

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 |
| TOMO III - VOLUME 1 - OE1 : TÍMPANO/ TÉRMINO S. SEBASTIÃO | | | | | | | | | | |
| 01 - ESTRUTURAS | | | | | | | | | | |
| 1. Projeto de estruturas | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE STR TUN OE1 MD 088001 0 | | OBRA ESPECIAL OE1 - TÍMPANO TÉRMINO S.SEBASTIÃO. | MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA | 0 | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE STR TUN OE1 DW 088000 0 | 133692 | OBRA ESPECIAL OE1 | TÍMPANO COM TÚNEL EXISTENTE NO TERMINO SÃO SEBASTIÃO | 0 | | | | | | |
| 02 - FLUIDOS | | | | | | | | | | |
| 1. Projeto de Rede de incêndios | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE AGI TUN OE1 MD 098001 0 | | PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE1 (CLS) | MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA | 0 | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | |
| Sem Peças desenhadas | | | | | | | | | | |
| 03 - TELECOMUNICAÇÕES | | | | | | | | | | |
| 1. Projeto de Telecomunicações | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE TLM TUN OE1 MD 118001 0 | | TELECOMUNICAÇÕES | MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA | 0 | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE TLM TUN OE1 DW 118001 0 | 133693 | TELECOMUNICAÇÕES. TUNEL TÉRMINO | PLANTA - PORMENORES | 0 | | | | | | |
| 04 - OUTRAS ESPECIALIDADES | | | | | | | | | | |
| 1. Estudo de sobreposição de especialidades | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | |
| sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE | | | | | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | |
| 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 |
| TOMO III - VOLUME 2 - OE2 : PASSAGEM SOB TÚNEL DO MARQUÊS | | | | | | | | | | | |
| 01 - ESTRUTURAS | | | | | | | | | | | |
| 1. Projeto geotécnico de escavação e estruturas provisórias, incluindo métodos construtivos associados | | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | |
| 2. Projeto das estruturas definitivas incluindo métodos construtivos associados e impermeabilização | | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE STR TUN OE2 MD 088001 0 | | ESTRUTURAS DEFINITIVAS | MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA | 0 | | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE STR TUN OE2 DW 088500 0 | 133700 | ESTRUTURAS DEFINITIVAS | DIMENSIONAMENTO GERAL - IMPLANTAÇÃO E DIMENSIONAMENTO | 0 | | | | | | | |
| 02 - FLUIDOS | | | | | | | | | | | |
| 1. Projeto de Rede de incêndios | | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE AGI TUN OE2 MD 098001 0 | | PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE2 | MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA | 0 | | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE AGI TUN OE2 DW 098001 0 | 133701 | PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE2 | | 0 | | | | | | | |
| 03 - TELECOMUNICAÇÕES | | | | | | | | | | | |
| 1. Projeto de Telecomunicações | | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE TLM TUN OE2 MD 118001 0 | | TELECOMUNICAÇÕES | MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA | 0 | | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE TLM TUN OE2 DW 118001 0 | 133702 | TELECOMUNICAÇÕES | | 0 | | | | | | | |
| 04 - OUTRAS ESPECIALIDADES | | | | | | | | | | | |
| 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 |
| TOMO III - VOLUME 3 - OE3 : TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1 | | | | | | | | | | |
| 01 - ESTRUTURAS | | | | | | | | | | |
| 1. Projeto geotécnico de escavação e estruturas provisórias, incluindo métodos construtivos associados | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE STR TUN OE3 MD 088001 0 | | OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1 - ESTRUTURAS PROVISÓRIAS | MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA | 0 | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE STR TUN OE3 MD 088002 0 | | OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 1 - ESTRUTURAS DEFINITIVAS | MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA | 0 | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | |
| 02 - FLUIDOS | | | | | | | | | | |
| 1. Projeto de Rede de incêndios | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE AGI TUN OE3 MD 098001 0 | | PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS, OE3 | MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA | 0 | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE AGI TUN OE3 DW 098001 0 | 133710 | PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS, OE3 | | 0 | | | | | | |
| 03 - TELECOMUNICAÇÕES | | | | | | | | | | |
| 1. Projeto de Telecomunicações | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE TLM TUN OE3 MD 118001 0 | | TELECOMUNICAÇÕES | MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA | 0 | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE TLM TUN OE3 DW 118001 0 | 133711 | TELECOMUNICAÇÕES | | 0 | | | | | | |
| 04 - SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS | | | | | | | | | | |
| 1. Projeto de Segurança contra incêndios | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | |
| sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE | | | | 0 | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE SCI TUN OE3 DW 198001 0 | 133712 | INSTALAÇÃO DE DETEÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIO NO TÚNEL E VIAS DE RESGUARDO | | 0 | | | | | | |
| 05 - OUTRAS ESPECIALIDADES | | | | | | | | | | |
| 1. Estudo de sobreposição de especialidades | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | |
| sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE | | | | | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | |
| 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 |
| TOMO III - VOLUME 4 - OE4 : TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2 | | | | | | | | | | | |
| 01 - ESTRUTURAS | | | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | |
| 02 - FLUIDOS | | | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | |
| 03 - TELECOMUNICAÇÕES | | | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | |
| 04 - SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS | | | | | | | | | | | |
| 1. Projeto de Segurança contra incêndios | | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | | |
| <i>sem peças escritas na presente fase, será objeto de detalhamento complementar do PE</i> | | | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | |
| 05 - OUTRAS ESPECIALIDADES | | | | | | | | | | | |
| 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 |
| 03 - FLUIDOS | | | | | | | | | | | |
| 1. Projeto de Rede de incêndios | | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE AGI TUN OES MD 098001 0 | | PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OES | MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA | 0 | | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE AGI TUN OES DW 098001 0 | 133741 | PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OES | | 0 | | | | | | | |
| 04 - TELECOMUNICAÇÕES | | | | | | | | | | | |
| 1. Projeto de Telecomunicações | | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE TLM TUN OES MD 118001 0 | | TELECOMUNICAÇÕES | MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA | 0 | | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE TLM TUN OES DW 118001 0 | 133742 | TELECOMUNICAÇÕES | | 0 | | | | | | | |
| 05 - OUTRAS ESPECIALIDADES | | | | | | | | | | | |
| 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 6 - OE6 : TÚNEL NA ZONA DO ALVITO | | | | | | | | | | | |
| 01 - ESTRUTURAS | | | | | | | | | | | |
| 1. Projeto geotécnico de escavação e estruturas provisórias, incluindo métodos construtivos associados | | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | |
| 2. Projeto das estruturas definitivas incluindo métodos construtivos associados e impermeabilização | | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | |
| 02 - SERVIÇOS AFETADOS | | | | | | | | | | | |
| 1.Projeto de Desvio de Redes, Enterradas e em Superfície | | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE SAF TUN OE6 MD 058001 0 | | MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA | | 0 | | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | | |
| 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 |
| 03 - FLUIDOS | | | | | | | | | | | |
| 1. Projeto de Rede de incêndios | | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE AGI TUN OE6 MD 098001 0 | | PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE6 | MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA | 0 | | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE AGI TUN OE6 DW 098001 0 | 133764 | PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE6 | | 0 | | | | | | | |
| 04 - TELECOMUNICAÇÕES | | | | | | | | | | | |
| 1. Projeto de Telecomunicações | | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE TLM TUN OE6 MD 118001 0 | | TELECOMUNICAÇÕES | MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA | 0 | | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE TLM TUN OE6 DW 118001 0 | 133765 | TELECOMUNICAÇÕES | | 0 | | | | | | | |
| 05 - OUTRAS ESPECIALIDADES | | | | | | | | | | | |
| 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 7 - OE7 : TÚNEL TÉRMINO | | | | | | | | | | | |
| 01 - ESTRUTURAS | | | | | | | | | | | |
| 1. Projeto geotécnico de escavação e estruturas provisórias, incluindo métodos construtivos associados | | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE STR TUN OE7 MD 088001 0 | | OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 3 - ESTRUTURAS PROVISÓRIAS | MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA | 0 | | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE STR TUN OE7 MD 088002 0 | | OBRA ESPECIAL OE3 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 3 - ESTRUTURAS DEFINITIVAS | MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA | 0 | | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | | |
| 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 | | | | | | | |
| 02 - FLUIDOS | | | | | | | | | | | |
| 1. Projeto de Rede de incêndios | | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE AGI TUN OE7 MD 098001 0 | | PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE7 | MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA | 0 | | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE AGI TUN OE7 DW 098001 0 | 133772 | PROJETO DE REDE DE INCÊNDIOS. OE7 | | 0 | | | | | | | |
| 03 - TELECOMUNICAÇÕES | | | | | | | | | | | |
| 1. Projeto de Telecomunicações | | | | | | | | | | | |
| PEÇAS ESCRITAS | | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE TLM TUN OE7 MD 118001 0 | | TELECOMUNICAÇÕES | MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA | 0 | | | | | | | |
| PEÇAS DESENHADAS | | | | | | | | | | | |
| LVSSA MSA PE TLM TUN OE7 DW 118001 0 | 133773 | TELECOMUNICAÇÕES | | 0 | | | | | | | |
| 04 -SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS | | | | | | | | | | | |
| 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 OE7 DW 198001 0 | 133774 | INSTALAÇÃO DE DETEÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIO NO TÚNEL E VIAS DE RESGUARDO | | 0 | | | | | | | |
| 05 - OUTRAS ESPECIALIDADES | | | | | | | | | | | |
| 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> | | | | | | | | | | | |



Metropolitano de Lisboa

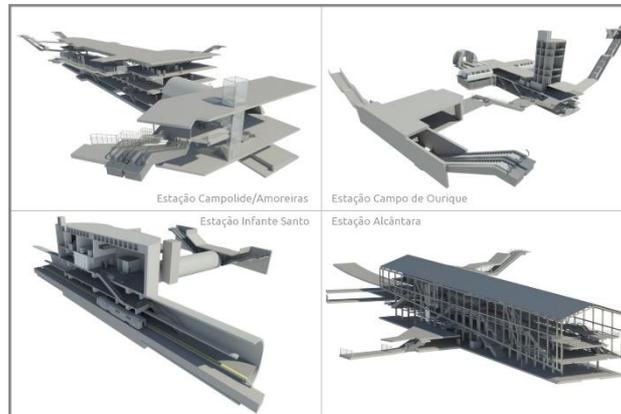


METRO DE LISBOA

PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO

PROJETO DE EXECUÇÃO



TOMO III – OBRAS ESPECIAIS

VOLUME 4 – OE4 – TÚNEL DE VIA DE RESGUARDO 2 – ESTRUTURAS PROVISÓRIAS

MEMÓRIA DESCRITIVA

| | |
|----------------|--------------------------------------|
| Documento SAP: | LVSSA MSA PE STR TUN OE4 MD 088001 0 |
|----------------|--------------------------------------|

| | Nome | Assinatura | Data |
|---------------------|--|------------|------------|
| Elaborado | Francisco Bernardo Sofia Casanova Afonso Guerreiro | | 2024-07-13 |
| Revisto | Sandra Ferreira | | 2024-07-13 |
| Verificado | Rui Rodrigues | | 2024-07-13 |
| Coordenador Projeto | Raúl Pistone | | 2024-07-13 |
| Aprovado | Raúl Pistone | | 2024-07-13 |

Índice

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | OBJETIVO E ÂMBITO..... | 5 |
| 2 | ELEMENTOS DE BASE..... | 6 |
| 2.1 | Documentos do programa preliminar | 6 |
| 2.2 | Estudo Prévio apresentado em fase de concurso..... | 6 |
| 3 | CONDICIONAMENTOS..... | 8 |
| 3.1 | Traçado..... | 8 |
| 3.2 | Geológico e Geotécnicos | 8 |
| 3.3 | Desvios de Circulação..... | 9 |
| 3.4 | Ocupação de Superfície e de Subsolo..... | 9 |
| 3.5 | Interferências..... | 9 |
| 3.6 | Implantação..... | 10 |
| 3.7 | Segurança..... | 10 |
| 3.8 | Compatibilidade com as Outras Especialidades..... | 10 |
| 4 | REGULAMENTAÇÃO E BIBLIOGRAFIA DE BASE..... | 12 |
| 5 | MATERIAIS..... | 14 |
| 5.1 | Suporte primário..... | 14 |
| 5.1 | Estruturas Definitivas..... | 15 |
| 5.2 | Sistemas de impermeabilização..... | 16 |
| 6 | CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO | 18 |
| 6.1 | Tempo de Vida Útil..... | 18 |
| 6.2 | Classificação da Obra de Acordo com a sua Importância..... | 18 |
| 6.3 | Classificação do Tipo de Terreno segundo a NP EN 1998..... | 18 |
| 6.4 | Classe de Inspeção | 20 |
| 6.5 | Classe de Fiabilidade..... | 20 |
| 6.6 | Categoria Geotécnica..... | 21 |

| | | |
|------|---|----|
| 6.7 | Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas..... | 21 |
| 7 | SITUAÇÕES DE PROJETO..... | 22 |
| 7.1 | Persistentes..... | 22 |
| 7.2 | Transitórias..... | 22 |
| 7.3 | Acidentais..... | 22 |
| 7.4 | Sísmica..... | 22 |
| 8 | DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO..... | 23 |
| 8.1 | Geral..... | 23 |
| 8.2 | Suporte primário..... | 24 |
| 8.1 | Revestimento definitivo..... | 28 |
| 9 | FASEAMENTO CONSTRUTIVO..... | 32 |
| 10 | PROJETO GEOTÉCNICO DO SUPORTE PRIMÁRIO..... | 33 |
| 10.1 | Ações consideradas..... | 33 |
| 10.2 | Combinações de ações para os estados limite e abordagens de cálculo..... | 33 |
| 10.3 | Modelos numéricos..... | 35 |
| 10.4 | Modelos de interação solo-estrutura..... | 36 |
| 10.5 | Faseamento construtivo adotado nos modelos numéricos..... | 37 |
| 10.6 | Verificações de segurança..... | 37 |
| 11 | RESULTADOS DAS VERIFICAÇÕES DE SEGURANÇA DO SUPORTE PRIMÁRIO..... | 43 |
| 11.1 | Estado limite último de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas..... | 43 |
| 11.2 | Estado limite último de resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas..... | 43 |
| 11.3 | Estado limite último de resistência à tração da armadura das pregagens..... | 44 |
| 11.4 | Estado limite de utilização – deslocamentos e convergências da secção..... | 45 |
| 11.5 | Estado limite de utilização dos assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação subterrânea..... | 45 |
| 12 | PROJETO DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS..... | 47 |

| | | |
|------|---|----|
| 12.1 | Metodologia de Cálculo..... | 47 |
| 12.2 | Ações..... | 48 |
| 12.3 | Combinações de Ações..... | 51 |
| 12.4 | Critérios de Verificação da Segurança..... | 52 |
| 12.5 | DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL..... | 53 |
| 12.6 | DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS..... | 60 |
| 13 | INTERFERÊNCIAS..... | 61 |
| 13.1 | Enquadramento..... | 61 |
| 13.2 | Estado do edificado, incluindo património, das infraestruturas enterradas e das infraestruturas ferroviárias..... | 62 |
| 13.3 | Medidas de mitigação..... | 64 |
| 14 | PLANO DE OBSERVAÇÃO..... | 65 |
| 15 | AVALIAÇÃO DE DANOS..... | 66 |
| 16 | REDE DE TERRAS..... | 67 |

1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível de **Projeto de Execução**, da **Memória Descritiva e Justificativa da Obra Especial 4 – Túnel da Via de Resguardo 2**, no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, que é parte integrante do Tomo III – Obras Especiais do Volume 4 – OE4, Túnel da Via de Resguardo 2.

2 ELEMENTOS DE BASE

Os documentos considerados como elementos de entrada associados às obras em questão foram os seguintes:

2.1 Documentos do programa preliminar

- Procedimento – Proc. n.º 125/2022–DLO/ML;
- Programa Preliminar, Tomo IV – Estruturas, Volume 1 – Túnel:
 - Memória Descritiva e Justificativa – “LVSSA ML PP STR TUN 000 MD 087001 0”;
 - Peças Desenhadas (“LVSSA ML PP STR TUN 000 DW 087000 A” a “LVSSA ML PP STR TUN T85 DW 087003 0”);
- Respostas aos Esclarecimentos do procedimento “Resposta Esclarecimentos_Proc. 125_2022”

2.2 Estudo Prévio apresentado em fase de concurso

- Memória Descritiva e Justificativa do túnel: Tomo IV – Volume 1 – Túnel “LVSSA CBJ EP STR TUN 000 MD 087001 0”;
- Memória Descritiva e Justificativa da Obra Especial 4: Tomo IV – Volume 2 – Túnel de Via de Resguardo 2 “LVSSA CBJ EP STR TUN OE4 MD 087001 0”;
- Notas de cálculo do túnel: Tomo IV – Volume 1 – Túnel “LVSSA CBJ EP STR TUN 000 NC 087001 0” e “LVSSA CBJ EP STR TUN 000 NC 087002 0”;
- Peças desenhadas do túnel: Tomo IV – Volume 1 – Túnel “LVSSA CBJ EP STR TUN 000 DW 087000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN 000 DW 087003 0”; “LVSSA CBJ EP STR TUN 000 DW 087900 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN 000 DW 087913 0”; “LVSSA CBJ EP STR TUN T81 DW 087000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN T81 DW 087002 0”; “LVSSA CBJ EP STR TUN T82 DW 087000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN T82 DW 087003 0”; “LVSSA CBJ EP STR TUN T83 DW 087000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN T83 DW 087003 0”; “LVSSA CBJ EP STR TUN T84 DW 087000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN T84 DW 087004 0”; “LVSSA CBJ EP STR TUN T85 DW 087000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN T85 DW 087003 0”
- Peças desenhadas da Obra Especial 4: Tomo IV – Volume 2 – Túnel Via de Resguardo 2 “LVSSA CBJ EP STR TUN OE4 DW 088000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN OE4 DW 088005 0”
- Estudo Geológico – Geotécnico: Tomo II – Volume 2
- Serviços afetados: Tomo II – Volume 4

-
- Desvios de trânsito: Tomo II – Volume 5
 - Estaleiros: Tomo II – Volume 11
 - Interferências ao longo da linha: Tomo II – Volume 13

3 CONDICIONAMENTOS

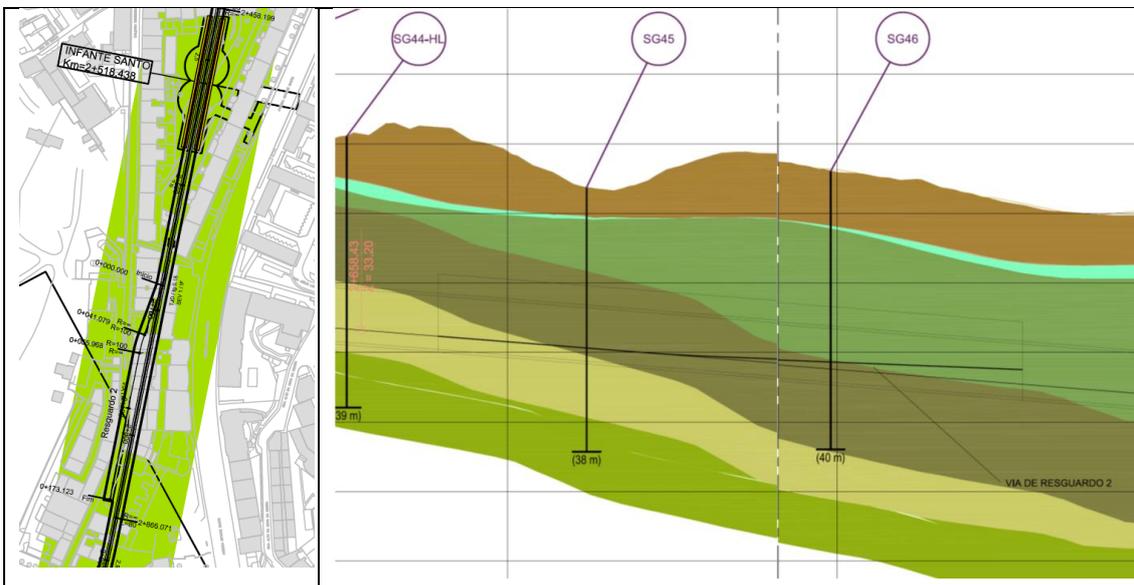
3.1 Traçado

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

3.2 Geológico e Geotécnicos

Os condicionamentos Geológicos e Geotécnicos, são descritos no Estudo Geológico-Geotécnico (Tomo I – Volume 6).

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, LVSSA CBJ EP GEO LIN 000 DW 0210008 0 e LVSSA CBJ EP GEO LIN 000 DW 0210010 0)*

A OE4, com um recobrimento médio da ordem dos 15 a 20 m, interessa a Formações cretácica da Bica, nomeadamente as unidades Calcário Cc1b (calcário nodular), Cc1c (calcário semi-cristalino a cristalino com rudistas) e Cc1d (calcário compacto fendilhado). Abaixo, encontram-se os calcários da Formação de Caneças Cc2 (calcários por vezes margosos), mas já sem intersectarem a soleira da OE4.

Sem prejuízo da possível existência de níveis de água suspensos, considera-se que na zona envolvente à OE4 o nível de água se situe sensivelmente em torno da cota 30,00.

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

3.3 Desvios de Circulação

Ao longo da duração da obra os estaleiros e áreas reservadas para acesso às obras, que interfiram com a circulação existente, serão demarcadas como áreas temporárias de ocupação com os consequentes desvios de trânsito.

Os estaleiros são objeto de projeto autónomo, apresentado no Tomo I – Geral, Volume 9 – Estaleiros ao Longo da Linha.

3.4 Ocupação de Superfície e de Subsolo

Sempre que existam interferências, as infraestruturas serão objeto de desvios provisórios/definitivos ou eventual suspensão, de modo a compatibilizar-se com o faseamento construtivo proposto.

Devido à profundidade a que se encontram, prevê-se, nesta fase do projeto, que os troços de túnel e vias de resguardo executados através de NATM não irão interferir diretamente com as infraestruturas de serviços existentes no subsolo.

Os serviços afetados são objeto de projeto autónomo, apresentado no Capítulo 02 – Serviços Afetados, deste Volume.

3.5 Interferências

As interferências resultantes da construção dos túneis NATM, necessidade de demolições, reforço de edifícios e contenções, encontram-se retratadas no Tomo I – Geral, Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha e Volume 27 – Demolições ao Longo da Linha.

As principais interferências serão objeto de estudo autónomo, apresentado nos desenhos de identificação de interferências e em memória específica.

No capítulo 07 – Outras especialidades, serão apresentadas as interferências associados aos túneis NATM em estudo, sendo indicadas as principais interferências que não serão objeto de trabalhos de demolição e às quais se prevê, nesta fase de estudo, que poderão ser induzidos assentamentos com relevância.

Onde aplicável, nos capítulos 05 e 06 deste volume serão apresentados os projetos de demolição e reforço de edifícios afetados pela execução do túnel.

3.6 Implantação

A implantação da obra respeita os requisitos definidos no Programa Preliminar, tendo os mesmos sido também desenvolvidos em fase de Estudo Prévio.

Nesta fase a implantação das vias de resguardo sofreu alguns ajustes de forma permitir a otimização dos processos construtivos e quantidades de materiais.

3.7 Segurança

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

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

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

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

3.8 Compatibilidade com as Outras Especialidades

O presente projeto está compatibilizado com todas as restantes especialidades.

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).

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;
- NP EN 14199 – Execução de obras geotécnicas especiais: Microestacas;
- NP EN 1537 – Execução de obras geotécnicas especiais: Ancoragens;
- EN ISO 22447-5 – Geotechnical investigation and testing – Testing of geotechnical structures – Part 5: Testing of grouted anchors;
- EN 1536 – Execution of Special Geotechnical Works: Bored piles;
- EN 14490 – Execution of Special Geotechnical Works: Soil nailing;
- NP EN 197-1 – Cimento. Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes;
- NP EN 197-2 – Cimento. Parte 2: Avaliação de conformidade;
- NP EN 13251 – Geotêxteis e produtos relacionados. Características requeridas para a utilização em obras de terraplenagem, fundações e estruturas de suporte;
- NP EN 13256 – Geotêxteis e produtos relacionados. Características requeridas para a construção de túneis e obras subterrâneas;
- NP EN 14487-1 – Betão projetado. Parte 1: Definições, especificações e conformidade;
- NP EN 14487-2 – Betão projetado. Parte 2: Execução;
- NP EN 14889-1 – Fibras para betão – Parte 1: Fibras de aço – Definições, especificações e conformidade;

-
- NP EN 14488-5 -Ensaio do betão projetado - Parte 5: Determinação da capacidade de absorção de energia de provetes de lajes reforçadas com fibras;
 - NP EN 445 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Métodos de ensaio;
 - NP EN 446 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Procedimentos para injeção;
 - NP EN 447 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Especificações para caldas correntes.

5 MATERIAIS

5.1 Suporte primário

As características dos materiais adotados no presente Estudo Prévio encontram-se apresentadas nos quadros seguintes:

Tabela 2 – Características dos materiais considerados no Estudo Revestimento 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 |
| CALDA DE CIMENTO | RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 7 DIAS | f_{ck} MÍN. = 25 MPa |
| FIBRAS METÁLICAS | RESISTÊNCIA À TRAÇÃO | 1500 MPa |
| | COMPRIMENTO (EXTREMIDADE COM GANCHO) | < 35 MM |
| | ESBELTEZA, L/D | 65 |
| | CLASSE DE ABSORÇÃO DE ENERGIA: | E700 |
| PREGAGENS DE FIBRA DE VIDRO | RESISTÊNCIA À TRACÇÃO | ≥ 2000 MPa |
| | CARGA NOMINAL DE ROTURA | 430 kN |
| AÇO | CHAPAS E PERFIS METÁLICOS | S 355 JR |
| | CAMBOTAS TRELIÇADAS | A 500NR |
| | REDE ELETROSSOLDADA | A 500ER |
| | ENFILAGENS | S 355 JR |
| | ELEMENTOS DE FIXAÇÃO METÁLICA | CLASSE 8.8 |
| PREGAGENS DE TUBO EXPANSIVO | CARGA MÍNIMA DE CEDÊNCIA | $P_y = 130$ kN |
| | AÇO | S 355 MC |
| No caso particular das soldaduras de elementos de construção metálica, a sua preparação e execução deverá obedecer ao estipulado no EC3 e NP EN 1090 | | |

Tabela 3– Características dos materiais considerados no Estudo Revestimento Primário (2/2)

| MATERIAIS | PROPRIEDADES | |
|-----------------------|---|--|
| GEODRENOS | TUBO DE POLIETILENO RÍGIDO, CORRUGADO E RANHURADO | SN2 |
| GEOTÊXTIL DO GEODRENO | MASSA POR UNIDADE DE ÁREA (EN 9864) | 150 g/m ² |
| | 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 ISO12236) | ≥ 700 N |
| | RESISTÊNCIA À PERFURAÇÃO DINÂMICA (EN 918) | ≤ 28 mm |
| | DURABILIDADE | [DURAÇÃO ESTIMADA DE, NO MÍNIMO, 25 ANOS EM TERRENO COM 4 < PH < 9 E TEMPERATURAS < 25°C (TEMPO DE EXPOSIÇÃO MÁXIMO DE 1 SEMANAS APÓS INSTALAÇÃO)] |

5.1 Estruturas Definitivas

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

Tabela 4 – Estruturas definitivas. Características dos materiais – Betão

| Materiais | Localização | Classe de Resistência | Classe de exposição | Cl. teor de cloretos | D _{max} (mm) | Classe de Consistência |
|-----------------------------|--|-----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| Betão (<i>in situ</i>) | Regularização | C12/15 | X0 | CL 1,00 | 25 | S3 |
| | Revestimento definitivo dos túneis em NATM | C30/37 | XC4 | CL 0,40 | 25 | S3 |
| | Enchimento | C20/25 | X0 | CL 1,00 | 25 | S3 |

Notas:

As betonilhas de enchimento a realizar para o assentamento dos revestimentos dos pisos e para a formação de penderes nas lajes internas deverão ter um peso específico máximo de 15 kN/m³.

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

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

Tabela 6 – Estruturas definitivas. Recobrimentos nominais das armaduras

| Recobrimentos Nominais (*) (**) | | |
|--|----------|----------------------------------|
| Recobrimentos a Garantir de acordo com Exigências de Resistência ao Fogo e Durabilidade dos Materiais Vida Útil Considerada: 100 Anos Estabilidade ao Fogo: R120 | Elemento | Recobrimento nominal |
| | | Revestimento definitivo do túnel |

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

(**) – Em elementos inferiores a 0,25 m o recobrimento é reduzido em 0,005 m, devendo ser garantidos os recobrimentos mínimos definidos na EN 10080.

5.2 Sistemas de impermeabilização

De forma a cumprir os requisitos de estanqueidade definidos no Caderno de Encargos, prevê-se para os túneis 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.

A Figura 2 esquematiza o sistema de impermeabilização geral proposto:

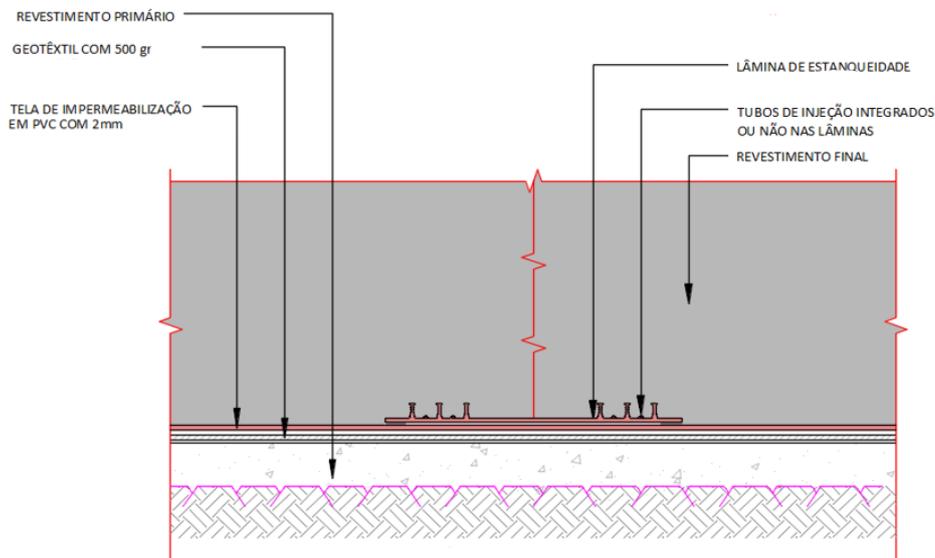


Figura 2 – Sistema de impermeabilização a propor no EP para os túneis e galerias em NATM

Resumem-se na tabela as características do material a considerar no sistema de impermeabilização.

Tabela 7 – Características do material do sistema de impermeabilização

| | |
|----------|--------------------------------|
| MATERIAL | PVC – P (POLICLORETO DE VINIL) |
|----------|--------------------------------|

| | | |
|--|--|--|
| BARREIRA GEOSINTÉTICA | ESPESSURA (EN 1849 – 2) | DE ACORDO COM C.E. |
| | MASSA POR UNIDADE DE ÁREA (EN 1849-2) | 2,56 KG/M2 |
| | RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (EN ISO 527) | 16 MPA (DIREÇÃO TRANSVERSAL) |
| | | 17 MPA (DIREÇÃO LONGITUDINAL) |
| | EXTENSÃO PARA A CARGA MÁXIMA (EN ISO 527) | > 300 % |
| | PUNÇOAMENTO ESTÁTICO (EN ISO 12236) | 2,35 KN |
| | EXPANSÃO TÉRMICA (ASTM D696-91) | <130 X 10-6 (+/-50X10-6) 1/K |
| | RESISTÊNCIA À DEGRADAÇÃO MICROBIOLÓGICA (EN 12225) | <15 % |
| | RESISTÊNCIA À OXIDAÇÃO (EN 14575) | <10 % |
| | RESISTÊNCIA QUÍMICA (EN 14414) | INEXISTÊNCIA DE SINAIS DE DEGRADAÇÃO; PROPRIEDADES INALTERADAS |
| REAÇÃO AO FOGO (EN ISO 13501-1 E EN ISO 11925-2) | CLASSE E | |

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 classificam-se como sendo da classe de consequência CC3.

6.3 Classificação do Tipo de Terreno segundo a NP EN 1998

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

- Sismicidade interplaca – associada à fronteira das placas Eurasiática e Africana, gerada na Zona de fratura Açores-Gibraltar, com registo de sismos de magnitudes elevadas (1755 e 1969);
- Sismicidade intraplaca – associada a movimentos ao longo de estruturas de ressonância no interior da placa Eurasiática resultantes da acumulação de tensões e desenvolvimento de deformações, originando sismos de magnitudes moderadas (1909).

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

De acordo com o estipulado na norma NP EN 1998-1: 2010 (EC8) e no respetivo Anexo Nacional NA, por afetação simultânea do território com perturbações dinâmicas com origem interplacas e intraplacas, a zona em análise encontra-se localizada nas Zonas Sísmicas classificadas como 1.3 e 2.3, para a Ação Sísmica Tipo 1 e Ação Sísmica Tipo 2, respetivamente.

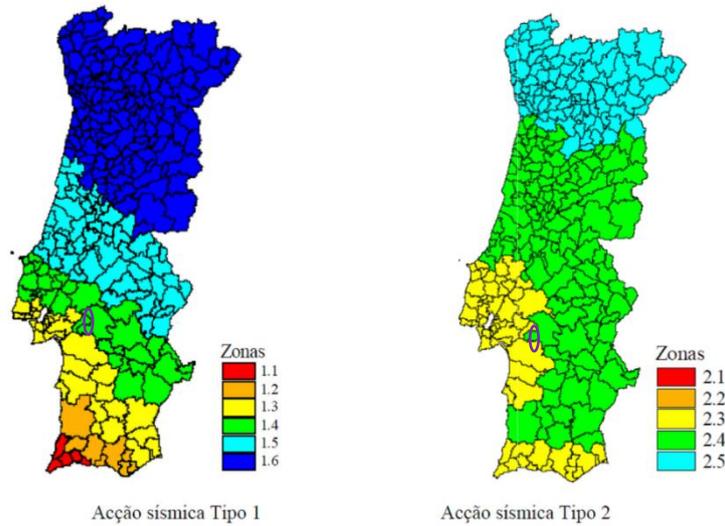


Figura 3 – Zonamento sísmico do território nacional de acordo com o Anexo Nacional NA da NPEEN 1998-1:2010

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

Tabela 8 – Aceleração máxima de referência de projeto a_{gR} (m/s^2) nas várias zonas sísmicas

| Ação sísmica tipo 1 (afastada) | | Ação sísmica tipo 2 (próxima) | |
|--------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|
| Zona Sísmica | a_{gR} (m/s^2) | Zona Sísmica | a_{gR} (m/s^2) |
| 1.1 | 2,5 | 2.1 | 2,5 |
| 1.2 | 2,0 | 2.2 | 2,0 |
| 1.3 | 1,5 | 2.3 | 1,7 |
| 1.4 | 1,0 | 2.4 | 1,1 |
| 1.5 | 0,6 | 2.5 | 0,8 |
| 1.6 | 0,35 | --- | --- |

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

Tabela 9 – Tipos de Terreno segundo o EC8

| Classe de solo | Descrição do perfil estratigráfico | Parâmetros | | |
|----------------|--|--------------------|---------|-------------|
| | | $V_{s,30}$ (m/s) | NSPT | C_u (kPa) |
| A | Rocha ou formação geológica rochosa, que inclua, no máximo 5m de material mais fraco à superfície | > 800 | - | - |
| B | Depósitos de areia muito densa, cascalho ou argila muito rija com uma espessura de, pelo menos, várias dezenas de metros, caracterizados por um aumento gradual das propriedades mecânicas em profundidade | 360 – 800 | > 50 | > 250 |
| C | Depósitos profundos de areia de densidade média a elevada, de cascalho ou de argila dura, com espessura entre várias dezenas e muitas centenas de metros | 180 – 360 | 15 – 50 | 70 – 250 |
| D | Depósitos soltos de solos não coesivos (com ou sem ocorrência de algumas camadas coesivas brandas), ou de solos coesivos predominantemente de fraca a média consistência | < 180 | < 15 | < 70 |
| E | Perfil de solo com um nível aluvionar superficial com $V_s < 360$ m/s e espessura variando entre 5 e 20 m, sobrejacente a um nível mais rígido (com $V_s > 800$ m/s) | < 360 | | |
| S ₁ | Depósitos consistindo ou contendo uma camada com pelo menos 10m de espessura – de argilas ou siltes brandos com elevado índice de plasticidade (IP > 40) e elevado teor em água | < 100 (indicativo) | - | 10 – 20 |
| S ₂ | Depósitos de solos com potencial de liquefação, ou argilas sensíveis, ou outros perfis não incluídos nos tipos anteriores | | | |

A classificação do tipo de terreno segundo a NP EN 1998 será feita ponderando os valores de N_{SPT} das sondagens, da coesão não drenada, S_u e das medições da velocidade das ondas de corte, V_s (m/s), obtidas diretamente dos resultados dos ensaios *in situ* (quando existentes), como os “crosshole” e SCPTu. Na fase recorre-se à informação existente em particular aos ensaios existentes, ou seja, ensaios SPT’s.

Assim, e tendo em conta as características das unidades geológicas presentes, considera-se que as em geral as formações rochosas do CVL e do Complexo Carbonatado correspondem a terrenos do tipo A, enquanto as formações com comportamento terroso do Miocénico, Eocénico-Oligocénico e CVL – Tufos inserem-se nos terrenos dos tipos C e B.

A escolha do tipo de terreno a utilizar nesta fase do estudo será efetuada tendo por base a predominância do maciço atravessado pela obra a executar.

6.4 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.

6.5 Classe de Fiabilidade

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

6.6 Categoria Geotécnica

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

Tendo em conta a definição das classes de consequências apresentada no quadro B.1 da NP EN 1990, os túneis NATM fazem parte integrante de uma infraestrutura cujo colapso representa “consequência elevada em termos de perda de vidas humanas; ou consequências económicas, sociais ou ambientais importantes” (CC3), considera-se ainda que o grau de complexidade do projeto geotécnico é elevado. Assim, para uma classe de consequências CC2, para uma complexidade do projeto geotécnico média, atribui-se a Categoria Geotécnica 3 (CG3) aos túneis NATM.

6.7 Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas

6.7.1 Considerações gerais

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

De acordo com estas recomendações o sistema de revestimento deverá garantir que o fluxo de água ao interior do túnel se restrinja a fenómenos de capilaridade, admitindo-se apenas, como manifestações de humidade, a existência de pequenas manchas isoladas sem qualquer escorrência de água, embora possa ocorrer alteração cromática de um papel sobre elas colocado. Esta exigência limita o influxo médio (espacial) diário de água a 0,2 litros/m² em troços com comprimento de referência de 10 m e a 0,1 litros/m² em troços com comprimento de referência de 100 m. Para aplicação do primeiro limite, os troços de 10 m deverão ser pontuais, com caráter esporádico.

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

A área máxima de cada compartimento será de 360 m². Nos terrenos com presença de água sob pressão até 3 bar essa área fica limitada a 250 m². Para valores indicativos de pressão superiores, o limite superior de área a considerar será de 200 m².

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

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 SITUAÇÕES DE PROJETO

7.1 Persistentes

No dimensionamento estrutural, onde aplicável, serão consideradas as situações de projeto persistentes, correspondentes a condições normais de utilização, nomeadamente em cenários de estado limite último e estado limite de serviço.

7.2 Transitórias

No dimensionamento estrutural, onde aplicável, serão consideradas as situações de projeto transitórias, correspondentes a condições temporárias e outras condições relacionadas com o faseamento construtivo da obra.

7.3 Acidentais

No dimensionamento estrutural, onde aplicável, serão consideradas as situações de projeto acidentais, correspondentes a condições excecionais aplicáveis às estruturas, nomeadamente a ação do incêndio.

7.4 Sísmica

No dimensionamento estrutural, onde aplicável, serão consideradas as situações de projeto sísmicas, correspondentes a condições aplicáveis à estrutura quando sujeita a ação dos sismos.

8 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

8.1 Geral

A solução para a via de resguardo corresponde à implantação da via num túnel independente ao túnel de via, com o comprimento suficiente para implementar o sistema automático de travagem e estacionamento das composições do metro.

Esta solução é materializada, em relação ao túnel de via, com uma zona de transição em secção única que acomoda as três vias até uma bifurcação, quando geometricamente possível, para duas secções em separado, um túnel para a via e um túnel para a via de resguardo. Estes túneis são interligados por uma galeria de ligação no fim da via de resguardo com funcionalidade de drenagem, ventilação e evacuação.

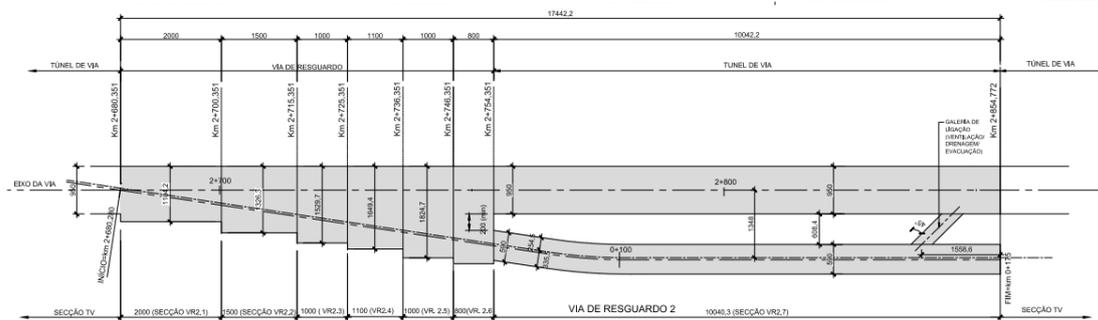


Figura 4 - Definição da Via de Resguardo 2. Planta de implantação.

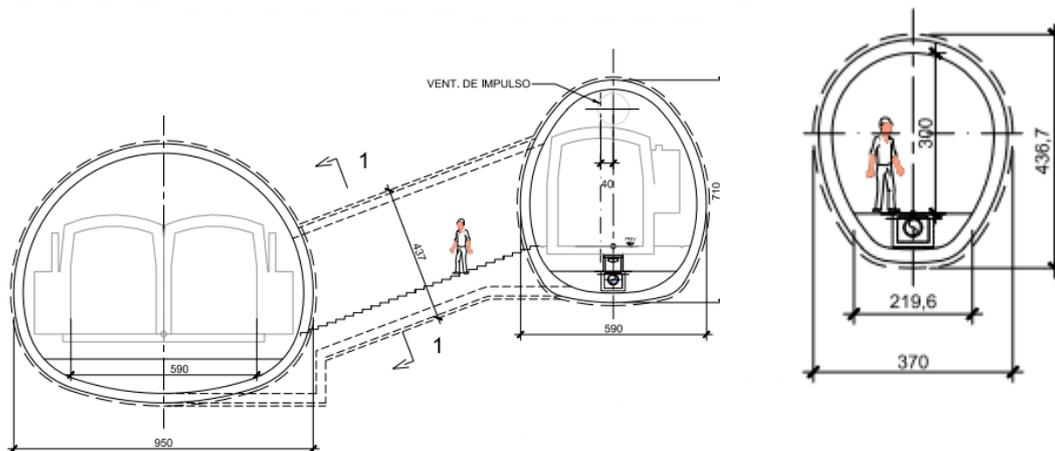


Figura 5 - Definição da Galeria de Ligação.

A secção do túnel da via de resguardo e as secções de transição foram geometricamente definidas, pelo interior, de forma a garantir as tolerâncias necessárias para as composições, zonas de passagem, drenagem de via e espaço estimado necessário para colocação de ventiladores de impulso (com dimensões respetivas a verificar).

8.2 Suporte primário

Em termos gerais, o suporte primário da OE4 – Via de Resguardo 2 encontra-se tipificado em 6 secções (VR2.1, VR2.2, VR2.3, VR2.4, VR2.5 e VR2.6) com geometria crescente, executadas por meio de escavação faseada e desfasada, em cujo o suporte da calote e do rebaixo é composto pela aplicação de betão projetado reforçado com fibras metálicas, sendo executadas pregagens sistemáticas do tipo expansivo na calote.

O resumo das características dos elementos que constituem o suporte primário para cada secção tipo, encontra-se indicado no Tabela 10 e as figuras ilustrativas dos elementos que compõem o suporte primário são apresentadas na Figura 6 a Figura 11.

| SECÇÃO TIPO | LOCAL | SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO | ESPESSURA DE BETÃO PROJETADO | PREGAGENS | PARCIALIZAÇÃO DA ESCAVAÇÃO | DRENAGEM DA FRENTE | DRENAGEM RADIAL |
|--------------------|-------------------|---|------------------------------|---|--|--|---|
| VR 2.1 | ABÓBADA E HASTEIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÉXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 150mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 3,00m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 3 FASES | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | - | FASE 1 - AVANÇOS DE 2m FASE 2 - AVANÇOS DE 2m FASE 3 - AVANÇOS DE 4m | | |
| M | ABÓBADA E HASTEIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÉXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 150mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 4,50m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 3 FASES | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | - | FASE 1 - AVANÇOS DE 2m FASE 2 - AVANÇOS DE 2m FASE 3 - AVANÇOS DE 4m | | |
| VR 2.3 | ABÓBADA E HASTEIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÉXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 150mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 4,50m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 3 FASES | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | - | FASE 1 - AVANÇOS DE 2m FASE 2 - AVANÇOS DE 2m FASE 3 - AVANÇOS DE 4m | | |
| VR 2.4 | ABÓBADA E HASTEIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÉXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 150mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 4,50m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 3 FASES | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | - | FASE 1 - AVANÇOS DE 2m FASE 2 - AVANÇOS DE 2m FASE 3 - AVANÇOS DE 4m | | |
| VR 2.5 | ABÓBADA E HASTEIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÉXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 200mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 4,50m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 3 FASES | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | - | FASE 1 - AVANÇOS DE 2m FASE 2 - AVANÇOS DE 2m FASE 3 - AVANÇOS DE 4m | | |
| VR 2.6 | ABÓBADA E HASTEIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÉXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 200mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 4,50m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 3 FASES | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | - | FASE 1 - AVANÇOS DE 2m FASE 2 - AVANÇOS DE 2m FASE 3 - AVANÇOS DE 4m | | |
| TÚNEL DE RESGUARDO | ABÓBADA E HASTEIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÉXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 150mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 3,00m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 1 FASE | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | - | FASE 1 - AVANÇOS DE 2m | | |
| TÚNEL DE LIGAÇÃO | ABÓBADA E HASTEIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÉXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 150mm | - | 1 FASE | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | - | FASE 1 - AVANÇOS DE 2m | | |

* - B.P.R.F.M. - BETÃO PROJETADO REFORÇADO COM FIBRAS METÁLICAS

Tabela 10 – Resumo das características do suporte primário

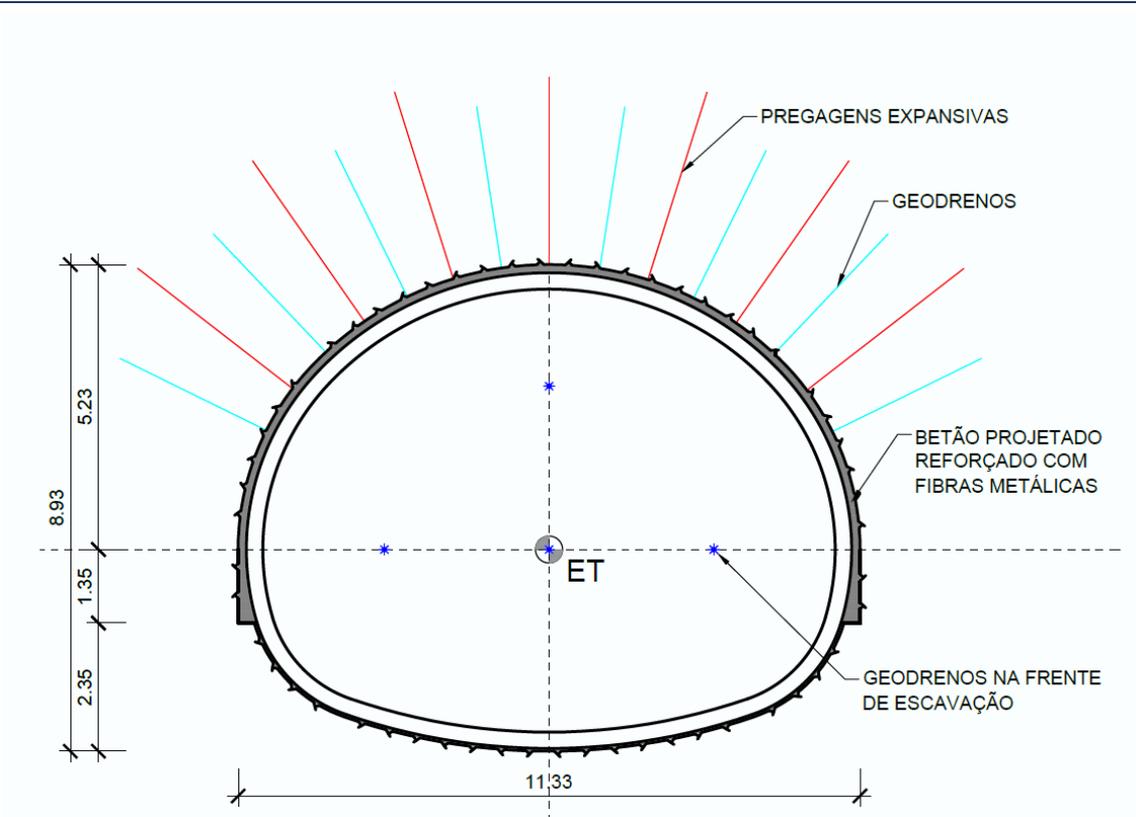


Figura 6 - Suporte Tipo VR2.1

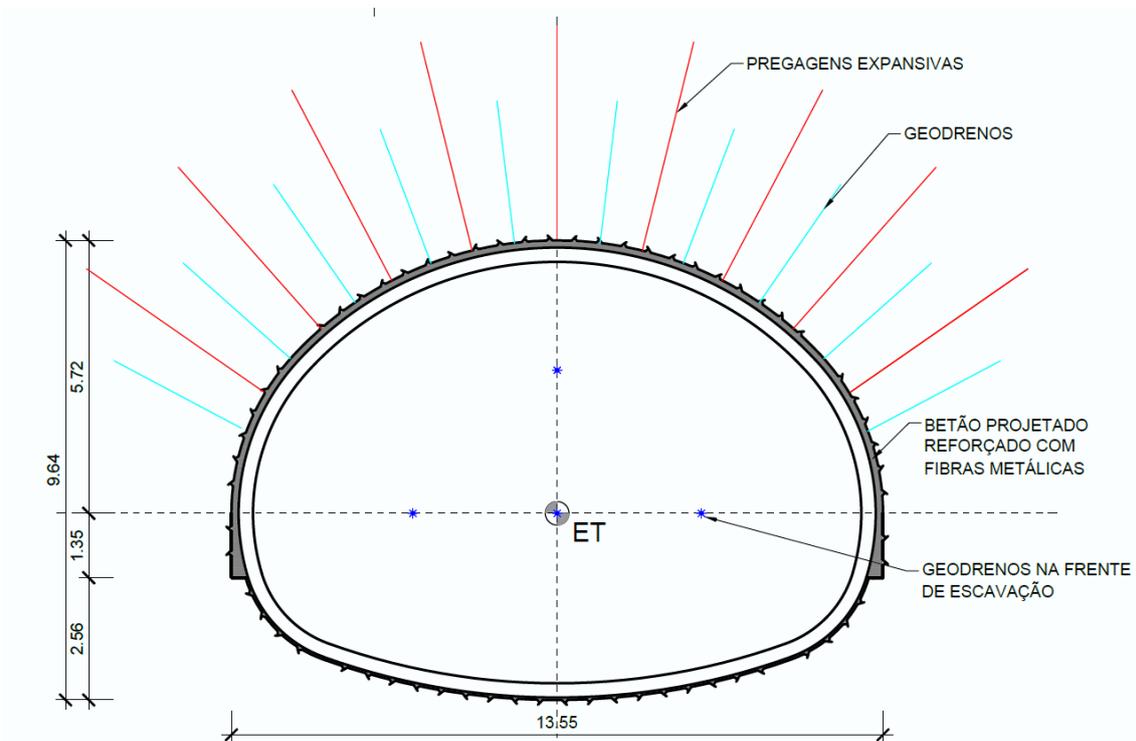


Figura 7 - Suporte Tipo VR2.2

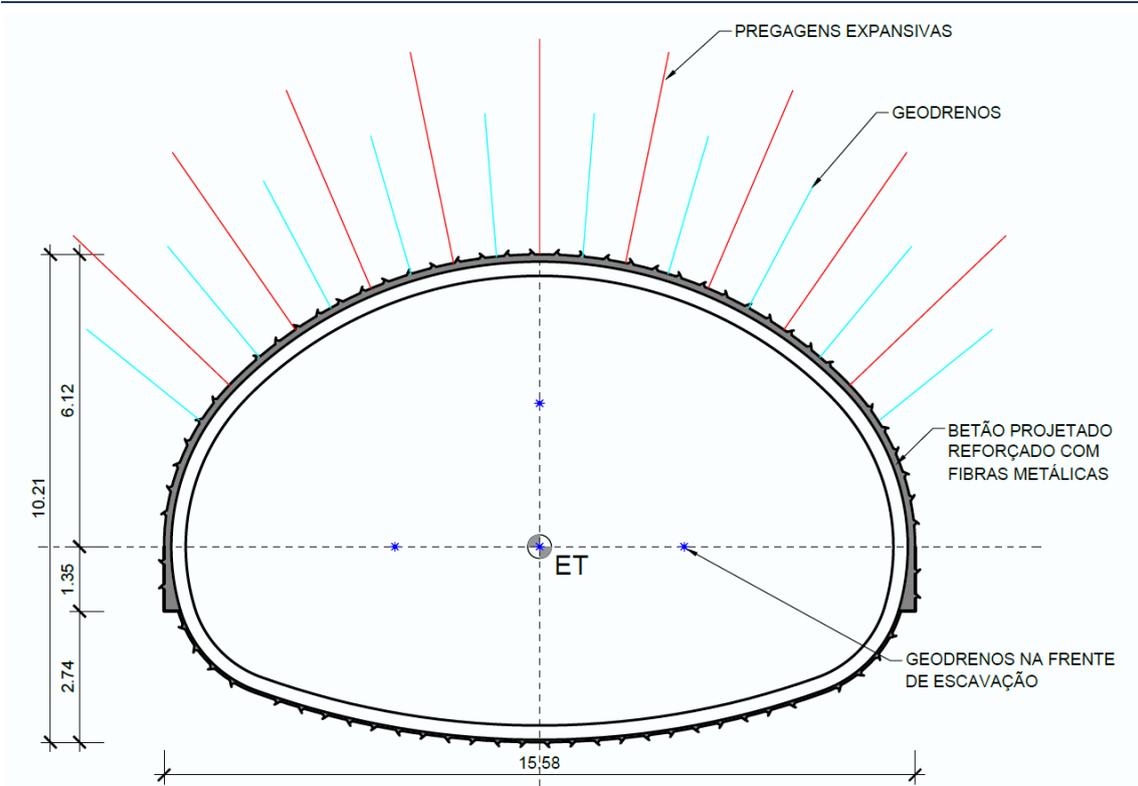


Figura 8 - Suporte Tipo VR2.3

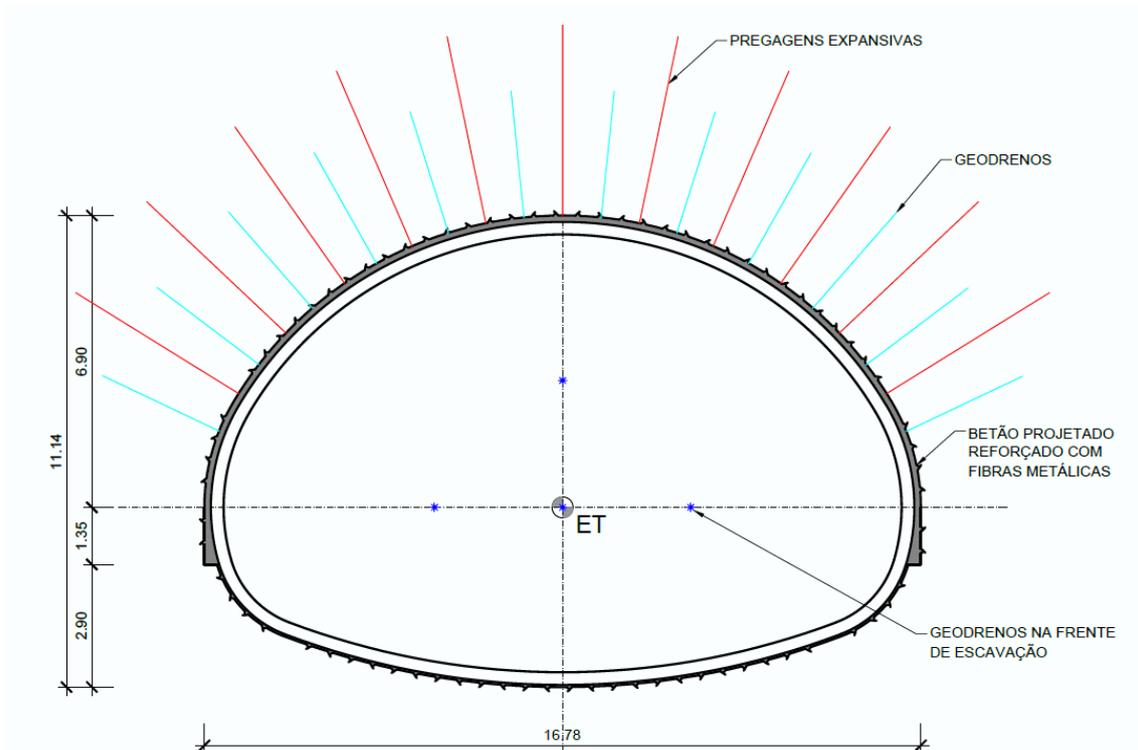


Figura 9 - Suporte Tipo VR2.4

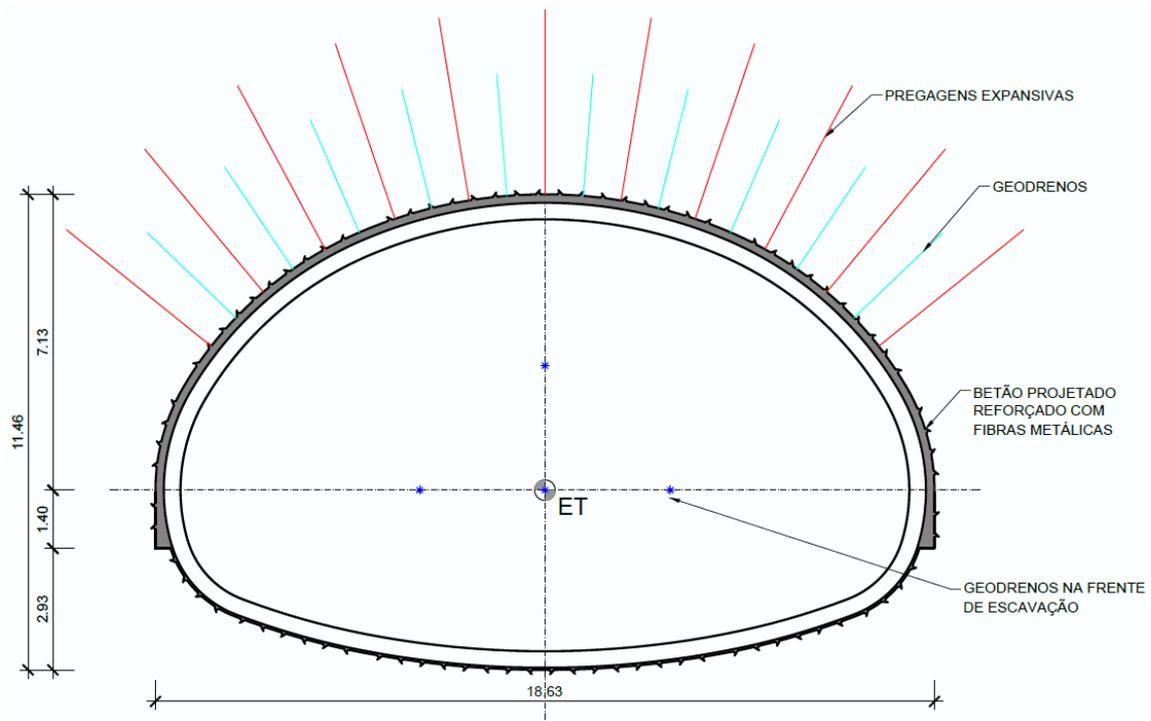


Figura 10 – Suporte Tipo VR2.5

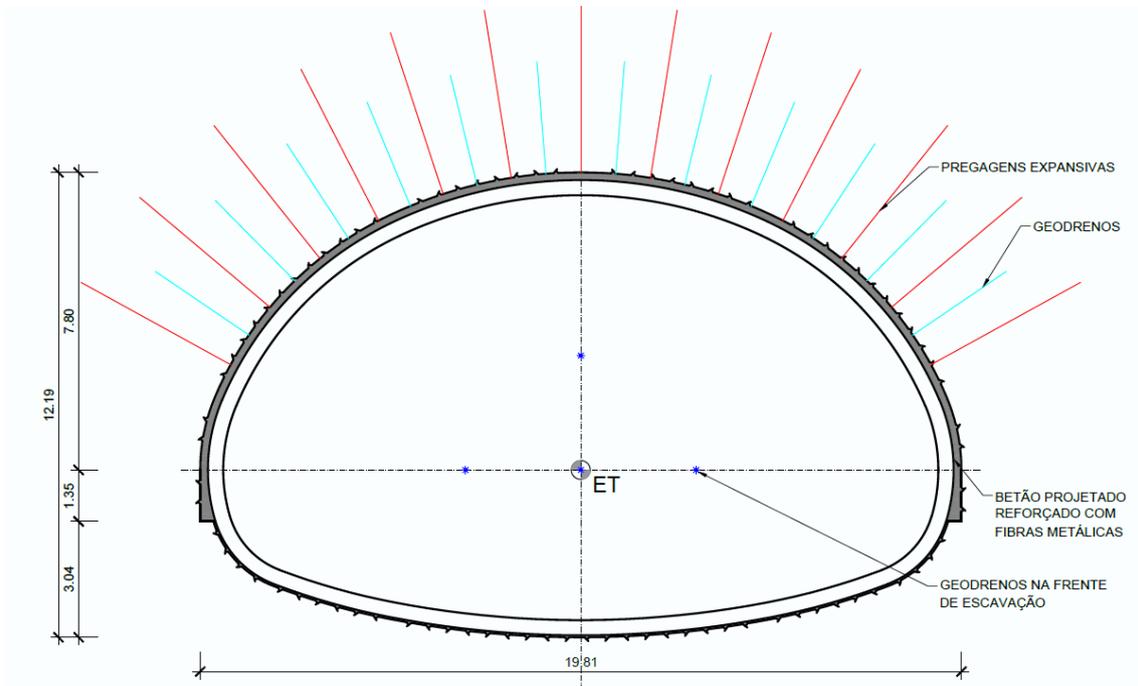


Figura 11 – Suporte Tipo VR2.5

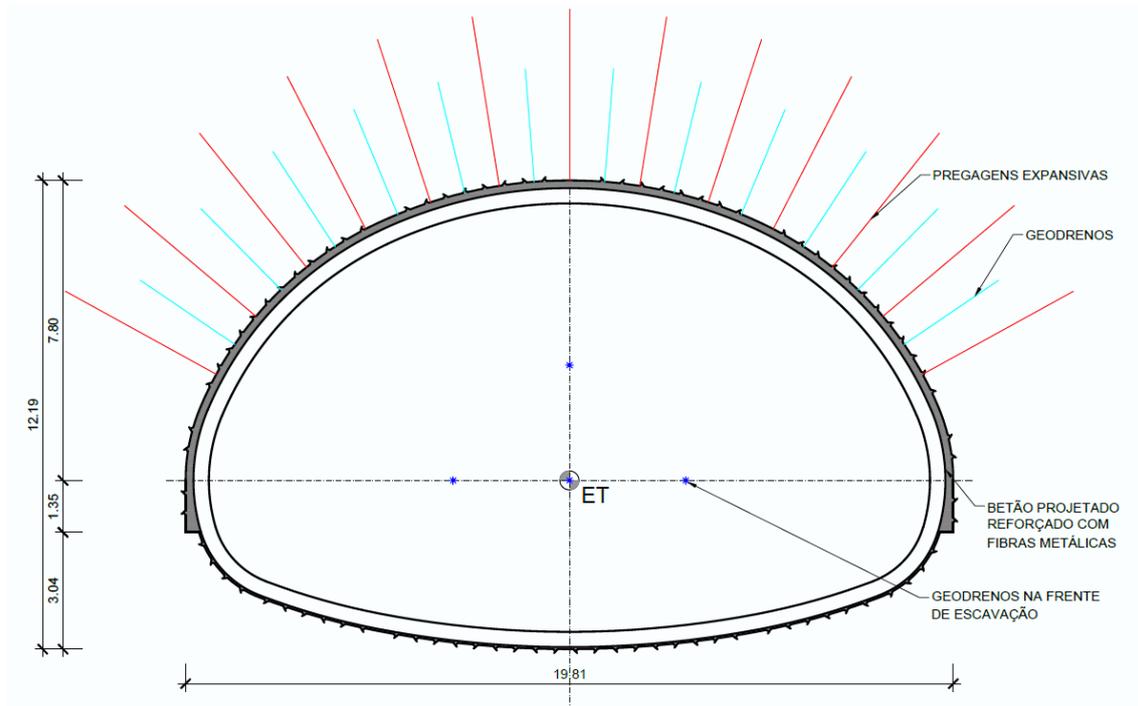


Figura 12 – Suporte Tipo VR2.6

8.1 Revestimento definitivo

A estrutura definitiva exterior (revestimento definitivo) da via de resguardo será construída após a execução da estrutura de suporte primário.

As secções transversais dos revestimentos definitivos da OE4 foram definidas respeitando-se os constrangimentos ao contorno interior das secções, a garantia da segurança e os condicionamentos geotécnicos das camadas atravessadas.

Para as secções VR2.1, VR2.2, VR2.3, VR2.4 e VR2.5 de túnel das transições a abóbada apresenta espessura constante de 0,30 m, sendo que a presença de nível freático acima da abóbada conduz à necessidade de espessar a base dos hasteais, para um máximo de 0,55 m e um mínimo na soleira com 0,40 m. Na secção VR2.6 tem mais 0,10 m em todos elementos apresentados.

A secção de túnel individual da via de resguardo apresenta espessura 0,30 m, com um espessamento na zona dos hasteais, com um máximo de 0,45 m.

A galeria de ligação apresenta uma geometria condicionada pelas cotas dos tuneis interligados, pelas necessidades de drenagem e tem uma espessura constante de 0,25 m.

Prevê-se a adoção de processos construtivos habituais para este tipo de estruturas, adotando-se soluções betonadas “in-situ” executadas com recurso a cofragens tradicionais.

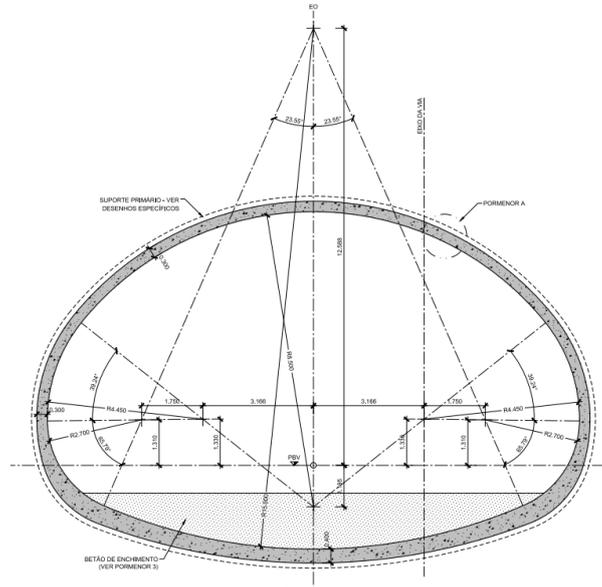


Figura 16 – Revestimento Definitivo: Via de Resguardo 2 (OE4) – Secção VR2.4

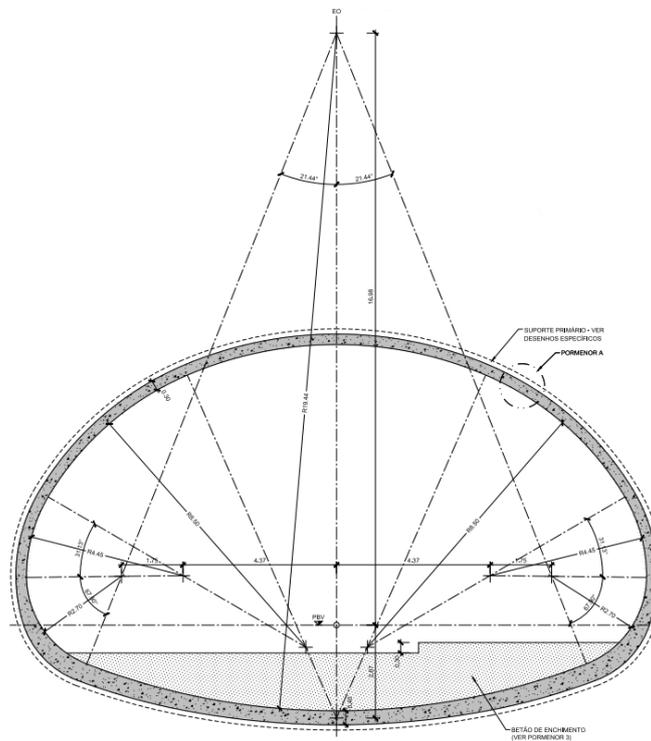


Figura 17 – Revestimento Definitivo: Via de Resguardo 2 (OE4) – Secção VR2.5

9 FASEAMENTO CONSTRUTIVO

Genericamente, o suporte primário da via de resguardo 2 será executado de acordo com o seguinte faseamento:

1. Execução do suporte primário da secção tipo Túnel de Via (TV) a partir do emboquilhamento da localizado na OE6 até ao PK 2+754,351.
2. Ao PK 2+754,351, alteração da secção de escavação da secção tipo TV para a geometria da Fase 1 das secções tipo VR2.6 a VR 2.1, com a escavação destas em sequência, sem alargamento das secções, até ao PK 2+680,351.
3. A partir do PK 2+680,351, alargamento da secção VR2.1 (Fase 2) em sentido inverso ao executado nos pontos 1 e 2 anteriores, com a demolição do septo provisório da Fase 1.
4. Alargamento das secções VR2.2 a VR2.6 , com a demolição dos septos provisórios da Fase 1.
5. Escavação da soleira nas secções TV e VR2.6 a VR2.1.
6. Execução do chapéu troncocónico de enfilagens para proteção do início da escavação da secção VR2.7.
7. Escavação da secção VR2.7 a partir do PK 2+754,351 até ao PK 2+854,772 em secção total, com execução durante o avanço de pregagens injetadas com calda de cimento, para reforço do maciço entre as galerias de secção VR2.7 e TV.
8. A partir da secção TV, execução da escavação e suporte primário do túnel de ligação entre galerias em secção total.
9. Instalação do sistema de impermeabilização.
10. Execução do revestimento definitivo.

10 PROJETO GEOTÉCNICO DO SUPORTE PRIMÁRIO

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

10.1 Ações consideradas

As ações consideradas são as apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 – Ações de dimensionamento

| Ações | Valor/Observação |
|---------------------------------|--|
| CARGAS PERMANENTES | – |
| Peso próprio | $\gamma_{\text{betão}} = 25 \text{ kN/m}^3$ |
| AÇÕES DO SOLO | – |
| 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). |
| IMPULSOS DE ÁGUA | – |
| 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). |
| SOBRECARGAS À SUPERFÍCIE | – |
| Carga de ocupação à superfície | 10 kN/m^2 |

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

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

Combinação fundamental geral:

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

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 ψ adotados são os definidos no Tabela 12:

Tabela 12 – Coeficientes de redução

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

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

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

- Combinação 1: A1 "+" M1 "+" R1(caso geral)
- Combinação 2: A2 "+" M2 "+" R1(caso geral)

Para a verificação da segurança aos estados limite serão considerados valores dos coeficientes parciais de segurança relativos às ações, de acordo com o estipulado nas normas NP EN1990 e NP EN1991 (Tabela 13) e aos materiais, segundo os regulamentos correspondentes a cada um destes estados limites (Tabela 14 e Tabela 15).

Tabela 13 – Coeficientes parciais de segurança utilizados nas ações

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

Tabela 14 – 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 | γ_{cu} | 1,00 | 1,40 |
| Peso volúmico | γ_V | 1,00 | 1,00 |

Tabela 15 – Coeficientes parciais de segurança relativos aos materiais para os estados limites últimos

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

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

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

10.3 Modelos numéricos

Para o desenvolvimento dos modelos numéricos, utilizou-se o programa de cálculo automático Plaxis, o qual permite a produção automatizada de um malha de elementos finitos, triangulares de

quinze nós, tendo esta sido refinada a 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 rotação 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 Estudo Prévio em modelos numéricos bidimensionais contemplam 40%, 60% e 80% de descompressão.

10.4 Modelos de interação solo-estrutura

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 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

As pregagens previstas no contorno da escavação foram modeladas através de elementos plásticos. A área de influência das pregagens adotadas nas análises numéricas, reflete a densidade da malha de pregagens a aplicar nas diferentes zonas da escavação.

A secção VR2.6 foi identificada como condicionante para o dimensionamento do suporte primário. O modelo de cálculo bidimensional adotado encontra-se ilustrado na Figura 20.

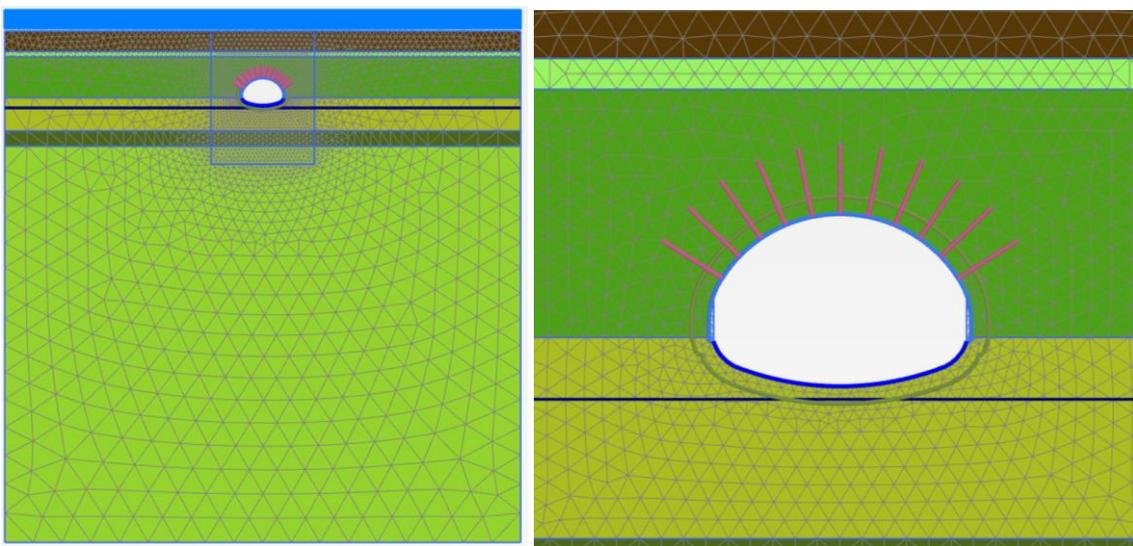


Figura 20 – Suporte VR2.6

10.5 Faseamento construtivo adotado nos modelos numéricos

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 a que os deslocamentos decorrentes da sua aplicação não fossem somados aos deslocamentos resultantes da escavação.

Na [Error! Reference source not found.](#) a [Error! Reference source not found.](#) apresenta-se o faseamento construtivo adotado para o modelo bidimensional da secção VR2.6, tendo o faseamento adotado para as restantes secções sido semelhante.

10.6 Verificações de segurança

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

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

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

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

Tabela 16 – Combinações de ações consideradas nas verificações de segurança

| Verificações de segurança | Combinação |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| Estados Limites Últimos (ELU) | Combinações fundamentais de ações |
| Estado Limite de Utilização (ELS) | Combinação característica de ações |

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

Nesta fase de estudo consideraram-se relevantes as verificações da segurança aos estados limites dos elementos estruturais indicados na Tabela 17, 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 17 – Verificações de segurança associadas ao suporte primário

| Tipo de verificação | |
|---|--|
| Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU) | 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 à tração da armadura das pregagens |
| 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 |

10.6.1 Estado Limite Último de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas

Com referido no ponto, foram produzidos modelos bidimensionais e tridimensionais com o objetivo de aferir os esforços aos quais os diversos elementos que constituem o suporte primário estarão sujeitos durante a várias etapas de construção.

Neste contexto, a análise dos esforços relativos às etapas de escavação em que o betão se encontra com idade jovem foi realizada com base nos esforços extraídos dos modelos tridimensionais. Nestes modelos, foi realizada a modelação do avanço de escavação em articulação com o ganho de resistência do betão aplicado nas fases de escavação anteriores.

A curva de ganho de resistência do betão projetado adotada para o incremento dos parâmetros de rigidez dos modelos de cálculo e para a realização das respetivas verificações de segurança foi a curva extraída do fib Model Code 2010 (Figura 21).

A adoção desta curva permite estimar a evolução dos parâmetros do betão projetado desde as idades jovens (1 hora) até aos 28 dias (672 horas). Relativamente à evolução dos parâmetros nas primeiras 24 horas, referidos na norma relativa à especificação de betão projetado (NP EN 14487-1), a curva adotada permite obter parâmetros de acordo com o ganho de resistência espetável para uma classificação J2.

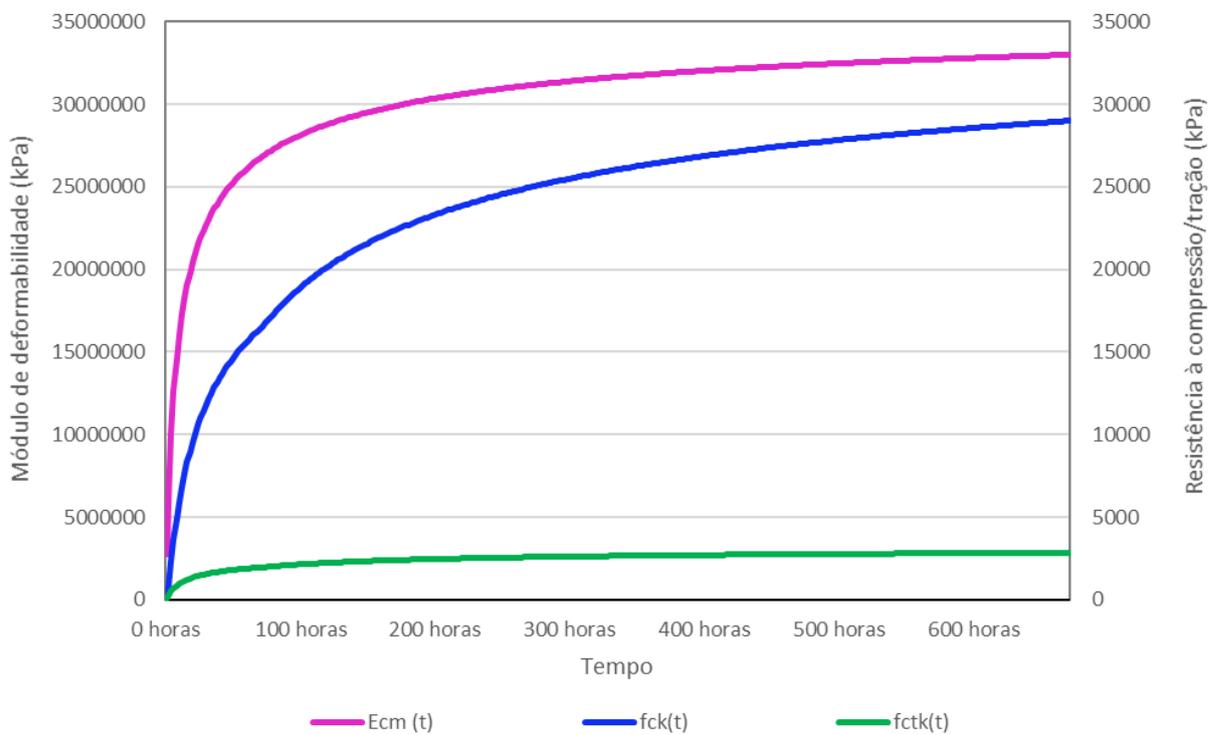


Figura 21 – Evolução do ganho de resistência e de rigidez do betão projetado considerada (fib Model Code 2010)

No dimensionamento estrutural do suporte primário também foi considerada a contribuição resultante da inclusão de fibras metálicas no betão projetado. 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 eletrossoldada 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):

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

- σ_{2d} is the design value of the steel fiber reinforced concrete in tension, based on $f_{R1,m}$
- σ_{3d} is the design value of the steel fiber reinforced concrete in tension, based on $f_{R4,m}$
- α_{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,

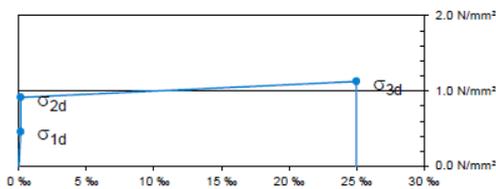
| | |
|-----------------|--|
| κ_h | is a coefficient to compensate for scaling effects |
| α_{char} | is the coefficient taking account of the variation of the material properties for the selected application |
| γ_{ct}^f | is the partial factor for steel fiber concrete in tension |

Na Figura 22 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.

Steel Fibre Concrete

| | | | |
|--|----------------------|----------------------|--|
| effective depth d | 200 | [mm] | |
| concrete class | C30/37 | | |
| characteristic strength f_{ck} | 30 | [N/mm ²] | |
| partial factor γ_c | 1.50 | [-] | |
| factor α_{cc} | 0.85 | [-] | |
| $\alpha_{R1} \cdot f_{R1m} \rightarrow \sigma_2$ | 0.40 | [-] | (conversion factor flexion \rightarrow tension) |
| $\alpha_{R3} \cdot f_{R3m} \rightarrow \sigma_3$ | 0.39 | [-] | (conversion factor flexion \rightarrow tension) |
| $f_{R1,m}$ | 3.82 | [N/mm ²] | (according to EN 14651) |
| $f_{R3,m}$ | 4.76 | [N/mm ²] | (according to EN 14651) |
| κ_h | 1.00 | [-] | |
| partial factor γ_{ct}^f | 1.50 | [-] | |
| Dramix® fiber type | Dramix 4D 65/60BG | | (EN 14889-1: System '1' - Structural Use) |
| recommended dosage | 30 kg/m ³ | | (recommended dosage for testing according to EN 14561) |

Constitutive Law for Steel Fibre Concrete: $\sigma - \varepsilon$



$\sigma - W / \sigma - \varepsilon$

| | | |
|-----------------|------|------|
| W_u | 2.5 | [mm] |
| l_{cs} | 100 | [mm] |
| ε_u | 25.0 | [%] |

| | |
|---------------------------|------------------------|
| Reinforcement | Fibers Only |
| yield strength f_{yk} | - [N/mm ²] |
| partial factor γ_s | - [-] |

Figura 22 - Parâmetros de modelação da contribuição das fibras metálicas (segundo Bekeart Moment Capacity)

Na Figura 23 apresentam-se os parâmetros de entrada para a determinação dos diagramas de capacidade resistente para a flexão composta, considerando a inclusão das fibras metálicas. Nos diagramas de interação para a verificação do ELU de flexão composta do betão projetado, serão apresentados os limites de resistência com e sem a contribuição das fibras metálicas.

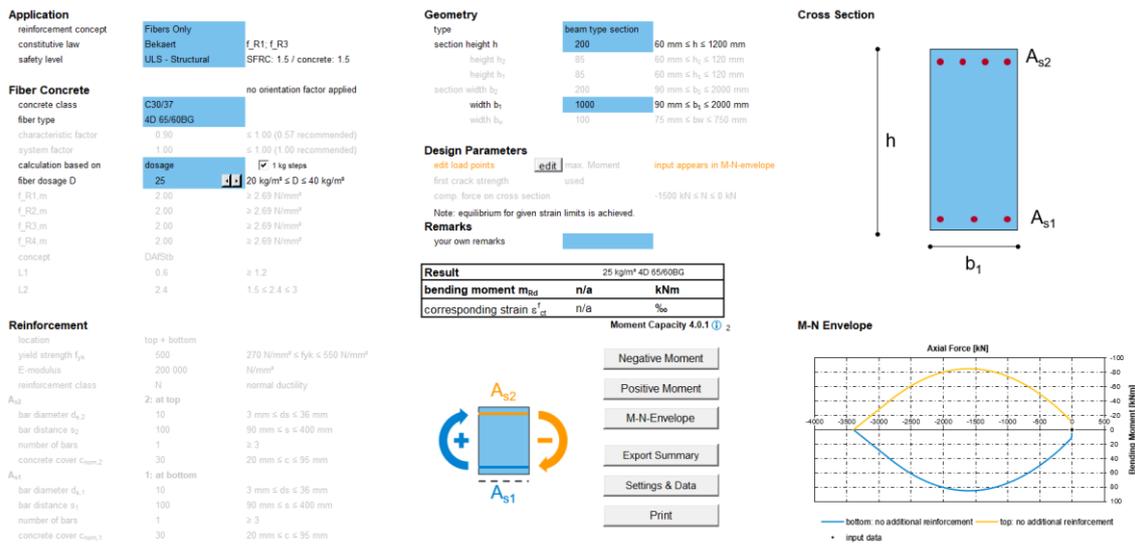


Figura 23 – Capacidade resistente com a inclusão de fibras metálicas (segundo Bekaert)

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

Para confirmar que os esforços obtidos verificam o conjunto de condições referidas anteriormente, os esforços serão apresentados em diagramas de capacidade resistente (M, N).

10.6.2 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

Para a verificação da segurança para o revestimento de betão projetado para idade jovem, à semelhança do indicado no ponto 10.6.1, os esforços serão extraídos do modelo tridimensional a meio da secção de betão projetado do avanço anterior, aquando da execução do avanço seguinte de escavação.

Para confirmar que os esforços obtidos verificam o conjunto de condições referidas anteriormente, os esforços serão igualmente apresentados em diagramas de capacidade resistente (V, N), devidamente ajustados à idade do betão na referida fase.

10.6.3 Estado limite de utilização – deslocamentos e convergências da secção

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.

10.6.4 Estado limite de utilização dos assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação subterrânea

A verificação do ELS dos assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação subterrânea encontra-se realizada no Tomo II – Volume 13 – Interferências ao Longo da Linha.

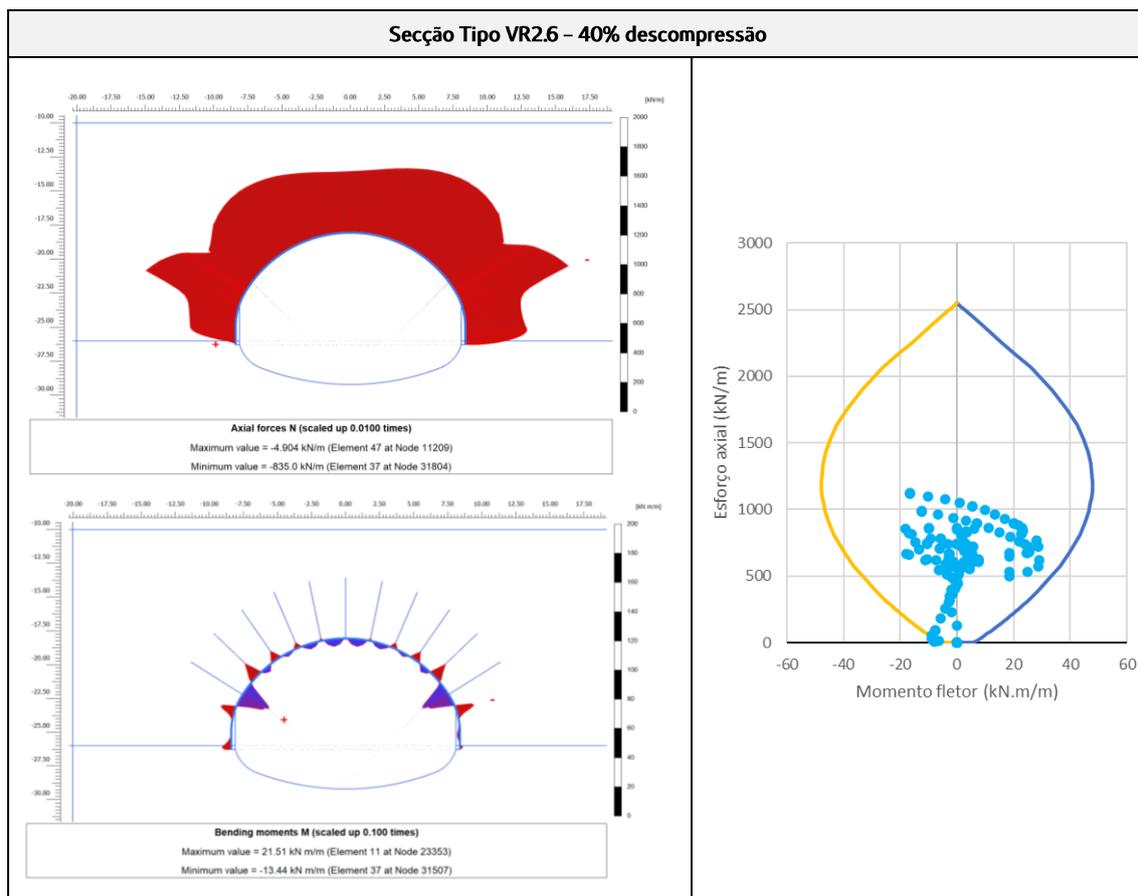
11 RESULTADOS DAS VERIFICAÇÕES DE SEGURANÇA DO SUPORTE PRIMÁRIO

Neste capítulo apresentam-se os apenas os resultados condicionantes para as verificações de segurança associadas ao dimensionamento do suporte primário da via de resguardo.

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

Na Tabela 18 apresentam-se as verificações ao ELU de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas, para a fase em que todas as fases se encontram escavadas na totalidade. 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.

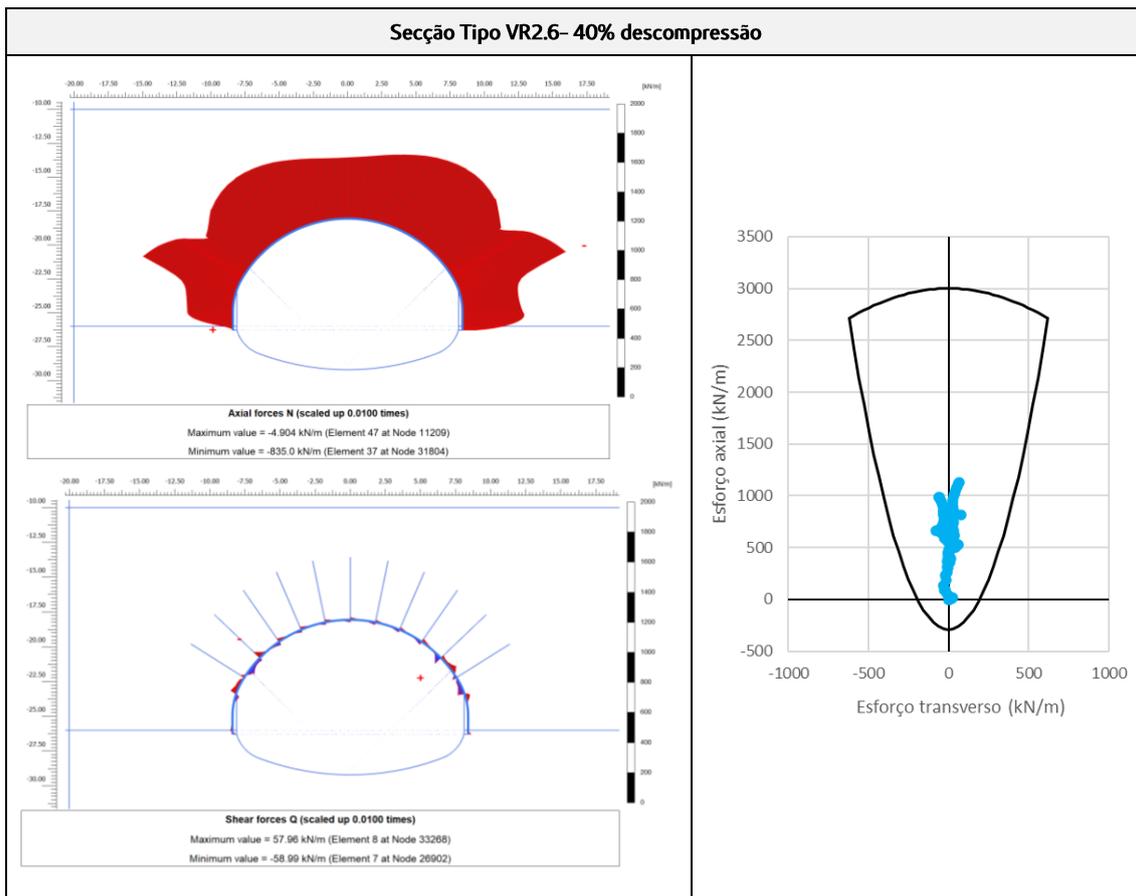
Tabela 18 - Secção Tipo VR2.6



11.2 Estado limite último de resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas

Na Tabela 19 apresentam-se as verificações ao ELU de resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas, para a fase em que a calote e o rebaixo se encontram escavados na totalidade. Os esforços apresentados nos diagramas de verificação encontram-se majorados. Os correspondentes diagramas de esforços não-majorados são também apresentados no mesmo conjunto de tabelas.

Tabela 19 – Secção Tipo VR2.6

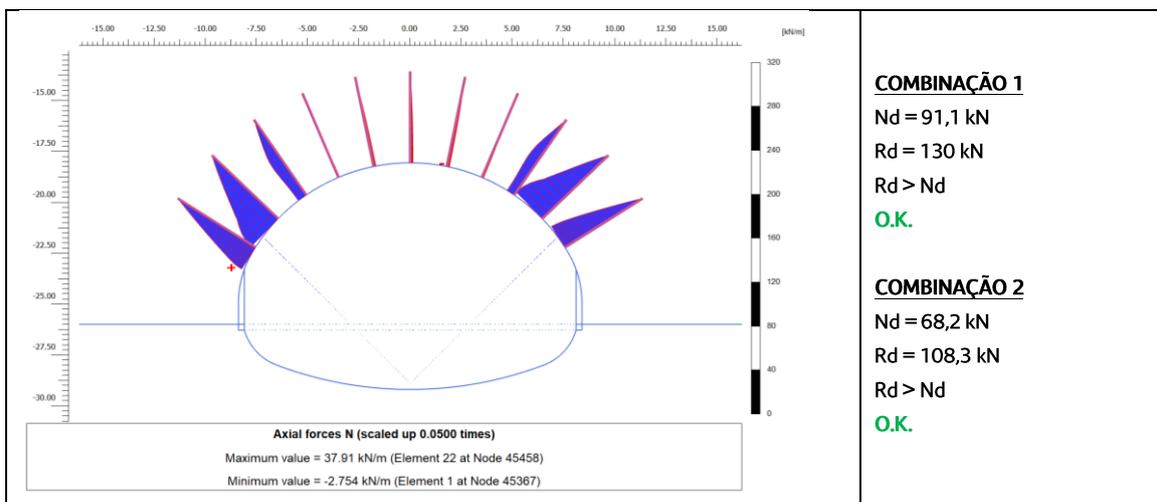


11.3 Estado limite último de resistência à tração da armadura das pregagens

Na Tabela 20 apresentam-se as verificações ao ELU à tração da armadura das pregagens, para a fase em que a secção se encontra escavada na totalidade.

Tabela 20 – Secção Tipo VR2.6

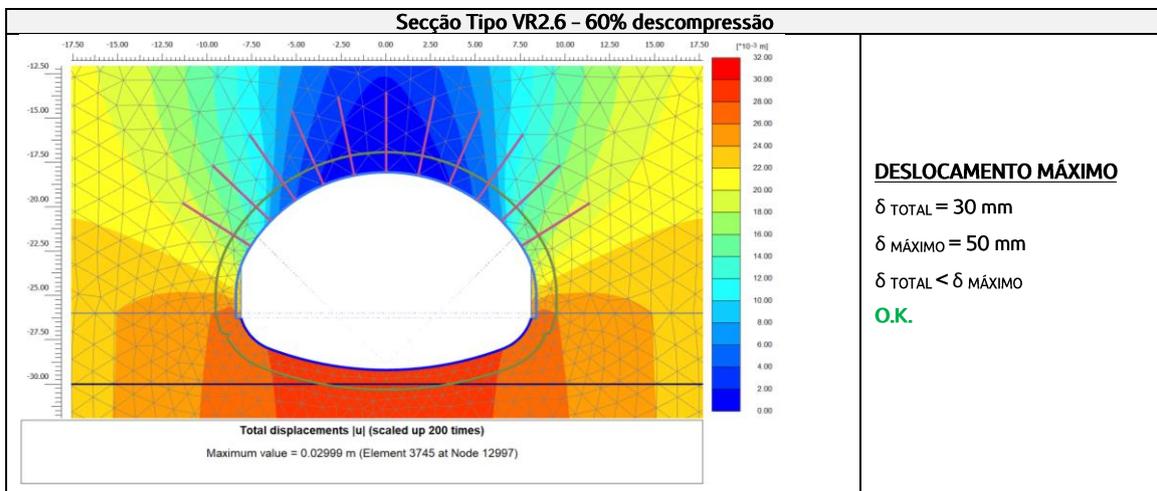
Secção Tipo VR2.6 - 60% descompressão



11.4 Estado limite de utilização – deslocamentos e convergências da secção

Na Tabela 21 apresentam-se as convergências estimadas para a secção de cálculo.

Tabela 21 – Secção Tipo VR2.6

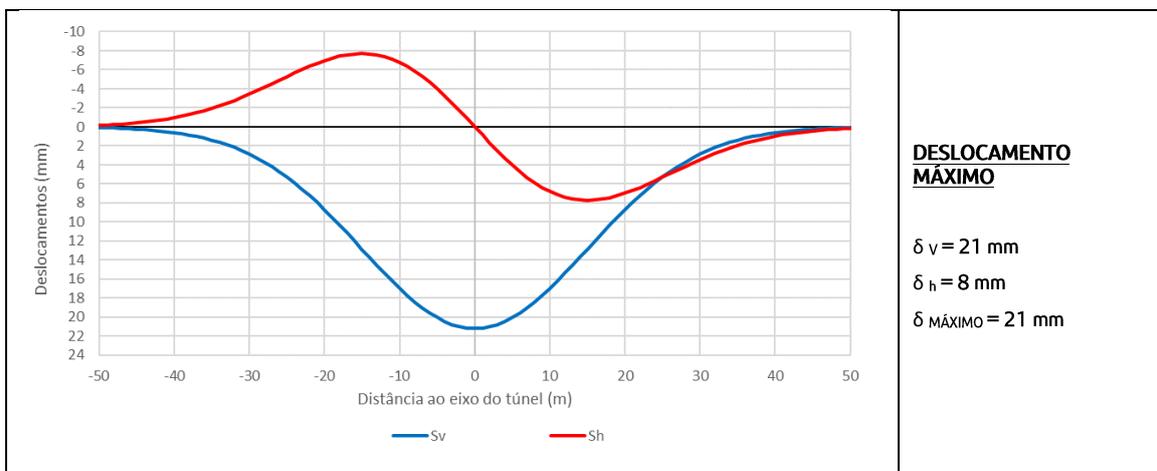


11.5 Estado limite de utilização dos assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação subterrânea

Na Tabela 22 apresentam-se os assentamentos estimados à superfície para a secção de cálculo.

Tabela 22 – Secção Tipo VR2.6





12 PROJETO DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS

12.1 Metodologia de Cálculo

O dimensionamento estrutural da secção foi realizado com recurso a um programa de cálculo automático de estruturas desenvolvido na COBA, que utiliza o método dos elementos finitos e modela a estrutura com elementos de barra apoiados elasticamente.

O cálculo estrutural realizado para a obtenção dos esforços devidos a carregamentos exteriores foi executado através de uma análise não-linear, considerando elementos lineares apoiados elasticamente, tendo-se desactivado as molas tracionadas.

Os modelos de cálculo utilizados na análise estrutural são do tipo apresentado na figura seguinte.

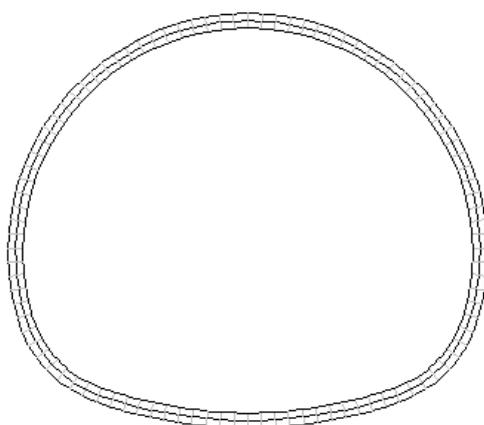


Figura 24 – Modelo de cálculo de uma secção tipo

O módulo de reação (k) dos apoios elásticos foi estimado a partir do módulo de deformabilidade (E) do maciço e do seu coeficiente de Poisson (ν) pela seguinte expressão:

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

em que R representa o raio do revestimento definitivo.

No quadro seguinte apresentam-se os parâmetros geotécnicos adotados no cálculo e que correspondem aos complexos geomecânicos Cc1b e Cc1c.

Tabela 23 – Revestimento definitivo. Parâmetros geotécnicos adotados

| | Cc1b | Cc1c |
|-------------------------------|------|------|
| E' (MPa) | 325 | 4000 |
| ν | 0,21 | 0,21 |
| γ (kN/m ³) | 24 | 25 |

Os parâmetros apresentados no quadro acima têm o seguinte significado:

E – módulo de deformabilidade do maciço;

ν – coeficiente de Poisson do maciço;

γ – peso específico do maciço.

12.2 Ações

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

12.2.1 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) – Para o enchimento em betão simples considerou-se um peso específico de $\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^3$.
- 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).

Considerou-se que a VR2.5 e VR2.6 são revestidas por Cc1c até ao início da abóbada e por Cc1d no resto da altura sendo que, por simplificação, este foi o Impulso de Terras aplicado à secção:

- $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$;
- $H = 11,0 \text{ m}$ para a maior secção (correspondente a metade do diâmetro do túnel);
- $k_0 = 0,30$.

Considerou-se que a VR2.7 é revestida por Cc1b que, por simplificação, este foi o Impulso de Terras aplicado à secção:

- $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$;
- $H = 2,30 \text{ m}$ para a maior secção (correspondente a metade do diâmetro do túnel);
- $k_0 = 0,30$.

– Impulso Hidrostático (Iw) – Considera-se a existência de água e conseqüentemente a ação do impulso hidrostático correspondente a um nível freático ao nível da abóbada de todas as secções dos túneis. Para a determinação dos impulsos hidrostático considerou-se um peso específico da água de $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$.

12.2.2 Ações Variáveis

As ações variáveis consideradas na análise foram as seguintes:

- Sobrecarga de terrapleno – (SC_Terr) – Foi considerada uma sobrecarga de 10 kN/m² para a determinação dos impulsos de terras;
- Sobrecarga Ferroviária: cargas transmitidas pelo material circulante, conforme definido no anexo ANX_C4 – cargas MC ML.

O material circulante na linha do Metropolitano é formado por unidades triplas compostas por 2 motoras (M) e um reboque (R) com a formação MRM. Os veículos poderão ser constituídos por 2 unidades triplas, com a formação MRM-MRM.

Na Figura 25 apresenta-se o carregamento vertical correspondente a uma unidade tripla MRM, correspondente a um material circulante ML 90, definido ANX_C4 – cargas MC ML

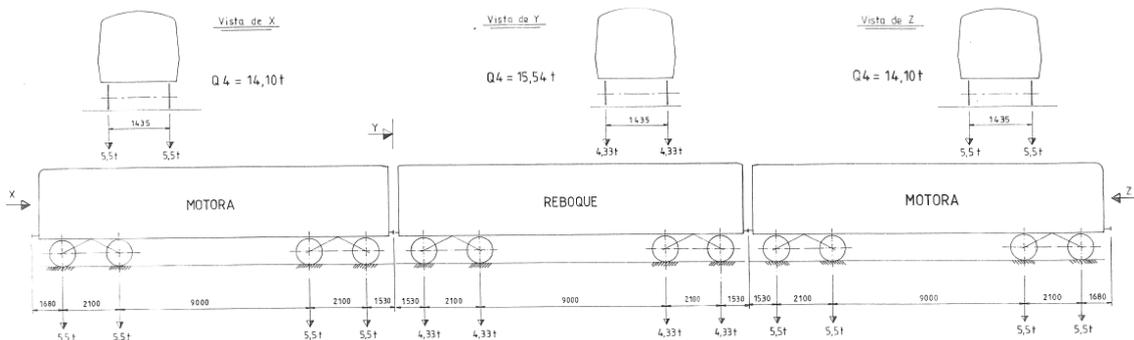


Figura 25 – Cargas transmitidas por uma formação MRM (extrato do ANX_C4, ML 90)

Na análise estrutural considera-se a degradação das cargas do material circulante em profundidade ao longo do enchimento previsto sobre o revestimento definitivo, resultando numa carga uniformemente distribuída de 42,6 kN/m².

12.2.3 Ação Sísmica

O efeito do sismo nas estruturas enterradas materializa-se pela imposição de deslocamentos no seu contorno em resultado da propagação das ondas sísmicas, que impõem deformações na estrutura as quais, por sua vez, geram tensões e esforços de natureza sísmica.

A ação sísmica foi definida de acordo com a NP EN 1998-1 para a zona de Lisboa.

O valor da aceleração sísmica, a_g , é determinado pela expressão apresentada no ponto 3.2.1 (3) do EC8: $a_g = \gamma_I \times a_{gr}$; em que γ_I é o coeficiente de importância que multiplica a aceleração sísmica de referência para um solo tipo A (rocha), a_{gr} .

O coeficiente de importância, γ_I , foi calculado, tendo em consideração o período de vida útil da estrutura, de acordo com os pontos 2.1(3) e 2.1(4) do EC8, considerando uma probabilidade de excedência de 10% em 100 anos:

$$\gamma_I = (T_{LR}/T_L)^{(-1/k)}, \text{ em que:}$$

$$T_L = 100 \text{ anos e } T_{LR} = 50 \text{ anos,}$$

k é um expoente que, de acordo com o ponto NA 4.2.5 (5) P do Anexo Nacional do EC8, toma os seguintes valores: $k = 1,5$ para o sismo tipo 1, e; $k = 2,5$ para o sismo tipo 2.

Tabela 24 – Quantificação da ação sísmica

| | Ação Sísmica Tipo 1 | Ação Sísmica Tipo 2 | Observação |
|--------------------|---------------------|---------------------|---|
| $a_{gr} (m/s^2) =$ | 1,5 | 1,7 | Quadro NA.I do EC8-1 (zona sísmica 1.3 e 2.3) |
| $\gamma_I =$ | 1,59 | 1,32 | - |
| $a_g (m/s^2) =$ | 2,38 | 2,24 | - |

A metodologia de análise sísmica a adotada compreende:

- a obtenção dos campos de “deslocamentos sísmicos” a aplicar à estrutura, obtidos com base em modelos bidimensionais que incluem a estrutura e a estratificação do maciço envolvente até um substrato rígido;
- a imposição estática, aos modelos estruturais do túnel, do campo cinemático mais desfavorável obtido na análise anterior e cálculo dos correspondentes esforços.

As principais fases da metodologia acima descrita são as seguintes:

- 1) Avaliação do campo de deslocamentos sísmicos no modelo bidimensional de interação solo-estrutura;
- 2) Calibração da rigidez das “barras de solo” equivalentes a adotar no modelo estrutural do túnel;
- 3) Aplicação do perfil de deslocamentos sísmicos no modelo estrutural do túnel.

No modelo de análise estrutural (software SAP2000), o comportamento não linear da estrutura, para o campo de “deslocamentos sísmicos” aplicado, é incorporado pela consideração do coeficiente de comportamento $q=1,5$, de acordo com o definido na EN 1998 para este tipo de estruturas.

No que se refere à combinação das componentes direcionais da ação sísmica, adota-se o preconizado no Eurocódigo 8, avaliando-se os esforços para a ação sísmica a atuar independentemente em cada direção, e posteriormente combinado os esforços resultantes:

$$\text{Sismo}_H = 1,0 \times E_H \text{ "+" } 0,3 \times E_V$$

$$\text{Sismo}_V = 0,3 \times E_H \text{ "+" } 1,0 \times E_V$$

em que,

- "+" – significa ser combinado com;
- E_H e E_V – são os efeitos da ação sísmica a atuar isoladamente na direção horizontal e vertical, respetivamente.

12.2.4 Ações Acidentais

12.2.4.1 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. Na Tabela 6 está representado o valor do recobrimento adotado com vista a garantir o requisito de durabilidade e de resistência ao fogo.

12.3 Combinações de Ações

12.3.1 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:

12.3.1.1 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.

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

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

ψ_0 – Valor reduzido da ação variável i .

12.3.1.2 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).

12.3.1.3 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;

ψ_2 – Valor reduzido da ação variável j .

12.3.2 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:

12.3.2.1 Combinação rara de ações:

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

12.3.2.2 Combinação frequente:

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

12.3.2.3 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.

ψ_1 e ψ_2 – Valores reduzidos da ação variável j .

12.4 Critérios de Verificação da Segurança

12.4.1 Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU)

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

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

- Estado limite último de resistência à flexão;

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

A verificação da segurança estrutural para a ação do fogo é garantida com adoção de dimensões e recobrimentos mínimos de armaduras.

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

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

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

12.4.3 Verificação da Segurança relativamente à rotura por Levantamento Global

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

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

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

12.5 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

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

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

De seguida apresentam-se os esforços e as armaduras de cálculo obtidos, para cada secção, na verificação 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.

12.5.1.1 Secção VR2.5

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio, as ações das Terras e um Impulso Hidrostático equivalente a uma pressão hidrostática com a água no topo da abóbada. Apresentam-se de seguida os esforços e armaduras de cálculo obtidos.

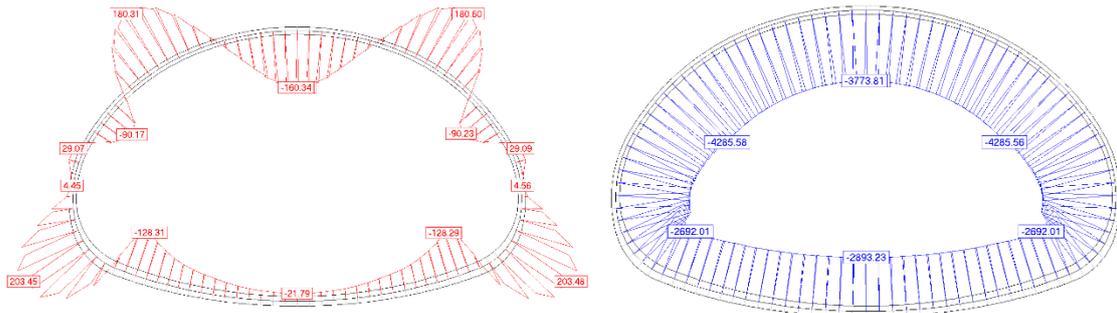


Figura 26 – Secção VR2.5. Esforços de dimensionamento Msd (kNm/m) e Nsd (kN/m) (ELU)

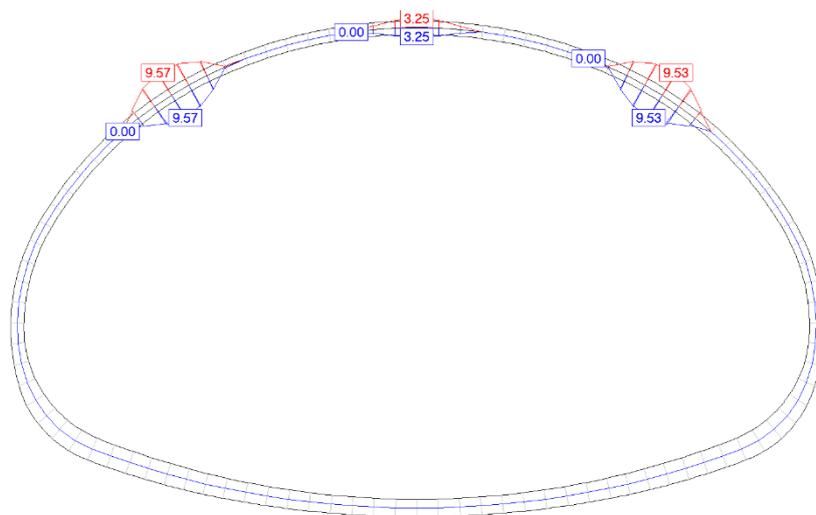


Figura 27 – Secção VR2.5. Armaduras de cálculo de flexão (cm²/m)

Para a secção VR2.5 e de acordo com a armadura de cálculo obtida, foi adotada uma malha de $\varnothing 12/0,10$ na face interior e na face exterior.

Para o mesmo caso de carga apresentado para a verificação da flexão, obteve-se também a situação mais desfavorável para o esforço transversal. Apresentam-se de seguida o diagrama de esforço transversal obtido.

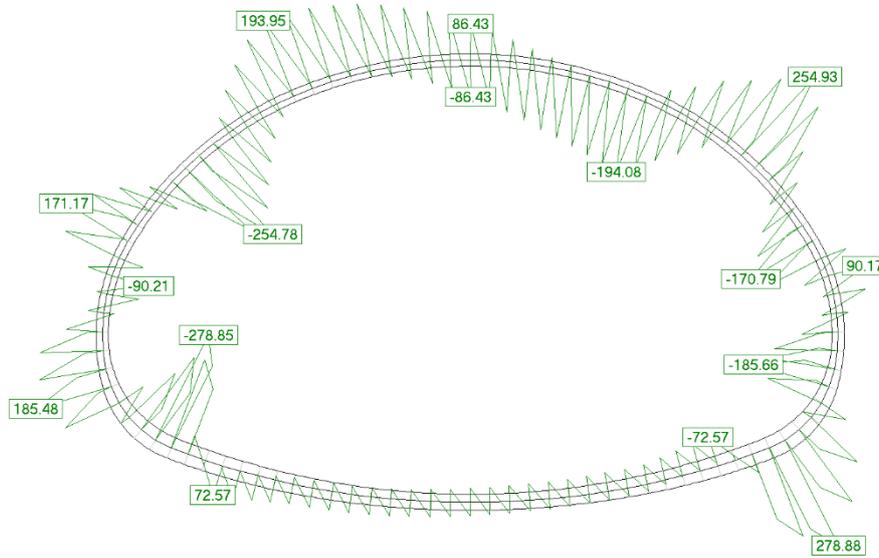


Figura 28 – Secção VR2.5. Esforço transversal de dimensionamento V_{sd} (kN/m)

Para uma secção corrente de 0,40 m obteve-se um $V_{Rd,c}$ de cerca de 510 kN/m, superior ao V_{sd} e conclui-se que não será necessária armadura de esforço transversal.

12.5.1.2 Secção VR2.6

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio, as ações das Terras e um Impulso Hidrostático equivalente a uma pressão hidrostática com a água no topo da abóbada. Apresentam-se de seguida os esforços e armaduras de cálculo obtidos.

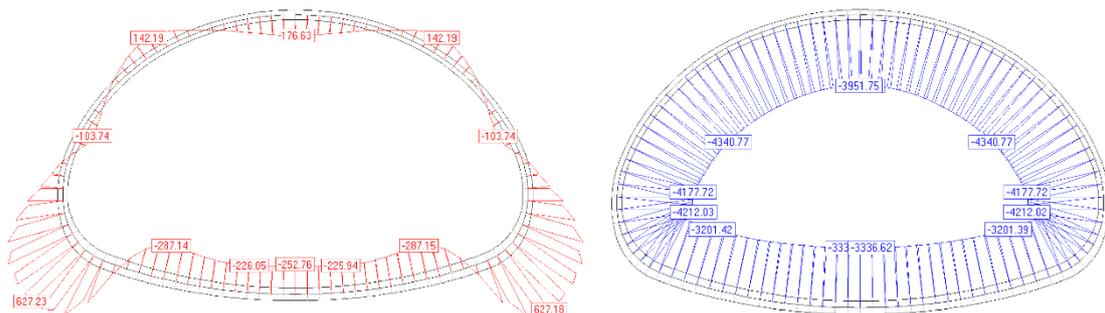


Figura 29 – Secção VR2.6. Esforços de dimensionamento M_{sd} (kNm/m) e N_{sd} (kN/m) (ELU)

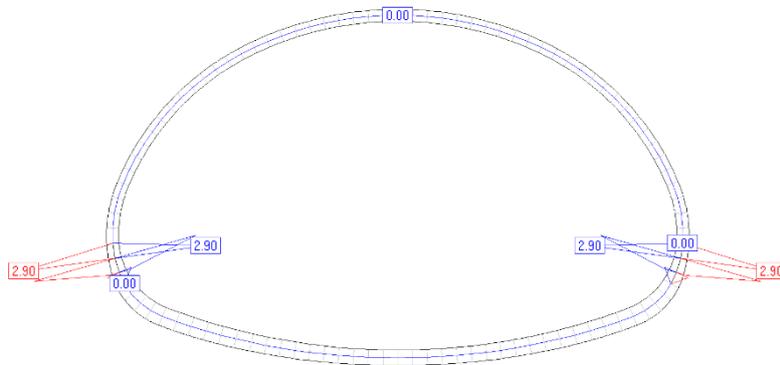


Figura 30 – Secção VR2.6. Armaduras de cálculo de flexão (cm^2/m)

Para a secção VR2.6 e de acordo com a armadura de cálculo obtida, foi adotada uma malha de $\varnothing 12//0,10$ na face interior e na face exterior.

Para o mesmo caso de carga apresentado para a verificação da flexão, obteve-se também a situação mais desfavorável para o esforço transversal. Apresentam-se de seguida o diagrama de esforço transversal obtido.

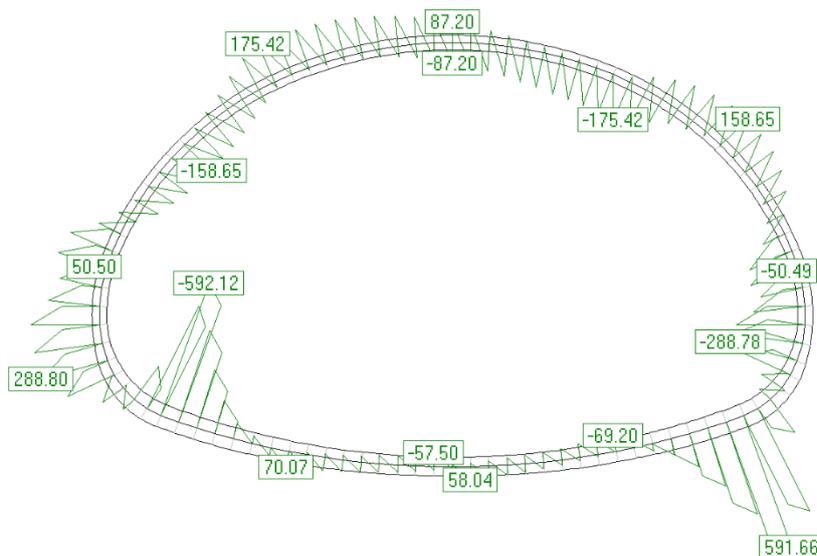


Figura 31 – Secção VR2.6. Esforço transversal de dimensionamento V_{sd} (kN/m)

Para uma secção corrente de 0,50 m obteve-se um $V_{Rd,c}$ de cerca de 610 kN/m , superior ao V_{sd} e conclui-se que não será necessária armadura de esforço transversal.

12.5.1.3 Secção VR2.7

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio, as ações das Terras e um Impulso Hidrostático equivalente a

uma pressão hidrostática com a água no topo da abóbada. Apresentam-se de seguida os esforços e armaduras de cálculo obtidos.

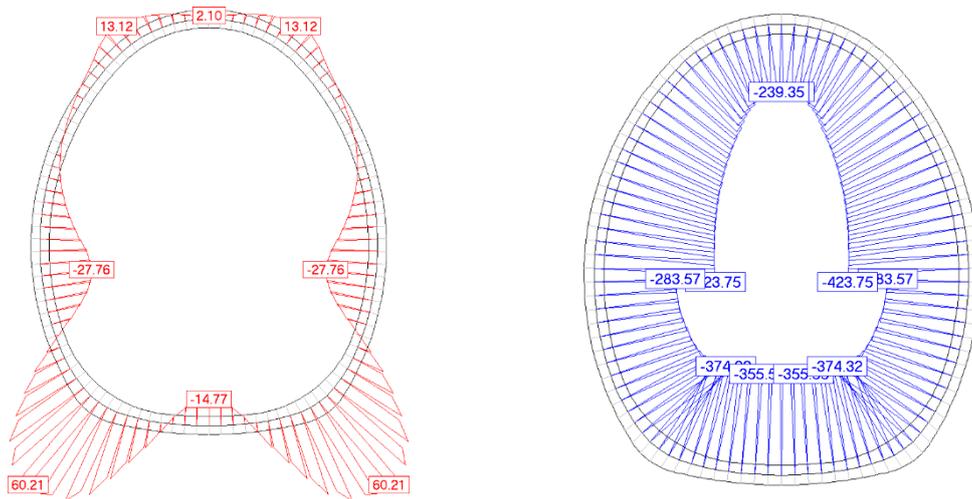


Figura 32 – Secção VR2.7 Esforços de dimensionamento M_{sd} (kNm/m) e N_{sd} (kN/m) (ELU)

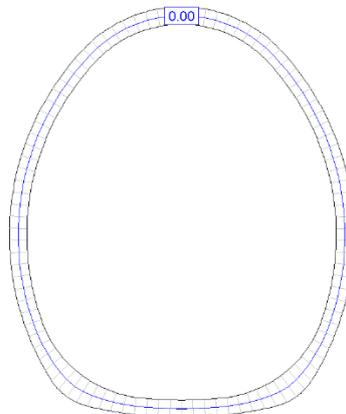


Figura 33 – Secção VR2.7. Armaduras de cálculo de flexão (cm^2/m)

Para a secção **VR2.7** e de acordo com a armadura de cálculo obtida, foi adotada uma malha de $\phi 12/0,10$ na face interior e na face exterior.

Para o mesmo caso de carga apresentado para a verificação da flexão, obteve-se também a situação mais desfavorável para o esforço transversal. Apresentam-se de seguida o diagrama de esforço transversal obtido.

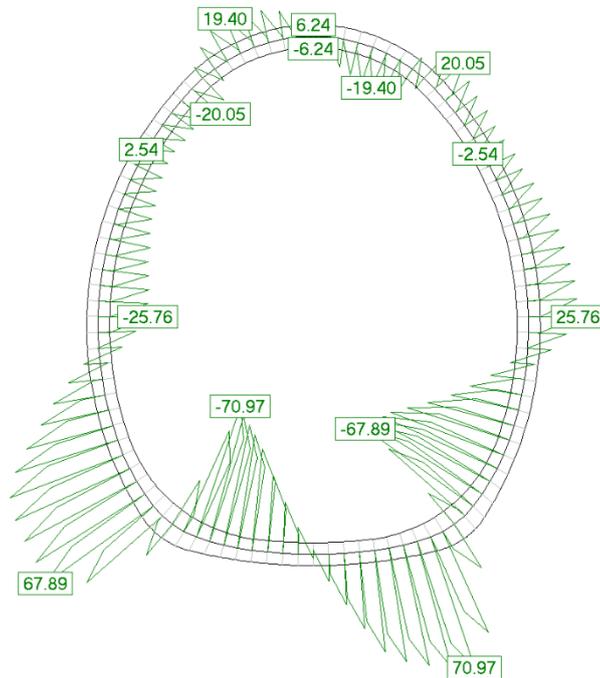


Figura 34 – Secção VR2.7. Esforço transversal de dimensionamento V_{sd} (kN/m)

Para uma secção corrente de 0,30 m obteve-se um $V_{Rd,c}$ de cerca de 180 kN/m, superior ao V_{sd} e conclui-se que não será necessária armadura de esforço transversal.

12.5.2 Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites de Serviço (ELS)

12.5.2.1 Secção VR2.5

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio, as ações das Terras e um Impulso Hidrostático equivalente a uma pressão hidrostática com a água no topo da abóbada. Apresentam-se de seguida os esforços e armaduras de cálculo obtidos.

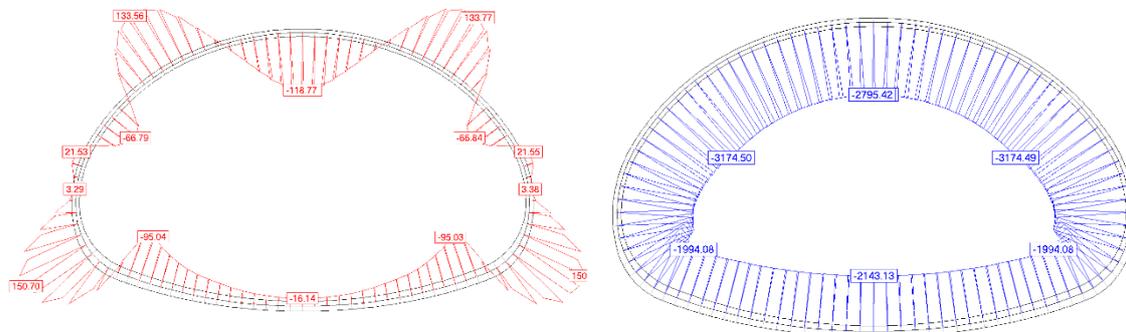


Figura 35 – Secção VR2.5. Esforços de dimensionamento M_{sd} (kNm/m) e N_{sd} (kN/m) (ELS)

A verificação da fendilhação de $wk = 0.3$ mm foi efetuada através do controlo sem cálculo direto, por limitação da tensão no aço e adotando diâmetros e espaçamentos da armadura de acordo com o ponto 7.3.3 da EN 1999-1-1.

12.5.2.2 Secção VR2.6

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio, as ações das Terras e um Impulso Hidrostático equivalente a uma pressão hidrostática com a água no topo da abóbada. Apresentam-se de seguida os esforços e armaduras de cálculo obtidos.

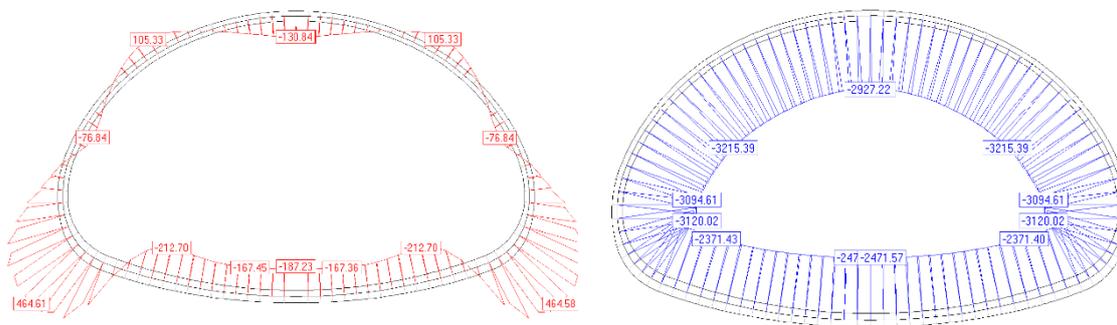


Figura 36 – Secção VR2.5. Esforços de dimensionamento Msd (kNm/m) e Nsd (kN/m) (ELS)

A verificação da fendilhação de $wk = 0.3$ mm foi efetuada através do controlo sem cálculo direto, por limitação da tensão no aço e adotando diâmetros e espaçamentos da armadura de acordo com o ponto 7.3.3 da EN 1999-1-1.

12.5.2.3 Secção VR2.7

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio, as ações das Terras e um Impulso Hidrostático equivalente a uma pressão hidrostática com a água no topo da abóbada. Apresentam-se de seguida os esforços e armaduras de cálculo obtidos.

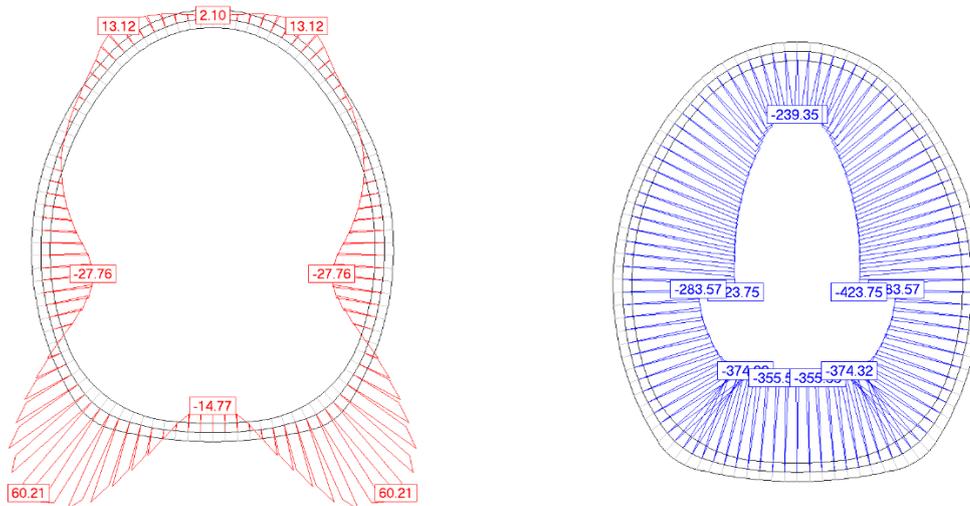


Figura 37 – Secção VR2.7 Esforços de dimensionamento M_{sd} (kNm/m) e N_{sd} (kN/m) (ELS)

A verificação da fendilhação de $w_k = 0.3$ mm foi efetuada através do controlo sem cálculo direto, por limitação da tensão no aço e adotando diâmetros e espaçamentos da armadura de acordo com o ponto 7.3.3 da EN 1999-1-1.

12.6 DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS

12.6.1 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 estrutural.

12.6.2 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.

13 INTERFERÊNCIAS

13.1 Enquadramento

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

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

- o Edificado, incluindo os de interesse patrimonial
- o Infraestruturas enterradas
- o Infraestruturas ferroviárias

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

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

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

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

13.2 Estado do edificado, incluindo património, das infraestruturas enterradas e das infraestruturas ferroviárias

13.2.1 Atividades realizadas

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

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

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

13.2.2 Edifícios

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

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

A análise dos elementos acima referidos em combinação com o posicionamento dos edifícios em relação aos trabalhos de escavação, permitiu identificar os edifícios mais suscetíveis à ocorrência de danos (Tabela 25).

Tabela 25 – Edifícios mais suscetíveis à ocorrência de danos

| N.º | CATEGORIA | LOCALIZAÇÃO | TIPO DE ESTRUTURA | TIPO DE FUNDAÇÃO |
|------|------------------|---|------------------------------------|------------------|
| 316 | Edifício Público | Avenida Infante Santo, 43 | Betão Armado | Superficial |
| 317 | Edifício | Avenida Infante Santo, 45 | Betão Armado | Superficial |
| 318 | Edifício | Avenida Infante Santo, 47A-47B-47-47C-47D | Betão Armado | Superficial |
| 319 | Edifício Público | Avenida Infante Santo, 49 | Betão Armado | Superficial |
| 329 | Edifício | Calçada das Necessidades, 3 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 331 | Edifício Público | Calçada das Necessidades, 5 | Betão Armado | Superficial |
| 333 | Edifício | Calçada das Necessidades, 8 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 334 | Edifício | Calçada das Necessidades, 10 | Betão Armado | Superficial |
| 335 | Edifício | Calçada das Necessidades, 12 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 336 | Edifício | Calçada das Necessidades, 14 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 337 | Edifício | Calçada das Necessidades, 16 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Desconhecido |
| 338 | Edifício | Calçada das Necessidades, 18 | Betão Armado | Desconhecido |
| 339 | Edifício | Calçada das Necessidades, 20 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 340 | Edifício | Calçada das Necessidades, 24 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 341 | Edifício | Calçada das Necessidades, 26 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 342 | Edifício | Calçada das Necessidades, 28 | Alvenaria Resistente | Superficial |
| 343 | Edifício | Calçada das Necessidades, 30 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 344 | Edifício | Calçada das Necessidades, 32 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 345 | Edifício | Calçada das Necessidades, 38 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 346 | Edifício | Calçada das Necessidades, 40 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 347 | Edifício | Calçada das Necessidades, 42 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 1006 | Edifício P.E | Calçada das Necessidades, 8, traseiras | Betão armado | Desconhecido |

13.3 Medidas de mitigação

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

14 PLANO DE OBSERVAÇÃO

O Plano de Observação encontra-se incluído no Tomo III – Volume 4.

15 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 I – Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha.

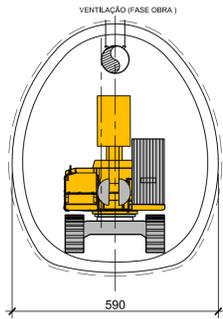
16 REDE DE TERRAS

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

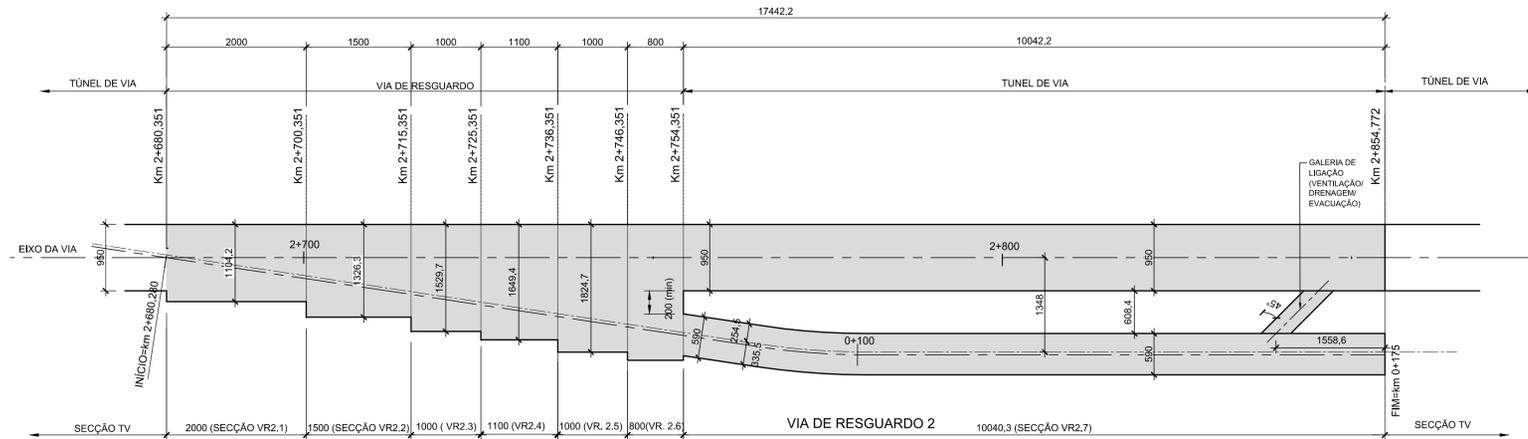
Todas as estruturas metálicas e massas da instalação serão ligadas a este sistema de terra.

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

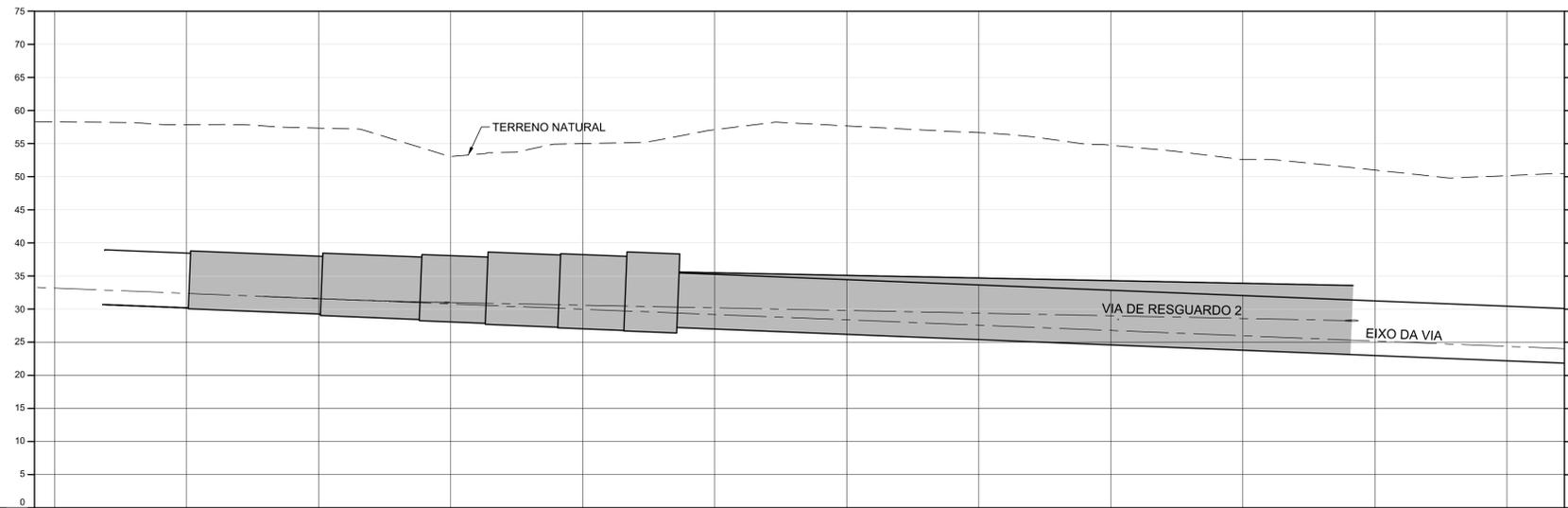
A rede de terras será composta por barras de cobre estanhado com 65x5x100, instalados em cada um dos lados da galeria de 30 em 30 metros, ligados através de soldadura aluminotérmica a um varão de aço de diâmetro de 12mm instalado ao longo da galeria e que por sua vez será ligado à armadura da estrutura dos toscos de 8 em 8 metros.



SECCÃO VR2.7 (CONSTRUÇÃO)
ESC. 1:100

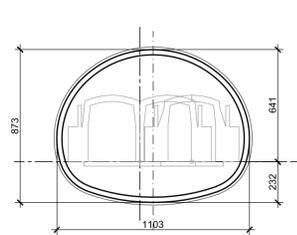


PLANTA - VIA DE RESGUARDO 2
Escala 1:500

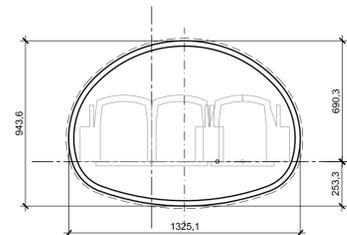


PERFIL LONGITUDINAL - VIA DE RESGUARDO 2
Escala 1:500

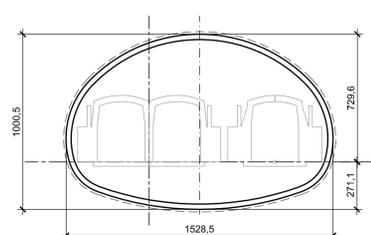
| |
|---------------------|
| QUILOMETRAGEM |
| COTA DO TERRENO |
| COTA DA RASANTE |
| SECCÃO TIPO |
| EXTENSÃO |
| MÉTODO DE ESCAVAÇÃO |



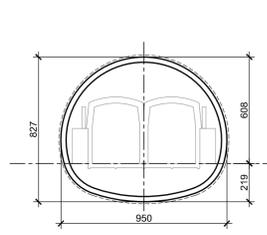
SECCÃO VR2.1
ESC. 1:200



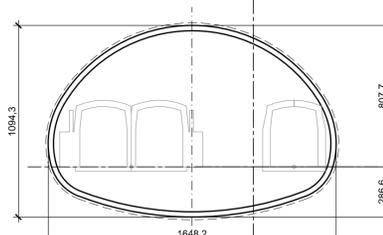
SECCÃO VR2.2
ESC. 1:200



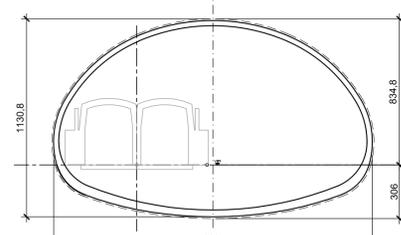
SECCÃO VR2.3
ESC. 1:200



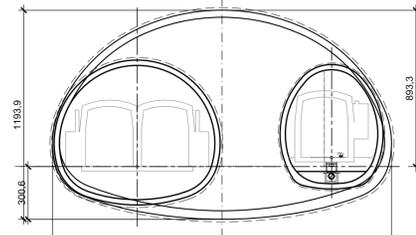
SECCÃO TV
ESC. 1:200



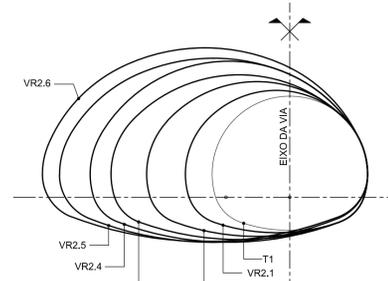
SECCÃO VR2.4
ESC. 1:200



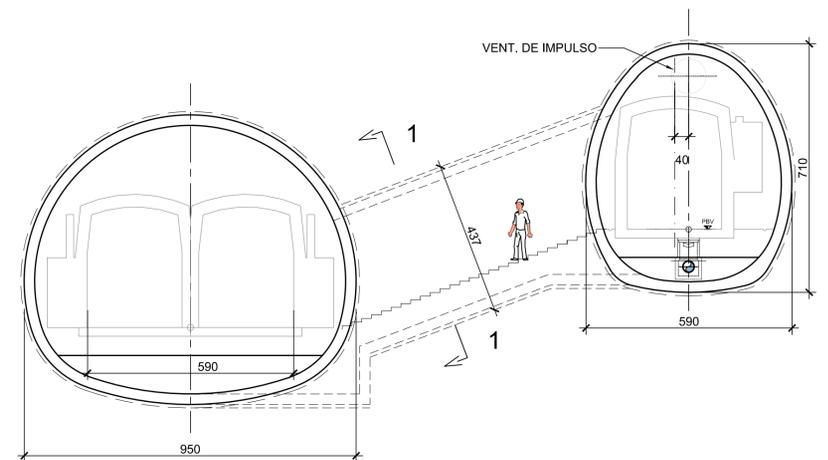
SECCÃO VR2.5
ESC. 1:200



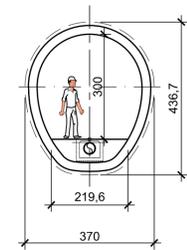
SECCÃO VR2.6
ESC. 1:200



SECCÕES VIA DE RESGUARDO 2
ESC. 1:200



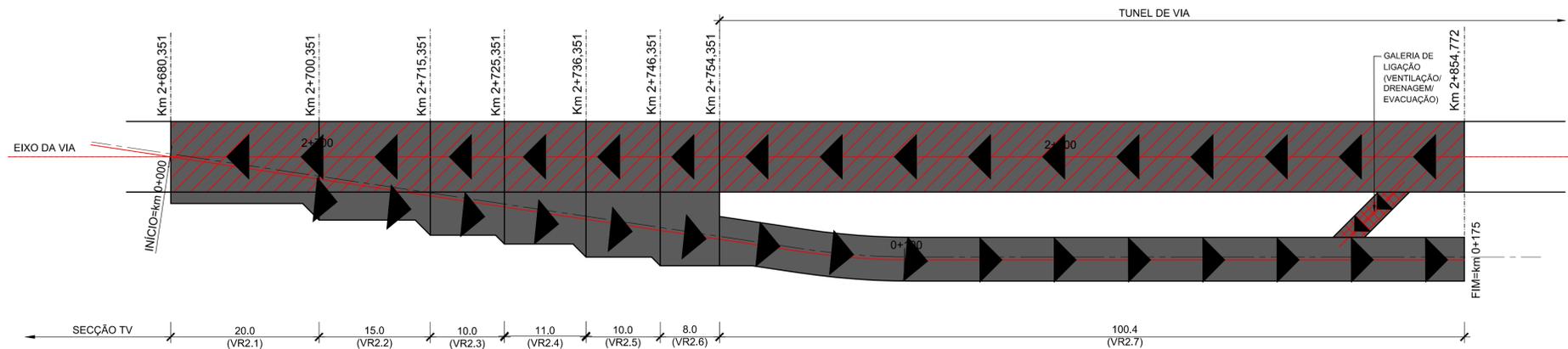
SECCÃO VR2.7+ TUNEL DE VIA
ESC. 1:100



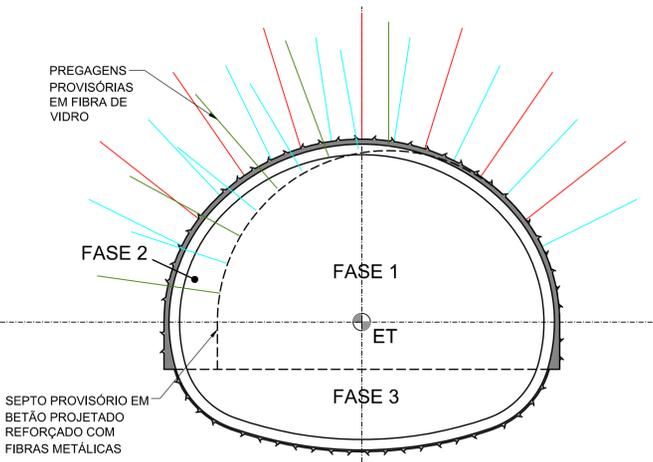
SECCÃO 1-1 (GALERIA DE LIGAÇÃO)
ESC. 1:100

| | | | |
|--|----------------|---|-------------|
| ALTERAÇÕES | | | |
| 0 | EMIÇÃO INICIAL | DATA | DES. VERIF. |
| Data: _____ Aprov. _____ Verif. _____ Proj. _____ Des. _____ | | PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÁNTARA PROJETO DE EXECUÇÃO ESTRUTURAS OBRA ESPECIAL 4 OBRA ESPECIAL OE4 - TUNEL VIA RESGUARDO 2 IMPLANTAÇÃO - PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL | |
| Escalas: Des. n.º 133713 Alter. _____ Substituído _____ Nº SAP _____ Versão _____ | | | |
| Des. _JPV_ | | Identificação Empresa Proponente: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO Escalas: 1/100 1/200 1/500 Alter. _____ | |

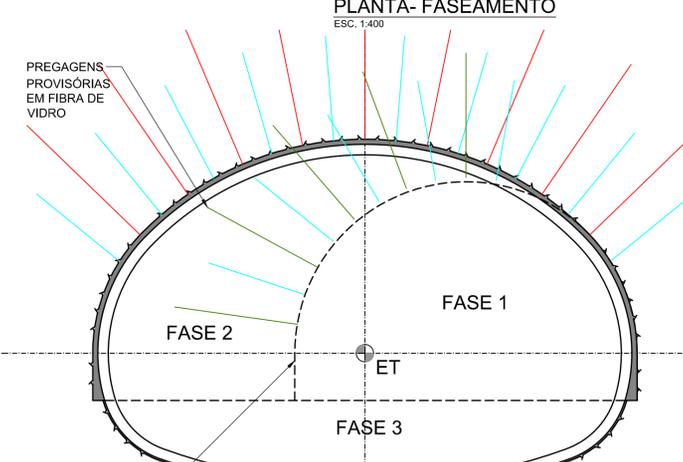
Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar do Projeção da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, do Metropolitano de Lisboa, E.P.E.



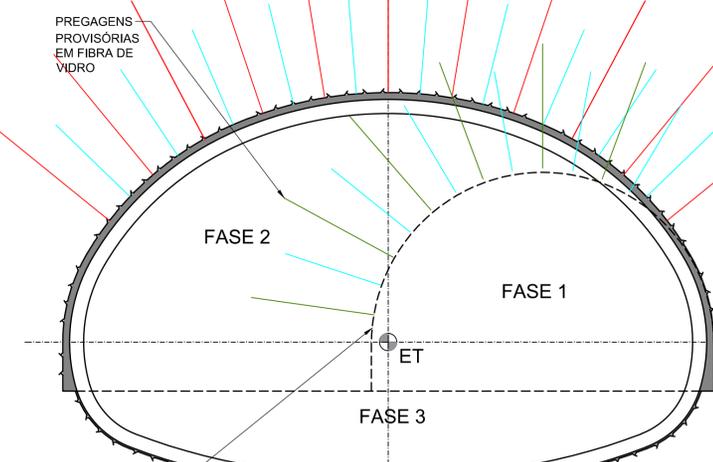
PLANTA- FASEAMENTO
ESC. 1:400



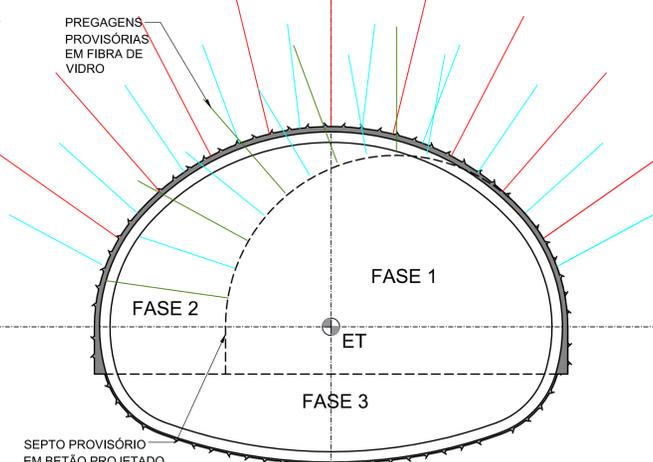
FASEAMENTO DO SUPORTE PRIMÁRIO SECÇÃO VR2.1
ESC. 1:100



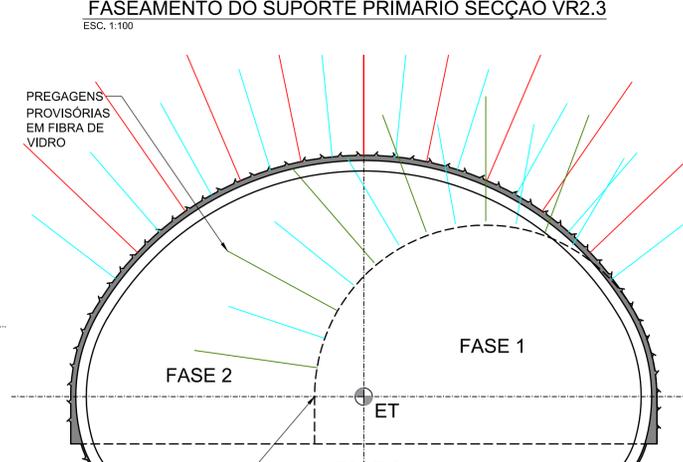
FASEAMENTO DO SUPORTE PRIMÁRIO SECÇÃO VR2.3
ESC. 1:100



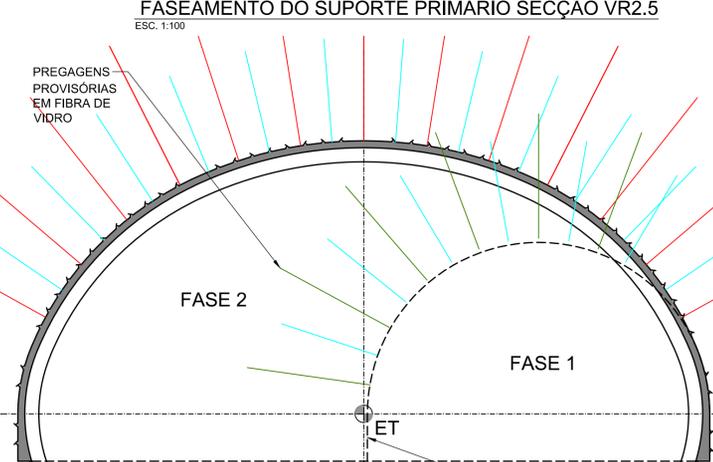
FASEAMENTO DO SUPORTE PRIMÁRIO SECÇÃO VR2.5
ESC. 1:100



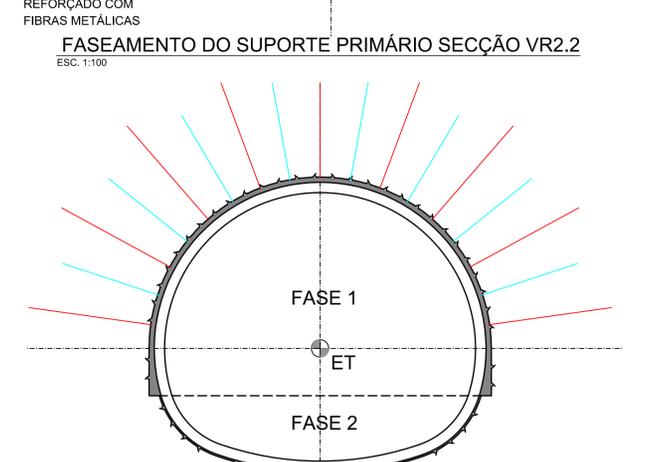
FASEAMENTO DO SUPORTE PRIMÁRIO SECÇÃO VR2.2
ESC. 1:100



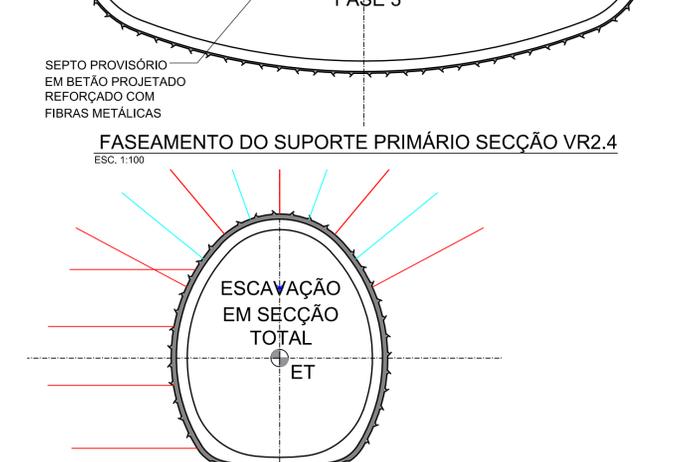
FASEAMENTO DO SUPORTE PRIMÁRIO SECÇÃO VR2.4
ESC. 1:100



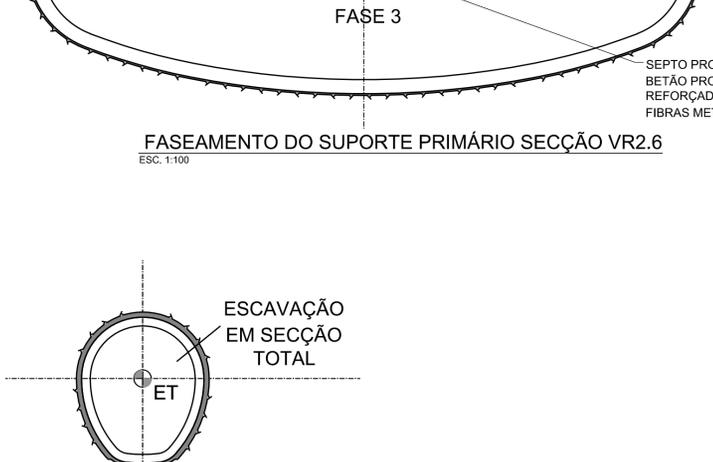
FASEAMENTO DO SUPORTE PRIMÁRIO SECÇÃO VR2.6
ESC. 1:100



FASEAMENTO DO SUPORTE PRIMÁRIO SECÇÃO TV
ESC. 1:100



FASEAMENTO DO SUPORTE PRIMÁRIO SECÇÃO VR2.7
ESC. 1:100



FASEAMENTO DO SUPORTE PRIMÁRIO SECÇÃO TÚNEL DE LIGAÇÃO
ESC. 1:100

MATERIAIS:

| | |
|--|---|
| BETÃO (NP EN 206-1): | |
| Betão projetado (via húmida) | C30/37 XC4(P) CL 0.4 D _{MAX} 10 S5 |
| Regularização/Enchimento | C12/15 XC0(P) CL 1.0 D _{MAX} 25 S3 |
| FIBRAS METÁLICAS: | |
| Resistência à tração | 1500 MPa |
| Comprimento (extremidade em gancho) | < 35mm |
| Esbelteza, L/D | 65 |
| Classe de absorção de energia | E700 |
| AÇO: | |
| Chapas e perfis metálicos | S 355 JR |
| Cambotas treliçadas | 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 | |
| PREGAGENS DE TUBO EXPANSIVO | |
| Carga mínima de cedência | Py = 130 kN |
| Tipo de aço | S 355 MC |
| FIBRA DE VIDRO: | |
| Resistência à tração | ≥ 2000 MPa |
| Carga nominal de rotura | 430 kN |
| CALDA DE CIMENTO: | |
| f _{ck} (7 dias) | EQUIVALENTE A C25/30 |
| Relação A/C | A/C = 0,45 |
| GEODRENOS: | |
| Tubo de polietileno rígido, corrugado e ranhurado | SN2 |
| GEOTÊXTIL DO GEODRENO: | |
| Massa por unidade de área (EN 9864) | 150 g/m ² |
| Espessura (EN ISO 9863-1) | 2mm |
| Resistência à tração (EN ISO 10319) | 4,5 kN/m |
| Alongamento à carga máxima (EN ISO 10319) | 80 % |
| Punçoamento estático (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:

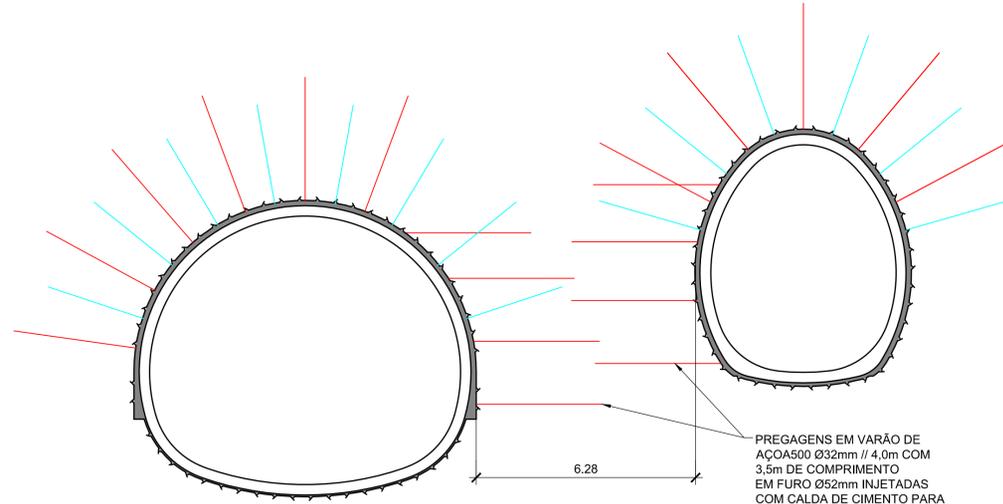
- O ganho de resistência médio do betão projetado em 24 horas deverá ser superior a f_{ck, cube} > 10 MPa; em 3 dias deverá ser superior a f_{ck, cube} > 24 MPa; em 7 dias deverá ser superior a f_{ck, cube} > 30 MPa; em 28 dias deverá ser superior a f_{ck, cube} > 37 MPa.
- Caso o material da frente 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 nos hasteais, abóbada e frente de escavação do suporte primário. 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.
- As características dos elementos que compõem o suporte primário encontram-se definidas no desenho 88003.
- A descrição geral do faseamento construtivo encontra-se definido no desenho 88003.

| | | | |
|--|-----------------|---|-------------|
| ALTERAÇÕES: | | | |
| 0 | EMISSÃO INICIAL | DATA | DES. VERIF. |
| PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA PROJETO DE EXECUÇÃO ESTRUTURAS OBRA ESPECIAL 4 OBRA ESPECIAL OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2 MÉTODO CONSTRUTIVO - SECÇÃO VR2.2 E VR2.2 - PERFIL LONGITUDINAL E CORTE | | | |
| Data: | Des. nº: 133715 | F. / / | |
| Aprov.: | Alter.: | | |
| Verif.: | Substituído: | | |
| Proj.: | Nº SAP: | Versão: | |
| Des.: | JPV | Folha: | |
| Aprov. RPR/RVR | | Identificação Empresa Promotora: COBA / JET SJ / JLCM / TALPROJECTO | |
| Verif. SCP | | Escala: 1/100 | |
| Proj. FAB | | Folha: / / | |
| Des. JPV | | Desenho nº: LVSSA MSA PE STR TUN OE4 DW 088002 0 | |

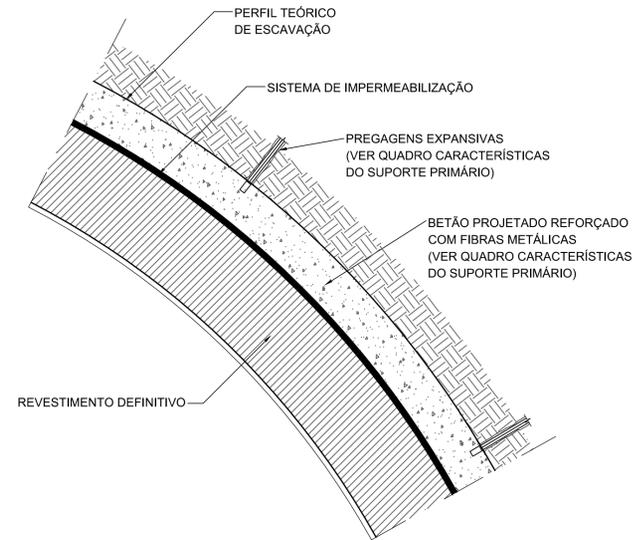
Desenho elaborado/adaptado sobre as bases editáveis do Programa Preliminar do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara do Metropolitano de Lisboa, E.P.E.

FASEAMENTO CONSTRUTIVO:

1. Execução do suporte primário da secção tipo Túnel de Via (TV) a partir do emboquilhamento da localizado na OE6 até ao PK 2+754,351.
2. Ao PK 2+754,351, alteração da secção de escavação da secção tipo TV para a geometria da Fase 1 das secções tipo VR2.6 a VR 2.1, com a escavação destas em sequência, sem alargamento das secções, até ao PK 2+680,351.
3. A partir do PK 2+680,351, alargamento da secção VR2.1 (Fase 2) em sentido inverso ao executado nos pontos 1 e 2 anteriores, com a demolição do septo provisório da Fase 1.
4. Alargamento das secções VR2.2 a VR2.6, com a demolição dos septos provisórios da Fase 1.
5. Escavação da soleira nas secções TV e VR2.6 a VR2.1.
6. Execução do chapéu troncocónico de enfilagens para proteção do início da escavação da secção VR2.7.
7. Escavação da secção VR2.7 a partir do PK 2+754,351 até ao PK 2+854,772 em secção total, com execução durante o avanço de pregagens injetadas com calda de cimento, para reforço do maciço entre as galerias de secção VR2.7 e TV.
8. A partir da secção TV, execução da escavação e suporte primário do túnel de ligação entre galerias em secção total.
9. Instalação do sistema de impermeabilização.
10. Execução do revestimento definitivo



PORMENOR DO REFORÇO DO MACIÇO ENTRE A VIA DE RESGUARDO E O TÚNEL DE VIA
ESC. 1:100

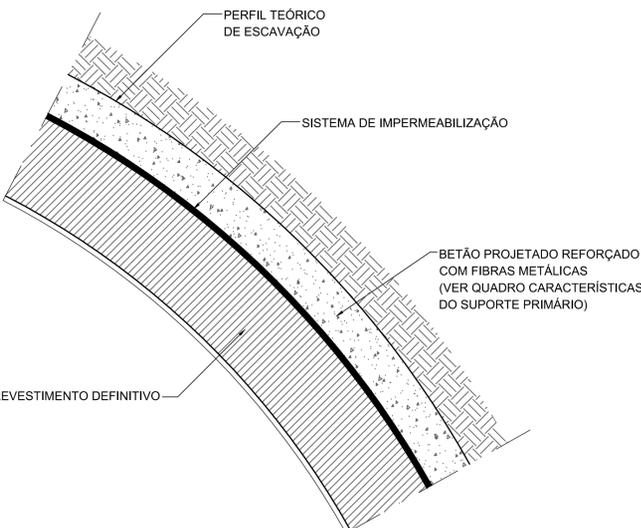


PORMENOR SUPORTE PRIMÁRIO SECÇÕES TV E VR2.1 A VR2.7
ESC. 1:100

QUADRO DE CARACTERÍSTICAS DO SUPORTE PRIMÁRIO

| SECÇÃO TIPO | LOCAL | SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO | ESPESSURA DE BETÃO PROJETADO | PREGAGENS | PARCIALIZAÇÃO DA ESCAVAÇÃO | DRENAGEM DA FRENTE | DRENAGEM RADIAL |
|--------------------|--------------------|---|------------------------------|---|--|--|---|
| VR 2.1 | ABÓBADA E HASTEAIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÊXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 150mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 3,60m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 3 FASES | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | - | FASE 1 - AVANÇOS DE 2m FASE 2 - AVANÇOS DE 2m FASE 3 - AVANÇOS DE 4m | | |
| VR 2.2 | ABÓBADA E HASTEAIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÊXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 150mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 4,50m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 3 FASES | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | - | FASE 1 - AVANÇOS DE 2m FASE 2 - AVANÇOS DE 2m FASE 3 - AVANÇOS DE 4m | | |
| VR 2.3 | ABÓBADA E HASTEAIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÊXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 150mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 4,50m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 3 FASES | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | - | FASE 1 - AVANÇOS DE 2m FASE 2 - AVANÇOS DE 2m FASE 3 - AVANÇOS DE 4m | | |
| VR 2.4 | ABÓBADA E HASTEAIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÊXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 150mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 4,50m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 3 FASES | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | - | FASE 1 - AVANÇOS DE 2m FASE 2 - AVANÇOS DE 2m FASE 3 - AVANÇOS DE 4m | | |
| VR 2.5 | ABÓBADA E HASTEAIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÊXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 200mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 4,50m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 3 FASES | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | - | FASE 1 - AVANÇOS DE 2m FASE 2 - AVANÇOS DE 2m FASE 3 - AVANÇOS DE 4m | | |
| VR 2.6 | ABÓBADA E HASTEAIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÊXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 200mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 4,50m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 3 FASES | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | - | FASE 1 - AVANÇOS DE 2m FASE 2 - AVANÇOS DE 2m FASE 3 - AVANÇOS DE 4m | | |
| TÚNEL DE RESGUARDO | ABÓBADA E HASTEAIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÊXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 150mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 3,60m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 1 FASE | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | - | FASE 1 - AVANÇOS DE 2m | | |
| TÚNEL DE LIGAÇÃO | ABÓBADA E HASTEAIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÊXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 150mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 3,60m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 1 FASE | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | - | FASE 1 - AVANÇOS DE 2m | | |

* - B.P.R.F.M. - BETÃO PROJETADO REFORÇADO COM FIBRAS METÁLICAS



PORMENOR SUPORTE PRIMÁRIO SECÇÃO TÚNEL DE LIGAÇÃO
ESC. 1:100

MATERIAIS:

| | |
|--|---|
| BETÃO (NP EN 206-1): | |
| Betão projetado (via húmida) | C30/37 XC4(P) CL 0,4 D _{MAX} 10 S5 |
| Regularização/Enchimento | C12/15 XC0(P) CL 1,0 D _{MAX} 25 S3 |
| FIBRAS METÁLICAS: | |
| Resistência à tração | 1500 MPa |
| Comprimento (extremidade em gancho) | < 35mm |
| Esbelteza, L/D | 65 |
| Classe de absorção de energia | E700 |
| AÇO: | |
| Chapas e perfis metálicos | S 355 JR |
| Cambotas treliçadas | A500 NR |
| Rede eletrossoldada | 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 | |
| PREGAGENS DE TUBO EXPANSIVO | |
| Carga mínima de cedência | Py = 130 kN |
| Tipo de aço | S 355 MC |
| FIBRA DE VIDRO: | |
| Resistência à tração | ≥ 2000 MPa |
| Carga nominal de rotura | 430 kN |
| CALDA DE CIMENTO: | |
| f _{ct} (7 dias) | EQUIVALENTE A C25/30 |
| Relação A/C | A/C = 0,45 |
| GEODRENOS: | |
| Tubo de polietileno rígido, corrugado e ranhurado | SN2 |
| GEOTÊXTIL DO GEODRENO: | |
| Massa por unidade de área (EN 9864) | 150 g/m ² |
| 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/estático (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_{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.
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 nos hasteais, abóbada e frente de escavação do suporte primário. 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.
5. As características dos elementos que compõem o suporte primário encontram-se definidas no desenho 88003.
6. A descrição geral do faseamento construtivo encontra-se definido no desenho 88003.

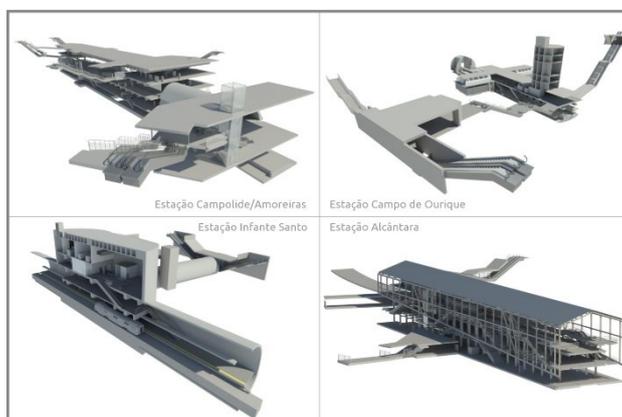
| | | | | | | | |
|-------------|--|---|--|--------------------------|--|-------------------------|--|
| ALTERAÇÕES | | PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA | | S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA | | Metropolitano de Lisboa | |
| Data: | | PROJETO DE EXECUÇÃO | | Estruturas | | Des. nº 133716 F. / | |
| Aprov.: | | OBRA ESPECIAL 4 | | Substrato | | Alter.: | |
| Proj.: | | MÉTODO CONSTRUTIVO - SECÇÃO VR2.3/VR2.4 E VR2.5 - PERFIL LONGITUDINAL E CORTE | | Substituído | | Versão | |
| Des.: | | Nº SAP | | Folha | | | |
| Aprov.: | | RPR/RVR | | MOTAENÇIL ENGENHARIA | | Coba | |
| Verif.: | | SCF | | Coba | | JET | |
| Proj.: | | FAB | | Coba | | JET | |
| Des.: | | JRV | | Coba | | JET | |
| Desenho nº: | | LVSSA MSA PE STR TUN OE4 DW 088003 0 | | Escala: | | Folha: | |
| Alter.: | | 0 | | 1/100 | | | |

METRO DE LISBOA

PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO

PROJETO DE EXECUÇÃO



TOMO III – OBRAS ESPECIAIS

VOLUME 4 – OE4 – TÚNEL DE VIA DE RESGUARDO 2 – ESTRUTURAS DEFINITIVAS

MEMÓRIA DESCRITIVA

| | |
|-----------------------|--------------------------------------|
| Documento SAP: | LVSSA MSA PE STR TUN OE4 MD 088002 0 |
|-----------------------|--------------------------------------|

| | Nome | Assinatura | Data |
|---------------------|--|------------|------------|
| Elaborado | Francisco Bernardo Sofia Casanova Afonso Guerreiro | | 2024-09-27 |
| Revisto | Sandra Ferreira | | 2024-09-27 |
| Verificado | Rui Rodrigues | | 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..... | 5 |
| 2 | ELEMENTOS DE BASE | 6 |
| 2.1 | Documentos do programa preliminar..... | 6 |
| 2.2 | Estudo Prévio apresentado em fase de concurso..... | 6 |
| 3 | CONDICIONAMENTOS..... | 8 |
| 3.1 | Traçado..... | 8 |
| 3.2 | Geológico e Geotécnicos..... | 8 |
| 3.3 | Desvios de Circulação..... | 9 |
| 3.4 | Ocupação de Superfície e de Subsolo | 9 |
| 3.5 | Interferências | 10 |
| 3.6 | Implantação..... | 10 |
| 3.7 | Segurança | 10 |
| 3.8 | Compatibilidade com as Outras Especialidades..... | 11 |
| 3.9 | Ambiente..... | 11 |
| 4 | REGULAMENTAÇÃO E BIBLIOGRAFIA DE BASE | 12 |
| 5 | MATERIAIS..... | 14 |
| 5.1 | Suporte primário | 14 |
| 5.1 | Estruturas Definitivas | 15 |
| 5.2 | Sistemas de impermeabilização..... | 16 |
| 6 | CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO | 18 |
| 6.1 | Tempo de Vida Útil..... | 18 |
| 6.2 | Classificação da Obra de Acordo com a sua Importância | 18 |
| 6.3 | Classificação do Tipo de Terreno segundo a NP EN 1998 | 18 |

| | | |
|------|--|----|
| 6.4 | Classe de Inspeção | 20 |
| 6.5 | Classe de Fiabilidade | 20 |
| 6.6 | Categoria Geotécnica | 21 |
| 6.7 | Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas | 21 |
| 7 | SITUAÇÕES DE PROJETO..... | 23 |
| 7.1 | Persistentes | 23 |
| 7.2 | Transitórias..... | 23 |
| 7.3 | Acidentais | 23 |
| 7.4 | Sísmica..... | 23 |
| 8 | DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO..... | 24 |
| 8.1 | Geral..... | 24 |
| 8.2 | Suporte primário | 25 |
| 8.1 | Revestimento definitivo | 29 |
| 9 | FASEAMENTO CONSTRUTIVO | 33 |
| 10 | PROJETO GEOTÉCNICO DO SUPORTE PRIMÁRIO | 34 |
| 10.1 | Ações consideradas | 34 |
| 10.2 | Combinações de ações para os estados limite e abordagens de cálculo..... | 34 |
| 10.3 | Modelos numéricos..... | 37 |
| 10.4 | Modelos de interação solo-estrutura | 37 |
| 10.5 | Faseamento construtivo adotado nos modelos numéricos..... | 38 |
| 10.6 | Verificações de segurança..... | 38 |
| 11 | RESULTADOS DAS VERIFICAÇÕES DE SEGURANÇA DO SUPORTE PRIMÁRIO..... | 45 |
| 11.1 | Estado limite último de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas..... | 45 |
| 11.2 | Estado limite último de resistência ao esforço transversal/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas | 46 |

| | | |
|------|---|----|
| 11.3 | Estado limite último de resistência à tração da armadura das pregagens | 46 |
| 11.4 | Estado limite de utilização – deslocamentos e convergências da secção..... | 47 |
| 11.5 | Estado limite de utilização dos assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação subterrânea | 47 |
| 12 | PROJETO DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS..... | 49 |
| 12.1 | Metodologia de Cálculo | 49 |
| 12.2 | Ações | 50 |
| 12.3 | Combinações de Ações | 53 |
| 12.4 | Critérios de Verificação da Segurança..... | 55 |
| 12.5 | DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL | 56 |
| 12.6 | DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS | 63 |
| 13 | INTERFERÊNCIAS | 64 |
| 13.1 | Enquadramento..... | 64 |
| 13.2 | Estado do edificado, incluindo património, das infraestruturas enterradas e das infraestruturas ferroviárias | 65 |
| 13.3 | Medidas de mitigação | 67 |
| 14 | PLANO DE OBSERVAÇÃO..... | 68 |
| 15 | AValiação DE DANOS..... | 69 |
| 16 | REDE DE TERRAS..... | 70 |

1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento diz respeito ao desenvolvimento, ao nível de **Projeto de Execução**, da **Memória Descritiva e Justificativa da Obra Especial 4 – Túnel da Via de Resguardo 2**, no âmbito do Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara, que é parte integrante do **Tomo III – Obras Especiais do Volume 4 – OE4, Túnel da Via de Resguardo 2**.

2 ELEMENTOS DE BASE

Os documentos considerados como elementos de entrada associados às obras em questão foram os seguintes:

2.1 Documentos do programa preliminar

- Procedimento – Proc. n.º 125/2022-DLO/ML;
- Programa Preliminar, Tomo IV – Estruturas, Volume 1 – Túnel:
 - Memória Descritiva e Justificativa - “LVSSA ML PP STR TUN 000 MD 087001 0”;
 - Peças Desenhadas (“LVSSA ML PP STR TUN 000 DW 087000 A” a “LVSSA ML PP STR TUN T85 DW 087003 0”);
- Respostas aos Esclarecimentos do procedimento “Resposta Esclarecimentos_Proc. 125_2022”

2.2 Estudo Prévio apresentado em fase de concurso

- Memória Descritiva e Justificativa do túnel: Tomo IV – Volume 1 – Túnel “LVSSA CBJ EP STR TUN 000 MD 087001 0”;
- Memória Descritiva e Justificativa da Obra Especial 4: Tomo IV – Volume 2 – Túnel de Via de Resguardo 2 “LVSSA CBJ EP STR TUN OE4 MD 087001 0”;
- Notas de cálculo do túnel: Tomo IV – Volume 1 – Túnel “LVSSA CBJ EP STR TUN 000 NC 087001 0” e “LVSSA CBJ EP STR TUN 000 NC 087002 0”;
- Peças desenhadas do túnel: Tomo IV – Volume 1 – Túnel “LVSSA CBJ EP STR TUN 000 DW 087000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN 000 DW 087003 0”; “LVSSA CBJ EP STR TUN 000 DW 087900 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN 000 DW 087913 0”; “LVSSA CBJ EP STR TUN T81 DW 087000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN T81 DW 087002 0”; “LVSSA CBJ EP STR TUN T82 DW 087000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN T82 DW 087003 0”; “LVSSA CBJ EP STR TUN T83 DW 087000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN T83 DW 087003 0”; “LVSSA CBJ EP STR TUN T84 DW 087000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN T84 DW 087004 0”; “LVSSA CBJ EP STR TUN T85 DW 087000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN T85 DW 087003 0”
- Peças desenhadas da Obra Especial 4: Tomo IV – Volume 2 – Túnel Via de Resguardo 2 “LVSSA CBJ EP STR TUN OE4 DW 088000 0” a “LVSSA CBJ EP STR TUN OE4 DW 088005 0”
- Estudo Geológico – Geotécnico: Tomo II – Volume 2
- Serviços afetados: Tomo II – Volume 4

-
- Desvios de transito: Tomo II – Volume 5
 - Estaleiros: Tomo II – Volume 11
 - Interferências ao longo da linha: Tomo II – Volume 13

3 CONDICIONAMENTOS

3.1 Traçado

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

3.2 Geológico e Geotécnicos

Os condicionamentos Geológicos e Geotécnicos, são descritos no Estudo Geológico-Geotécnico (Tomo I – Volume 6 do Projeto de Execução).

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

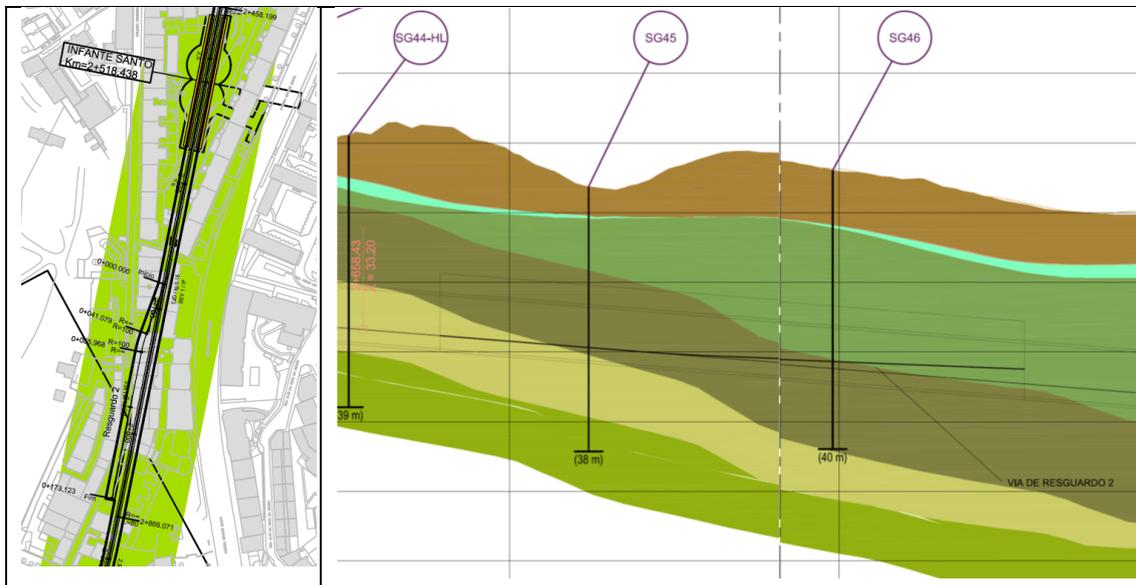


Figura 1 – Planta e perfil longitudinal – Geologia / Geotecnia

(Excerto dos desenhos LVSSA MSA PE GEO LIN 000 DW 021000 0, LVSSA MSA PE GEO LIN 000 DW 0210008 0 e LVSSA MSA PE GEO LIN 000 DW 0210010 0)

A OE4, com um recobrimento médio da ordem dos 15 a 20 m, interessam as Formações cretácica da Bica, nomeadamente as unidades Calcário Cc1b (calcário nodular), Cc1c (calcário semi-cristalino a cristalino com rudistas) e Cc1d (calcário compacto fendilhado). Abaixo, encontram-se os calcários da Formação de Caneças Cc2 (calcários por vezes margosos), mas já sem intersectarem a soleira da OE4.

Sem prejuízo da possível existência de níveis de água suspensos, considera-se que na zona envolvente à OE4 o nível de água se situe sensivelmente em torno da cota 30,00.

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 | γ (kN/m ³) | γ_{sat} (kN/m ³) | c_u (kPa) | E_u (MPa) | c' (kPa) | ϕ' (°) | E' (MPa) | K_0 | k (m/s) | v | σ (MPa) [rocha] | E' (GPa) [rocha] |
|------------------------------------|----------------------------------|--|----------------|----------------|---------------|----------------|---------------|-------|------------------|------|------------------------------|--------------------------|
| ATERRO, A(b) | 18 | 20 | --- | --- | 0 | 28 | 10 | 0,5 | 10 ⁻⁵ | 0,35 | --- | --- |
| ALUVIÃO, a(ar) | 19 | 21 | --- | --- | 0 | 34 | 50 | 0,5 | 10 ⁻⁵ | 0,30 | --- | --- |
| ALUVIÃO, a(ag) | 17 | 19 | 20 | 20 | 0 | 25 | 10 | 0,5 | 10 ⁻⁸ | 0,46 | --- | --- |
| ALUVIÃO, a(cg) | 20 | 22 | --- | --- | 0 | 35 | 75 | 0,5 | 10 ⁻⁴ | 0,30 | --- | --- |
| MIOCÉNICO, M(ag)a-NSPT > 50 | 22 | 23 | 350 | 100 | 10 | 33 | 60 | 1,0 | 10 ⁻⁸ | 0,33 | --- | --- |
| MIOCÉNICO, M(ag)b-NSPT < 50 | 21 | 22 | 180 | 40 | 5 | 28 | 20 | 1,0 | 10 ⁻⁸ | 0,38 | --- | --- |
| MIOCÉNICO M(cal) | 24 | 24 | --- | --- | 100 | 34 | 400 | 0,8 | 10 ⁻⁵ | 0,25 | --- | --- |
| OLIGOCÉNICO, O(φ) | 20 | 22 | 400 | 150 | 25 | 30 | 75 | 1,2 | 10 ⁻⁷ | 0,30 | 0 | 0 |
| BASALTO, B(β) | 26 | 26 | --- | --- | 200 | 40 | 2000 | 0,8 | 10 ⁻⁷ | 0,26 | 20 | 12 |
| BASALTO, B(β _{WS, W4/5}) | 21 | 23 | --- | --- | 50 | 35 | 250 | 0,7 | 10 ⁻⁶ | 0,28 | --- | --- |
| TUFOS, T(τ) | 20 | 21 | --- | --- | 60 | 35 | 120 | 1,0 | 10 ⁻⁷ | 0,27 | --- | --- |
| CALCÁRIO, Cc1a | 23 | 23 | --- | --- | 50 | 32 | 60 | 0,8 | 10 ⁻⁷ | 0,23 | --- | --- |
| CALCÁRIO, Cc1b | 24 | 24 | --- | --- | 90 | 38 | 325 | 0,8 | 10 ⁻⁷ | 0,21 | 9 | 3 |
| CALCÁRIO, Cc1c | 25 | 25 | --- | --- | 300 | 42 | 4000 | 0,8 | 10 ⁻⁶ | 0,21 | 50 | 27,5 |
| CALCÁRIO, Cc1d | 24 | 24 | --- | --- | 120 | 40 | 1250 | 0,8 | 10 ⁻⁷ | 0,21 | 12 | 6 |
| CALCÁRIO-DE-CANEÇAS | 23 | 23 | --- | --- | 80 | 35 | 400 | 0,8 | 10 ⁻⁷ | 0,25 | 5 | 1,5 |

3.3 Desvios de Circulação

Ao longo da duração da obra os estaleiros e áreas reservadas para acesso às obras, que interfiram com a circulação existente, serão demarcadas como áreas temporárias de ocupação com os consequentes desvios de trânsito.

Os desvios de circulação serão objeto de projeto autónomo, apresentado no Capítulo 09 do Tomo V de cada Volume deste Projeto de Execução, não se prevendo desvios específicos associadas a esta parte da obra.

Os estaleiros são objeto de projeto autónomo, apresentado no Tomo I – Geral, Volume 9 – Estaleiros ao Longo da Linha.

3.4 Ocupação de Superfície e de Subsolo

Sempre que existam interferências, as infraestruturas serão objeto de desvios provisórios/definitivos ou eventual suspensão, de modo a compatibilizar-se com o faseamento construtivo proposto.

Devido à profundidade a que se encontram, prevê-se, nesta fase do projeto, que os troços de túnel e vias de resguardo executados através de NATM não irão interferir diretamente com as infraestruturas de serviços existentes no subsolo.

Os serviços afetados são objeto de projeto autónomo, apresentado no Capítulo 02 - Serviços Afetados, deste Volume.

3.5 Interferências

As interferências resultantes da construção dos túneis NATM, necessidade de demolições, reforço de edifícios e contenções, encontram-se retratadas no Tomo I – Geral, Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha e Volume 27 – Demolições ao Longo da Linha, deste Projeto.

Onde aplicável, serão apresentados neste volume os projetos de demolição e reforço de edifícios afetados pela execução do túnel.

3.6 Implantação

A implantação da obra respeita os requisitos definidos no Programa Preliminar, tendo os mesmos sido também desenvolvidos em fase de Estudo Prévio e Anteprojeto.

Nesta fase de Projeto de Execução a implantação das vias de resguardo sofreu alguns ajustes de forma permitir a otimização dos processos construtivos e quantidades de materiais.

3.7 Segurança

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

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

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

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

3.8 Compatibilidade com as Outras Especialidades

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

3.9 Ambiente

O projeto do “Prolongamento da Linha Vermelha entre S. Sebastião e Alcântara” está sujeito a Avaliação de Impacte Ambiental, tendo sido desenvolvido um Estudo de Impacte Ambiental e emitida uma Declaração de Impacte Ambiental (DIA) que determina uma Decisão Favorável Condicionada ao cumprimento dos termos e condições 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).

4 REGULAMENTAÇÃO E BIBLIOGRAFIA DE BASE

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

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

Serão ainda consideradas as seguintes normas de execução:

- NP EN 206:2013+A1:2017 – Betão: Especificação, desempenho, produção e conformidade;
- NP EN 13670-1 - Execução de estruturas de betão. Parte 1: Regras Gerais;
- NP EN 14199 – Execução de obras geotécnicas especiais: Microestacas;
- NP EN 1537 - Execução de obras geotécnicas especiais: Ancoragens;
- EN ISO 22447-5 – Geotechnical investigation and testing - Testing of geotechnical structures - Part 5: Testing of grouted anchors;
- EN 1536 - Execution of Special Geotechnical Works: Bored piles;
- EN 14490 - Execution of Special Geotechnical Works: Soil nailing;
- NP EN 197-1 - Cimento. Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes;
- NP EN 197-2 - Cimento. Parte 2: Avaliação de conformidade;
- NP EN 13251 - Geotêxteis e produtos relacionados. Características requeridas para a utilização em obras de terraplenagem, fundações e estruturas de suporte;
- NP EN 13256 - Geotêxteis e produtos relacionados. Características requeridas para a construção de túneis e obras subterrâneas;
- NP EN 14487-1 - Betão projetado. Parte 1: Definições, especificações e conformidade;
- NP EN 14487-2 - Betão projetado. Parte 2: Execução;

-
- NP EN 14889-1 - Fibras para betão - Parte 1: Fibras de aço - Definições, especificações e conformidade;
 - NP EN 14488-5 -Ensaio do betão projetado - Parte 5: Determinação da capacidade de absorção de energia de provetes de lajes reforçadas com fibras;
 - NP EN 445 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Métodos de ensaio;
 - NP EN 446 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Procedimentos para injeção;
 - NP EN 447 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Especificações para caldas correntes.

5 MATERIAIS

5.1 Suporte primário

As características dos materiais adotados no presente Estudo Prévio encontram-se apresentadas nos quadros seguintes:

Tabela 2 – Características dos materiais considerados no Estudo Revestimento 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 |
| CALDA DE CIMENTO | RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 7 DIAS | f_{ck} MÍN. = 25 MPa |
| FIBRAS METÁLICAS | RESISTÊNCIA À TRAÇÃO | 1500 MPa |
| | COMPRIMENTO (EXTREMIDADE COM GANCHO) | < 35 MM |
| | ESBELTEZA, L/D | 65 |
| | CLASSE DE ABSORÇÃO DE ENERGIA: | E700 |
| PREGAGENS DE FIBRA DE VIDRO | RESISTÊNCIA À TRACÇÃO | ≥ 2000 MPa |
| | CARGA NOMINAL DE ROTURA | 430 kN |
| AÇO | CHAPAS E PERFIS METÁLICOS | S 355 JR |
| | CAMBOTAS TRELIÇADAS | A 500NR |
| | REDE ELETROSSOLDADA | A 500ER |
| | ENFILAGENS | S 355 JR |
| | ELEMENTOS DE FIXAÇÃO METÁLICA | CLASSE 8.8 |
| PREGAGENS DE TUBO EXPANSIVO | CARGA MÍNIMA DE CEDÊNCIA | $P_y = 130$ kN |
| | AÇO | S 355 MC |
| No caso particular das soldaduras de elementos de construção metálica, a sua preparação e execução deverá obedecer ao estipulado no EC3 e NP EN 1090 | | |

Tabela 3– Características dos materiais considerados no Estudo Revestimento Primário (2/2)

| MATERIAIS | PROPRIEDADES | |
|-----------------------|---|--|
| GEODRENOS | TUBO DE POLIETILENO RÍGIDO, CORRUGADO E RANHURADO | SN2 |
| GEOTÊXTEL DO GEODRENO | MASSA POR UNIDADE DE ÁREA (EN 9864) | 150 g/m ² |
| | 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 ISO12236) | ≥ 700 N |
| | RESISTÊNCIA À PERFURAÇÃO DINÂMICA (EN 918) | ≤ 28 mm |
| | DURABILIDADE | [DURAÇÃO ESTIMADA DE, NO MÍNIMO, 25 ANOS EM TERRENO COM 4 < PH < 9 E TEMPERATURAS < 25°C (TEMPO DE EXPOSIÇÃO MÁXIMO DE 1 SEMANAS APÓS INSTALAÇÃO)] |

5.1 Estruturas Definitivas

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

Tabela 4 – Estruturas definitivas. Características dos materiais – Betão

| Materiais | Localização | Classe de Resistência | Classe de exposição | Cl. teor de cloretos | D _{max} (mm) | Classe de Consistência |
|-----------------------------|--|-----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| Betão (<i>in situ</i>) | Regularização | C12/15 | X0 | CL 1,00 | 25 | S3 |
| | Revestimento definitivo dos túneis em NATM | C30/37 | XC4 | CL 0,40 | 25 | S3 |
| | Enchimento | C20/25 | X0 | CL 1,00 | 25 | S3 |

Notas:

As betonilhas de enchimento a realizar para o assentamento dos revestimentos dos pisos e para a formação de penderes nas lajes internas deverão ter um peso específico máximo de 15 kN/m³.

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

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

Tabela 6 – Estruturas 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 |
| Vida Útil Considerada: 100 Anos Estabilidade ao Fogo: R120 | Revestimento definitivo do túnel | 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 0,005 m, devendo ser garantidos os recobrimentos mínimos definidos na EN 10080.

5.2 Sistemas de impermeabilização

De forma a cumprir os requisitos de estanqueidade definidos no Caderno de Encargos, prevê-se para os túneis 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.

A Figura 2 esquematiza o sistema de impermeabilização geral proposto:

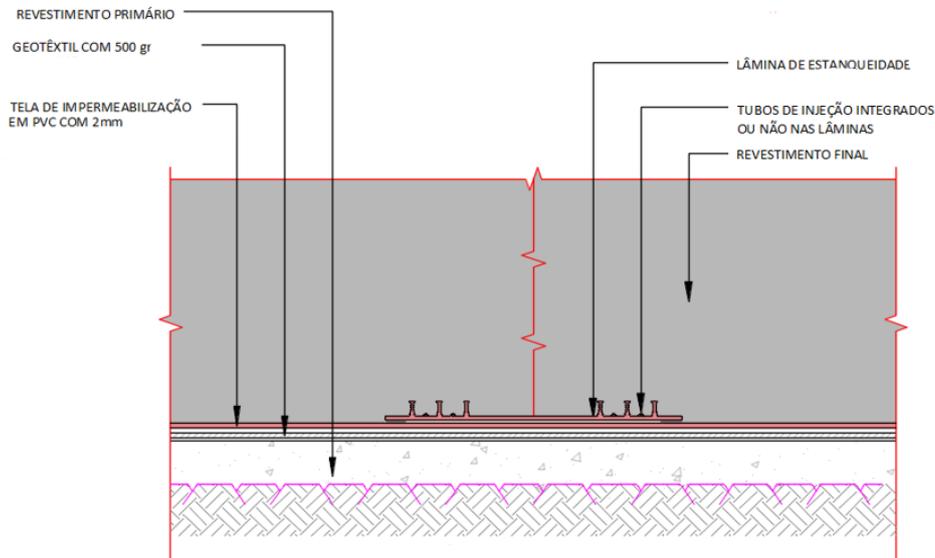


Figura 2 – Sistema de impermeabilização a propor no EP para os túneis e galerias em NATM

Resumem-se na tabela as características do material a considerar no sistema de impermeabilização.

Tabela 7 – Características do material do sistema de impermeabilização

| | | |
|--|--|--|
| BARREIRA GEOSINTÉTICA | MATERIAL | PVC – P (POLICLORETO DE VINIL) |
| | ESPESSURA (EN 1849 – 2) | DE ACORDO COM C.E. |
| | MASSA POR UNIDADE DE ÁREA (EN 1849-2) | 2,56 KG/M2 |
| | RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (EN ISO 527) | 16 MPA (DIREÇÃO TRANSVERSAL) |
| | | 17 MPA (DIREÇÃO LONGITUDINAL) |
| | EXTENSÃO PARA A CARGA MÁXIMA (EN ISO 527) | > 300 % |
| | PUNÇAMENTO ESTÁTICO (EN ISO 12236) | 2,35 KN |
| | EXPANSÃO TÉRMICA (ASTM D696-91) | <130 X 10-6 (+/-50X10-6) 1/K |
| | RESISTÊNCIA À DEGRADAÇÃO MICROBIOLÓGICA (EN 12225) | <15 % |
| | RESISTÊNCIA À OXIDAÇÃO (EN 14575) | <10 % |
| | RESISTÊNCIA QUÍMICA (EN 14414) | INEXISTÊNCIA DE SINAIS DE DEGRADAÇÃO; PROPRIEDADES INALTERADAS |
| REAÇÃO AO FOGO (EN ISO 13501-1 E EN ISO 11925-2) | CLASSE E | |

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 classificam-se como sendo da classe de consequência CC3.

6.3 Classificação do Tipo de Terreno segundo a NP EN 1998

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

- Sismicidade interplaca - associada à fronteira das placas Eurasiática e Africana, gerada na Zona de fratura Açores-Gibraltar, com registo de sismos de magnitudes elevadas (1755 e 1969);
- Sismicidade intraplaca - associada a movimentos ao longo de estruturas de ressonância no interior da placa Eurasiática resultantes da acumulação de tensões e desenvolvimento de deformações, originando sismos de magnitudes moderadas (1909).

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

De acordo com o estipulado na norma NP EN 1998-1: 2010 (EC8) e no respetivo Anexo Nacional NA, por afetação simultânea do território com perturbações dinâmicas com origem interplacas e intraplacas, a zona em análise encontra-se localizada nas Zonas Sísmicas classificadas como 1.3 e 2.3, para a Ação Sísmica Tipo 1 e Ação Sísmica Tipo 2, respetivamente.

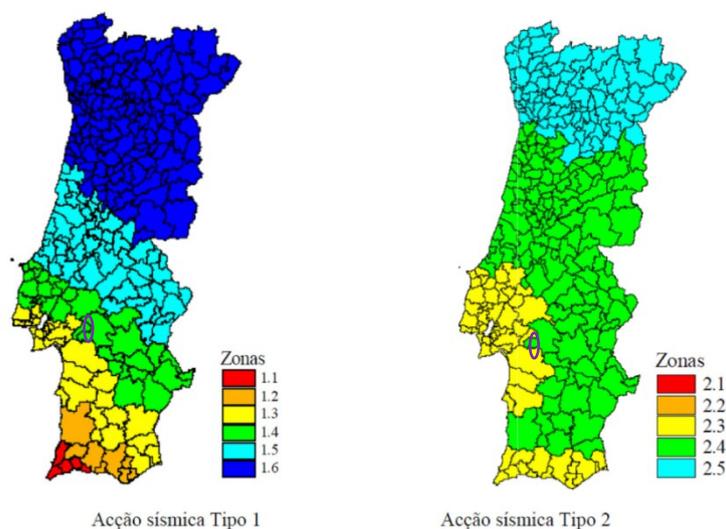


Figura 3 – Zonamento sísmico do território nacional de acordo com o Anexo Nacional NA da NP EN 1998-1:2010

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

Tabela 8 – Aceleração máxima de referência de projeto a_{gR} (m/s^2) nas várias zonas sísmicas

| Ação sísmica tipo 1 (afastada) | | Ação sísmica tipo 2 (próxima) | |
|--------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|
| Zona Sísmica | a_{gR} (m/s^2) | Zona Sísmica | a_{gR} (m/s^2) |
| 1.1 | 2,5 | 2.1 | 2,5 |
| 1.2 | 2,0 | 2.2 | 2,0 |
| 1.3 | 1,5 | 2.3 | 1,7 |
| 1.4 | 1,0 | 2.4 | 1,1 |
| 1.5 | 0,6 | 2.5 | 0,8 |
| 1.6 | 0,35 | --- | --- |

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

Tabela 9 – Tipos de Terreno segundo o EC8

| Classe de solo | Descrição do perfil estratigráfico | Parâmetros | | |
|----------------|--|--------------------|-----------|-------------|
| | | $V_{s,30}$ (m/s) | N_{SPT} | C_u (kPa) |
| A | Rocha ou formação geológica rochosa, que inclua, no máximo 5m de material mais fraco à superfície | > 800 | - | - |
| B | Depósitos de areia muito densa, cascalho ou argila muito rija com uma espessura de, pelo menos, várias dezenas de metros, caracterizados por um aumento gradual das propriedades mecânicas em profundidade | 360 – 800 | > 50 | > 250 |
| C | Depósitos profundos de areia de densidade média a elevada, de cascalho ou de argila dura, com espessura entre várias dezenas e muitas centenas de metros | 180 – 360 | 15 – 50 | 70 – 250 |
| D | Depósitos soltos de solos não coesivos (com ou sem ocorrência de algumas camadas coesivas brandas), ou de solos coesivos predominantemente de fraca a média consistência | < 180 | < 15 | < 70 |
| E | Perfil de solo com um nível aluvionar superficial com $V_s < 360$ m/s e espessura variando entre 5 e 20 m, sobrejacente a um nível mais rígido (com $V_s > 800$ m/s) | < 360 | | |
| S ₁ | Depósitos consistindo ou contendo uma camada com pelo menos 10m de espessura – de argilas ou siltes brandos com elevado índice de plasticidade ($IP > 40$) e elevado teor em água | < 100 (indicativo) | - | 10 – 20 |
| S ₂ | Depósitos de solos com potencial de liquefação, ou argilas sensíveis, ou outros perfis não incluídos nos tipos anteriores | | | |

A classificação do tipo de terreno segundo a NP EN 1998 será feita ponderando os valores de N_{SPT} das sondagens, da coesão não drenada, S_u e das medições da velocidade das ondas de corte, V_s (m/s), obtidas diretamente dos resultados dos ensaios *in situ* (quando existentes), como os “crosshole” e SCPTu. Na fase de Projeto de Execução recorre-se à informação existente em particular aos ensaios existentes, ou seja, ensaios SPT’s.

Assim, e tendo em conta as características das unidades geológicas presentes, considera-se que as em geral as formações rochosas do CVL e do Complexo Carbonatado correspondem a terrenos do tipo A, enquanto as formações com comportamento terroso do Miocénico, Eocénico-Oligocénico e CVL - Tufos inserem-se nos terrenos dos tipos C e B.

A escolha do tipo de terreno a utilizar nesta fase do estudo será efetuada tendo por base a predominância do maciço atravessado pela obra a executar.

6.4 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.

6.5 Classe de Fiabilidade

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

6.6 Categoria Geotécnica

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

Tendo em conta a definição das classes de consequências apresentada no quadro B.1 da NP EN 1990, os túneis NATM fazem parte integrante de uma infraestrutura cujo colapso representa “consequência elevada em termos de perda de vidas humanas; ou consequências económicas, sociais ou ambientais importantes” (CC3), considera-se ainda que o grau de complexidade do projeto geotécnico é elevado. Assim, para uma classe de consequências CC2, para uma complexidade do projeto geotécnico média, atribui-se a Categoria Geotécnica 3 (CG3) aos túneis NATM.

6.7 Critérios de Estanqueidade em Estruturas Subterrâneas

6.7.1 Considerações gerais

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

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

Esta exigência limita o influxo médio (espacial) diário de água a 0,2 litros/m² em troços com comprimento de referência de 10 m e a 0,1 litros/m² em troços com comprimento de referência de 100 m. Para aplicação do primeiro limite, os troços de 10 m deverão ser pontuais, com caráter esporádico.

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

A área máxima de cada compartimento será de 360 m². Nos terrenos com presença de água sob pressão até 3 bar essa área fica limitada a 250 m². Para valores indicativos de pressão superiores, o limite superior de área a considerar será de 200 m².

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

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 SITUAÇÕES DE PROJETO

7.1 Persistentes

No dimensionamento estrutural, onde aplicável, serão consideradas as situações de projeto persistentes, correspondentes a condições normais de utilização, nomeadamente em cenários de estado limite último e estado limite de serviço.

7.2 Transitórias

No dimensionamento estrutural, onde aplicável, serão consideradas as situações de projeto transitórias, correspondentes a condições temporárias e outras condições relacionadas com o faseamento construtivo da obra.

7.3 Acidentais

No dimensionamento estrutural, onde aplicável, serão consideradas as situações de projeto acidentais, correspondentes a condições excecionais aplicáveis às estruturas, nomeadamente a ação do incêndio.

7.4 Sísmica

No dimensionamento estrutural, onde aplicável, serão consideradas as situações de projeto sísmicas, correspondentes a condições aplicáveis à estrutura quando sujeita a ação dos sismos.

8 DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

8.1 Geral

A solução para a via de resguardo corresponde à implantação da via num túnel independente ao túnel de via, com o comprimento suficiente para implementar o sistema automático de travagem e estacionamento das composições do metro.

Esta solução é materializada, em relação ao túnel de via, com uma zona de transição em secção única que acomoda as três vias até uma bifurcação, quando geometricamente possível, para duas secções em separado, um túnel para a via e um túnel para a via de resguardo. Estes túneis são interligados por uma galeria de ligação no fim da via de resguardo com funcionalidade de drenagem, ventilação e evacuação.

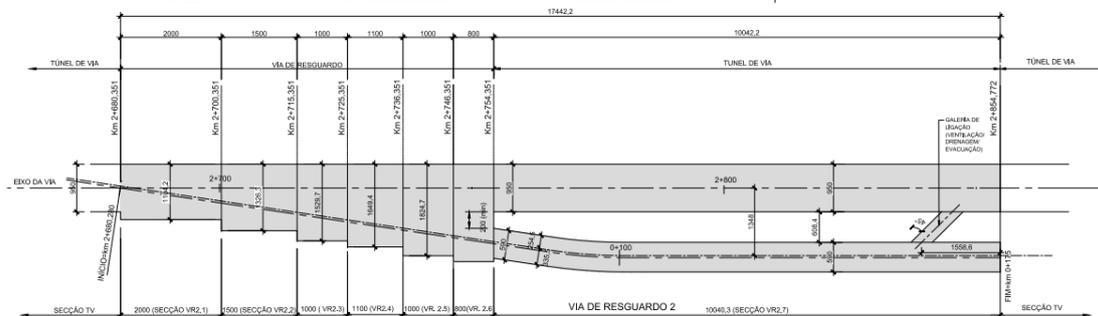


Figura 4 - Definição da Via de Resguardo 2. Planta de implantação.

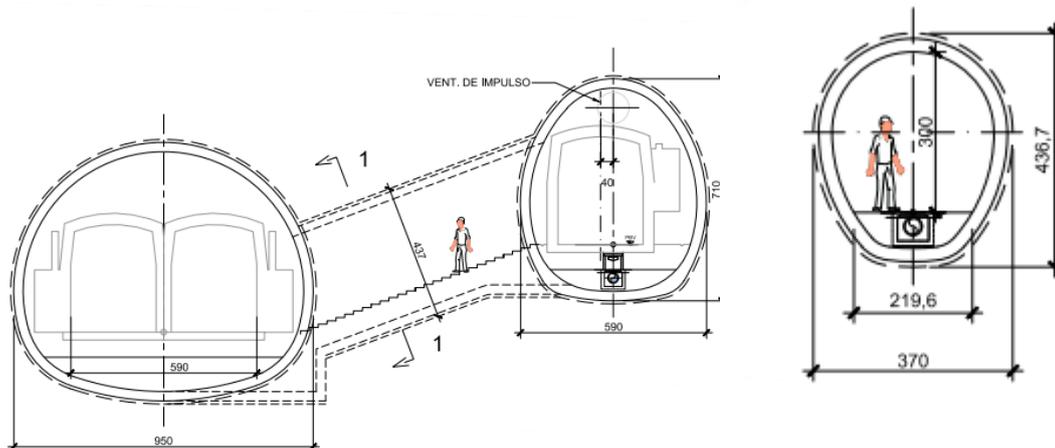


Figura 5 – Definição da Galeria de Ligação.

A secção do túnel da via de resguardo e as secções de transição foram geometricamente definidas, pelo interior, de forma a garantir as tolerâncias necessárias para as composições, zonas de passagem, drenagem de via e espaço estimado necessário para colocação de ventiladores de impulso (com dimensões respetivas a verificar).

8.2 Suporte primário

Em termos gerais, o suporte primário da OE4 – Via de Resguardo 2 encontra-se tipificado em 6 secções (VR2.1, VR2.2, VR2.3, VR2.4, VR2.5 e VR2.6) com geometria crescente, executadas por meio de escavação faseada e desfasada, em cujo o suporte da calote e do rebaixo é composto pela aplicação de betão projetado reforçado com fibras metálicas, sendo executadas pregagens sistemáticas do tipo expansivo na calote.

O resumo das características dos elementos que constituem o suporte primário para cada secção tipo, encontra-se indicado no Tabela 10 e as figuras ilustrativas dos elementos que compõem o suporte primário são apresentadas na Figura 6 a Figura 11.

| SECÇÃO TIPO | LOCAL | SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO | ESPESSURA DE BETÃO PROJETADO | PREGAGENS | PARCIALIZAÇÃO DA ESCAVAÇÃO | DRENAGEM DA FRENTE | DRENAGEM RADIAL |
|--------------------|-------------------|---|------------------------------|---|---|--|---|
| VR 2.1 | ABÓBADA E HASTEIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÉXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 150mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 3,60m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 3 FASES FASE 1 - AVANÇOS DE 2m FASE 2 - AVANÇOS DE 2m FASE 3 - AVANÇOS DE 4m | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | | | | |
| M | ABÓBADA E HASTEIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÉXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 150mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 4,50m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 3 FASES FASE 1 - AVANÇOS DE 2m FASE 2 - AVANÇOS DE 2m FASE 3 - AVANÇOS DE 4m | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | | | | |
| VR 2.3 | ABÓBADA E HASTEIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÉXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 150mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 4,50m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 3 FASES FASE 1 - AVANÇOS DE 2m FASE 2 - AVANÇOS DE 2m FASE 3 - AVANÇOS DE 4m | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | | | | |
| VR 2.4 | ABÓBADA E HASTEIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÉXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 150mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 4,50m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 3 FASES FASE 1 - AVANÇOS DE 2m FASE 2 - AVANÇOS DE 2m FASE 3 - AVANÇOS DE 4m | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | | | | |
| VR 2.5 | ABÓBADA E HASTEIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÉXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 200mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 4,50m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 3 FASES FASE 1 - AVANÇOS DE 2m FASE 2 - AVANÇOS DE 2m FASE 3 - AVANÇOS DE 4m | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | | | | |
| VR 2.6 | ABÓBADA E HASTEIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÉXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 200mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 4,50m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 3 FASES FASE 1 - AVANÇOS DE 2m FASE 2 - AVANÇOS DE 2m FASE 3 - AVANÇOS DE 4m | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | | | | |
| TÚNEL DE RESGUARDO | ABÓBADA E HASTEIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÉXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 150mm | PREGAGENS EM TUBO EXPANSIVO COM 3,60m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø52mm DISPOSTAS EM MALHA 1,80X1,80m EM QUINCÔNIO | 1 FASE FASE 1 - AVANÇOS DE 2m | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | | | | |
| TÚNEL DE LIGAÇÃO | ABÓBADA E HASTEIS | MEMBRANA DE PVC COM GEOTÉXTIL DE PROTEÇÃO | B.P.R.F.M* 150mm | - | 1 FASE FASE 1 - AVANÇOS DE 2m | GEODRENOS Ø50mm COM 9m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm E 1m DE SOBREPOSIÇÃO | GEODRENOS Ø50mm COM 3m DE COMPRIMENTO EM FURO Ø76mm DISPOSTOS EM MALHA 1,80X3,60m |
| | SOLEIRA | | B.P.R.F.M* 50mm | - | | | |

* - B.P.R.F.M. - BETÃO PROJETADO REFORÇADO COM FIBRAS METÁLICAS

Tabela 10 - Resumo das características do suporte primário

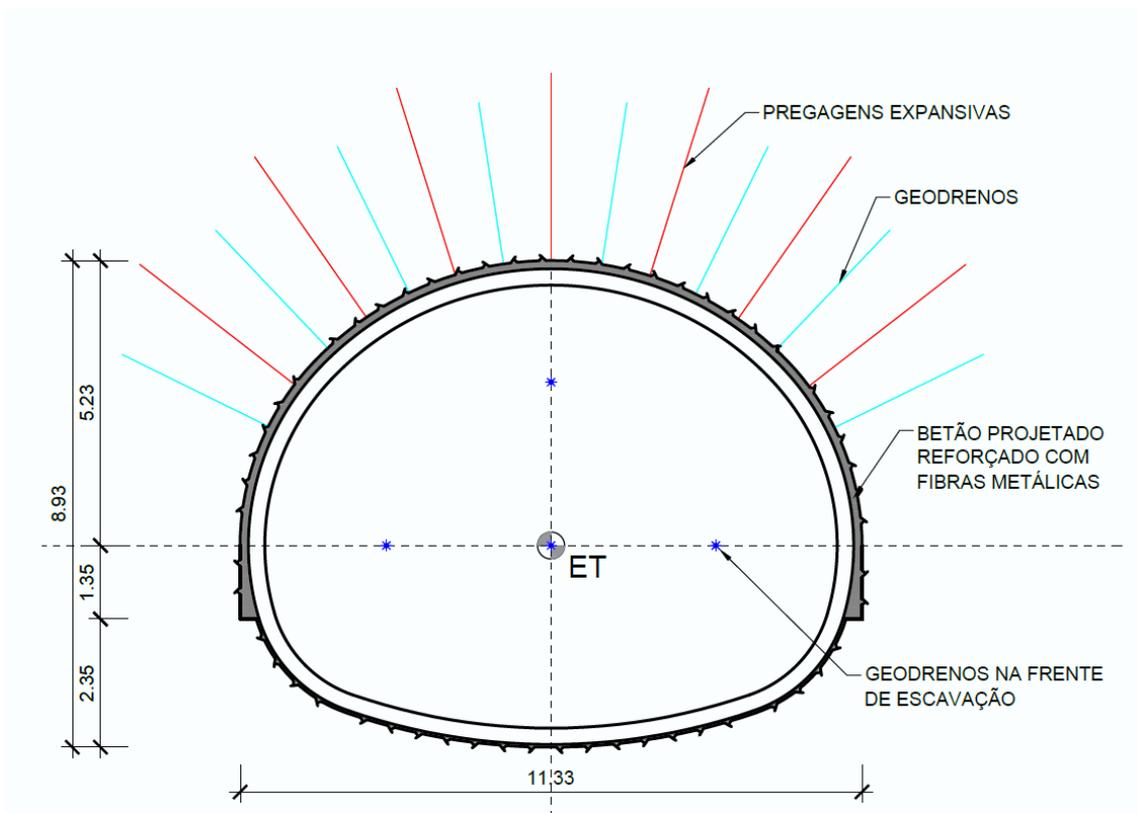


Figura 6 - Suporte Tipo VR2.1

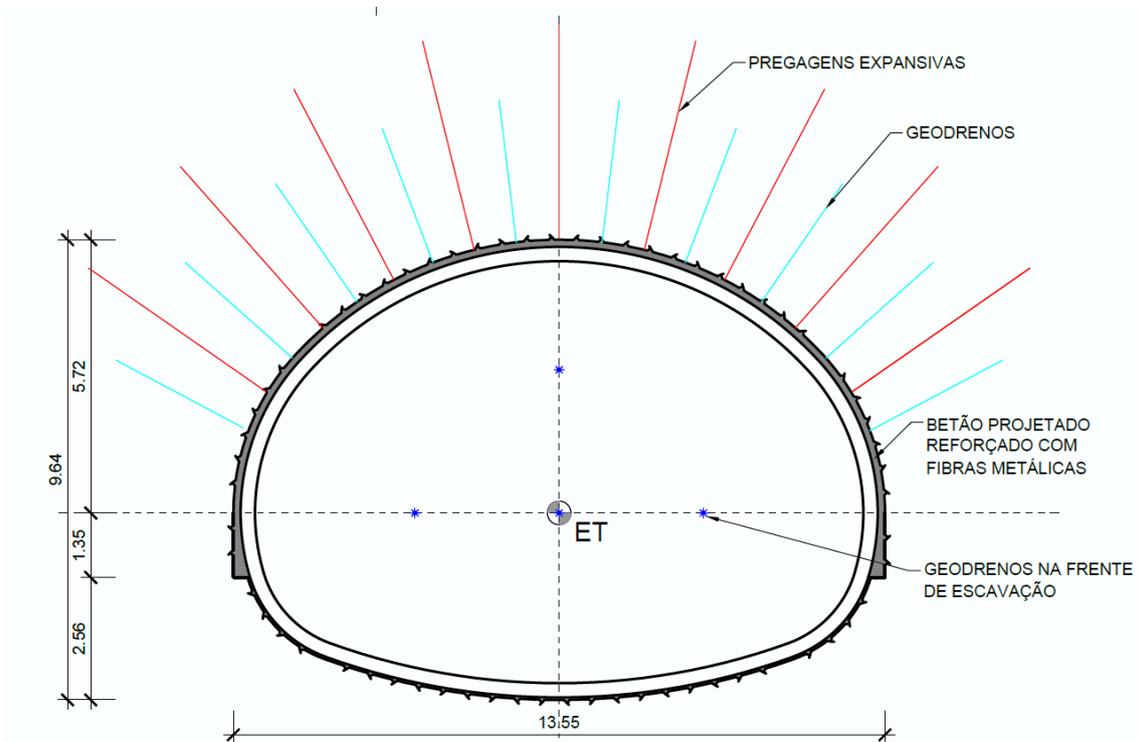


Figura 7 - Suporte Tipo VR2.2

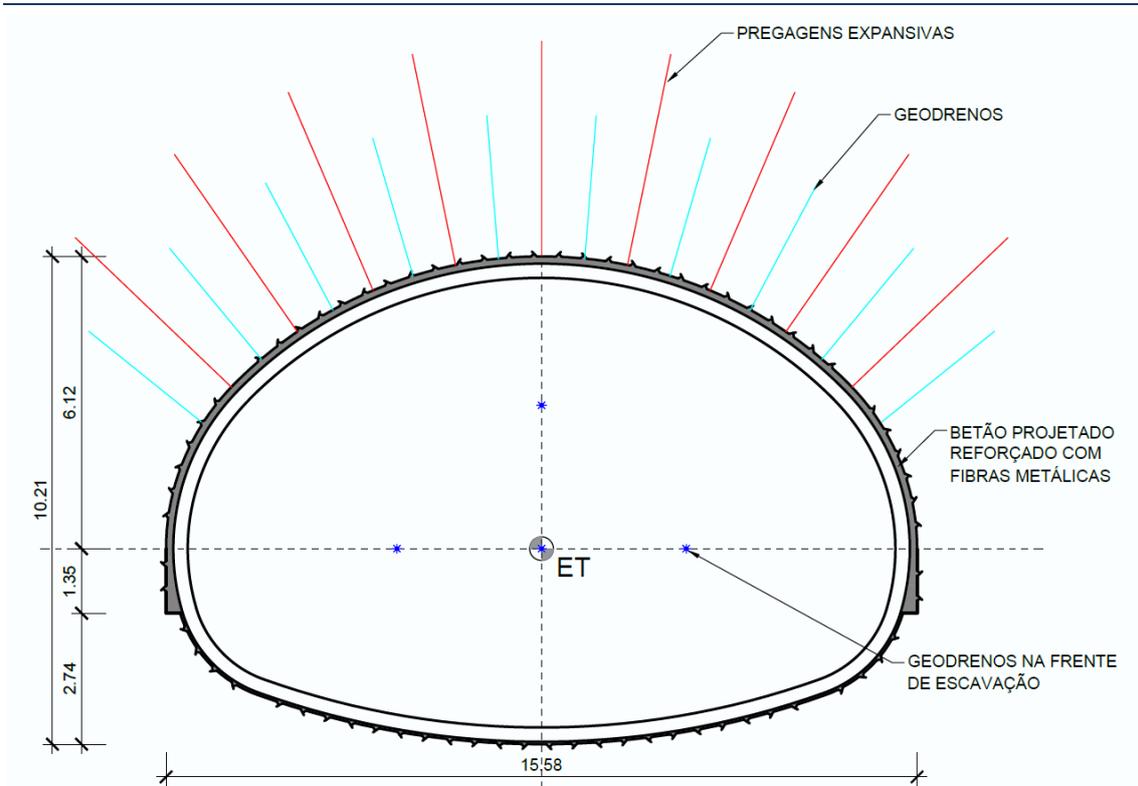


Figura 8 - Suporte Tipo VR2.3

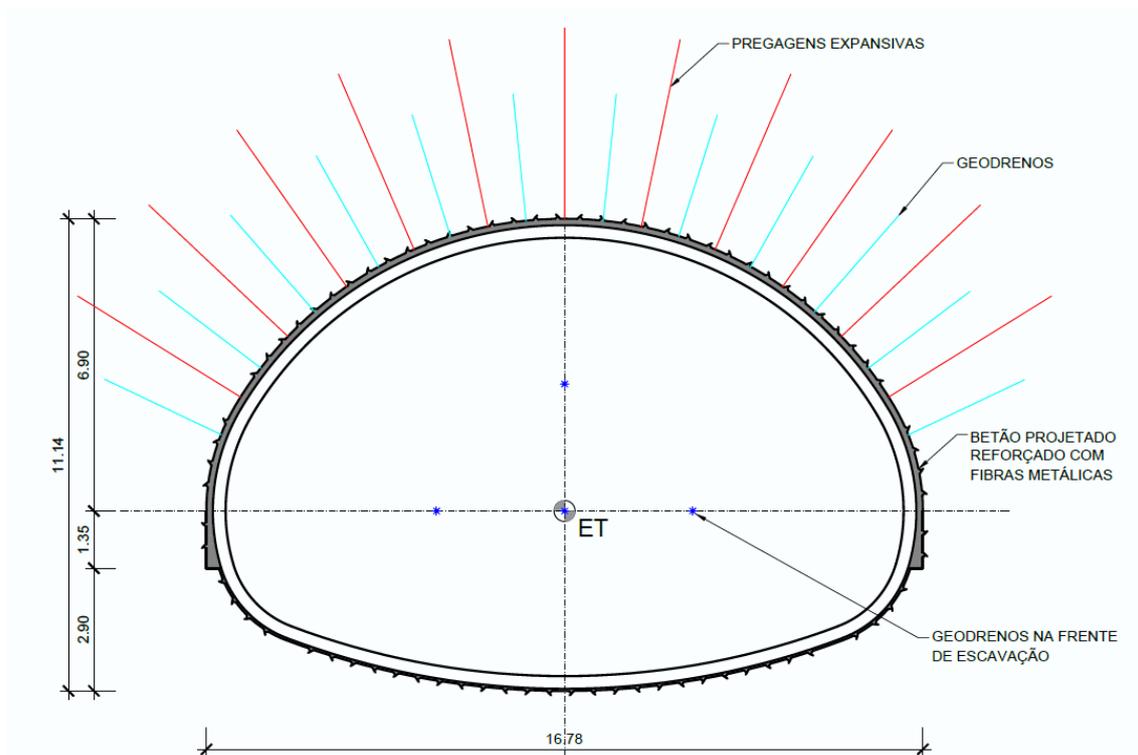


Figura 9 - Suporte Tipo VR2.4

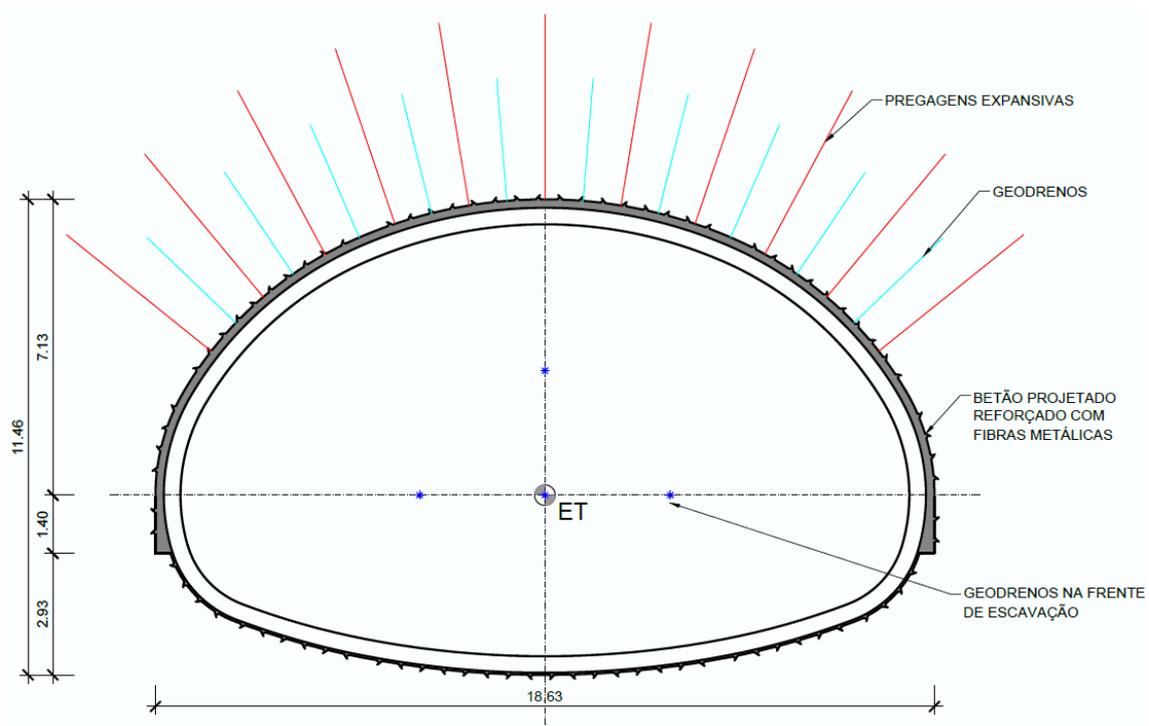


Figura 10 - Suporte Tipo VR2.5

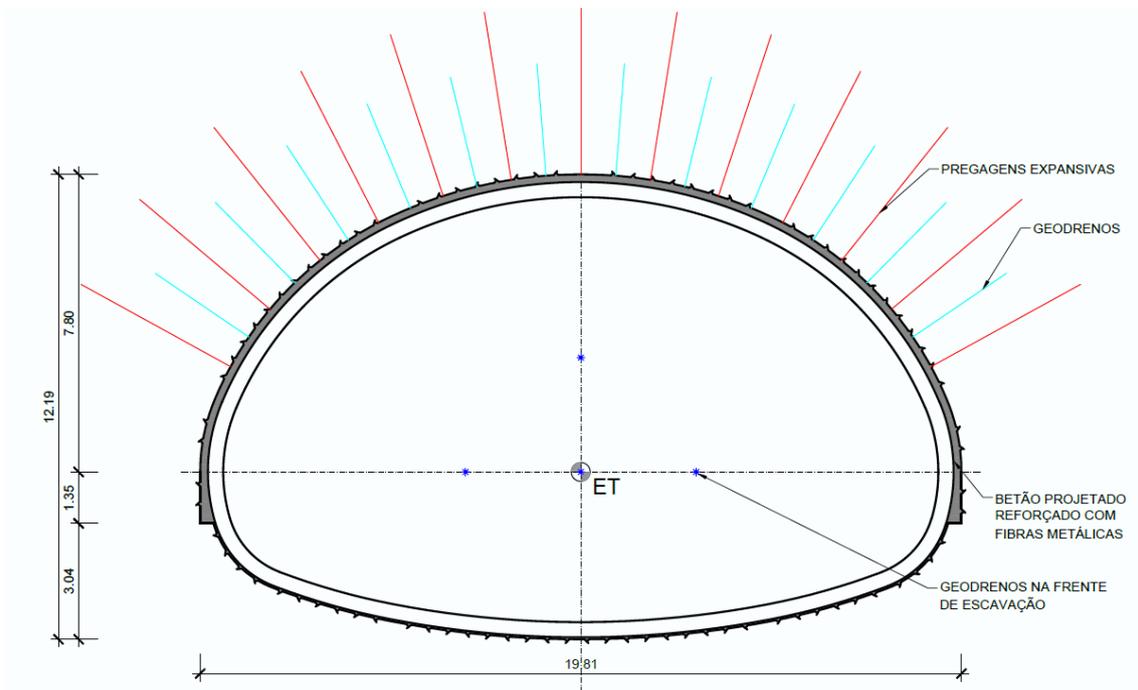


Figura 11 - Suporte Tipo VR2.5

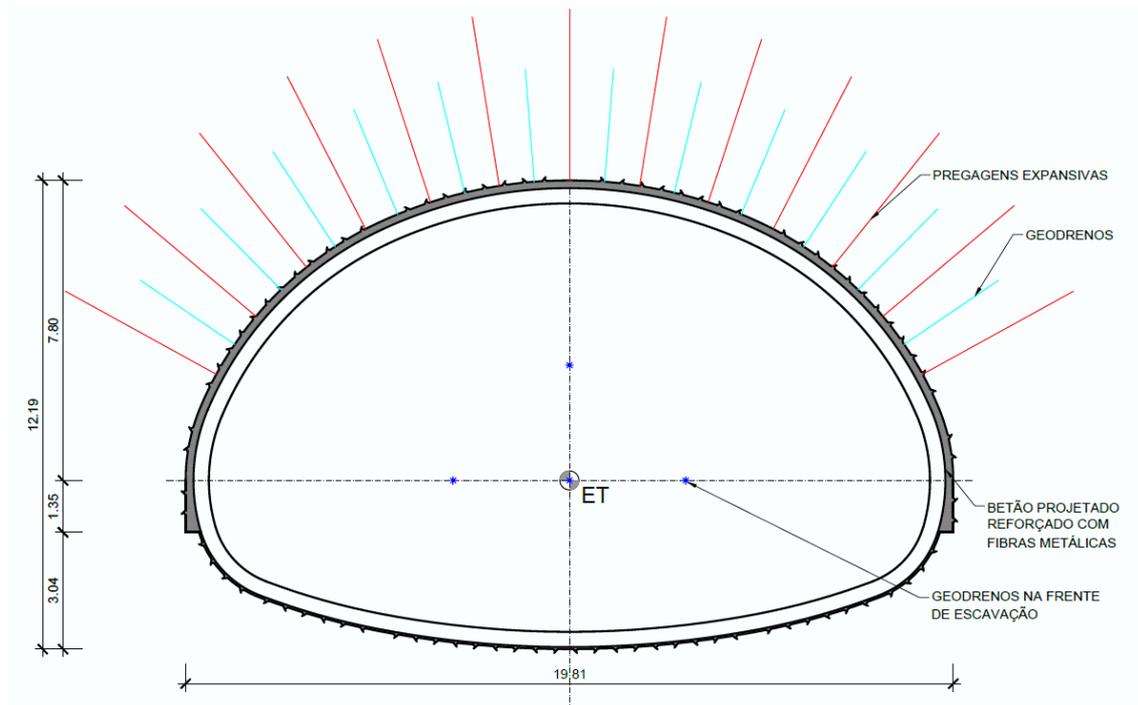


Figura 12 - Suporte Tipo VR2.6

8.1 Revestimento definitivo

A estrutura definitiva exterior (revestimento definitivo) da via de resguardo será construída após a execução da estrutura de suporte primário.

As secções transversais dos revestimentos definitivos da OE4 foram definidas respeitando-se os constrangimentos ao contorno interior das secções, a garantia da segurança e os condicionamentos geotécnicos das camadas atravessadas.

Para as secções VR2.1, VR2.2, VR2.3, VR2.4 e VR2.5 de túnel das transições a abóbada apresenta espessura constante de 0,30 m, sendo que a presença de nível freático acima da abóbada conduz à necessidade de espessar a base dos hasteais, para um máximo de 0,55 m e um mínimo na soleira com 0,40 m. Na secção VR2.6 tem mais 0,10 m em todos elementos apresentados.

A secção de túnel individual da via de resguardo apresenta espessura 0,30 m, com um espessamento na zona dos hasteais, com um máximo de 0,45 m.

A galeria de ligação apresenta uma geometria condicionada pelas cotas dos tuneis interligados, pelas necessidades de drenagem e tem uma espessura constante de 0,25 m.

Prevê-se a adoção de processos construtivos habituais para este tipo de estruturas, adotando-se soluções betonadas “in-situ” executadas com recurso a cofragens tradicionais.

Figura 15 – Revestimento Definitivo: Via de Resguardo 2 (OE4) – Secção VR2.3

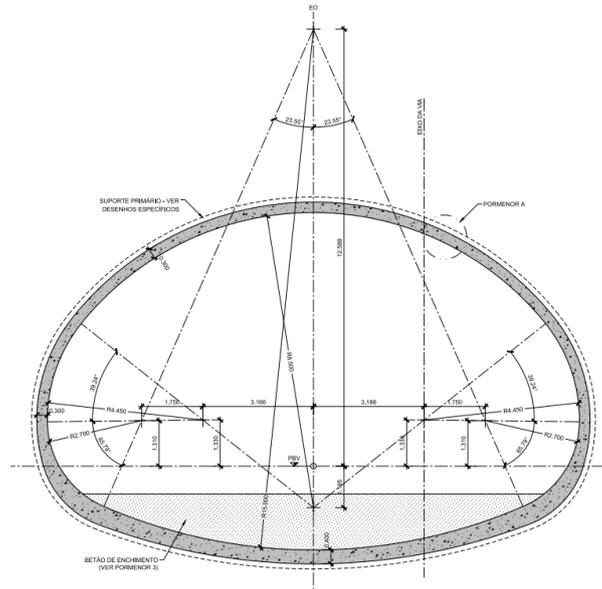


Figura 16 – Revestimento Definitivo: Via de Resguardo 2 (OE4) – Secção VR2.4

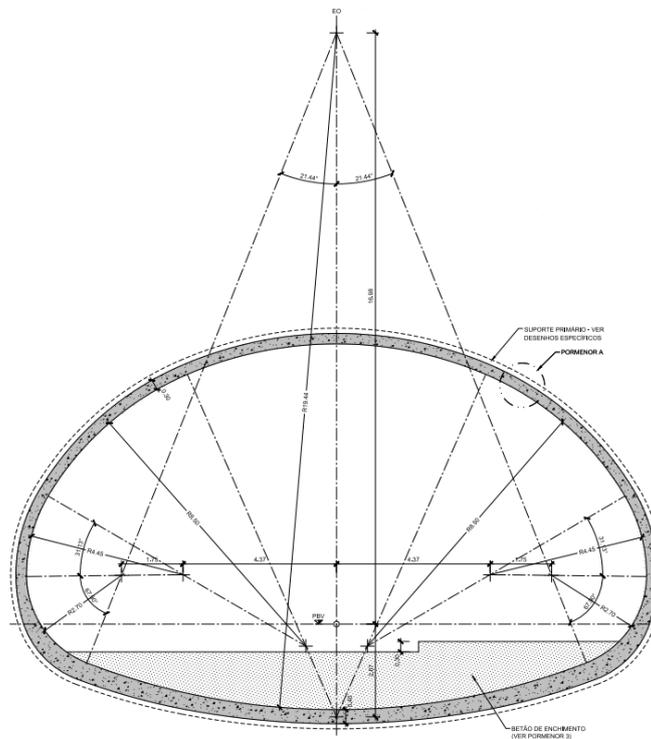


Figura 17 – Revestimento Definitivo: Via de Resguardo 2 (OE4) – Secção VR2.5

9 FASEAMENTO CONSTRUTIVO

Genericamente, o suporte primário da via de resguardo 2 será executado de acordo com o seguinte faseamento:

1. Execução do suporte primário da secção tipo Túnel de Via (TV) a partir do emboquilhamento da localizado na OE6 até ao PK 2+754,351.
2. Ao PK 2+754,351, alteração da secção de escavação da secção tipo TV para a geometria da Fase 1 das secções tipo VR2.6 a VR 2.1, com a escavação destas em sequência, sem alargamento das secções, até ao PK 2+680,351.
3. A partir do PK 2+680,351, alargamento da secção VR2.1 (Fase 2) em sentido inverso ao executado nos pontos 1 e 2 anteriores, com a demolição do septo provisório da Fase 1.
4. Alargamento das secções VR2.2 a VR2.6 , com a demolição dos septos provisórios da Fase 1.
5. Escavação da soleira nas secções TV e VR2.6 a VR2.1.
6. Execução do chapéu troncocónico de enfilagens para proteção do início da escavação da secção VR2.7.
7. Escavação da secção VR2.7 a partir do PK 2+754,351 até ao PK 2+854,772 em secção total, com execução durante o avanço de pregagens injetadas com calda de cimento, para reforço do maciço entre as galerias de secção VR2.7 e TV.
8. A partir da secção TV, execução da escavação e suporte primário do túnel de ligação entre galerias em secção total.
9. Instalação do sistema de impermeabilização.
10. Execução do revestimento definitivo.

10 PROJETO GEOTÉCNICO DO SUPORTE PRIMÁRIO

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

10.1 Ações consideradas

As ações consideradas são as apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 – Ações de dimensionamento

| Ações | Valor/Observação |
|---------------------------------|--|
| CARGAS PERMANENTES | – |
| Peso próprio | $\gamma_{\text{betão}} = 25 \text{ kN/m}^3$ |
| AÇÕES DO SOLO | – |
| 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). |
| IMPULSOS DE ÁGUA | – |
| 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). |
| SOBRECARGAS Á SUPERFÍCIE | – |
| Carga de ocupação à superfície | 10 kN/m ² |

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

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

Combinação fundamental geral:

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

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 ψ adotados são os definidos no Tabela 12:

Tabela 12 - Coeficientes de redução

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

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

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

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

Para a verificação da segurança aos estados limite serão considerados valores dos coeficientes parciais de segurança relativos às ações, de acordo com o estipulado nas normas NP EN1990 e NP EN1991 (Tabela 13) e aos materiais, segundo os regulamentos correspondentes a cada um destes estados limites (Tabela 14 e Tabela 15).

Tabela 13 - Coeficientes parciais de segurança utilizados nas ações

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

Tabela 14 - 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 | γ_c | 1,00 | 1,25 |
| Resistência ao corte não drenada | γ_{cu} | 1,00 | 1,40 |
| Peso volúmico | γ_V | 1,00 | 1,00 |

Tabela 15 - Coeficientes parciais de segurança relativos aos materiais para os estados limites últimos

| Material | Símbolo | Situações persistentes e transitórias |
|--|------------|---------------------------------------|
| Betão | γ_c | 1,50 |
| Aço para cambotas metálicas e pregagens expansivas | γ_s | 1,15 |

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

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

10.3 Modelos numéricos

Para o desenvolvimento dos modelos numéricos, utilizou-se o programa de cálculo automático Plaxis, o qual permite a produção automatizada de um malha de elementos finitos, triangulares de quinze nós, tendo esta sido refinada a 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 Estudo Prévio em modelos numéricos bidimensionais contemplam 40%, 60% e 80% de descompressão.

10.4 Modelos de interação solo-estrutura

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 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

As pregagens previstas no contorno da escavação foram modeladas através de elementos plásticos. A área de influência das pregagens adotadas nas análises numéricas, reflete a densidade da malha de pregagens a aplicar nas diferentes zonas da escavação.

A secção VR2.6 foi identificada como condicionante para o dimensionamento do suporte primário. O modelo de cálculo bidimensional adotado encontra-se ilustrado na Figura 20.

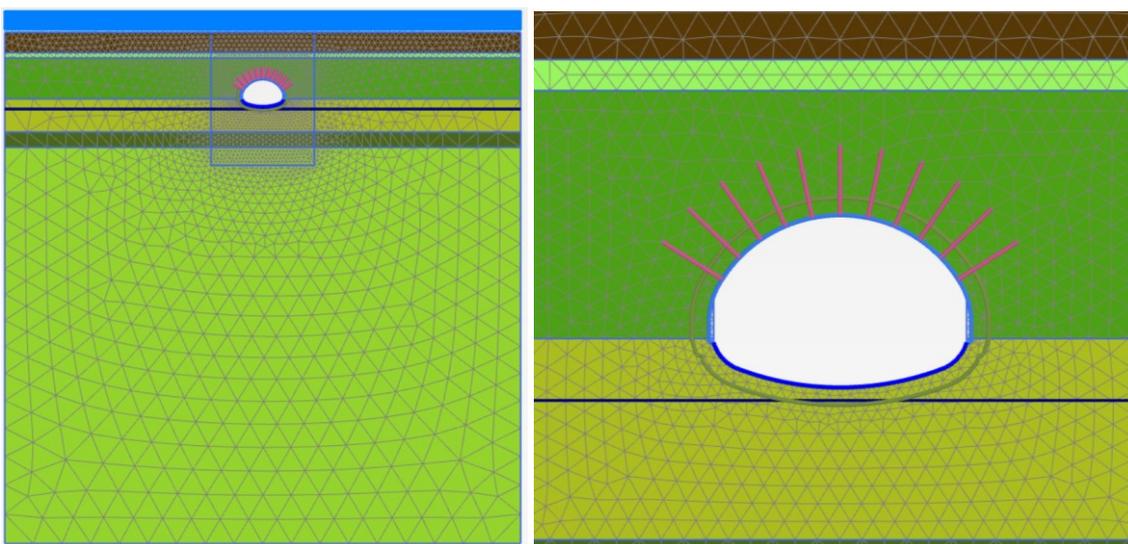


Figura 20 - Suporte VR2.6

10.5 Faseamento construtivo adotado nos modelos numéricos

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 a que os deslocamentos decorrentes da sua aplicação não fossem somados aos deslocamentos resultantes da escavação.

Na Figura 20 apresenta-se o faseamento construtivo adotado para o modelo bidimensional da secção VR2.6, tendo o faseamento adotado para as restantes secções sido semelhante.

10.6 Verificações de segurança

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

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

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

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

Tabela 16 – Combinações de ações consideradas nas verificações de segurança

| Verificações de segurança | Combinação |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| Estados Limites Últimos (ELU) | Combinações fundamentais de ações |
| Estado Limite de Utilização (ELS) | Combinação característica de ações |

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

Nesta fase de estudo consideraram-se relevantes as verificações da segurança aos estados limites dos elementos estruturais indicados na Tabela 17, 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 17 – Verificações de segurança associadas ao suporte primário

| Tipo de verificação | |
|---|--|
| Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU) | 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 à tração da armadura das pregagens |
| 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 |

10.6.1 Estado Limite Último de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas

Com referido no ponto, foram produzidos modelos bidimensionais e tridimensionais com o objetivo de aferir os esforços aos quais os diversos elementos que constituem o suporte primário estarão sujeitos durante a várias etapas de construção.

Neste contexto, a análise dos esforços relativos às etapas de escavação em que o betão se encontra com idade jovem foi realizada com base nos esforços extraídos dos modelos

tridimensionais. Nestes modelos, foi realizada a modelação do avanço de escavação em articulação com o ganho de resistência do betão aplicado nas fases de escavação anteriores.

A curva de ganho de resistência do betão projetado adotada para o incremento dos parâmetros de rigidez dos modelos de cálculo e para a realização das respetivas verificações de segurança foi a curva extraída do fib Model Code 2010 (Figura 21).

A adoção desta curva permite estimar a evolução dos parâmetros do betão projetado desde as idades jovens (1 hora) até aos 28 dias (672 horas). Relativamente à evolução dos parâmetros nas primeiras 24 horas, referidos na norma relativa à especificação de betão projetado (NP EN 14487-1), a curva adotada permite obter parâmetros de acordo com o ganho de resistência espectável para uma classificação J2.

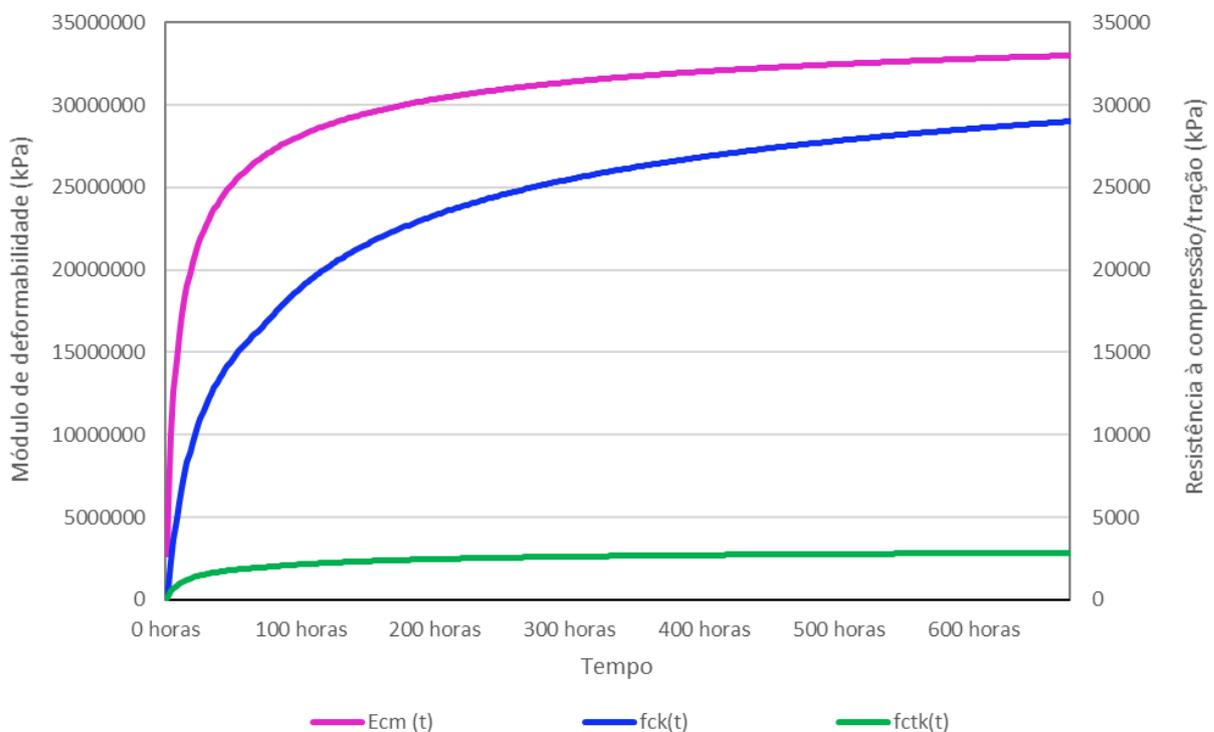


Figura 21 - Evolução do ganho de resistência e de rigidez do betão projetado considerada (fib Model Code 2010)

No dimensionamento estrutural do suporte primário também foi considerada a contribuição resultante da inclusão de fibras metálicas no betão projetado. 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 eletrossoldada 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):

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

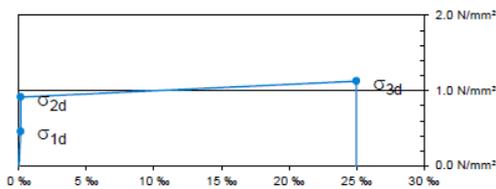
| | |
|-----------------|--|
| σ_{2d} | is the design value of the steel fiber reinforced concrete in tension, based on $f_{R1,m}$ |
| σ_{3d} | is the design value of the steel fiber reinforced concrete in tension, based on $f_{R4,m}$ |
| α_{sys} | is the coefficient taking account of effects due to 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, |
| κ_h | is a coefficient to compensate for scaling effects |
| α_{char} | is the coefficient taking account of the variation of the material properties for the selected application |
| γ_{ct}^f | is the partial factor for steel fiber concrete in tension |

Na Figura 22 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.

Steel Fibre Concrete

| | | | |
|--|----------------------|----------------------|--|
| effective depth d | 200 | [mm] | |
| concrete class | C30/37 | | |
| characteristic strength f_{ck} | 30 | [N/mm ²] | |
| partial factor γ_c | 1.50 | [-] | |
| factor α_{cc} | 0.85 | [-] | |
| $\alpha_{R1} \cdot f_{R1m} \rightarrow \sigma_2$ | 0.40 | [-] | (conversion factor flexion → tension) |
| $\alpha_{R3} \cdot f_{R3m} \rightarrow \sigma_3$ | 0.39 | [-] | (conversion factor flexion → tension) |
| $f_{R1,m}$ | 3.82 | [N/mm ²] | (according to EN 14651) |
| $f_{R3,m}$ | 4.76 | [N/mm ²] | (according to EN 14651) |
| κ_h | 1.00 | [-] | |
| partial factor γ_{ct}^f | 1.50 | [-] | |
| | | | |
| Dramix® fiber type | Dramix 4D 65/60BG | | (EN 14889-1: System '1' - Structural Use) |
| recommended dosage | 30 kg/m ³ | | (recommended dosage for testing according to EN 14651) |

Constitutive Law for Steel Fibre Concrete: $\sigma - \varepsilon$



$\sigma - W / \sigma - \varepsilon$

| | | |
|-----------------|------|------|
| W_u | 2.5 | [mm] |
| l_{cs} | 100 | [mm] |
| ε_u | 25.0 | [%] |

Reinforcement

| | | |
|---------------------------|-------------|----------------------|
| | Fibers Only | |
| yield strength f_{yk} | - | [N/mm ²] |
| partial factor γ_s | - | [-] |

Figura 22 - Parâmetros de modelação da contribuição das fibras metálicas (segundo Bekeart Moment Capacity)

Na Figura 23 apresentam-se os parâmetros de entrada para a determinação dos diagramas de capacidade resistente para a flexão composta, considerando a inclusão das fibras metálicas. Nos diagramas de interação para a verificação do ELU de flexão composta do betão projetado, serão apresentados os limites de resistência com e sem a contribuição das fibras metálicas.

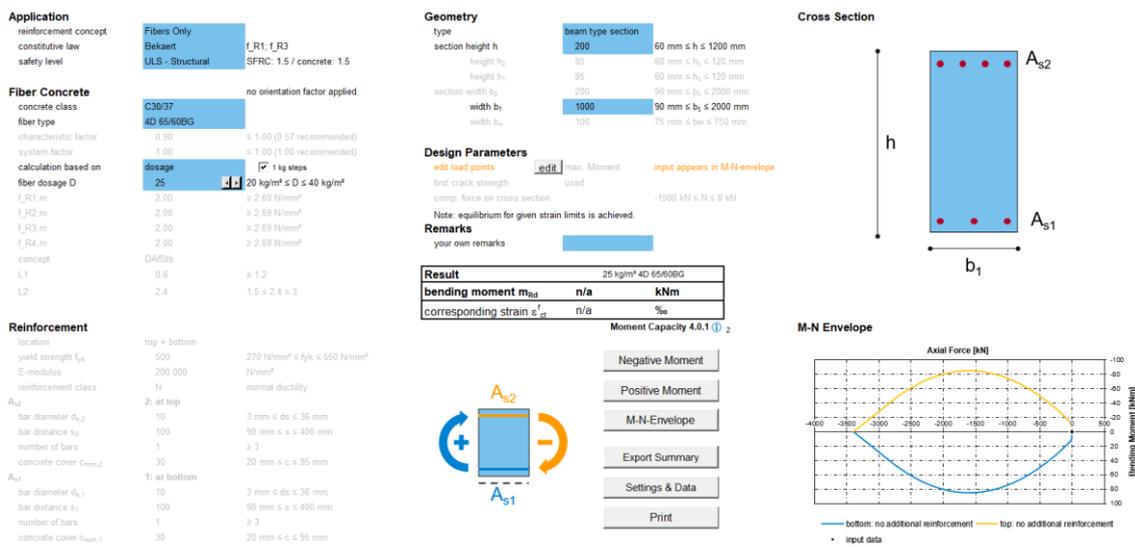


Figura 23 - Capacidade resistente com a inclusão de fibras metálicas (segundo Bekaert)

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

Para confirmar que os esforços obtidos verificam o conjunto de condições referidas anteriormente, os esforços serão apresentados em diagramas de capacidade resistente (M, N).

10.6.2 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

Para a verificação da segurança para o revestimento de betão projetado para idade jovem, à semelhança do indicado no ponto 10.6.1, os esforços serão extraídos do modelo tridimensional a meio da secção de betão projetado do avanço anterior, aquando da execução do avanço seguinte de escavação.

Para confirmar que os esforços obtidos verificam o conjunto de condições referidas anteriormente, os esforços serão igualmente apresentados em diagramas de capacidade resistente (V, N), devidamente ajustados à idade do betão na referida fase.

10.6.3 Estado limite de utilização – deslocamentos e convergências da secção

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.

10.6.4 Estado limite de utilização dos assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação subterrânea

A verificação do ELS dos assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação subterrânea encontra-se realizada no Tomo II – Volume 13 – Interferências ao Longo da Linha.

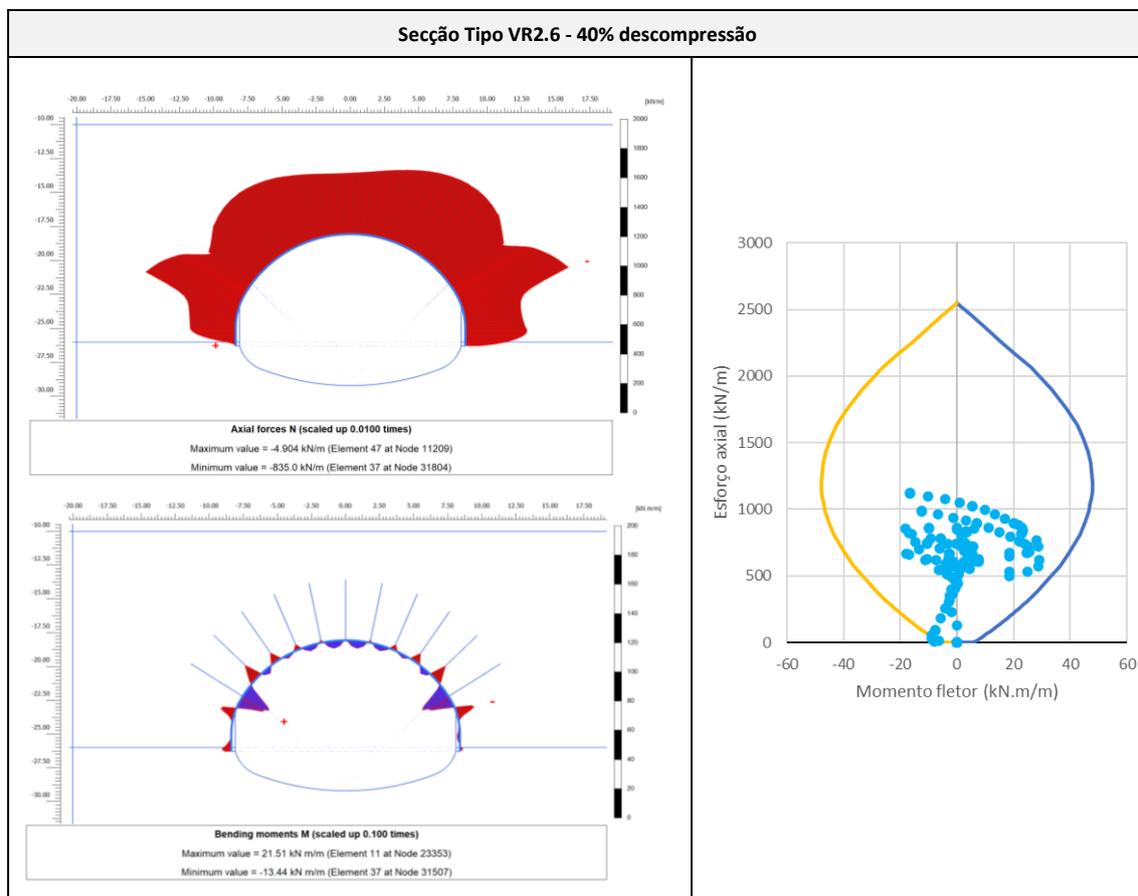
11 RESULTADOS DAS VERIFICAÇÕES DE SEGURANÇA DO SUPORTE PRIMÁRIO

Neste capítulo apresentam-se os apenas os resultados condicionantes para as verificações de segurança associadas ao dimensionamento do suporte primário da via de resguardo.

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

Na Tabela 18 apresentam-se as verificações ao ELU de resistência em flexão composta do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas, para a fase em que todas as fases se encontram escavadas na totalidade. 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.

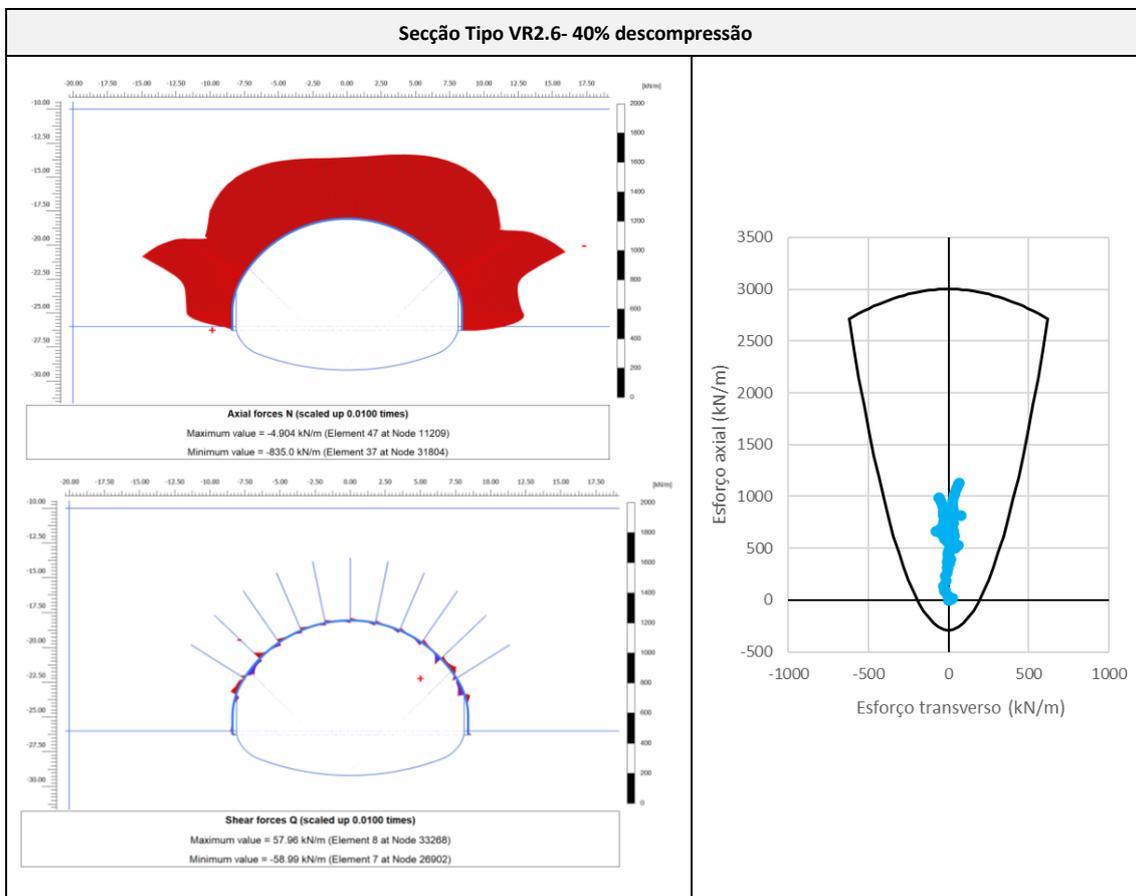
Tabela 18 - Secção Tipo VR2.6



11.2 Estado limite último de resistência ao esforço transverso/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas

Na Tabela 19 apresentam-se as verificações ao ELU de resistência ao esforço transverso/corte do revestimento em betão projetado reforçado com fibras metálicas, para a fase em que a calote e o rebaixo se encontram escavados na totalidade. Os esforços apresentados nos diagramas de verificação encontram-se majorados. Os correspondentes diagramas de esforços não-majorados são também apresentados no mesmo conjunto de tabelas.

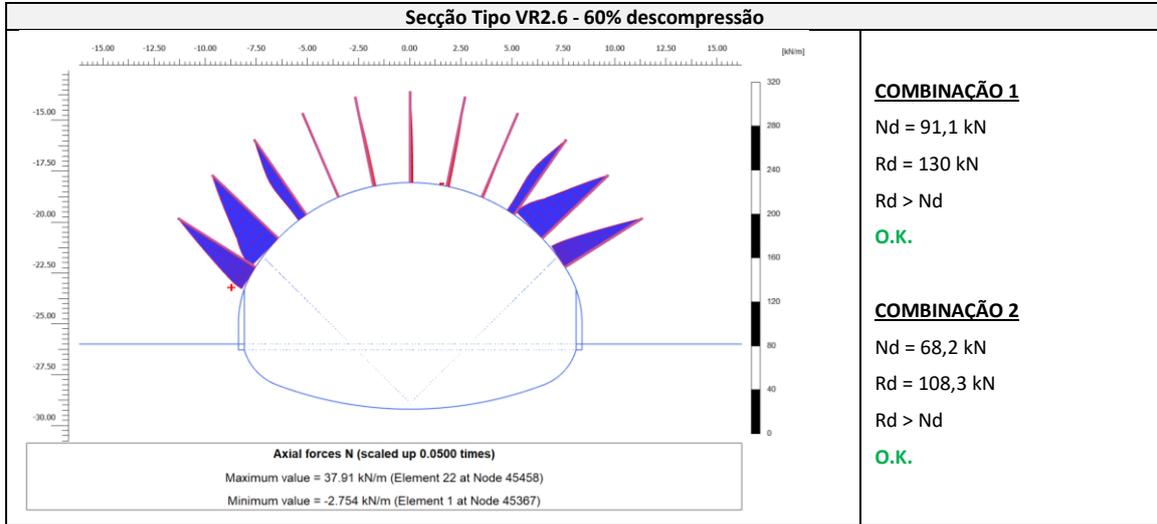
Tabela 19 - Secção Tipo VR2.6



11.3 Estado limite último de resistência à tração da armadura das pregagens

Na Tabela 20 apresentam-se as verificações ao ELU à tração da armadura das pregagens, para a fase em que a secção se encontra escavada na totalidade.

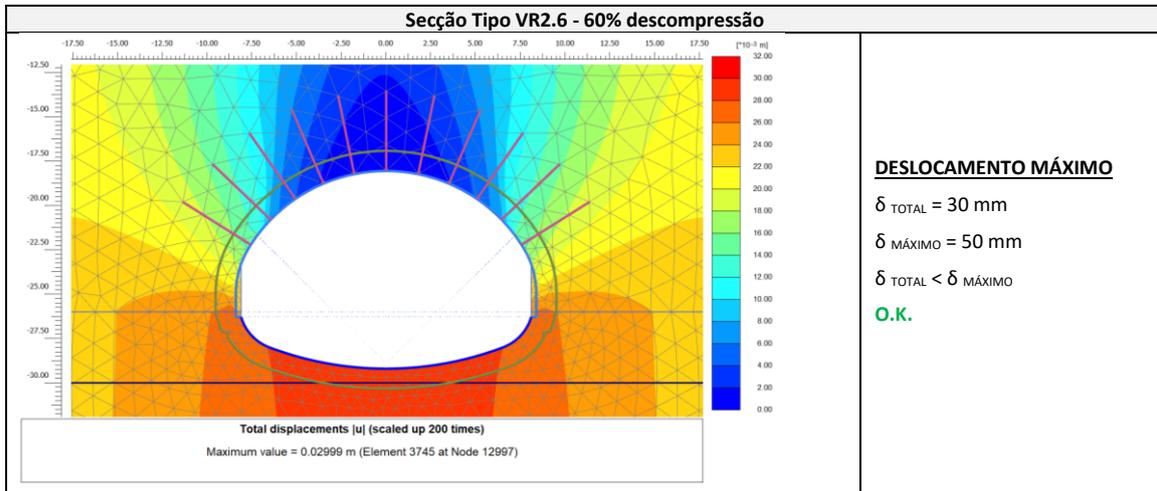
Tabela 20 – Secção Tipo VR2.6



11.4 Estado limite de utilização – deslocamentos e convergências da secção

Na Tabela 21 apresentam-se as convergências estimadas para a secção de cálculo.

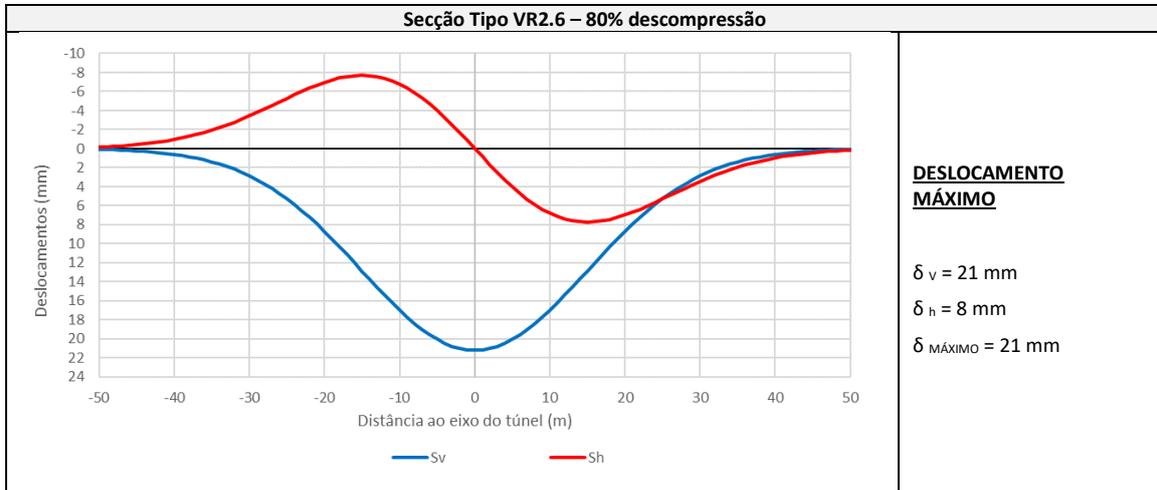
Tabela 21 - Secção Tipo VR2.6



11.5 Estado limite de utilização dos assentamentos das estruturas localizadas na zona de influência da escavação subterrânea

Na Tabela 22 apresentam-se os assentamentos estimados à superfície para a secção de cálculo.

Tabela 22 - Secção Tipo VR2.6



12 PROJETO DE ESTRUTURAS DEFINITIVAS

12.1 Metodologia de Cálculo

O dimensionamento estrutural da secção foi realizado com recurso a um programa de cálculo automático de estruturas desenvolvido na COBA, que utiliza o método dos elementos finitos e modela a estrutura com elementos de barra apoiados elasticamente.

O cálculo estrutural realizado para a obtenção dos esforços devidos a carregamentos exteriores foi executado através de uma análise não-linear, considerando elementos lineares apoiados elasticamente, tendo-se desactivado as molas tracionadas.

Os modelos de cálculo utilizados na análise estrutural são do tipo apresentado na figura seguinte.

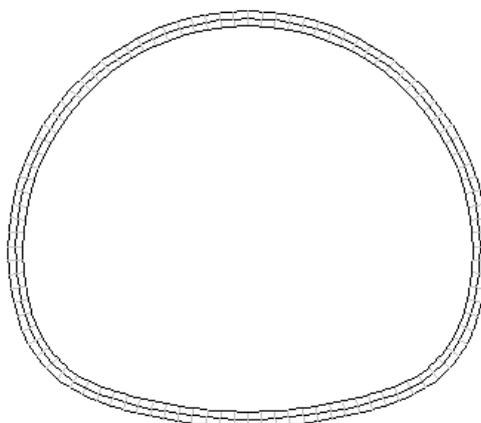


Figura 24 – Modelo de cálculo de uma secção tipo

O módulo de reação (k) dos apoios elásticos foi estimado a partir do módulo de deformabilidade (E) do maciço e do seu coeficiente de Poisson (ν) pela seguinte expressão:

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

em que R representa o raio do revestimento definitivo.

No quadro seguinte apresentam-se os parâmetros geotécnicos adotados no cálculo e que correspondem aos complexos geomecânicos Cc1b e Cc1c.

Tabela 23 – Revestimento definitivo. Parâmetros geotécnicos adotados

| | Cc1b | Cc1c |
|-----------|-------------|-------------|
| E' (MPa) | 325 | 4000 |
| ν | 0,21 | 0,21 |
| γ (kN/m³) | 24 | 25 |

Os parâmetros apresentados no quadro acima têm o seguinte significado:

E – módulo de deformabilidade do maciço;

ν – coeficiente de Poisson do maciço;

γ – peso específico do maciço.

12.2 Ações

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

12.2.1 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) - Para o enchimento em betão simples considerou-se um peso específico de $\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^3$.
- 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 (I_t) – 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).

Considerou-se que a VR2.5 e VR2.6 são revestidas por Cc1c até ao início da abóbada e por Cc1d no resto da altura sendo que, por simplificação, este foi o Impulso de Terras aplicado à secção:

- $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$;
- $H = 11,0 \text{ m}$ para a maior secção (correspondente a metade do diâmetro do túnel);
- $k_0 = 0,30$.

Considerou-se que a VR2.7 é revestida por Cc1b que, por simplificação, este foi o Impulso de Terras aplicado à secção:

- $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$;
- $H = 2,30 \text{ m}$ para a maior secção (correspondente a metade do diâmetro do túnel);
- $k_0 = 0,30$.

- Impulso Hidrostático (I_w) - Considera-se a existência de água e consequentemente a ação do impulso hidrostático correspondente a um nível freático ao nível da abóbada de todas as secções

dos túneis. Para a determinação dos impulsos hidrostático considerou-se um peso específico da água de $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$.

12.2.2 Ações Variáveis

As ações variáveis consideradas na análise foram as seguintes:

- Sobrecarga de terrapleno – (SC_Terr) – Foi considerada uma sobrecarga de 10 kN/m^2 para a determinação dos impulsos de terras;
- Sobrecarga Ferroviária: cargas transmitidas pelo material circulante, conforme definido no anexo ANX_C4 – cargas MC ML.

O material circulante na linha do Metropolitano é formado por unidades triplas compostas por 2 motoras (M) e um reboque (R) com a formação MRM. Os veículos poderão ser constituídos por 2 unidades triplas, com a formação MRM-MRM.

Na Figura 25 apresenta-se o carregamento vertical correspondente a uma unidade tripla MRM, correspondente a um material circulante ML 90, definido ANX_C4 – cargas MC ML

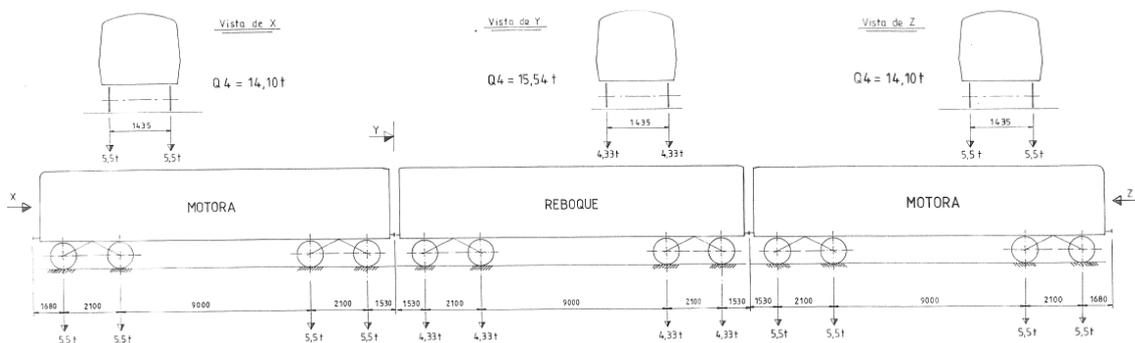


Figura 25 – Cargas transmitidas por uma formação MRM (extrato do ANX_C4, ML 90)

Na análise estrutural considera-se a degradação das cargas do material circulante em profundidade ao longo do enchimento previsto sobre o revestimento definitivo, resultando numa carga uniformemente distribuída de $42,6 \text{ kN/m}^2$.

12.2.3 Ação Sísmica

O efeito do sismo nas estruturas enterradas materializa-se pela imposição de deslocamentos no seu contorno em resultado da propagação das ondas sísmicas, que impõem deformações na estrutura as quais, por sua vez, geram tensões e esforços de natureza sísmica.

A ação sísmica foi definida de acordo com a NP EN 1998-1 para a zona de Lisboa.

O valor da aceleração sísmica, a_g , é determinado pela expressão apresentada no ponto 3.2.1 (3) do EC8: $a_g = \gamma_I \times a_{gr}$; em que γ_I é o coeficiente de importância que multiplica a aceleração sísmica de referência para um solo tipo A (rocha), a_{gr} .

O coeficiente de importância, γ_I , foi calculado, tendo em consideração o período de vida útil da estrutura, de acordo com os pontos 2.1(3) e 2.1(4) do EC8, considerando uma probabilidade de excedência de 10% em 100 anos:

$$\gamma_I = (T_{LR}/T_L)^{(-1/k)}, \text{ em que:}$$

$$T_L = 100 \text{ anos e } T_{LR} = 50 \text{ anos,}$$

k é um expoente que, de acordo com o ponto NA 4.2.5 (5) P do Anexo Nacional do EC8, toma os seguintes valores: $k = 1,5$ para o sismo tipo 1, e; $k = 2,5$ para o sismo tipo 2.

Tabela 24 – Quantificação da ação sísmica

| | Ação Sísmica Tipo 1 | Ação Sísmica Tipo 2 | Observação |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|---|
| $a_{gr} \text{ (m/s}^2\text{)} =$ | 1,5 | 1,7 | Quadro NA.I do EC8-1 (zona sísmica 1.3 e 2.3) |
| $\gamma_I =$ | 1,59 | 1,32 | - |
| $a_g \text{ (m/s}^2\text{)} =$ | 2,38 | 2,24 | - |

A metodologia de análise sísmica a adotada compreende:

- a obtenção dos campos de “deslocamentos sísmicos” a aplicar à estrutura, obtidos com base em modelos bidimensionais que incluem a estrutura e a estratificação do maciço envolvente até um substrato rígido;
- a imposição estática, aos modelos estruturais do túnel, do campo cinemático mais desfavorável obtido na análise anterior e cálculo dos correspondentes esforços.

As principais fases da metodologia acima descrita são as seguintes:

- 1) Avaliação do campo de deslocamentos sísmicos no modelo bidimensional de interação solo-estrutura;
- 2) Calibração da rigidez das “barras de solo” equivalentes a adotar no modelo estrutural do túnel;
- 3) Aplicação do perfil de deslocamentos sísmicos no modelo estrutural do túnel.

No modelo de análise estrutural (software SAP2000), o comportamento não linear da estrutura, para o campo de “deslocamentos sísmicos” aplicado, é incorporado pela consideração do coeficiente de comportamento $q=1,5$, de acordo com o definido na EN 1998 para este tipo de estruturas.

No que se refere à combinação das componentes direcionais da ação sísmica, adota-se o preconizado no Eurocódigo 8, avaliando-se os esforços para a ação sísmica a atuar independentemente em cada direção, e posteriormente combinado os esforços resultantes:

$$\text{Sismo}_H = 1,0 \times E_H \text{ "+" } 0,3 \times E_V$$

$$\text{Sismo}_V = 0,3 \times E_H \text{ "+" } 1,0 \times E_V$$

em que,

- "+" – significa ser combinado com;
- E_H e E_V – são os efeitos da ação sísmica a atuar isoladamente na direção horizontal e vertical, respetivamente.

12.2.4 Ações Acidentais

12.2.4.1 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. Na Tabela 6 está representado o valor do recobrimento adotado com vista a garantir o requisito de durabilidade e de resistência ao fogo.

12.3 Combinações de Ações

12.3.1 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:

12.3.1.1 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.

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

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

ψ_o – Valor reduzido da ação variável i .

12.3.1.2 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).

12.3.1.3 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;

ψ_2 – Valor reduzido da ação variável j .

12.3.2 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:

12.3.2.1 Combinação rara de ações:

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

12.3.2.2 Combinação frequente:

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

12.3.2.3 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.

ψ_1 e ψ_2 – Valores reduzidos da ação variável j .

12.4 Critérios de Verificação da Segurança

12.4.1 Verificação da Segurança aos Estados Limites Últimos (ELU)

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

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

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

A verificação da segurança estrutural para a ação do fogo é garantida com adoção de dimensões e recobrimentos mínimos de armaduras.

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

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

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

12.4.3 Verificação da Segurança relativamente à rotura por Levantamento Global

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

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

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

12.5 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

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

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

De seguida apresentam-se os esforços e as armaduras de cálculo obtidos, para cada secção, na verificação 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.

12.5.1.1 Secção VR2.5

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio, as ações das Terras e um Impulso Hidrostático equivalente a uma pressão hidrostática com a água no topo da abóbada. Apresentam-se de seguida os esforços e armaduras de cálculo obtidos.

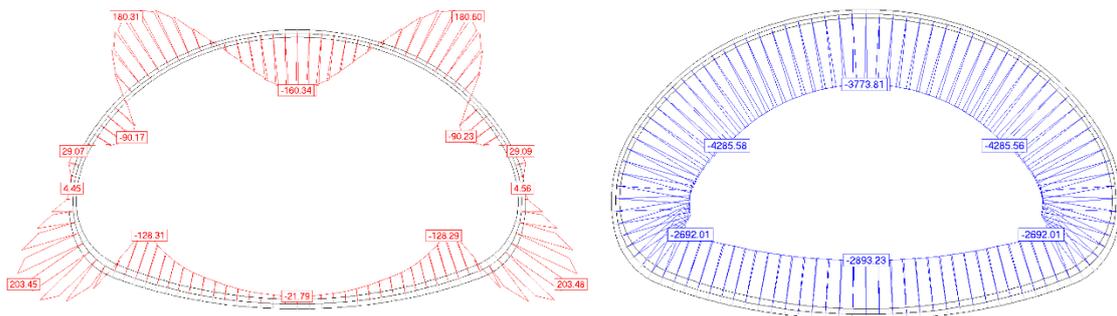


Figura 26 – Secção VR2.5. Esforços de dimensionamento M_{sd} (kNm/m) e N_{sd} (kN/m) (ELU)

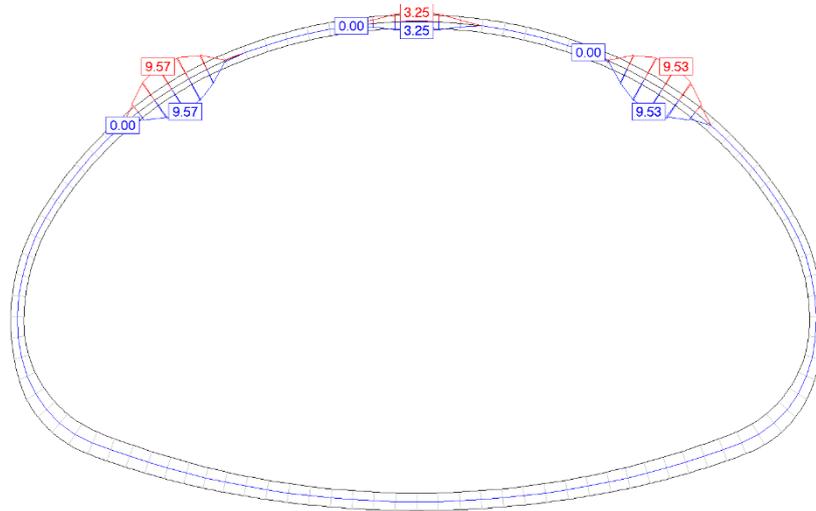


Figura 27 – Secção VR2.5. Armaduras de cálculo de flexão (cm^2/m)

Para a secção **VR2.5** e de acordo com a armadura de cálculo obtida, foi adotada uma malha de $\varnothing 12//0,10$ na face interior e na face exterior.

Para o mesmo caso de carga apresentado para a verificação da flexão, obteve-se também a situação mais desfavorável para o esforço transversal. Apresentam-se de seguida o diagrama de esforço transversal obtido.

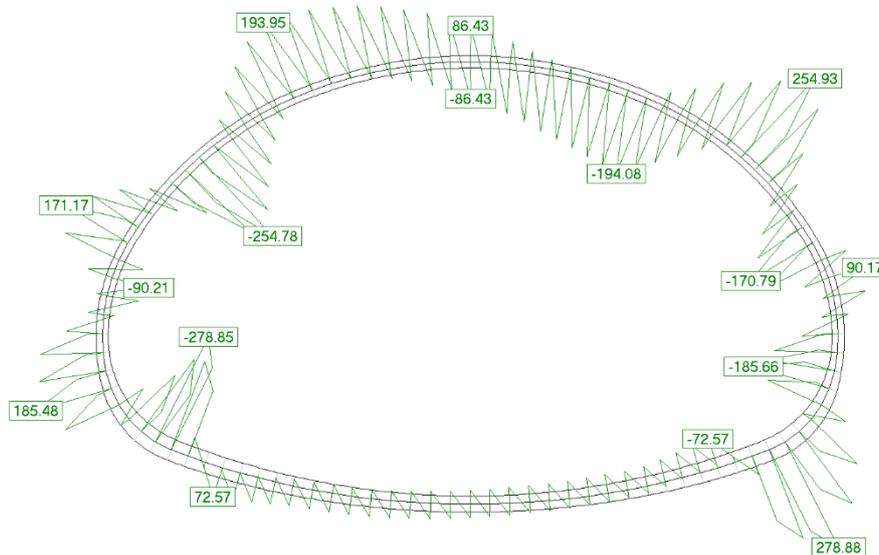


Figura 28 – Secção VR2.5. Esforço transversal de dimensionamento V_{sd} (kN/m)

Para uma secção corrente de 0,40 m obteve-se um $V_{Rd,c}$ de cerca de 510 kN/m , superior ao V_{sd} e conclui-se que não será necessária armadura de esforço transversal.

12.5.1.2 Secção VR2.6

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio, as ações das Terras e um Impulso Hidrostático equivalente a uma pressão hidrostática com a água no topo da abóbada. Apresentam-se de seguida os esforços e armaduras de cálculo obtidos.

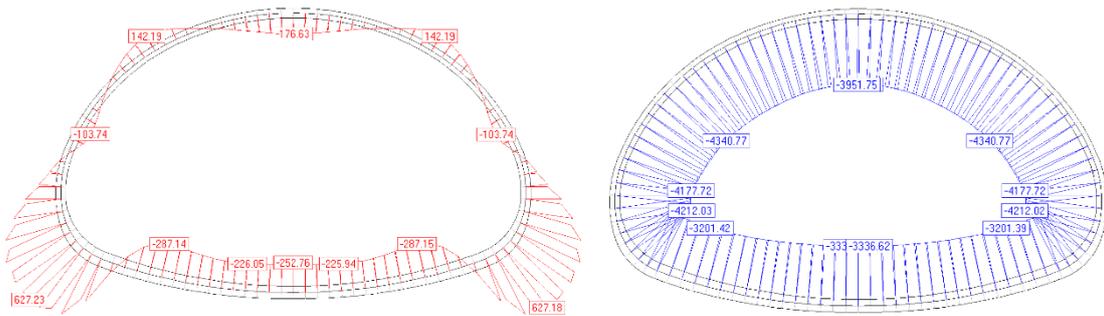


Figura 29 – Secção VR2.6. Esforços de dimensionamento Msd (kNm/m) e Nsd (kN/m) (ELU)

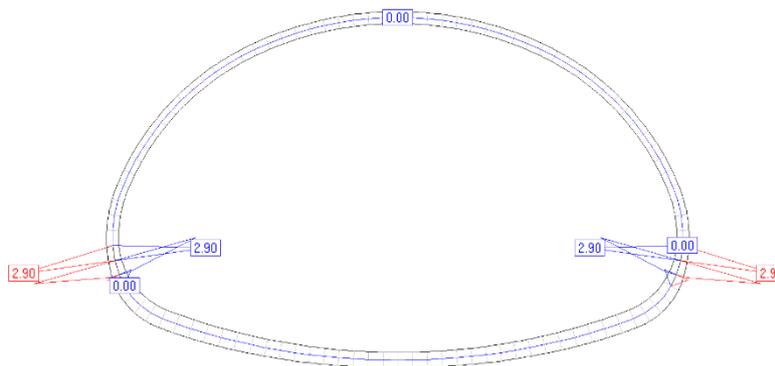


Figura 30 – Secção VR2.6. Armaduras de cálculo de flexão (cm²/m)

Para a secção **VR2.6** e de acordo com a armadura de cálculo obtida, foi adotada uma malha de Ø12//0,10 na face interior e na face exterior.

Para o mesmo caso de carga apresentado para a verificação da flexão, obteve-se também a situação mais desfavorável para o esforço transversal. Apresentam-se de seguida o diagrama de esforço transversal obtido.

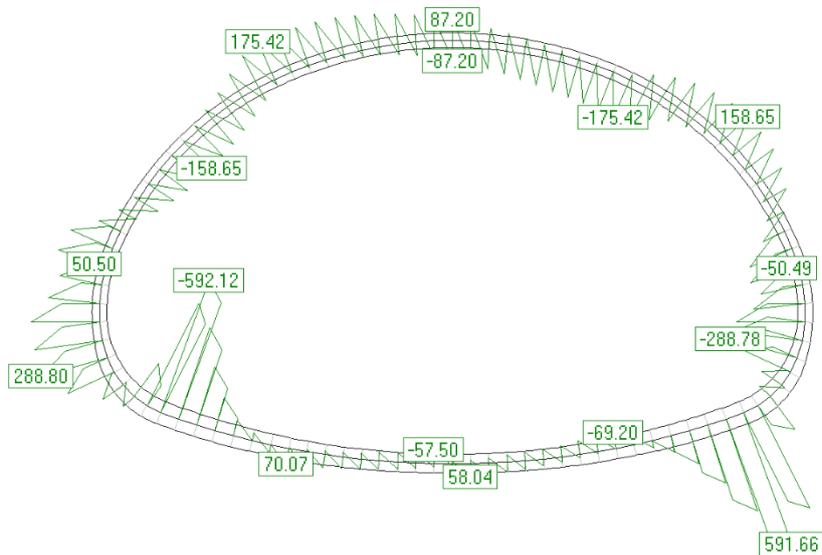


Figura 31 – Secção VR2.6. Esforço transversal de dimensionamento V_{sd} (kN/m)

Para uma secção corrente de 0,50 m obteve-se um $V_{Rd,c}$ de cerca de 610 kN/m, superior ao V_{sd} e conclui-se que não será necessária armadura de esforço transversal.

12.5.1.3 Secção VR2.7

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio, as ações das Terras e um Impulso Hidrostático equivalente a uma pressão hidrostática com a água no topo da abóbada. Apresentam-se de seguida os esforços e armaduras de cálculo obtidos.

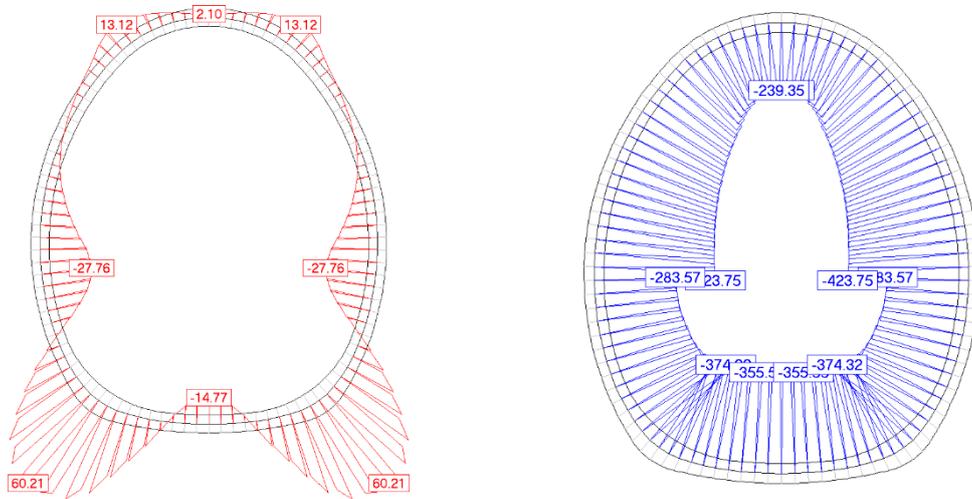


Figura 32 – Secção VR2.7 Esforços de dimensionamento M_{sd} (kNm/m) e N_{sd} (kN/m) (ELU)

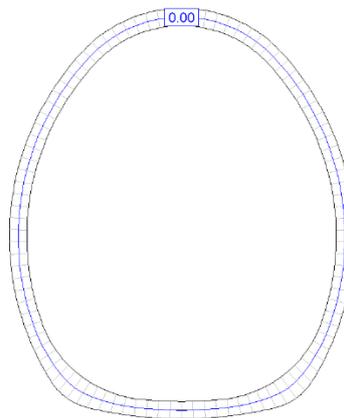


Figura 33 – Secção VR2.7. Armaduras de cálculo de flexão (cm^2/m)

Para a secção **VR2.7** e de acordo com a armadura de cálculo obtida, foi adotada uma malha de $\varnothing 12/0,10$ na face interior e na face exterior.

Para o mesmo caso de carga apresentado para a verificação da flexão, obteve-se também a situação mais desfavorável para o esforço transversal. Apresentam-se de seguida o diagrama de esforço transversal obtido.

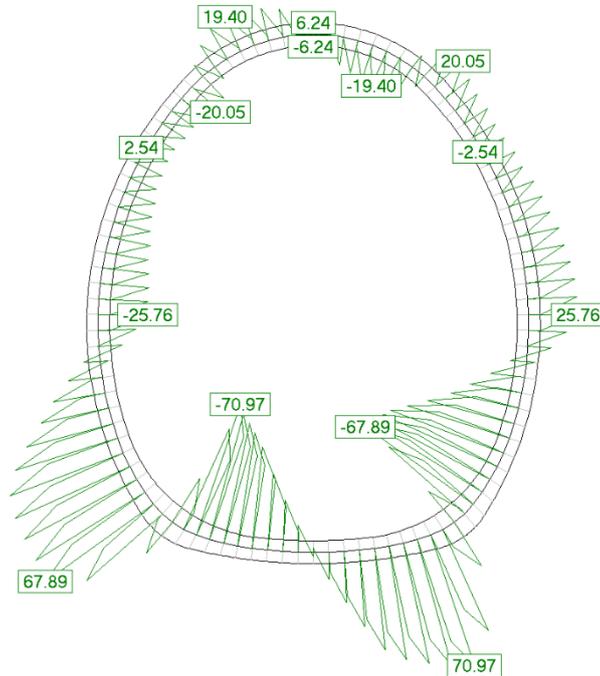


Figura 34 – Seção VR2.7. Esforço transversal de dimensionamento V_{sd} (kN/m)

Para uma secção corrente de 0,30 m obteve-se um $V_{Rd,c}$ de cerca de 180 kN/m, superior ao V_{sd} e conclui-se que não será necessária armadura de esforço transversal.

12.5.2 Verificação da Segurança em relação aos Estados Limites de Serviço (ELS)

12.5.2.1 Seção VR2.5

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio, as ações das Terras e um Impulso Hidrostático equivalente a uma pressão hidrostática com a água no topo da abóbada. Apresentam-se de seguida os esforços e armaduras de cálculo obtidos.

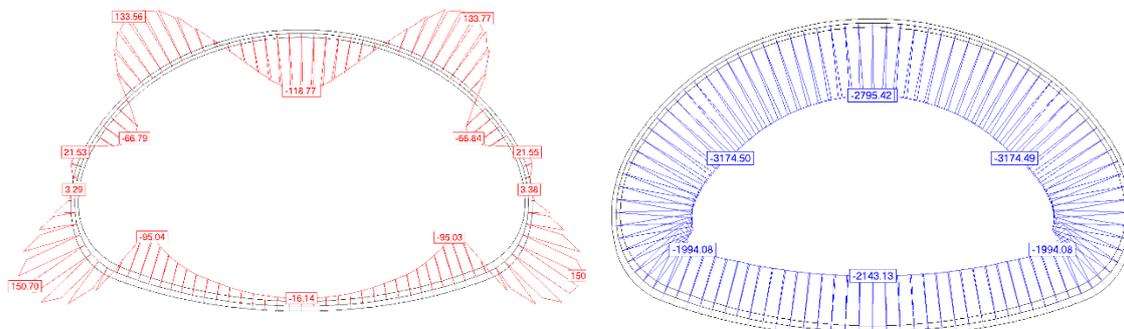


Figura 35 – Seção VR2.5. Esforços de dimensionamento M_{sd} (kNm/m) e N_{sd} (kN/m) (ELS)

A verificação da fendilhação de $w_k = 0.3$ mm foi efetuada através do controlo sem cálculo direto, por limitação da tensão no aço e adotando diâmetros e espaçamentos da armadura de acordo com o ponto 7.3.3 da EN 1999-1-1.

12.5.2.2 Secção VR2.6

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio, as ações das Terras e um Impulso Hidrostático equivalente a uma pressão hidrostática com a água no topo da abóbada. Apresentam-se de seguida os esforços e armaduras de cálculo obtidos.

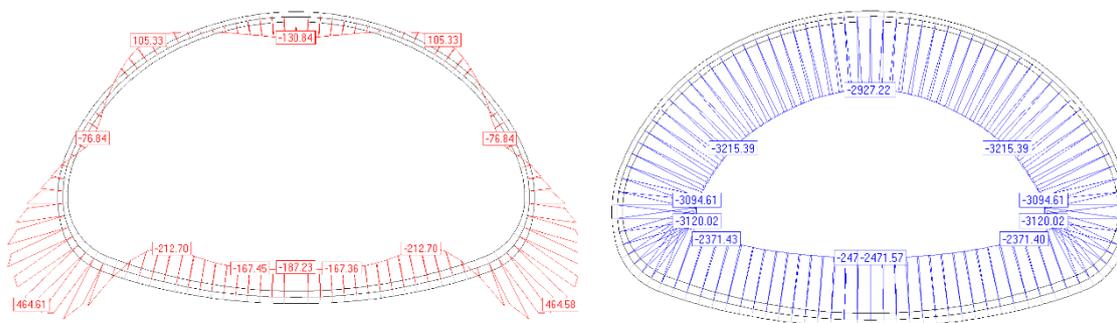


Figura 36 – Secção VR2.5. Esforços de dimensionamento M_{sd} (kNm/m) e N_{sd} (kN/m) (ELS)

A verificação da fendilhação de $w_k = 0.3$ mm foi efetuada através do controlo sem cálculo direto, por limitação da tensão no aço e adotando diâmetros e espaçamentos da armadura de acordo com o ponto 7.3.3 da EN 1999-1-1.

12.5.2.3 Secção VR2.7

O cenário que se mostrou mais desfavorável na análise desta secção foi onde se considerou a ação simultânea do Peso Próprio, as ações das Terras e um Impulso Hidrostático equivalente a uma pressão hidrostática com a água no topo da abóbada. Apresentam-se de seguida os esforços e armaduras de cálculo obtidos.

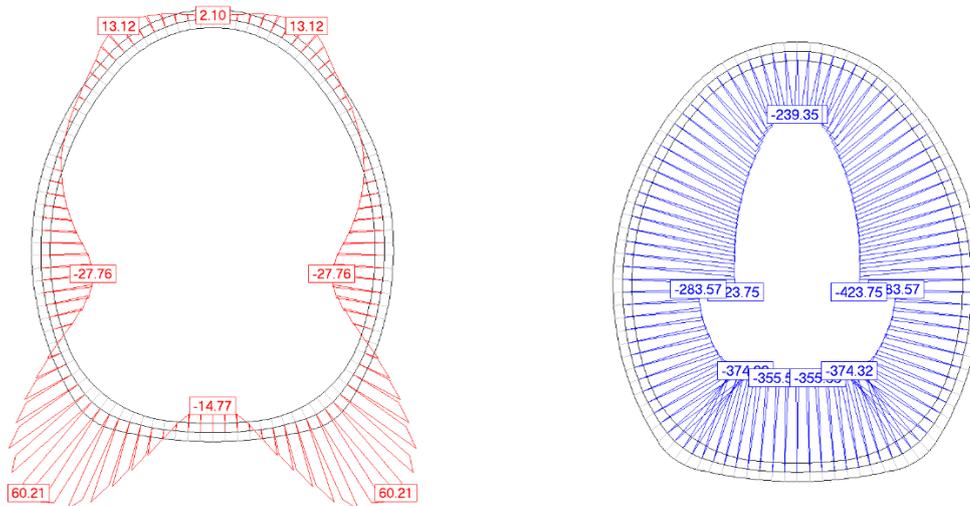


Figura 37 – Secção VR2.7 Esforços de dimensionamento M_{sd} (kNm/m) e N_{sd} (kN/m) (ELS)

A verificação da fendilhação de $w_k = 0.3$ mm foi efetuada através do controlo sem cálculo direto, por limitação da tensão no aço e adotando diâmetros e espaçamentos da armadura de acordo com o ponto 7.3.3 da EN 1999-1-1.

12.6 DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS

12.6.1 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 estrutural.

12.6.2 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.

13 INTERFERÊNCIAS

13.1 Enquadramento

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

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

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

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

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

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

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

13.2 Estado do edificado, incluindo património, das infraestruturas enterradas e das infraestruturas ferroviárias

13.2.1 Atividades realizadas

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

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

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

13.2.2 Edifícios

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

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

A análise dos elementos acima referidos em combinação com o posicionamento dos edifícios em relação aos trabalhos de escavação, permitiu identificar os edifícios mais suscetíveis à ocorrência de danos (Tabela 25).

Tabela 25 - Edifícios mais suscetíveis à ocorrência de danos

| N.º | CATEGORIA | LOCALIZAÇÃO | TIPO DE ESTRUTURA | TIPO DE FUNDAÇÃO |
|------|------------------|---|------------------------------------|------------------|
| 316 | Edifício Público | Avenida Infante Santo, 43 | Betão Armado | Superficial |
| 317 | Edifício | Avenida Infante Santo, 45 | Betão Armado | Superficial |
| 318 | Edifício | Avenida Infante Santo, 47A-47B-47-47C-47D | Betão Armado | Superficial |
| 319 | Edifício Público | Avenida Infante Santo, 49 | Betão Armado | Superficial |
| 329 | Edifício | Calçada das Necessidades, 3 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 331 | Edifício Público | Calçada das Necessidades, 5 | Betão Armado | Superficial |
| 333 | Edifício | Calçada das Necessidades, 8 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 334 | Edifício | Calçada das Necessidades, 10 | Betão Armado | Superficial |
| 335 | Edifício | Calçada das Necessidades, 12 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 336 | Edifício | Calçada das Necessidades, 14 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 337 | Edifício | Calçada das Necessidades, 16 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Desconhecido |
| 338 | Edifício | Calçada das Necessidades, 18 | Betão Armado | Desconhecido |
| 339 | Edifício | Calçada das Necessidades, 20 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 340 | Edifício | Calçada das Necessidades, 24 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 341 | Edifício | Calçada das Necessidades, 26 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 342 | Edifício | Calçada das Necessidades, 28 | Alvenaria Resistente | Superficial |
| 343 | Edifício | Calçada das Necessidades, 30 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 344 | Edifício | Calçada das Necessidades, 32 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 345 | Edifício | Calçada das Necessidades, 38 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 346 | Edifício | Calçada das Necessidades, 40 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 347 | Edifício | Calçada das Necessidades, 42 | Misto (betão armado/ alvenaria) | Superficial |
| 1006 | Edifício P.E | Calçada das Necessidades, 8, traseiras | Betão armado | Desconhecido |

13.3 Medidas de mitigação

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

14 PLANO DE OBSERVAÇÃO

O Plano de Observação encontra-se incluído no Tomo I – Volume 40.

15 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 I – Volume 17 – Interferências ao Longo da Linha.

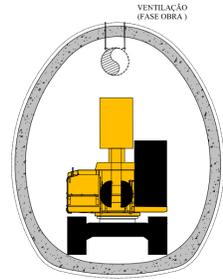
16 REDE DE TERRAS

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

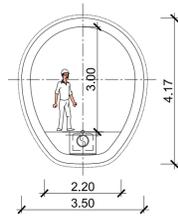
Todas as estruturas metálicas e massas da instalação serão ligadas a este sistema de terra.

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

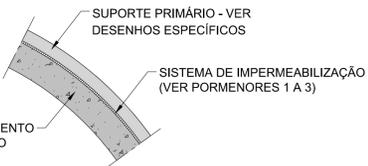
A rede de terras será composta por barras de cobre estanhado com 65x5x100, instalados em cada um dos lados da galeria de 30 em 30 metros, ligados através de soldadura aluminotérmica a um varão de aço de diâmetro de 12mm instalado ao longo da galeria e que por sua vez será ligado à armadura da estrutura dos toscos de 8 em 8 metros.



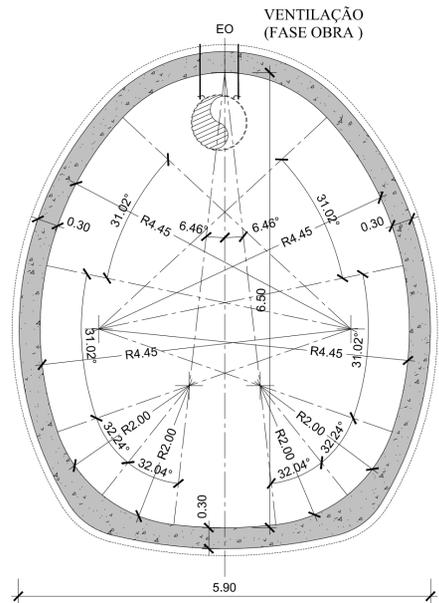
SECÇÃO VR2.7 (CONSTRUÇÃO)
ESC. 1:100



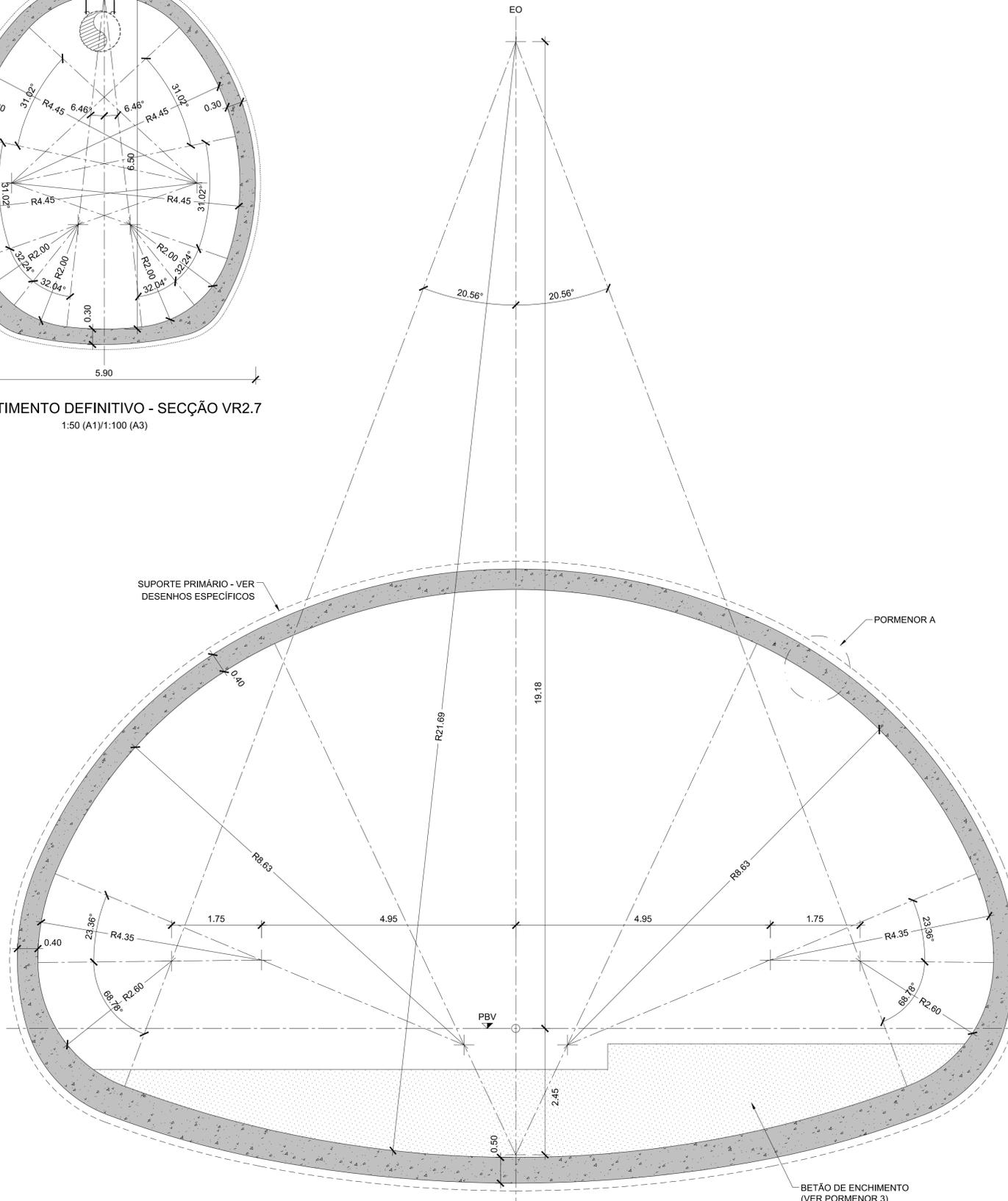
SECÇÃO 1-1 (GALERIA DE LIGAÇÃO)
ESC. 1:100



PORMENOR A
1:50 (A1)/1:100 (A3)



REVESTIMENTO DEFINITIVO - SECÇÃO VR2.7
1:50 (A1)/1:100 (A3)



REVESTIMENTO DEFINITIVO - SECÇÃO VR2.6
1:50 (A1)/1:100 (A3)

CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS
(BETÃO ARMADO CARACTERIZADO CONFORME NP EN 206:2017+A2:2021 E EN 10080:2005)
(AÇO EM ESTRUTURAS METÁLICAS CARACTERIZADO 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 | D _{inf} =20 D _{sup} =25 | S4 |
| | Estrutura interior em zonas húmidas - zonas com sanitários (lajes, vigas, pilares, escadas e paredes) | C30/37 | XC3 | CL 0.40 | D _{inf} =20 D _{sup} =25 | S4 |
| | Estrutura Exterior (revestimento definitivo das galerias, paredes de contenção periféricas, 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 <i>em varão</i> | Armaduras Ordinárias | A500NR SD | - | - | - | - |
| | Malha eletrossoldada | A500 EL | - | - | - | - |
| AÇO (*) <i>em chapas, perfis, barras e anilhas</i> | 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 ()**

| ELEMENTO | RECOBRIMENTO NOMINAL |
|--------------------------------------|----------------------|
| Lajes elevadas e escadas | 40 mm |
| Paredes interiores | 40 mm |
| Pilares e Vigas | 45 mm |
| Revestimento definitivo das galerias | 45 mm |
| Laje de fundo do poço principal | 45 mm |
| Lajes de cobertura enterradas | 45 mm |
| Paredes de contenção definitiva | 50 mm |

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

COMPRIMENTO DE AMARRAÇÃO l_{bd} DE ARMADURAS LONGITUDINAIS ORDINÁRIAS EN 1992-1-1 (2010) [cm]

| CLASSE DE BETÃO | DIÁMETRO DOS VARÕES | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------------|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 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 ESPESURA ≥ 0.25 m
A - OUTROS VARÕES (BOA ADERÊNCIA)

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

NOTAS:
1. VER EM CONJUNTO COM O PROJETO DE ARQUITETURA E RESTANTES ESPECIALIDADES
2. TODAS AS COTAS INDICADAS REFEREM-SE A TOSCOS, SÃO EM METROS E DEVERÃO SER CONFIRMADAS COM O PROJETO DE ARQUITETURA
3. TODAS AS COTAS DO EXISTENTE TÊM COMO BASE O PROGRAMA PRELIMINAR E DEVERÃO SER CONFIRMADAS EM OBRA.

| ALTERAÇÕES | DATA | DESCRIÇÃO | ELABORADO | VERIFICADO |
|------------|------------|----------------|-----------|------------|
| 0 | 03/10/2024 | EMIÇÃO INICIAL | TAS | RVR |

PROLONGAMENTO DA LINHA VERMELHA
S. SEBASTIÃO - ALCÂNTARA

PROJETO DE EXECUÇÃO

ESTRUTURAS
OBRA ESPECIAL 4

OE4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2

SECÇÕES - REVESTIMENTO DEFINITIVO (3/3)

Metropolitano de Lisboa

Des. nº 133719 F. /

Substituído

Nº SAP

Versão

Folha

MOTAENÇIL ENGENHARIA

COBA JET J.LCM

Identificação Empresa Proponente: COBA / JET SJ / J.LCM / TALPROJECTO

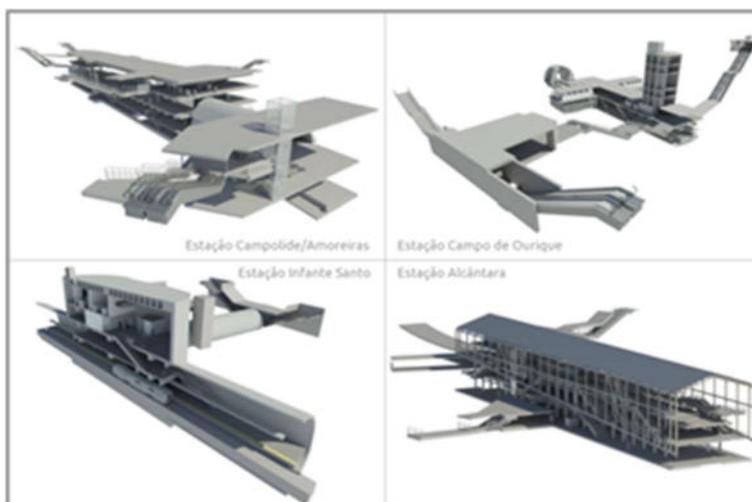
Escalas: 1/50

Folha: /

Desenho nº: LVSSA MSA PE STR TUN OE4 DW 088006 0

Alter.: 0

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 4 - OE4 - OBRA ESPECIAL 4 - TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2
MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

| | |
|-----------------------|--------------------------------------|
| Documento SAP: | LVSSA MSA PE AGI TUN OE4 MD 098001 0 |
|-----------------------|--------------------------------------|

| | Nome | Assinatura | Data |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------|
| Elaborado | Leila Anselmo | | 2024-10-08 |
| Revisto | Claúdia Paredes | | 2024-10-08 |
| Verificado | Sergio Notarianni | | 2024-10-08 |
| Coordenador Projeto | Rui Rodrigues | | 2024-10-08 |
| Aprovado | Raúl Pistone | | 2024-10-08 |

Índice

| | | |
|-------|--|---|
| 1 | OBJETIVO E ÂMBITO..... | 3 |
| 2 | NORMAS DE PROJETO..... | 3 |
| 3 | COLUNA SECA | 3 |
| 3.1 | Dados de Entrada | 3 |
| 3.2 | Descrição Geral da Coluna Seca | 4 |
| 3.3 | Materiais | 5 |
| 3.4 | Bocas Siamesas | 5 |
| 3.5 | Bocas de Incêndios..... | 6 |
| 3.6 | Critérios de Dimensionamento..... | 6 |
| 3.6.1 | Dispositivos de consumo | 7 |
| 3.6.2 | Perdas de carga unitárias e localizadas | 7 |
| 3.6.3 | Velocidades de escoamento..... | 7 |
| 3.6.4 | Pressões de funcionamento necessárias | 7 |
| 3.7 | Dimensionamento da Coluna Seca dos Túneis..... | 8 |

1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente documento é parte integrante do **Projecto de Execução da Coluna Seca** dos Túneis, da empreitada do Projeto do Plano de Expansão do Metropolitano de Lisboa: S.Sebastião – Alcântara – Prolongamento da Linha Vermelha do Metropolitano de Lisboa, E.P.E.

Este estudo define o traçado da rede e órgãos desta rede.

O Projecto de execução encontra-se compatibilizado e coordenado com todas as outras infraestruturas instaladas e a instalar.

O sistema de combate a incêndio da Coluna Seca acompanha todos os Túneis / Galerias e é instalado apenas de um dos lados da via. O mesmo acontece para as vias de resguardo.

2 NORMAS DE PROJETO

Serão 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.

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 Anteprojeto do projeto de Segurança contra Incêndios;
- O Anteprojeto da Via-Férrea;
- As plantas cartográficas em ETRS89;
- Levantamento topográfico detalhado para área de implantação das várias estações e poços de ventilação.

O projecto de execução tomou como base de desenvolvimento os elementos definidos e presentes no Anteprojecto (AP), essenciais para o dimensionamento da coluna seca. Estes elementos consistiram essencialmente no traçado, gama de diâmetros e materiais já definidos para esta infraestrutura hidráulica, nos dispositivos alvo de alimentação e no regime de funcionamento destes sistemas.

3.2 Descrição Geral da Coluna Seca

A rede seca compreende:

- Uma coluna (tubagem vertical);
- O acoplamento direto, ou através de ramal de ligação, entre a coluna e a sua boca de alimentação;
- A boca de alimentação (dupla) na fachada (boca siamesa);
- As bocas -de -incêndio duplas nos pisos.

Para cada estação e poços de ventilação foi preconizada uma coluna seca que irá abastecer de água as bocas de incêndio, ao nível do sub-cais das estações e túneis adjacentes.

A alimentação da coluna seca das galerias será feita através das colunas secas das novas estações e/ou poços de ventilação, que por sua vez terá origem nas bocas siamesas propostas e devidamente sinalizadas junto a estas, no exterior e à superfície de elemento. Assim, encontram-se previstas as seguintes alimentações à coluna seca, na superfície:

- Poço de Ventilação 217;
- Estação de Alcântara – Rua Quinta do Jacinto;
- Estação Infante Santo – Avenida Infante Santo;
- Poço de Ventilação 215 – Rua Professor Gomes Teixeira;
- Estação Campo de Ourique – Rua Almeida e Sousa;
- Poço de Ventilação 211 – Rua Gorgel do Amaral;
- Estação de Campolide – Avenida Concelheiro Fernando de Sousa;
- Poço de Ventilação Existente em S. Sebastião.

A menos de 30 m de cada boca siamesa encontra-se instalado um hidrante, existente ou a executar, em local exato a definir em fase de projeto de execução, por forma a dar cumprimento à Legislação de Segurança.

A menos de 30 m de cada boca siamesa encontra-se instalado um hidrante, existente ou a executar, em local exato a definir em fase de projeto de execução, por forma a dar cumprimento à Legislação de Segurança.

Do interior de cada estação/poço de ventilação, a coluna seca deriva para cada lado do sub-cais e daí segue uma tubagem que alimenta sensivelmente metade do túnel num sentido, e a outra, que alimenta a outra metade do túnel no outro sentido, conforme requisito do ML.

O comprimento máximo dos troços horizontais das redes secas não pode exceder os 500 m, medidos entre a alimentação na boca siamesa e a boca de incêndio mais afastada.

Desta forma, será minimizado o quanto possível, a extensão da coluna seca, em túnel, dando cumprimento ao art.º 274 da Portaria n.º 135/2020 de 2 de junho.

A tubagem será montada ao longo das galerias nas suas paredes laterais a cerca de 0.45 m acima do Plano Base da Via (PBV), sendo que sempre que necessário se prevê o atravessamento das galerias / túneis pelos seus tetos, com posicionamento final definido em obra.

No interior dos túneis ferroviários, embora seja apenas obrigatória a instalação de bocas-de-incêndio por cada 100 m (art.º 274.º da Portaria n.º 135/2020 de 2 de junho), definiu-se que num dos lados do túnel sejam instaladas bocas-de-incêndio, de 40 em 40 m aproximadamente.

A tubagem das picagens será em DN50 montada nas paredes das galerias e irá abastecer as bocas de incêndio ficando a uma altura não superior a 0.80 m em relação ao PBV. A derivação será com Tê de redução (DN100/DN50).

Deverá também ser montado um sistema de isolamento elétrico na rede de combate a incêndio, um sistema de ligação à rede de terras, fluxostatos, e proteção anticorrosiva sempre que necessário.

A rede de combate a incêndios nas galerias em coluna seca prevê também a instalação de juntas de expansão/dilatação afastadas em média de 24 em 24 m, válvulas de retenção do tipo obturador de charneira, ventosas trifuncionais DN100 (válvulas de purga de ar de tripla ação) instaladas em locais convenientes ao funcionamento e também nos pontos altos do perfil longitudinal do traçado da Via (nomeadamente ao km 0+094) e válvulas de purga de água DN50 PN16 de macho esférico em AISI 316 L nos pontos baixos do perfil longitudinal do traçado da Via (nomeadamente ao km 3+241).

A Rede de Combate a Incêndio – Rede Seca (Coluna Seca), deverá ser de uso exclusivo dos bombeiros, e este facto só deverá ocorrer com a catenária de energia desligada.

O projeto da coluna seca dos túneis, a realizar pelo adjudicatário em fases subsequentes, deverá ser coordenado com as restantes especialidades, inclusive o projeto de coluna seca das estações/poços de ventilação.

Na via de resguardo 2 prevê-se a instalação de uma rede de incêndio – coluna seca, que terá origem numa derivação da tubagem que alimenta a coluna seca do troço de túnel T82. No final da via de resguardo, será instalada uma válvula de purga e uma ventosa.

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.

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 250°C.

O esquema de instalação das bocas-de-incêndio seguirá o já previsto nas linhas existentes do ML, com bocas-de-incêndio de macho esférico e adaptador storz.

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 da 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 (m³/s)

A - $\pi \cdot D^2/4$ (m²)

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 fórmula 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.

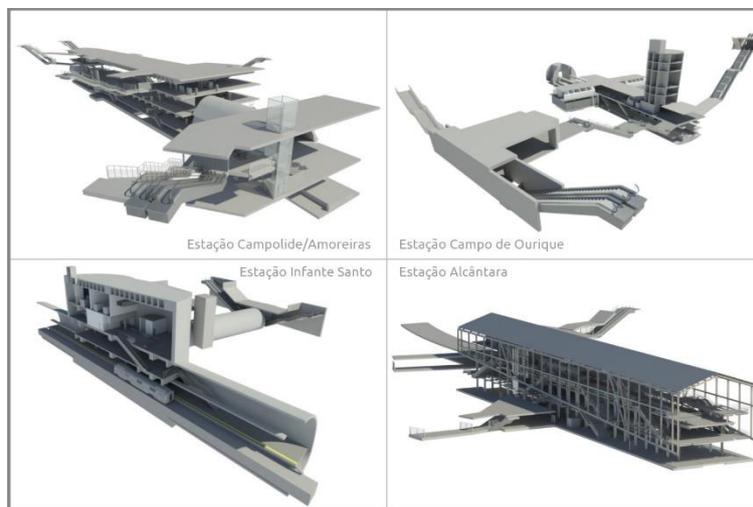
METRO DE LISBOA

LINHA VERMELHA ENTRE SÃO SEBASTIÃO E ALCÂNTARA

EMPREITADA DE CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO DO PROLONGAMENTO DA LINHA

TOMO III – OBRAS ESPECIAIS

PROJETO DE EXECUÇÃO



VOLUME 4 – OBRA ESPECIAL 4 – TÚNEL VIA DE RESGUARDO 2

TELECOMUNICAÇÕES

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

| | |
|-----------------------|--------------------------------------|
| Documento SAP: | LVSSA MSA PE TLM TUN OE4 MD 118001 0 |
|-----------------------|--------------------------------------|

| | Nome | Assinatura | Data |
|---------------------|-------------------|------------|------------|
| Elaborado | Diogo Cordeiro | | 2024-10-08 |
| Revisto | Márcio Rebelo | | 2024-10-08 |
| Verificado | Sergio Notarianni | | 2024-10-08 |
| Coordenador Projeto | Rui Rodrigues | | |
| Aprovado | Raúl Pistone | | |

ÍNDICE

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | GLOSSÁRIO | 4 |
| 2 | OBJETIVO E ÂMBITO..... | 5 |
| 3 | NORMAS..... | 5 |
| 4 | TELEFONES ML E SISTEMA DECT | 5 |
| 4.1 | Introdução | 5 |
| 4.2 | Especificação Funcional do Sistema | 6 |
| 4.3 | Arquitectura do Sistema | 7 |
| 5 | SISTEMA DE SUPERVISÃO DE INSTALAÇÕES TÉCNICAS - SSIT | 8 |
| 5.1 | Introdução | 8 |
| 5.2 | Especificação Funcional do Sistema | 8 |
| 5.3 | Arquitectura do Sistema | 9 |
| 6 | SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETEÇÃO DE INCÊNDIO - SADI..... | 10 |
| 6.1 | Introdução | 10 |
| 6.2 | Especificação Funcional do Sistema | 11 |
| 6.3 | Arquitectura do Sistema | 12 |
| 7 | CITV | 13 |
| 7.1 | Introdução | 13 |
| 7.2 | Especificação Funcional do Sistema | 14 |
| 7.3 | Arquitectura do Sistema | 15 |
| 8 | CABOS PRINCIPAIS..... | 17 |
| 8.1 | Introdução | 17 |
| 8.2 | Especificação Funcional do Sistema | 17 |
| 8.3 | Arquitectura do Sistema | 17 |

| | | |
|-----|--|----|
| 9 | CABO RADIANTE | 17 |
| 9.1 | Introdução | 17 |
| 9.2 | Especificação Funcional do Sistema | 18 |
| 9.3 | Arquitectura do Sistema | 18 |
| 10 | REQUISITOS TÉCNICOS | 19 |
| 11 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 20 |

1 GLOSSÁRIO

ATE – Armário de Telecomunicações do Edifício
ATI – Armário de Telecomunicações Individual
ATM – Automatic Teller Machine (Multibanco)
CAIN – Controlo de Acessos e Intrusão
CITV – Circuito Interno de Televisão
CVM – Caixa Visita Multioperador
DECT – Digital Enhanced Cordless Telecommunications
EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres
FO – Fibra Ótica
IP – Internet Protocol
ITED – Instalações Telefónicas em Edifícios
KVM - Keyboard, Video and Mouse (Teclado, Monitor e Rato)
LAN – Local Area Network
ML – Metropolitano de Lisboa
PA – Ponto de Ajuda
PAI – Pontos de Ajuda e Intercomunicação
PC – Personal Computer
PCC – Posto de Comando Central
PCC/E – Posto de Comando Central/Energia
PCC/I – Posto de Comando Central/Informação (REGIE)
PCC/T – Posto de Comando Central/Tráfego
PCC/V – Posto de Comando Central/Vigilantes
PMO – Parque de Materiais e Oficina
PP – Programa Preliminar
PST – Posto de Seccionamento e Transformação
PTZ - Pan Tilt Zoom
PV – Poço de Ventilação
QGBT – Quadro Geral de Baixa Tensão
QSBT – Quadro Secundário de Baixa Tensão
RD – Rede de Dados
RF – Rádio Frequência
RGE – Repartidor Geral da Estação
SADI – Sistema Automático de 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 quincôncio. 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:

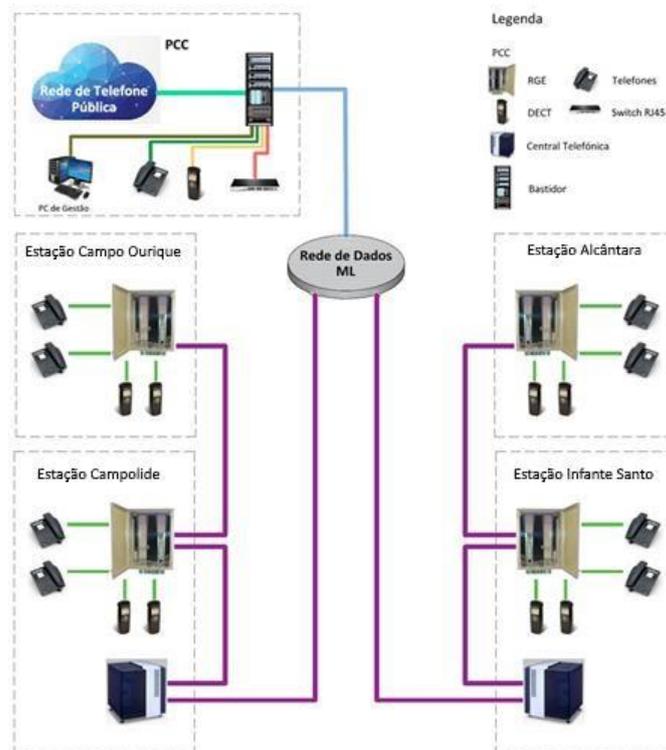


Figura 1 – Diagrama do Sistema de Telefones ML e DECT

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:

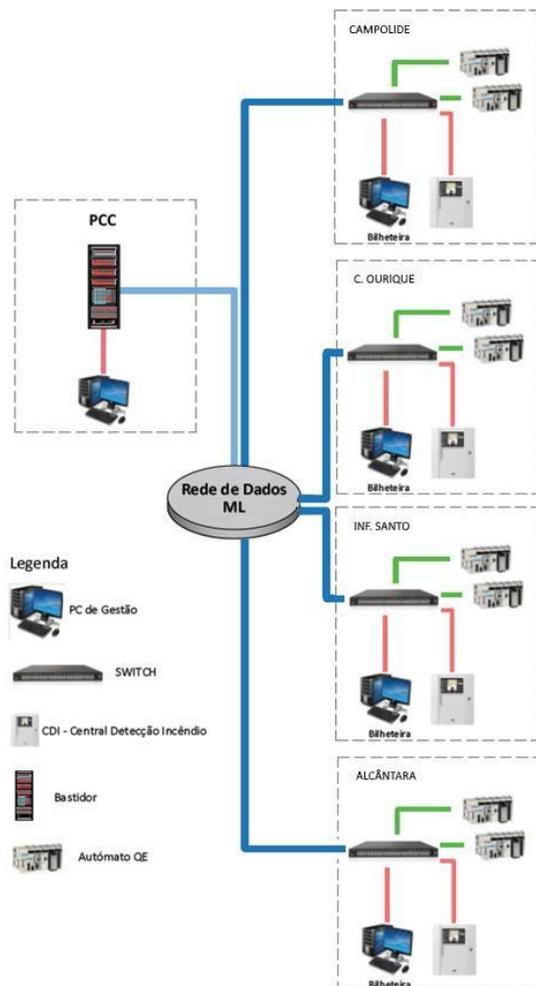


Figura 2 – Diagrama do Sistema de Supervisão de Instalações Técnicas

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 tuneis, de forma alternada

O sistema a ser instalado tem como objetivo avisar rapidamente os serviços competentes a desencadear rapidamente algumas das ações possíveis para evitar a propagação do incêndio.

O funcionamento do sistema basear-se-á nos seguintes procedimentos:

- Ao ser detetada uma situação de incêndio, os detetores automáticos transmitirão um sinal à C.D.I., dando origem a uma sinalização acústica e luminosa na C.D.I., possibilitando a visualização da zona em alarme.
- O Operador ao tomar conhecimento da situação de alarme, cancela o alarme através do botão de cancelamento da C.D.I., executando de seguida os procedimentos estipulados pela Empresa.
- Decorrido algum tempo, se a causa que deu origem ao alarme desaparecer, o detetor deixa de atuar e o sistema volta à situação inicial. Caso contrário, após a temporização estabelecida, a ocorrência passa a um segundo estado de alarme, dando origem a uma nova situação sonora e ao fecho dos contactos, desencadeando as diversas operações automáticas de proteção.
- As sirenes serão temporizadas, para que não fiquem atuadas por tempo excessivo.
- Se durante o período que decorre entre a manobra de cancelamento do sinal sonoro originado pela situação de alarme numa zona e a reposição do sistema no estado de funcionamento normal, surgir uma nova situação de alarme noutra zona, esta deverá ser devidamente sinalizada na C.D.I..
- O cancelamento do primeiro alarme, não pode impedir a sinalização luminosa e acústica do novo alarme.
- Caso a deteção seja efetuada através da atuação de detetores manuais, a sua atuação deverá originar na C.D.I., as sinalizações descritas anteriormente para a deteção automática e pela ativação dos procedimentos das manobras automáticas de proteção atrás referidas, sem a temporização.

O sistema a propor será compatível com o DESIGO CC da Siemens.

6.3 Arquitectura do Sistema

Os elementos que compõem o SADI serão:

- Unidade de Controlo (Central de 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:

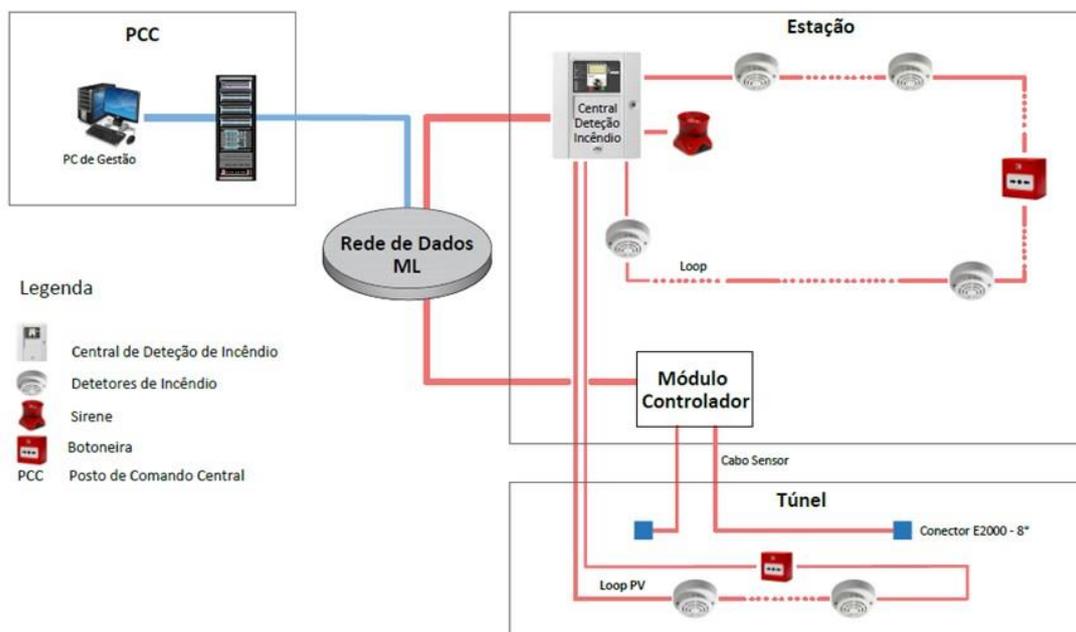
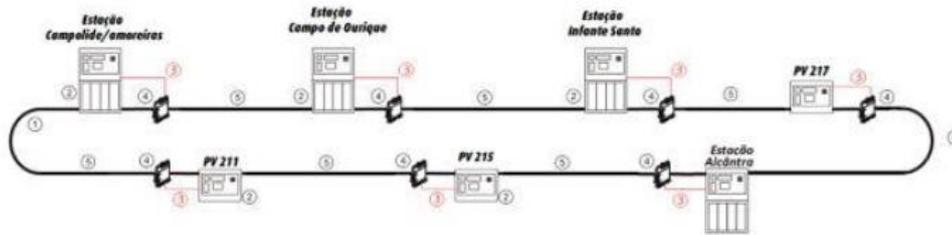


Figura 3 – Diagrama do Sistema de Automático de Detecção de Incêndio



Legenda:

- 1- Bus do sistema C-WEB/SAFEDLINK – cabo JE-H (St) H 2x2x1,5 Bd FE180/E90
- 2- Central incêndio 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 distância 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:

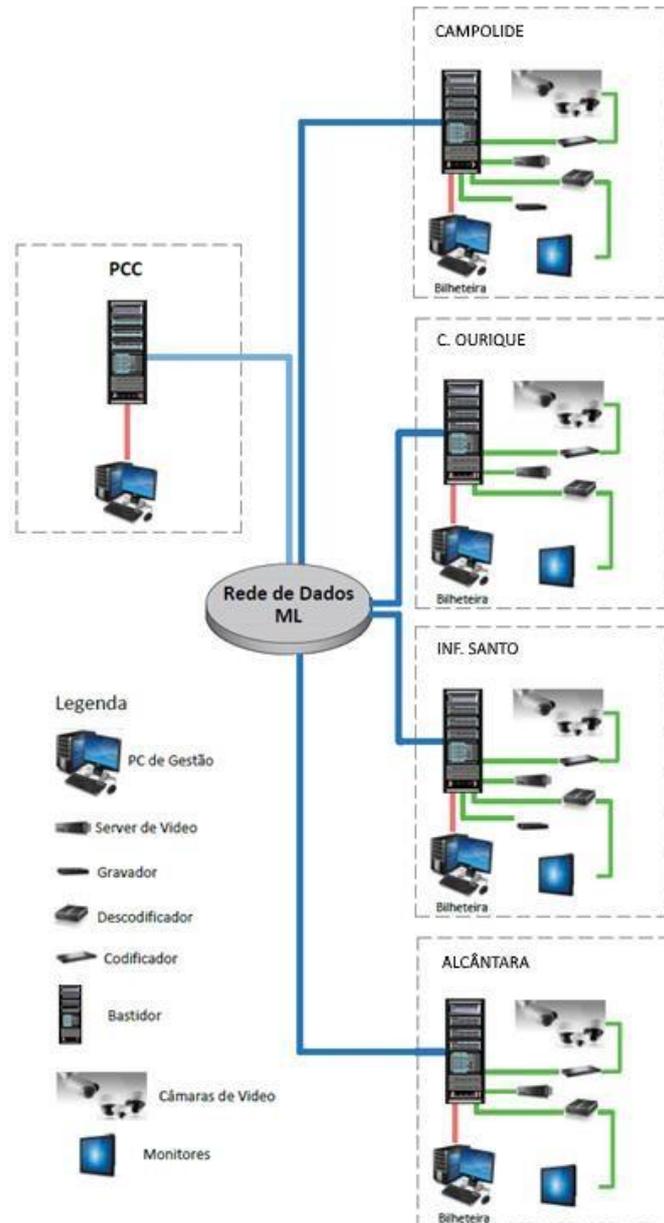


Figura 5 – Diagrama do Sistema CITV

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:

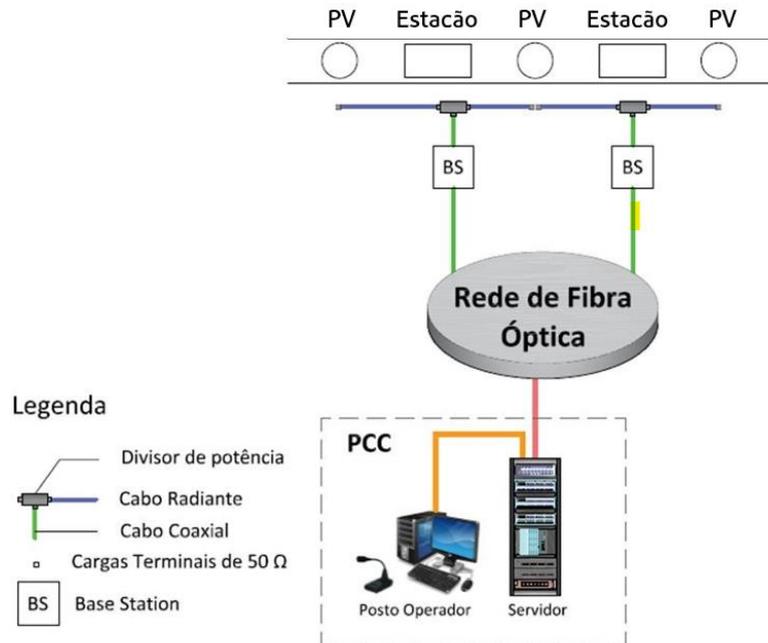


Figura 6 – Diagrama do Sistema de Comunicações Radiante

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, deverá-se seguir os Regulamentos e Normas Portuguesas em vigor, bem como as regras de boa técnica de execução e as orientações específicas do operador.

