE6 DW 088107 0	133757	OBRA ESPECIAL OE6- TÚNEL ALVITO	DIMENSIONAMENTO SECÇÕES TRANSVERSAIS	0							
<b>02 - SERVIÇOS AFETADOS</b>											
<b>1.Projeto de Desvio de Redes, Enterradas e em Superfície</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 MD 058001 0		MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA		0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058001 0	133758	SERVIÇOS AFETADOS	MULTIREDES	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058002 0	133759	SERVIÇOS AFETADOS	SANEAMENTO	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058003 0	133760	SERVIÇOS AFETADOS	ABASTECIMENTO	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058004 0	133761	SERVIÇOS AFETADOS	SLAT	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058005 0	133762	SERVIÇOS AFETADOS	GAS	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058006 0	133763	SERVIÇOS AFETADOS	TELECOMUNICAÇÕES	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058007 0	135017	SERVIÇOS AFETADOS	Baixa Tensão - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058008 0	135018	SERVIÇOS AFETADOS	Baixa Tensão - Definitivo	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058009 0	135019	SERVIÇOS AFETADOS	Média Tensão - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058010 0	135020	SERVIÇOS AFETADOS	Média Tensão - Definitivo	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058011 0	135021	SERVIÇOS AFETADOS	Iluminação Pública - Provisório	0							
LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 DW 058012 0	135022	SERVIÇOS AFETADOS	Iluminação Pública - Definitivo	0							

LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE



PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
13/10/2024

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
<b>03 - FLUIDOS</b>											
<b>1. Projeto de Rede de incêndios</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE AGI TUN OE6 MD 098001 0		PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE6	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE AGI TUN OE6 DW 098001 0	133764	PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE6		0							
<b>04 - TELECOMUNICAÇÕES</b>											
<b>1. Projeto de Telecomunicações</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE TLM TUN OE6 MD 118001 0		TELECOMUNICAÇÕES	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE TLM TUN OE6 DW 118001 0	133765	TELECOMUNICAÇÕES		0							
<b>05 - OUTRAS ESPECIALIDADES</b>											
<b>1. Estudo de sobreposição de especialidades</b>											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>											
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
<i>sem peças desenhadas</i>											



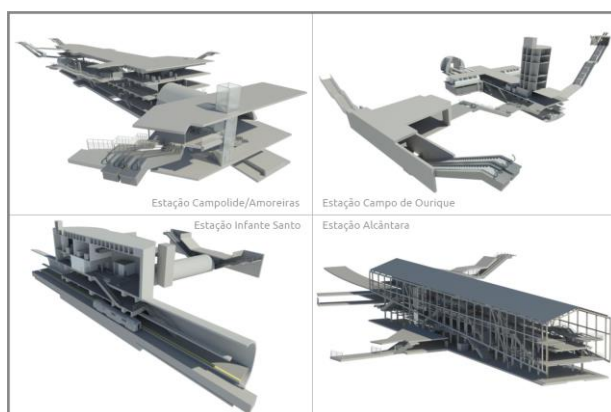
LISTA (PREL.) DE PEÇAS DO PE A INTEGRAR O RECAPE



PROJETO DE EXECUÇÃO (PE)  
13/10/2024

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO											
CÓDIGO DOCUMENTO	CÓDIGO ML	DESIGNAÇÃO		VERSÃO ATUAL		REGISTO DE VERSÕES					
		Título	Subtítulo	REV.	DATA	0	A	B	C	D	E
<b>TOMO III - VOLUME 7 - OE7 : TÚNEL TÉRMINO</b>											
<b>01 - ESTRUTURAS</b>											
1. Projeto geotécnico de escavação e estruturas provisórias, incluindo métodos construtivos associados											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE7 MD 088001 0		OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 3 - ESTRUTURAS PROVISÓRIAS	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE7 DW 088000 0	133766	OBRA ESPECIAL OE7 - TÚNEL TÉRMINO	OE7 - TÚNEL TÉRMINO - IMPLANTAÇÃO, PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE7 DW 088001 0	133767	OBRA ESPECIAL OE7 - TÚNEL TÉRMINO	OE7 - TÚNEL TÉRMINO - SECÇÕES, SUPORTE E REVESTIMENTO	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE7 DW 088002 0	133768	OBRA ESPECIAL OE7 - TÚNEL TÉRMINO	OE7 - TÚNEL TÉRMINO - SECÇÃO - MÉTODO CONSTRUTIVO - PERFIL LONGITUDINAL E CORTE	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE7 DW 088003 0	133769	OBRA ESPECIAL OE7 - TÚNEL TÉRMINO	OE7 - TÚNEL TÉRMINO - SECÇÃO - MÉTODO CONSTRUTIVO - PERFIL LONGITUDINAL E CORTE	0							
2. Projeto das estruturas definitivas incluindo métodos construtivos associados e impermeabilização											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE7 MD 088002 0		OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 3 - ESTRUTURAS DEFINITIVAS	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE STR TUN OE7 DW 088004 0	133770	OBRA ESPECIAL OE7 - TÚNEL TÉRMINO	OE7 - TÚNEL TÉRMINO - SECÇÕES - REVESTIMENTO DEFINITIVO (1/2)	0							
LVSSA MSA PE STR TUN OE7 DW 088005 0	133771	OBRA ESPECIAL OE7 - TÚNEL TÉRMINO	OE7 - TÚNEL TÉRMINO - SECÇÕES - REVESTIMENTO DEFINITIVO (2/2)	0							
<b>02 - FLUIDOS</b>											
1. Projeto de Rede de incêndios											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE AGI TUN OE7 MD 098001 0		PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE7	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE AGI TUN OE7 DW 098001 0	133772	PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE7		0							
<b>03 - TELECOMUNICAÇÕES</b>											
1. Projeto de Telecomunicações											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
LVSSA MSA PE TLM TUN OE7 MD 118001 0		TELECOMUNICAÇÕES	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	0							
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE TLM TUN OE7 DW 118001 0	133773	TELECOMUNICAÇÕES		0							
<b>04 -SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS</b>											
1. Projeto de Segurança contra incêndios											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>											
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
LVSSA MSA PE SCI TUN OE7 DW 198001 0	133774	INSTALAÇÃO DE DETEÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIO NO TÚNEL E VIAS DE RESGUARDO		0							
<b>05 - OUTRAS ESPECIALIDADES</b>											
1. Estudo de sobreposição de especialidades											
<b>PEÇAS ESCRITAS</b>											
<i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i>											
<b>PEÇAS DESENHADAS</b>											
<i>sem peças desenhadas</i>											

**METRO DE LISBOA**  
**LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA**  
**EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO DO**  
**PROLONGAMENTO DA LINHA**  
**PROJETO DE EXECUÇÃO**



**TOMO III – OBRAS ESPECIAIS**  
**VOLUME 2 – PASSAGEM SOB TÚNEL DO MARQUÊS**  
**MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA – ESTRUTURAS**  
**PROVISÓRIAS**

<b>Documento SAP:</b>			
	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Elaborado	André Sousa (AS)		2024-10-04
Revisto / Verificado	Rui Tomásio (RT)		2024-10-04
Coordenador Projeto	Raúl Pistone (RP)		2024-10-04
Aprovado	Raúl Pistone (RP)		2024-10-04

## Índice

1	OBJETIVO E ÂMBITO.....	5
2	ELEMENTOS DE BASE.....	5
3	CONDICIONAMENTOS.....	5
3.1	Traçado .....	5
3.2	Interferências e Demolições de Edifícios.....	5
3.3	Geologia e Geotecnia.....	6
3.4	Desvios de Circulação .....	7
3.5	Ocupação de Superfície e de Subsolo.....	7
3.6	Interferências com o Património Edificado .....	8
3.7	Implantação .....	8
3.8	Segurança.....	8
3.9	Arquitetónicos.....	8
3.10	Compatibilidade com as Outras Especialidades.....	9
3.11	Ambiente.....	9
4	REGULAMENTAÇÃO E BIBLIOGRAFIA DE BASE.....	10
5	MATERIAIS.....	11
6	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO.....	13
6.1	Tempo de Vida Útil .....	13
6.2	Classificação da Obra de Acordo com a sua Importância.....	13
6.3	Classe de Inspeção.....	13
6.4	Classe de Fiabilidade .....	13
6.5	Classificação do Tipo de Terreno .....	13
6.6	Zonamento e Parametização Geológico-Geotécnico .....	15
6.7	Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas.....	16
6.7.1	Túneis .....	16
6.7.2	Requisitos legais de proteção de águas subterrâneas .....	16
7	DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO.....	16
7.1	Suporte primário .....	16
8	FASEAMENTO CONSTRUTIVO.....	19
9	PROJETO DE SUPORTE PRIMÁRIO .....	21
9.1	Critérios de verificação da segurança.....	21

9.2	Ações consideradas.....	21
9.3	Combinações de ações para os estados limite e abordagens de cálculo.....	22
9.4	Metodologia de cálculo.....	24
9.4.1	Modelo de cálculo.....	25
9.4.2	Faseamento construtivo adotado no modelo numérico .....	26
9.5	Verificações de segurança do suporte primário.....	29
9.5.1	Descrição geral .....	29
9.5.2	Estado limite último de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas .....	30
9.5.3	Estado limite último de resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado .....	32
9.5.4	Estado limite de utilização – deslocamentos e convergências da secção do túnel de ligação .....	34
10	PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO.....	35
10.1	Introdução .....	35
10.2	Escavações Mineiras.....	36
10.3	Edificações / Escavação a céu aberto .....	36
11	AVALIAÇÃO DE DANOS.....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	– Corte transversal do túnel piloto .....	18
Figura 2	– Corte transversal da calote superior do suporte primário .....	18
Figura 3	– Corte transversal da secção completa do suporte primário.....	18
Figura 4	– Perfil longitudinal do túnel.....	18
Figura 5	– Indicação das secções de cálculo.....	25
Figura 6	– Modelo de cálculo no Plaxis 2D (secção 1).....	26
Figura 7	– Modelo de cálculo no Plaxis 2D (secção 2).....	26
Figura 8	– Parâmetros de modelação da contribuição das fibras metálicas (segundo Bekeart Moment Capacity) .....	31

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	– Características dos materiais considerados no estudo do suporte primário (1/2).....	11
Tabela 2	– Características dos materiais considerados no estudo do suporte primário (2/2).....	11

Tabela 3 – Características dos materiais considerados no estudo do suporte definitivo (1/2).....	12
Tabela 4 – Características dos materiais considerados no estudo do suporte definitivo (2/2).....	12
Tabela 5 – Estruturas provisórias e definitivas. Recobrimentos nominais das armaduras .....	12
Tabela 6 – Tipos de Solos de acordo com o EC8.....	13
Tabela 7 – Caracterização dos Solos de acordo com o EC8.....	14
Tabela 8 – Características geológico-geotécnicas e parâmetros geotécnicos das unidades terrosas (1/2) .....	15
Tabela 9 – Características geológico-geotécnicas e parâmetros geotécnicos das unidades terrosas (2/2) .....	15
Tabela 10 – Ações de dimensionamento.....	22
Tabela 11 – Coeficientes de redução.....	23
Tabela 12 – Coeficientes parciais de segurança utilizados nas ações.....	23
Tabela 13 – Coeficientes parciais de segurança utilizados na minoração das propriedades do terreno ...	24
Tabela 14 – Coeficientes parciais de segurança relativos aos materiais para os estados limites últimos .	24
Tabela 15 – Faseamento construtivo modelado para o túnel (1/3).....	27
Tabela 16 – Faseamento construtivo modelado do túnel de ligação (2/3).....	27
Tabela 17 – Faseamento construtivo modelado do túnel de ligação (3/3).....	28
Tabela 18 – Verificações de segurança associadas ao suporte primário.....	29
Tabela 19 – Verificação da resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas (secção 1) .....	32
Tabela 20 – Verificação da resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas (secção 2) .....	32
Tabela 21 – Verificação da resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas (secção 1) .....	33
Tabela 22 – Verificação da resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas (secção 2) .....	34
Tabela 23 – Deformações estimadas para o túnel da OE2 e do túnel do Marquês.....	34

## 1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível do Anteprojeto, da Memória Descritiva e Justificativa da obra da Obra Especial 2, e, é parte integrante do Volume 2 – OE2 Passagem sob o Túnel do Marquês contido no Tomo III – Obras Especiais.

A intervenção realiza-se no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara.

## 2 ELEMENTOS DE BASE

Com base nos elementos do Programa Preliminar e do Estudo Prévio 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 Anteprojeto, 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 III – Arquitetura, Volume 1 – Estações:  
Estação Campolide Amoreiras:
  - Memória Descritiva e Justificativa – “LVSSA ML PP ARQ EST ECA MD 062001 0”;
  - Peças Desenhadas (“LVSSA ML PP ARQ EST ECA DW 062000 0” a “LVSSA ML PP ARQ EST ECA DW 062006 0”);
- Programa Preliminar, Tomo IV – Estruturas, Volume 2 – Obras Especiais:  
OE2:
  - Memória Descritiva e Justificativa – “LVSSA ML PP STR TUN OE2 MD 088001 0”;
  - Peças Desenhadas (“LVSSA ML PP STR TUN OE2 DW 088000 A” a “LVSSA ML PP STR TUN OE2 DW 088002 A” e “LVSSA ML PP STR TUN OE2 DW 088003 0” a “LVSSA ML PP STR TUN OE2 DW 088005 0” e “LVSSA ML PP STR TUN OE2 DW 088100 0”);

## 3 CONDICIONAMENTOS

### 3.1 Traçado

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

A profundidade a que está colocado o P.B.V. (Plano Base da Via) relativamente à superfície, cerca de 20 m, condicionou a solução estrutural bem como o faseamento construtivo.

### 3.2 Interferências e Demolições de Edifícios

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

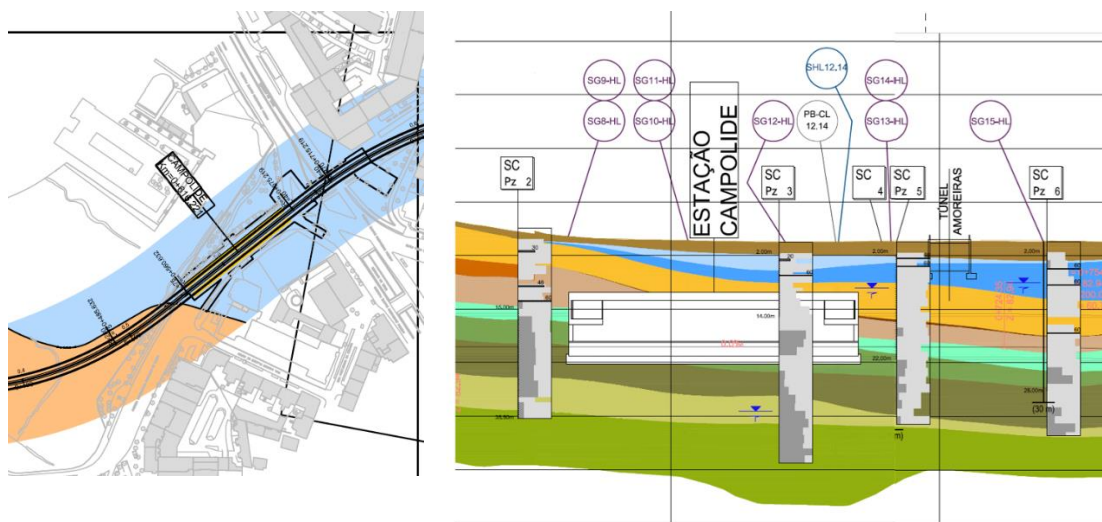
As interferências resultantes da construção do túnel que resultam em necessidade de demolições, encontram-se retratadas no Tomo I – Geral, Volume 27 – Demolições ao Longo da Linha, do presente Anteprojeto.

### 3.3 Geologia e Geotecnia

Nesta fase de Anteprojeto 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 6 – Estudo Geológico-Geotécnico (LVSSA CBJ EP GEO 000 000 MD 020001 0) do Tomo I – Geral. 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 021002 0 e LVSSA CBJ EP GEO LIN 000 DW 021004 0)

A Estação de Campolide Amoreiras está prevista ser construída, com a sua soleira a uma profundidade média de cerca de 23 m, sob uma cobertura superficial de materiais de aterro, o meio envolvente é caracterizado por um maciço sequencialmente constituído do topo para a base por materiais miocénicos da “Formação dos Prazeres”, predominantemente argilas e margas, materiais da oligocénicos da “Formação de Benfica”, essencialmente por areias finas siltosas e silto-argilosas, CVL- “Complexo Vulcânico de Lisboa”, nesta zona principalmente correspondente a tufos e passagens de basalto decomposto. Abaixo desta unidade ocorrem calcários da Formação da Bica, nomeadamente a unidade Cc1a, essencialmente correspondente a argilas margosas, Cc1b (calcário nodular) e Cc1c (calcário semi-cristalino a cristalino com rudistas), sendo nestas duas últimas unidades que fica posicionada a soleira da estação. Cc1c a norte e Cc1b a sul. Na continuidade para sul da sequência geológica descrita, a Obra Especial 2 (OE2), junto ao túnel do Marquês, sob a cobertura de materiais de aterro, interessa materiais miocénicos da “Formação dos Prazeres” e oligocénicos da “Formação de Benfica”.

Tendo em conta a possível existência de níveis de água suspensos, considera-se para efeito de cálculo que na zona envolvente à estação de Amoreiras Campolide e à Obra especial OE2, o nível de água se situe à cota 85,00.

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

**Tabela 1 – Valores característicos dos parâmetros a adotar na presente fase do estudo para as várias formações ocorrentes**

Unidade <sup>α</sup>	$\gamma^{\alpha}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}^{\alpha}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_u^{\alpha}$ (kPa)	$E_u^{\alpha}$ (MPa)	$c^{\alpha}$ (kPa)	$\phi^{\alpha}$ (°)	$E^{\alpha}$ (MPa)	$K_0^{\alpha}$	$k^{\alpha}$ (m/s)	$v^{\alpha}$	$\sigma^{\alpha}$ (MPa) [rocha]	$E^{\alpha}$ (GPa) [rocha]
ATERRO, A <sup>β</sup>	18 <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	---	---	0 <sup>α</sup>	28 <sup>α</sup>	10 <sup>α</sup>	0,5 <sup>α</sup>	10 <sup>-5</sup> <sup>α</sup>	0,35 <sup>α</sup>	---	---
ALUVIÃO, a(ar) <sup>α</sup>	19 <sup>α</sup>	21 <sup>α</sup>	---	---	0 <sup>α</sup>	34 <sup>α</sup>	50 <sup>α</sup>	0,5 <sup>α</sup>	10 <sup>-5</sup> <sup>α</sup>	0,30 <sup>α</sup>	---	---
ALUVIÃO, a(ag) <sup>α</sup>	17 <sup>α</sup>	19 <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	0 <sup>α</sup>	25 <sup>α</sup>	10 <sup>α</sup>	0,5 <sup>α</sup>	10 <sup>-8</sup> <sup>α</sup>	0,46 <sup>α</sup>	---	---
ALUVIÃO, a(cg) <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	22 <sup>α</sup>	---	---	0 <sup>α</sup>	35 <sup>α</sup>	75 <sup>α</sup>	0,5 <sup>α</sup>	10 <sup>-4</sup> <sup>α</sup>	0,30 <sup>α</sup>	---	---
MIOCÉNICO, M(ag)a-NSPT->50 <sup>α</sup>	22 <sup>α</sup>	23 <sup>α</sup>	350 <sup>α</sup>	100 <sup>α</sup>	10 <sup>α</sup>	33 <sup>α</sup>	60 <sup>α</sup>	1,0 <sup>α</sup>	10 <sup>-8</sup> <sup>α</sup>	0,33 <sup>α</sup>	---	---
MIOCÉNICO, M(ag)b-NSPT-<50 <sup>α</sup>	21 <sup>α</sup>	22 <sup>α</sup>	180 <sup>α</sup>	40 <sup>α</sup>	5 <sup>α</sup>	28 <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	1,0 <sup>α</sup>	10 <sup>-8</sup> <sup>α</sup>	0,38 <sup>α</sup>	---	---
MIOCÉNICO M(cal) <sup>α</sup>	24 <sup>α</sup>	24 <sup>α</sup>	---	---	100 <sup>α</sup>	34 <sup>α</sup>	400 <sup>α</sup>	0,8 <sup>α</sup>	10 <sup>-5</sup> <sup>α</sup>	0,25 <sup>α</sup>	---	---
OLIGOCÉNICO, O <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	22 <sup>α</sup>	400 <sup>α</sup>	150 <sup>α</sup>	25 <sup>α</sup>	30 <sup>α</sup>	75 <sup>α</sup>	1,2 <sup>α</sup>	10 <sup>-7</sup> <sup>α</sup>	0,30 <sup>α</sup>	α	α
BASALTO, β <sup>β</sup>	26 <sup>α</sup>	26 <sup>α</sup>	---	---	200 <sup>α</sup>	40 <sup>α</sup>	2000 <sup>α</sup>	0,8 <sup>α</sup>	10 <sup>-7</sup> <sup>α</sup>	0,26 <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	12 <sup>α</sup>
BASALTO, β <sub>WS, W4/S</sub> <sup>α</sup>	21 <sup>α</sup>	23 <sup>α</sup>	---	---	50 <sup>α</sup>	35 <sup>α</sup>	250 <sup>α</sup>	0,7 <sup>α</sup>	10 <sup>-6</sup> <sup>α</sup>	0,28 <sup>α</sup>	---	---
TUFOS, τ <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	21 <sup>α</sup>	---	---	60 <sup>α</sup>	35 <sup>α</sup>	120 <sup>α</sup>	1,0 <sup>α</sup>	10 <sup>-7</sup> <sup>α</sup>	0,27 <sup>α</sup>	---	---
CALCÁRIO, Cc1a <sup>α</sup>	23 <sup>α</sup>	23 <sup>α</sup>	---	---	50 <sup>α</sup>	32 <sup>α</sup>	60 <sup>α</sup>	0,8 <sup>α</sup>	10 <sup>-7</sup> <sup>α</sup>	0,23 <sup>α</sup>	---	---
CALCÁRIO, Cc1b <sup>α</sup>	24 <sup>α</sup>	24 <sup>α</sup>	---	---	90 <sup>α</sup>	38 <sup>α</sup>	325 <sup>α</sup>	0,8 <sup>α</sup>	10 <sup>-7</sup> <sup>α</sup>	0,21 <sup>α</sup>	9 <sup>α</sup>	3 <sup>α</sup>
CALCÁRIO, Cc1c <sup>α</sup>	25 <sup>α</sup>	25 <sup>α</sup>	---	---	300 <sup>α</sup>	42 <sup>α</sup>	4000 <sup>α</sup>	0,8 <sup>α</sup>	10 <sup>-6</sup> <sup>α</sup>	0,21 <sup>α</sup>	50 <sup>α</sup>	27,5 <sup>α</sup>
CALCÁRIO, Cc1d <sup>α</sup>	24 <sup>α</sup>	24 <sup>α</sup>	---	---	120 <sup>α</sup>	40 <sup>α</sup>	1250 <sup>α</sup>	0,8 <sup>α</sup>	10 <sup>-7</sup> <sup>α</sup>	0,21 <sup>α</sup>	12 <sup>α</sup>	6 <sup>α</sup>
CALCÁRIO-DE-CANEÇAS <sup>α</sup>	23 <sup>α</sup>	23 <sup>α</sup>	---	---	80 <sup>α</sup>	35 <sup>α</sup>	400 <sup>α</sup>	0,8 <sup>α</sup>	10 <sup>-7</sup> <sup>α</sup>	0,25 <sup>α</sup>	5 <sup>α</sup>	1,5 <sup>α</sup>

### 3.4 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 e os estaleiros são objetos de projeto autónomo, apresentado no Tomo V – Estações, Volume 1 – Estação Campolide Amoreiras, Parte 08, Outras especialidades, deste Anteprojecto.

### 3.5 Ocupação de Superfície e de Subsolo

A execução a céu aberto da estação e dos acessos 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 Tomo V – Estações, Volume 1 – Estação Campolide Amoreiras, Parte 03, Serviços Afetados, deste Anteprojecto.



### 3.6 Interferências com o Património Edificado

As interferências da Estação Campolide Amoreiras com o património edificado encontram-se em projeto específico, no Tomo V – Estações, Volume 1 – Estação Campolide Amoreiras, Parte 08, Outras especialidades do presente Anteprojeto.

### 3.7 Implantação

A implantação da obra foi analisada por forma a minimizar as interferências com os edifícios existentes, nomeadamente os números 17, 18, 18a e 19 na Avenida Conselheiro Fernando de Sousa e o número 20 da Avenida Eng<sup>o</sup> Duarte Pacheco. O corpo da estação é implantado sob a Avenida Conselheiro Fernando de Sousa.

### 3.8 Segurança

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

1. Evitar os riscos;
2. Avaliar os riscos que não possam ser evitados;
3. Combater os riscos na origem;
4. Adaptar o trabalho ao trabalhador;
5. Ter em conta o estado de evolução técnica;
6. Substituir o que é perigoso pelo que é isento de perigo ou menos perigoso;
7. Planificar a prevenção;
8. Dar prioridade à prevenção coletiva em relação à individual;
9. Dar formação e instruções adequadas aos trabalhadores.

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

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

### 3.9 Arquitetónicos

O presente Anteprojeto procura atingir as soluções técnicas mais adequadas e que estão compatibilizadas com o projeto de Arquitetura, desenvolvido ao mesmo nível, (Tomo V – Estações, Volume 1 – Estação Campolide Amoreiras, Parte 01, Arquitetura).

### 3.10 Compatibilidade com as Outras Especialidades

O presente Anteprojeto está compatibilizado com todas as restantes especialidades, nomeadamente:

- Tomo I – Geral, Volumes 1 a 39;
- Tomo V – Estações, Volume 1 – Estação de Campolide Amoreiras:
  - Parte 01 – Arquitetura;
  - Parte 03 – Serviços Afetados;
  - Parte 04 – Fluídos;
  - Parte 05 – Energia;
  - Parte 06 – Telecomunicações;
  - Parte 07 – Mecânica;
  - Parte 08 – Outras especialidades.

### 3.11 Ambiente

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

No desenvolvimento do presente Anteprojeto foram consideradas as seguintes medidas:

- Cumprimento das áreas mínimas de intervenção, necessárias à realização dos trabalhos, apresentadas no Programa Preliminar do M.L.;
- Consideração das medidas e recomendações constantes da DIA (processo de AIA n.º 3462);
- Consulta dos elementos patenteados a concurso referentes à identificação de todas as interferências ao longo do traçado e ao levantamento dos respetivos cadastros para análise nas fases seguintes de projeto. Nesta fase realizou-se uma análise de risco aos edifícios interferidos seguindo a metodologia de avaliação de danos nos edifícios devido a escavações profundas e de túneis patenteada pelo M.L., que consta do Tomo I – Geral, Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha, do presente Anteprojeto;
- 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 Anteprojeto 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 (ECO);
- 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;
- 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 – Ensaio do betão projetado – Parte 5: Determinação da capacidade de absorção de energia de provetes de lajes reforçadas com fibras;
- NP EN 445 – Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Métodos de ensaio;
- NP EN 446 – Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Procedimentos para injeção;
- NP EN 447 – Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Especificações para caldas correntes.

## 5 MATERIAIS

As características dos materiais adotados nas estruturas provisórias e definitivas encontram-se apresentadas nas tabelas seguintes:

Tabela 1 – Características dos materiais considerados no estudo do suporte primário (1/2)

MATERIAIS	PROPRIEDADES	
Betão	Betão projetado (via húmida)	C30/37 XC 4(P) CL 0.4 DMAX.10 S5
	Regularização/enchimento	C12/15 XC 2(P) CL 0.4 DMAX.22 S3
Fibras metálicas	Resistência à tração	1500 MPa
	Comprimento (extremidade com gancho)	< 35 MM
	Esbelteza, L/d	65
	Dosagem mínima de fibras	25 kg/m <sup>3</sup>
	Classe de absorção de energia:	E700
Aço	Chapas e perfis metálicos	S 275 JR
	Cambotas treliçadas	A 500NR
	Rede eletrossoldada	A 500ER
	Enfilagens	S 355 JR
	Elementos de fixação metálica	CLASSE 8.8
	Pregagens de aço em varão	A 500 NR SD
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		
Pregagens de tubo expansivo	Carga mínima de cedência	Py = 130 kN
	Tipo de aço	S 355 MC
Fibra de vidro	Resistência à tracção	≥ 2000 MPa
	Carga nominal de rotura	430 kN

Tabela 2 – Características dos materiais considerados no estudo do suporte primário (2/2)

MATERIAIS	PROPRIEDADES	
Calda de cimento	Resistência à compressão aos 7 dias	F <sub>ck</sub> MÍN. = 25 MPa
Geodrenos	Tubo de polietileno rígido, corrugado e ranhurado	SN2
Geotêxtil do geodreno	Massa por unidade de área (EN 9864)	150 g/m <sup>2</sup>
	Massa por unidade de área (EN 9864)	2 mm
	Resistência à tração (EN ISO 10319)	4,5 kN/m
	Alongamento à carga máxima (EN ISO 10319)	80 %
	Punçoamento estático (EN ISSO 12236)	≥ 700 N
	Resistência à perfuração dinâmica (EN 918)	≤ 28 mm

	Durabilidade	[Duração estimada de, no mínimo, 25 anos em terreno com $4 < PH < 9$ e temperaturas $< 25^{\circ}C$ (tempo de exposição máximo de 1 semanas após instalação)]
--	--------------	---

Tabela 3 – Características dos materiais considerados no estudo do suporte definitivo (1/2)

Materiais	Localização	Classe de resistência	Classe de exposição	cl. teor de cloretos	$d_{max}$ (mm)	Classe de consistência
<b>Betão (in situ)</b>	Regularização	C12/15	X0	CL 1,00	$\leq 25$	S3
	Estrutura interior em ambiente seco (lajes, vigas, pilares, escadas e paredes)	C30/37	XC1	CL 0,40	Dinf=20 Dsup=25	S4
	Estrutura interior em zonas húmidas – zonas com sanitários (lajes, vigas, pilares, escadas e paredes)	C30/37	XC3	CL 0,40	Dinf=20 Dsup=25	S4
	Estrutura exterior (revestimento definitivo das galerias, paredes de contenção periférica, laje de fundo do poço principal, laje de cobertura e elementos expostos à intempérie)	C30/37	XC4	CL 0,40	$\leq 25$	S3
	Enchimento (sub-cais)	C20/25	XC0	CL 1,00	$\leq 25$	S3

Tabela 4 – Características dos materiais considerados no estudo do suporte definitivo (2/2)

Materiais	Localização	Classe de resistência
<b>Aço Estrutural</b>	Armaduras ordinárias	A500 NR SD
	Malha eletrossoldada	A500 EL
	Estruturas metálicas (chapas, perfis, barras e anilhas)	S355 JR
	Parafusos / Pernos	Classe 8.8/10.9
	Porcas	Classe 8/10

**Notas:**

As betonilhas de enchimento a realizar para o assentamento dos revestimentos dos pisos e para a formação de pendentes nas lajes internas deverão ter um peso específico máximo de  $15 \text{ kN/m}^3$ .

Tabela 5 – Estruturas provisórias e definitivas. Recobrimentos nominais das armaduras

Recobrimentos Nominais (*) (**)		
<b>Recobrimentos a Garantir de Acordo com Exigências de Resistência ao Fogo e Durabilidade dos Materiais</b>  <b>Vida Útil Considerada: 100 Anos</b> <b>Estabilidade ao Fogo: R120</b>	Elemento	Recobrimento nominal
	Lajes elevadas	40 mm
	Pilares e Vigas	45 mm
	Revestimento definitivo das galerias	45 mm
	Paredes do revestimento definitivo	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 e Poços de Ventilação são parte integrante de uma infraestrutura cujo colapso representa “consequência elevada em termos de perda de vidas humanas; ou consequências económicas, sociais ou ambientais muito importantes”, pelo que se classificam como sendo da classe de consequência CC3.

### 6.3 Classe de Inspeção

De acordo com a norma NP EN 13670 – 1 anexo G, quadro G.1, a estrutura de objeto desta Memória Descritiva e Justificativa enquadra-se na classe de inspeção 3, para betão moldado.

### 6.4 Classe de Fiabilidade

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

### 6.5 Classificação do Tipo de Terreno

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

Tabela 6 – Tipos de Solos de acordo com o EC8

Tipo de solo	Descrição
A	Rocha ou formação 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 <sub>1</sub>	Depósitos com uma espessura mínima de 10m, constituídos por argila/sedimentos com elevado nível de plasticidade e alto nível freático
S <sub>2</sub>	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 Tabela 7.

**Tabela 7 – 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.

Na Obra Especial OE2 é considerado um terreno do Tipo B.

## 6.6 Zonamento e Parametrização Geológico-Geotécnico

Em termos gerais, na zona onde se desenvolve a Obra Especial OE2, intersecta-se um estrato superficial de materiais de aterro, abaixo do qual se desenvolve um maciço sequencialmente constituído do topo para a base por materiais miocénicos da “Formação dos Prazeres”, predominantemente argilas e margas, materiais oligocénicos da “Formação de Benfica”, essencialmente constituído por areias finas siltosas e silto-argilosas e o CVL- “Complexo Vulcânico de Lisboa”, nesta zona principalmente correspondente a tufos e passagens de basalto decomposto. Abaixo desta unidade ocorrem calcários da Formação da Bica, nomeadamente a unidade Cc1a, essencialmente correspondente a argilas margosas, Cc1b (calcário nodular) e Cc1c (calcário semi-cristalino a cristalino com rudistas).

Tendo em conta a possível existência de níveis de água suspensos, considera-se para efeito de cálculo que na zona envolvente à Obra especial OE2, o nível de água se situe à cota +85,00.

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

Tabela 8 – Características geológico-geotécnicas e parâmetros geotécnicos das unidades terrosas (1/2)

Unidade	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_u$ (kPa)	$E_u$ (MPa)	$c'$ (kPa)	$\phi'$ (°)	$E'$ (MPa)	$K_0$	$k$ (m/s)	$\nu$	$\sigma$ (MPa) [rocha]	$E'$ (GPa) [rocha]
ATERRO, At	18	20	---	---	0	28	8	0,5	10 <sup>-5</sup>	0,35	---	---
ALUVIÃO, a(ar)	19	21	---	---	0	34	50	0,5	10 <sup>-5</sup>	0,30	---	---
ALUVIÃO, a(ag)	17	19	10	10	0	28	4	0,5	10 <sup>-8</sup>	0,46	---	---
ALUVIÃO, a(cg)	20	22	---	---	0	35	75	0,5	10 <sup>-4</sup>	0,30	---	---
MIOCÉNICO, M(ag)a NSPT > 50	22	23	350	100	10	33	60	1,0	10 <sup>-8</sup>	0,33	---	---

Tabela 9 – Características geológico-geotécnicas e parâmetros geotécnicos das unidades terrosas (2/2)

Unidade	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_u$ (kPa)	$E_u$ (MPa)	$c'$ (kPa)	$\phi'$ (°)	$E'$ (MPa)	$K_0$	$k$ (m/s)	$\nu$	$\sigma$ (MPa) [rocha]	$E'$ (GPa) [rocha]
MIOCÉNICO, M(ag)b NSPT < 50	21	22	180	40	5	28	20	1,0	10 <sup>-8</sup>	0,38	---	---
MIOCÉNICO M(cal)	24	24	---	---	100	34	400	0,8	10 <sup>-5</sup>	0,25	---	---
OLIGOCÉNICO, $\phi$	20	22	400	150	15	30	75	1,2	10 <sup>-7</sup>	0,30	---	---
BASALTO, $\beta$	26	26	---	---	200	40	2000	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,26	20	12
BASALTO, $\beta_{W5;W4/5}$	21	23	---	---	50	35	250	0,7	10 <sup>-6</sup>	0,28	---	---
TUFOS, $\tau$	20	21	---	---	60	35	120	1,0	10 <sup>-7</sup>	0,27	---	---
CALCÁRIO, Cc1a	23	23	---	---	50	32	60	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,23	---	---
CALCÁRIO, Cc1b	24	24	---	---	90	38	325	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,21	9	3
CALCÁRIO, Cc1c	25	25	---	---	300	42	4000	0,8	10 <sup>-6</sup>	0,21	50	27,5
CALCÁRIO, Cc1d	24	24	---	---	120	40	1250	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,21	12	6
CALCÁRIO DE CANEÇAS	23	23	---	---	100	35	400	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,25	5	1,5



## 6.7 Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas

### 6.7.1 Túneis

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

De acordo com estas recomendações o sistema de revestimento deverá garantir que o afluxo de água ao interior do túnel se restrinja a fenómenos de capilaridade, admitindo-se apenas, como manifestações de humidade, a existência de pequenas manchas isoladas sem qualquer escorrência de água, embora possa ocorrer alteração cromática de um papel sobre elas colocado.

Esta exigência limita o influxo médio (espacial) diário de água a 0,2 litros/m<sup>2</sup> em troços com comprimento de referência de 10 m e a 0,1 litros/m<sup>2</sup> em troços com comprimento de referência de 100 m. Para aplicação do primeiro limite, os troços de 10 m deverão ser pontuais, com caráter esporádico.

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

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

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

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

### 6.7.2 Requisitos legais de proteção de águas subterrâneas

Regra geral a Lei de Proteção da Água exige que os níveis de água existentes no subsolo sejam mantidos e que a água subterrânea seja mantida sem contaminação; uma consequência direta do cumprimento destas exigências é a impossibilidade de rebaixamento permanente do lençol freático, sempre que possível.

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

## 7 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

### 7.1 Suporte primário

A escavação do túnel da OE2 será realizado através da metodologia de NATM, acompanhando as escavações da vala da estação Campolide/Amoreiras e do respetivo acesso 5, com parcializações da secção materializadas em várias fases.

Considerando o reduzido recobrimento entre o túnel do Marquês e o da OE2 (cerca de 2,50m), a escavação iniciar-se-á com um túnel piloto de pequeno diâmetro, cuja estabilidade da frente possa ser adequadamente controlada e sem risco de afetar a superfície, tendo igualmente um

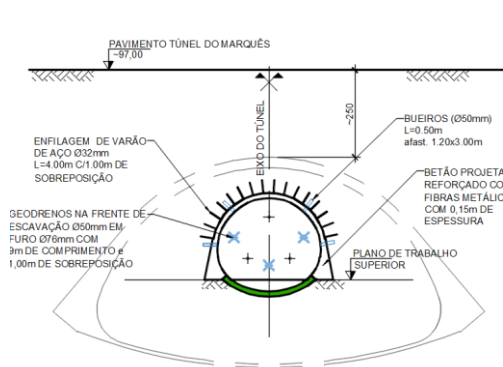
carácter exploratório na confirmação das premissas de geometria e cota de fundação do túnel do Marquês.

O túnel piloto será escavado por recurso a enfilagens de teto com enfilagens de varão de aço Ø32mm para proteção contra pequenos destacamentos, e materializado integralmente por uma secção de 15cm de betão projetado armado com fibras metálicas. Preconiza-se ainda a drenagem do betão projetado com bueiros radiais (Figura 1). Devido à boa competência do maciço, com elevada coesão, as escavações de um túnel de pequeno diâmetro não apresentam riscos de estabilidade global que possam atingir a superfície. Após a finalização do túnel piloto, será executada a calote superior do túnel principal.

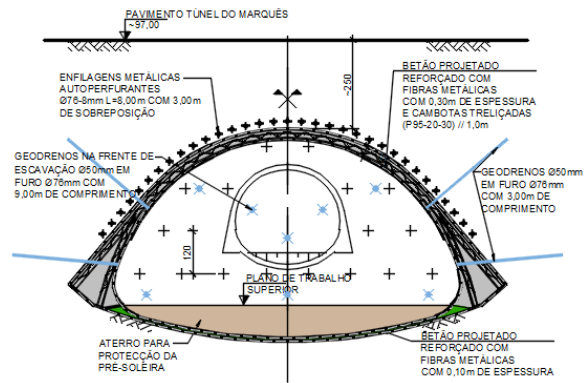
O suporte do revestimento primário do túnel da OE2 será então aplicado numa escavação faseada e desfasada, em cujo suporte da calote superior é composto pela aplicação geral e mínima de 30 cm de betão projetado reforçado com fibras metálicas e cambotas metálicas treliçadas tipo P95-20-30 espaçadas de 1m (ver Figura 2), ao abrigo de um chapéu troncocónico recorrendo a enfilagens autoperfurantes em tubo metálico. O suporte dos hasteais e da soleira será feita igualmente de forma faseada, através da escavação e a aplicação de uma espessura mínima de 30 cm de betão projetado reforçado com fibras metálicas. Ao nível da primeira fase (calote superior), serão também executadas pregagens sistemáticas de fibra de vidro na frente de escavação com 9m de comprimento e geodrenos, prevendo-se ainda a instalação de geodrenos radiais.

Apesar dos solos do maciço apresentarem boa competência, com elevados valores de coesão e módulo de deformabilidade, a materialização do túnel está prevista com o uso de arco invertido provisório que garante a estabilidade das fundações do arco superior durante as etapas de escavação dos rebaixos sucessivos. Nas fases de escavação dos níveis inferiores ao da calote superior, deverá ser deixado um núcleo central para estabilização da face de escavação.

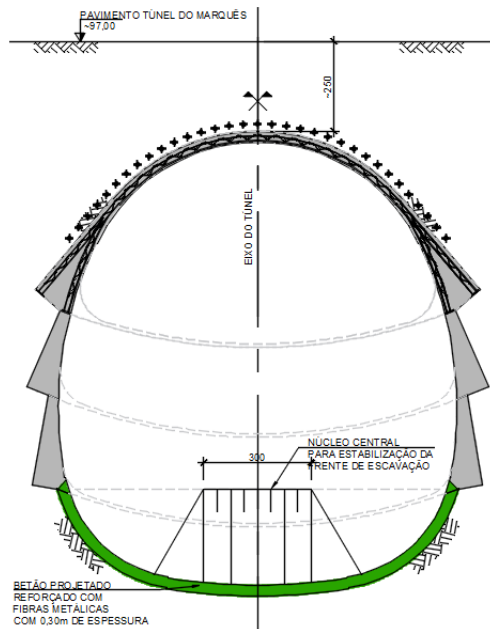
Na Figura 3 apresenta-se um corte transversal da secção completa do suporte primário do túnel e na Figura 4 o perfil longitudinal do túnel.



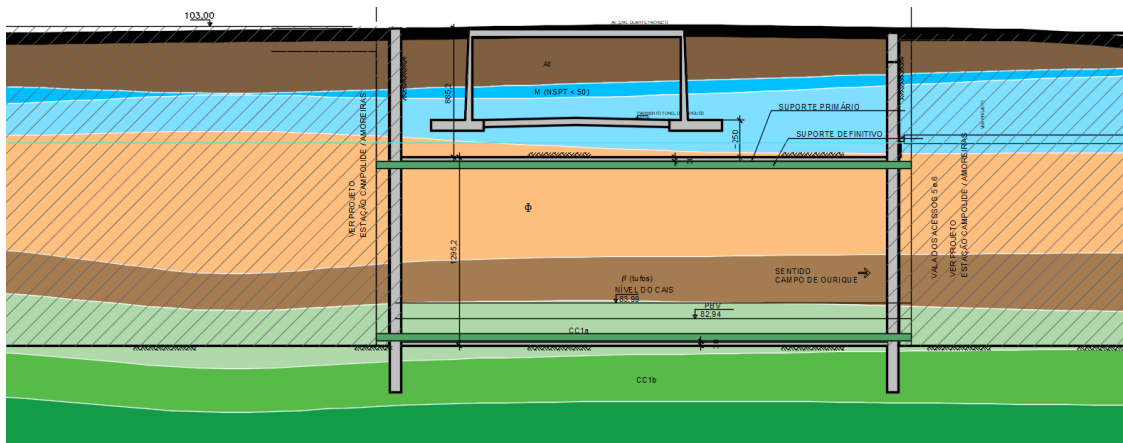
**Figura 1 – Corte transversal do túnel piloto**



**Figura 2 – Corte transversal da calote superior do suporte primário**



**Figura 3 – Corte transversal da secção completa do suporte primário**



**Figura 4 – Perfil longitudinal do túnel**

## 8 FASEAMENTO CONSTRUTIVO

O faseamento construtivo das estruturas provisórias (suporte primário) e definitivas (revestimento definitivo) do túnel de segue, sucintamente, as seguintes fases construtivas:

- 1.1. Escavação da vala dos acessos 5 e 6;
- 1.2. Execução do tratamento de emboque, incluindo execução de chapéu troncocónico de enfilagens metálicas (do lado da estação de Campolide Amoreiras e do lado do acesso 5), pregagens e geodrenos de frente;
- 1.3. Execução do túnel piloto:
  - 1.3.1. Demolição das estacas na região do túnel piloto;
  - 1.3.2. Escavação da calote do túnel piloto (fase 1) com avanço de 1,00m;
  - 1.3.3. Execução de uma camada de 5cm em betão projetado para regularização da superfície exposta pela escavação do túnel;
  - 1.3.4. Execução de enfilagens de varão de aço e dos bueiros radiais;
  - 1.3.5. Execução de geodrenos e pregagens (radiais e de frente, onde aplicável);
  - 1.3.6. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.3.7. Escavação da soleira do túnel piloto (fase 2) com avanço de 2,00m;
  - 1.3.8. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.3.9. Repetição dos passos 1.3.2 a 1.3.8 até ao final do túnel, na zona de ligação à Estação Campolide Amoreiras.
- 1.4. Execução da estrutura de calote superior:
  - 1.4.1. Execução de um chapéu troncocónico de enfilagens metálicas (onde aplicável);
  - 1.4.2. Escavação de 1 avanço de 2,00m na calote (fase 1), com demolição das estacas;
  - 1.4.3. Execução de uma camada de 5cm em betão projetado para regularização da superfície exposta pela escavação da calote;
  - 1.4.4. Instalação de cambotas metálicas treliçadas a cada 1,00m;
  - 1.4.5. Execução de geodrenos e pregagens (radiais e de frente, onde aplicável) e instalação de prismas de convergências para monitorização da deformação do suporte primário;
  - 1.4.6. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.4.7. Escavação de avanços de 4,00m na soleira provisória (fase 2). Deverá existir um desfaseamento de 4,00m entre a escavação da calote (fase 1) e da soleira provisória (fase 2);
  - 1.4.8. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado na zona da soleira provisória até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.4.9. Reaterro da soleira;
  - 1.4.10. Repetição dos passos 1.4.1 a 1.4.9 até ao final do túnel;
- 1.5. Escavação e execução do 1º rebaixo:
  - 1.5.1. Escavação de 1 avanço de 2,00m (fase 1), com demolição das estacas e manutenção de núcleo central, e aplicação imediata de uma camada de 5cm de betão projetado para regularização;
  - 1.5.2. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário do poço até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.5.3. Instalação de prismas de convergências para monitorização da deformação do suporte primário;

- 
- 1.5.4. Escavação com avanço de 2,00m na região da soleira provisória (fase 2);
  - 1.5.5. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado na soleira provisória do túnel até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.5.6. Reaterro da soleira;
  - 1.5.7. Repetição dos passos 1.5.1 a 1.5.6 (avanço típico de rebaixo) até ao final do túnel;
- 1.6. Escavação e execução do 2º rebaixo:
- 1.6.1. Escavação de 1 avanço de 3,00m (fase 1), com demolição das estacas e manutenção de núcleo central, e aplicação imediata de uma camada de 5cm de betão projetado para regularização;
  - 1.6.2. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário do poço até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.6.3. Instalação de prismas de convergências para monitorização da deformação do suporte primário;
  - 1.6.4. Escavação com avanço de 3,00m na região da soleira provisória (fase 2);
  - 1.6.5. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado na soleira provisória do túnel até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.6.6. Reaterro da soleira;
  - 1.6.7. Repetição dos passos 1.6.1 a 1.6.6 (avanço típico de rebaixo) até ao final do túnel de ligação.
- 1.7. Escavação e execução da soleira definitiva:
- 1.7.1. Escavação de 1 avanço de 3,00m (fase 1), com demolição das estacas e manutenção de núcleo central, e aplicação imediata de uma camada de 5cm de betão projetado para regularização;
  - 1.7.2. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário do poço até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.7.3. Instalação de prismas de convergências para monitorização da deformação do suporte primário;
  - 1.7.4. Escavação com avanço de 3,00m na região da soleira provisória (fase 2);
  - 1.7.5. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado na soleira provisória do túnel até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.7.6. Reaterro da soleira;
  - 1.7.7. Repetição dos passos 1.6.1 a 1.6.6 (avanço típico de soleira) até ao final do túnel de ligação.
- 1.8. Execução da impermeabilização do túnel entre o suporte primário e o revestimento definitivo;
- 1.9. Execução do revestimento definitivo do túnel;
- 1.10. Execução da estrutura interna do túnel da forma tradicional:
- a) Instalação de cimbres e cofragem do piso, seguido de montagem de armaduras;
  - b) Betonagem da laje e vigas do piso superior numa única operação;
  - c) Acabamentos.

---

## 9 PROJETO DE SUPORTE PRIMÁRIO

### 9.1 Critérios de verificação da segurança

A verificação da segurança dos diversos elementos do revestimento primário foi efetuada de acordo com as disposições regulamentares, nacionais e internacionais, em vigor no nosso país.

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

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

Com vista ao dimensionamento dos elementos estruturais, as ações foram agrupadas nas seguintes combinações:

- Estados limites últimos: combinação fundamental de ações;
- Estados limites de utilização: 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.

### 9.2 Ações consideradas

As ações consideradas são as apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Ações de dimensionamento

Ações	Valor/Observação
<b>CARGAS PERMANENTES</b>	–
Peso próprio	$\gamma_{\text{betão}} = 25 \text{ kN/m}^3$
<b>AÇÕES DO SOLO</b>	–
Peso de Terras	Carregamento resultante do peso de terras atuante em cada secção de cálculo. Adotaram-se os pesos específicos definidos na parametrização geotécnica (ver Tomo II – Volume 2 – Estudo Geológico Geotécnico).
Impulsos do solo	Adotaram-se os coeficientes de impulso horizontal definidos na parametrização geotécnica (ver Tomo II – Volume 2 – Estudo Geológico Geotécnico).
<b>IMPULSOS DE ÁGUA</b>	–
Impulsos hidrostáticos	$\gamma_{\text{água}} = 10 \text{ kN/m}^3$ Nível freático definido para cada secção de cálculo. Adotaram-se os níveis definidos nos estudos hidrogeológicos (ver Tomo II – Volume 2 – Estudo Geológico Geotécnico).
<b>SOBRECARGAS À SUPERFÍCIE</b>	–
Carga de ocupação à superfície	10 kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarga do tráfego do túnel do Marquês	10 kN/m <sup>2</sup>

### 9.3 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:

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

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:**

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

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  $\psi$  adotados são os definidos no Tabela 11:

**Tabela 11 – Coeficientes de redução**

Ação	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
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	$\gamma_G$	1,35	1,00
	Favorável		1,00	1,00
Variável	Desfavorável	$\gamma_Q$	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	Símbolo	STR/GEO	
		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	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Peso volúmico	$\gamma_V$	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	$\gamma_C$	1,50
Aço para cambotas metálicas e pregagens expansivas	$\gamma_S$	1,15

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.

## 9.4 Metodologia de cálculo

O dimensionamento do suporte primário do túnel, pela importância de considerar o faseamento construtivo para a estimativa de esforços e deformações, foi realizado através de um modelo de cálculo numérico num programa de elementos finitos. Para o efeito, utilizou-se o programa de cálculo automático Plaxis, o qual permite a produção automatizada de uma malha de elementos

finitos, triangulares de quinze nós, tendo esta sido refinada na zona próxima da escavação. A modelação numérica foi efetuada considerando um estado plano de deformação, com um campo gravítico de tensões. O comportamento mecânico do terreno foi simulado por uma lei de comportamento elástico linear perfeitamente plástico, sendo a rotura controlada pelo critério de Mohr-Coulomb, admitindo todos os materiais como isotrópicos.

As fronteiras foram definidas de modo a abranger a quase totalidade da zona onde se faz sentir a alteração do estado de tensão e deformação causada pela abertura das escavações. Em cada fase de escavação foram retirados os elementos correspondentes e, subsequentemente instaladas as medidas de suporte primário preconizadas, de modo a reproduzir um faseamento construtivo previsto em fase de construção.

A sequência de construção foi simulada mediante a remoção, introdução de elementos e a alteração das suas propriedades. O efeito tridimensional associado ao avanço da frente de escavação, foi modelado através da descompressão dos elementos localizados na secção do túnel a escavar em cada fase.

A determinação do fator de descompressão que simula o avanço da frente de escavação, depende de numerosos fatores (modelos constitutivos dos materiais, estado de tensão inicial, rigidez do suporte, pré-suporte da frente, etc.) que apenas podem ser equacionados com precisão recorrendo a modelos tridimensionais, apenas desenvolvidos em fases avançadas de projeto, devido ao tempo necessário para os desenvolver e calibrar.

Não obstante, através de retroanálises realizadas em projetos de escavações em método mineiro, considerou-se que o fator de descompressão varia entre 40% a 80%, pelo que as análises realizadas neste Anteprojeto em modelos numéricos bidimensionais contemplam 40%, 60% e 80% de descompressão.

Para ter em consideração as diferentes zonas de carregamento e de recobrimento do túnel, foram consideradas duas secções de cálculo.

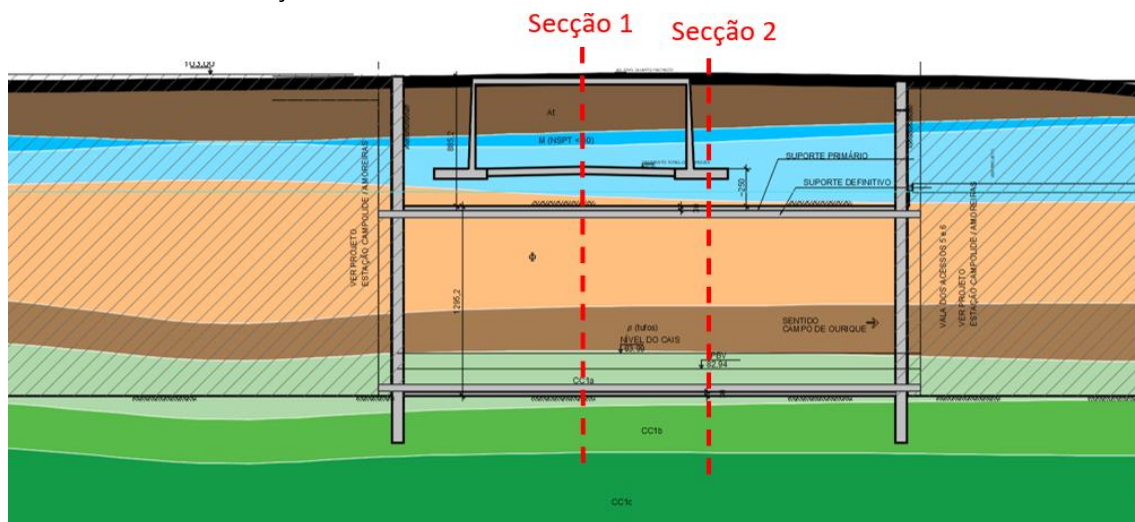


Figura 5 – Indicação das secções de cálculo

#### 9.4.1 Modelo de cálculo

Na modelação do suporte primário foram utilizados elementos estruturais com as propriedades de resistência, inércia e deformabilidade, representativas dos diversos elementos de suporte. Estes elementos encontram-se dispostos no contorno da escavação, e a sua simulação permite a avaliação dos esforços atuantes ao longo dos mesmos.

O betão projetado e as cambotas treliçadas a aplicar no contorno da escavação, foram modelados através de elementos *plate* com comportamento elástico-plástico perfeito, com as propriedades mecânicas representativas da sua resistência e deformabilidade com uma idade  $\leq 1, 7$  e 28 dias, consoante o avanço das fases de escavação.

Para a secção 1, considerou-se um recobrimento de 2,50m e a sobrecarga de tráfego ao nível do túnel do Marquês ( $10\text{kN/m}^2$ ), assim como o peso do pavimento térreo ( $e=0.50\text{m}$ ). Para a secção 2, considerou-se o peso dos materiais acima da sapata da estrutura do túnel no Marquês, bem como as cargas provenientes da mesma estrutura (sobrecarga de aproximadamente  $80\text{kN/m}^2$ ).

Na Figura 6 e Figura 7 apresentam-se os modelos de cálculo bidimensional adotados.

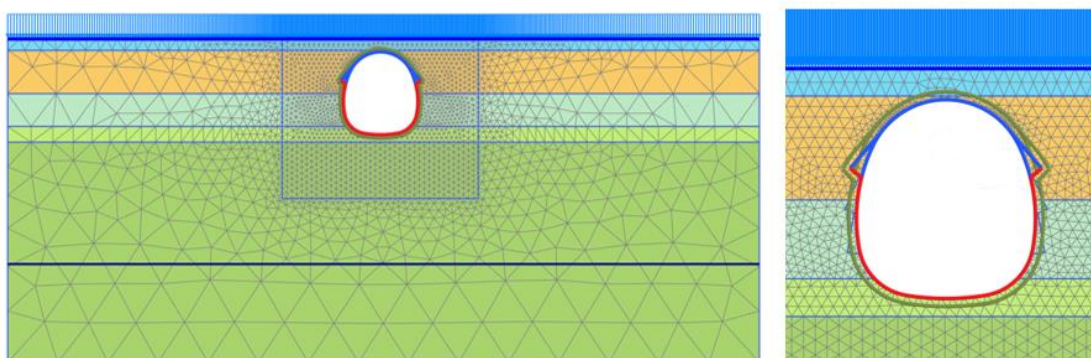


Figura 6 – Modelo de cálculo no Plaxis 2D (secção 1)

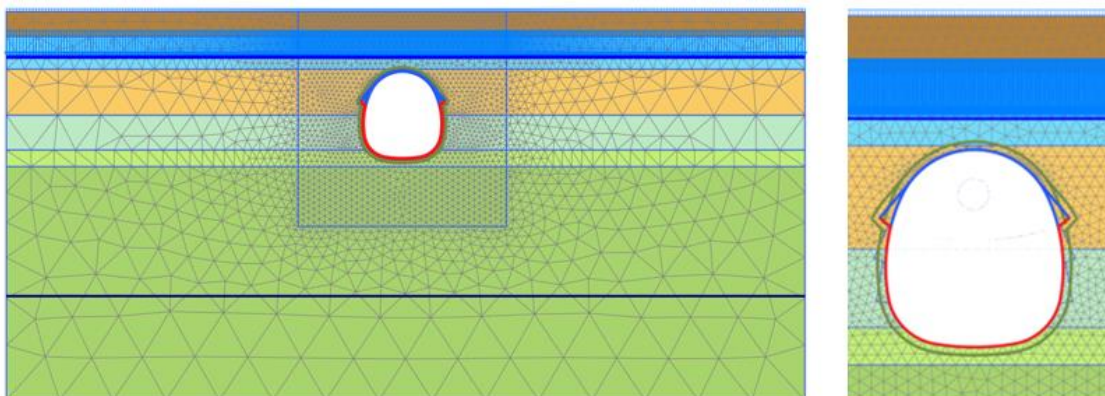


Figura 7 – Modelo de cálculo no Plaxis 2D (secção 2)

#### 9.4.2 Faseamento construtivo adotado no modelo numérico

A definição de etapas de cálculo para a modelação do faseamento construtivo, permite simular a variação de tensões a que o maciço se encontra sujeito durante o processo, permitindo extrair dos modelos as grandezas relevantes para o dimensionamento nos elementos estruturais que compõem o suporte primário. Foi realizada uma zeragem dos deslocamentos após a aplicação das sobrecargas, de modo que os deslocamentos decorrentes da sua aplicação não fossem somados aos deslocamentos resultantes da escavação.

Na Tabela 15 e Tabela 16 apresenta-se o faseamento construtivo adotado, apenas para a secção 2, mas transversal à secção 1.

Tabela 15 – Faseamento construtivo modelado para o túnel (1/3)

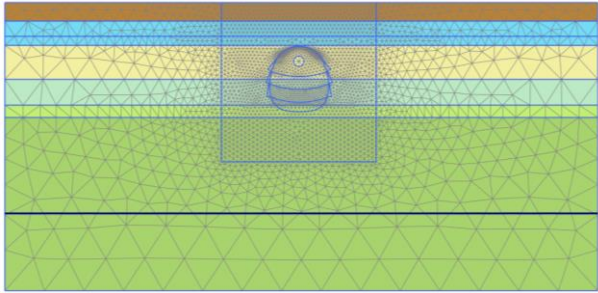
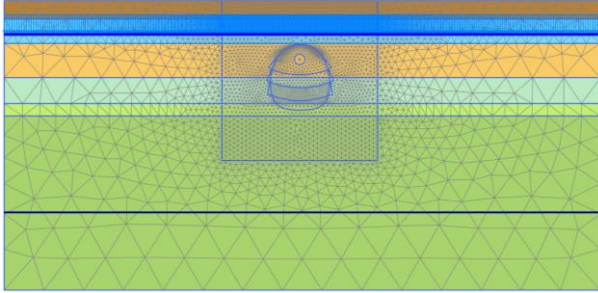
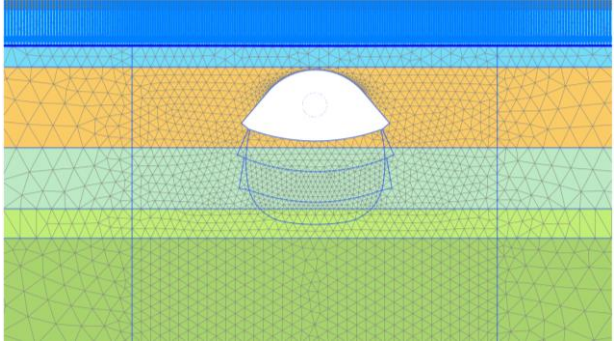
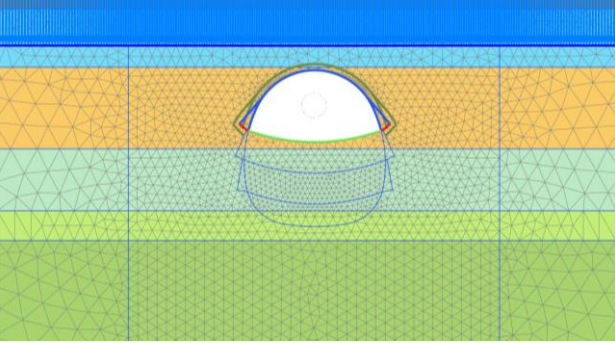
Faseamento construtivo adotado nos modelos 2D	
Estado de tensão inicial	
Aplicação das sobrecargas	

Tabela 16 – Faseamento construtivo modelado do túnel de ligação (2/3)

Faseamento construtivo adotado nos modelos 2D	
Avanço da escavação da calote superior	
Instalação do suporte primário e das cambotas metálicas na calote superior	

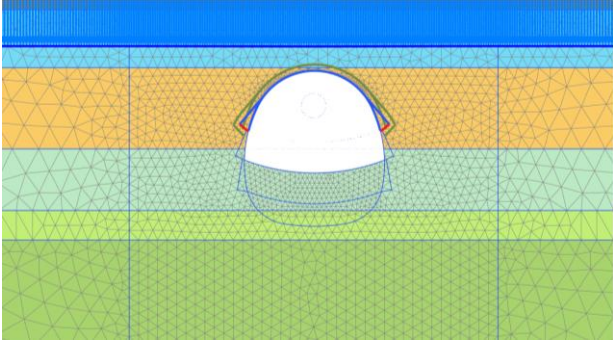
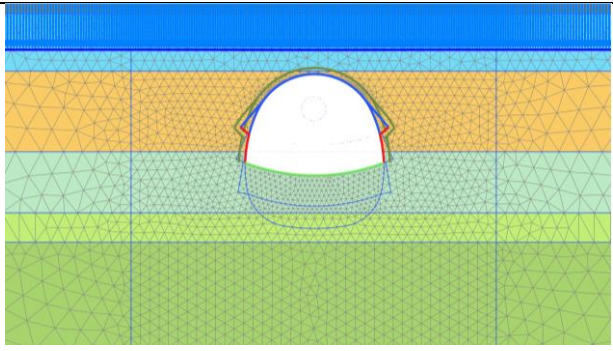
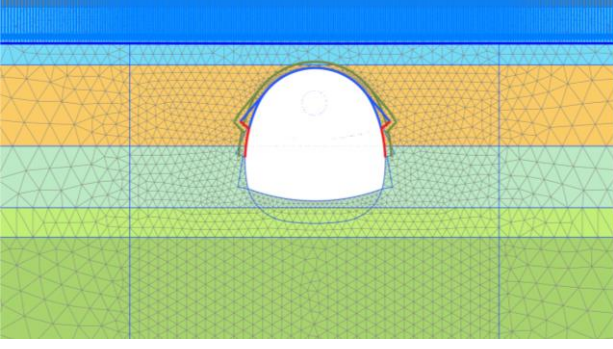
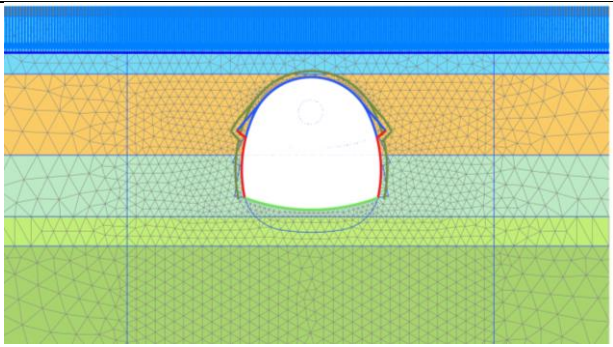
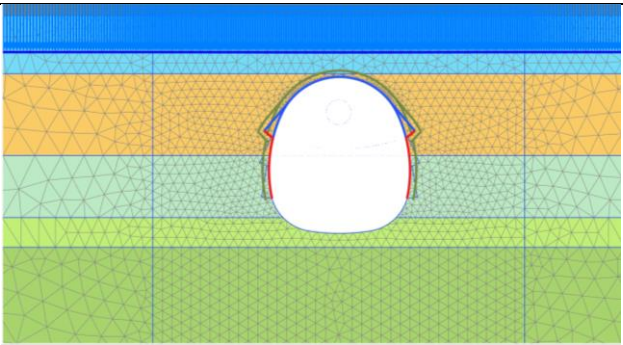
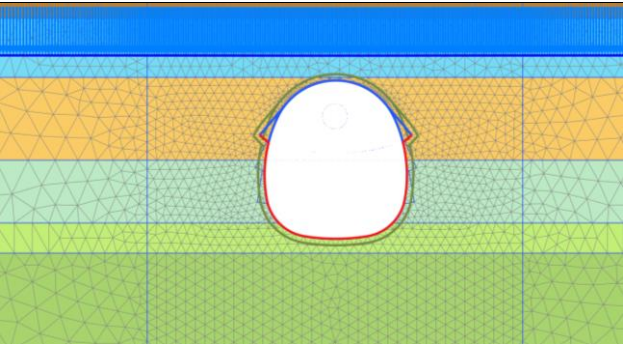
<p>Avanço da escavação no 1º rebaixo</p>	
<p>Instalação do suporte primário nos hasteais do 1º rebaixo e escavação total do 1º rebaixo</p>	

Tabela 17 – Faseamento construtivo modelado do túnel de ligação (3/3)

<p>Avanço da escavação no 2º rebaixo</p>	
<p>Instalação do suporte primário nos hasteais do 2º rebaixo e escavação total do 2º rebaixo</p>	

<p>Avanço da escavação da soleira</p>	
<p>Instalação do suporte primário da soleira e escavação total da soleira</p>	

## 9.5 Verificações de segurança do suporte primário

### 9.5.1 Descrição geral

Nesta fase de estudo consideraram-se relevantes as verificações da segurança aos estados limites dos elementos estruturais indicados na Tabela 18, 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 18 – Verificações de segurança associadas ao suporte primário

Tipo de verificação	
	Estado limite último de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas
	Estado limite último de resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas
	Estado limite último de resistência em flexão composta das cambotas
	Estado limite último de resistência ao esforço transversal/corte das cambotas
Verificação da Segurança ao Estado Limite de Utilização (ELS)	Deslocamentos e convergências da secção do túnel
	Assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação

## 9.5.2 Estado limite último de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas

Com referido em 9.4 foram desenvolvidos modelos com o objetivo de aferir os esforços aos quais os diversos elementos que constituem o suporte primário do túnel estarão sujeitos durante as várias etapas de construção.

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

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

$$\begin{aligned}\sigma_{1d} &= 1.0 \cdot f_{ctm} \cdot \max \{1.6m - d; 1.0\} \cdot (\epsilon_{ctm} \text{ used}) \\ &= 0.5 \cdot \sigma_{2d} \quad (\epsilon_{ctm} \text{ not used}) \\ \sigma_{2d} &= \alpha_{sys} \cdot \alpha_{char} \cdot \kappa_h \cdot \alpha_{R1} \cdot f_{R1,m} / \gamma_{ct}^f \\ \sigma_{3d} &= \alpha_{sys} \cdot \alpha_{char} \cdot \kappa_h \cdot \alpha_{R3} \cdot f_{R3,m} / \gamma_{ct}^f\end{aligned}$$

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

Na Figura 8 apresenta-se a aplicação da formulação acima referida na lei constitutiva que relaciona a evolução da tensão no betão reforçado com fibras com a deformação.

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

## Moment Capacity

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

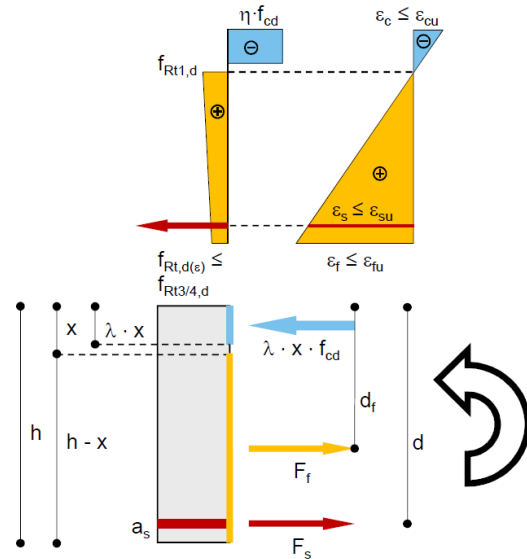


Figura 8 – Parâmetros de modelação da contribuição das fibras metálicas (segundo Bekeart Moment Capacity)

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

Em compressão:

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

Em tração:

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

Em flexão composta:

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

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

Em que:

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

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

$A$  – Área da secção transversal

$I$  – Momento de inércia da secção

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

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

Na Tabela 19 apresentam-se as verificações ao ELU de resistência à flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas, para a fase mais condicionante. As imagens ilustrativas dos esforços extraídas do programa de cálculo não se encontram majorados, mas nas verificações de segurança esses valores já se encontram afetados pelo respetivo fator de majoração.



Tabela 19 – Verificação da resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas (secção 1)

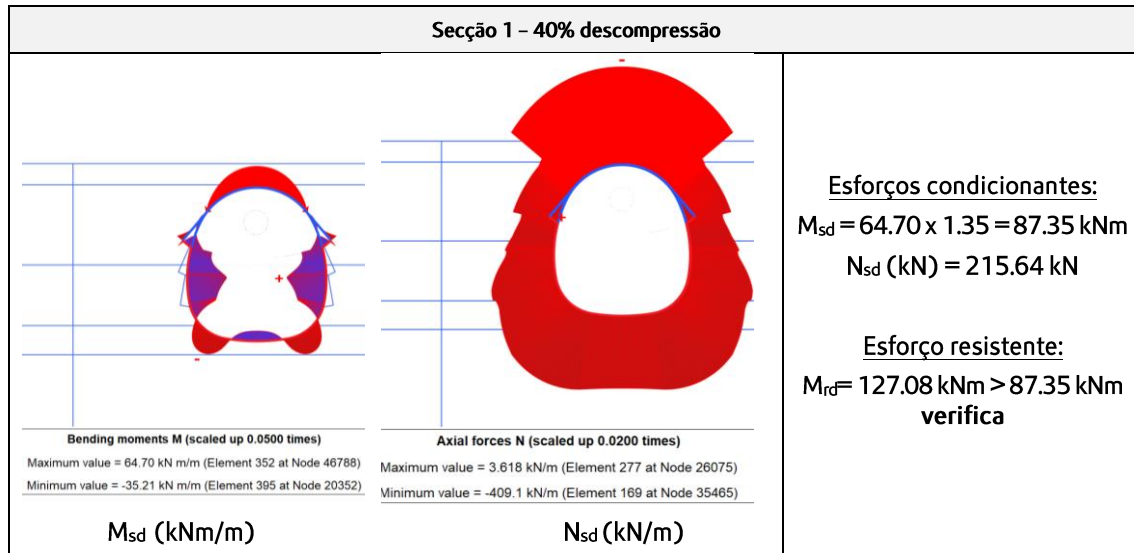
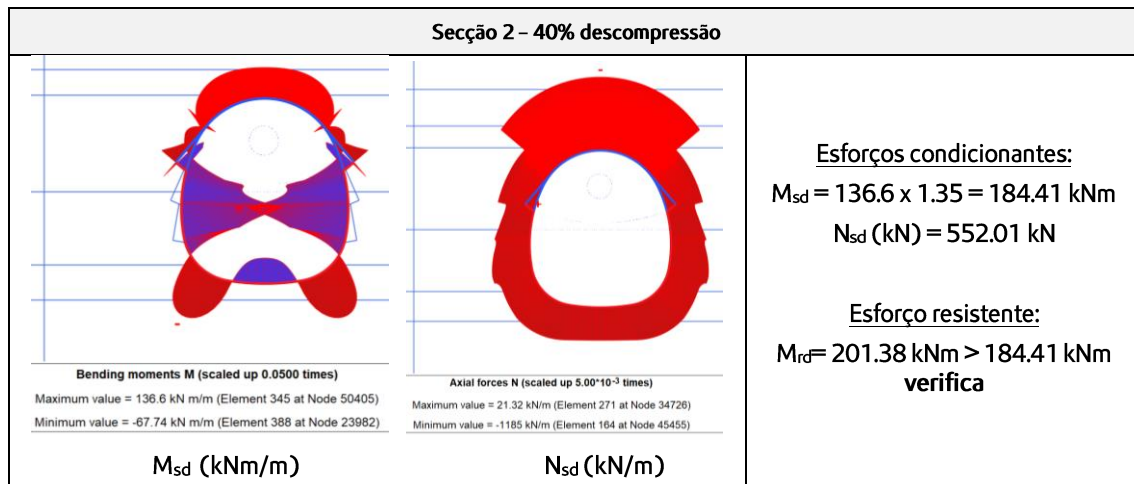


Tabela 20 – Verificação da resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas (secção 2)



### 9.5.3 Estado limite último de resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado

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

Em compressão:

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

Em tração:

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

Para o esforço transverso/corte combinado com esforço axial:

$$V_{Ed} \leq \pm A \times \sqrt{\frac{4 \times f_{cd} \times f_{ctd}}{9}}$$

Em que:

$A$  – Área da secção transversal de betão projetado

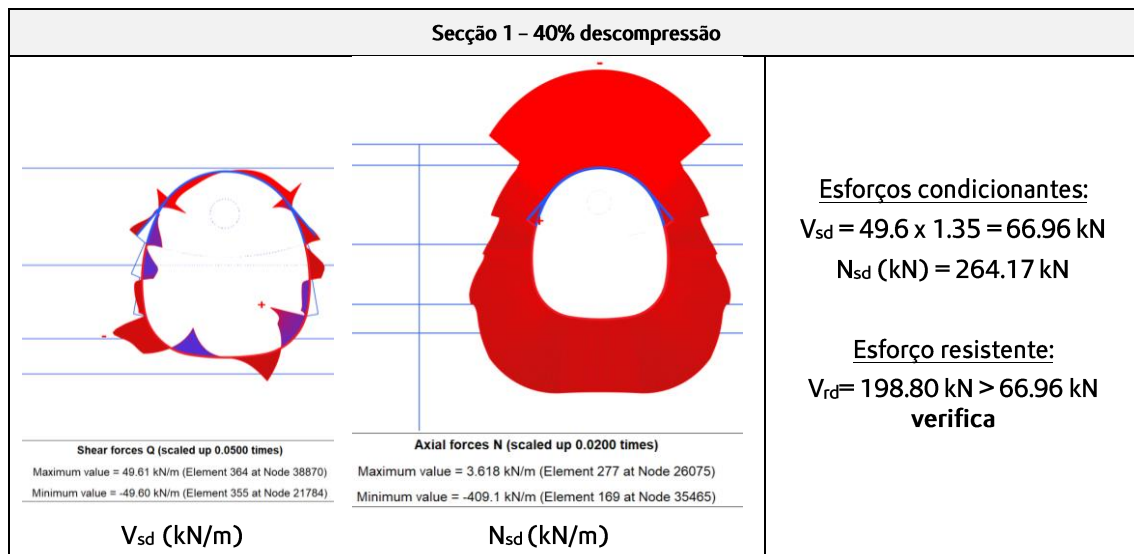
$I$  – Momento de inércia da secção

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

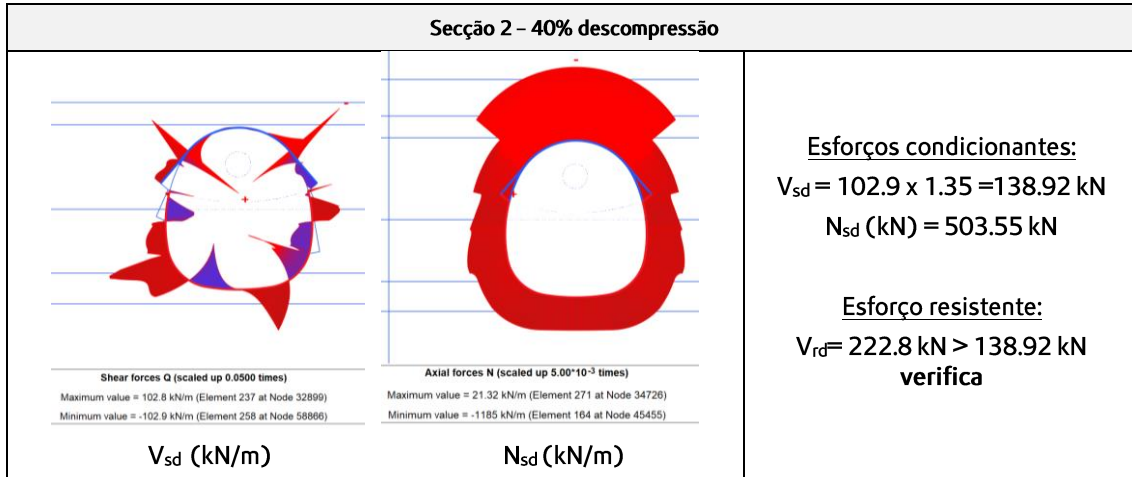
$f_{ctd}$  – Resistência à tração do betão de projeto

Na **Error! Reference source not found.** e **Error! Reference source not found.** apresentam-se as verificações ao ELU de resistência ao esforço transverso/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas para a fase condicionante. Os esforços apresentados nos diagramas de verificação encontram-se majorados. As correspondentes imagens ilustrativas dos esforços não-majorados extraídas do programa de cálculo, são também apresentados no mesmo conjunto de tabelas.

Tabela 21 – Verificação da resistência ao esforço transverso/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas (secção 1)



**Tabela 22 – Verificação da resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas (secção 2)**

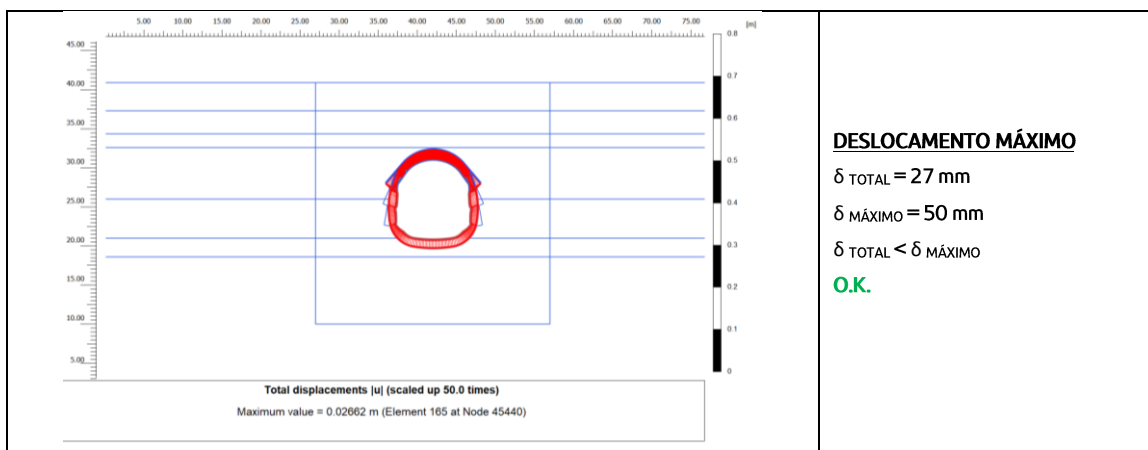


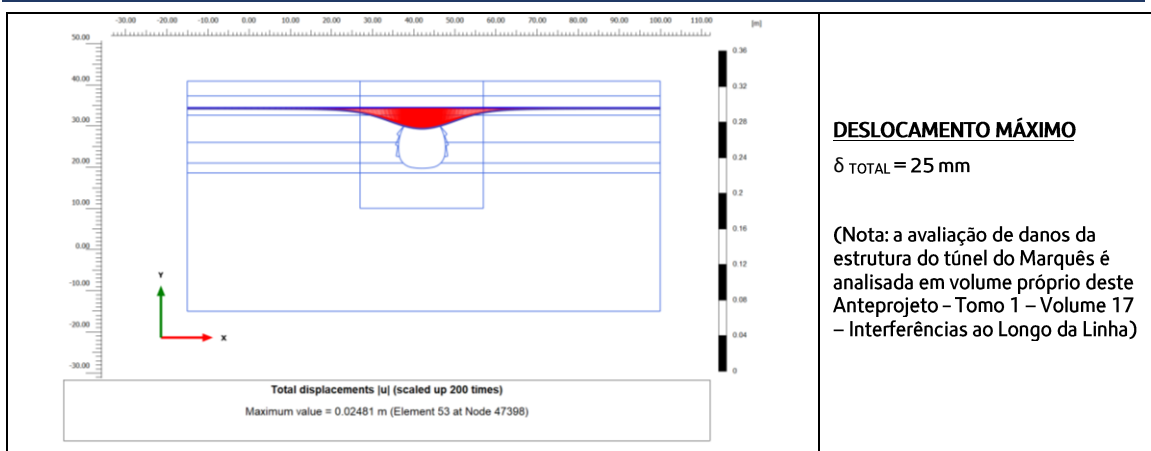
#### 9.5.4 Estado limite de utilização – deslocamentos e convergências da secção do túnel de ligação

A verificação do ELS dos deslocamentos e convergências da secção deverá garantir que a deformação da secção não compromete o espaço disponível para a execução do revestimento definitivo. Nesse sentido, foi estabelecido um limite de deformação de 50mm.

Na Tabela 23 apresentam-se as convergências estimadas para a secção de cálculo.

**Tabela 23 – Deformações estimadas para o túnel da OE2 e do túnel do Marquês**





## 10 PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

### 10.1 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;
- Inclínómetro;
- Piezómetro tipo casagrande (a executar no âmbito da obra);
- Fissurómetro (edifícios);
- Prisma de convergência;
- Sismógrafo (edifícios);
- Tiltímetro (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).

## 10.2 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 exatável, 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.

## 10.3 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 conseqüentemente 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.

## 11 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 Tomo 2 – Volume 13 – Interferências ao Longo da Linha.

Registo e Controlo de Alterações

Revisão	Data	Descrição
0	2024-10-04	Emissão do Projeto de Execução



Metropolitano de Lisboa

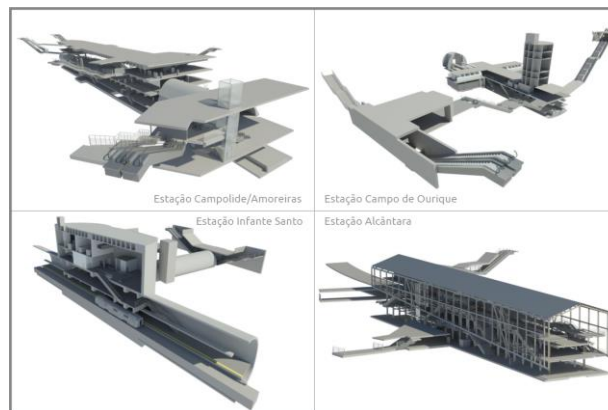


# METRO DE LISBOA

## LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

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

### PROJETO DE EXECUÇÃO



## TOMO III – OBRAS ESPECIAIS

### VOLUME 2 – PASSAGEM SOB TÚNEL DO MARQUÊS

### MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA – ESTRUTURAS DEFINITIVAS

Documento SAP:			
	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
Elaborado	André Sousa (AS)		2024-10-04
Revisto / Verificado	Rui Tomásio (RT)		2024-10-04
Coordenador Projeto	Raúl Pistone (RP)		2024-10-04
Aprovado	Raúl Pistone (RP)		2024-10-04



## Índice

1	OBJETIVO E ÂMBITO.....	5
2	ELEMENTOS DE BASE.....	5
3	CONDICIONAMENTOS.....	5
3.1	Traçado .....	5
3.2	Interferências e Demolições de Edifícios.....	5
3.3	Geologia e Geotecnia.....	6
3.4	Desvios de Circulação .....	7
3.5	Ocupação de Superfície e de Subsolo.....	7
3.6	Interferências com o Património Edificado .....	8
3.7	Implantação .....	8
3.8	Segurança.....	8
3.9	Arquitetónicos.....	8
3.10	Compatibilidade com as Outras Especialidades.....	9
3.11	Ambiente.....	9
4	REGULAMENTAÇÃO E BIBLIOGRAFIA DE BASE.....	10
5	MATERIAIS.....	11
6	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO.....	13
6.1	Tempo de Vida Útil .....	13
6.2	Classificação da Obra de Acordo com a sua Importância.....	13
6.3	Classe de Inspeção.....	13
6.4	Classe de Fiabilidade.....	13
6.5	Classificação do Tipo de Terreno .....	13
6.6	Zonamento e Parametização Geológico-Geotécnico .....	15
6.7	Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas.....	16
6.7.1	Túneis .....	16
6.7.2	Requisitos legais de proteção de águas subterrâneas .....	16
7	DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO.....	16
7.1	Estrutura definitiva .....	16
7.2	Sistema de impermeabilização.....	18
8	FASEAMENTO CONSTRUTIVO.....	18
9	PROJETO DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS.....	20

9.1	Critérios de verificação da segurança.....	20
9.1.1	Verificação da segurança aos estados limites últimos (elu) .....	20
9.1.2	Verificação da segurança aos estados limites de utilização (ELS).....	21
9.1.3	Verificação da segurança relativamente à rotura por levantamento global.....	21
9.2	Ações.....	21
9.2.1	Ações permanentes .....	21
9.2.2	Ações variáveis .....	22
9.2.3	Ação sísmica .....	23
9.2.4	Ações acidentais.....	24
9.2.5	Movimentos das fundações .....	24
9.3	Combinações de ações.....	24
9.3.1	Combinação de ações para os estados limites últimos (ELU).....	24
9.3.2	Combinação de ações para os estados limites de serviço (ELS).....	25
9.4	Metodologia de cálculo.....	26
9.4.1	Modelo de cálculo.....	26
9.5	Verificações de segurança das estruturas definitivas.....	27
9.5.1	Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites Últimos (ELU).....	27
9.6	Disposições construtivas.....	28
9.6.1	Junta de contração.....	28
9.6.2	Estanqueidade .....	28
10	PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO.....	29
10.1	Introdução .....	29
10.2	Escavações Mineiras.....	30
10.3	Edificações / Escavação a céu aberto .....	30
11	AValiação DE DANOS.....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	– Corte transversal do revestimento definitivo do túnel .....	17
Figura 2	– Corte longitudinal do revestimento definitivo do túnel.....	17
Figura 3	– Sistema de impermeabilização do revestimento definitivo do túnel .....	18
Figura 4	– Modelo de cálculo desenvolvido no SAP2000.....	26

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos materiais considerados no estudo do suporte primário (1/2).....	11
Tabela 2 – Características dos materiais considerados no estudo do suporte primário (2/2).....	11
Tabela 3 – Características dos materiais considerados no estudo do suporte definitivo (1/2).....	12
Tabela 4 – Características dos materiais considerados no estudo do suporte definitivo (2/2).....	12
Tabela 5 – Estruturas provisórias e definitivas. Recobrimentos nominais das armaduras .....	12
Tabela 6 – Tipos de Solos de acordo com o EC8.....	13
Tabela 7 – Caracterização dos Solos de acordo com o EC8.....	14
Tabela 8 – Características geológico-geotécnicas e parâmetros geotécnicos das unidades terrosas (1/2) .....	15
Tabela 9 – Características geológico-geotécnicas e parâmetros geotécnicos das unidades terrosas (2/2) .....	15
Tabela 10 – Verificação da resistência à flexão composta do revestimento definitivo do túnel de ligação .....	27
Tabela 11 – Verificação da resistência à flexão das vigas definitivas .....	28

## 1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível do Anteprojeto, da Memória Descritiva e Justificativa da obra da Obra Especial 2, e, é parte integrante do Volume 2 – OE2 Passagem sob o Túnel do Marquês contido no Tomo III – Obras Especiais.

A intervenção realiza-se no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara.

## 2 ELEMENTOS DE BASE

Com base nos elementos do Programa Preliminar e do Estudo Prévio 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 Anteprojeto, 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 III – Arquitetura, Volume 1 – Estações:  
Estação Campolide Amoreiras:
  - Memória Descritiva e Justificativa – “LVSSA ML PP ARQ EST ECA MD 062001 0”;
  - Peças Desenhadas (“LVSSA ML PP ARQ EST ECA DW 062000 0” a “LVSSA ML PP ARQ EST ECA DW 062006 0”);
- Programa Preliminar, Tomo IV – Estruturas, Volume 2 – Obras Especiais:  
OE2:
  - Memória Descritiva e Justificativa – “LVSSA ML PP STR TUN OE2 MD 088001 0”;
  - Peças Desenhadas (“LVSSA ML PP STR TUN OE2 DW 088000 A” a “LVSSA ML PP STR TUN OE2 DW 088002 A” e “LVSSA ML PP STR TUN OE2 DW 088003 0” a “LVSSA ML PP STR TUN OE2 DW 088005 0” e “LVSSA ML PP STR TUN OE2 DW 088100 0”);

## 3 CONDICIONAMENTOS

### 3.1 Traçado

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

A profundidade a que está colocado o P.B.V. (Plano Base da Via) relativamente à superfície, cerca de 20 m, condicionou a solução estrutural bem como o faseamento construtivo.

### 3.2 Interferências e Demolições de Edifícios

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

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

### 3.3 Geologia e Geotecnia

Nesta fase de Anteprojeto 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 6 – Estudo Geológico-Geotécnico (LVSSA CBJ EP GEO 000 000 MD 020001 0) do Tomo I – Geral. 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.

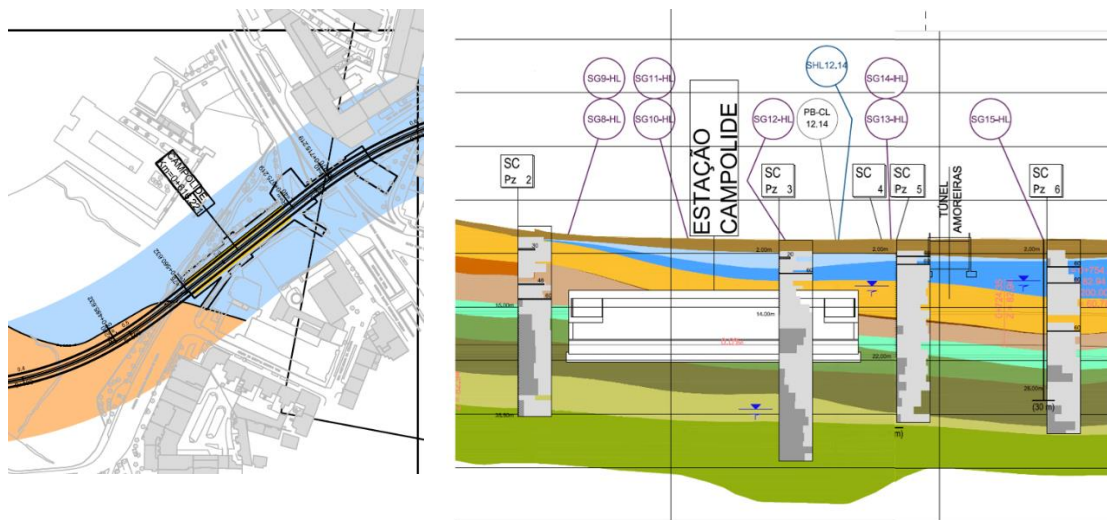


Figura 1 – Planta e perfil longitudinal – Geologia / Geotecnia  
(Excerto dos desenhos LVSSA CBJ EP GEO LIN 000 DW 021000 0 e LVSSA CBJ EP GEO LIN 000 DW 021002 0 e LVSSA CBJ EP GEO LIN 000 DW 021004 0)

A Estação de Campolide Amoreiras está prevista ser construída, com a sua soleira a uma profundidade média de cerca de 23 m, sob uma cobertura superficial de materiais de aterro, o meio envolvente é caracterizado por um maciço sequencialmente constituído do topo para a base por materiais miocénicos da “Formação dos Prazeres”, predominantemente argilas e margas, materiais da oligocénicos da “Formação de Benfica”, essencialmente por areias finas siltosas e silto-argilosas, CVL- “Complexo Vulcânico de Lisboa”, nesta zona principalmente correspondente a tufos e passagens de basalto decomposto. Abaixo desta unidade ocorrem calcários da Formação da Bica, nomeadamente a unidade Cc1a, essencialmente correspondente a argilas margosas, Cc1b (calcário nodular) e Cc1c (calcário semi-cristalino a cristalino com rudistas), sendo nestas duas últimas unidades que fica posicionada a soleira da estação. Cc1c a norte e Cc1b a sul. Na continuidade para sul da sequência geológica descrita, a Obra Especial 2 (OE2), junto ao túnel do Marquês, sob a cobertura de materiais de aterro, interessa materiais miocénicos da “Formação dos Prazeres” e oligocénicos da “Formação de Benfica”.

Tendo em conta a possível existência de níveis de água suspensos, considera-se para efeito de cálculo que na zona envolvente à estação de Amoreiras Campolide e à Obra especial OE2, o nível de água se situe à cota 85,00.

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

**Tabela 1 – Valores característicos dos parâmetros a adotar na presente fase do estudo para as várias formações ocorrentes**

Unidade <sup>α</sup>	$\gamma^{\alpha}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}^{\alpha}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_u^{\alpha}$ (kPa)	$E_u^{\alpha}$ (MPa)	$c^{\alpha}$ (kPa)	$\phi^{\alpha}$ (°)	$E^{\alpha}$ (MPa)	$K_0^{\alpha}$	$k^{\alpha}$ (m/s)	$v^{\alpha}$	$\sigma^{\alpha}$ (MPa) [rocha]	$E^{\alpha}$ (GPa) [rocha]
ATERRO, A <sup>β</sup>	18 <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	---	---	0 <sup>α</sup>	28 <sup>α</sup>	10 <sup>α</sup>	0,5 <sup>α</sup>	10 <sup>-5</sup> <sup>α</sup>	0,35 <sup>α</sup>	---	---
ALUVIÃO, a(ar) <sup>α</sup>	19 <sup>α</sup>	21 <sup>α</sup>	---	---	0 <sup>α</sup>	34 <sup>α</sup>	50 <sup>α</sup>	0,5 <sup>α</sup>	10 <sup>-5</sup> <sup>α</sup>	0,30 <sup>α</sup>	---	---
ALUVIÃO, a(ag) <sup>α</sup>	17 <sup>α</sup>	19 <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	0 <sup>α</sup>	25 <sup>α</sup>	10 <sup>α</sup>	0,5 <sup>α</sup>	10 <sup>-8</sup> <sup>α</sup>	0,46 <sup>α</sup>	---	---
ALUVIÃO, a(cg) <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	22 <sup>α</sup>	---	---	0 <sup>α</sup>	35 <sup>α</sup>	75 <sup>α</sup>	0,5 <sup>α</sup>	10 <sup>-4</sup> <sup>α</sup>	0,30 <sup>α</sup>	---	---
MIOCÉNICO, M(ag)a-NSPT->50 <sup>α</sup>	22 <sup>α</sup>	23 <sup>α</sup>	350 <sup>α</sup>	100 <sup>α</sup>	10 <sup>α</sup>	33 <sup>α</sup>	60 <sup>α</sup>	1,0 <sup>α</sup>	10 <sup>-8</sup> <sup>α</sup>	0,33 <sup>α</sup>	---	---
MIOCÉNICO, M(ag)b-NSPT-<50 <sup>α</sup>	21 <sup>α</sup>	22 <sup>α</sup>	180 <sup>α</sup>	40 <sup>α</sup>	5 <sup>α</sup>	28 <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	1,0 <sup>α</sup>	10 <sup>-8</sup> <sup>α</sup>	0,38 <sup>α</sup>	---	---
MIOCÉNICO M(cal) <sup>α</sup>	24 <sup>α</sup>	24 <sup>α</sup>	---	---	100 <sup>α</sup>	34 <sup>α</sup>	400 <sup>α</sup>	0,8 <sup>α</sup>	10 <sup>-5</sup> <sup>α</sup>	0,25 <sup>α</sup>	---	---
OLIGOCÉNICO, O <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	22 <sup>α</sup>	400 <sup>α</sup>	150 <sup>α</sup>	25 <sup>α</sup>	30 <sup>α</sup>	75 <sup>α</sup>	1,2 <sup>α</sup>	10 <sup>-7</sup> <sup>α</sup>	0,30 <sup>α</sup>	α	α
BASALTO, β <sup>β</sup>	26 <sup>α</sup>	26 <sup>α</sup>	---	---	200 <sup>α</sup>	40 <sup>α</sup>	2000 <sup>α</sup>	0,8 <sup>α</sup>	10 <sup>-7</sup> <sup>α</sup>	0,26 <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	12 <sup>α</sup>
BASALTO, β <sub>WS, W4/S</sub> <sup>α</sup>	21 <sup>α</sup>	23 <sup>α</sup>	---	---	50 <sup>α</sup>	35 <sup>α</sup>	250 <sup>α</sup>	0,7 <sup>α</sup>	10 <sup>-6</sup> <sup>α</sup>	0,28 <sup>α</sup>	---	---
TUFOS, τ <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	21 <sup>α</sup>	---	---	60 <sup>α</sup>	35 <sup>α</sup>	120 <sup>α</sup>	1,0 <sup>α</sup>	10 <sup>-7</sup> <sup>α</sup>	0,27 <sup>α</sup>	---	---
CALCÁRIO, Cc1a <sup>α</sup>	23 <sup>α</sup>	23 <sup>α</sup>	---	---	50 <sup>α</sup>	32 <sup>α</sup>	60 <sup>α</sup>	0,8 <sup>α</sup>	10 <sup>-7</sup> <sup>α</sup>	0,23 <sup>α</sup>	---	---
CALCÁRIO, Cc1b <sup>α</sup>	24 <sup>α</sup>	24 <sup>α</sup>	---	---	90 <sup>α</sup>	38 <sup>α</sup>	325 <sup>α</sup>	0,8 <sup>α</sup>	10 <sup>-7</sup> <sup>α</sup>	0,21 <sup>α</sup>	9 <sup>α</sup>	3 <sup>α</sup>
CALCÁRIO, Cc1c <sup>α</sup>	25 <sup>α</sup>	25 <sup>α</sup>	---	---	300 <sup>α</sup>	42 <sup>α</sup>	4000 <sup>α</sup>	0,8 <sup>α</sup>	10 <sup>-6</sup> <sup>α</sup>	0,21 <sup>α</sup>	50 <sup>α</sup>	27,5 <sup>α</sup>
CALCÁRIO, Cc1d <sup>α</sup>	24 <sup>α</sup>	24 <sup>α</sup>	---	---	120 <sup>α</sup>	40 <sup>α</sup>	1250 <sup>α</sup>	0,8 <sup>α</sup>	10 <sup>-7</sup> <sup>α</sup>	0,21 <sup>α</sup>	12 <sup>α</sup>	6 <sup>α</sup>
CALCÁRIO-DE-CANEÇAS <sup>α</sup>	23 <sup>α</sup>	23 <sup>α</sup>	---	---	80 <sup>α</sup>	35 <sup>α</sup>	400 <sup>α</sup>	0,8 <sup>α</sup>	10 <sup>-7</sup> <sup>α</sup>	0,25 <sup>α</sup>	5 <sup>α</sup>	1,5 <sup>α</sup>

### 3.4 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 e os estaleiros são objetos de projeto autónomo, apresentado no Tomo V – Estações, Volume 1 – Estação Campolide Amoreiras, Parte 08, Outras especialidades, deste Anteprojecto.

### 3.5 Ocupação de Superfície e de Subsolo

A execução a céu aberto da estação e dos acessos 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 Tomo V – Estações, Volume 1 – Estação Campolide Amoreiras, Parte 03, Serviços Afetados, deste Anteprojecto.

### 3.6 Interferências com o Património Edificado

As interferências da Estação Campolide Amoreiras com o património edificado encontram-se em projeto específico, no Tomo V – Estações, Volume 1 – Estação Campolide Amoreiras, Parte 08, Outras especialidades do presente Anteprojeto.

### 3.7 Implantação

A implantação da obra foi analisada por forma a minimizar as interferências com os edifícios existentes, nomeadamente os números 17, 18, 18a e 19 na Avenida Conselheiro Fernando de Sousa e o número 20 da Avenida Eng<sup>o</sup> Duarte Pacheco. O corpo da estação é implantado sob a Avenida Conselheiro Fernando de Sousa.

### 3.8 Segurança

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

1. Evitar os riscos;
2. Avaliar os riscos que não possam ser evitados;
3. Combater os riscos na origem;
4. Adaptar o trabalho ao trabalhador;
5. Ter em conta o estado de evolução técnica;
6. Substituir o que é perigoso pelo que é isento de perigo ou menos perigoso;
7. Planificar a prevenção;
8. Dar prioridade à prevenção coletiva em relação à individual;
9. Dar formação e instruções adequadas aos trabalhadores.

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

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

### 3.9 Arquitetónicos

O presente Anteprojeto procura atingir as soluções técnicas mais adequadas e que estão compatibilizadas com o projeto de Arquitetura, desenvolvido ao mesmo nível, (Tomo V – Estações, Volume 1 – Estação Campolide Amoreiras, Parte 01, Arquitetura).

### 3.10 Compatibilidade com as Outras Especialidades

O presente Anteprojeto está compatibilizado com todas as restantes especialidades, nomeadamente:

- Tomo I – Geral, Volumes 1 a 39;
- Tomo V – Estações, Volume 1 – Estação de Campolide Amoreiras:
  - Parte 01 – Arquitetura;
  - Parte 03 – Serviços Afetados;
  - Parte 04 – Fluídos;
  - Parte 05 – Energia;
  - Parte 06 – Telecomunicações;
  - Parte 07 – Mecânica;
  - Parte 08 – Outras especialidades.

### 3.11 Ambiente

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

No desenvolvimento do presente Anteprojeto foram consideradas as seguintes medidas:

- Cumprimento das áreas mínimas de intervenção, necessárias à realização dos trabalhos, apresentadas no Programa Preliminar do M.L.;
- Consideração das medidas e recomendações constantes da DIA (processo de AIA n.º 3462);
- Consulta dos elementos patenteados a concurso referentes à identificação de todas as interferências ao longo do traçado e ao levantamento dos respetivos cadastros para análise nas fases seguintes de projeto. Nesta fase realizou-se uma análise de risco aos edifícios interferidos seguindo a metodologia de avaliação de danos nos edifícios devido a escavações profundas e de túneis patenteada pelo M.L., que consta do Tomo I – Geral, Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha, do presente Anteprojeto;
- 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 Anteprojeto 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 (ECO);
- 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;
- 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 – Ensaio do betão projetado – Parte 5: Determinação da capacidade de absorção de energia de provetes de lajes reforçadas com fibras;
- NP EN 445 – Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Métodos de ensaio;
- NP EN 446 – Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Procedimentos para injeção;
- NP EN 447 – Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Especificações para caldas correntes.

## 5 MATERIAIS

As características dos materiais adotados nas estruturas provisórias e definitivas encontram-se apresentadas nas tabelas seguintes:

Tabela 1 – Características dos materiais considerados no estudo do suporte primário (1/2)

MATERIAIS	PROPRIEDADES	
Betão	Betão projetado (via húmida)	C30/37 XC 4(P) CL 0.4 DMAX.10 S5
	Regularização/enchimento	C12/15 XC 2(P) CL 0.4 DMAX.22 S3
Fibras metálicas	Resistência à tração	1500 MPa
	Comprimento (extremidade com gancho)	< 35 MM
	Esbelteza, L/d	65
	Dosagem mínima de fibras	25 kg/m <sup>3</sup>
	Classe de absorção de energia:	E700
Aço	Chapas e perfis metálicos	S 275 JR
	Cambotas treliçadas	A 500NR
	Rede eletrossoldada	A 500ER
	Enfilagens	S 355 JR
	Elementos de fixação metálica	CLASSE 8.8
	Pregagens de aço em varão	A 500 NR SD
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		
Pregagens de tubo expansivo	Carga mínima de cedência	Py = 130 kN
	Tipo de aço	S 355 MC
Fibra de vidro	Resistência à tracção	≥ 2000 MPa
	Carga nominal de rotura	430 kN

Tabela 2 – Características dos materiais considerados no estudo do suporte primário (2/2)

MATERIAIS	PROPRIEDADES	
Calda de cimento	Resistência à compressão aos 7 dias	F <sub>ck</sub> MÍN. = 25 MPa
Geodrenos	Tubo de polietileno rígido, corrugado e ranhurado	SN2
Geotêxtil do geodreno	Massa por unidade de área (EN 9864)	150 g/m <sup>2</sup>
	Massa por unidade de área (EN 9864)	2 mm
	Resistência à tração (EN ISO 10319)	4,5 kN/m
	Alongamento à carga máxima (EN ISO 10319)	80 %
	Punçoamento estático (EN ISSO 12236)	≥ 700 N
	Resistência à perfuração dinâmica (EN 918)	≤ 28 mm

	Durabilidade	[Duração estimada de, no mínimo, 25 anos em terreno com $4 < \text{PH} < 9$ e temperaturas $< 25^{\circ}\text{C}$ (tempo de exposição máximo de 1 semanas após instalação)]
--	--------------	---

Tabela 3 – Características dos materiais considerados no estudo do suporte definitivo (1/2)

Materiais	Localização	Classe de resistência	Classe de exposição	cl. teor de cloretos	$d_{\max}$ (mm)	Classe de consistência
<b>Betão</b> ( <i>in situ</i> )	Regularização	C12/15	X0	CL 1,00	$\leq 25$	S3
	Estrutura interior em ambiente seco (lajes, vigas, pilares, escadas e paredes)	C30/37	XC1	CL 0,40	$D_{\text{inf}}=20$ $D_{\text{sup}}=25$	S4
	Estrutura interior em zonas húmidas – zonas com sanitários (lajes, vigas, pilares, escadas e paredes)	C30/37	XC3	CL 0,40	$D_{\text{inf}}=20$ $D_{\text{sup}}=25$	S4
	Estrutura exterior (revestimento definitivo das galerias, paredes de contenção periférica, laje de fundo do poço principal, laje de cobertura e elementos expostos à intempérie)	C30/37	XC4	CL 0,40	$\leq 25$	S3
	Enchimento (sub-cais)	C20/25	XC0	CL 1,00	$\leq 25$	S3

Tabela 4 – Características dos materiais considerados no estudo do suporte definitivo (2/2)

Materiais	Localização	Classe de resistência
<b>Aço</b> Estrutural	Armaduras ordinárias	A500 NR SD
	Malha eletrossoldada	A500 EL
	Estruturas metálicas (chapas, perfis, barras e anilhas)	S355 JR
	Parafusos / Pernos	Classe 8.8/10.9
	Porcas	Classe 8/10

**Notas:**

As betonilhas de enchimento a realizar para o assentamento dos revestimentos dos pisos e para a formação de pendentes nas lajes internas deverão ter um peso específico máximo de  $15 \text{ kN/m}^3$ .

Tabela 5 – Estruturas provisórias e definitivas. Recobrimentos nominais das armaduras

Recobrimentos Nominais (*) (**)		
<b>Recobrimentos a Garantir de Acordo com Exigências de Resistência ao Fogo e Durabilidade dos Materiais</b>  <b>Vida Útil Considerada: 100 Anos Estabilidade ao Fogo: R120</b>	Elemento	Recobrimento nominal
	Lajes elevadas	40 mm
	Pilares e Vigas	45 mm
	Revestimento definitivo das galerias	45 mm
	Paredes do revestimento definitivo	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 e Poços de Ventilação são parte integrante de uma infraestrutura cujo colapso representa “consequência elevada em termos de perda de vidas humanas; ou consequências económicas, sociais ou ambientais muito importantes”, pelo que se classificam como sendo da classe de consequência CC3.

### 6.3 Classe de Inspeção

De acordo com a norma NP EN 13670 – 1 anexo G, quadro G.1, a estrutura de objeto desta Memória Descritiva e Justificativa enquadra-se na classe de inspeção 3, para betão moldado.

### 6.4 Classe de Fiabilidade

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

### 6.5 Classificação do Tipo de Terreno

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

Tabela 6 – Tipos de Solos de acordo com o EC8

Tipo de solo	Descrição
A	Rocha ou formação 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 <sub>1</sub>	Depósitos com uma espessura mínima de 10m, constituídos por argila/sedimentos com elevado nível de plasticidade e alto nível freático
S <sub>2</sub>	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 Tabela 7.

Tabela 7 – 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.

Na Obra Especial OE2 é considerado um terreno do Tipo B.

## 6.6 Zonamento e Parametrização Geológico-Geotécnico

Em termos gerais, na zona onde se desenvolve a Obra Especial OE2, intersecta-se um estrato superficial de materiais de aterro, abaixo do qual se desenvolve um maciço sequencialmente constituído do topo para a base por materiais miocénicos da “Formação dos Prazeres”, predominantemente argilas e margas, materiais oligocénicos da “Formação de Benfica”, essencialmente constituído por areias finas siltosas e silto-argilosas e o CVL- “Complexo Vulcânico de Lisboa”, nesta zona principalmente correspondente a tufos e passagens de basalto decomposto. Abaixo desta unidade ocorrem calcários da Formação da Bica, nomeadamente a unidade Cc1a, essencialmente correspondente a argilas margosas, Cc1b (calcário nodular) e Cc1c (calcário semi-cristalino a cristalino com rudistas).

Tendo em conta a possível existência de níveis de água suspensos, considera-se para efeito de cálculo que na zona envolvente à Obra especial OE2, o nível de água se situe à cota +85,00.

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

Tabela 8 – Características geológico-geotécnicas e parâmetros geotécnicos das unidades terrosas (1/2)

Unidade	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_u$ (kPa)	$E_u$ (MPa)	$c'$ (kPa)	$\phi'$ (°)	$E'$ (MPa)	$K_0$	$k$ (m/s)	$\nu$	$\sigma$ (MPa) [rocha]	$E'$ (GPa) [rocha]
ATERRO, At	18	20	---	---	0	28	8	0,5	10 <sup>-5</sup>	0,35	---	---
ALUVIÃO, a(ar)	19	21	---	---	0	34	50	0,5	10 <sup>-5</sup>	0,30	---	---
ALUVIÃO, a(ag)	17	19	10	10	0	28	4	0,5	10 <sup>-8</sup>	0,46	---	---
ALUVIÃO, a(cg)	20	22	---	---	0	35	75	0,5	10 <sup>-4</sup>	0,30	---	---
MIOCÉNICO, M(ag)a NSPT > 50	22	23	350	100	10	33	60	1,0	10 <sup>-8</sup>	0,33	---	---

Tabela 9 – Características geológico-geotécnicas e parâmetros geotécnicos das unidades terrosas (2/2)

Unidade	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_u$ (kPa)	$E_u$ (MPa)	$c'$ (kPa)	$\phi'$ (°)	$E'$ (MPa)	$K_0$	$k$ (m/s)	$\nu$	$\sigma$ (MPa) [rocha]	$E'$ (GPa) [rocha]
MIOCÉNICO, M(ag)b NSPT < 50	21	22	180	40	5	28	20	1,0	10 <sup>-8</sup>	0,38	---	---
MIOCÉNICO M(cal)	24	24	---	---	100	34	400	0,8	10 <sup>-5</sup>	0,25	---	---
OLIGOCÉNICO, $\phi$	20	22	400	150	15	30	75	1,2	10 <sup>-7</sup>	0,30	---	---
BASALTO, $\beta$	26	26	---	---	200	40	2000	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,26	20	12
BASALTO, $\beta_{W5;W4/5}$	21	23	---	---	50	35	250	0,7	10 <sup>-6</sup>	0,28	---	---
TUFOS, $\tau$	20	21	---	---	60	35	120	1,0	10 <sup>-7</sup>	0,27	---	---
CALCÁRIO, Cc1a	23	23	---	---	50	32	60	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,23	---	---
CALCÁRIO, Cc1b	24	24	---	---	90	38	325	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,21	9	3
CALCÁRIO, Cc1c	25	25	---	---	300	42	4000	0,8	10 <sup>-6</sup>	0,21	50	27,5
CALCÁRIO, Cc1d	24	24	---	---	120	40	1250	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,21	12	6
CALCÁRIO DE CANEÇAS	23	23	---	---	100	35	400	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,25	5	1,5

## 6.7 Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas

### 6.7.1 Túneis

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

De acordo com estas recomendações o sistema de revestimento deverá garantir que o afluxo de água ao interior do túnel se restrinja a fenómenos de capilaridade, admitindo-se apenas, como manifestações de humidade, a existência de pequenas manchas isoladas sem qualquer escorrência de água, embora possa ocorrer alteração cromática de um papel sobre elas colocado.

Esta exigência limita o influxo médio (espacial) diário de água a 0,2 litros/m<sup>2</sup> em troços com comprimento de referência de 10 m e a 0,1 litros/m<sup>2</sup> em troços com comprimento de referência de 100 m. Para aplicação do primeiro limite, os troços de 10 m deverão ser pontuais, com caráter esporádico.

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

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

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

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

### 6.7.2 Requisitos legais de proteção de águas subterrâneas

Regra geral a Lei de Proteção da Água exige que os níveis de água existentes no subsolo sejam mantidos e que a água subterrânea seja mantida sem contaminação; uma consequência direta do cumprimento destas exigências é a impossibilidade de rebaixamento permanente do lençol freático, sempre que possível.

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

## 7 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

### 7.1 Estrutura definitiva

A estrutura definitiva exterior (revestimento definitivo) do túnel é construída após a execução da estrutura de suporte primário.

O revestimento definitivo do túnel, é constituído por uma secção corrente com abóbada circular de 0.50 m de espessura, soleira curva de espessura constante com 0.60 m de espessura e curva de ligação hasteais – soleira também com 0.50 m de espessura.

Na Figura 1 apresenta-se a secção transversal corrente deste túnel.

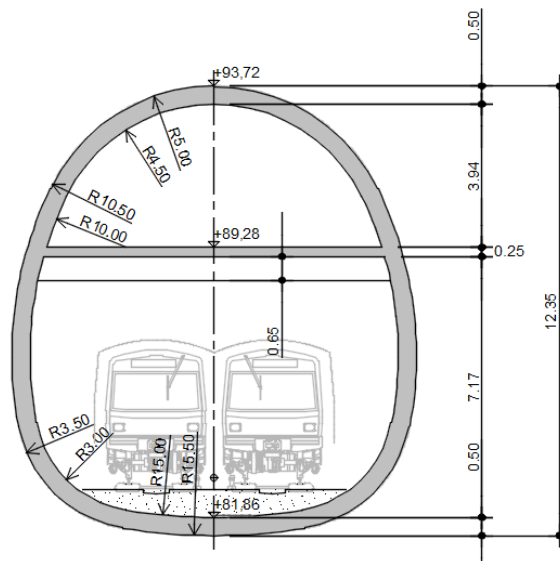


Figura 1 – Corte transversal do revestimento definitivo do túnel

A estrutura definitiva interior é constituída por uma laje de 0,25cm de espessura à cota +89,28 e vigas transversais retangulares, dispostas numa só direção, com secção 0,50m x 0,90m e espaçadas de 5,10m. Estes elementos constituem os elementos do piso da zona de circulação pedonal para acesso da estação de Campolide Amoreiras aos acessos 5 e 6, sendo apoiados no revestimento definitivo exterior do túnel.

Na Figura 2 apresenta-se o corte longitudinal do revestimento definitivo do túnel, de acordo com as peças desenhadas do presente Anteprojeto.

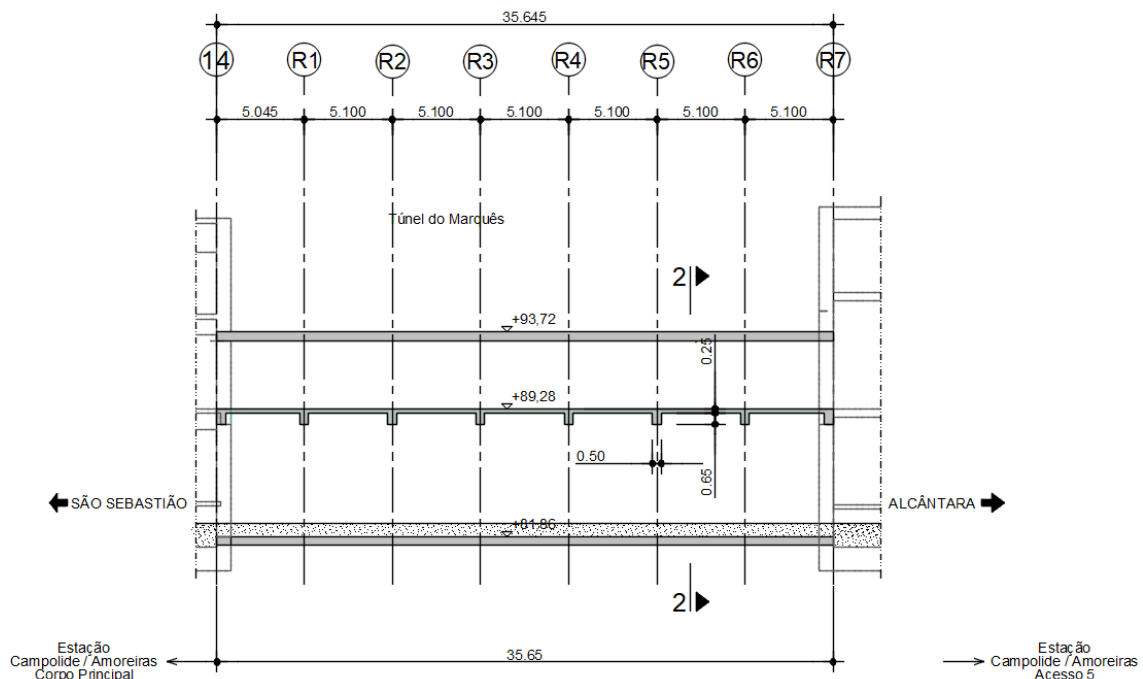


Figura 2 – Corte longitudinal do revestimento definitivo do túnel



## 7.2 Sistema de impermeabilização

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

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

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

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

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

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

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

Na Figura 3 apresentam-se os pormenores do sistema de impermeabilização do revestimento definitivo das galerias da estação, respetivamente para hasteais e abóbada (à esquerda) e soleira (à direita).

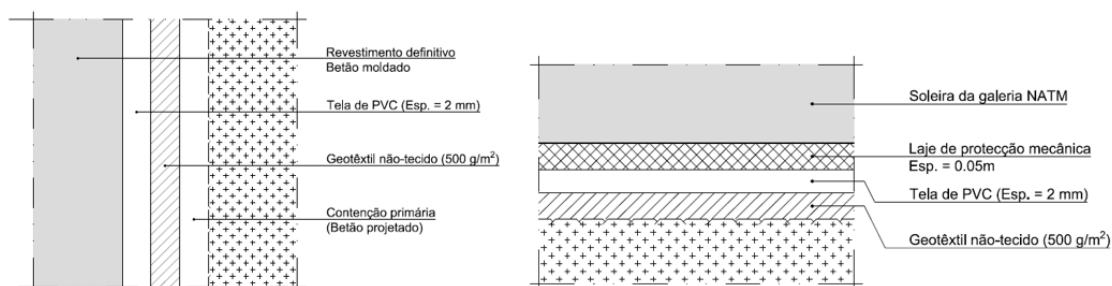


Figura 3 – Sistema de impermeabilização do revestimento definitivo do túnel

## 8 FASEAMENTO CONSTRUTIVO

O faseamento construtivo das estruturas provisórias (suporte primário) e definitivas (revestimento definitivo) do túnel de segue, sucintamente, as seguintes fases construtivas:

### 1.1. Escavação da vala dos acessos 5 e 6;

- 1.2. Execução do tratamento de emboque, incluindo execução de chapéu troncocónico de enfilagens metálicas (do lado da estação de Campolide Amoreiras e do lado do acesso 5), pregagens e geodrenos de frente;
- 1.3. Execução do túnel piloto:
  - 1.3.1. Demolição das estacas na região do túnel piloto;
  - 1.3.2. Escavação da calote do túnel piloto (fase 1) com avanço de 1,00m;
  - 1.3.3. Execução de uma camada de 5cm em betão projetado para regularização da superfície exposta pela escavação do túnel;
  - 1.3.4. Execução de enfilagens de varão de aço e dos bueiros radiais;
  - 1.3.5. Execução de geodrenos e pregagens (radiais e de frente, onde aplicável);
  - 1.3.6. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.3.7. Escavação da soleira do túnel piloto (fase 2) com avanço de 2,00m;
  - 1.3.8. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.3.9. Repetição dos passos 1.3.2 a 1.3.8 até ao final do túnel, na zona de ligação à Estação Campolide Amoreiras.
- 1.4. Execução da estrutura de calote superior:
  - 1.4.1. Execução de um chapéu troncocónico de enfilagens metálicas (onde aplicável);
  - 1.4.2. Escavação de 1 avanço de 2,00m na calote (fase 1), com demolição das estacas;
  - 1.4.3. Execução de uma camada de 5cm em betão projetado para regularização da superfície exposta pela escavação da calote;
  - 1.4.4. Instalação de cambotas metálicas treliçadas a cada 1,00m;
  - 1.4.5. Execução de geodrenos e pregagens (radiais e de frente, onde aplicável) e instalação de prismas de convergências para monitorização da deformação do suporte primário;
  - 1.4.6. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.4.7. Escavação de avanços de 4,00m na soleira provisória (fase 2). Deverá existir um desfaseamento de 4,00m entre a escavação da calote (fase 1) e da soleira provisória (fase 2);
  - 1.4.8. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado na zona da soleira provisória até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.4.9. Reaterro da soleira;
  - 1.4.10. Repetição dos passos 1.4.1 a 1.4.9 até ao final do túnel;
- 1.5. Escavação e execução do 1º rebaixo:
  - 1.5.1. Escavação de 1 avanço de 2,00m (fase 1), com demolição das estacas e manutenção de núcleo central, e aplicação imediata de uma camada de 5cm de betão projetado para regularização;
  - 1.5.2. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário do poço até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.5.3. Instalação de prismas de convergências para monitorização da deformação do suporte primário;
  - 1.5.4. Escavação com avanço de 2,00m na região da soleira provisória (fase 2);
  - 1.5.5. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado na soleira provisória do túnel até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.5.6. Reaterro da soleira;
  - 1.5.7. Repetição dos passos 1.5.1 a 1.5.6 (avanço típico de rebaixo) até ao final do túnel;

- 1.6. Escavação e execução do 2º rebaixo:
- 1.6.1. Escavação de 1 avanço de 3,00m (fase 1), com demolição das estacas e manutenção de núcleo central, e aplicação imediata de uma camada de 5cm de betão projetado para regularização;
  - 1.6.2. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário do poço até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.6.3. Instalação de prismas de convergências para monitorização da deformação do suporte primário;
  - 1.6.4. Escavação com avanço de 3,00m na região da soleira provisória (fase 2);
  - 1.6.5. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado na soleira provisória do túnel até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.6.6. Reaterro da soleira;
  - 1.6.7. Repetição dos passos 1.6.1 a 1.6.6 (avanço típico de rebaixo) até ao final do túnel de ligação.
- 1.7. Escavação e execução da soleira definitiva:
- 1.7.1. Escavação de 1 avanço de 3,00m (fase 1), com demolição das estacas e manutenção de núcleo central, e aplicação imediata de uma camada de 5cm de betão projetado para regularização;
  - 1.7.2. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário do poço até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.7.3. Instalação de prismas de convergências para monitorização da deformação do suporte primário;
  - 1.7.4. Escavação com avanço de 3,00m na região da soleira provisória (fase 2);
  - 1.7.5. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado na soleira provisória do túnel até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.7.6. Reaterro da soleira;
  - 1.7.7. Repetição dos passos 1.6.1 a 1.6.6 (avanço típico de soleira) até ao final do túnel de ligação.
- 1.8. Execução da impermeabilização do túnel entre o suporte primário e o revestimento definitivo;
- 1.9. Execução do revestimento definitivo do túnel;
- 1.10. Execução da estrutura interna do túnel da forma tradicional:
- a) Instalação de cimbres e cofragem do piso, seguido de montagem de armaduras;
  - b) Betonagem da laje e vigas do piso superior numa única operação;
  - c) Acabamentos.

## 9 PROJETO DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS

### 9.1 Critérios de verificação da segurança

#### 9.1.1 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 às 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 transversal.

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.

### 9.1.2 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.

### 9.1.3 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.

## 9.2 Ações

Foram consideradas no dimensionamento das estruturas as ações regulamentares bem como as ações definidas no Normativo do Metropolitano de Lisboa.

### 9.2.1 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  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ ;
- 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 20°C;

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:  $\alpha = 10 \times 10^{-6}$ .

- Impulso de Terras (It) – Foram considerados os impulsos de terreno, calculados tendo em conta as características geomecânicas dos maciços interessados (de acordo com o zonamento geotécnico apresentado nas peças desenhadas);
- Impulso Hidrostático (Iw) – Considera-se a existência de água e conseqüentemente a ação do impulso hidrostático à cota +85.0, ou seja, cerca de 2,00m acima do P.B.V. Para a determinação dos impulsos hidrostático considerou-se um peso específico da água de  $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$ .

## 9.2.2 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/m<sup>2</sup> para a determinação dos impulsos de terras;
- 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);
- Sobrecarga Geral (pisos-corrente) – (SC\_GER);

### Zona 1 – Espaços de circulação e permanência do público

De acordo com a NP EN 1991-1-1:2009, para utilizações de categoria C3 (locais de reunião definidos por zonas sem obstáculo para a movimentação de pessoas; por exemplo, em museus salas de exposição, etc. e em acessos de edifícios públicos e administrativos, hotéis, hospitais, e em átrios de entrada de estações do comboios) o valor da sobrecarga adotado é de 5,0kN/m<sup>2</sup>.

$$SC_{Zona 1} = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

- 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 ( $\Delta t_u + \Delta t_d$ );
- Levantamento de Estruturas – para transferência de cargas (LEV);
- Ações vibratórias externas.

### 9.2.3 Ação sísmica

O efeito do sismo nas estruturas enterradas (túneis, poços 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 espectro 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 espectro 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 simplificada 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.

## 9.2.4 Ações acidentais

### 9.2.4.1 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.

## 9.2.5 Movimentos das fundações

Na verificação da segurança associada às componentes do movimento das fundações dos edifícios e infraestruturas adjacentes, em particular as respeitantes aos assentamentos totais e relativos (diferenciais) e ainda às rotações relativas das fundações, foram seguidas as disposições prescritas na NP EN 1997-1. O estudo encontra-se desenvolvido em projeto específico, apresentado no Tomo II – Geral, Volume 13 – Interferências ao longo da linha, do presente Anteprojeto.

## 9.3 Combinações de ações

### 9.3.1 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:

#### 9.3.1.1 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.

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

$\gamma_Q$  – 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;

$\psi_0$  – Valor reduzido da ação variável  $i$ .

### 9.3.1.2 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 ( $\psi_{1,1}$  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).

### 9.3.1.3 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;

$\psi_2$  – Valor reduzido da ação variável  $j$ .

## 9.3.2 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:

### 9.3.2.1 Combinação rara de ações:

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

### 9.3.2.2 Combinação frequente:

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

### 9.3.2.3 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.

$\psi_1$  e  $\psi_2$  – Valores reduzidos da ação variável  $j$ .

## 9.4 Metodologia de cálculo

O dimensionamento do revestimento definitivo do túnel foi realizado com recurso a um programa de cálculo automático de elementos finitos, o SAP2000.

O modelo desenvolvido segue o método das reações hiperestáticas, sendo que a interação solo-estrutura foi considerada através de molas com comportamento elástico perfeitamente plástico, permitindo compressões sem limite assinalável, mas não permitindo trações, tendo-se recorrido a análises fisicamente não-lineares para a obtenção dos esforços devidos aos carregamentos regulamentares.

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.

Os elementos interiores do túnel de ligação (lajes e pilares) foram analisados com base em modelos simplificados, recorrendo, para tal, aos conceitos associados à teoria das peças lineares.

### 9.4.1 Modelo de cálculo

O revestimento definitivo foi modelado segundo a sua linha média com elementos de barra. O módulo de reação ( $k$ ) dos apoios elásticos foi estimado a partir do módulo de deformabilidade ( $E$ ) e do coeficiente de Poisson ( $\nu$ ) dos complexos geomecânicos interessados, de acordo com a seguinte expressão:

$$k = \frac{E}{R(1 + \nu)}$$

em que  $R$  representa o raio do revestimento definitivo.

Na Figura 4 apresenta-se o modelo de cálculo desenvolvido no SAP2000.

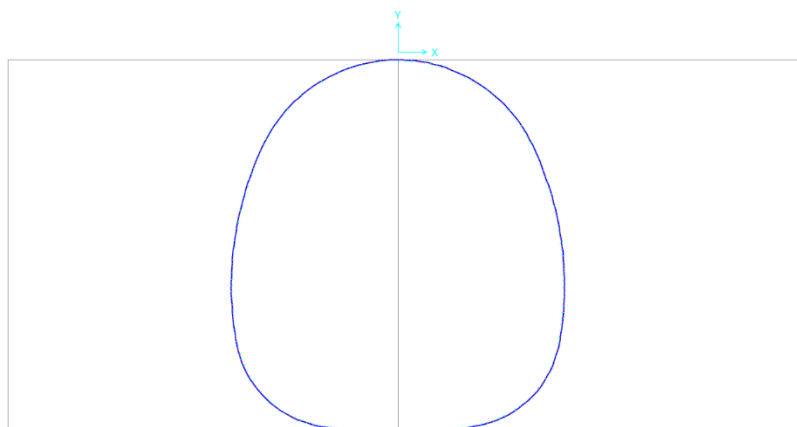


Figura 4 – Modelo de cálculo desenvolvido no SAP2000

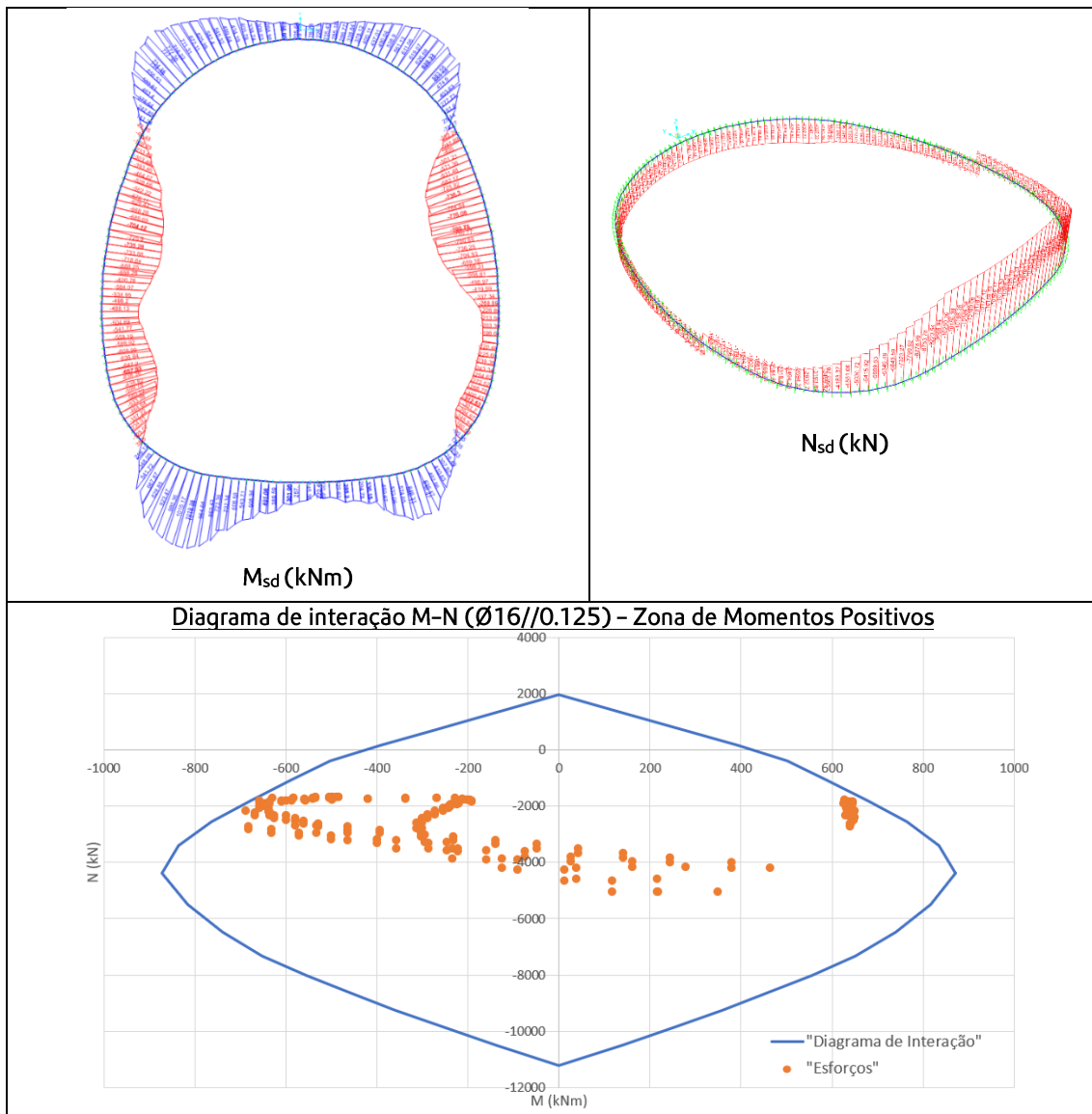
## 9.5 Verificações de segurança das estruturas definitivas

Nos pontos seguintes são apresentados os resultados dos cálculos efetuados, bem como a verificação da segurança em relação aos estados limites últimos de resistência e em relação ao estado limite de abertura de fendas.

### 9.5.1 Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites Últimos (ELU)

De seguida apresentam-se as verificações da segurança em relação aos estados limites últimos de flexão composta e de esforço transverso. Para fins de dimensionamento, apresenta-se apenas os resultados dos cenários que se mostraram mais desfavoráveis.

Tabela 10 – Verificação da resistência à flexão composta do revestimento definitivo do túnel de ligação



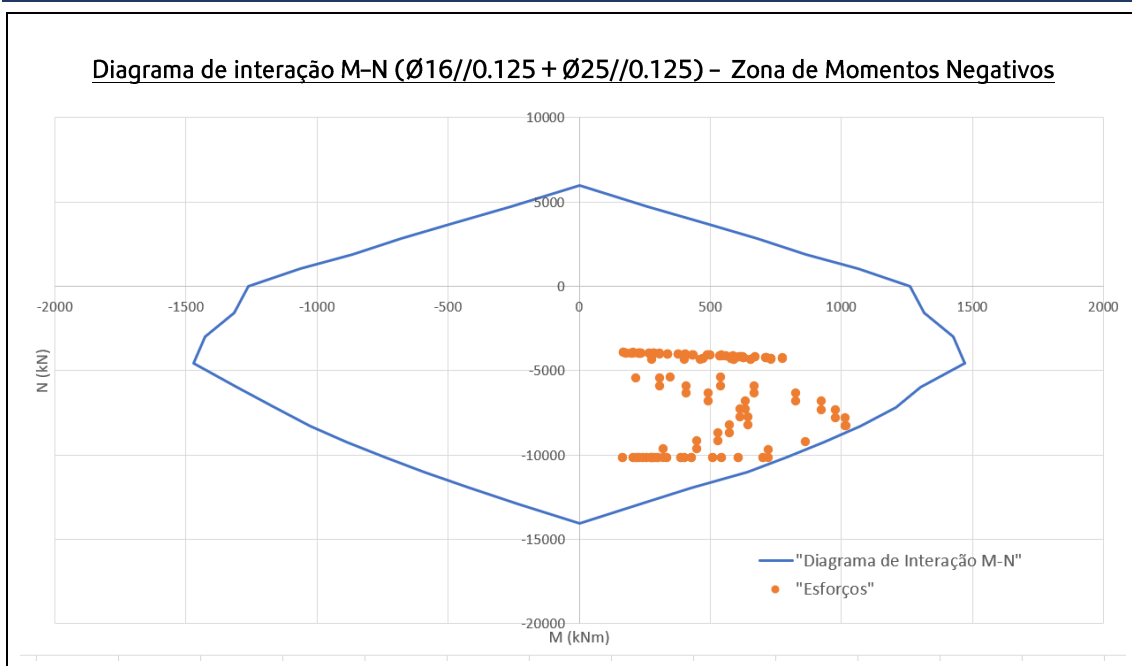


Tabela 11 – Verificação da resistência à flexão das vigas definitivas

Vigas transversais													
$P_{sd} = 109,50 \text{ kN}$													
$M_{sd} = 1235,87 \text{ kNm}$													
<b>Verificação da viga transversal à flexão</b>													
Med [kNm/m]	b [m]	h [m]	d [m]	$\mu$	$\omega$	k	As [cm <sup>2</sup> ]	As,min [cm <sup>2</sup> /m]	As,adoptado [cm <sup>2</sup> ]	$\omega$	$\mu$	Mrd (kNm)	
1234,87	0,50	0,90	0,85	0,17	0,19	0,23	37,83	4,42	8025	39,27	0,20	0,18	1275,46

## 9.6 Disposições construtivas

### 9.6.1 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 o comportamento das zonas da estrutura.

### 9.6.2 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.

## 10 PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

### 10.1 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;
- Inclínómetro;
- Piezómetro tipo casagrande (a executar no âmbito da obra);
- Fissurómetro (edifícios);
- Prisma de convergência;
- Sismógrafo (edifícios);
- Tiltímetro (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).

## 10.2 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 exatável, 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.

## 10.3 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 conseqüentemente 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.

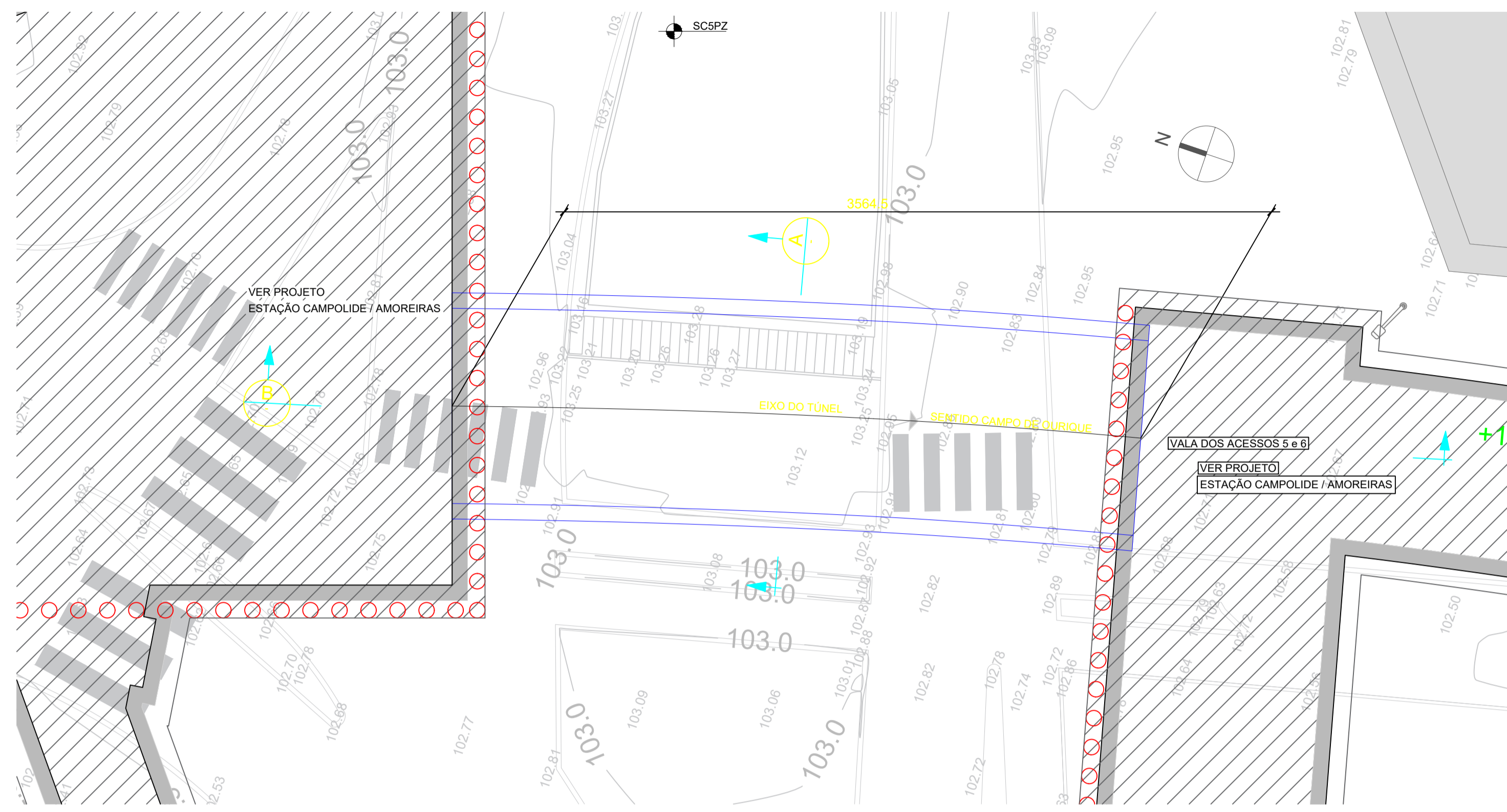
---

## 11 AVALIAÇÃO DE DANOS

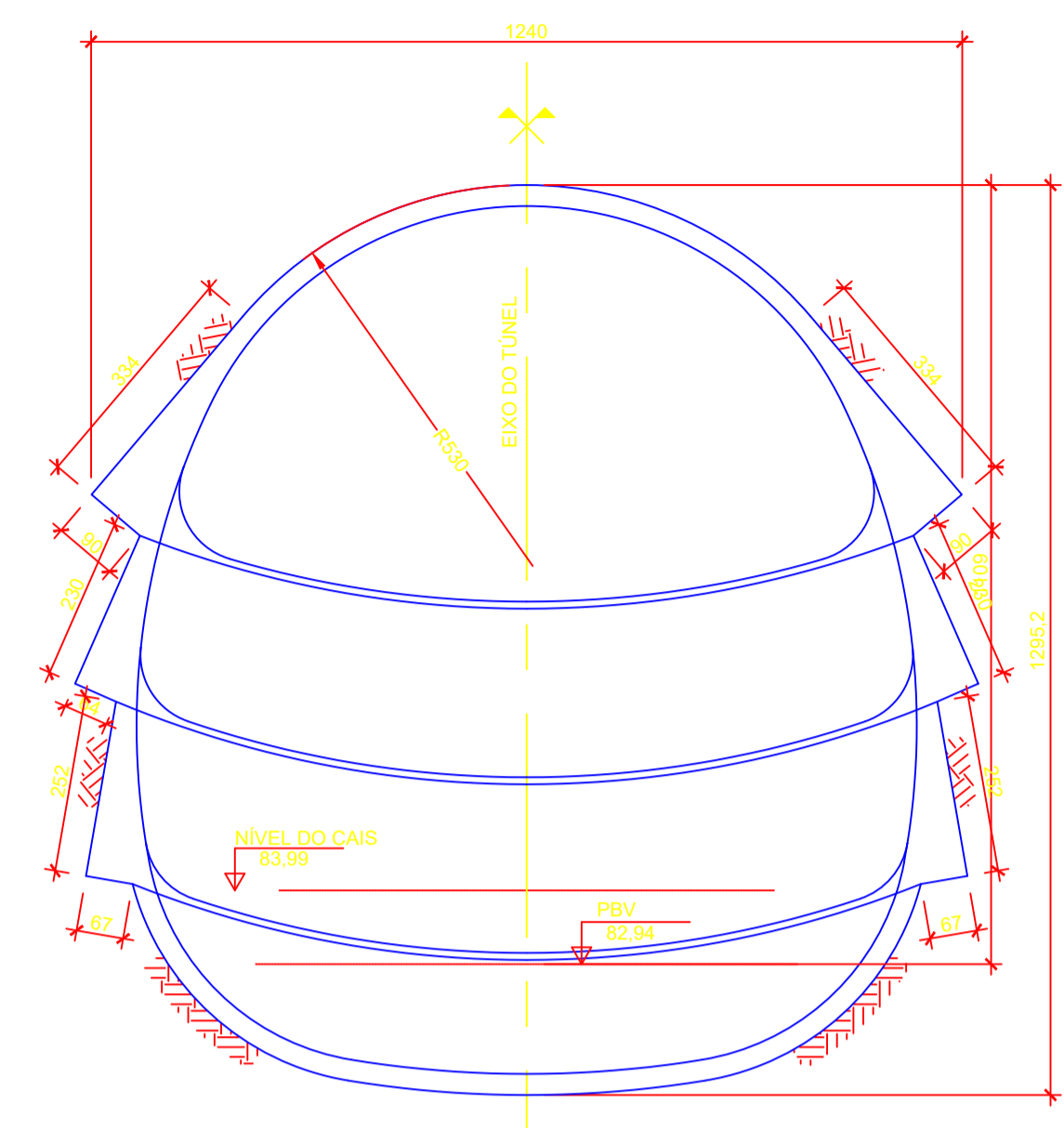
A avaliação de danos em interferências ao longo do traçado, assim como a definição de critérios de danos em estruturas ou infra-estruturas situadas na vizinhança da obra, encontra-se incluída no Tomo 2 – Volume 13 – Interferências ao Longo da Linha.

Registo e Controlo de Alterações

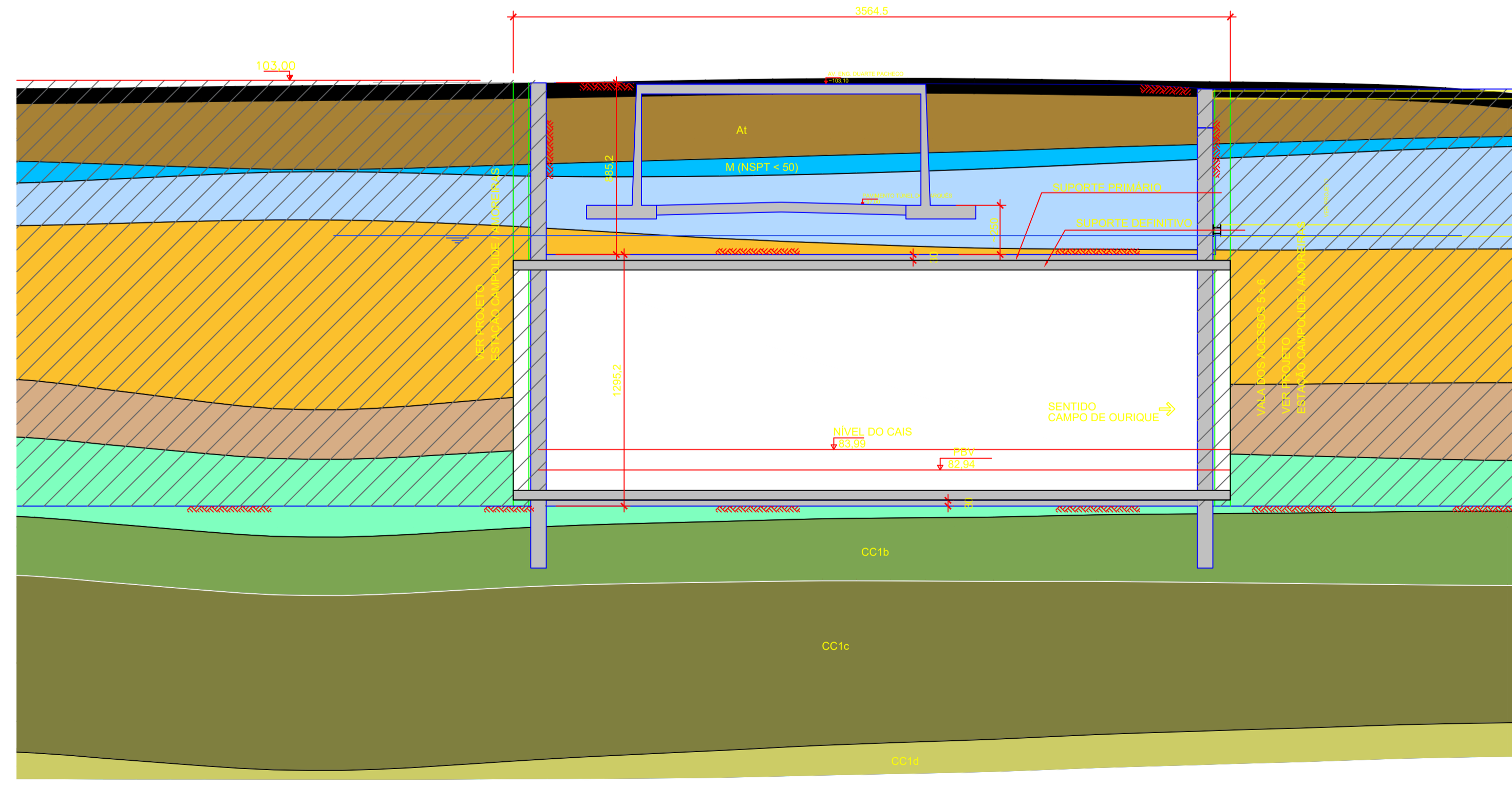
Revisão	Data	Descrição
0	2024-10-04	Emissão do Projeto de Execução



**PLANTA DE IMPLANTAÇÃO DO TÚNEL**  
ESC. 1:200



**A SEÇÃO TÚNEL**  
ESC. 1:100



**B PERFIL LONGITUDINAL**  
ESC. 1:200

- LEGENDA DE GEOLOGIA**
- QUATERNÁRIO - Holocénico (Recente)**
- At** Aterro heterogéneo
  - a<sub>(ar)</sub>** Aluvião arenoso (ar)
  - a<sub>(ag)</sub>** Aluvião argiloso (ag)
  - a<sub>(cp)</sub>** Aluvião com cascalheira (cg)
- NEOGÉNICO - Miocénico - "Argilas e Calcários dos Prazeres" (MPr)**
- M<sub>(ag)</sub>** Argilas cinzentas-esverdeadas NSPT ≥ 50, (b) NSPT < 50
  - M<sub>(ca)</sub>** Calcarenitos fossilíferos
- OLIGOCÉNICO - "Formação de Benfica" (Φ)**
- Φ** Areias finas, siltosas e silto-argilosas; Siltos argilosos
- NEOCRETÁCICO - "Complexo vulcânico de Lisboa" (β)**
- β<sub>v</sub>** Basalto
  - τ** Tufos vulcânicos
- CRETÁCICO - "Formação de Bica"**
- C<sub>ct1a</sub>** Argila margosa e/ou margas argilosas
  - C<sub>ct1b</sub>** Calcário nodular
  - C<sub>ct1c</sub>** Calcário cristalino
  - C<sub>ct1d</sub>** Calcário compacto
- Cenomaniano médio - "Formação de Caneças"**
- C<sub>ca</sub>** Calcário margoso

**MATERIAIS:**

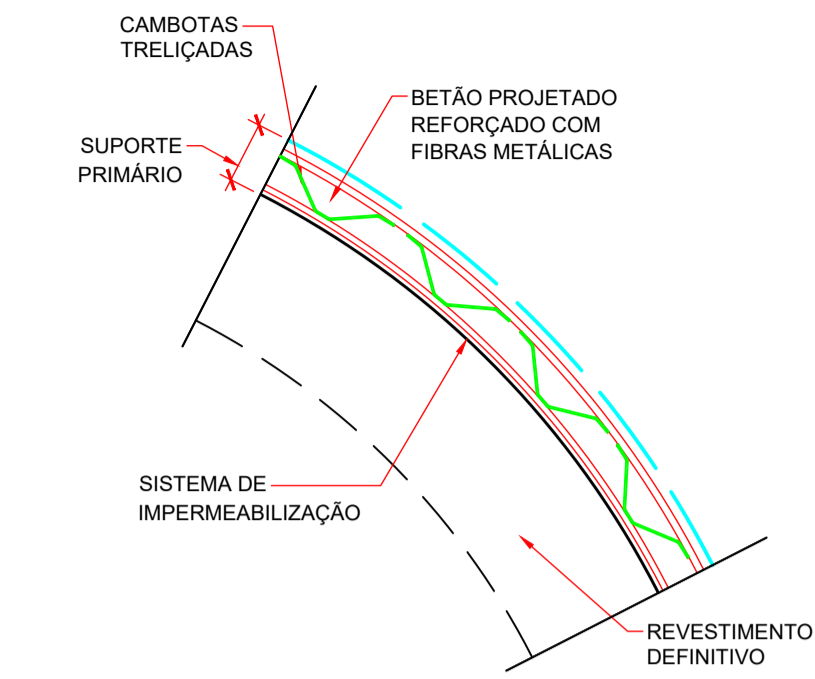
<b>BETÃO (NP EN 206-1):</b>	
Betão projetado (via húmida)	C30/37 XC4(P) CL 0,4 D <sub>MAX</sub> 10 S5
Regularização/Enchimento	C12/15 XC0(P) CL 1,0 D <sub>MAX</sub> 25 S3
<b>FIBRAS METÁLICAS:</b>	
Resistência à tração	1500 MPa
Comprimento (extremidade em gancho)	< 35mm
Esbelteza, L/D	65
Dosagem mínima de fibras	25 kg/m <sup>3</sup>
Classe de absorção de energia	E700
<b>AÇO:</b>	
Chapas e perfis metálicos	S 355 JR
Cambotas treliçadas	A500 NR
Rede eletrossoldada	A 500 ER
Enfiagens	S 355 JR
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	
<b>PREGAGENS DE TUBO EXPANSIVO</b>	
Carga mínima de cedência	Py = 130 kN
Tipo de aço	S 355 MC
<b>FIBRA DE VIDRO:</b>	
Resistência à tração	≥ 2000 MPa
Carga nominal de rotura	430 kN
<b>CALDA DE CIMENTO:</b>	
f <sub>ck</sub> (7 dias)	EQUIVALENTE A C25/30
Relação A/C	A/C = 0,45
<b>BUEIROS:</b>	
Tubo de policloreto de vinil (PVC)	
<b>GEODRENOS:</b>	
Tubo de polietileno rígido, corrugado e ranhurado	
SN2	
<b>GEOTÊXTIL DO GEODRENO:</b>	
Massa por unidade de área (EN 9864)	150 g/m <sup>2</sup>
Espessura (EN ISO 9863-1)	2mm
Resistência à tração (EN ISO 10319)	4,5 kN/m
Alongamento à carga máxima (EN ISO 10319)	80 %
Punção estática (EN ISO 12236)	≥ 700 N
Resistência à perfuração dinâmica (EN 918)	≤ 28mm
Durabilidade: Duração estimada de, no mínimo, 25 anos em terreno com 4 < PH < 9 e temperaturas < 25°C (tempo de exposição máximo de 1 semana após instalação)	

- NOTAS:**
- O ganho de resistência médio do betão projetado em 24 horas deverá ser superior a  $f_{ck, cube} > 10$  MPa; em 3 dias deverá ser superior a  $f_{ck, cube} > 24$  MPa; em 7 dias deverá ser superior a  $f_{ck, cube} > 30$  MPa; em 28 dias deverá ser superior a  $f_{ck, cube} > 37$  MPa.
  - Caso o material da frente de escavação apresente carácter evolutivo e/ou maciço muito fraturado, deverá proceder-se à proteção da frente com betão projetado.
  - Conforme definido, prevê-se a colocação de geodrenos. Função da realidade hidrogeológica efetivamente encontrada durante a obra, poderá existir a necessidade de realizar elementos adicionais.
  - Os avanços definidos no projeto serão a confirmar, em função das reais condições geológicas e geotécnicas encontradas durante a obra e também, em função dos resultados obtidos ao nível da monitorização. Caso se justifique a solução definida pode ter que ser ajustada.

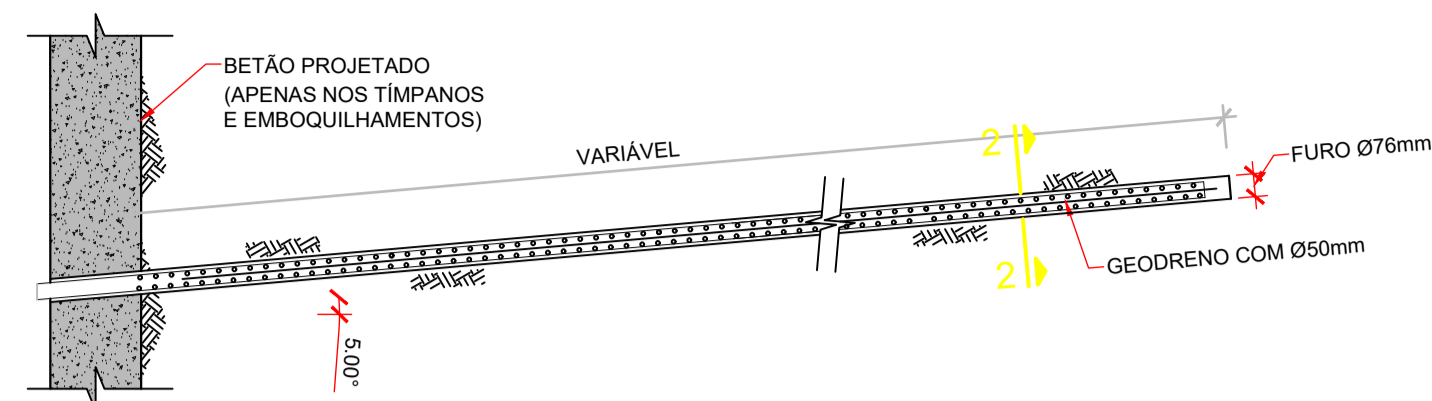
<p><b>ALTERAÇÕES</b></p> <table border="1"> <tr> <td>0</td> <td>EMISSÃO INICIAL</td> <td>04/10/2024</td> <td>AS</td> <td>RT</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>DATA</td> <td>DES.</td> <td>VERIF.</td> </tr> </table>				0	EMISSÃO INICIAL	04/10/2024	AS	RT			DATA	DES.	VERIF.
0	EMISSÃO INICIAL	04/10/2024	AS	RT									
		DATA	DES.	VERIF.									
<p>Data:</p>		<p><b>PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA</b> S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA PROJETO DE EXECUÇÃO</p>											
<p>Aprov.</p>		<p>ESTRUTURAS OBRA ESPECIAL 2</p>		<p>Escalas: Des. n.º F. /</p>									
<p>Verif.</p>		<p>OBRA ESPECIAL OE2 - PASSAGEM SOB O TÚNEL DO MARQUÊS</p>		<p>Alter. Substituído</p>									
<p>Proj.</p>		<p>IMPLANTAÇÃO, PLANTA, PERFIL LONGITUDINAL E SEÇÃO</p>		<p>Nº SAP Versão</p>									
<p>Des.</p>				<p>Folha</p>									
<p>Aprov. RP 04/10/2024</p>		<p>Identificação Empresa Projeto: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO</p>		<p>Escalas: 1/100 1/200 1 / 1</p>									
<p>Verif. RT 04/10/2024</p>		<p>Desenho nº: LVSSA MSA AP STR OE2 DW 088000 0</p>		<p>Alter. 0</p>									
<p>Proj. AS, AH, CM, PM 04/10/2024</p>													
<p>Des. AS 04/10/2024</p>													



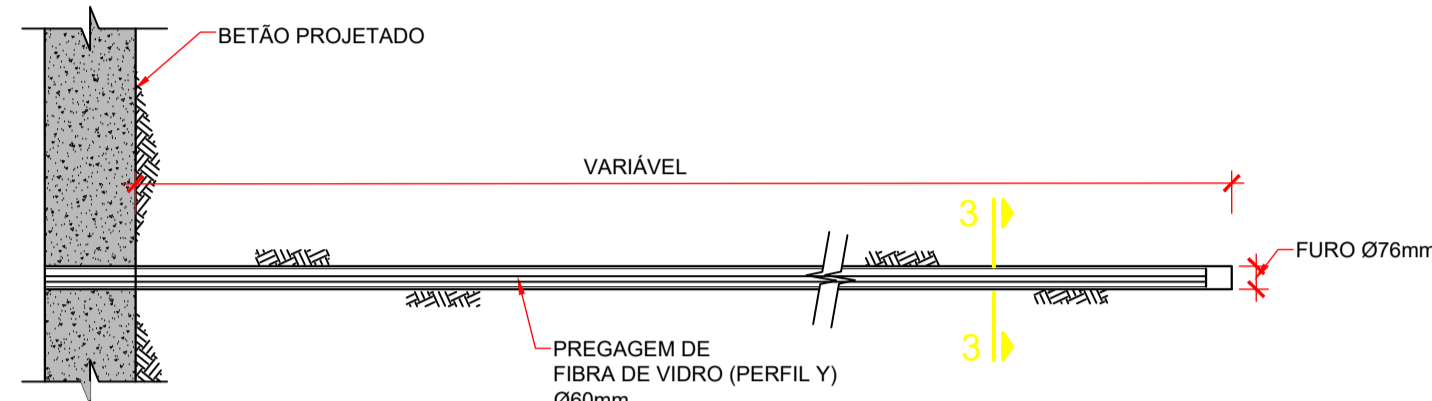




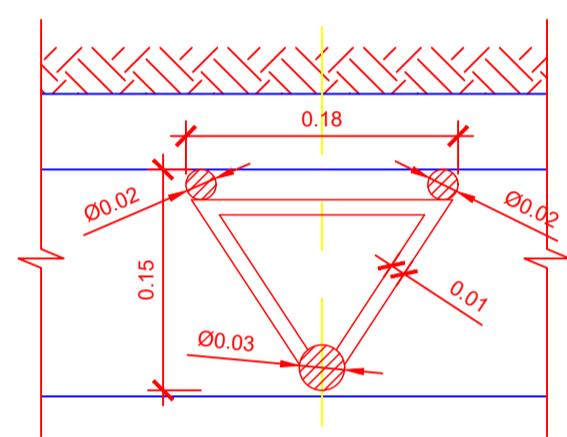
**SEÇÃO TRANSVERSAL TIPO**  
ESC. 1:20



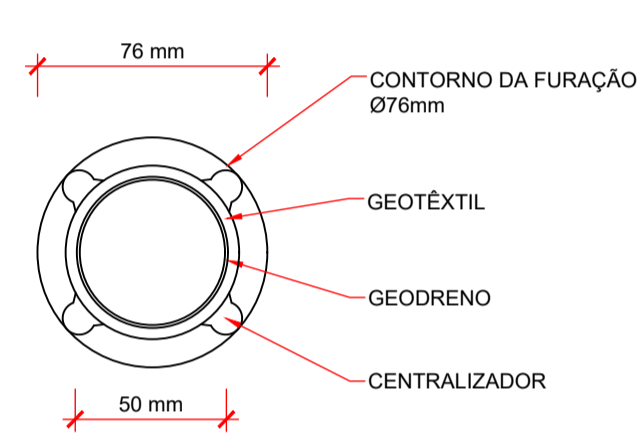
**PORMENOR DE EXECUÇÃO DOS GEODRENOS NA FRENTE DE ESCAVAÇÃO**  
ESC. 1:100



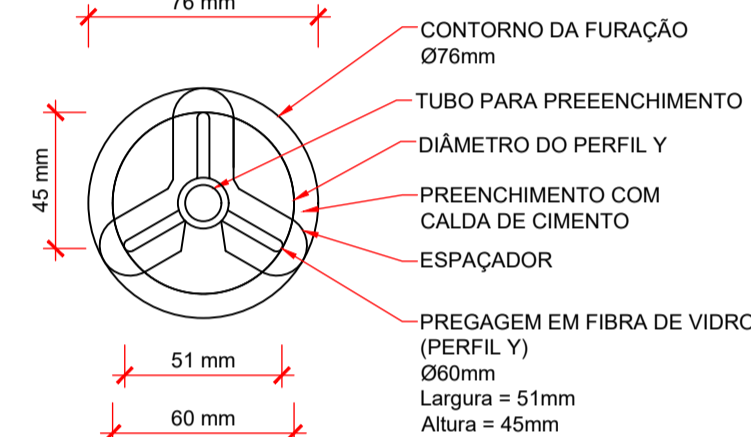
**PORMENOR DE EXECUÇÃO DAS PREGAGENS DE FIBRA DE VIDRO**  
ESC. 1:100



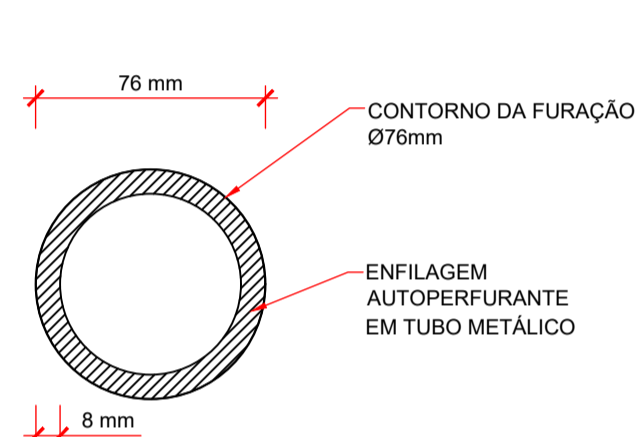
**CORTE 1-1**  
ESC. 1:5



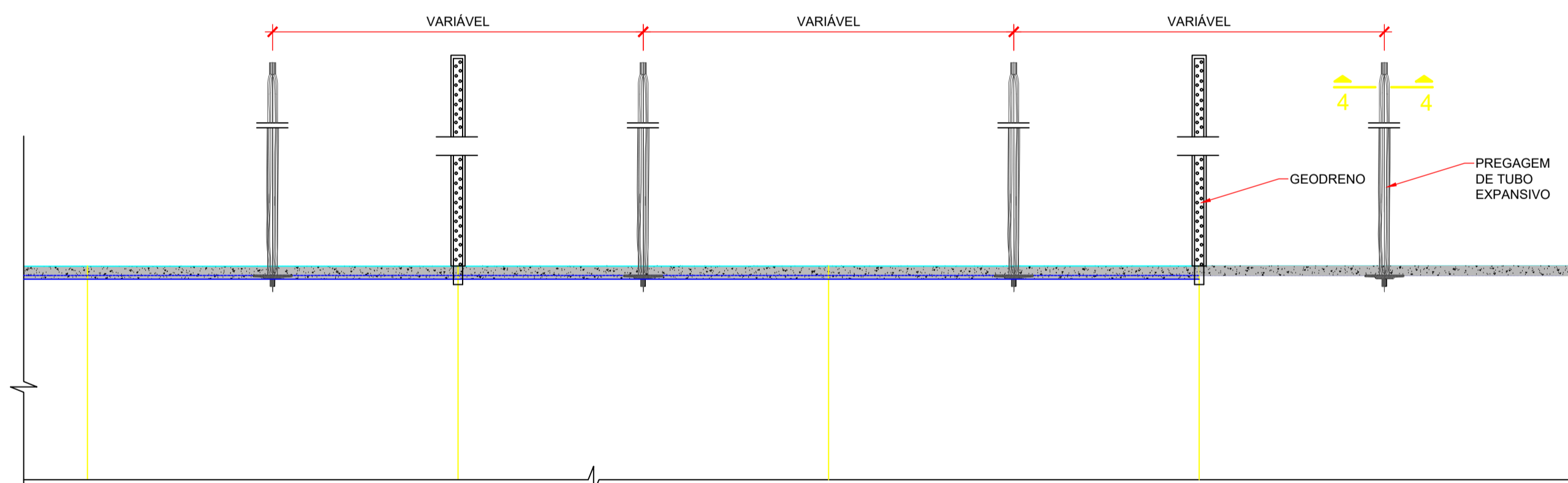
**CORTE 2-2**  
ESC. 1:2.5



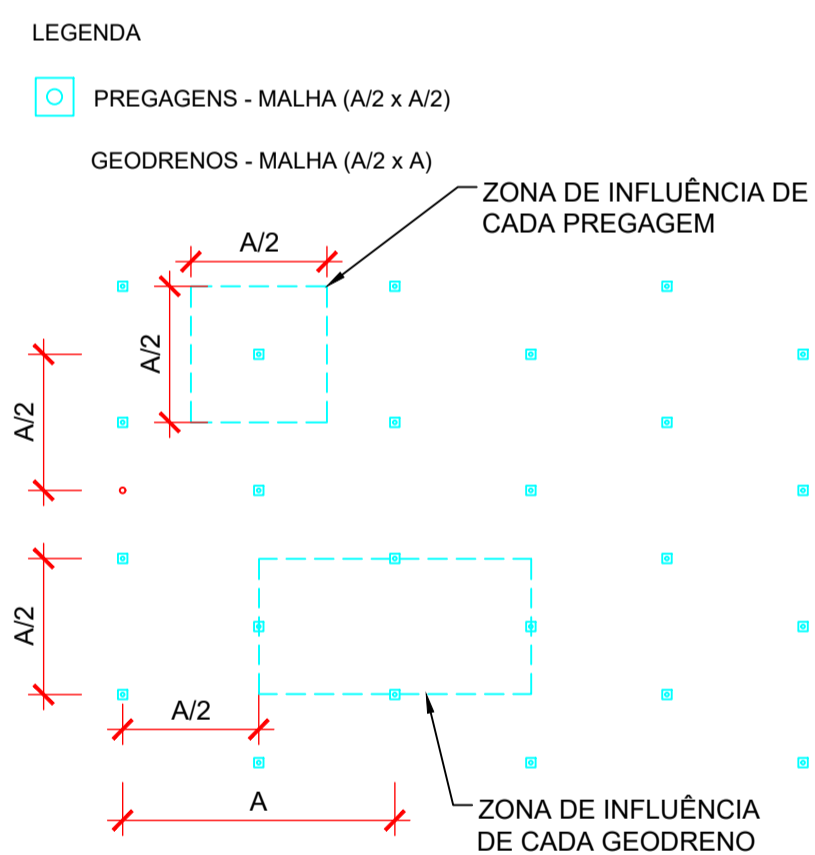
**CORTE 3-3**  
ESC. 1:2.5



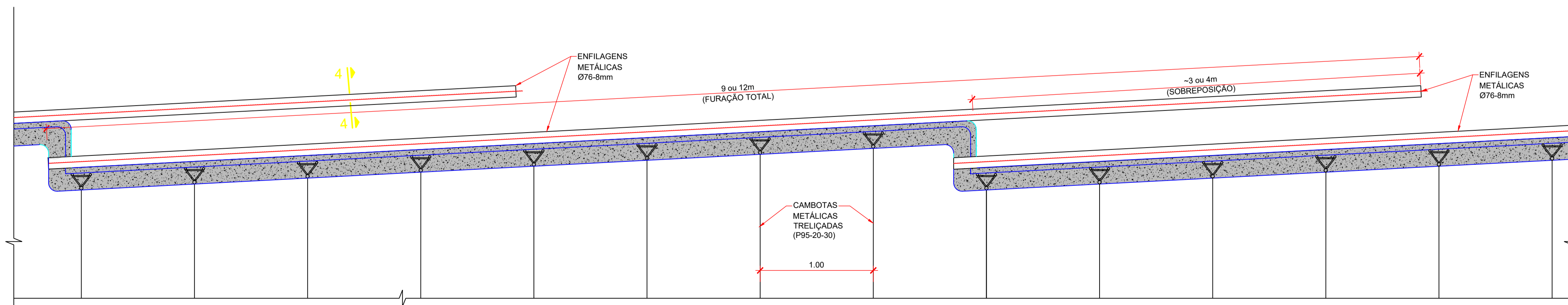
**CORTE 4-4**  
ESC. 1:2.5



**PORMENOR DE EXECUÇÃO DAS PREGAGENS EXPANSIVAS E GEODRENOS**  
ESC. 1:100



**DISPOSIÇÃO DA MALHA DE PREGAGENS E GEODRENOS**  
ESC. 1:100



**PORMENOR DE EXECUÇÃO DAS ENFILAGENS**  
ESC. 1:100

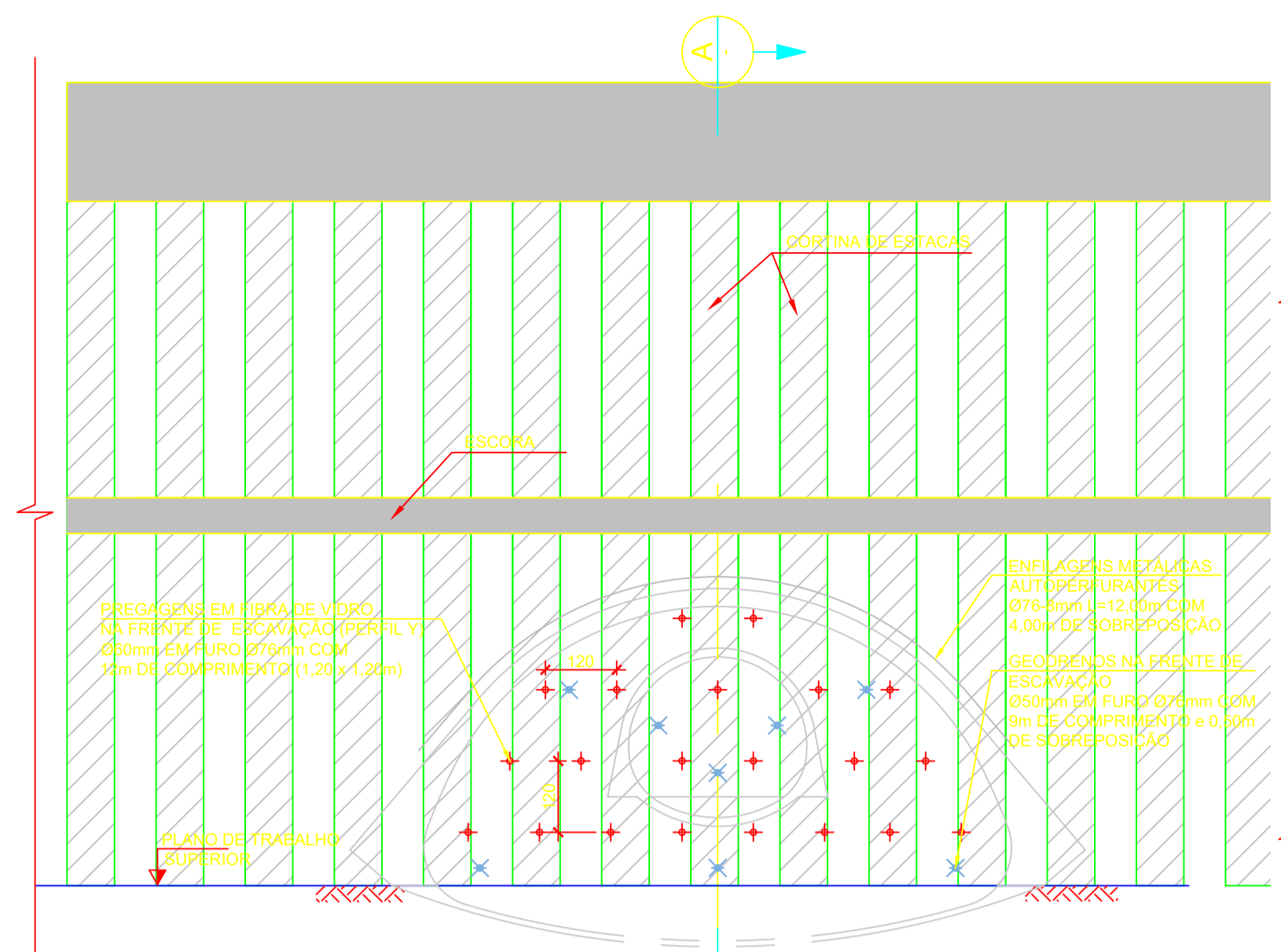
**MATERIAIS:**

<b>BETÃO (NP EN 206-1):</b>	
Betão projetado (via húmida)	C30/37 XC4(P) CL 0,4 D <sub>MAX</sub> 10 S5
Regularização/Enchimento	C12/15 XC0(P) CL 1,0 D <sub>MAX</sub> 25 S3
<b>FIBRAS METÁLICAS:</b>	
Resistência à tração	1500 MPa
Comprimento (extremidade em gancho)	< 35mm
Esbelteza, L/D	65
Dosagem mínima de fibras	25 kg/m <sup>3</sup>
Classe de absorção de energia	E700
<b>AÇO:</b>	
Chapas e perfis metálicos	S 355 JR
Cambotas trelicadas	A500 NR
Rede eletrossoldada	A 500 ER
Enfiagens	S 355 JR
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	
<b>PREGAGENS DE TUBO EXPANSIVO</b>	
Carga mínima de cedência	Py = 130 kN
Tipo de aço	S 355 MC
<b>FIBRA DE VIDRO:</b>	
Resistência à tração	≥ 2000 MPa
Carga nominal de rotura	430 kN
<b>CALDA DE CIMENTO:</b>	
f <sub>ck</sub> (7 dias)	EQUIVALENTE A C25/30
Relação A/C	A/C = 0,45
<b>BUEIROS:</b>	
Tubo de polícloro de vinil (PVC)	
<b>GEODRENOS:</b>	
Tubo de polietileno rígido, corrugado e ranhurado	
SN2	
<b>GEOTÊXTEL DO GEODRENO:</b>	
Massa por unidade de área (EN 9864)	150 g/m
Espessura (EN ISO 9863-1)	2mm
Resistência à tração (EN ISO 10319)	4,5 kN/m
Alongamento à carga máxima (EN ISO 10319)	80 %
Punção estática (EN ISO 12236)	≥ 700 N
Resistência à perfuração dinâmica (EN 918)	≤ 28mm
Durabilidade: Duração estimada de, no mínimo, 25 anos em terreno com 4 < PH < 9 e temperaturas < 25°C (tempo de exposição máximo de 1 semana após instalação)	

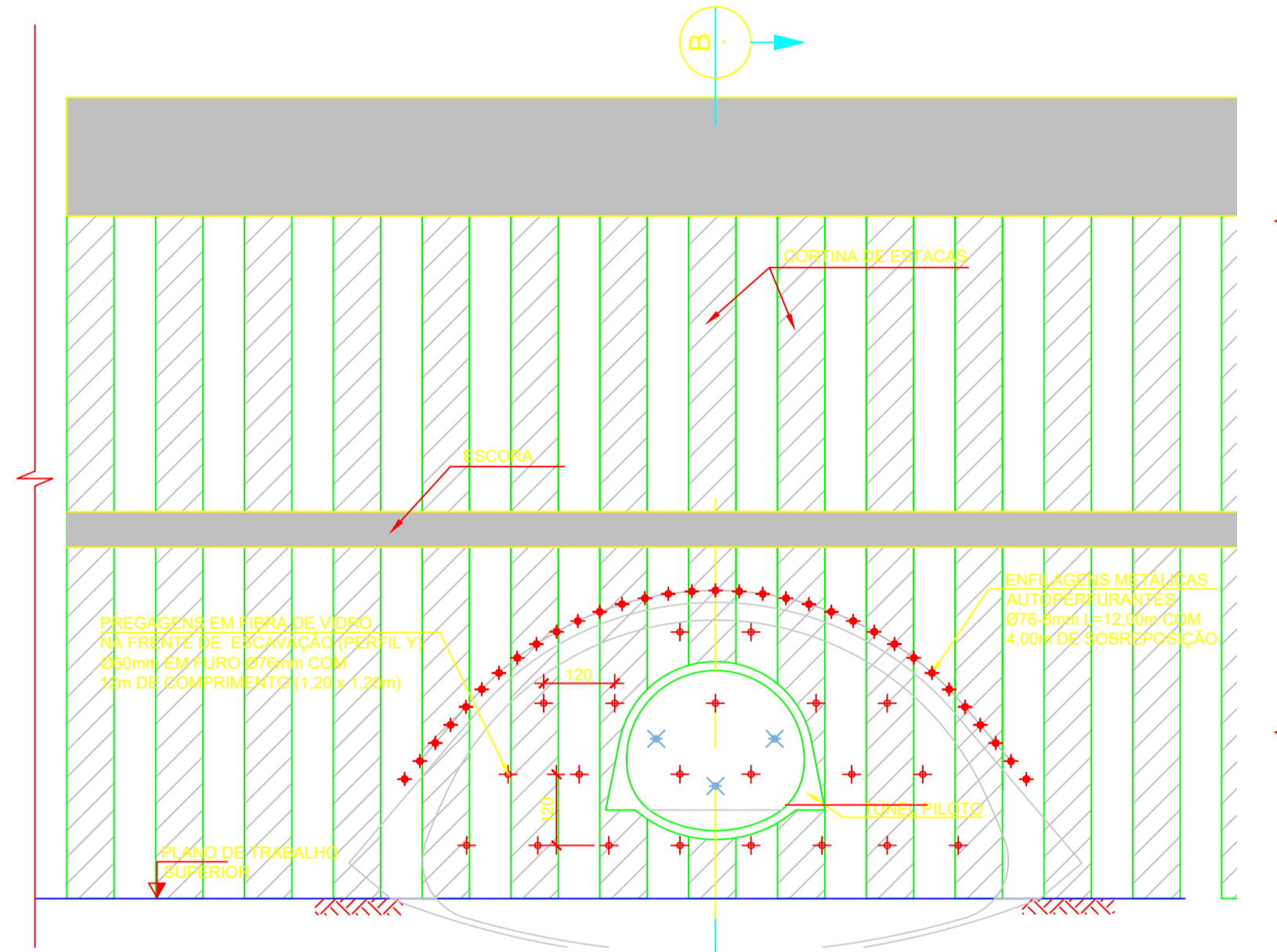
**NOTAS:**

- O ganho de resistência médio do betão projetado em 24 horas deverá ser superior a  $f_{ck, cube} > 10$  MPa; em 3 dias deverá ser superior a  $f_{ck, cube} > 24$  MPa; em 7 dias deverá ser superior a  $f_{ck, cube} > 30$  MPa; em 28 dias deverá ser superior a  $f_{ck, cube} > 37$  MPa.
- Caso o material da frente de escavação apresente carácter evolutivo e/ou maciço muito fraturado, deverá proceder-se à proteção da frente com betão projetado.
- Conforme definido, prevê-se a colocação de geodrenos. Função da realidade hidrogeológica efetivamente encontrada durante a obra, poderá existir a necessidade de realizar elementos adicionais.
- Os avanços definidos no projeto serão a confirmar, em função das reais condições geológicas e geotécnicas encontradas durante a obra e também, em função dos resultados obtidos ao nível da monitorização. Caso se justifique a solução definida pode ter que ser ajustada.

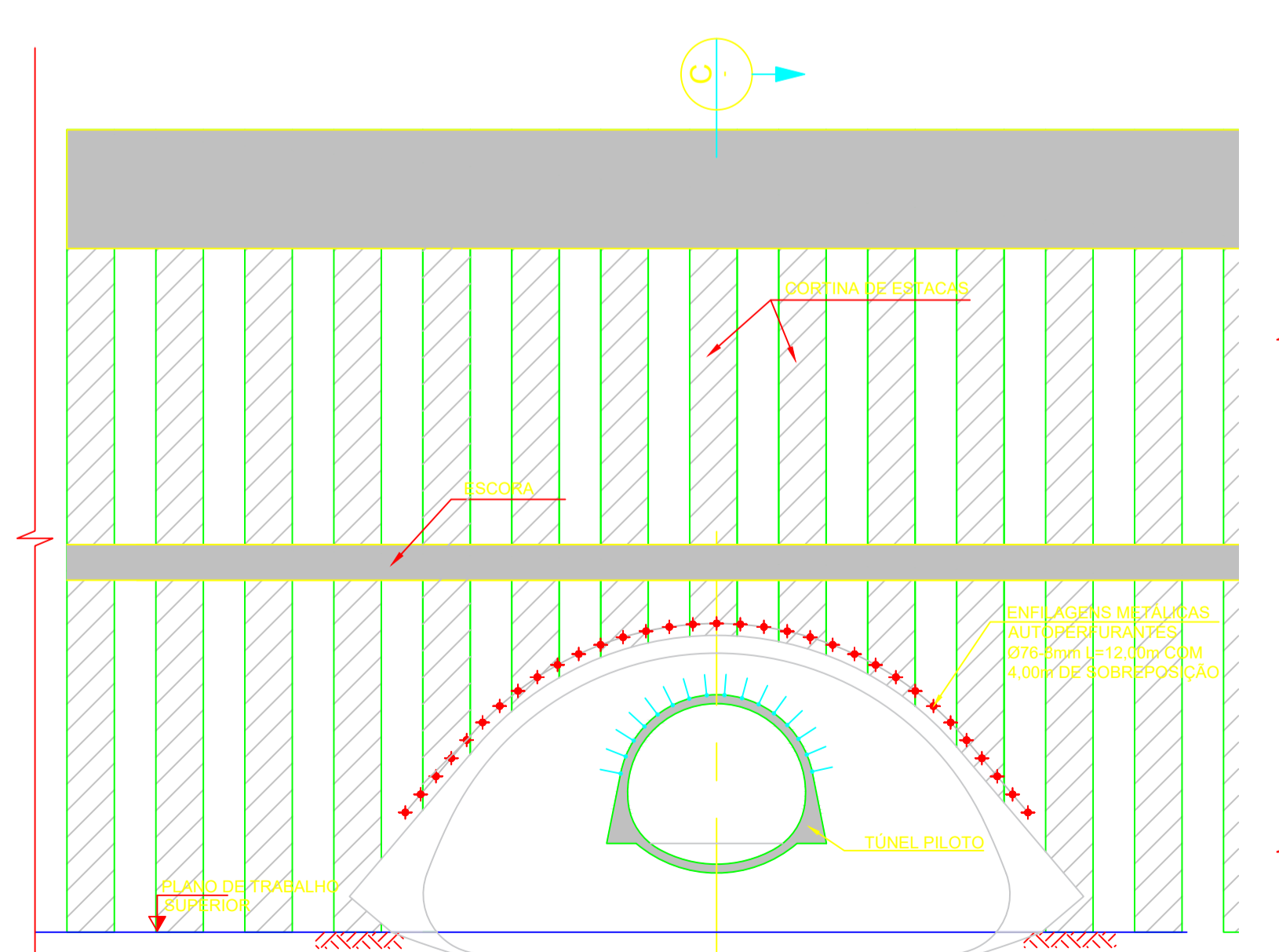
ALTERAÇÕES		0 EMISSÃO INICIAL		04/10/2024	AS	RT
				DATA	DES.	VERIF.
Data:		PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA				
Aprov.		S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA				
Verif.		PROJETO DE EXECUÇÃO				
Proj.		ESTRUTURAS				
Des.		OBRA ESPECIAL 2				
		OBRA ESPECIAL OE2 - PASSAGEM SOB O TÚNEL DO MARQUÊS		Escala: Des. n.º F. /		
		PORMENORES CONSTRUTIVOS		Alter. Substituído Nº SAP Versão Folha		
Aprov. RP		04/10/2024		Identificação Empresa Projeto:		
Verif. RT		04/10/2024		COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO		
Proj. AS, AH, CM, PM		04/10/2024		Escala: 1/100, 1/20, 1/5, 1/2.5		
Des. AS		04/10/2024		Folha: 1 / 1		
		Observação: LVSSA CBJ EP STR TUN OE2 DW 088200 0		Alter. 0		



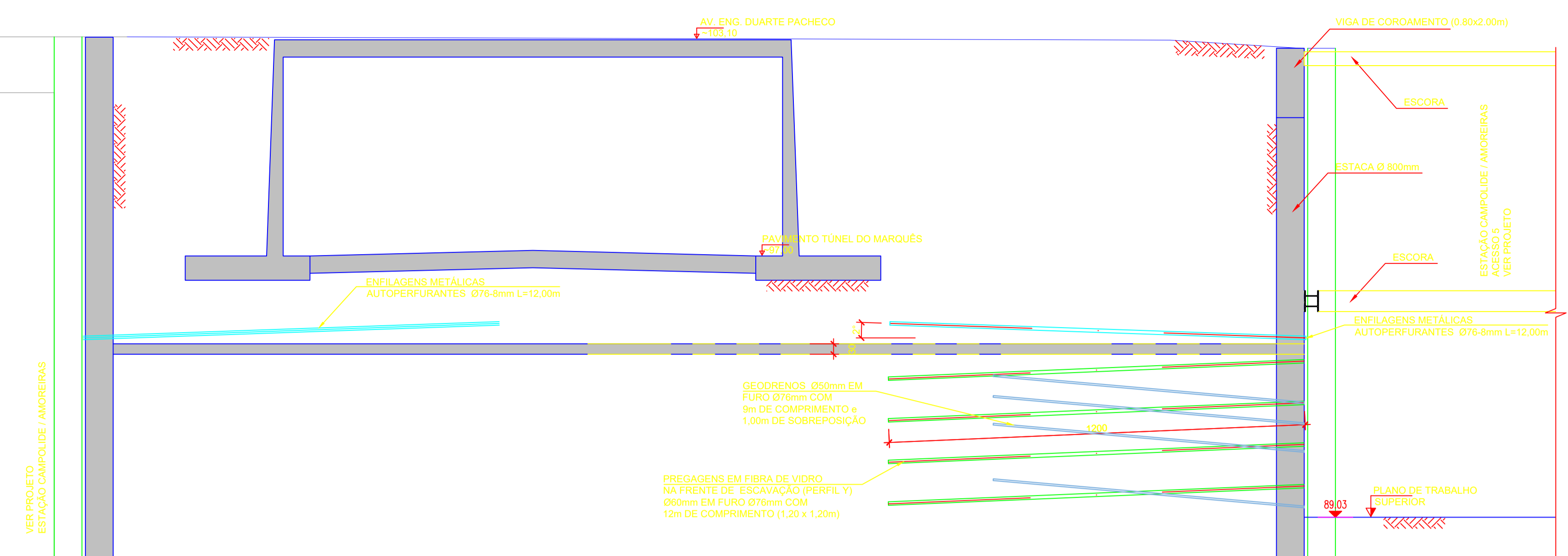
**ELEVAÇÃO EMBOQUE TÚNEL - VALA DE ACESSOS 5 e 6 - ETAPA 1 e 2**  
ESC. 1:100



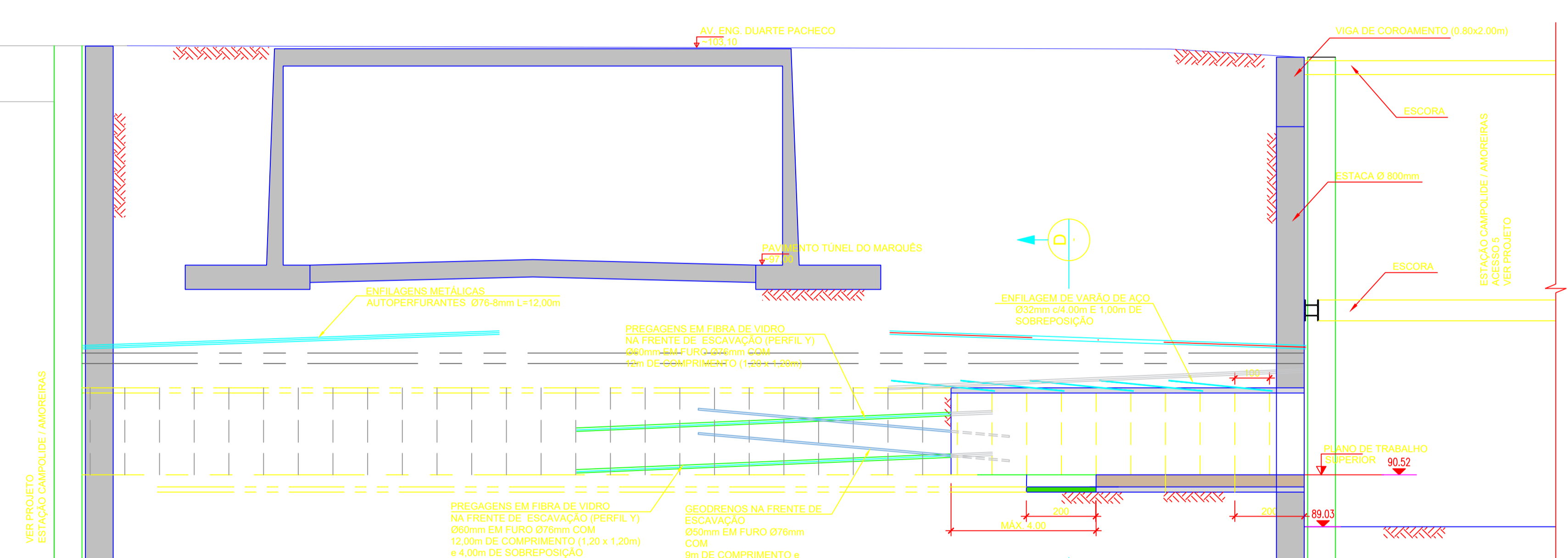
**ELEVAÇÃO EMBOQUE TÚNEL - VALA DE ACESSOS 5 e 6 - ETAPA 3**  
ESC. 1:100



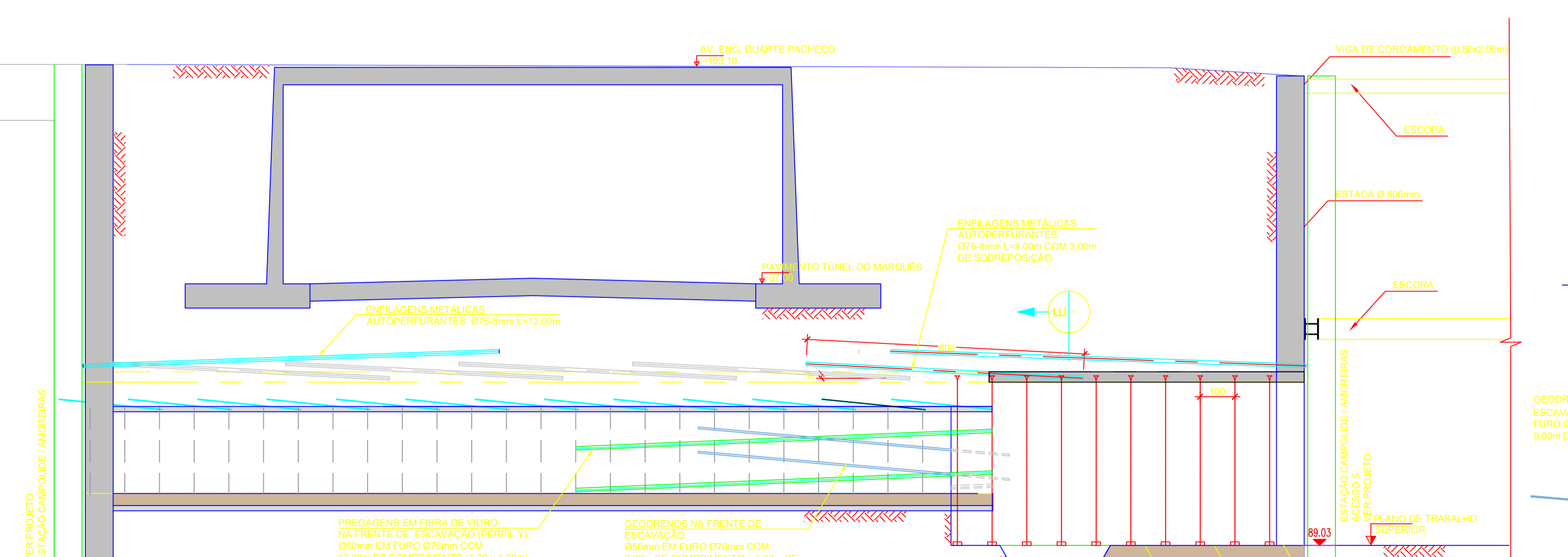
**ELEVAÇÃO EMBOQUE TÚNEL - VALA DE ACESSOS 5 e 6 - ETAPA 4**  
ESC. 1:100



**PERFIL LONGITUDINAL - ETAPAS 1 e 2**  
ESC. 1:100



**PERFIL LONGITUDINAL - ETAPA 3**  
ESC. 1:100



**PERFIL LONGITUDINAL - ETAPA 4**  
ESC. 1:100

**ETAPA 1**

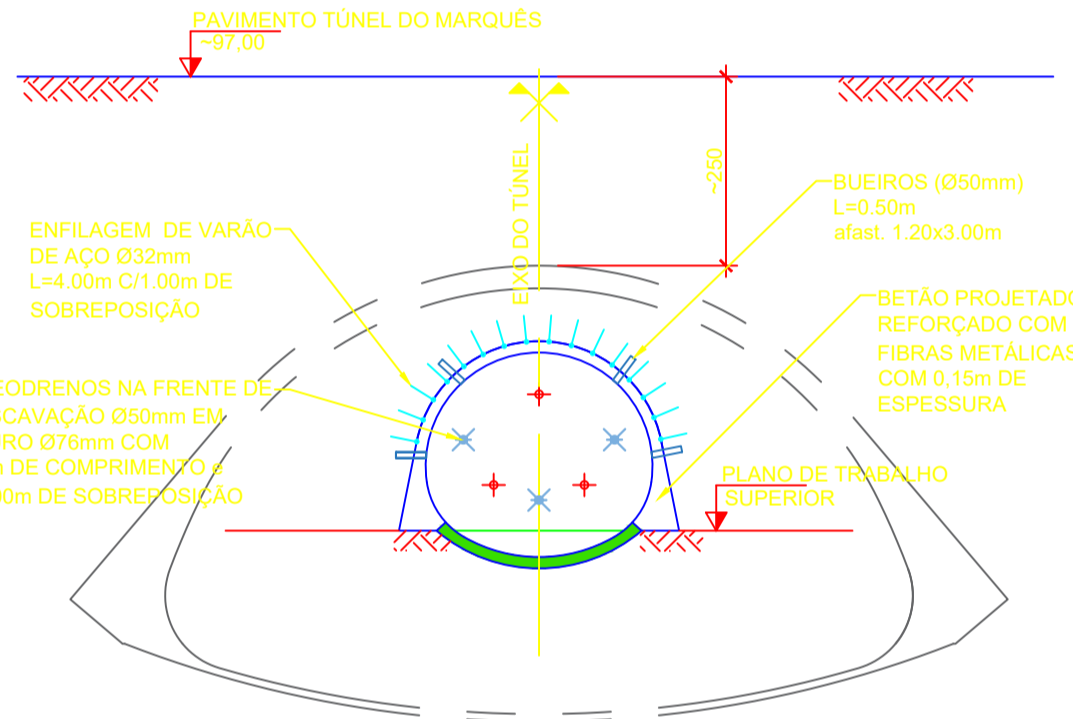
1. EXECUÇÃO DA VALA DOS ACESSOS 5 e 6;

**ETAPA 2**

1. EXECUÇÃO DO TRATAMENTO DE EMBOQUE, INCLUINDO EXECUÇÃO DE CHAPEU TRONCOCÔNICO DE ENFILAGENS METÁLICAS (DO LADO DA ESTAÇÃO DE CAMPOLIDE / AMOREIRAS E DO LADO DO ACESSO 5), PREGAGENS E GEORENDOS DE FRENTE;

**ETAPA 3**

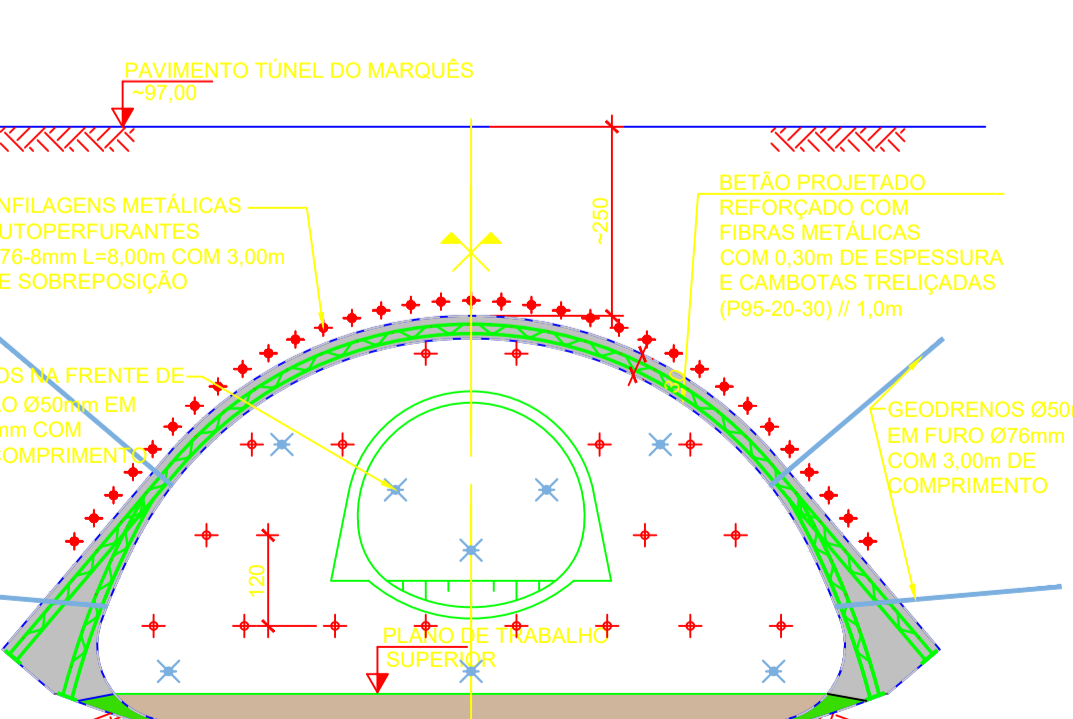
1. DEMOLIÇÃO DAS ESTACAS NA REGIÃO DO TÚNEL PILOTO;
2. ESCAVAÇÃO DA CALOTE DO TÚNEL PILOTO (FASE 1) COM AVANÇO DE 1,00m;
3. EXECUÇÃO DE UMA CAMADA DE 5CM EM BETÃO PROJETADO PARA REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE EXPOSTA PELA ESCAVAÇÃO DO TÚNEL;
4. EXECUÇÃO DE ENFILAGENS DE VARÃO DE AÇO E DOS BUEIROS RADIAIS;
5. EXECUÇÃO DE GEORENDOS E PREGAGENS (RADIAIS E DE FRENTE, ONDE APLICÁVEL);
6. APLICAÇÃO SUCESSIVA DE CAMADAS DE 5CM DE BETÃO PROJETADO DO SUPORTE PRIMÁRIO ATÉ SE ATINGIR A ESPESSURA TOTAL DE PROJETO;
7. ESCAVAÇÃO DA SOLEIRA DO TÚNEL PILOTO (FASE 2) COM AVANÇO DE 2,00m;
8. APLICAÇÃO SUCESSIVA DE CAMADAS DE 5CM DE BETÃO PROJETADO DO SUPORTE PRIMÁRIO ATÉ SE ATINGIR A ESPESSURA TOTAL DE PROJETO;
9. REPETIÇÃO DOS PASSOS 2 A 8 ATÉ AO FINAL DO TÚNEL NA ZONA DE SOBREGA À ESTAÇÃO CAMPOLIDE / AMOREIRAS.



**SECÇÃO - ETAPA 3**  
ESC. 1:100

**ETAPA 4**

1. EXECUÇÃO DE UM CHAPEU TRONCOCÔNICO DE ENFILAGENS METÁLICAS (ONDE APLICÁVEL);
2. ESCAVAÇÃO DE 1 AVANÇO DE 2,00m NA CALOTE (FASE 1), COM DEMOLIÇÃO DAS ESTACAS;
3. EXECUÇÃO DE UMA CAMADA DE 5CM EM BETÃO PROJETADO PARA REGULARIZAÇÃO DA SUPERFÍCIE EXPOSTA PELA ESCAVAÇÃO DA CALOTE;
4. INSTALAÇÃO DE CAMBOTAS METÁLICAS TRELICADAS A CADA 1,00m;
5. EXECUÇÃO DE GEORENDOS E PREGAGENS (RADIAIS E DE FRENTE, ONDE APLICÁVEL) E INSTALAÇÃO DE PRIMAS DE CONVERGÊNCIAS PARA MONITORIZAÇÃO DA DEFORMAÇÃO DO SUPORTE PRIMÁRIO;
6. APLICAÇÃO SUCESSIVA DE CAMADAS DE 5CM DE BETÃO PROJETADO DO SUPORTE PRIMÁRIO ATÉ SE ATINGIR A ESPESSURA TOTAL DE PROJETO;
7. ESCAVAÇÃO DE AVANÇOS DE 4,00m NA SOLEIRA PROVISÓRIA (FASE 2), DEVERÁ EXISTIR UM DESFASAMENTO DE 4,00m ENTRE A ESCAVAÇÃO DA CALOTE (FASE 1) E DA SOLEIRA PROVISÓRIA (FASE 2);
8. APLICAÇÃO SUCESSIVA DE CAMADAS DE 5CM DE BETÃO PROJETADO NA ZONA DA SOLEIRA PROVISÓRIA ATÉ SE ATINGIR A ESPESSURA TOTAL DE PROJETO;
9. REATERRO DA SOLEIRA;
10. REPETIÇÃO DOS PASSOS 1 A 9 ATÉ AO FINAL DO TÚNEL.



**SECÇÃO - ETAPA 4**  
ESC. 1:100

**MATERIAIS:**

<b>BETÃO (NP EN 206-1):</b>	
Betão projetado (via húmida)	C30/37 XC4(P) CL 0.4 D <sub>MAX</sub> 10 S5
Regularização/Enchimento	C12/15 XC0(P) CL 1.0 D <sub>MAX</sub> 25 S3
<b>FIBRAS METÁLICAS:</b>	
Resistência à tração	1500 MPa
Comprimento (extremidade em gancho)	< 35mm
Esbelteza, L/D	65
Dosagem mínima de fibras	25 kg/m <sup>3</sup>
Classe de absorção de energia	E700
<b>AÇO:</b>	
Chapas e perfis metálicos	S 355 JR
Cambotas trelicadas	A500 NR
Rede eletrosoldada	A 500 ER
Enfilagens	S 355 JR
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	
<b>PREGAGENS DE TUBO EXPANSIVO</b>	
Carga mínima de cedência	Py = 130 kN
Tipo de aço	S 355 MC
<b>FIBRA DE VIDRO:</b>	
Resistência à tração	≥ 2000 MPa
Carga nominal de rotura	430 kN
<b>CALDA DE CIMENTO:</b>	
f <sub>ck</sub> (7 dias)	EQUIVALENTE A C25/30
Relação A/C	A/C = 0,45
<b>BUEIROS:</b>	
Tubo de policloreto de vinil (PVC)	
<b>GEORENDOS:</b>	
Tubo de polietileno rígido, corrugado e ranhurado	
	SN2
<b>GEOTÊXTIL DO GEORENO:</b>	
Massa por unidade de área (EN 9864)	150 g/m <sup>2</sup>
Espessura (EN ISO 9863-1)	2mm
Resistência à tração (EN ISO 10319)	4,5 kN/m
Alongamento à carga máxima (EN ISO 10319)	80 %
Punção estática (EN ISO12236)	≥ 700 N
Resistência à perfuração dinâmica (EN 918)	≤ 28mm
Durabilidade: Duração estimada de, no mínimo, 25 anos em terreno com 4 < PH < 9 e temperaturas < 25°C (tempo de exposição máximo de 1 semana após instalação)	

**NOTAS:**

1. O ganho de resistência médio do betão projetado em 24 horas deverá ser superior a f<sub>ck, cube</sub> > 10 MPa; em 3 dias deverá ser superior a f<sub>ck, cube</sub> > 24 MPa; em 7 dias deverá ser superior a f<sub>ck, cube</sub> > 30 MPa; em 28 dias deverá ser superior a f<sub>ck, cube</sub> > 37 MPa.
2. Caso o material da frente de escavação apresente carácter evolutivo e/ou maço muito fraturado, deverá proceder-se à proteção da frente com betão projetado.
3. Conforme definido, prevê-se a colocação de geóndos. Função da realidade hidrogeológica efetivamente encontrada durante a obra, poderá existir a necessidade de realizar elementos adicionais.
4. Os avanços definidos no projeto serão a confirmar, em função das reais condições geológicas e geotécnicas encontradas durante a obra e também, em função dos resultados obtidos ao nível da monitorização. Caso se justifique a solução definida pode ter que ser ajustada.

ALTERNATIVAS			
0	EMISSÃO INICIAL	xxxx/2024	xxx xxx
		DATA	DES. VERIF.

**PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÁNTARA ANTEPROJETO**

ESTRUTURAS  
OBRA ESPECIAL OE2 - PASSAGEM SOB O TÚNEL DO MARQUÊS  
MÉTODO CONSTRUTIVO - ETAPAS 1 A 4 - SEÇÕES E PERFIL

**Metropolitano de Lisboa**

Escalas: Des. nº: F / /  
Alter: / / / /  
Substitui: / / / /  
Proj. / / / /  
Verif. / / / /  
Des. / / / /

APROV. RFP: xxx/2024

Verif. GRAMMCS: xxx/2024

Proj. RVR: xxx/2024

Des. DC: xxx/2024

Desenho nº: LVSSA MSA GE STR TUN OE2 M3 088000 0

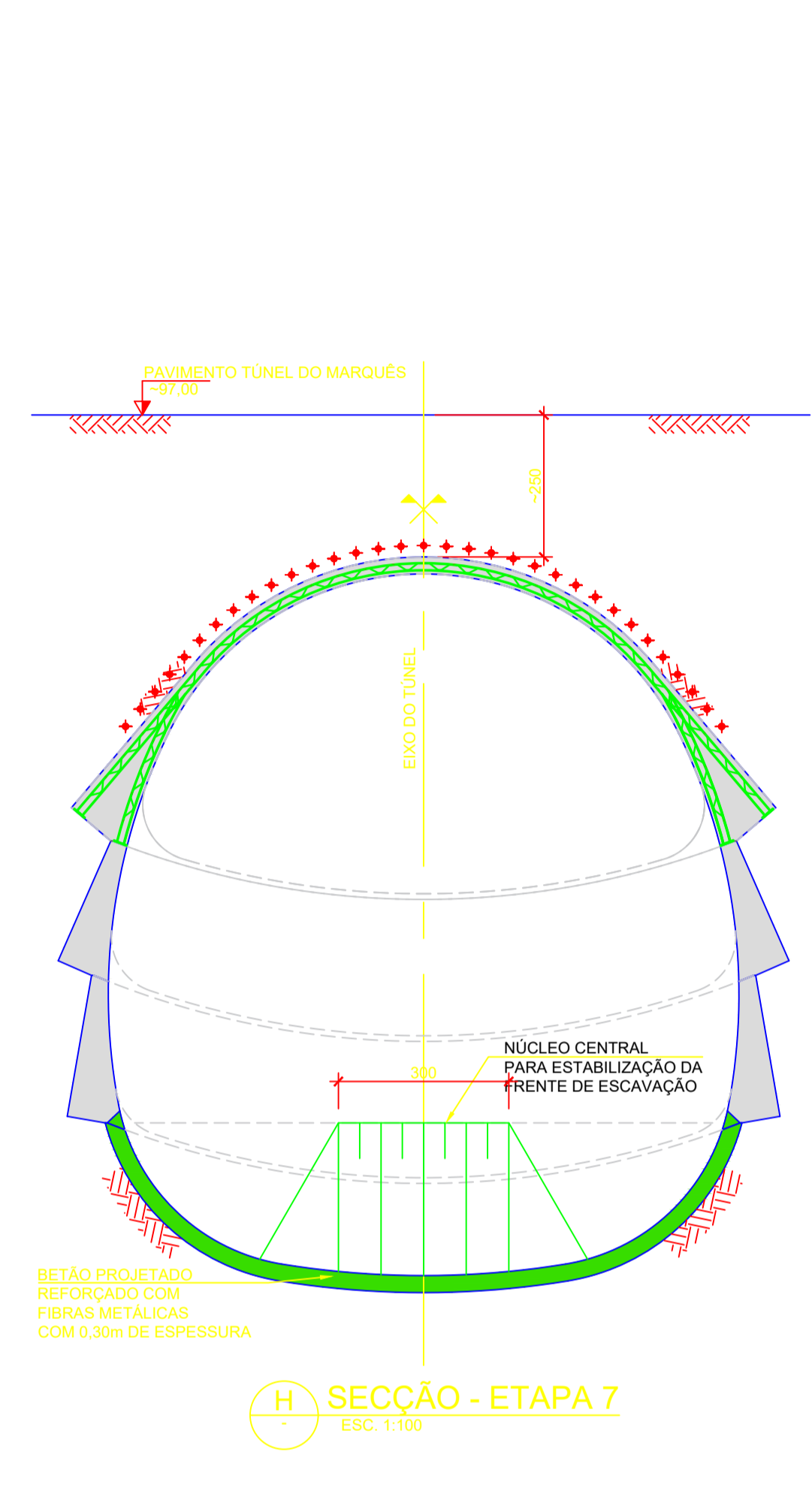
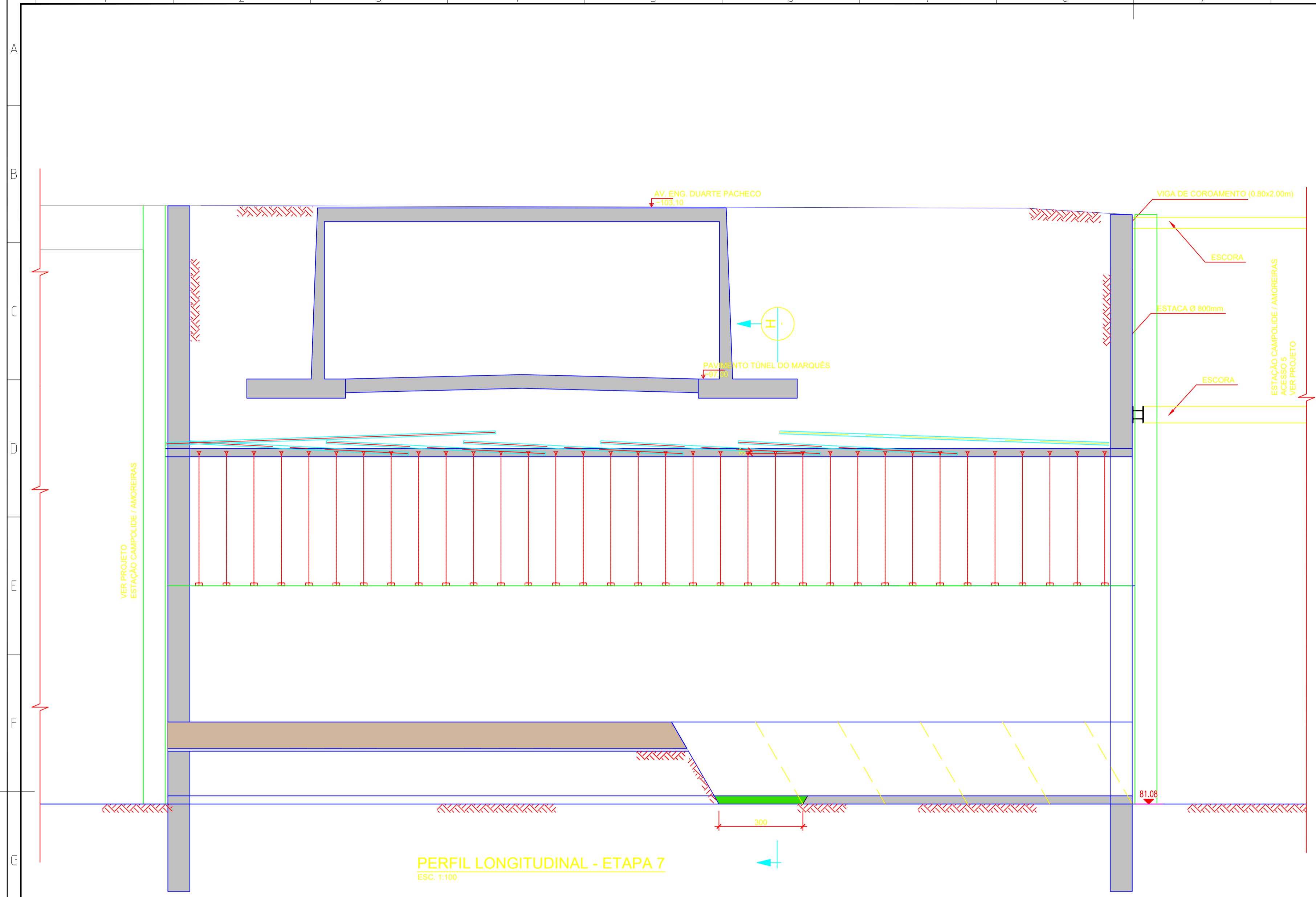
Alter: / / / /

Qualificação Empresa Proponente: COBA JET S.J. ALCM - TALPROJECTO

Escalas: 1/100

Folha: / /





- ETAPA 7**
1. ESCAVAÇÃO DE 1 AVANÇO DE 3,00M (FASE 1), COM DEMOLIÇÃO DAS ESTACAS E MANUTENÇÃO DE NÚCLEO CENTRAL, E APLICAÇÃO IMEDIATA DE UMA CAMADA DE SCM DE BETÃO PROJETADO PARA REGULARIZAÇÃO;
  2. APLICAÇÃO SUCESSIVA DE CAMADAS DE SCM DE BETÃO PROJETADO DO SUPORTE PRIMÁRIO DO POÇO ATÉ SE ATINGIR A ESPESSURA TOTAL DE PROJETO;
  3. INSTALAÇÃO DE PRISMAS DE CONVERGÊNCIAS PARA MONITORIZAÇÃO DA DEFORMAÇÃO DO SUPORTE PRIMÁRIO;
  4. ESCAVAÇÃO COM AVANÇO DE 3,00M NA REGIÃO DA SOLEIRA PROVISÓRIA (FASE 2);
  5. APLICAÇÃO SUCESSIVA DE CAMADAS DE SCM DE BETÃO PROJETADO NA SOLEIRA PROVISÓRIA DO TÚNEL ATÉ SE ATINGIR A ESPESSURA TOTAL DE PROJETO;
  6. REATERRO DA SOLEIRA;
  7. REPETIÇÃO DOS PASSOS 1.6.1 A 1.6.6 (AVANÇO TÍPICO DE REBAIXO) ATÉ AO FINAL DO TÚNEL DE LIGAÇÃO.

**MATERIAIS:**

<b>BETÃO (NP EN 206-1):</b>	
Betão projetado (via húmida)	C30/37 XC4(P) CL 0,4 D <sub>MAX</sub> 10 S5
Regularização/Enchimento	C12/15 XC0(P) CL 1,0 D <sub>MAX</sub> 25 S3
<b>FIBRAS METÁLICAS:</b>	
Resistência à tração	1500 MPa
Comprimento (extremidade em gancho)	< 35mm
Esbelteza, L/D	65
Dosagem mínima de fibras	25 kg/m <sup>3</sup>
Classe de absorção de energia	E700
<b>AÇO:</b>	
Chapas e perfis metálicos	S 355 JR
Cambotas treliçadas	A500 NR
Rede eletrossoldada	A 500 ER
Enfiagens	S 355 JR
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	
<b>PREGAGENS DE TUBO EXPANSIVO</b>	
Carga mínima de cedência	Py = 130 kN
Tipo de aço	S 355 MC
<b>FIBRA DE VIDRO:</b>	
Resistência à tração	≥ 2000 MPa
Carga nominal de rotura	430 kN
<b>CALDA DE CIMENTO:</b>	
f <sub>ck</sub> (7 dias)	EQUIVALENTE A C25/30
Relação A/C	A/C = 0,45
<b>BUEIROS:</b>	
Tubo de policloreto de vinil (PVC)	
<b>GEODRENOS:</b>	
Tubo de polietileno rígido, corrugado e ranhurado	
SN2	
<b>GEOTÊXTIL DO GEODRENO:</b>	
Massa por unidade de área (EN 9864)	150 g/m
Espessura (EN ISO 9863-1)	2mm
Resistência à tração (EN ISO 10319)	4,5 kN/m
Alongamento à carga máxima (EN ISO 10319)	80 %
Punção estática (EN ISO 12236)	≥ 700 N
Resistência à perfuração dinâmica (EN 918)	≤ 28mm
Durabilidade: Duração estimada de, no mínimo, 25 anos em terreno com 4 < PH < 9 e temperaturas < 25°C (tempo de exposição máximo de 1 semana após instalação)	

- NOTAS:**
1. O ganho de resistência médio do betão projetado em 24 horas deverá ser superior a f<sub>ck, cube</sub> > 10 MPa; em 3 dias deverá ser superior a f<sub>ck, cube</sub> > 24 MPa; em 7 dias deverá ser superior a f<sub>ck, cube</sub> > 30 MPa; em 28 dias deverá ser superior a f<sub>ck, cube</sub> > 37 MPa.
  2. Caso o material da frente de escavação apresente carácter evolutivo e/ou maciço muito fraturado, deverá proceder-se à proteção da frente com betão projetado.
  3. Conforme definido, prevê-se a colocação de geodrenos. Função da realidade hidrogeológica efetivamente encontrada durante a obra, poderá existir a necessidade de realizar elementos adicionais.
  4. Os avanços definidos no projeto serão a confirmar, em função das reais condições geológicas e geotécnicas encontradas durante a obra e também, em função dos resultados obtidos ao nível da monitorização. Caso se justifique a solução definida pode ter que ser ajustada.

ALTERAÇÕES				
0	EMISSÃO INICIAL	04/10/2024	AS	RT
		DATA	DES.	VERIF.

Prolongamento da Linha Vermelha S. Sebastião - Alcântara Projeto de Execução		
Data:		
Aprov.	ESTRUTURAS OBRA ESPECIAL 2	Escalas: Des. n.º _____ F. / _____
Verif.	OBRA ESPECIAL OE2 - PASSAGEM SOB O TÚNEL DO MARQUÊS	Alter. _____
Proj.	MÉTODO CONSTRUTIVO - ETAPA 7 - SECCOES E PERFIL	Substituído _____
Des.		N.º SAP _____ Versão _____ Folha _____

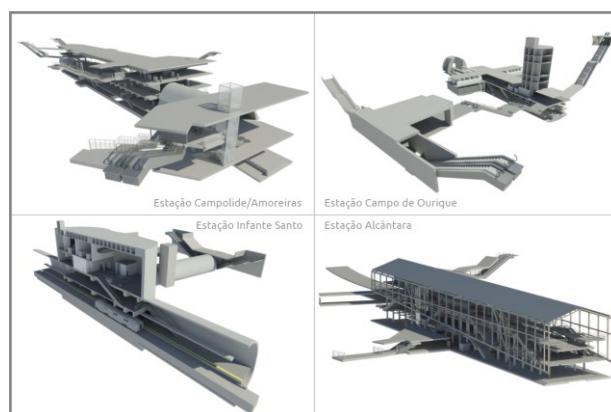
Aprov. RP	04/10/2024	
Verif. RT	04/10/2024	
Proj. AS, AH, CM, PM	04/10/2024	
Des. AS	04/10/2024	
Identificação Empresa Projeto:		COBA / JET SJ / JLDM / TALPROJECTO
Escalas: 1/100		
Folha: 1 / 1		
Observação: LVSSA MSA AP STR OE OE2 DW 088302 0		Alter.   0

# METRO DE LISBOA

## LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

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

### PROJETO DE EXECUÇÃO



### TOMO III – OBRAS ESPECIAIS

### VOLUME 2 – PASSAGEM SOB TÚNEL DO MARQUÊS

### MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA – ESTRUTURAS PROVISÓRIAS E DEFINITIVAS

<b>Documento SAP:</b>	LVSSA MSA PE STR TUN OE2 MD 088001 0
-----------------------	--------------------------------------

	Nome	Assinatura	Data
Elaborado	André Sousa		2024-09-27
Revisto	Rui Tomásio		2024-09-27
Verificado	Rui Tomásio		2024-09-27
Coordenador Projeto	Rui Rodrigues		2024-09-27
Aprovado	Raúl Pistone		2024-09-27

	Nome	Assinatura	Data
Gestor Projeto	Raúl Pistone		2024-09-27

## Índice

1	OBJETIVO E ÂMBITO .....	6
2	ELEMENTOS DE BASE .....	6
3	CONDICIONAMENTOS.....	6
3.1	Traçado .....	6
3.2	Interferências e Demolições de Edifícios .....	7
3.3	Geologia e Geotecnia .....	7
3.4	Desvios de Circulação .....	8
3.5	Ocupação de Superfície e de Subsolo .....	9
3.6	Interferências com o Património Edificado .....	9
3.7	Implantação .....	9
3.8	Segurança.....	9
3.9	Arquitetónicos.....	10
3.10	Compatibilidade com as Outras Especialidades .....	11
3.11	Ambiente.....	11
4	REGULAMENTAÇÃO E BIBLIOGRAFIA DE BASE .....	12
5	MATERIAIS.....	13
6	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO .....	15
6.1	Tempo de Vida Útil .....	15
6.2	Classificação da Obra de Acordo com a sua Importância .....	15
6.3	Classe de Inspeção .....	16
6.4	Classe de Fiabilidade .....	16
6.5	Classificação do Tipo de Terreno .....	16
6.6	Zonamento e Parametrização Geológico-Geotécnico .....	17
6.7	Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas.....	18
6.7.1	Túneis .....	18
6.7.2	Requisitos legais de proteção de águas subterrâneas .....	19
7	DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO.....	19
7.1	Suporte primário.....	19
7.2	Estrutura definitiva .....	21

7.3	Sistema de impermeabilização .....	22
8	FASEAMENTO CONSTRUTIVO .....	23
9	PROJETO DE SUPORTE PRIMÁRIO .....	25
9.1	Critérios de verificação da segurança .....	25
9.2	Ações consideradas.....	26
9.3	Combinações de ações para os estados limite e abordagens de cálculo .....	26
9.4	Metodologia de cálculo.....	29
9.4.1	Modelo de cálculo .....	30
9.4.2	Faseamento construtivo adotado no modelo numérico.....	31
9.5	Verificações de segurança do suporte primário .....	34
9.5.1	Descrição geral .....	34
9.5.2	Estado limite último de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas .....	34
9.5.3	Estado limite último de resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado.....	37
9.5.4	Estado limite de utilização – deslocamentos e convergências da secção do túnel de ligação.....	38
10	PROJETO DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS .....	39
10.1	Critérios de verificação da segurança .....	39
10.1.1	Verificação da segurança aos estados limites últimos (elu).....	39
10.1.2	Verificação da segurança aos estados limites de utilização (ELS).....	40
10.1.3	Verificação da segurança relativamente à rotura por levantamento global .....	40
10.2	Ações.....	40
10.2.1	Ações permanentes.....	41
10.2.2	Ações variáveis .....	41
10.2.3	Ação sísmica .....	42
10.2.4	Ações acidentais .....	43
10.2.5	Movimentos das fundações .....	43
10.3	Combinações de ações.....	43
10.3.1	Combinação de ações para os estados limites últimos (ELU) .....	43
10.3.2	Combinação de ações para os estados limites de serviço (ELS).....	44
10.4	Metodologia de cálculo.....	45



10.4.1	Modelo de cálculo .....	45
10.5	Verificações de segurança das estruturas definitivas .....	46
10.5.1	Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites Últimos (ELU) .....	46
10.6	Disposições construtivas .....	48
10.6.1	Junta de contração .....	48
10.6.2	Estanqueidade .....	48
11	PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO .....	48
11.1	Introdução .....	48
11.2	Escavações Mineiras .....	49
11.3	Edificações / Escavação a céu aberto .....	49
12	AVALIAÇÃO DE DANOS .....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	– Corte transversal do túnel piloto .....	20
Figura 2	- Corte transversal da calote superior do suporte primário .....	20
Figura 3	- Corte transversal da secção completa do suporte primário .....	20
Figura 4	– Perfil longitudinal do túnel .....	21
Figura 5	– Corte transversal do revestimento definitivo do túnel .....	21
Figura 6	– Corte longitudinal do revestimento definitivo do túnel .....	22
Figura 7	– Sistema de impermeabilização do revestimento definitivo do túnel .....	23
Figura 8	- Indicação das secções de cálculo .....	30
Figura 9	- Modelo de cálculo no Plaxis 2D (secção 1) .....	30
Figura 10	- Modelo de cálculo no Plaxis 2D (secção 2) .....	31
Figura 11	- Parâmetros de modelação da contribuição das fibras metálicas (segundo Bekeart Moment Capacity) .....	35
Figura 12	- Modelo de cálculo desenvolvido no SAP2000 .....	46

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	- Características dos materiais considerados no estudo do suporte primário (1/2) .....	13
Tabela 2	- Características dos materiais considerados no estudo do suporte primário (2/2) .....	14
Tabela 3	- Características dos materiais considerados no estudo do suporte definitivo (1/2) .....	14
Tabela 4	– Características dos materiais considerados no estudo do suporte definitivo (2/2) .....	15

Tabela 5 – Estruturas provisórias e definitivas. Recobrimentos nominais das armaduras .....	15
Tabela 6 – Tipos de Solos de acordo com o EC8 .....	16
Tabela 7 – Caracterização dos Solos de acordo com o EC8.....	17
Tabela 8 – Características geológico-geotécnicas e parâmetros geotécnicos das unidades terrosas (1/2) .....	17
Tabela 9 – Características geológico-geotécnicas e parâmetros geotécnicos das unidades terrosas (2/2) .....	18
Tabela 10 - Ações de dimensionamento .....	26
Tabela 11 - Coeficientes de redução .....	27
Tabela 12 - Coeficientes parciais de segurança utilizados nas ações .....	28
Tabela 13 - Coeficientes parciais de segurança utilizados na minoração das propriedades do terreno ..	28
Tabela 14 - Coeficientes parciais de segurança relativos aos materiais para os estados limites últimos .	28
Tabela 15 - Faseamento construtivo modelado para o túnel (1/3).....	31
Tabela 16 - Faseamento construtivo modelado do túnel de ligação (2/3).....	32
Tabela 17 - Faseamento construtivo modelado do túnel de ligação (3/3).....	33
Tabela 18 – Verificações de segurança associadas ao suporte primário .....	34
Tabela 19 - Verificação da resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas (secção 1).....	36
Tabela 20 - Verificação da resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas (secção 2).....	37
Tabela 21 - Verificação da resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas (secção 1).....	38
Tabela 22 - Verificação da resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas (secção 2).....	38
Tabela 23 – Deformações estimadas para o túnel da OE2 e do túnel do Marquês .....	39
Tabela 24 – Verificação da resistência à flexão composta do revestimento definitivo do túnel de ligação .....	46
Tabela 25 – Verificação da resistência à flexão das vigas definitivas .....	47

## 1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível do Projeto de Execução, da Memória Descritiva e Justificativa da obra da Obra Especial 2, e, é parte integrante do Volume 2 – OE2 Passagem sob o Túnel do Marquês contido no Tomo III – Obras Especiais.

A intervenção realiza-se no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara.

## 2 ELEMENTOS DE BASE

Com base nos elementos do Programa Preliminar e do Estudo Prévio 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 III – Arquitetura, Volume 1 – Estações:  
Estação Campolide Amoreiras:
  - Memória Descritiva e Justificativa - “LVSSA ML PP ARQ EST ECA MD 062001 0”;
  - Peças Desenhadas (“LVSSA ML PP ARQ EST ECA DW 062000 0” a “LVSSA ML PP ARQ EST ECA DW 062006 0”);
- Programa Preliminar, Tomo IV – Estruturas, Volume 2 – Obras Especiais:  
OE2:
  - Memória Descritiva e Justificativa - “LVSSA ML PP STR TUN OE2 MD 088001 0”;
  - Peças Desenhadas (“LVSSA ML PP STR TUN OE2 DW 088000 A” a “LVSSA ML PP STR TUN OE2 DW 088002 A” e “LVSSA ML PP STR TUN OE2 DW 088003 0” a “LVSSA ML PP STR TUN OE2 DW 088005 0” e “LVSSA ML PP STR TUN OE2 DW 088100 0”);

## 3 CONDICIONAMENTOS

### 3.1 Traçado

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

A profundidade a que está colocado o P.B.V. (Plano Base da Via) relativamente à superfície, cerca de 20 m, condicionou a solução estrutural bem como o faseamento construtivo.

### 3.2 Interferências e Demolições de Edifícios

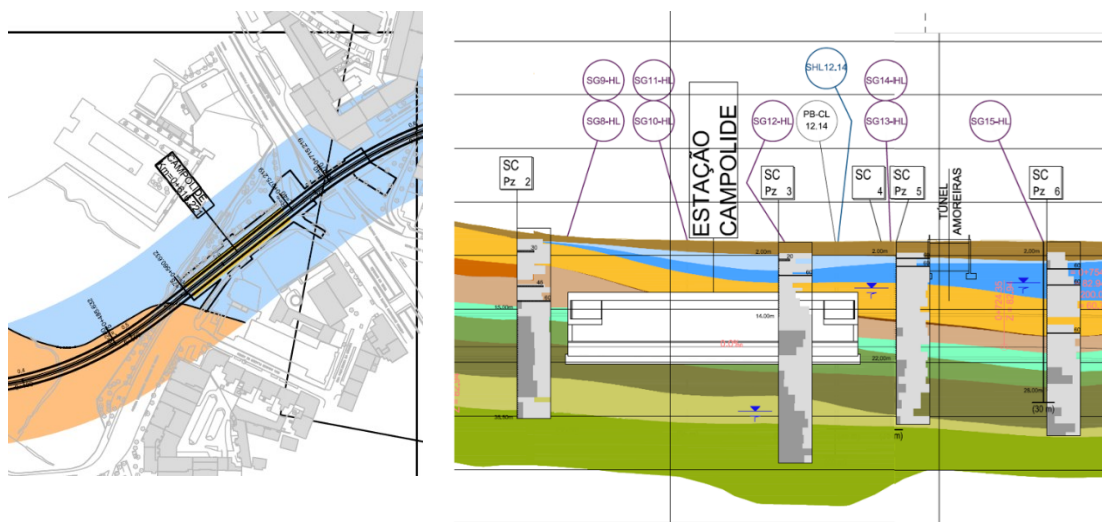
A avaliação de danos em interferências ao longo do traçado, assim como a definição de critérios de danos em estruturas ou infraestruturas situadas na vizinhança da obra, encontra-se desenvolvida no Tomo I – Geral, Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha.

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

### 3.3 Geologia e Geotecnia

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 6 – Estudo Geológico-Geotécnico (LVSSA CBJ PE GEO 000 000 MD 020001 0) do Tomo I – Geral. Os trabalhos de prospeção complementares são propostos no Programa de reconhecimento complementar (Geológico-geotécnico, hidrogeológico e ambiental) (LVSSA CBJ PE 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 PE GEO LIN 000 DW 021000 0 e LVSSA CBJ PE GEO LIN 000 DW 021002 0 e LVSSA CBJ PE GEO LIN 000 DW 021004 0)

A Estação de Campolide Amoreiras está prevista ser construída, com a sua soleira a uma profundidade média de cerca de 23 m, sob uma cobertura superficial de materiais de aterro, o meio envolvente é caracterizado por um maciço sequencialmente constituído do topo para a base por materiais miocénicos da “Formação dos Prazeres”, predominantemente argilas e margas, materiais da oligocénicos da “Formação de Benfica”, essencialmente por areias finas siltosas e silto-argilosas, CVL- “Complexo Vulcânico de Lisboa”, nesta zona principalmente

correspondente a tufos e passagens de basalto decomposto. Abaixo desta unidade ocorrem calcários da Formação da Bica, nomeadamente a unidade Cc1a, essencialmente correspondente a argilas margosas, Cc1b (calcário nodular) e Cc1c (calcário semi-cristalino a cristalino com rudistas), sendo nestas duas últimas unidades que fica posicionada a soleira da estação. Cc1c a norte e Cc1b a sul. Na continuidade para sul da sequência geológica descrita, a Obra Especial 2 (OE2), junto ao túnel do Marquês, sob a cobertura de materiais de aterro, interessa materiais miocénicos da “Formação dos Prazeres” e oligocénicos da “Formação de Benfica”.

Tendo em conta a possível existência de níveis de água suspensos, considera-se para efeito de cálculo que na zona envolvente à estação de Amoreiras Campolide e à Obra especial OE2, o nível de água se situe à cota 85,00.

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

**Tabela 1 – Valores característicos dos parâmetros a adotar na presente fase do estudo para as várias formações ocorrentes**

Unidade <sup>α</sup>	$\gamma^d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}^d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_u^d$ (kPa)	$E_u^d$ (MPa)	$c'^d$ (kPa)	$\phi'^d$ (°)	$E'^d$ (MPa)	$K_0$	$k^d$ (m/s)	$v_{cl}$	$\sigma_c$ (MPa) <sup>β</sup> [rocha]	$E'_c$ (GPa) [rocha] <sup>β</sup>
ATERRO, $\Delta$ <sup>α</sup>	18 <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	---	---	0 <sup>α</sup>	28 <sup>α</sup>	10 <sup>α</sup>	0,5 <sup>α</sup>	10 <sup>-5</sup> <sup>α</sup>	0,35 <sup>α</sup>	---	---
ALUVIÃO, a(ar) <sup>α</sup>	19 <sup>α</sup>	21 <sup>α</sup>	---	---	0 <sup>α</sup>	34 <sup>α</sup>	50 <sup>α</sup>	0,5 <sup>α</sup>	10 <sup>-5</sup> <sup>α</sup>	0,30 <sup>α</sup>	---	---
ALUVIÃO, a(ag) <sup>α</sup>	17 <sup>α</sup>	19 <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	0 <sup>α</sup>	25 <sup>α</sup>	10 <sup>α</sup>	0,5 <sup>α</sup>	10 <sup>-8</sup> <sup>α</sup>	0,46 <sup>α</sup>	---	---
ALUVIÃO, a(cg) <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	22 <sup>α</sup>	---	---	0 <sup>α</sup>	35 <sup>α</sup>	75 <sup>α</sup>	0,5 <sup>α</sup>	10 <sup>-4</sup> <sup>α</sup>	0,30 <sup>α</sup>	---	---
MIOCÉNICO, M(ag)a-NSPT > 50 <sup>α</sup>	22 <sup>α</sup>	23 <sup>α</sup>	350 <sup>α</sup>	100 <sup>α</sup>	10 <sup>α</sup>	33 <sup>α</sup>	60 <sup>α</sup>	1,0 <sup>α</sup>	10 <sup>-8</sup> <sup>α</sup>	0,33 <sup>α</sup>	---	---
MIOCÉNICO, M(ag)b-NSPT < 50 <sup>α</sup>	21 <sup>α</sup>	22 <sup>α</sup>	180 <sup>α</sup>	40 <sup>α</sup>	5 <sup>α</sup>	28 <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	1,0 <sup>α</sup>	10 <sup>-8</sup> <sup>α</sup>	0,38 <sup>α</sup>	---	---
MIOCÉNICO M(cal) <sup>α</sup>	24 <sup>α</sup>	24 <sup>α</sup>	---	---	100 <sup>α</sup>	34 <sup>α</sup>	400 <sup>α</sup>	0,8 <sup>α</sup>	10 <sup>-5</sup> <sup>α</sup>	0,25 <sup>α</sup>	---	---
OLIGOCÉNICO, $\Phi$ <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	22 <sup>α</sup>	400 <sup>α</sup>	150 <sup>α</sup>	25 <sup>α</sup>	30 <sup>α</sup>	75 <sup>α</sup>	1,2 <sup>α</sup>	10 <sup>-7</sup> <sup>α</sup>	0,30 <sup>α</sup>	α	α
BASALTO, $\beta$ <sup>α</sup>	26 <sup>α</sup>	26 <sup>α</sup>	---	---	200 <sup>α</sup>	40 <sup>α</sup>	2000 <sup>α</sup>	0,8 <sup>α</sup>	10 <sup>-7</sup> <sup>α</sup>	0,26 <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	12 <sup>α</sup>
BASALTO, $\beta_{WS, W45}$ <sup>α</sup>	21 <sup>α</sup>	23 <sup>α</sup>	---	---	50 <sup>α</sup>	35 <sup>α</sup>	250 <sup>α</sup>	0,7 <sup>α</sup>	10 <sup>-6</sup> <sup>α</sup>	0,28 <sup>α</sup>	---	---
TUFOS, $\tau$ <sup>α</sup>	20 <sup>α</sup>	21 <sup>α</sup>	---	---	60 <sup>α</sup>	35 <sup>α</sup>	120 <sup>α</sup>	1,0 <sup>α</sup>	10 <sup>-7</sup> <sup>α</sup>	0,27 <sup>α</sup>	---	---
CALCÁRIO, Cc1a <sup>α</sup>	23 <sup>α</sup>	23 <sup>α</sup>	---	---	50 <sup>α</sup>	32 <sup>α</sup>	60 <sup>α</sup>	0,8 <sup>α</sup>	10 <sup>-7</sup> <sup>α</sup>	0,23 <sup>α</sup>	---	---
CALCÁRIO, Cc1b <sup>α</sup>	24 <sup>α</sup>	24 <sup>α</sup>	---	---	90 <sup>α</sup>	38 <sup>α</sup>	325 <sup>α</sup>	0,8 <sup>α</sup>	10 <sup>-7</sup> <sup>α</sup>	0,21 <sup>α</sup>	9 <sup>α</sup>	3 <sup>α</sup>
CALCÁRIO, Cc1c <sup>α</sup>	25 <sup>α</sup>	25 <sup>α</sup>	---	---	300 <sup>α</sup>	42 <sup>α</sup>	4000 <sup>α</sup>	0,8 <sup>α</sup>	10 <sup>-6</sup> <sup>α</sup>	0,21 <sup>α</sup>	50 <sup>α</sup>	27,5 <sup>α</sup>
CALCÁRIO, Cc1d <sup>α</sup>	24 <sup>α</sup>	24 <sup>α</sup>	---	---	120 <sup>α</sup>	40 <sup>α</sup>	1250 <sup>α</sup>	0,8 <sup>α</sup>	10 <sup>-7</sup> <sup>α</sup>	0,21 <sup>α</sup>	12 <sup>α</sup>	6 <sup>α</sup>
CALCÁRIO-DE-CANEÇAS <sup>α</sup>	23 <sup>α</sup>	23 <sup>α</sup>	---	---	80 <sup>α</sup>	35 <sup>α</sup>	400 <sup>α</sup>	0,8 <sup>α</sup>	10 <sup>-7</sup> <sup>α</sup>	0,25 <sup>α</sup>	5 <sup>α</sup>	1,5 <sup>α</sup>

### 3.4 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 e os estaleiros são objetos de projeto autónomo, sendo os desvios de trânsito apresentados no Tomo V – Estações, Volume 1 – Estação Campolide Amoreiras, Parte 08, Outras especialidades, e os estaleiros no Tomo I – Volume 9.

### 3.5 Ocupação de Superfície e de Subsolo

A execução a céu aberto da estação e dos acessos 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 Tomo V – Estações, Volume 1 – Estação Campolide Amoreiras, Parte 03, Serviços Afetados, deste Projeto de Execução.

### 3.6 Interferências com o Património Edificado

As interferências da Estação Campolide Amoreiras com o património edificado encontram-se em projeto específico, no Tomo I – Volume 17 – Interferências ao longo da linha, do presente Projeto de Execução.

### 3.7 Implantação

A implantação da obra foi analisada por forma a minimizar as interferências com os edifícios existentes, nomeadamente os números 17, 18, 18a e 19 na Avenida Conselheiro Fernando de Sousa e o número 20 da Avenida Eng<sup>o</sup> Duarte Pacheco. O corpo da estação é implantado sob a Avenida Conselheiro Fernando de Sousa.

### 3.8 Segurança

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

1. Evitar os riscos;
2. Avaliar os riscos que não possam ser evitados;
3. Combater os riscos na origem;
4. Adaptar o trabalho ao trabalhador;
5. Ter em conta o estado de evolução técnica;
6. Substituir o que é perigoso pelo que é isento de perigo ou menos perigoso;
7. Planificar a prevenção;
8. Dar prioridade à prevenção coletiva em relação à individual;
9. Dar formação e instruções adequadas aos trabalhadores.

Estes princípios devem nortear a ação de todos os intervenientes durante todo o processo de construção. Apresenta-se nas peças desenhadas do presente Projeto de Execução, subscrevendo as orientações do Dono de Obra apresentadas no Programa Preliminar e no Estudo Prévio, desenhos de notas gerais com uma lista não exaustiva de atividades que

---

envolvem riscos especiais para a segurança e saúde dos trabalhadores decorrentes da execução do projeto e as ações para a prevenção de riscos associados à realização dos trabalhos.

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

### 3.9 Arquitetónicos

O presente Projeto de Execução procura atingir as soluções técnicas mais adequadas e que estão compatibilizadas com o projeto de Arquitetura, desenvolvido ao mesmo nível, (Tomo V – Estações, Volume 1 – Estação Campolide Amoreiras, Parte 01, Arquitetura).

### 3.10 Compatibilidade com as Outras Especialidades

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

- Tomo I – Geral, Volumes 1 a 42;
- Tomo V – Estações, Volume 1 – Estação de Campolide Amoreiras:
  - Parte 01 – Arquitetura;
  - Parte 03 – Serviços Afetados;
  - Parte 04 – Fluidos;
  - Parte 05 – Energia;
  - Parte 06 - Telecomunicações;
  - Parte 07 – Mecânica;
  - Parte 08 – Outras especialidades.

### 3.11 Ambiente

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

No desenvolvimento do presente Projeto foram consideradas as seguintes medidas:

- Cumprimento das áreas mínimas de intervenção, necessárias à realização dos trabalhos, apresentadas no Programa Preliminar do M.L.;
- Consideração das medidas e recomendações constantes da DIA (processo de AIA n.º 3462);
- Consulta dos elementos patenteados a concurso referentes à identificação de todas as interferências ao longo do traçado e ao levantamento dos respetivos cadastros para análise nas fases seguintes de projeto. Nesta fase realizou-se uma análise de risco aos edifícios interferidos seguindo a metodologia de avaliação de danos nos edifícios devido a escavações profundas e de túneis patenteada pelo M.L., que consta do Tomo I – Geral, Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha, do presente Projeto;
- 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 em cada volume de frente de obra, 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;
- 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 -Ensaio do betão projetado - Parte 5: Determinação da capacidade de absorção de energia de provetes de lajes reforçadas com fibras;
- NP EN 445 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Métodos de ensaio;
- NP EN 446 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Procedimentos para injeção;
- NP EN 447 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Especificações para caldas correntes.

## 5 MATERIAIS

As características dos materiais adotados nas estruturas provisórias e definitivas encontram-se apresentadas nas tabelas seguintes:

**Tabela 1 - Características dos materiais considerados no estudo do suporte primário (1/2)**

MATERIAIS	PROPRIEDADES	
<b>Betão</b>	Betão projetado (via húmida)	C30/37 XC 4(P) CL 0.4 DMAX.10 S5
	Regularização/enchimento	C12/15 XC 2(P) CL 0.4 DMAX.22 S3
<b>Fibras metálicas</b>	Resistência à tração	1500 MPa
	Comprimento (extremidade com gancho)	< 35 MM
	Esbelteza, L/d	65
	Dosagem mínima de fibras	25 kg/m <sup>3</sup>
	Classe de absorção de energia:	E700
<b>Aço</b>	Chapas e perfis metálicos	S 275 JR
	Cambotas treliçadas	A 500NR
	Rede eletrossoldada	A 500ER
	Enfilagens	S 355 JR
	Elementos de fixação metálica	CLASSE 8.8
	Pregagens de aço em varão	A 500 NR SD
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		
<b>Pregagens de tubo expansivo</b>	Carga mínima de cedência	Py = 130 kN
	Tipo de aço	S 355 MC
<b>Fibra de vidro</b>	Resistência à tração	≥ 2000 MPa
	Carga nominal de rotura	430 kN

Tabela 2 - Características dos materiais considerados no estudo do suporte primário (2/2)

MATERIAIS	PROPRIEDADES	
<b>Calda de cimento</b>	Resistência à compressão aos 7 dias	$F_{ck}$ MÍN. = 25 MPa
<b>Geodrenos</b>	Tubo de polietileno rígido, corrugado e ranhurado	SN2
<b>Geotêxtil do geodreno</b>	Massa por unidade de área (EN 9864)	150 g/m <sup>2</sup>
	Massa por unidade de área (EN 9864)	2 mm
	Resistência à tração (EN ISO 10319)	4,5 KN/m
	Alongamento à carga máxima (EN ISO 10319)	80 %
	Punçoamento estático (EN ISSO 12236)	≥ 700 N
	Resistência à perfuração dinâmica (EN 918)	≤ 28 mm
	Durabilidade	[Duração estimada de, no mínimo, 25 anos em terreno com $4 < PH < 9$ e temperaturas $< 25^{\circ}C$ (tempo de exposição máximo de 1 semanas após instalação)]

Tabela 3 - Características dos materiais considerados no estudo do suporte definitivo (1/2)

Materiais	Localização	Classe de resistência	Classe de exposição	cl. teor de cloretos	$d_{max}$ (mm)	Classe de consistência
<b>Betão (in situ)</b>	Regularização	C12/15	X0	CL 1,00	≤ 25	S3
	Estrutura interior em ambiente seco (lajes, vigas, pilares, escadas e paredes)	C30/37	XC1	CL 0,40	Dinf=20 Dsup=25	S4
	Estrutura interior em zonas húmidas – zonas com sanitários (lajes, vigas, pilares, escadas e paredes)	C30/37	XC3	CL 0,40	Dinf=20 Dsup=25	S4
	Estrutura exterior (revestimento definitivo das galerias, paredes de contenção periférica, laje de fundo do poço principal, laje de cobertura e elementos expostos à intempérie)	C30/37	XC4	CL 0,40	≤ 25	S3
	Enchimento (sub-cais)	C20/25	XC0	CL 1,00	≤ 25	S3

Tabela 4 – Características dos materiais considerados no estudo do suporte definitivo (2/2)

Materiais	Localização	Classe de resistência
<b>Aço Estrutural</b>	Armaduras ordinárias	A500 NR SD
	Malha eletrossoldada	A500 EL
	Estruturas metálicas (chapas, perfis, barras e anilhas)	S355 JR
	Parafusos / Pernos	Classe 8.8/10.9
	Porcas	Classe 8/10

Notas:

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

Tabela 5 – Estruturas provisórias e definitivas. Recobrimentos nominais das armaduras

Recobrimentos Nominais (*) (**)		
Recobrimentos a Garantir de Acordo com Exigências de Resistência ao Fogo e Durabilidade dos Materiais	Elemento	Recobrimento nominal
<b>Vida Útil Considerada: 100 Anos Estabilidade ao Fogo: R120</b>	Lajes elevadas	40 mm
	Pilares e Vigas	45 mm
	Revestimento definitivo das galerias	45 mm
	Paredes do revestimento definitivo	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 e Poços de Ventilação são parte integrante de uma infraestrutura cujo

colapso representa “consequência elevada em termos de perda de vidas humanas; ou consequências económicas, sociais ou ambientais muito importantes”, pelo que se classificam como sendo da classe de consequência CC3.

### 6.3 Classe de Inspeção

De acordo com a norma NP EN 13670 – 1 anexo G, quadro G.1, a estrutura de objeto desta Memória Descritiva e Justificativa enquadra-se na classe de inspeção 3, para betão moldado.

### 6.4 Classe de Fiabilidade

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

### 6.5 Classificação do Tipo de Terreno

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

Tabela 6 – Tipos de Solos de acordo com o EC8

Tipo de solo	Descrição
A	Rocha ou formação 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 <sub>1</sub>	Depósitos com uma espessura mínima de 10m, constituídos por argila/sedimentos com elevado nível de plasticidade e alto nível freático
S <sub>2</sub>	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 Tabela 7.

Tabela 7 – 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.

Na Obra Especial OE2 é considerado um terreno do Tipo B.

## 6.6 Zonamento e Parametrização Geológico-Geotécnico

Em termos gerais, na zona onde se desenvolve a Obra Especial OE2, intersecta-se um estrato superficial de materiais de aterro, abaixo do qual se desenvolve um maciço sequencialmente constituído do topo para a base por materiais miocénicos da “Formação dos Prazeres”, predominantemente argilas e margas, materiais oligocénicos da “Formação de Benfica”, essencialmente constituído por areias finas siltosas e silto-argilosas e o CVL- “Complexo Vulcânico de Lisboa”, nesta zona principalmente correspondente a tufos e passagens de basalto decomposto. Abaixo desta unidade ocorrem calcários da Formação da Bica, nomeadamente a unidade Cc1a, essencialmente correspondente a argilas margosas, Cc1b (calcário nodular) e Cc1c (calcário semi-cristalino a cristalino com rudistas).

Tendo em conta a possível existência de níveis de água suspensos, considera-se para efeito de cálculo que na zona envolvente à Obra especial OE2, o nível de água se situe à cota +85,00.

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

Tabela 8 – Características geológico-geotécnicas e parâmetros geotécnicos das unidades terrosas (1/2)

Unidade	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_u$ (kPa)	$E_u$ (MPa)	$c'$ (kPa)	$\phi'$ (°)	$E'$ (MPa)	$K_0$	$k$ (m/s)	$\nu$	$\sigma$ (MPa) [rocha]	$E'$ (GPa) [rocha]
ATERRO, At	18	20	---	---	0	28	8	0,5	10 <sup>-5</sup>	0,35	---	---
ALUVIÃO, a(ar)	19	21	---	---	0	34	50	0,5	10 <sup>-5</sup>	0,30	---	---
ALUVIÃO, a(ag)	17	19	10	10	0	28	4	0,5	10 <sup>-8</sup>	0,46	---	---
ALUVIÃO, a(cg)	20	22	---	---	0	35	75	0,5	10 <sup>-4</sup>	0,30	---	---
MIOCÉNICO, M(ag)a NSPT > 50	22	23	350	100	10	33	60	1,0	10 <sup>-8</sup>	0,33	---	---

Tabela 9 – Características geológico-geotécnicas e parâmetros geotécnicos das unidades terrosas (2/2)

Unidade	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_u$ (kPa)	$E_u$ (MPa)	$c'$ (kPa)	$\phi'$ (°)	$E'$ (MPa)	$K_0$	$k$ (m/s)	$\nu$	$\sigma$ (MPa) [rocha]	$E'$ (GPa) [rocha]
MIOCÉNICO, M(ag)b NSPT < 50	21	22	180	40	5	28	20	1,0	10 <sup>-8</sup>	0,38	---	---
MIOCÉNICO M(cal)	24	24	---	---	100	34	400	0,8	10 <sup>-5</sup>	0,25	---	---
OLIGOCÉNICO, $\Phi$	20	22	400	150	15	30	75	1,2	10 <sup>-7</sup>	0,30		
BASALTO, $\beta$	26	26	---	---	200	40	2000	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,26	20	12
BASALTO, $\beta_{W5;W4/5}$	21	23	---	---	50	35	250	0,7	10 <sup>-6</sup>	0,28	---	---
TUFOS, $\tau$	20	21	---	---	60	35	120	1,0	10 <sup>-7</sup>	0,27	---	---
CALCÁRIO, Cc1a	23	23	---	---	50	32	60	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,23	---	---
CALCÁRIO, Cc1b	24	24	---	---	90	38	325	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,21	9	3
CALCÁRIO, Cc1c	25	25	---	---	300	42	4000	0,8	10 <sup>-6</sup>	0,21	50	27,5
CALCÁRIO, Cc1d	24	24	---	---	120	40	1250	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,21	12	6
CALCÁRIO DE CANEÇAS	23	23	---	---	100	35	400	0,8	10 <sup>-7</sup>	0,25	5	1,5

## 6.7 Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas

### 6.7.1 Túneis

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

De acordo com estas recomendações o sistema de revestimento deverá garantir que o afluxo de água ao interior do túnel se restrinja a fenómenos de capilaridade, admitindo-se apenas, como manifestações de humidade, a existência de pequenas manchas isoladas sem qualquer escorrência de água, embora possa ocorrer alteração cromática de um papel sobre elas colocado.

Esta exigência limita o influxo médio (espacial) diário de água a 0,2 litros/m<sup>2</sup> em troços com comprimento de referência de 10 m e a 0,1 litros/m<sup>2</sup> em troços com comprimento de referência de 100 m. Para aplicação do primeiro limite, os troços de 10 m deverão ser pontuais, com carácter esporádico.

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

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

A compartimentação transversal será conseguida pela solidarização de perfis extrudidos flexíveis à geomembrana impermeabilizante ao longo do perímetro do túnel. Para a eventual compartimentação longitudinal, em troços localizados, os perfis serão colocados segundo o eixo

do túnel num alinhamento superior (abóbada) e em alinhamentos inferiores (juntas de betonagem no arranque dos hasteais).

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

### 6.7.2 Requisitos legais de proteção de águas subterrâneas

Regra geral a Lei de Proteção da Água exige que os níveis de água existentes no subsolo sejam mantidos e que a água subterrânea seja mantida sem contaminação; uma consequência direta do cumprimento destas exigências é a impossibilidade de rebaixamento permanente do lençol freático, sempre que possível.

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

## 7 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

### 7.1 Suporte primário

A escavação do túnel da OE2 será realizado através da metodologia de NATM, acompanhando as escavações da vala da estação Campolide/Amoreiras e do respetivo acesso 5, com parcializações da secção materializadas em várias fases.

Considerando o reduzido recobrimento entre o túnel do Marquês e o da OE2 (cerca de 2,50m), a escavação iniciar-se-á com um túnel piloto de pequeno diâmetro, cuja estabilidade da frente possa ser adequadamente controlada e sem risco de afetar a superfície, tendo igualmente um carácter exploratório na confirmação das premissas de geometria e cota de fundação do túnel do Marquês.

O túnel piloto será escavado por recurso a enfilagens de teto com enfilagens de varão de aço Ø32mm para proteção contra pequenos destacamentos, e materializado integralmente por uma secção de 15cm de betão projetado armado com fibras metálicas. Preconiza-se ainda a drenagem do betão projetado com bueiros radiais (Figura 1). Devido à boa competência do maciço, com elevada coesão, as escavações de um túnel de pequeno diâmetro não apresentam riscos de estabilidade global que possam atingir a superfície. Após a finalização do túnel piloto, será executada a calote superior do túnel principal.

O suporte do revestimento primário do túnel da OE2 será então aplicado numa escavação faseada e desfasada, em cujo suporte da calote superior é composto pela aplicação geral e mínima de 30 cm de betão projetado reforçado com fibras metálicas e cambotas metálicas treliçadas tipo P95-20-30 espaçadas de 1m (ver Figura 2), ao abrigo de um chapéu troncocónico recorrendo a enfilagens autoperfurantes em tubo metálico. O suporte dos hasteais e da soleira será feita igualmente de forma faseada, através da escavação e a aplicação de uma espessura mínima de 30 cm de betão projetado reforçado com fibras metálicas. Ao nível da primeira fase (calote superior), serão também executadas pregagens sistemáticas de fibra de vidro na frente de escavação com 9m de comprimento e geodrenos, prevendo-se ainda a instalação de geodrenos radiais.



Apesar dos solos do maciço apresentarem boa competência, com elevados valores de coesão e módulo de deformabilidade, a materialização do túnel está prevista com o uso de arco invertido provisório que garante a estabilidade das fundações do arco superior durante as etapas de escavação dos rebaixos sucessivos. Nas fases de escavação dos níveis inferiores ao da calote superior, deverá ser deixado um núcleo central para estabilização da face de escavação.

Na Figura 3 apresenta-se um corte transversal da secção completa do suporte primário do túnel e na Figura 4 o perfil longitudinal do túnel.

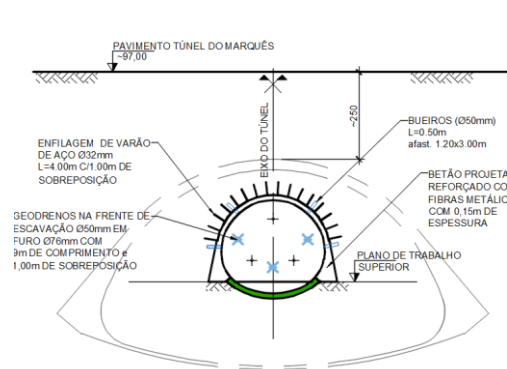


Figura 1 – Corte transversal do túnel piloto

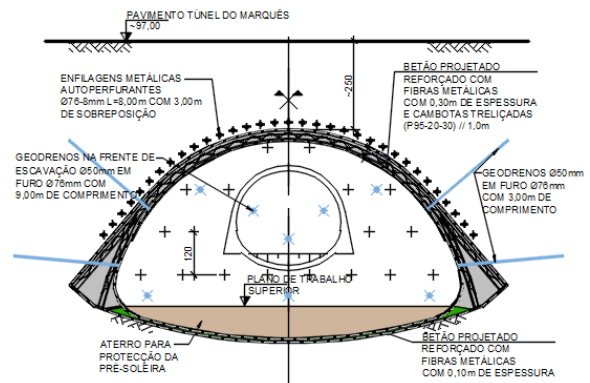


Figura 2 - Corte transversal da calote superior do suporte primário

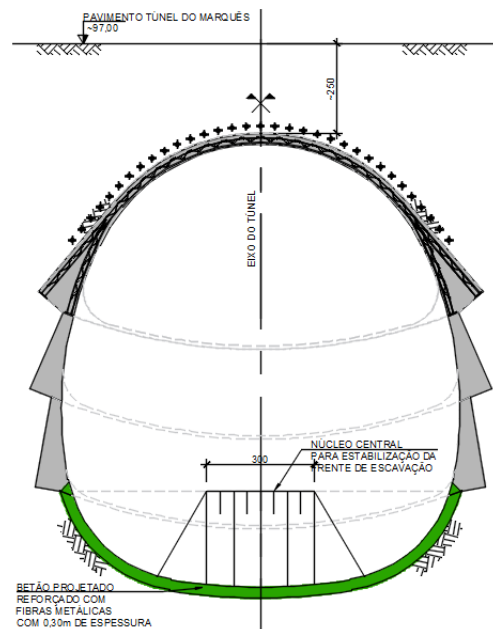


Figura 3 - Corte transversal da secção completa do suporte primário

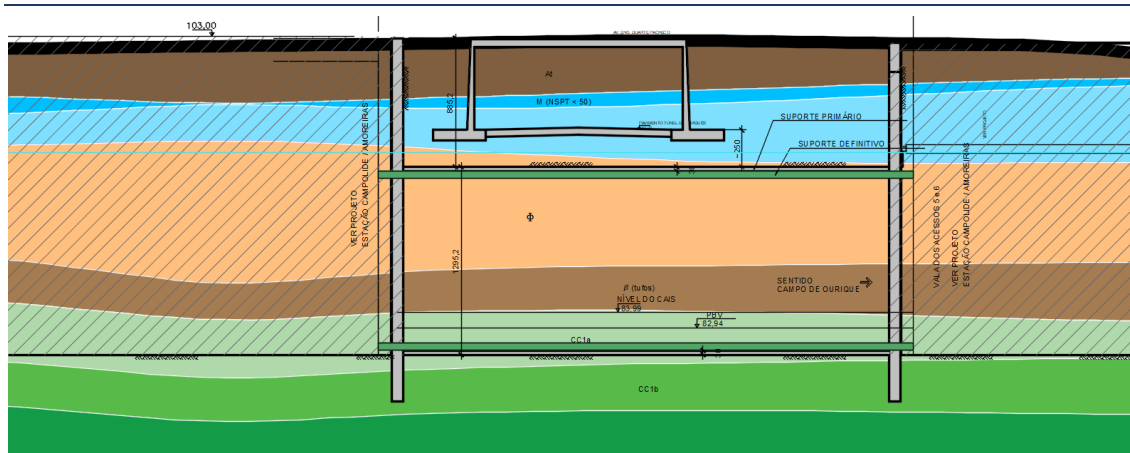


Figura 4 – Perfil longitudinal do túnel

## 7.2 Estrutura definitiva

A estrutura definitiva exterior (revestimento definitivo) do túnel é construída após a execução da estrutura de suporte primário.

O revestimento definitivo do túnel, é constituído por uma secção corrente com abóbada circular de 0.50 m de espessura, soleira curva de espessura constante com 0.60 m de espessura e curva de ligação hasteais – soleira também com 0.50 m de espessura.

Na Figura 5 apresenta-se a secção transversal corrente deste túnel.

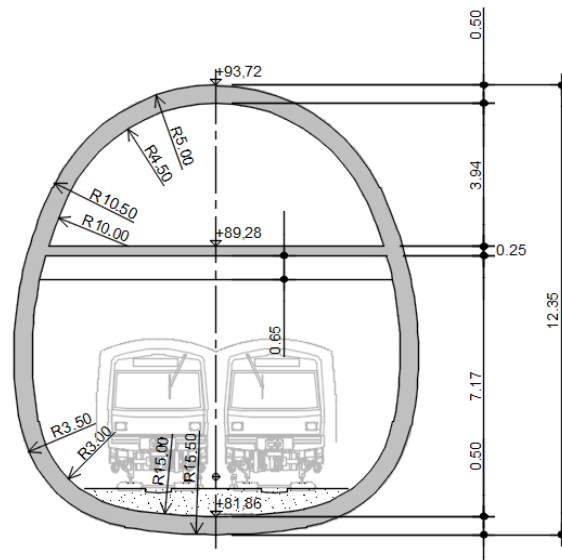


Figura 5 – Corte transversal do revestimento definitivo do túnel

A estrutura definitiva interior é constituída por uma laje de 0.25cm de espessura à cota +89.28 e vigas transversais retangulares, dispostas numa só direção, com secção 0.50m x 0.90m e espaçadas de 5.10m. Estes elementos constituem os elementos do piso da zona de circulação pedonal para acesso da estação de Campolide Amoreiras aos acessos 5 e 6, sendo apoiados no revestimento definitivo exterior do túnel.

Na Figura 6 apresenta-se o corte longitudinal do revestimento definitivo do túnel, de acordo com as peças desenhadas do presente Projeto.

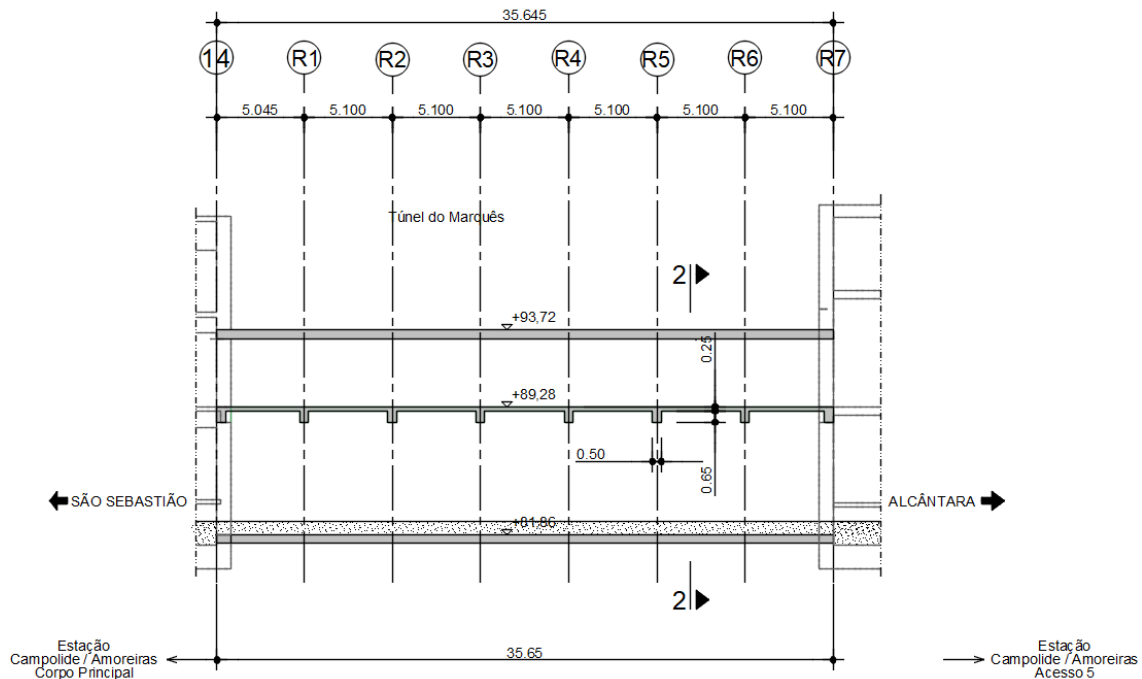


Figura 6 – Corte longitudinal do revestimento definitivo do túnel

### 7.3 Sistema de impermeabilização

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

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

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

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

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

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

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

Na Figura 7 apresentam-se os pormenores do sistema de impermeabilização do revestimento definitivo das galerias da estação, respetivamente para hasteais e abóbada (à esquerda) e soleira (à direita).

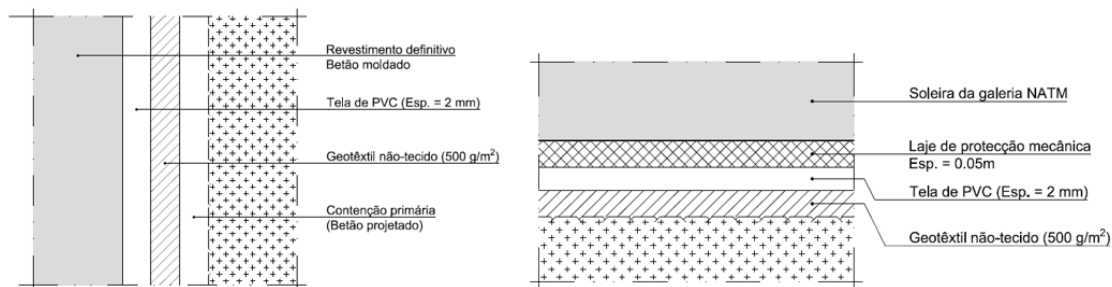


Figura 7 – Sistema de impermeabilização do revestimento definitivo do túnel

## 8 FASEAMENTO CONSTRUTIVO

O faseamento construtivo das estruturas provisórias (suporte primário) e definitivas (revestimento definitivo) do túnel de segue, sucintamente, as seguintes fases construtivas:

- 1.1. Escavação da vala dos acessos 5 e 6;
- 1.2. Execução do tratamento de emboque, incluindo execução de chapéu troncocónico de enfilagens metálicas (do lado da estação de Campolide Amoreiras e do lado do acesso 5), pregagens e geodrenos de frente;
- 1.3. Execução do túnel piloto:
  - 1.3.1. Demolição das estacas na região do túnel piloto;
  - 1.3.2. Escavação da calote do túnel piloto (fase 1) com avanço de 1,00m;
  - 1.3.3. Execução de uma camada de 5cm em betão projetado para regularização da superfície exposta pela escavação do túnel;
  - 1.3.4. Execução de enfilagens de varão de aço e dos bueiros radiais;
  - 1.3.5. Execução de geodrenos e pregagens (radiais e de frente, onde aplicável);
  - 1.3.6. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.3.7. Escavação da soleira do túnel piloto (fase 2) com avanço de 2,00m;
  - 1.3.8. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.3.9. Repetição dos passos 1.3.2 a 1.3.8 até ao final do túnel, na zona de ligação à Estação Campolide Amoreiras.
  - 1.3.10.
- 1.4. Execução da estrutura de calote superior:
  - 1.4.1. Execução de um chapéu troncocónico de enfilagens metálicas (onde aplicável);

- 1.4.2. Escavação de 1 avanço de 2,00m na calote (fase 1), com demolição das estacas;
  - 1.4.3. Execução de uma camada de 5cm em betão projetado para regularização da superfície exposta pela escavação da calote;
  - 1.4.4. Instalação de cambotas metálicas treliçadas a cada 1,00m;
  - 1.4.5. Execução de geodrenos e pregagens (radiais e de frente, onde aplicável) e instalação de prismas de convergências para monitorização da deformação do suporte primário;
  - 1.4.6. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.4.7. Escavação de avanços de 4,00m na soleira provisória (fase 2). Deverá existir um desfaseamento de 4,00m entre a escavação da calote (fase 1) e da soleira provisória (fase 2);
  - 1.4.8. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado na zona da soleira provisória até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.4.9. Reaterro da soleira;
  - 1.4.10. Repetição dos passos 1.4.1 a 1.4.9 até ao final do túnel.
- 1.5. Escavação e execução do 1º rebaixo:
- 1.5.1. Escavação de 1 avanço de 2,00m (fase 1), com demolição das estacas e manutenção de núcleo central, e aplicação imediata de uma camada de 5cm de betão projetado para regularização;
  - 1.5.2. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário do poço até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.5.3. Instalação de prismas de convergências para monitorização da deformação do suporte primário;
  - 1.5.4. Escavação com avanço de 2,00m na região da soleira provisória (fase 2);
  - 1.5.5. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado na soleira provisória do túnel até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.5.6. Reaterro da soleira;
  - 1.5.7. Repetição dos passos 1.5.1 a 1.5.6 (avanço típico de rebaixo) até ao final do túnel.
- 1.6. Escavação e execução do 2º rebaixo:
- 1.6.1. Escavação de 1 avanço de 3,00m (fase 1), com demolição das estacas e manutenção de núcleo central, e aplicação imediata de uma camada de 5cm de betão projetado para regularização;
  - 1.6.2. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário do poço até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.6.3. Instalação de prismas de convergências para monitorização da deformação do suporte primário;
  - 1.6.4. Escavação com avanço de 3,00m na região da soleira provisória (fase 2);
  - 1.6.5. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado na soleira provisória do túnel até se atingir a espessura total de projeto;
  - 1.6.6. Reaterro da soleira;
  - 1.6.7. Repetição dos passos 1.6.1 a 1.6.6 (avanço típico de rebaixo) até ao final do túnel de ligação.

1.7. Escavação e execução da soleira definitiva:

- 1.7.1. Escavação de 1 avanço de 3,00m (fase 1), com demolição das estacas e manutenção de núcleo central, e aplicação imediata de uma camada de 5cm de betão projetado para regularização;
- 1.7.2. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado do suporte primário do poço até se atingir a espessura total de projeto;
- 1.7.3. Instalação de prismas de convergências para monitorização da deformação do suporte primário;
- 1.7.4. Escavação com avanço de 3,00m na região da soleira provisória (fase 2);
- 1.7.5. Aplicação sucessiva de camadas de 5cm de betão projetado na soleira provisória do túnel até se atingir a espessura total de projeto;
- 1.7.6. Reaterro da soleira;
- 1.7.7. Repetição dos passos 1.6.1 a 1.6.6 (avanço típico de soleira) até ao final do túnel de ligação.

1.8. Execução da impermeabilização do túnel entre o suporte primário e o revestimento definitivo.

1.9. Execução do revestimento definitivo do túnel.

1.10. Execução da estrutura interna do túnel da forma tradicional:

- a) Instalação de cimbres e cofragem do piso, seguido de montagem de armaduras;
- b) Betonagem da laje e vigas do piso superior numa única operação;
- c) Acabamentos.

## 9 PROJETO DE SUPORTE PRIMÁRIO

### 9.1 Critérios de verificação da segurança

A verificação da segurança dos diversos elementos do revestimento primário foi efetuada de acordo com as disposições regulamentares, nacionais e internacionais, em vigor no nosso país.

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

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

Com vista ao dimensionamento dos elementos estruturais, as ações foram agrupadas nas seguintes combinações:

- Estados limites últimos: combinação fundamental de ações;
- Estados limites de utilização: 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.

## 9.2 Ações consideradas

As ações consideradas são as apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Ações de dimensionamento

Ações	Valor/Observação
<b>CARGAS PERMANENTES</b>	–
Peso próprio	$\gamma_{\text{betão}} = 25 \text{ kN/m}^3$
<b>AÇÕES DO SOLO</b>	–
Peso de Terras	Carregamento resultante do peso de terras atuante em cada secção de cálculo. Adotaram-se os pesos específicos definidos na parametrização geotécnica (ver Tomo II – Volume 2 – Estudo Geológico Geotécnico).
Impulsos do solo	Adotaram-se os coeficientes de impulso horizontal definidos na parametrização geotécnica (ver Tomo II – Volume 2 – Estudo Geológico Geotécnico).
<b>IMPULSOS DE ÁGUA</b>	–
Impulsos hidrostáticos	$\gamma_{\text{água}} = 10 \text{ kN/m}^3$ Nível freático definido para cada secção de cálculo. Adotaram-se os níveis definidos nos estudos hidrogeológicos (ver Tomo II – Volume 2 – Estudo Geológico Geotécnico).
<b>SOBRECARGAS À SUPERFÍCIE</b>	–
Carga de ocupação à superfície	10 kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarga do tráfego do túnel do Marquês	10 kN/m <sup>2</sup>

## 9.3 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:**

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

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:**

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

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  $\psi$  adotados são os definidos no Tabela 11:

**Tabela 11 - Coeficientes de redução**

Ação	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
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	$\gamma_G$	1,35	1,00
	Favorável		1,00	1,00
Variável	Desfavorável	$\gamma_Q$	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	Símbolo	STR/GEO	
		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	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Peso volúmico	$\gamma_V$	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	$\gamma_c$	1,50
Aço para cambotas metálicas e pregagens expansivas	$\gamma_s$	1,15

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 secção, 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.

## 9.4 Metodologia de cálculo

O dimensionamento do suporte primário do túnel, pela importância de considerar o faseamento construtivo para a estimativa de esforços e deformações, foi realizado através de um modelo de cálculo numérico num programa de elementos finitos. Para o efeito, utilizou-se o programa de cálculo automático Plaxis, o qual permite a produção automatizada de uma malha de elementos finitos, triangulares de quinze nós, tendo esta sido refinada na zona próxima da escavação. A modelação numérica foi efetuada considerando um estado plano de deformação, com um campo gravítico de tensões. O comportamento mecânico do terreno foi simulado por uma lei de comportamento elástico linear perfeitamente plástico, sendo a rotura controlada pelo critério de Mohr-Coulomb, admitindo todos os materiais como isotrópicos.

As fronteiras foram definidas de modo a abranger a quase totalidade da zona onde se faz sentir a alteração do estado de tensão e deformação causada pela abertura das escavações. Em cada fase de escavação foram retirados os elementos correspondentes e, subsequentemente instaladas as medidas de suporte primário preconizadas, de modo a reproduzir um faseamento construtivo previsto em fase de construção.

A sequência de construção foi simulada mediante a remoção, introdução de elementos e a alteração das suas propriedades. O efeito tridimensional associado ao avanço da frente de escavação, foi modelado através da descompressão dos elementos localizados na secção do túnel a escavar em cada fase.

A determinação do fator de descompressão que simula o avanço da frente de escavação, depende de numerosos fatores (modelos constitutivos dos materiais, estado de tensão inicial, rigidez do suporte, pré-suporte da frente, etc.) que apenas podem ser equacionados com precisão recorrendo a modelos tridimensionais, apenas desenvolvidos em fases avançadas de projeto, devido ao tempo necessário para os desenvolver e calibrar.

Não obstante, através de retroanálises realizadas em projetos de escavações em método mineiro, considerou-se que o fator de descompressão varia entre 40% a 80%, pelo que as análises realizadas neste Projeto em modelos numéricos bidimensionais contemplam 40%, 60% e 80% de descompressão.

Para ter em consideração as diferentes zonas de carregamento e de recobrimento do túnel, foram consideradas duas secções de cálculo.

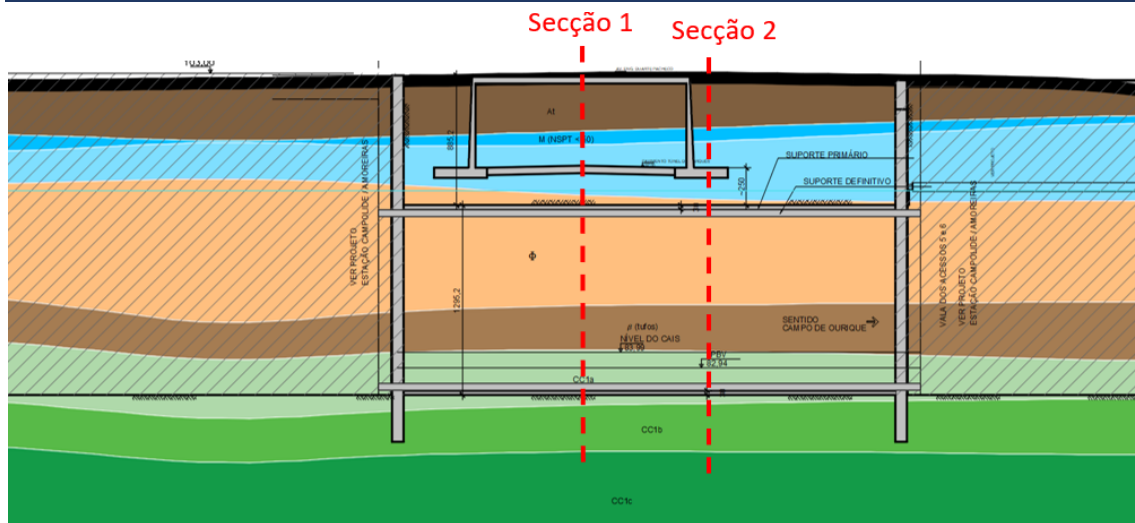


Figura 8 - Indicação das secções de cálculo

#### 9.4.1 Modelo de cálculo

Na modelação do suporte primário foram utilizados elementos estruturais com as propriedades de resistência, inércia e deformabilidade, representativas dos diversos elementos de suporte. Estes elementos encontram-se dispostos no contorno da escavação, e a sua simulação permite a avaliação dos esforços atuantes ao longo dos mesmos.

O betão projetado e as cambotas treliçadas a aplicar no contorno da escavação, foram modelados através de elementos *plate* com comportamento elástico-plástico perfeito, com as propriedades mecânicas representativas da sua resistência e deformabilidade com uma idade  $\leq 1, 7$  e 28 dias, consoante o avanço das fases de escavação.

Para a secção 1, considerou-se um recobrimento de 2,50m e a sobrecarga de tráfego ao nível do túnel do Marquês ( $10\text{kN/m}^2$ ), assim como o peso do pavimento térreo ( $e=0.50\text{m}$ ). Para a secção 2, considerou-se o peso dos materiais acima da sapata da estrutura do túnel no Marquês, bem como as cargas provenientes da mesma estrutura (sobrecarga de aproximadamente  $80\text{kN/m}^2$ ).

Na Figura 9 e Figura 10 apresentam-se os modelos de cálculo bidimensional adotados.

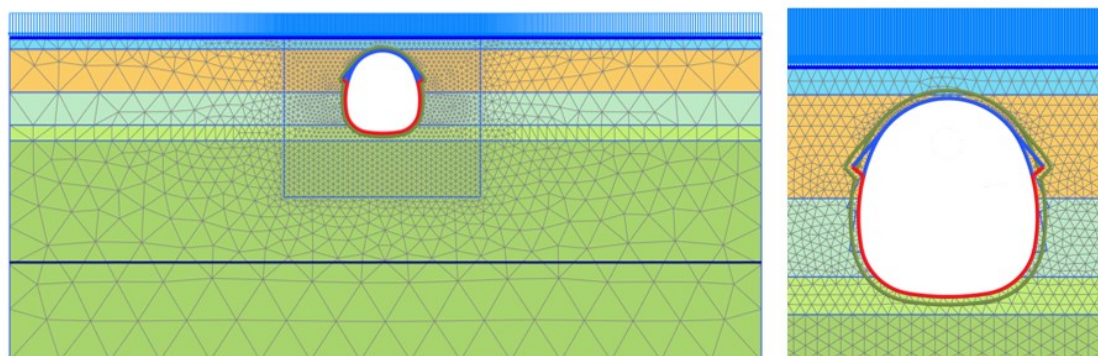


Figura 9 - Modelo de cálculo no Plaxis 2D (secção 1)

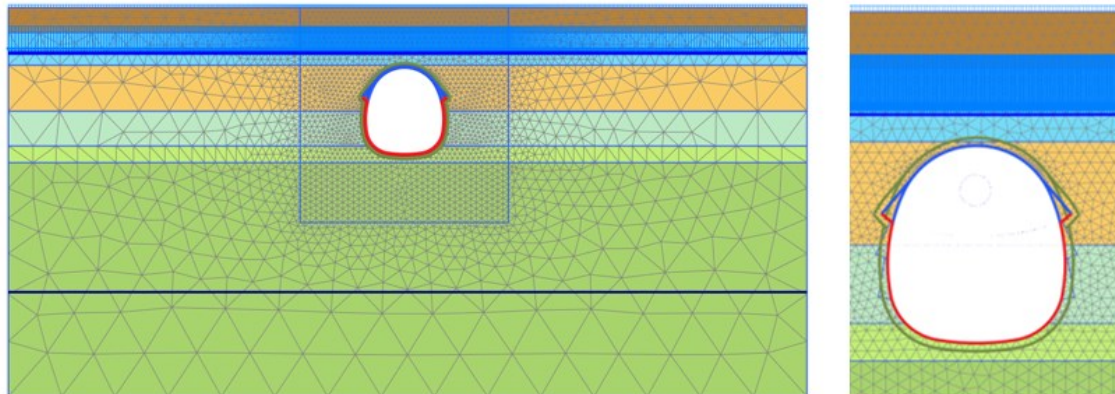


Figura 10 - Modelo de cálculo no Plaxis 2D (secção 2)

#### 9.4.2 Faseamento construtivo adotado no modelo numérico

A definição de etapas de cálculo para a modelação do faseamento construtivo, permite simular a variação de tensões a que o maciço se encontra sujeito durante o processo, permitindo extrair dos modelos as grandezas relevantes para o dimensionamento nos elementos estruturais que compõem o suporte primário. Foi realizada uma zeragem dos deslocamentos após a aplicação das sobrecargas, de modo que os deslocamentos decorrentes da sua aplicação não fossem somados aos deslocamentos resultantes da escavação.

Na Tabela 15 e Tabela 16 apresenta-se o faseamento construtivo adotado, apenas para a secção 2, mas transversal à secção 1.

Tabela 15 - Faseamento construtivo modelado para o túnel (1/3)

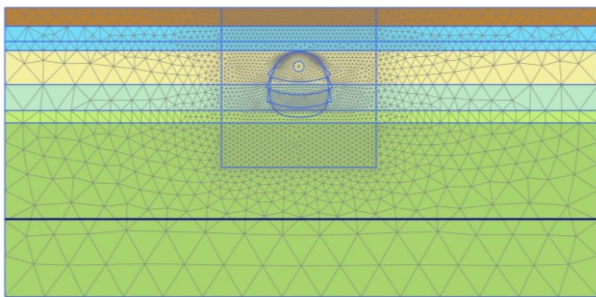
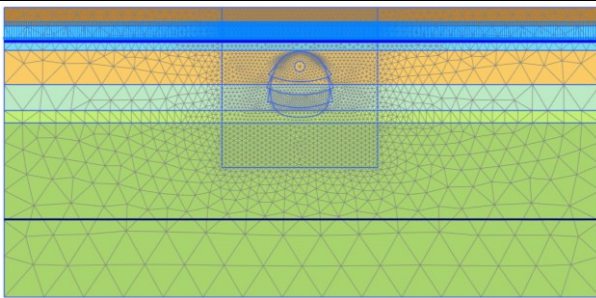
Faseamento construtivo adotado nos modelos 2D	
Estado de tensão inicial	
Aplicação das sobrecargas	

Tabela 16 - Faseamento construtivo modelado do túnel de ligação (2/3)

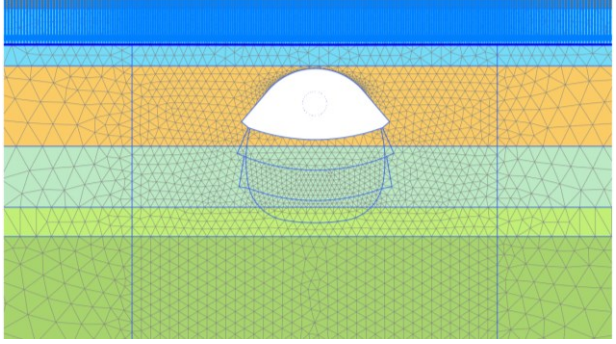
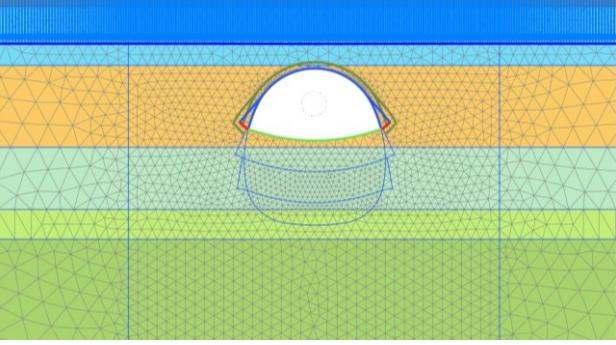
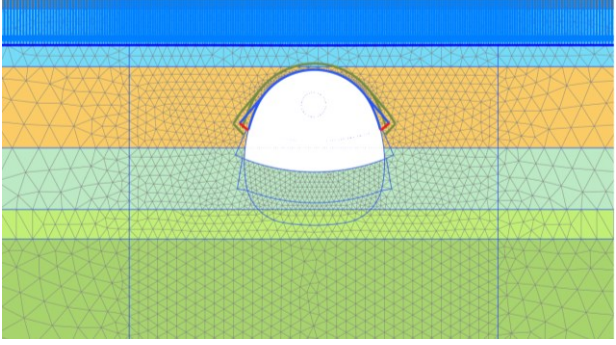
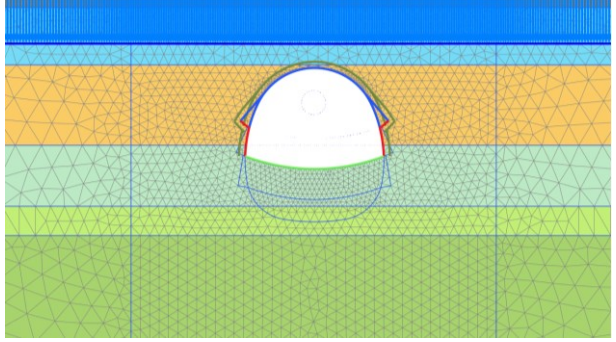
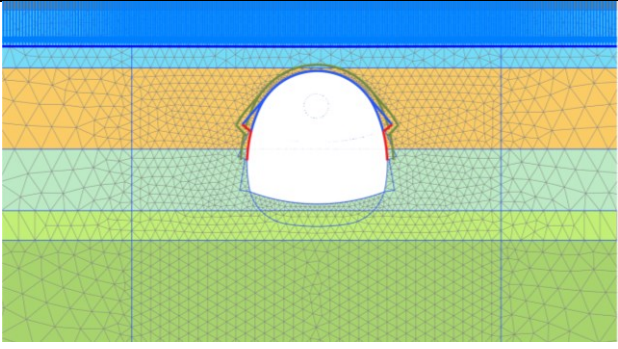
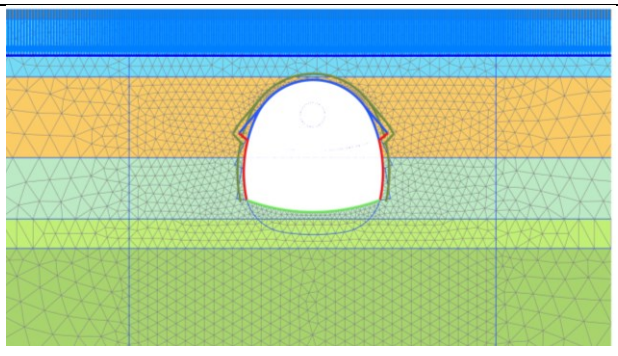
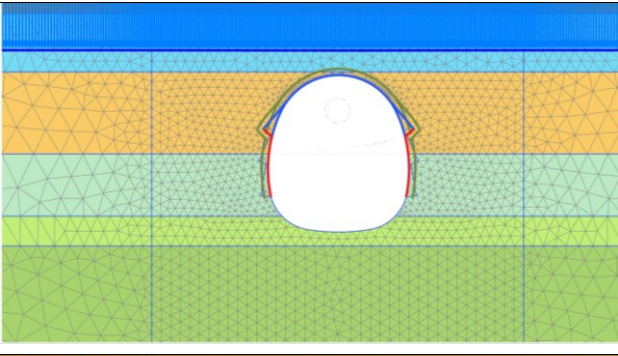
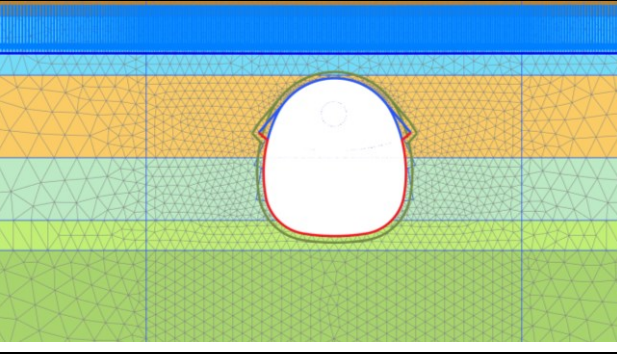
Faseamento construtivo adotado nos modelos 2D	
Avanço da escavação da calote superior	
Instalação do suporte primário e das cambotas metálicas na calote superior	
Avanço da escavação no 1º rebaixo	
Instalação do suporte primário nos hasteais do 1º rebaixo e escavação total do 1º rebaixo	

Tabela 17 - Faseamento construtivo modelado do túnel de ligação (3/3)

<p>Avanço da escavação no 2º rebaixo</p>	
<p>Instalação do suporte primário nos hasteais do 2º rebaixo e escavação total do 2º rebaixo</p>	
<p>Avanço da escavação da soleira</p>	
<p>Instalação do suporte primário da soleira e escavação total da soleira</p>	

## 9.5 Verificações de segurança do suporte primário

### 9.5.1 Descrição geral

Nesta fase de projeto consideraram-se relevantes as verificações da segurança aos estados limites dos elementos estruturais indicados na Tabela 18, 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 18 – Verificações de segurança associadas ao suporte primário

Tipo de verificação	
	Estado limite último de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas
	Estado limite último de resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas
	Estado limite último de resistência em flexão composta das cambotas
	Estado limite último de resistência ao esforço transversal/corte das cambotas
Verificação da Segurança ao Estado Limite de Utilização (ELS)	Deslocamentos e convergências da secção do túnel
	Assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação

### 9.5.2 Estado limite último de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas

Com referido em 9.4 foram desenvolvidos modelos com o objetivo de aferir os esforços aos quais os diversos elementos que constituem o suporte primário do túnel estarão sujeitos durante as várias etapas de construção.

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

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

$$\begin{aligned}\sigma_{1d} &= 1.0 \cdot f_{ctm} \cdot \max \{1.6m - d; 1.0\}_{(f_{ctm} \text{ used})} \\ &= 0.5 \cdot \sigma_{2d} \text{ (} f_{ctm} \text{ not used)} \\ \sigma_{2d} &= \alpha_{sys} \cdot \alpha_{char} \cdot \kappa_h \cdot \alpha_{R1} \cdot f_{R1,m} / \gamma^f_{ct} \\ \sigma_{3d} &= \alpha_{sys} \cdot \alpha_{char} \cdot \kappa_h \cdot \alpha_{R3} \cdot f_{R3,m} / \gamma^f_{ct}\end{aligned}$$

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

Na Figura 11 apresenta-se a aplicação da formulação acima referida na lei constitutiva que relaciona a evolução da tensão no betão reforçado com fibras com a deformação.

#### Concrete

concrete acc. EN 206-1	C30/37		
$f_{ck}$	30	[N/mm <sup>2</sup> ]	(EN 1992-1-1)
$f_{ctm} / f_{ctk,0.05}$	2,9 / 2,0	[N/mm <sup>2</sup> ]	(EN 1992-1-1)
$\alpha_{cc}$	0,85	[-]	
$\eta$	0,95	[-]	

**Reinforcement Concept** Top Reinforcement

#### Fibre Reinforcement

fibre type	Dramix 4D 65/60BG		(EN 14889-1: System '1' - Structural Use)
$f_{R1,m}$	4,30	[N/mm <sup>2</sup> ]	(residual flexural strength at CMOD <sub>1</sub> according to EN 14651)
$f_{R3,m}$	5,29	[N/mm <sup>2</sup> ]	(residual flexural strength at CMOD <sub>3</sub> according to EN 14651)

#### Conventional Reinforcement

yield strength $f_{yk}$	500	[N/mm <sup>2</sup> ]
E-modulus	200.000	[N/mm <sup>2</sup> ]

### Moment Capacity

#### Concrete

$\eta \cdot f_{cd}$	16,2	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\epsilon_{cu}$	3,5	[%]
$\lambda$	0,80	[-]

#### Steel Fibre Reinforcement

$f_{R1,m}$	4,30	[N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{R3,m}$	5,29	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\kappa_{char}$	0,90	[-]
$f_{Rt1,d}$	1,03	[N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{R3,d}$	1,24	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\epsilon_{fu}$	25	[%]

#### Steel Reinforcement

$f_{yd}$	435	[N/mm <sup>2</sup> ]
$E_s$	200000	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\epsilon_{su}$	25	[%]

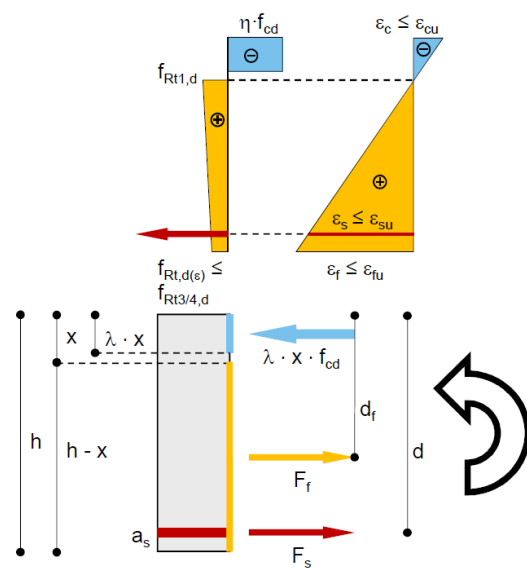


Figura 11 - Parâmetros de modelação da contribuição das fibras metálicas (segundo Bekeart Moment Capacity)



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

Em compressão:

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

Em tração:

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

Em flexão composta:

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

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

Em que:

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

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

$A$  – Área da secção transversal

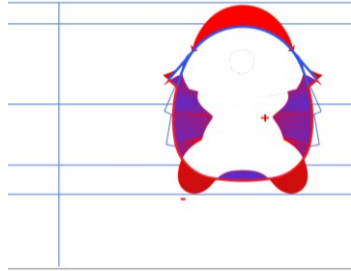
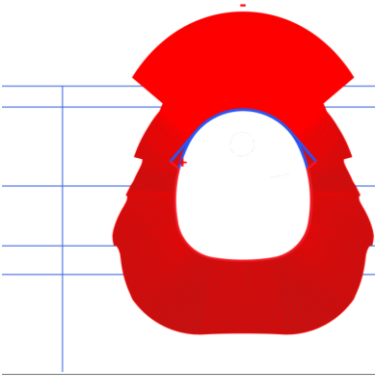
$I$  – Momento de inércia da secção

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

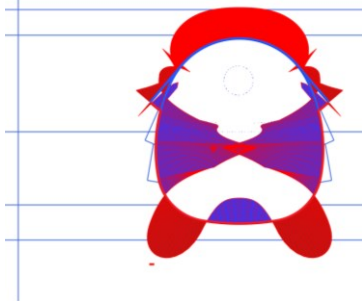
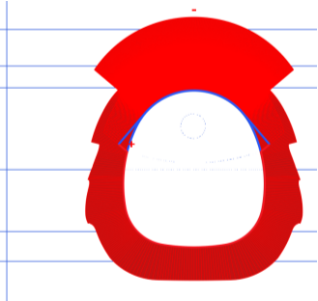
$f_{ctd}$  – Resistência à tração do betão de projeto

Na Tabela 19 apresentam-se as verificações ao ELU de resistência à flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas, para a fase mais condicionante. As imagens ilustrativas dos esforços extraídas do programa de cálculo não se encontram majorados, mas nas verificações de segurança esses valores já se encontram afetados pelo respetivo fator de majoração.

**Tabela 19 - Verificação da resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas (secção 1)**

Secção 1 - 40% descompressão	
 <p>Bending moments M (scaled up 0.0500 times) Maximum value = 64.70 kN m/m (Element 352 at Node 46788) Minimum value = -35.21 kN m/m (Element 395 at Node 20352)</p> <p><math>M_{sd}</math> (kNm/m)</p>	 <p>Axial forces N (scaled up 0.0200 times) Maximum value = 3.618 kN/m (Element 277 at Node 26075) Minimum value = -409.1 kN/m (Element 169 at Node 35485)</p> <p><math>N_{sd}</math> (kN/m)</p>
<p><u>Esforços condicionantes:</u>  <math>M_{sd} = 64.70 \times 1.35 = 87.35</math> kNm  <math>N_{sd}</math> (kN) = 215.64 kN</p> <p><u>Esforço resistente:</u>  <math>M_{rd} = 127.08</math> kNm &gt; 87.35 kNm  <b>verifica</b></p>	

**Tabela 20 - Verificação da resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas (secção 2)**

Secção 2 - 40% descompressão		
 <p><b>Bending moments M (scaled up 0.0500 times)</b> Maximum value = 136.6 kN m/m (Element 345 at Node 50405) Minimum value = -67.74 kN m/m (Element 388 at Node 23982)</p> <p><b>M<sub>sd</sub> (kNm/m)</b></p>	 <p><b>Axial forces N (scaled up 5.00*10<sup>-3</sup> times)</b> Maximum value = 21.32 kN/m (Element 271 at Node 34726) Minimum value = -1185 kN/m (Element 164 at Node 45455)</p> <p><b>N<sub>sd</sub> (kN/m)</b></p>	<p><u>Esforços condicionantes:</u> M<sub>sd</sub> = 136.6 x 1.35 = 184.41 kNm N<sub>sd</sub> (kN) = 552.01 kN</p> <p><u>Esforço resistente:</u> M<sub>rd</sub> = 201.38 kNm &gt; 184.41 kNm <b>verifica</b></p>

### 9.5.3 Estado limite último de resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado

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

Em compressão:

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

Em tração:

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

Para o esforço transversal/corte combinado com esforço axial:

$$V_{Ed} \leq \pm A \times \sqrt{\frac{4 \times f_{cd} \times f_{ctd}}{9}}$$

Em que:

$A$  – Área da secção transversal de betão projetado

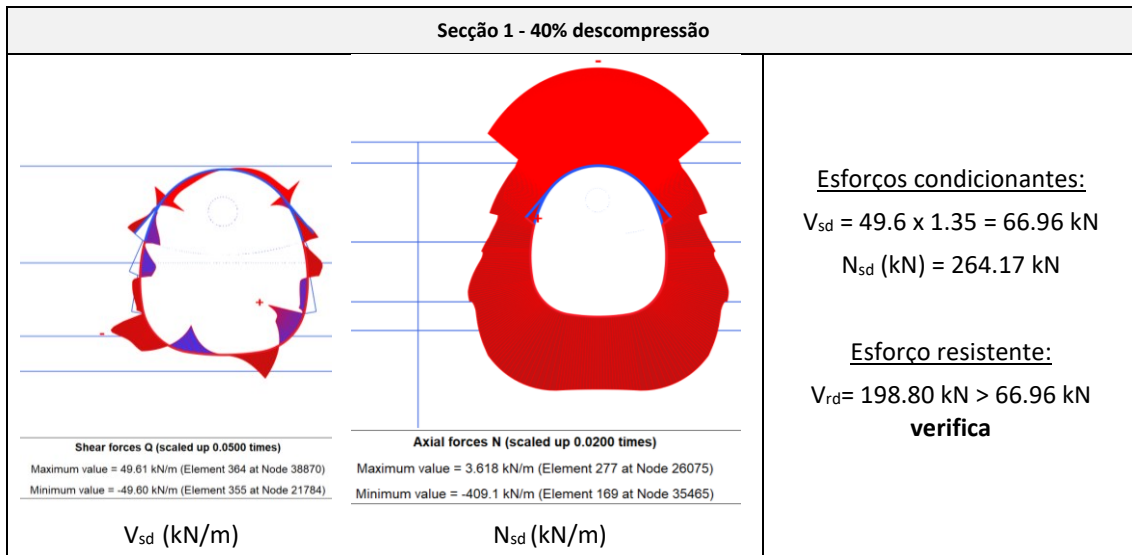
$I$  – Momento de inércia da secção

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

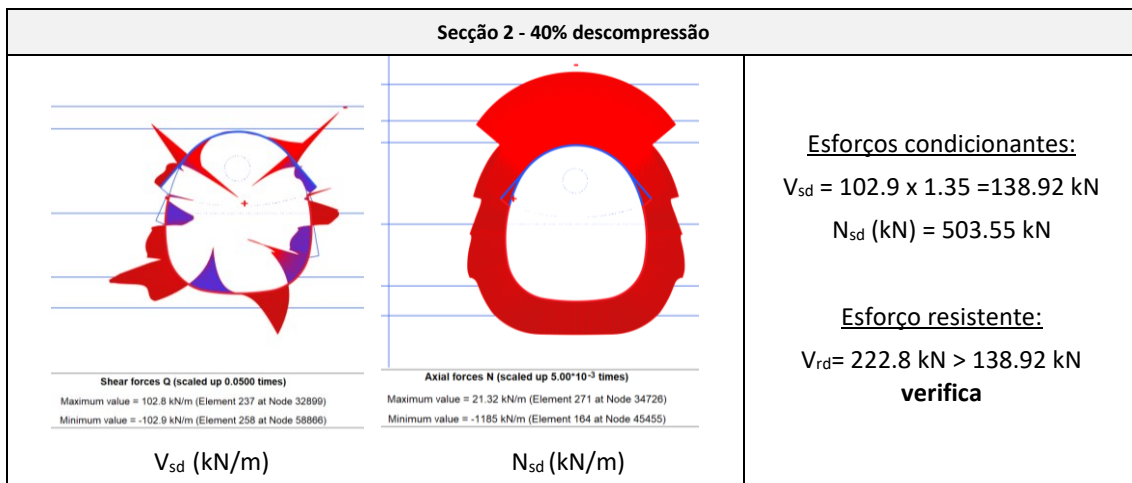
$f_{ctd}$  – Resistência à tração do betão de projeto

Nas figuras seguintes apresentam-se as verificações ao ELU de resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas para a fase condicionante. Os esforços apresentados nos diagramas de verificação encontram-se majorados. As correspondentes imagens ilustrativas dos esforços não-majorados extraídas do programa de cálculo, são também apresentados no mesmo conjunto de tabelas.

**Tabela 21 - Verificação da resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas (secção 1)**



**Tabela 22 - Verificação da resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas (secção 2)**

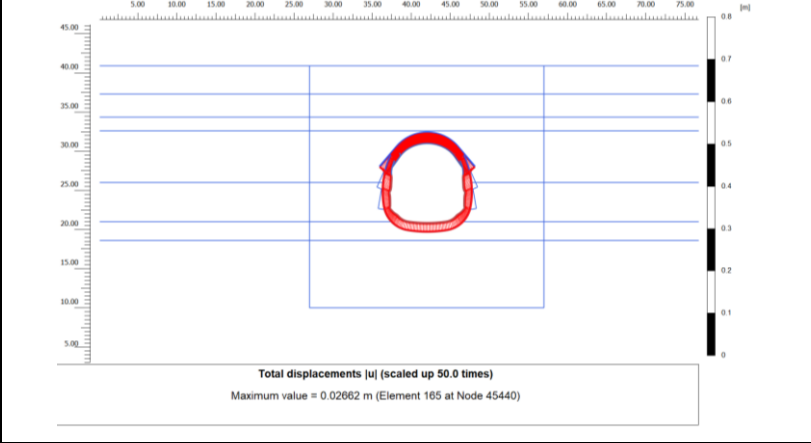
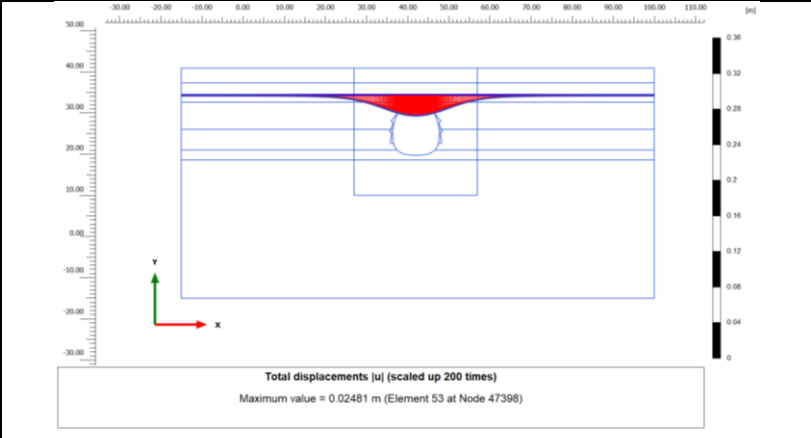


#### 9.5.4 Estado limite de utilização – deslocamentos e convergências da secção do túnel de ligação

A verificação do ELS dos deslocamentos e convergências da secção deverá garantir que a deformação da secção não compromete o espaço disponível para a execução do revestimento definitivo. Nesse sentido, foi estabelecido um limite de deformação de 50mm.

Na Tabela 23 apresentam-se as convergências estimadas para a secção de cálculo.

**Tabela 23 – Deformações estimadas para o túnel da OE2 e do túnel do Marquês**

	<p><b>DESLOCAMENTO MÁXIMO</b></p> <p><math>\delta_{TOTAL} = 27 \text{ mm}</math></p> <p><math>\delta_{MÁXIMO} = 50 \text{ mm}</math></p> <p><math>\delta_{TOTAL} &lt; \delta_{MÁXIMO}</math></p> <p><b>O.K.</b></p>
	<p><b>DESLOCAMENTO MÁXIMO</b></p> <p><math>\delta_{TOTAL} = 25 \text{ mm}</math></p> <p>(Nota: a avaliação de danos da estrutura do túnel do Marquês é analisada em volume próprio deste Projeto - Tomo 1 – Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha)</p>

## 10 PROJETO DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS

### 10.1 Critérios de verificação da segurança

#### 10.1.1 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 às 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.

### 10.1.2 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.

### 10.1.3 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.

## 10.2 Ações

Foram consideradas no dimensionamento das estruturas as ações regulamentares bem como as ações definidas no Normativo do Metropolitano de Lisboa.

### 10.2.1 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  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ ;
- 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 20°C;

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:  $\alpha = 10 \times 10^{-6}$ .

- Impulso de Terras (It) – Foram considerados os impulsos de terreno, calculados tendo em conta as características geomecânicas dos maciços interessados (de acordo com o zonamento geotécnico apresentado nas peças desenhadas);
- Impulso Hidrostático (Iw) – Considera-se a existência de água e conseqüentemente a ação do impulso hidrostático à cota +85.0, ou seja, cerca de 2,00m acima do P.B.V. Para a determinação dos impulsos hidrostático considerou-se um peso específico da água de  $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$ .

### 10.2.2 Ações variáveis

As ações variáveis consideradas na análise foram as seguintes:

- Sobrecarga de tráfego – (SC\_Traf);
- Sobrecarga de terraplano – (SC\_Terr) – Foi considerada uma sobrecarga de 10 kN/m<sup>2</sup> para a determinação dos impulsos de terras;
- 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);
- Sobrecarga Geral (pisos-corrente) – (SC\_GER);

#### Zona 1 – Espaços de circulação e permanência do público

De acordo com a NP EN 1991-1-1:2009, para utilizações de categoria C3 (locais de reunião definidos por zonas sem obstáculo para a movimentação de pessoas; por exemplo, em museus salas de exposição, etc. e em acessos de edifícios públicos e administrativos, hotéis, hospitais, e em átrios de entrada de estações do comboios) o valor da sobrecarga adotado é de 5,0kN/m<sup>2</sup>.

#### SC<sub>Zona 1</sub> = 5,0 kN/m<sup>2</sup>

- 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 ( $\Delta t_u + \Delta t_d$ );
- Levantamento de Estruturas – para transferência de cargas (LEV);
- Ações vibratórias externas.

### 10.2.3 Ação sísmica

O efeito do sismo nas estruturas enterradas (túneis, poços 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 espectro 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 espectro 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 simplificada 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.

## 10.2.4 Ações acidentais

### 10.2.4.1 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.

## 10.2.5 Movimentos das fundações

Na verificação da segurança associada às componentes do movimento das fundações dos edifícios e infraestruturas adjacentes, em particular as respeitantes aos assentamentos totais e relativos (diferenciais) e ainda às rotações relativas das fundações, foram seguidas as disposições prescritas na NP EN 1997-1. O estudo encontra-se desenvolvido em projeto específico, apresentado no Tomo II – Geral, Volume 13 – Interferências ao longo da linha, do presente Projeto.

## 10.3 Combinações de ações

### 10.3.1 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:

#### 10.3.1.1 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.

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

$\gamma_Q$  – 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;

$\psi_o$  – Valor reduzido da ação variável  $i$ .

### 10.3.1.2 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).

### 10.3.1.3 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;

$\psi_2$  – Valor reduzido da ação variável  $j$ .

## 10.3.2 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:

### 10.3.2.1 Combinação rara de ações:

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

### 10.3.2.2 Combinação frequente:

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

### 10.3.2.3 Combinação quase permanente:

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

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.

$\psi_1$  e  $\psi_2$  – Valores reduzidos da ação variável  $j$ .

## 10.4 Metodologia de cálculo

O dimensionamento do revestimento definitivo do túnel foi realizado com recurso a um programa de cálculo automático de elementos finitos, o SAP2000.

O modelo desenvolvido segue o método das reações hiperestáticas, sendo que a interação solo-estrutura foi considerada através de molas com comportamento elástico perfeitamente plástico, permitindo compressões sem limite assinalável, mas não permitindo trações, tendo-se recorrido a análises fisicamente não-lineares para a obtenção dos esforços devidos aos carregamentos regulamentares.

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.

Os elementos interiores do túnel de ligação (lajes e pilares) foram analisados com base em modelos simplificados, recorrendo, para tal, aos conceitos associados à teoria das peças lineares.

### 10.4.1 Modelo de cálculo

O revestimento definitivo foi modelado segundo a sua linha média com elementos de barra. O módulo de reação ( $k$ ) dos apoios elásticos foi estimado a partir do módulo de deformabilidade ( $E$ ) e do coeficiente de Poisson ( $\nu$ ) dos complexos geomecânicos interessados, de acordo com a seguinte expressão:

$$k = \frac{E}{R(1 + \nu)}$$

em que  $R$  representa o raio do revestimento definitivo.

Na Figura 12 apresenta-se o modelo de cálculo desenvolvido no SAP2000.

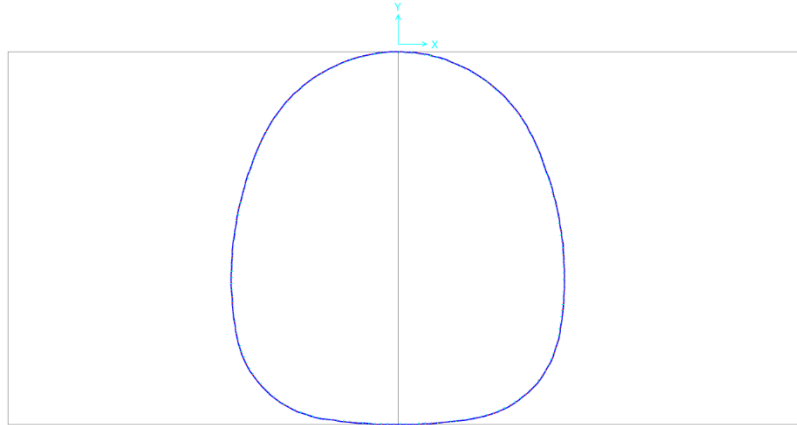


Figura 12 - Modelo de cálculo desenvolvido no SAP2000

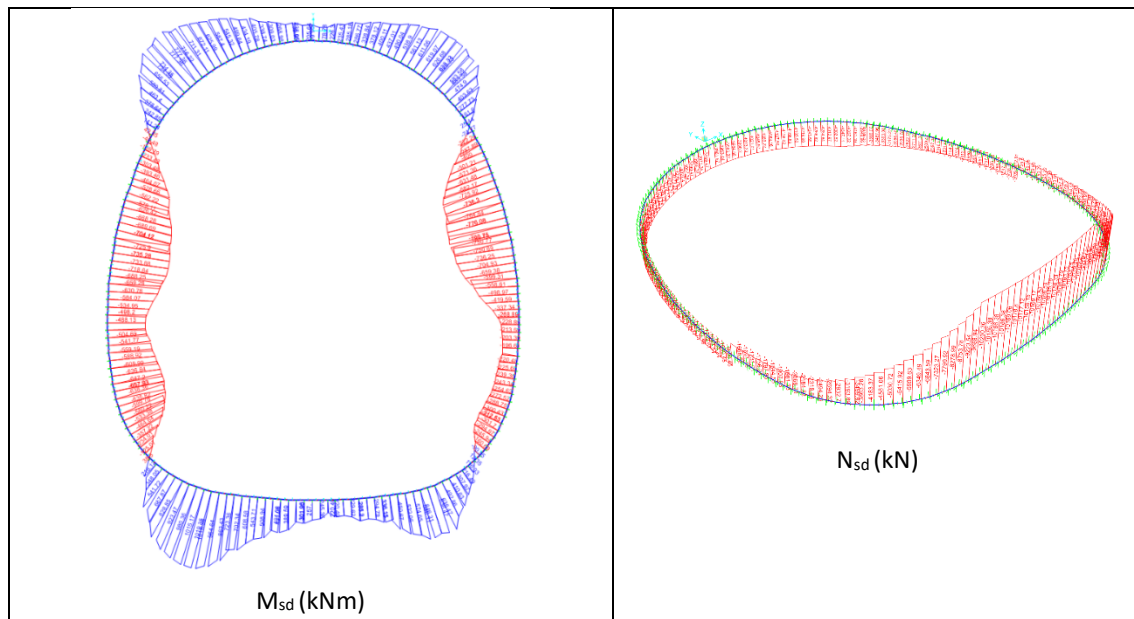
## 10.5 Verificações de segurança das estruturas definitivas

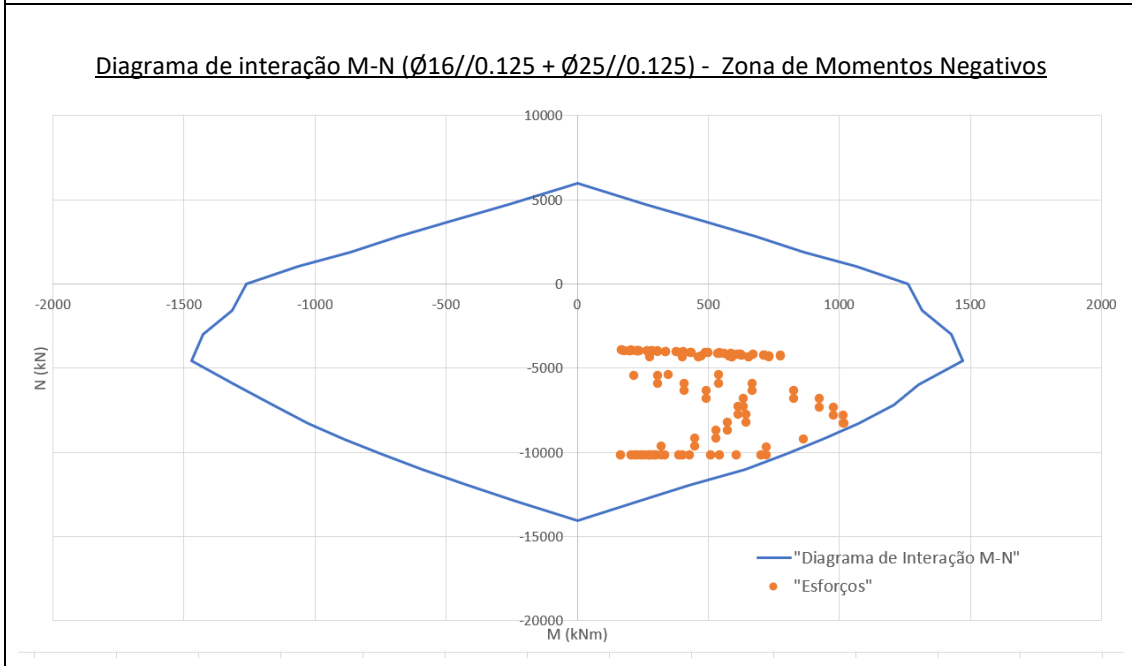
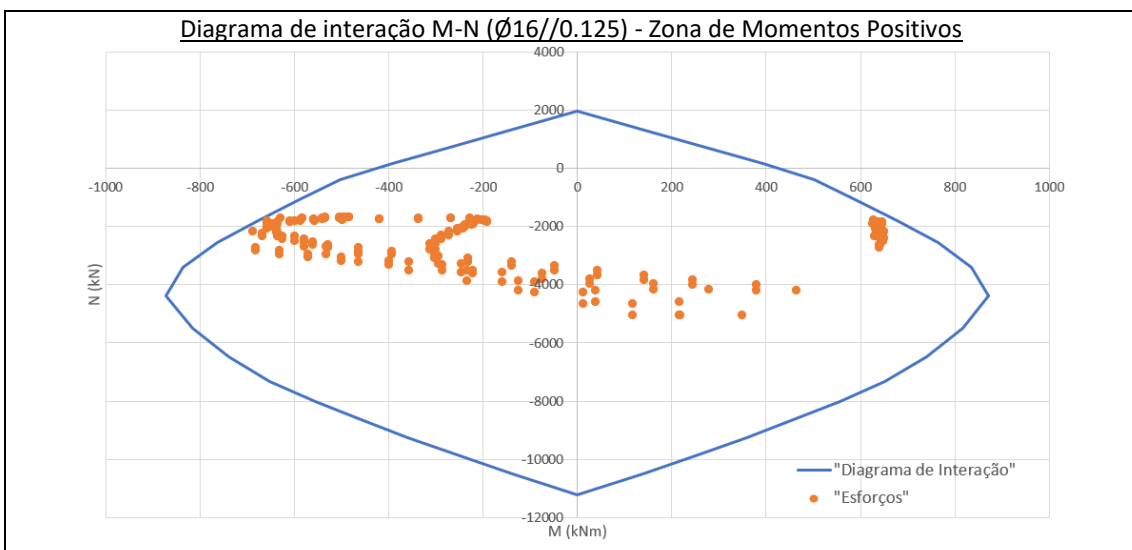
Nos pontos seguintes são apresentados os resultados dos cálculos efetuados, bem como a verificação da segurança em relação aos estados limites últimos de resistência e em relação ao estado limite de abertura de fendas.

### 10.5.1 Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites Últimos (ELU)

De seguida apresentam-se as verificações da segurança em relação aos estados limites últimos de flexão composta e de esforço transversal. Para fins de dimensionamento, apresenta-se apenas os resultados dos cenários que se mostraram mais desfavoráveis.

Tabela 24 – Verificação da resistência à flexão composta do revestimento definitivo do túnel de ligação





**Tabela 25 – Verificação da resistência à flexão das vigas definitivas**

Vigas transversais													
$P_{sd} = 109,50 \text{ kN}$													
$M_{sd} = 1235,87 \text{ kNm}$													
<u>Verificação da viga transversal à flexão</u>													
Med [kNm/m]	b [m]	h [m]	d [m]	$\mu$	$\omega$	k	As [cm <sup>2</sup> ]	As,min [cm <sup>2</sup> /m]	As,adoptado [cm <sup>2</sup> ]	$\omega$	$\mu$	Mrd (kNm)	
1234,87	0,50	0,90	0,85	0,17	0,19	0,23	37,83	4,42	8ø25	39,27	0,20	0,18	1275,46

## 10.6 Disposições construtivas

### 10.6.1 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 o comportamento das zonas da estrutura.

### 10.6.2 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;
- Inclínómetro;
- Piezómetro tipo casagrande (a executar no âmbito da obra);
- Fissurómetro (edifícios);
- Prisma de convergência;
- Sismógrafo (edifícios);
- Tiltímetro (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 exepetável, 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.

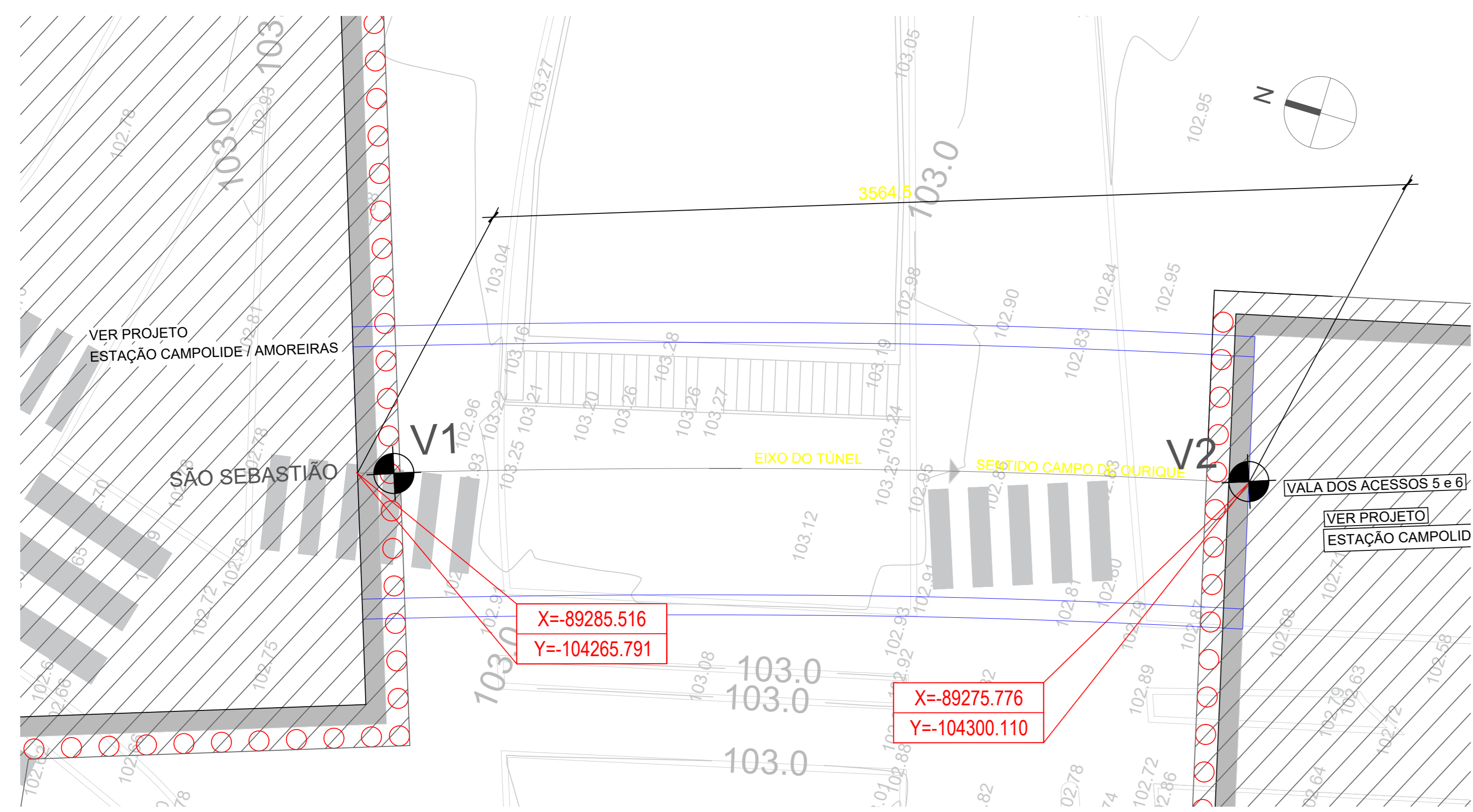
## 12 AVALIAÇÃO DE DANOS

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 Tomo 2 – Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha.

Registo e Controlo de Alterações

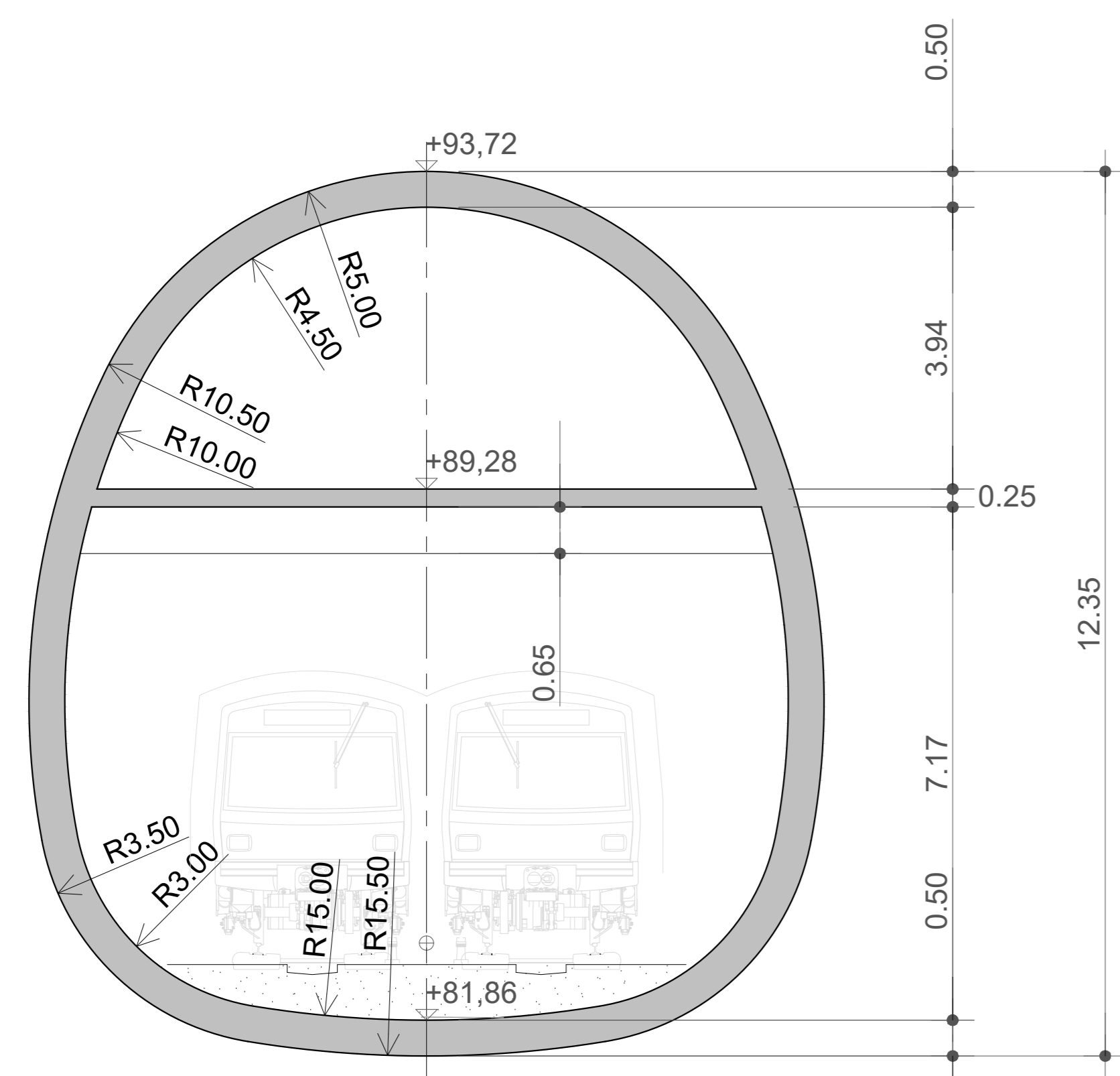
Revisão	Data	Descrição
0	2023-09-27	Emissão inicial



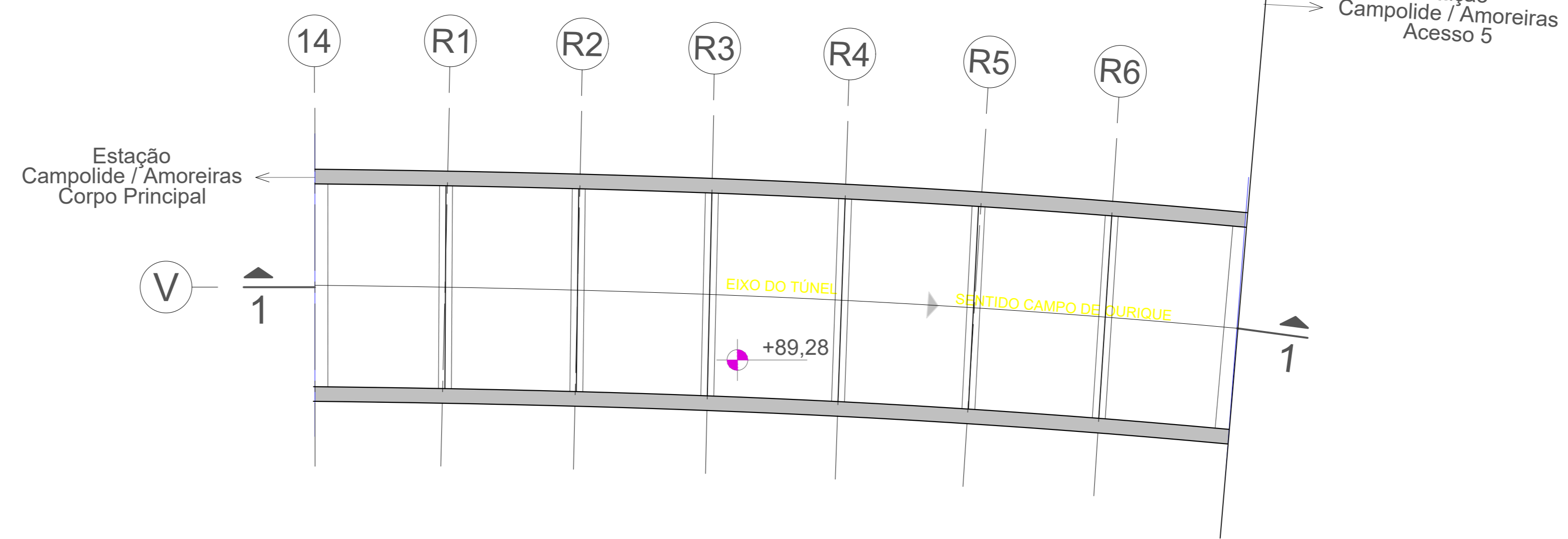


**Implantação**  
A1=1:500 / A3=1:1000

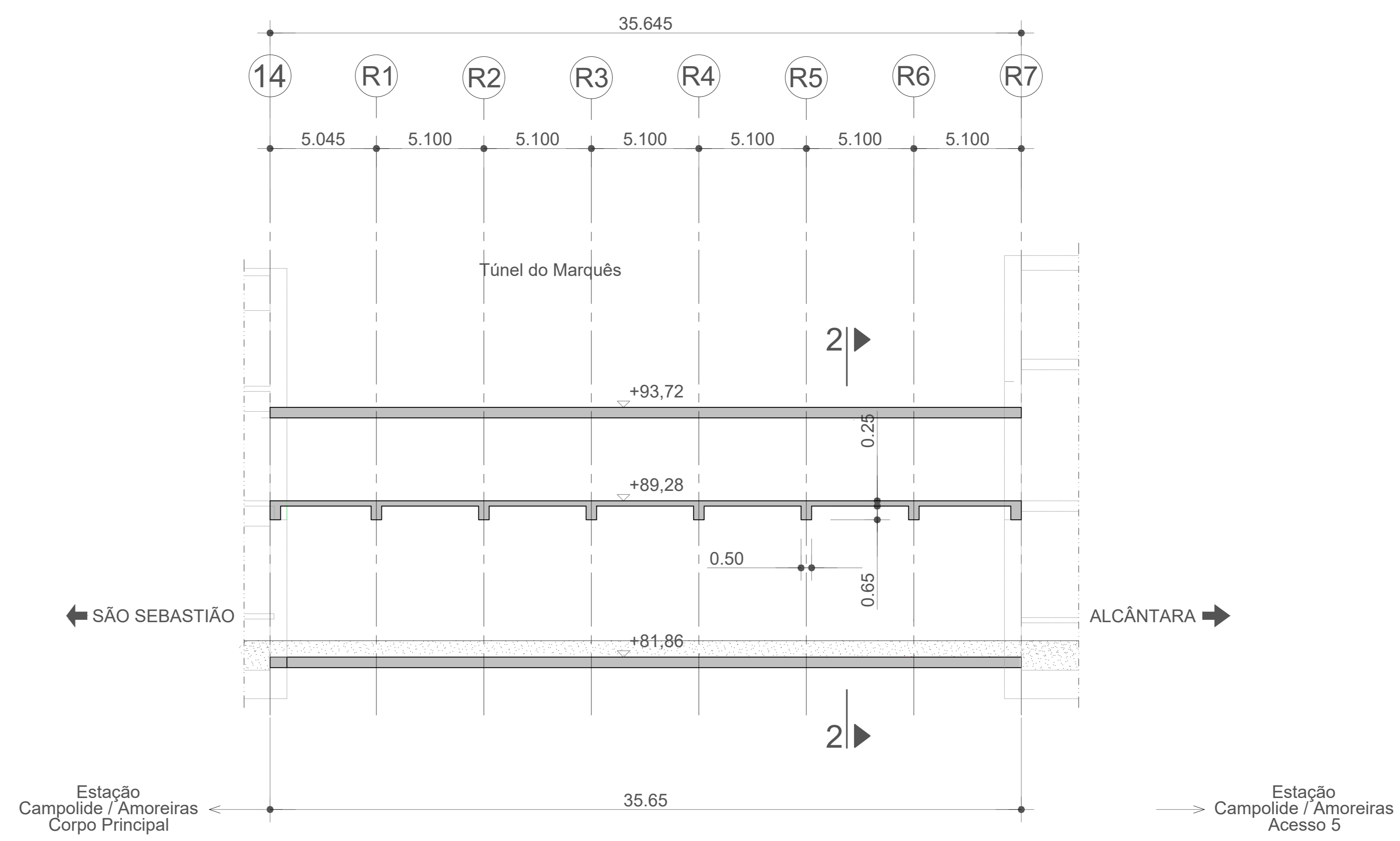
	Km	M	P
V1	0+694.221	-89285.516	-104265.791
V2	0+729.866	-89275.776	-104300.110



**Corte 2-2**  
A1=1:100 / A3=1:200



**Planta Nivel +89,28**  
A1=1:200 / A3=1:400



**Corte 1-1 (Planificado)**  
A1=1:200 / A3=1:400

CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS (BETÃO ARMADO CARATERIZADO CONFORME NP EN 206:2017+A2:2021 E EN 10080:2005) (AÇO EM ESTRUTURAS METÁLICAS CARATERIZADO CONFORME EN 10025-2:2021)						
Materiais	Localização	Classe de Resistência	Classe Exposição	Classe Teor de Cloretos	D max (mm)	Classe de Consistência
BETÃO <i>in situ</i>	Regularização	C12/15	X0	CL 1.00	≤ 25	S3
	Estrutura interior em ambiente seco (lajes, vigas, pilares, escadas e paredes)	C30/37	XC1	CL 0.40	Dinf=20 Daup=25	S4
	Estrutura interior em zonas húmidas - zonas com sanitários (lajes, vigas, pilares, escadas e paredes)	C30/37	XC3	CL 0.40	Dinf=20 Daup=25	S4
	Estrutura Exterior (revestimento definitivo das galerias, paredes de contenção periférica, laje de fundo do poço principal, laje de cobertura e elementos expostos à intempérie)	C30/37	XC4	CL 0.40	≤ 25	S3
	Enchimento (sub-cais)	C20/25	XC0	CL 1.00	≤ 25	S3
AÇO em varão	Armaduras Ordinárias	A500NR SD	-	-	-	-
	Malha eletrossoldada	A500 EL	-	-	-	-
AÇO (*) em chapas, perfis, barras e anilhas	Estruturas metálicas	S355 JR	-	-	-	-
	Parafusos/Pernos	CLASSE 8.8/10.9	-	-	-	-
	Porcas	CLASSE 8/10	-	-	-	-

As classes dos betões estão em conformidade com a vida útil de projeto de 100 anos. As estruturas de betão armado integram-se na classe de execução EXC3.

(\*) - Classe de execução das estruturas de aço deve ser EXC4, de acordo com a norma EN1090-2.

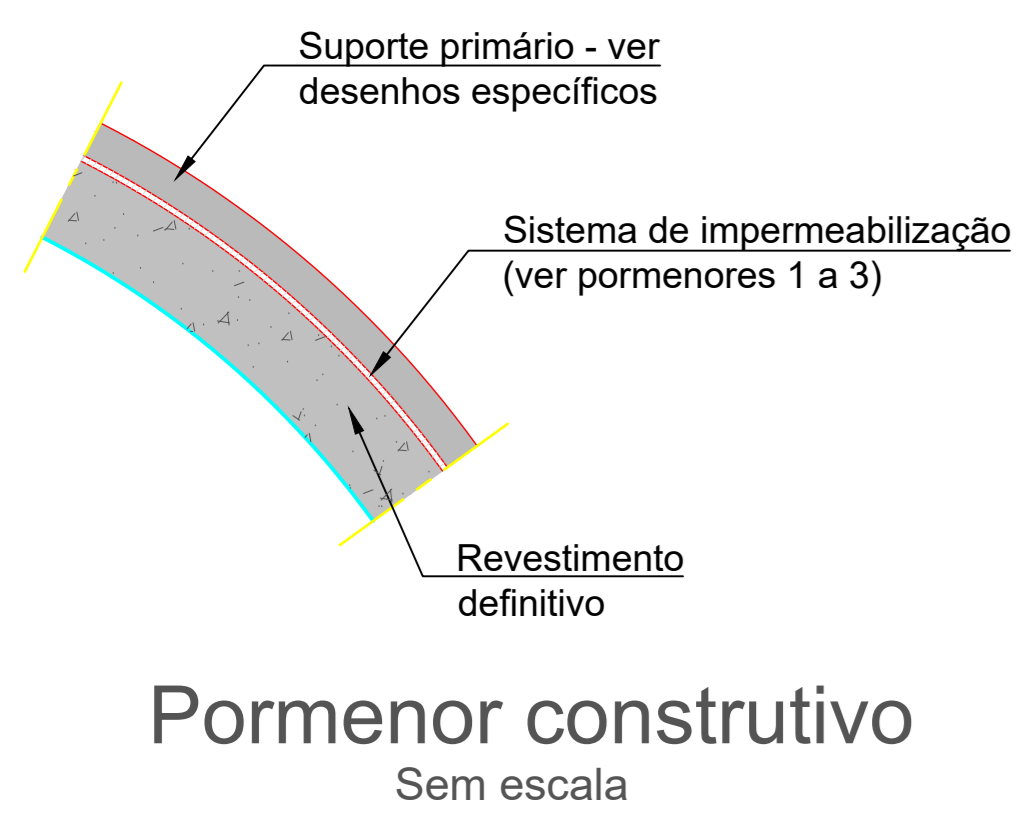
RECOBRIMENTOS NOMINAIS (**)		
ACORDO COM EXIGÊNCIAS DE RESISTÊNCIA AO FOGO E DURABILIDADE DOS MATERIAIS	ELEMENTO	RECOBRIMENTO NOMINAL
VIDA ÚTIL CONSIDERADA: 100 ANOS ESTABILIDADE AO FOGO: R120	Lajes elevadas e escadas	40 mm
	Pilares e Vigas	45 mm
	Revestimento definitivo das galerias	45 mm

(\*\*) - Recobrimento mínimo + Margem de cálculo para as tolerâncias de execução = Recobrimento nominal.  
- Em elementos inferiores a 0.25 m o recobrimento é reduzido em 0.05 m, devendo ser garantidos os recobrimentos mínimos definidos na EN 10080.

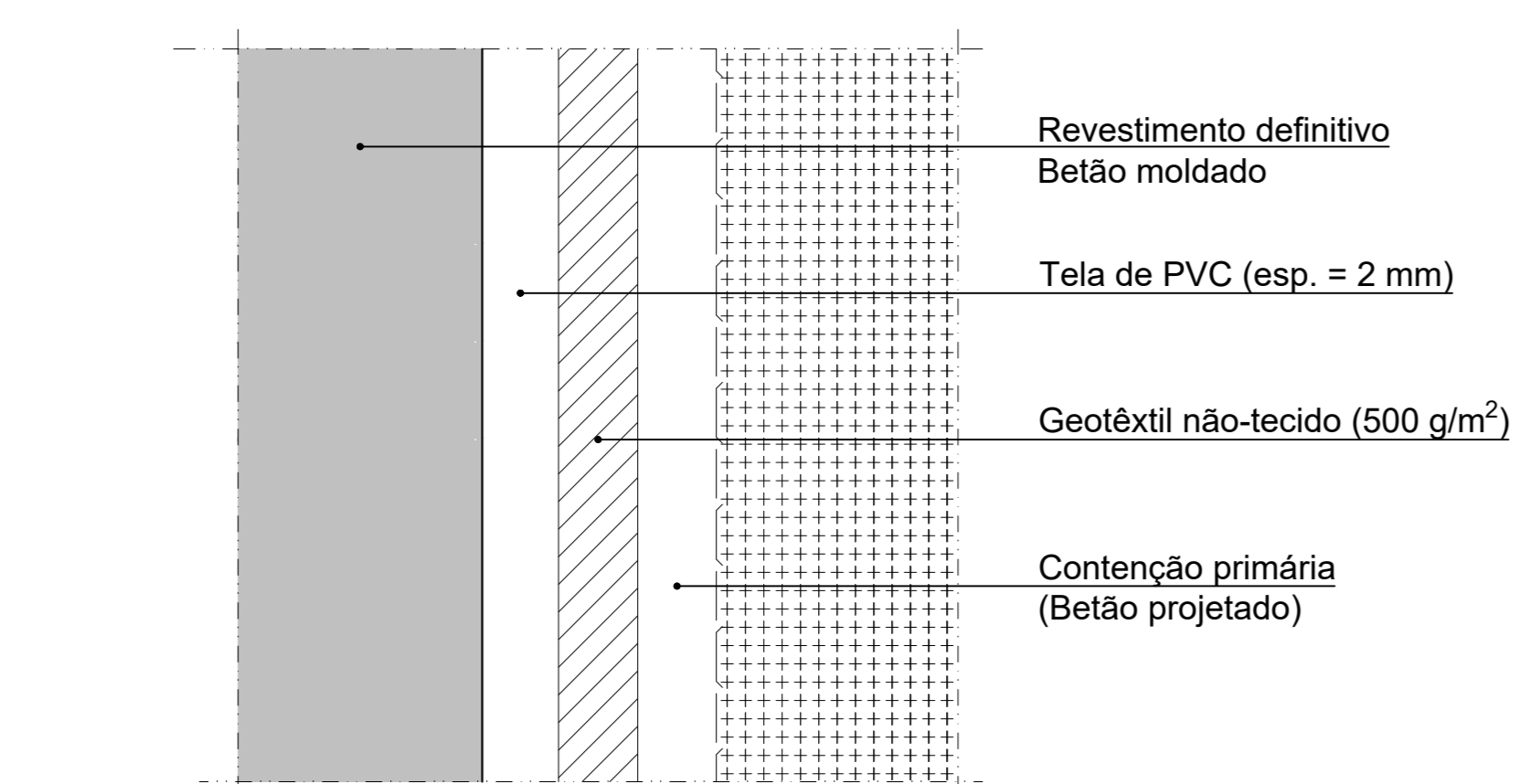
COMPRIMENTO DE AMARRAÇÃO l <sub>bd</sub> DE ARMADURAS LONGITUDINAIS ORDINÁRIAS EN 1992-1-1 (2010)														
CLASSE DE BETÃO	DIÂMETRO DOS VARÕES [cm]													
	Ø8		Ø10		Ø12		Ø16		Ø20		Ø25		Ø32	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
C 25/30	35	45	40	60	50	70	65	95	80	115	100	145	130	185
C 30/37	30	40	35	50	45	60	60	80	70	105	90	130	115	165

CONDIÇÕES DE ADERÊNCIA: B - VARÕES SUPERIORES DE LAJES COM ESPESSURA >0.25 m  
A - OUTROS VARÕES (BOA ADERÊNCIA)

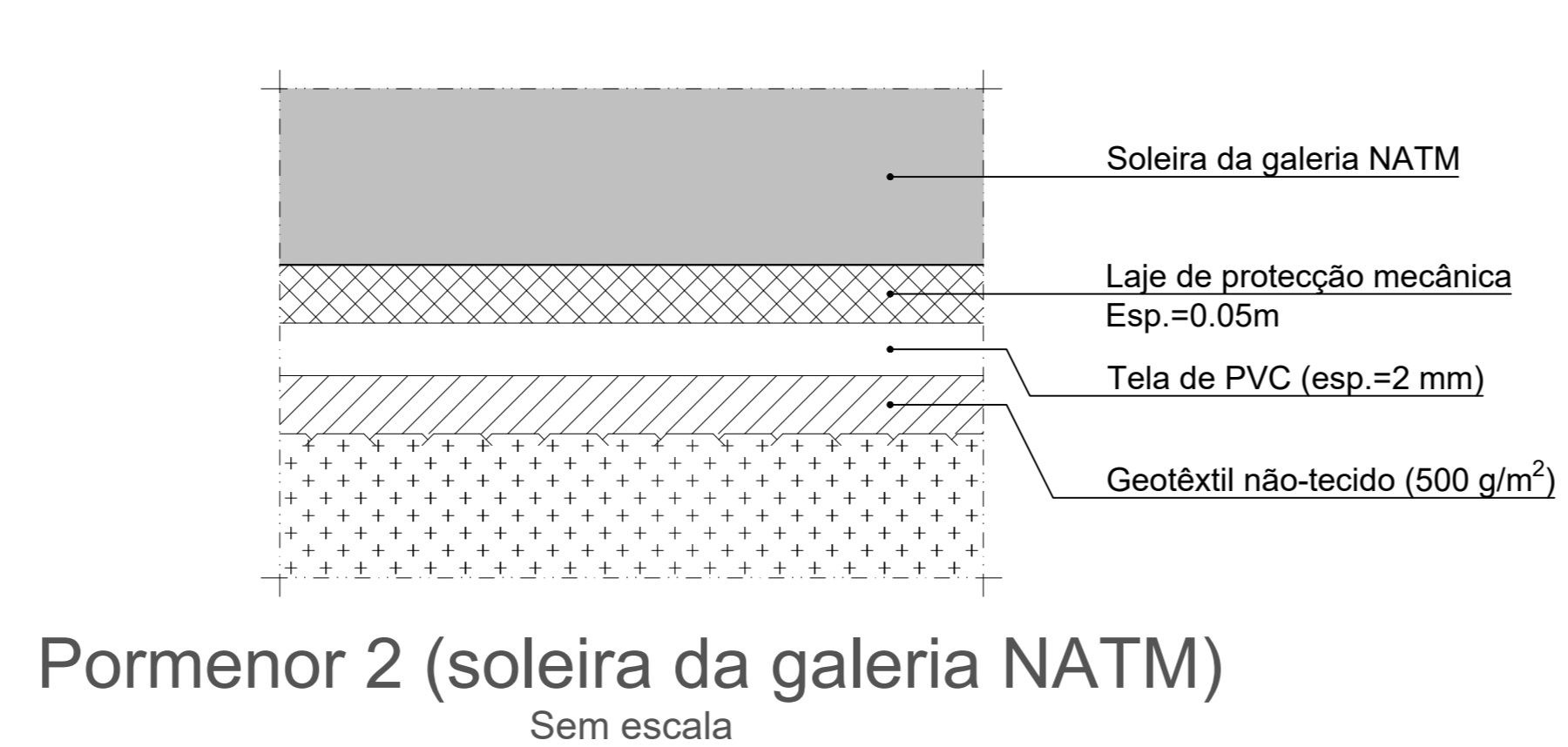
DIÂMETRO DE DOBRAGEM [mm]	Ø8	Ø10	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25	Ø32
	32	40	48	64	140	175	224



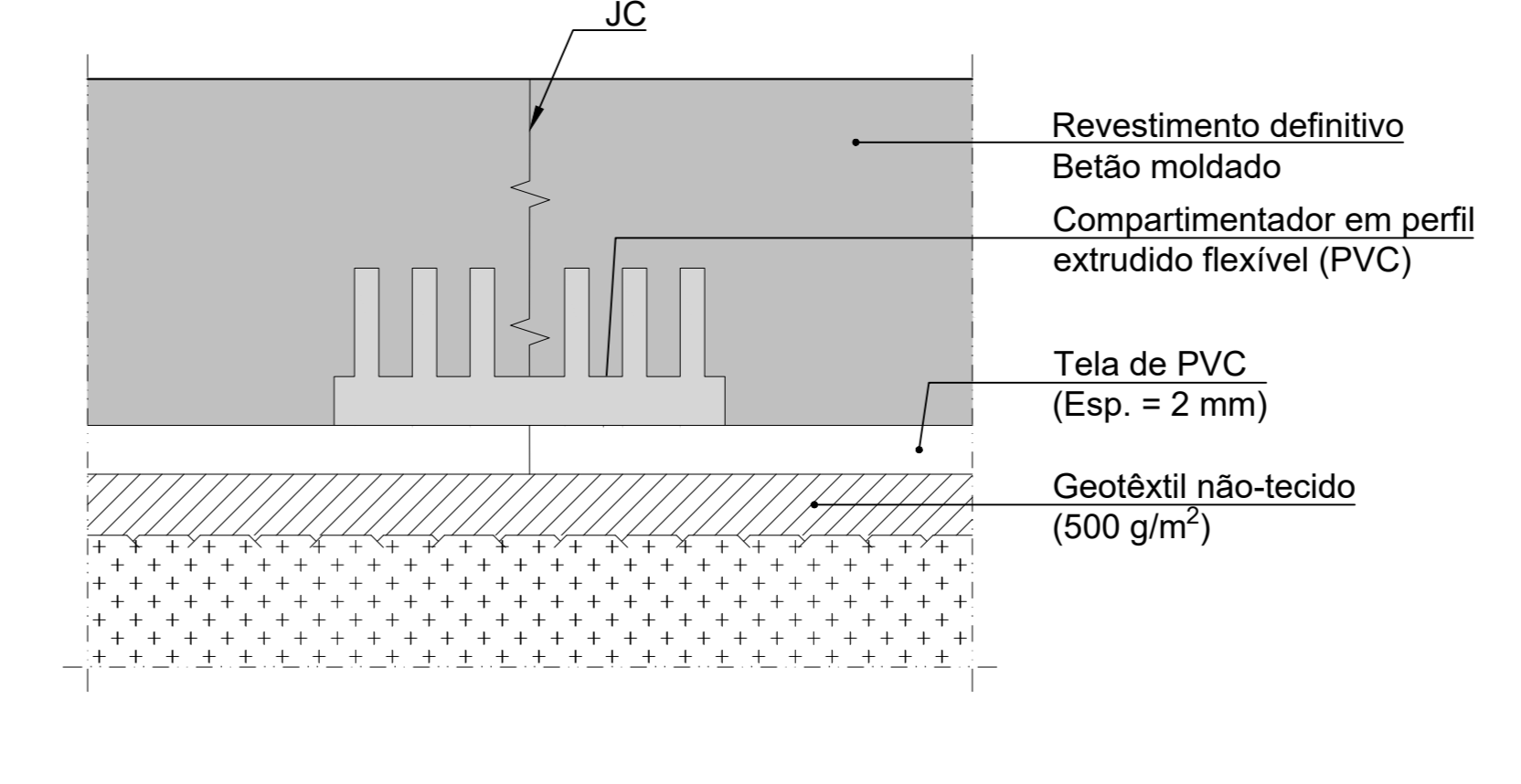
**Pormenor construtivo**  
Sem escala



**Pormenor 1 (hasteais e abóbada)**  
Sem escala



**Pormenor 2 (soleira da galeria NATM)**  
Sem escala



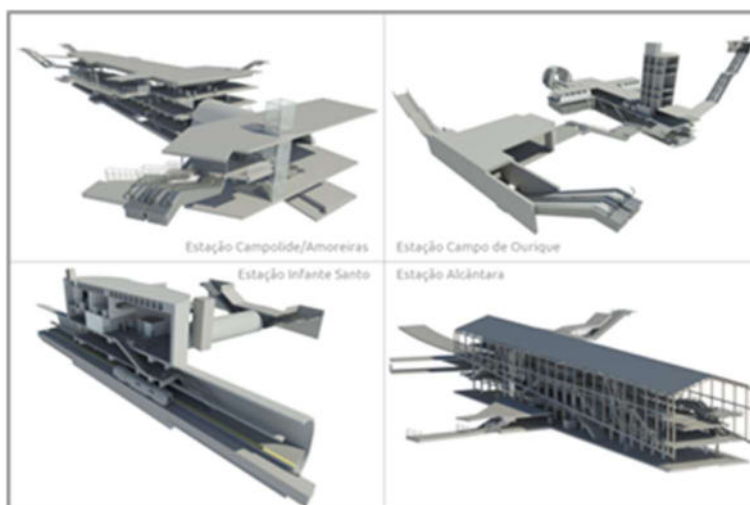
Sem escala

ALTERAÇÕES			
Nº	EMISSÃO INICIAL	DATA	DES. VERIF.
0	EMISSÃO INICIAL	04/10/2024	AS RT

<b>PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA</b> S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA PROJETO DE EXECUÇÃO		
Estruturas OBRA ESPECIAL OE2 - PASSAGEM SOB O TÚNEL DO MARQUÊS DIMENSIONAMENTO GERAL IMPLANTAÇÃO E DIMENSIONAMENTO		

Aprov. RP Verif. RT Proj. AS, AH, CM, PM Des. AS	04/10/2024 04/10/2024 04/10/2024 04/10/2024	Identificação Empresa Projeção: COBA / JET S2 / JLCM / TALPROJECTO	Escalas: 1/100	Versão 1 / 1
---	--	---	-------------------	-----------------

**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 2 – OE2 – OBRA ESPECIAL 2 – PASSAGEM SOB O TÚNEL**  
**DO MARQUÊS**  
**MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA**

<b>Documento SAP:</b>	LVSSA MSA PE AGI TUN OE2 MD 098001 0
-----------------------	--------------------------------------

	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
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.....	5
3.6	Critérios de Dimensionamento.....	6
3.6.1	Dispositivos de consumo .....	6
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**, 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 n.º 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.º 153/95 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 Anteprojecto do projeto de Segurança contra Incêndios;
- O Anteprojecto 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.

### 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 conta o troço mais condicionante para adução. Para além da alimentação aos dispositivos 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<sup>3</sup>/s)

A -  $\pi \cdot D^2/4$  (m<sup>2</sup>)

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

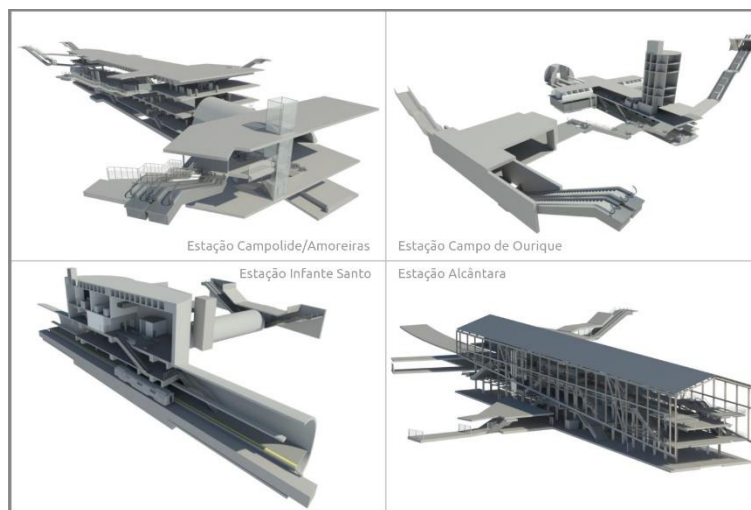
Estações / Poços de ventilação	Pressão disponível na rede de abastecimento (m)	Cota do Terreno (m)	Cota da Via (projeto) (m)	Profundidade (m)	Pressão na coluna seca (m)
OE1	45	110	84.67	25.75	70.33
Estação de Campolide / Amoreiras	45	103	82.94	19.86	65.06
PV 211	45	100	76.16	25.90	68.84
Estação Campo 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.





**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 2 – OBRA ESPECIAL 2 – PASSAGEM SOB O**  
**TÚNEL DO MARQUÊS**  
**TELECOMUNICAÇÕES**  
**MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA**

<b>Documento SAP:</b>	LVSSA MSA PE TLM TUN OE2 MD 118001 0
-----------------------	--------------------------------------

	<b>Nome</b>	<b>Assinatura</b>	<b>Data</b>
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 .....	5
2	OBJETIVO E ÂMBITO.....	6
3	NORMAS.....	6
4	TELEFONES ML E SISTEMA DECT .....	6
4.1	Introdução .....	6
4.2	Especificação Funcional do Sistema .....	7
4.3	Arquitectura do Sistema .....	8
5	SISTEMA DE SUPERVISÃO DE INSTALAÇÕES TÉCNICAS - SSIT .....	9
5.1	Introdução .....	9
5.2	Especificação Funcional do Sistema .....	9
5.3	Arquitectura do Sistema .....	10
6	SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETEÇÃO DE INCÊNDIO - SADI.....	11
6.1	Introdução .....	11
6.2	Especificação Funcional do Sistema .....	12
6.3	Arquitectura do Sistema .....	13
7	CITV .....	14
7.1	Introdução .....	14
7.2	Especificação Funcional do Sistema .....	15
7.3	Arquitectura do Sistema .....	16
8	CABOS PRINCIPAIS.....	18
8.1	Introdução .....	18
8.2	Especificação Funcional do Sistema .....	18
8.3	Arquitectura do Sistema .....	18

9	CABO RADIANTE .....	18
9.1	Introdução .....	18
9.2	Especificação Funcional do Sistema .....	19
9.3	Arquitectura do Sistema .....	19
10	REQUISITOS TÉCNICOS .....	20
11	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	21

## 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 Detecção 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 terminos
- 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 quincêncio. Nos cais de manobra dos terminos, 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 e 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:

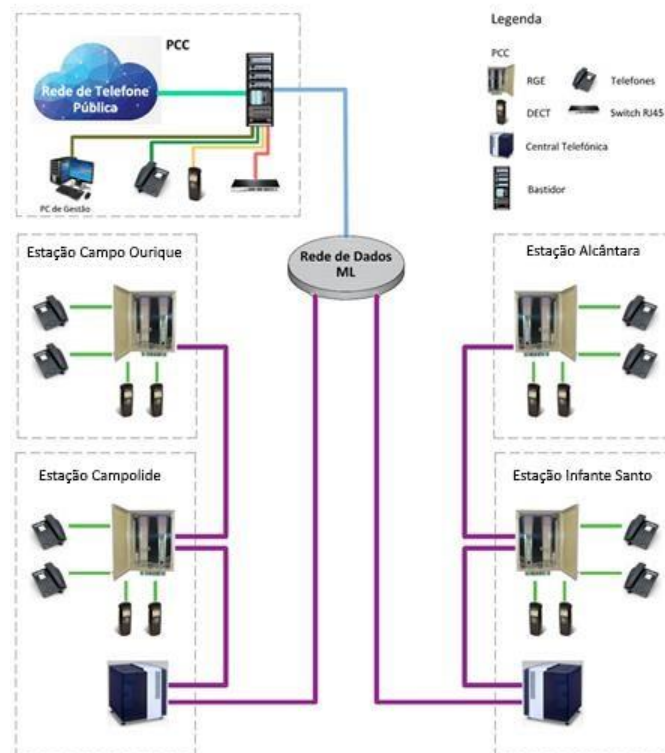


Figura 1 – Diagrama do Sistema de Telefones ML e DECT

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:

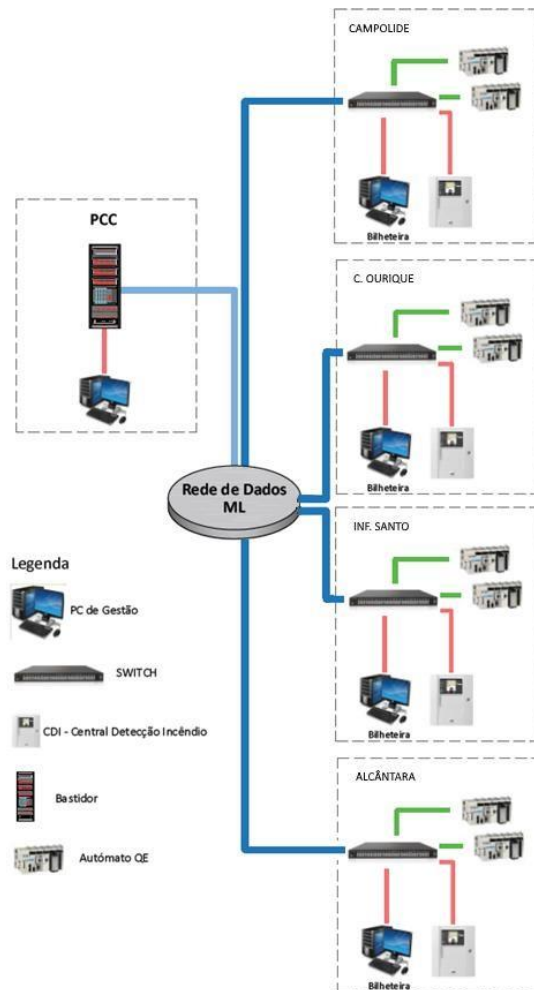


Figura 2 – Diagrama do Sistema de Supervisão de Instalações Técnicas

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 túneis, 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 Detecção);
- Detetores (escolhidos em função do local a proteger);
- Botões de Alarme;
- Sirenes;
- Painel Repetidor;
- Indicadores de Ação / Sinalizadores de Alarme;

A arquitetura proposta para o sistema nas novas estações é a seguinte:

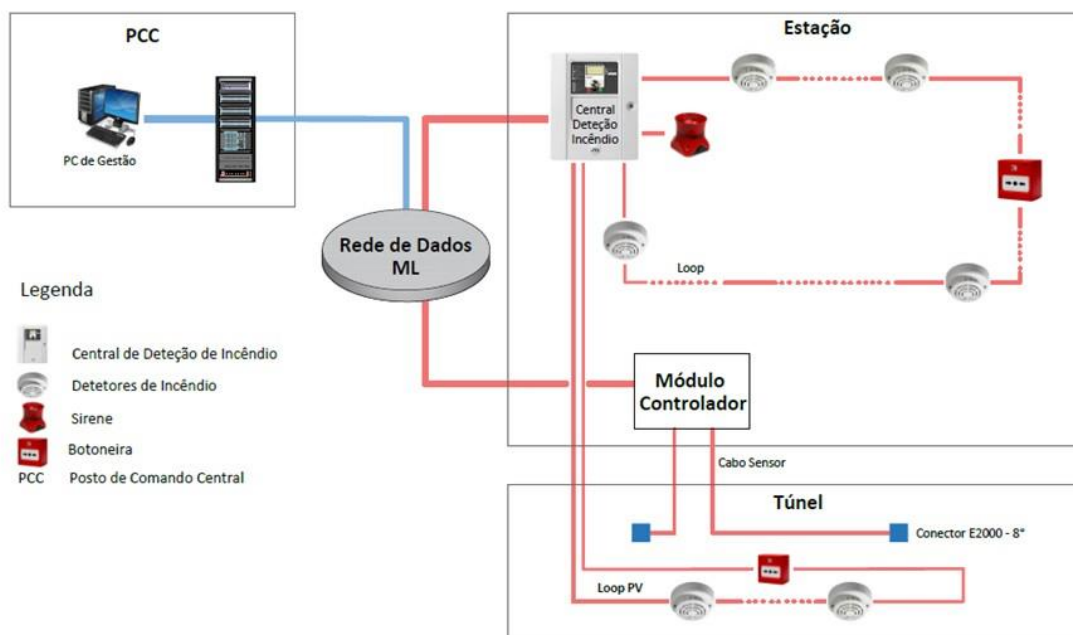
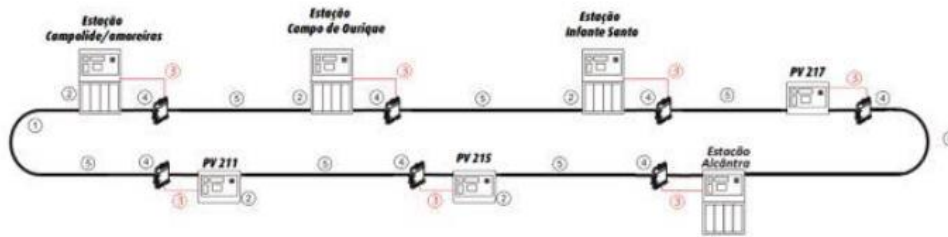


Figura 3 – Diagrama do Sistema de Automático de Detecção de Incêndio





**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:**

- Distância 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 conseqüente 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:

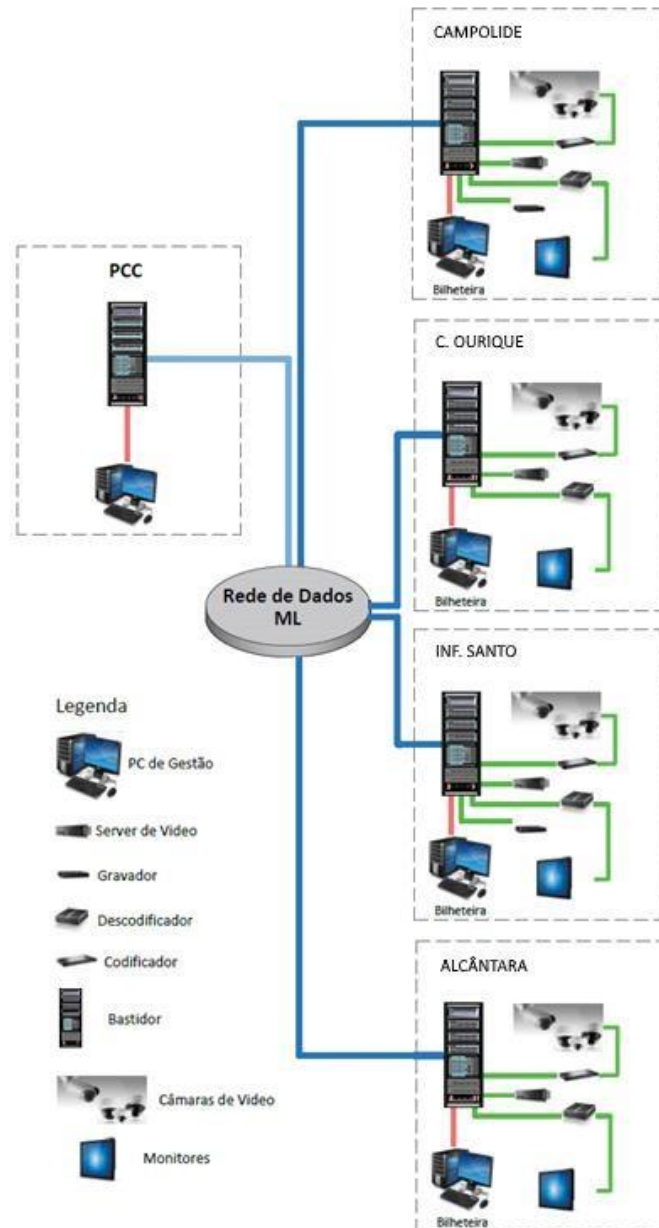


Figura 5 – Diagrama do Sistema CITV

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:

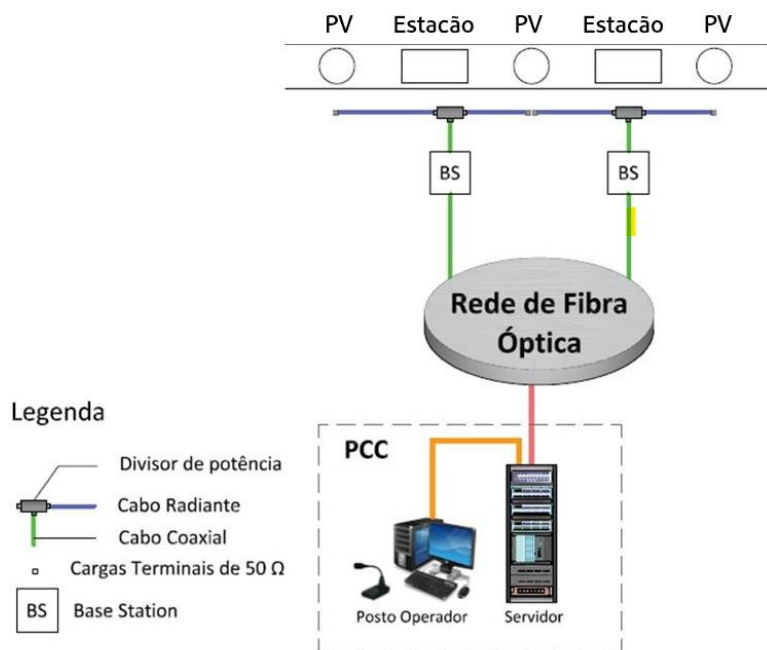


Figura 6 – Diagrama do Sistema de Comunicações Radiante

## 10 REQUISITOS TÉCNICOS

Para além da presente memória, serão ainda considerados os seguintes requisitos técnicos do ML:

- Cabos de Telecomunicações
- Sistema Automático de Detecção 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

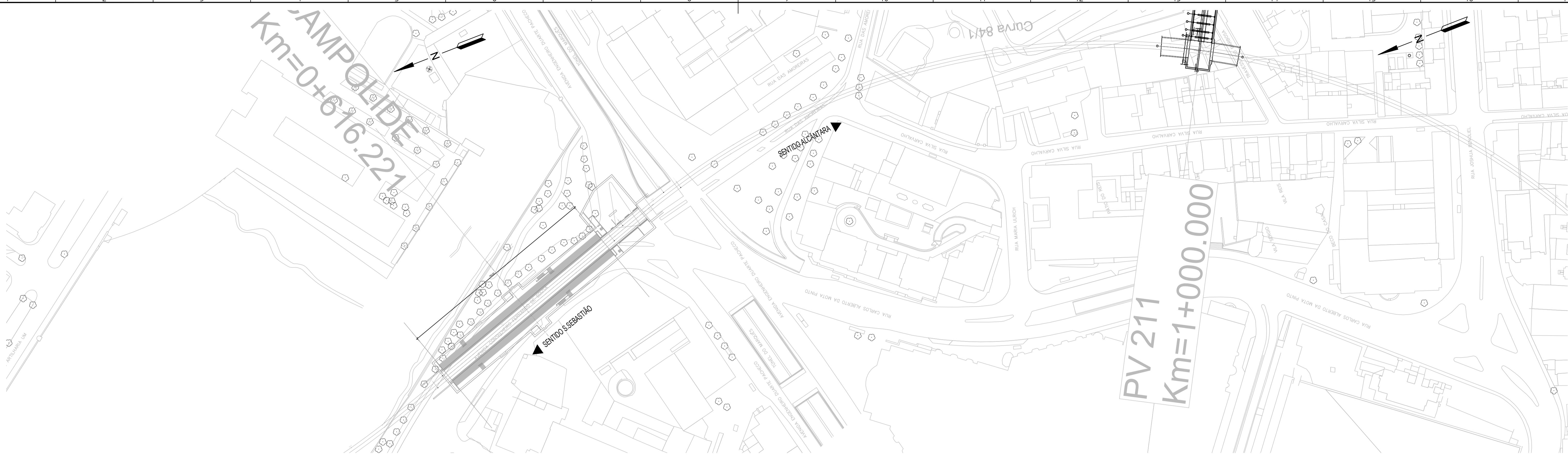
## 11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas as referências a marcas e modelos indicadas na MD e Requisitos Técnicos, serão entendidas e consideradas como “igual ou equivalente”.

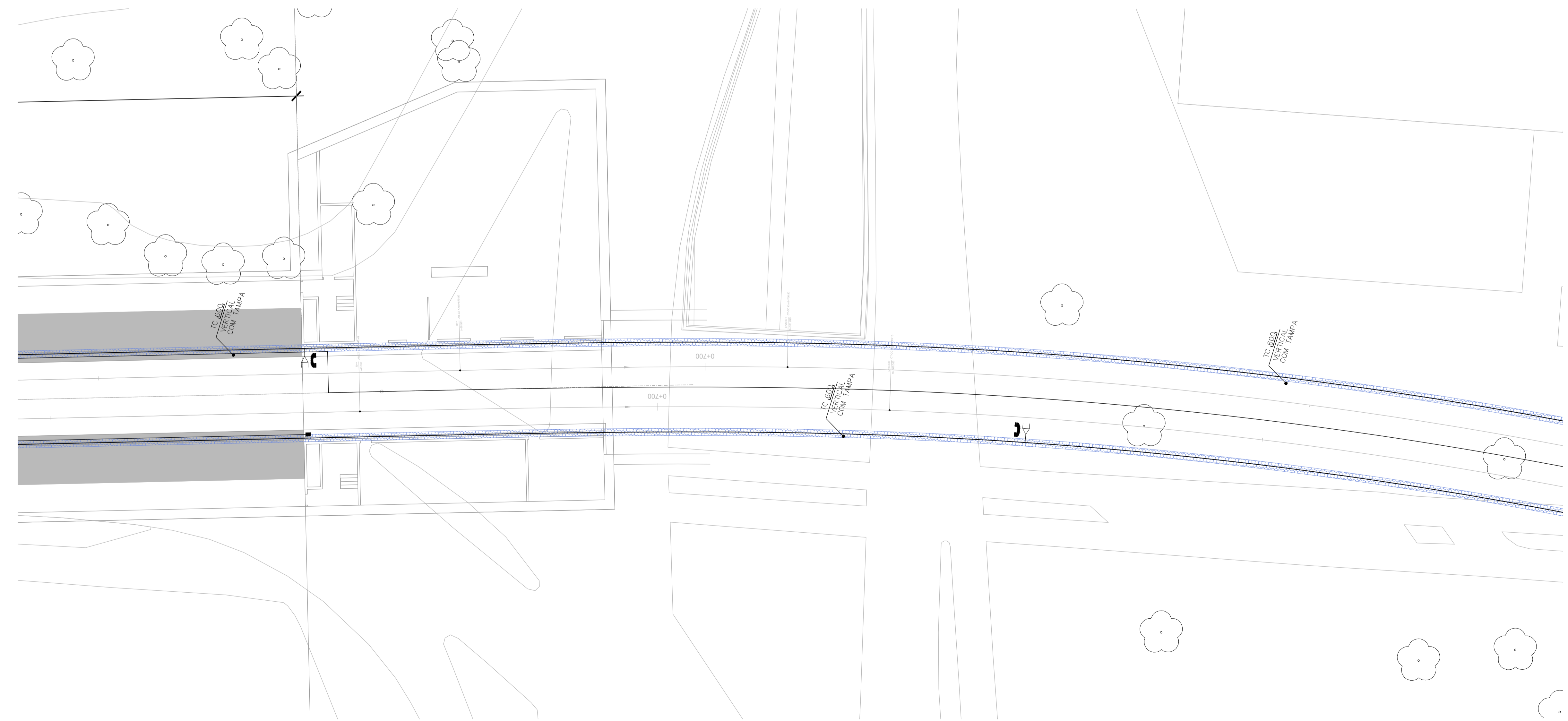
Em tudo o que ficou omissa nesta Memória Descritiva, dever-se-á seguir os Regulamentos e Normas Portuguesas em vigor, bem como as regras de boa técnica de execução e as orientações específicas do operador.







IMPLANTAÇÃO OE2  
ESC. 1:1000



PLANTA OE2  
ESC. 1:500

DOCUMENTOS A CONSULTAR

DESENHO N°	DENOMINAÇÃO

NOTAS

- 1 - Todos os caminhos de cabos do tipo calha metálica perfurada ou varão electrosoldado são galvanizados a quente.
- 2 - Os caminhos de cabos, de qualquer largura, terão 50 mm de aba e nos do tipo calha metálica perfurada a aba será reforçada.
- 3 - Recortes resultantes de sectionamento de troços rectilíneos, que acarretem o aparecimento do material sem a protecção galvânica, serão recobertos com tinta especial, com teor mínimo de zinco puro no seu filme seco de 96%, a fim de evitar a corrosão através dos recortes.
- 4 - A continuidade eléctrica em mudanças de nível e transições em que não haja continuidade do material, será assegurada através da montagem de "links".
- 5 - Em todas as passagens através de paredes e pavimentos, todos os cabos serão em ambos os lados, revestidos com produto de selagem.
- 6 - Todos os cabos serão fixos aos caminhos de cabos, conforme definido nas peças escritas.
- 7 - Nos caminhos de cabos, de 15 em 15 m os cabos serão devidamente identificados com etiquetas, de acordo com a devida nomenclatura.
- 8 - As prumadas entre os diversos níveis são em varão electrosoldado.
- 9 - A localização exacta dos equipamentos será confirmada/validada em obra.
- 10 - Na instalação em obra, será tida em conta a localização dos restantes equipamentos das outras especialidades, de modo a garantir a harmonia dos espaços.

SIMBOLOGIA

CAMINHOS DE CABOS

- Caminho de cabos em calha metálica perfurada, para Telecomunicações.
- Instalação em tubo no pavimento
- Caminho de Cabos que muda para nível superior.
- Caminho de Cabos que muda para nível inferior.
- Caminho de cabos de Telecomunicações - largura xxx

REDE TELEFONES ML

- Tomada RJ45, Cat.6, saliente e telefone

CABO RADIANTE

- Divisor de potência RF
- Carga terminal RF

ALTERAÇÕES				
0	EMISSÃO INICIAL	08/10/2024	DC	SN
			DES.	VERIF.

<b>PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCANTARA</b> PROJETO DE EXECUÇÃO		
Data:	Escalas: Des. n° <b>133702</b> F. / /	
Aprov.	TELECOMUNICAÇÕES OBRA ESPECIAL 2	Alter.
Verif.	TELECOMUNICAÇÕES	Substitui
Proj.	PASSAGEM SOB O TUNEL DO MARQUÊS PLANTA - PORMENORES	Substituído
Des.	LVSSA MSA PE TLM TUN OE2 DW 118001 0 (1-1)	Nº SAP
		Versão
		Folha

Aprov. jpp 08/10/2024	Verif. SN 08/10/2024	Proj. MR 08/10/2024	Des. DC 08/10/2024	Desenhos nº LVSSA MSA PE TLM TUN OE2 DW 118001 0 (1-1)	Alter.	MOTAENGIL ENGENHARIA COBO JET JLCM	Identificação Empresa Proponente: COBA - JET SJ - ALGM - TAL-PROJECTO	Escalas: 1/1000 1/200 SVESC	Folha: 01 / 01
-----------------------	----------------------	---------------------	--------------------	--	--------	---	---	-----------------------------	----------------

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.