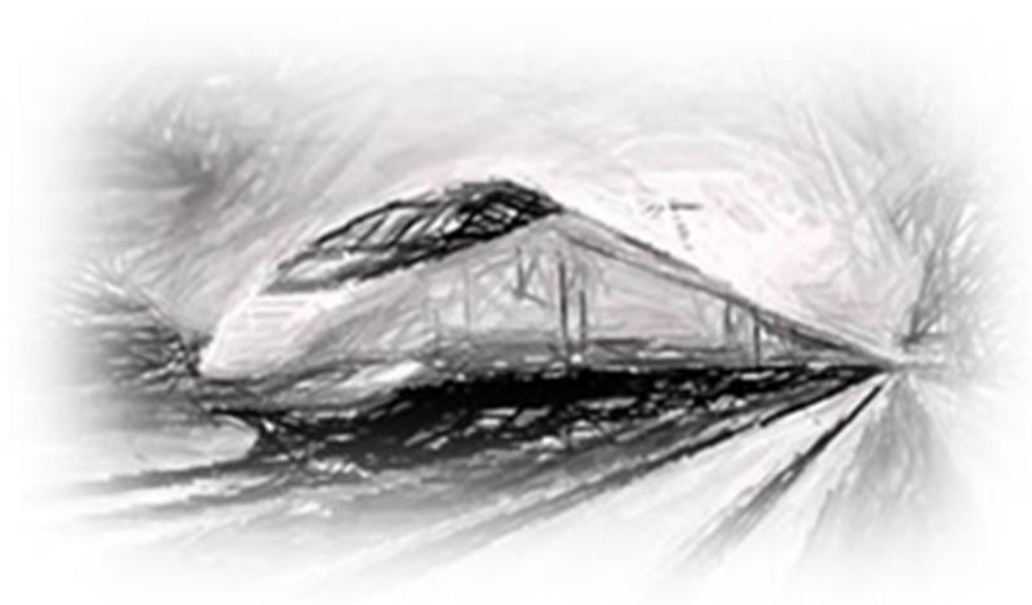


**LINHA FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE ENTRE
PORTO (CAMPANHÃ) E LISBOA
TROÇO PORTO (CAMPANHÃ) A OIÃ
SUBTROÇO A5 – KM 69+589 AO KM 71+055**



**PROJETO DE EXECUÇÃO
V01 – INFRA-ESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA FÉRREA
TOMO 01.03 – ESTRUTURAS DE PROTEÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DA PLATAFORMA**

Memória descritiva e justificativa

LINHA FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE ENTRE PORTO (CAMPANHÃ) E LISBOA

TROÇO PORTO (CAMPANHÃ) A OIÃ
SUBTROÇO A5 – KM 69+589 AO KM 71+055

PROJETO EXECUÇÃO
V01 – INFRA-ESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA-FÉRREA
TOMO 01.03 – ESTRUTURAS DE PROTEÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DA PLATAFORMA

ÍNDICE DE PEÇAS ESCRITAS		
CÓDIGO DOCUMENTO	DATA	DESIGNAÇÃO
PF102A5.PR.01.03.00.00.IND.00	14/08/2025	ÍNDICE
PF102A5.PR.01.03.00.00.MDJ.00	14/08/2025	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

ÍNDICE DE PEÇAS DESENHADAS			
CÓDIGO DOCUMENTO	DATA	DESIGNAÇÃO	Nº ORDEM
PF102A5.PR.01.03.00.00.101.00	14/08/2025	E70.1D - PK 70+335 a PK 70+429 Planta e Corte Tipo	EEP 101

Controlo de Assinaturas

Realizado	Revisto	Aprovado Coordenador Projeto
Carmina Costa	Carmina Costa	António Campos e Matos
Mário Pedrosa		
Patrícia Vieira		
Rui Pereira		
14-08-2025	14-08-2025	14-08-2025
Data e Assinatura	Data e Assinatura	Data e Assinatura

Não necessita de assinatura se aprovado eletronicamente

Informação Adicional	Informação do Documento	
O Gestor de Projeto -	Código Documento PF102A5.PR.01.03.00.00.MDJ.00	
O Responsável Unidade -	Revisão 00	Data 14-08-2025
O Responsável Departamento -	Código Projetista -	
O Diretor -	Nome do Ficheiro PF102A5.PR.01.03.00.00.MDJ.00	

Registo de Alterações

Rev	Data	Autor	Secção Afetada	Alterações
00	14-08-2025	Vários	Edição inicial	-----

LINHA FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE ENTRE PORTO (CAMPANHÃ) E LISBOA
TROÇO PORTO (CAMPANHÃ) A OIÃ
SUBTROÇO A5 – KM 69+589 AO KM 71+055
PROJETO DE EXECUÇÃO
V01 – INFRA-ESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA FÉRREA
TOMO 01.03 – ESTRUTURAS DE PROTEÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DA PLATAFORMA
MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
2	ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO	2
3	PARÂMETROS GEOTÉCNICOS	4
4	ATERROS	7
5	ESCAVAÇÕES	8
5.1	Solução de reforço E70.1D	13
5.1.1	Descrição do trecho em análise	13
5.1.2	Solução de reforço proposta	14
5.1.3	Faseamento construtivo	15
6	PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO	17
6.1	Generalidades	17
6.1	Dispositivos de Instrumentação	18
6.2	Frequência das leituras	18
6.1	Critérios de alerta e alarme	19
6.1	Medidas de reforço	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Principais unidades tectónico-estratigráficas intersetadas pelo traçado do subtroço A5 do Lote A da LAV	2
Figura 2 – Solução com redes de encaminhamento	9
Figura 3 – Exemplo da aplicação do sistema de redes de encaminhamento	10
Figura 4 - Localização da estrutura de contenção E70.1D	14
Figura 5 – Imagem do talude de escavação existente – E70.1D	14

Figura 6 – Secção Tipo – E70.1D	15
---------------------------------------	----

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Sequência de litologias interessadas pelo corredor do subtroço A5 do subtroçoA da LAV	3
Quadro 2 – Parametrização geotécnica – ST5 – Plena Via.....	4
Quadro 3 – Parâmetros geotécnicos e estimados para os materiais de aterro	6
Quadro 4 – Quadro resumo das características geométricas e geológico-geotécnicas dos aterros previstos no Subtroço 5 (a quilometragem é referente à linha XI – LAV VD).....	7
Quadro 5 – Geometria das principais escavações – ST5.....	11
Quadro 6 – Listagem dos taludes de escavação com medidas de reforço/proteção – ST5	12

ANEXOS

ANEXO I. ANEXO 1

1 INTRODUÇÃO

O presente documento constitui a memória descritiva e justificativa do Tomo 1.3 do Volume 1 (Infraestruturas e Plataforma de Via-Férrea), da fase de Projeto de Execução da “**Linha Ferroviária de Alta Velocidade entre Porto (Campanhã) e Lisboa - Troço Porto (Campanhã) a Oiã – Subtroço 5**”.

O projeto em referência assenta essencialmente na componente de terraplenagem ferroviária, cuja análise deverá ser conjunta com os demais tomos do volume 1, com especial relevância para os tomos de plataforma da via (Tomo 1.1), drenagem (Tomo 1.2), geologia e geotecnia (Tomo 1.7) e muros de suporte (Tomo 1.9).

No presente Tomo, nesta fase de projeto de execução, pretende-se apresentar, essencialmente, as seguintes informações para o Subtroço 5, doravante designado ST5:

- Parametrização geotécnica das formações interessadas no ST5;
- Dimensionamento geométrico dos taludes de escavação;
- Análise de estabilidade dos taludes de escavação para os quais se prevê a necessidade de soluções de reforço e/ou proteção.

Os trabalhos relativos às estruturas de contenção verticais a aplicar devem ser consultados no Tomo 1.9 (Muros de Suporte).

Importa referir que o ST5 inclui, ao nível da plataforma ferroviária, além da construção das linhas da LAV na aproximação à estação de Campanhã, algumas intervenções nas atuais Linhas do Minho e Douro. Ou seja, as intervenções no ST5 compreendem o seguinte:

- Aumento do número de linhas na estação, ficando as 3 do lado nascente (IX, X e XI) essencialmente dedicadas ao futuro serviço da LAV. Só as linhas X e XI é que são novas. A linha IX é sobre a existente e usa o cais existente.
- Criação de uma nova plataforma de passageiros, no lado nascente (Linha X e XI) e adaptação das plataformas afetas às linhas VII, VIII e IX;
- Compatibilização com as linhas existentes, nomeadamente no lado norte, para permitir o acesso das composições que utilizem as linhas da LAV, ao atual espaço canal da Linha do Minho;
- Manutenção da ligação desnivelada existente para a Linha de Leixões;
- Manutenção da Linha de Serviço para acesso ao parque e instalações oficiais de Contumil;
- Viabilização de uma futura expansão das linhas da LAV em direção ao Aeroporto Francisco Sá Carneiro.

Desta forma as intervenções ao longo deste troço são necessariamente distintas quando se trata de intervenções em linhas novas ou sobre o existente.

2 ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

O presente Tomo deverá ser analisado conjuntamente com o Estudo Geológico-Geotécnico apresentado no Tomo 1.7 do Volume 1, o qual complementa e suporta este estudo. Assim, pese embora se transcreva para o presente capítulo, de forma resumida, alguma da informação de carácter geológico-geotécnico que se considera relevante, remete-se para o Tomo 1.7 a análise mais detalhada e fundamentada do enquadramento geológico-geotécnico que suportou o projeto da plataforma de via.

Na memória do Tomo 1.7 podem ser consultados os pormenores e a metodologia dos trabalhos de prospeção executados, bem como os resultados obtidos.

O traçado proposto para o corredor do subtroço A5 localiza-se na Zona Centro Ibérica (ZCI) caracterizada pela presença do Granito do Porto e do Complexo Xisto-Grauváquico, pontualmente cobertos por depósitos aluvionares e aterros (Figura 1).

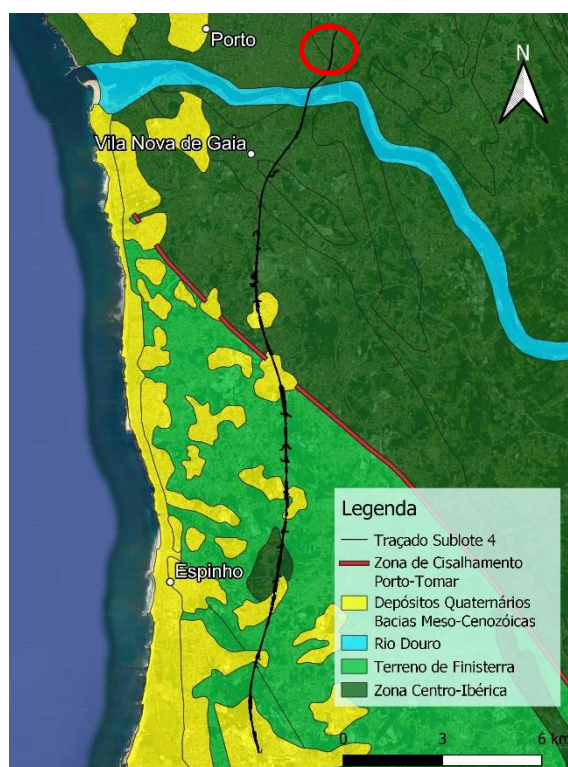


Figura 1 - Principais unidades tectónico-estratigráficas intersetadas pelo traçado do subtroço A5 do Lote A da LAV

Dentro das formações de idade quaternária, destacam-se os depósitos aluvionares, associados a linhas de água encontradas ao longo da solução do traçado, de dimensão variável e constituídos por materiais de granulometria variável como areia, silte e fácies mais argilosas.

O Quadro 1 descreve uma abordagem sequencial das formações geológicas interessadas ao longo do Subtroço A5. O canal deste troço da LAV tem início no Granito do Porto (γm), passando a certa altura para os terrenos metamórficos do Complexo Xisto Grauváquico (CXG).

Quadro 1 – Sequência de litologias interessadas pelo corredor do subtroço A5 do subtroçoA da LAV

PK	Formações	Descrição litológica
69+589 70+650	Granito do Porto (γm), Aluviões (Al) e Aterros (At)	Granito de duas micas, de grão médio a grosseiro, localmente coberto por uma zona aluvionar caracterizada por areias siltosas com seixos rolados de quartzo.
70+650 71+390	Complexo Xisto Grauváquico (CXG), Granito do Porto (γm), Aluviões (Al) e Aterros (At).	Migmatitos, pelitos, metagrauvaques, micaxistos, xistos e gnaisses com intercalações graníticas, por vezes intercalados com granito de duas micas de grão médio a grosseiro.

3 PARÂMETROS GEOTÉCNICOS

A parametrização geotécnica dos materiais, apresentada neste capítulo, representa o corolário da análise e interpretação feitas aos resultados dos diversos trabalhos de prospeção até agora desenvolvidos, associados aos reconhecimentos geológicos de superfície e criticamente ponderados tendo por base não apenas intervalos de valores e correlações referenciados na bibliografia da especialidade, mas também a experiência adquirida por este gabinete, ao longo dos anos, em projetos e obras nesta área geográfica.

Importa destacar que, fruto da natural heterogeneidade exibida pelos maciços, e à necessariamente baixa representatividade intrínseca aos trabalhos de prospeção, a escolha destes intervalos de valores foi, na sua generalidade, norteada por princípios de razoabilidade. Por outro lado, a atribuição concreta de parâmetros característicos de cálculo foi ajustada, caso a caso, em função da interpretação aos resultados dos trabalhos de prospeção mais próximos.

De salientar que a parametrização geológico-geotécnica resumida no Quadro 2 diz respeito às intervenções em plena via (taludes de aterro, taludes de escavação, estruturas de contenção, etc.), sendo que a parametrização respeitante aos túneis deverá ser consultada no respetivo Volume.

Quadro 2 – Parametrização geotécnica – ST5 – Plena Via

Descrição		N _{spt}	Grau de alteração	Y (kN/m ³)	φ' (°)	c' (kPa)	c _u (kPa)	E (MPa)	E _u (MPa)	Critério de Rotura de Hoek Brown				
										σ _{ci} (MPa)	GSI	m _i	D	E (GPa)
ATERROS	Areias siltosas e siltes arenosos, c/ materiais cerâmicos, blocos rochosos e entulho	2-40	-	18-20	25-40	0	-	5-15	-	-	-	-	-	-
ALUVIÕES	Areia média e silte, areia lodosa, areia argilosa, areia siltosa	5-10	-	16-18	28-32	0	-	6-8	-	-	-	-	-	-

Descrição		N _{spt}	Grau de alteração	Y (kN/m ³)	φ' (°)	c' (kPa)	c _u (kPa)	E (MPa)	E _u (MPa)	Critério de Rotura de Hoek Brown				
										σ _{ci} (MPa)	GSI	mi	D	E (GPa)
GRANITO DO PORTO	Solo residual granítico arenoso ou argilo-arenoso, caulinizado	10-30	-	17-18	30-33	0-15	-	<20	-	-	-	-	-	-
		30-50	-	19-20	33-38	5-30	-	14-40	-	-	-	-	-	-
	Granito decomposto	30-50	W5	19-20	33-38	10-50	-	30-50	-	-	-	-	-	-
		≥50		20-22	38-40	50-100	-	50-200	-	-	-	-	-	-
	Granito muito alterado	-	W4	21-23	-	-	-	-	-	10	20-30	32	0	0.2-0.35
	Granito muito a medianamente alterado	-	W4 a W3	23-25	-	-	-	-	-	15	35-40	32	0	0.7-1
	Granito medianamente alterado	-	W3	24-26	-	-	-	-	-	20	35-40	32	0	1-1.5
	Granito medianamente a pouco alterado	-	W3 a W2	24-26	-	-	-	-	-	40	35-40	32	0	2-3
CXG – COMPLEXO XISTO GRAUVÁQUICO	Migmatito decomposto - areias siltosas	30-60	W5	19-21	34-36	5-15	-	30-50	-	-	-	-	-	-
		≥60		20-21	36-38	10-30	-	≥50	-	-	-	-	-	-
	Gnaiss, grauvaques.	30-60	W5	19-21	34-36	5-15	-	30-50	-	-	-	-	-	-
	Gnaiss migmatítico decomposto, areno siltoso	≥60		20-21	36-38	10-30	-	≥50	-	-	-	-	-	-

Quadro 3 – Parâmetros geotécnicos e estimados para os materiais de aterro

Material de aterro	γ (kN/m ³)	ϕ' (°)	E_{v2} / E_{v1}	C_u normalizado
QS1	20	30	25/12.5	0.0028
QS2	20	34	40/20	0.0015
QS3	21	38	60/30	0.0007
Sub-balastro	22	42	120/60	-

Em que:

- γ – Peso volúmico;
- ϕ' – Ângulo de atrito;
- c' – Coesão efetiva;
- c_u – Coesão não drenada;
- E – Módulo de deformabilidade;
- E_u – Módulo de deformabilidade não drenado;
- σ_{ci} – Resistência Não Confinada da Rocha Intacta;
- GSI – Índice de resistência geológica
- m_i – Constante para a rocha Intacta;
- D – Fator de perturbação do maciço rochoso.

4 ATERROS

Os trabalhos relativos aos aterros a executar no ST5 estão devidamente detalhados no Tomo 1.1 e as respetivas estruturas de contenção no 1.9.

No Quadro 4 resumem-se as características dos aterros previstos para o subtroço 5.

De salientar que, sensivelmente entre os pk 70+650 e o pk 70+771, as estruturas de contenção previstas deverão ser consultadas no Volume 8, Tomo 8.1, Estação de Campanhã.

Quadro 4 – Quadro resumo das características geométricas e geológico-geotécnicas dos aterros previstos no Subtroço 5 (a quilometragem é referente à linha XI – LAV VD)

Localização aproximada			Formação geológica (Fundação do aterro)	Pk crítico	Hmáx. ao eixo (m)	Trabalhos de prospeção geotécnica mais próximos	Inclinação dos taludes (V/H)	
PK inicial	PK final	L (m)					Esq.	Dir.
70+268	70+290	22	γm - Granito do Porto	70+268	8.0	S080A-23	-	*
70+959	71+055	100	At / γm / CXG	71+000	6.0	S3 / S4 / S4A / S5	-	**
*Estrutura de contenção M70.1D								
**Estrutura de contenção M70.2D								

5 ESCAVAÇÕES

Para a definição das geometrias de escavação a adotar em cada talude, foram avaliadas as características geológico-geotécnicas das formações interessadas pelo traçado, a altura de terras, as condicionantes nas zonas envolventes (tais como a presença de edificações e balanço de volumes de escavação/aterro) e a integração paisagística. Na generalidade os taludes de escavação apresentam uma inclinação de 1/1.5 (V/H). Assim, e tendo em consideração as conclusões do Estudo Geológico e Geotécnico, são prescritas as geometrias de equilíbrio indicadas no Quadro 5.

Nos taludes com mais de 10m de altura total, prevê-se a materialização de uma banquetta estabilizadora aos 8m de altura, com 3m de largura, inclinação transversal para o interior do talude e provida de valeta para drenagem longitudinal.

Para o caso dos taludes sem necessidade de suporte, prevê-se, com o objetivo de evitar o ravinamento provocado pela escorrência das águas superficiais, o revestimento dos taludes de escavação em solo ou em rocha muito alterada a decomposta com 0,15 m de espessura de terra vegetal, a qual deverá ser vegetada com espécies adequadas. A terra vegetal a utilizar será a resultante da decapagem, devendo ser colocada em depósito provisório. Pretende-se ainda com esta medida favorecer a integração paisagística dos taludes de escavação.

Este revestimento com terra vegetal deverá ser realizado nos troços em que os taludes tenham uma inclinação menor ou igual que 1/1,5 (V/H).

Todos os taludes de escavação com necessidade de suporte/proteção, são devidamente detalhados nos subcapítulos seguintes.

De salientar que, face às condicionantes de ocupação junto à crista dos taludes, a generalidade das escavações neste subtroço surgem associadas a estruturas de suporte/contenção. Não obstante, além de se deverem respeitar as cotas e distâncias indicadas nos perfis transversais de projeto, as geometrias de corte dos taludes deverão ser conduzidas de forma a assegurar uma transição arredondada e harmoniosa com a superfície do terreno, sendo esta regularização objeto de aprovação pela Fiscalização.

O ST5 desenvolve-se em parte sobre as vias-férreas existentes. No entanto, devido à necessidade de acomodar as novas linhas de alta velocidade e a compatibilização com a nova estação, será necessário, além da construção do novo Viaduto de Campanhã proceder ao alargamento para nascente, conduzindo à necessidade de prever estruturas de suporte/contenção devido a desníveis consideráveis ou interferência com o existente.

No que concerne às soluções tipo de reforço e proteção propostas, as mesmas foram sempre ponderadas atendendo a questões de estabilidade e de integração paisagística. A solução de estabilização adotada encontra-se listada abaixo. Sempre que se afigura possível, a geometria dos taludes é definida com uma inclinação que garanta estabilidade sem a necessidade de soluções de reforço.

Redes de Encaminhamento – A adoção do tratamento de taludes em escavação com redes metálicas de encaminhamento, garante proteção de uma determinada área, controlando as trajetórias da queda de possíveis blocos e permitindo uma deposição e acumulação ordenada dos desprendimentos.

Poderá verificar-se durante a execução dos trabalhos a necessidade de executar pregagens pontuais devido a blocos rochosos instáveis. A aplicação de pregagens constitui uma solução no domínio da estabilidade global, permitindo garantir a estabilidade de cunhas de maiores dimensões.

Este sistema é composto por uma rede hexagonal de tripla torção e pelos cabos perimetrais.

Os elementos de fixação, pregagens, se necessários, são constituídos por placas de aço, porcas e contraporcas devidamente protegidas contra a corrosão (preferencialmente galvanizadas) e requerem que os varões selados sejam constituídos por ponta roscada, de modo a permitir um aperto e ajuste final das pregagens.

Os painéis de malha de aço são suportados no topo com recurso as pregagens seladas atrás da crista do talude (sempre que possível) e com comprimentos variáveis consoante as características do terreno (na ordem dos 2m) e diâmetros iguais ou superiores 32mm – diâmetro e comprimento a compatibilizar com o procedimento construtivo. Na base da malha é frequente colocar-se um sistema que materialize um contrapeso com o objetivo de manter a malha estendida, colocando-se um varão de aço ou cabos tensionados e grampeados ao talude.

irregulares ou com cavidades/saliências morfológicas, são executadas pregagens intermédias que são tanto maiores (em número) quanto mais irregular for o talude.

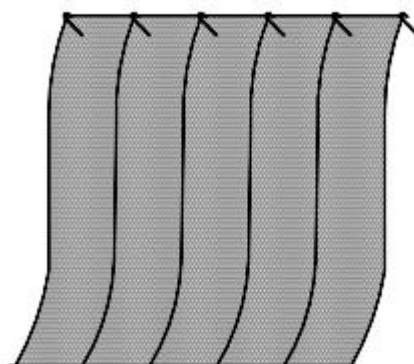


Figura 2 – Solução com redes de encaminhamento

Os sistemas de proteção com redes são bastante versáteis quanto à sua instalação, disposição e mesmo objetivo. Estas soluções de redes, constituídas integralmente por componentes de aço devidamente protegidos contra a corrosão, são bastante integráveis no meio envolvente nomeadamente passados alguns anos após as intervenções, em que a própria vegetação estabelece um disfarce da solução.

A figura seguinte ilustra um exemplo de aplicação da solução com redes de encaminhamento.



Figura 3 – Exemplo da aplicação do sistema de redes de encaminhamento

Existem determinados fatores que são indissociáveis das obras de cariz geotécnico como seja a dificuldade ou mesmo impossibilidade de conhecer certas condições da obra de forma antecipada e com a precisão desejada. Nesse sentido, apesar de se entender com a informação atual que os restantes taludes garantem condições de estabilidade aceitáveis, poderá a escavação em obra e os resultados das campanhas de prospeção em curso revelar cenários distintos e a necessidade de algumas intervenções. Relativamente aos taludes detalhados no presente documento, a escavação em obra e os resultados da campanha de prospeção em curso podem conduzir à necessidade de revisão/alteração da solução proposta.

A extensão entre o Pk 70+429 e o Pk 70+771 deverá ser consultada no Volume 8, Tomo 8.1, Estação de Campanhã.

Quadro 5 – Geometria das principais escavações – ST5

Localização aproximada			Formação Geológica interessada	Altura máxima ao eixo aprox. (m)	Prospeção geotécnica	Escavabilidade	Inclinação dos taludes (V/H)	
PK Inicial	PK final	Extensão (m)					Esq.	Dir.
70+290	70+335	45	At – Aterros / γ m - Granito do Porto	9.0	S080A-23 / C1	90% MEC / 10% EXP	-	1/1.5 (V:H)
70+335	70+429 (Pk de início da estação)	95	At – Aterros / γ m - Granito do Porto	12.0	S080A-23 / C1	90% MEC / 10% EXP	-	1/1 (V:H)
70+771	70+959	255	At – Aterros / CXG – Complexo Xisto - Grauváquico	1.9	S2 / S2A / S3 / S4 / S4A / S5	100% MEC / 0% EXP	--	1/1.5 (V:H)

Quadro 6 – Listagem dos taludes de escavação com medidas de reforço/proteção – ST5

Localização aproximada			Formação Geológica interessada	Altura máxima ao eixo aprox. (m)	Prospecção geotécnica	Escavabilidade	Inclinação dos taludes (V/H)		Intervenção proposta	Designação
PK Inicial	PK final	Extensão (m)					Esq.	Dir.		
70+335	70+429 (Pk de início da estação)	95	At – Aterros / γm - Granito do Porto	12.0	S080A-23 / C1	90% MEC / 10% EXP	-	2x1/1 (V:H) (B=8m)	Redes de encaminhamento. Pregagens pontuais, se necessário.	E70.1D

Conforme devidamente detalhado no Tomo 1.1, estima-se que, com base na análise aos elementos de prospeção disponíveis à data, não sejam interessados materiais do tipo QS0 nas escavações previstas no ST5. Uma vez que, pela natureza dos aterros previstos (aterros técnicos junto ao encontro do Viaduto de Campanhã e muros de contenção, se estima que apenas venham a ser incorporados nos aterros materiais do tipo QS2 e/ou QS3, todo o volume escavado será excedente, admitindo-se que possa vir a ser utilizado noutros sub-troços, seja diretamente (no núcleo central dos aterros) ou eventualmente tratado com cal ou cimento.

Os elementos relativos à drenagem longitudinal a considerar devem ser consultados no tomo da especialidade (Tomo 1.2).

5.1 Solução de reforço E70.1D

5.1.1 Descrição do trecho em análise

O talude E70.1D desenvolve-se entre o final do muro M70.1D e a futura Estação de Alta Velocidade de Campanhã, desenvolve-se entre o Pk 70+335 e o Pk 70+429, numa extensão de aproximadamente 95m.

Trata-se de um talude de escavação, com uma altura máxima de 12m (verificando-se do lado direito, no sentido dos pk's crescentes), interessando material de aterro e granito do porto.

Na sua zona de implantação do presente não existe informação geológico-geotécnica disponível. A sondagem C1 realizada em 2001, localizada a norte, revela uma camada de aterro com 6 metros de espessura à qual se seguem em profundidade 3 metros de aluvião, constituída por um solo siltoso e seixos quartzíticos rolados. Aos 9 metros de profundidade a sondagem intersecta granito decomposto a muito alterado (W5-4), onde os três primeiros ensaios NSPT indicaram um solo solto a medianamente compacto (NSPT < 30) até aos 12 metros de profundidade, e muito compacto até ao final da sondagem (ver Figura 4).

A informação mais detalhada deverá ser consultada no Tomo 1.7.

O nível de água intersetado na sondagem C1, em 2001, deu-se aos 9,75 metros de profundidade.

Na zona exata de implantação do talude é expectável a presença de um maciço de granito do Porto, conforme ilustrada na Figura 4. Da análise visual do maciço, depreende-se a possibilidade de ser necessário o recurso a escavação com explosivos. Caso se verifique a necessidade de realizar a escavação com recurso a explosivos, os trabalhos deverão ser realizados por equipas especializadas, devendo ser verificado à priori a compatibilidade da solução de escavação com os edifícios e meio envolventes no que concerne a segurança, estabilidade, ruído, vibrações e poeiras.

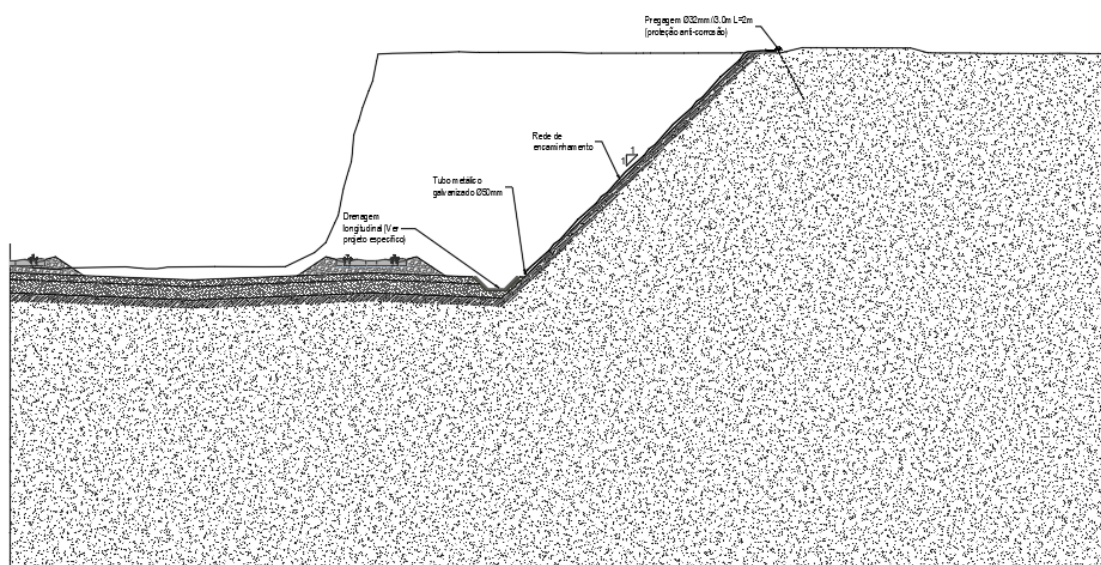


Figura 6 – Secção Tipo – E70.1D

5.1.3 Faseamento construtivo

No geral, a aplicação de sistemas de redes de encaminhamento deve reger-se pela sequência de operações que a seguir é descrita:

1. Desmatação prévia e limpeza geral de toda a área de intervenção;
2. Saneamento de todo o material solto;
3. Recalçamento de blocos instáveis (quando aplicável);
4. Marcação das pregagens a serem executadas e geodrenos profundos (quando aplicável), incluindo as de fixação da rede (*1);
5. Furação para execução das pregagens para a fixação da rede e fixações periféricas dos cabos;
6. Execução dos drenos profundos. Inclui operações de furação, colocação e limpeza. (quando aplicável);
7. Amarrar e desenrolar a rede até ao pé do talude, ajustar os panos de rede entre si, utilizando, se necessário grampos ou arame de aperto. Idem para rede de alta resistência (onde aplicável);
8. Execução de pregagens curtas (1,0 a 2,0m) adicionais caso se verifiquem depressões significativas entre a superfície do talude e o sistema de redes;
9. Execução da bainha, junto ao pé do talude e colocação de varão ou tubo de aço galvanizado (conforme aplicável) dentro desta;
10. Realização dos restantes trabalhos necessários, em coordenação com o faseamento geral da empreitada.

Deverá ser ponderada a necessidade de execução de pregagens e cabos adicionais, quando aplicável, de forma a garantir a correta modelação da rede ao talude ou a estabilização de blocos rochosos específicos.

No caso das soluções de estabilização com recurso a pregagens deverão ser realizados ensaios prévios de modo a aferir as hipóteses adotadas no projeto. Os ensaios prévios deverão ser realizados em pregagens sacrificiais executadas para o efeito, em locais em que as formações onde se localiza o comprimento de selagem sejam semelhantes e seguir os procedimentos e exigências segundo o estipulado na EN14490. Deverão ainda ser realizados ensaios de receção em pregagens de produção.

Todos os elementos constituintes da pregagem, nomeadamente, o varão, a placa de fixação, a porca e a anilha, devem possuir tratamento anticorrosão, devido ao seu carácter definitivo. O varão deverá ser roscado de origem.

Os trabalhos devem ser coordenados com os trabalhos necessários à execução da drenagem longitudinal existente nas banquetas (quando aplicável).

A localização definitiva da instrumentação prevista dependerá das condições existentes no local, pelo que as indicações poderão sofrer ajustes no decorrer dos trabalhos, quer em número, quer no seu posicionamento.

(*1) - o diâmetro, comprimento das pregagens e classe de resistência do aço das pregagens de coroamento, a utilizar nos sistemas de redes, deverão ser validados pela entidade executante em função, não só das reais características do maciço, mas também em função dos requisitos para as mesmas em fase de execução (solicitações em fase provisória, por exemplo a amarração de bailéus).

6 PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

6.1 GENERALIDADES

O Plano de Instrumentação e Observação proposto visa enquadrar o acompanhamento e/ou monitorização do comportamento dos taludes de escavação a executar no ST5 da LAV, durante e após a fase de obra, permitindo assim a realização, em condições de segurança, dos trabalhos de estabilização previstos e, em caso de necessidade, intervir de forma antecipada face a qualquer situação de potencial instabilidade.

Ao longo da ST5 da LAV, conforme supradito, não se verificam taludes de escavação com alturas consideráveis. No entanto, dada a importância da Linha de Alta Velocidade, recomenda-se a adoção de procedimentos de observação do comportamento dos taludes mais críticos.

Durante a fase de obra pretende-se avaliar a conformidade entre as situações e comportamentos modelados e as reais condições possibilitando, desta forma, garantir um adequado controlo sobre o bom desenvolvimento dos trabalhos e validar as hipóteses de projeto. A instalação e “zeragem” dos dispositivos de instrumentação definidos no plano deverá ser sempre efetuada antes do início dos faseamentos construtivos. Durante esta fase as frequências das leituras irão sendo ajustadas ao andamento da obra.

Durante a fase de exploração, após a execução de todos os trabalhos previstos, o plano de instrumentação e observação visa acompanhar o comportamento das intervenções e das zonas de maior risco associado, por forma a poder intervir aquando de alguma potencial situação de instabilidade. Ao longo da fase de exploração, em função dos resultados obtidos e com base nos critérios definidos (alerta e alarme) poderá ser necessário voltar a ajustar a frequência das leituras.

A instrumentação proposta no âmbito dos taludes de escavação contempla os seguintes dispositivos e sistemas de medição:

- Marcas de nivelamento situadas em terreno firme para a monitorização de assentamentos superficiais causados pelos trabalhos de escavação;
- Alvos/prismas instalados nas escavações com o objetivo de monitorizar os assentamentos e deslocamentos horizontais das mesmas;

Estes dispositivos serão sempre colocados nos taludes situados na vizinhança de estruturas ou de infraestruturas. Conforme referido, um dos fatores de risco é a altura dos taludes de escavação, nesse sentido, para os taludes de escavação com alturas consideráveis também foi previsto a colocação dos elementos de instrumentação acima listados na crista e na banquetta dos taludes.

Além dos casos referidos acima, aquando da execução dos trabalhos em obra, poderá entender-se ser necessária a colocação de instrumentação e monitorização nos materiais com piores características geotécnicas.

Para os edifícios localizados na proximidade da crista dos taludes poderá vir a ser necessária a definição de um plano de monitorização e observação mais particular durante a fase de obra.

A localização definitiva da instrumentação prevista dependerá das condições existentes no local, pelo que as indicações poderão sofrer ajustes no decorrer dos trabalhos, quer em número, quer no seu posicionamento.

Os instrumentos serão instalados de acordo com as instruções do fabricante.

Os instrumentos de medição instalados, bem como o espaço necessário para a medição, devem ser mantidos livres e acessíveis durante toda a construção.

Todos os instrumentos deverão ser protegidos contra danos que podem ser provocados pelas atividades de construção. Sempre que necessário, deverão ser utilizadas coberturas de proteção para evitar danos nos instrumentos.

O acompanhamento das leituras deve ser realizado de forma particularmente cuidada, com o objetivo de detetar antecipadamente algum indício de comportamento não esperado.

6.1 Dispositivos de Instrumentação

- **Marcas de Nivelamento** - As marcas de nivelamento para medições à superfície serão fundadas a uma profundidade máxima de 1 m, possuindo na sua extremidade superior um suporte de mira protegido com uma tampa de proteção. Os nivelamentos superficiais das marcas serão realizados utilizando um nível de precisão com lâminas de faces paralelas e mira de invar. As cotas encontram-se referenciadas a outros dispositivos de leitura, nomeadamente marcas de superfície e de referência considerados como elementos fixos. Para condições normais de leitura, o erro máximo associado a estes dispositivos deverá ser de $\pm 0,5\text{mm}$.
- **Alvos Topográficos** - A instalação dos alvos será realizada através de colagem, sendo estes elementos previamente colocados em placas metálicas planas fixas ao elemento onde se pretende obter a informação dos deslocamentos nas três direções.

As campanhas consistirão na leitura de ângulos e de distâncias para alvos instalados nos elementos cujos deslocamentos se pretendem determinar, tendo por base de referência alvos (prismas de referência) colocados em pontos considerados como fixos. Para condições normais de leitura, o erro máximo associado aos alvos topográficos não deverá ultrapassar os $\pm 2\text{ mm}$.

6.2 Frequência das leituras

Após a instalação dos equipamentos deverão ser realizadas, pelo menos, duas campanhas de leitura, que constituirão a chamada “zeragem”, em todos os dispositivos de instrumentação e observação.

Posteriormente, prevê-se que sejam realizadas leituras com periodicidade semanal (1 vez por semana) durante a execução da escavação. Após a conclusão da mesma e durante os primeiros 6 meses a realização das leituras será efetuada com a periodicidade adequada às diversas situações em análise, admitindo-se uma base mensal para os casos mais gravosos. Após este período, em função dos resultados, entende-se que a periodicidade das leituras passe a ser realizada numa base semestral ou anual. Em qualquer dos instrumentos, caso o resultado das leituras o justifique, deverão ser realizadas leituras adicionais.

Admite-se, contudo, que a frequência de leituras possa vir a ser ajustada em qualquer fase, tendo em consideração o comportamento dos solos de fundação e dos próprios aterros e em função do resultado das leituras efetuadas.

Os dados recolhidos nas medições serão entregues às entidades intervenientes no projeto/obra, no máximo, até 2 dias após a realização das leituras, sob a forma de relatório que deverá incluir a elaboração de gráficos interpretativos, apresentados de forma sequencial.

Sempre que, durante uma campanha de leituras, se registem valores anómalos por comparação com os valores registados numa campanha anterior dever-se-á proceder de imediato à sua repetição, de modo a confirmar os valores registados.

6.1 Critérios de alerta e alarme

O sistema de alerta e alarme associado ao Plano de Instrumentação e Observação deverá ser baseado nos seguintes critérios:

- Comparação entre os resultados obtidos nas várias secções de observação;
- Interpretação das deformações em função das características topográficas e geológico-geotécnicas dos terrenos.

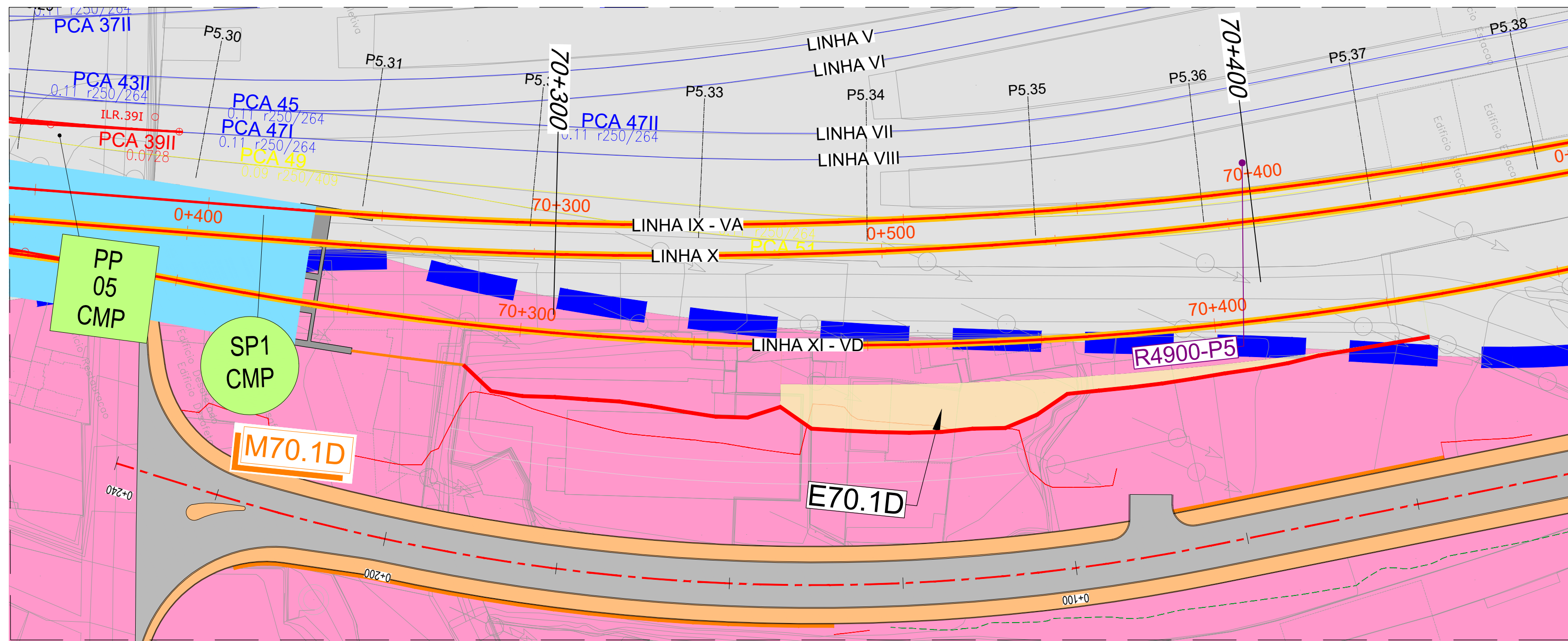
6.1 Medidas de reforço

As medidas de reforço que venham a ser implementadas, por terem sido atingidos os critérios citados no ponto anterior, deverão ser analisadas individualmente.

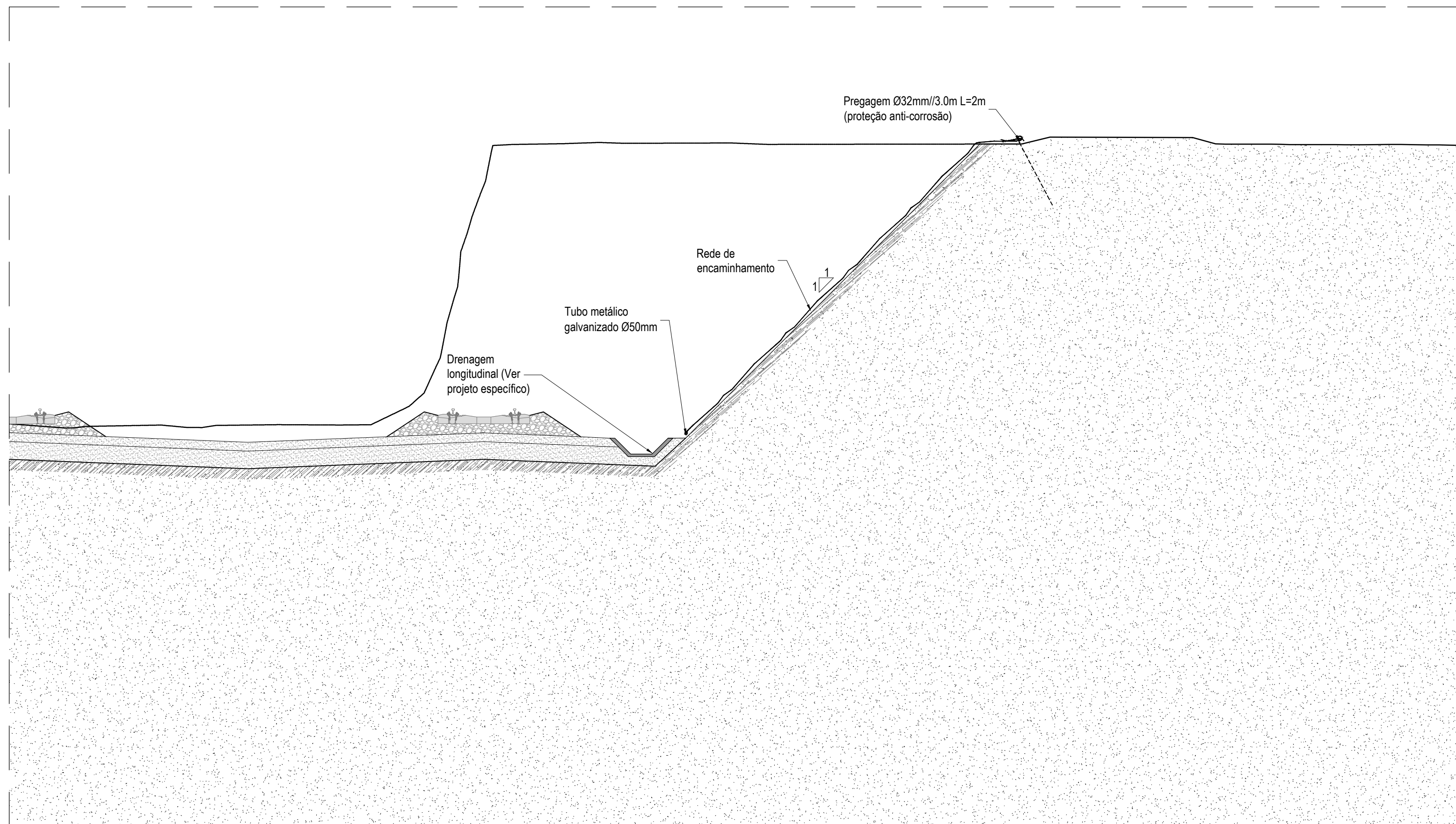
ANEXOS

ANEXO I. **ANEXO 1**

PLANTA - LAVA ST5 (PK 70+335 a PK 70+429)
Esc.: 1/500



PERFIL TIPO E70.1D
Esc.:1/100



- As unidades são em metros e menos que especificado o contrário.
- Em caso de alguma incompatibilidade de natureza geométrica ou de ordem geológico-geotécnica deve ser informado o projetista.
 - Já determinados fatores que são indispensáveis das obras de caráter geotécnico, como seja a dificuldade ou impossibilidade de conhecer certas características da obra de forma adequada para a previsão desejada. De expor, todos os pressupostos admitidos na fase de concepção/projeto, nomeadamente, a consideração da geologia/geotécnica, a base litológica (genética/composição), serviços adequados e condições ambientais necessárias à realização dos trabalhos, bem como as condições previamente à fase de execução da obra, pelo construtor, de modo que eventuais incertezas possam ser impostas, desde que não sejam consideradas prejudiciais.
- As cotas de fundação são indicativas e devem ser ratificadas em obra em função do comportamento geológico encontrado.
- Deverá ser prevista uma camada de betão de regularização com 10 cm sobre todos os elementos de fundação.
- Dado o carácter definitivo da obra, todos os elementos que constituam a pregação devem ser devidamente protegidos contra o corrosão, e as varandas seladas devem conter proteção por porta rosca de origem, de modo a permitir um acesso à ajuste final das pregagens.
- O projeto relativo aos serviços adequados deve ser consultado no Tópico de Especificações (Tópico 11).
- O planejamento e fassamento dos trabalhos deverão ser coordenados com as diversas áreas envolvidas.

Em conformidade com o estipulado na NP EN 206-1 e na NP ENV 13670						
Tempo de vida útil de obra: 100 anos						
Classe de execução: 3						
elemento	classe betão	recobrimento nominal (mm)	classe exposição	classe cloretos	D _{max} (mm)	consistência
Betão limpa e regularização	C16/20	-	X0 (P)	Cl 1,00	-	-
Muros	C45/55 ou C50/60	50	XA2 (P)	Cl 0,40	22	S3/S4

elemento	classe	norma(s)
Armaduras ordinárias	A500 NR SD	NP EN 1993-1
Placas de fixação	S 275 JR	EN 10025
Pregagens	A500 NR SD	EN 10080
Porcas e anilhas	S 355 JR	EN 10025

- Todas as intervenções possuem um risco associado das condições meteorológicas que podem ocorrer nos períodos de execução da obra, podendo dificultar os trabalhos a serem realizados, bem como ocasionar danos materiais e pessoais, bem como a potencial ocorrência de situações de emergência;
- Tratando-se de zona de risco, isso deverá ser cautelado durante a execução da obra. As diversas operações previstas deverão ser devidamente faseadas, enquadadas e compatibilizadas no tempo e no espaço;
- Quaisquer trabalhos de escavação ou movimentos de terras que possam potencial ou ocasionar os fenômenos de ruptura deverão ser enquadrados sob condições técnicas mínimas, com média repetição das condições de segurança por via de medidas de contingência;
- Previantemente ao início dos trabalhos deverão ser contempladas as medidas necessárias para que os mesmos decorram em condições de segurança e saúde para todos os envolvidos;
- Devido à natureza dos locais onde decorrerão os trabalhos, todas as operações deverão ser particularmente avaliadas, de forma a selecionar os dispositivos de proteção e os equipamentos de trabalho, dando prioridade às medidas de proteção coletiva, sempre que das individuais;
- A entidade executora deverá avaliar os riscos associados à execução da obra e definir as medidas de prevenção necessárias. Devendo ser previstas medidas de contingência para o caso de surgimento de problemas de instabilidade;
- Os fassamentos construídos a serem implementados deverão ser cuidadosamente analisados e aferidos pela entidade executora em função das condições de acesso e manuseio dos materiais, bem como das condições das zonas de intervenção, dos meios mobilizados e da interferência entre as diversas tarefas e intervenções.

- A Planta e Perfil Longitudinal geológico e respetiva legenda devem ser consultados nas peças desenhadas, PF102A5.PR.01.07.00.00.102.00 e PF102A4.PR.01.07.00.00.101.00, respetivamente.

- Redes de encaminhamento



						  	
						Contrato Projeto	
00	14.08.2025	Edição inicial		ACM	Ficheiro PF102AS.PR.01.03.00.00.101.00.DWG		
Rev.	Data	Descrição		Responsável	Projeto	Desenho	BC A. Campos e Matos
			O Gestor de Projeto - O Responsável Unidade - O Responsável Departamento - O Diretor -	Projeto LINHA FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE ENTRE PORTO (CAMPAÑHA) E LISBOA Linha TROÇO PORTO (CAMPAÑHA) A OIÀ - SUBTRÓÇOS A5 - KM 68-589 AO KM 71+055 Local PORTO (CAMPAÑHA) A OIÀ Especialidade V01- INFRA-ESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA FERREA ESTRUTURAS DE PROTEÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DA PLATAFORMA	Código Cliente PF102AS.PR.01.03.00.00.101.00 Nº Registo ERP -	Data 14.08.2025 N.º de Ordem EEP 101 Versão 00	
Estudos e Projetos Ferroviários							
Empreendimento		Título do Desenho		Escala			
N.º		E70.1D - PK 70+335 a PK 70+429		1:500			
Fase		PLANTA E CORTE TIPO		1:100			
Projeto Execução							