

RAVE - REDE FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE, SA

LIGAÇÃO FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE

ENTRE LISBOA E PORTO

LOTE A – TROÇO AVEIRO – VILA NOVA DE GAIA

ESTUDO PRÉVIO

VOLUME 3 - ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO

ADENDA

TOMO 3.1 - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

ÍNDICE DE CAIXA

Peças Escritas

Memória Descritiva e Justificativa

RAVE - REDE FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE, SA

LIGAÇÃO FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE

ENTRE LISBOA E PORTO

LOTE A – TROÇO AVEIRO – VILA NOVA DE GAIA

ESTUDO PRÉVIO

VOLUME 3 - ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO

ADENDA

TOMO 3.1 - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

ÍNDICE DE TOMO

Peças Escritas

Memória Descritiva e Justificativa

RAVE - REDE FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE, SA

LIGAÇÃO FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE

ENTRE LISBOA E PORTO

LOTE A – TROÇO AVEIRO – VILA NOVA DE GAIA

ESTUDO PRÉVIO

VOLUME 3 - ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO

ADENDA

TOMO 3.1 - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

MARÇO.2009

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

**RAVE - REDE FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE, SA
LIGAÇÃO FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE
ENTRE LISBOA E PORTO**

LOTE A – TROÇO AVEIRO – VILA NOVA DE GAIA

ESTUDO PRÉVIO

VOLUME 3 - ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO

ADENDA

TOMO 3.1 - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

ÍNDICE

| | Pág. |
|--|-------------|
| 1 - INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2 - ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO GERAL..... | 2 |
| 3 - PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA E ENSAIOS | 3 |
| 4 - CONSIDERAÇÕES GEOTÉCNICAS | 4 |
| 4.1 - GENERALIDADES..... | 4 |
| 4.2 - ESCAVAÇÕES | 5 |
| 4.3 - ATERROS..... | 5 |
| 5 - MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO..... | 14 |
| 6 - OBRAS DE ARTE ESPECIAIS | 16 |
| 6.1 - VIADUTOS E PONTES..... | 16 |
| 6.2 - OBRAS SUBTERRÂNEAS | 20 |
| 7 - ANÁLISE COMPARATIVA DAS SOLUÇÕES DE TRAÇADO | 25 |

1 - INTRODUÇÃO

Na presente memória apresentam-se as alterações ao Volume 3 - Estudo Geológico e Geotécnico, datado de Julho de 2007, efectuado no âmbito do Estudo Prévio do Lote A - Troço Aveiro / Vila Nova de Gaia, da Ligação Ferroviária de Alta Velocidade entre Lisboa e Porto, entregue em Julho de 2008. Estas alterações decorrem das correcções introduzidas ao traçado das soluções A e B, com vista à resolução dos pontos de conflitos identificados em fase de revisão do referido Estudo Prévio.

Por forma a dar resposta as questões identificadas, a RAVE solicitou ao consultor a elaboração da presente Adenda ao Estudo Prévio, que integra as seguintes alterações ao traçado:

- Solução A e Solução B – Ripagem do eixo, com conseqüente alteração em planta e perfil longitudinal, na travessia da Avenida da República em Vila Nova de Gaia, aproximadamente entre o km 67+500 e o km final do estudo;
- Solução A – Rebaixamento da rasante em aproximadamente 11 km's, para implantação de um túnel mineiro com cerca de 2,6 km de extensão, na zona urbana de Negrelos e de Carregal e na zona do emboquilhamento Sul do túnel de Vila Nova de Gaia de modo a permitir o seu prolongamento para sul.
- Solução B – Rebaixamento da rasante em aproximadamente 10 km, para implantação de um túnel mineiro com cerca de 2,3 km de extensão, em Figueira do Mato e na zona do emboquilhamento Sul do Túnel de Vila Nova de Gaia de modo a permitir o seu prolongamento para sul.

As novas soluções de traçado substituem as apresentadas no Estudo Prévio de Julho de 2008, aproximadamente, nos seguintes intervalos:

- Solução A – Do km 58+895 ao km final
- Solução B – Do km 59+640 ao km final

Tendo em vista a uniformidade e coerência dos estudos, na realização desta Adenda foram mantidos os critérios e as metodologias aplicadas na elaboração do referido Estudo Prévio, bem como todas as instruções técnicas que lhe serviram de base.

Neste sentido, esta memória integra apenas as alterações devidas às correcções de traçado, remetendo-se para o Tomo 3.1 do Volume 3, de Julho de 2007, todas as metodologias,

critérios e pressupostos nos quais se basearam as soluções de projecto adoptadas. Assim, a presente memória descritiva, em conjunto com o Tomo 3.1 do Estudo Prévio de 2008, constituem um documento único respeitante aos Estudos Geológicos e Geotécnicos.

Em termos de desenho são apenas apresentados os trechos em que se verificaram alterações, estando neste caso os desenhos n.ºs 02-EL-A0-CB-DWG0117 a 120 da solução A e n.ºs 02-EL-A0-CB-DWG0218 a 220 da solução B. Nestes foi mantida a numeração adoptada no Estudo Prévio de 2008, reportada à versão de revisão A.

2 - ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO GERAL

De acordo com a análise efectuada, verifica-se que os trechos alterados, atravessam as mesmas unidades morfoestruturais e geológicas descritas no Estudo Prévio. Resumidamente estes trechos localizam-se em terrenos pertencentes à Zona Centro-Ibérica (ZCI) e Zona de Ossa-Morena (ZOM), separados pelo cisalhamento dúctil Porto-Tomar de orientação NNW-SSE.

Na ZOM, a sul do cisalhamento Porto-Tomar, os corredores atravessam a Unidade de Lourosa, pertencente à Faixa Blastomilonítica de Oliveira de Azeméis de direcção NNW-SSE, e na ZCI atravessam as rochas graníticas, intrusivas no Complexo Xisto Grauváquico. Sobrejacentes aos maciços cristalinos ocorrem depósitos de praias antigas e de terraços fluviais Plio-Plistocénicos e depósitos modernos do tipo aluvião, solos residuais e terrenos resultantes da actividade antrópica.

Assim, distinguem-se ao longo do traçado as seguintes formações:

- Depósitos recentes (quaternários)

- a) Aterros (At)
- b) Depósitos aluvionares (Al)
- c) Depósitos de praias antigas e de terraços fluviais (Q)

- Rochas Metamórficas (precâmblicas e câmblicas)

- a) Unidade de Lourosa (Xyz)
- b) Complexo Xisto-Grauváquico (CXG)

- Rochas ígneas (hercínicas)

- a) Granito do Porto (γ m)
- b) Granito da Madalena (γ πg)

Estas unidades encontram-se devidamente descritas no Estudo Prévio de 2008, sendo ainda apresentadas nesse estudo diversas considerações sobre o comportamento hidrogeológico dos terrenos atravessados, tectónica e sismicidade, as quais se mantêm válidas para os trechos em análise.

3 - PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA E ENSAIOS

No âmbito da presente Adenda não foram efectuados novos trabalhos de prospecção geotécnica, tendo-se utilizado a informação de todos os trabalhos realizados nas fases de estudos anteriores.

Resumidamente os trechos em análise interessam os trabalhos de prospecção que se apresentam no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Trabalhos de prospecção interessados pelos trechos em análise

| Tipo de trabalho | Solução A | | Solução B | |
|---|---|--------|---------------------------------------|--------|
| | Designação | Quant. | Designação | Quant. |
| Penetrómetro Dinâmico Super Pesado | DPSHA2, DPSH202, DPSHA3, DPSHA5, DPSHA7 | 5 | DPSHB4, DPSHA7 | 2 |
| Perfis Sísmicos de Refracção | PSA7, PSA5, PSA6 | 3 | PSB1, PSA5, PSA6 | 3 |
| Poços de Reconhecimento | PA4, PA5, PA7, PB6 | 4 | PB2, PB4, PB5, PB6 | 3 |
| Sondagens Mecânicas | SA4, SA5, SA6, STU1/1, STU2/1, STU3/1 | 6 | SB1, SA5, SA6, STU1/1, STU2/1, STU3/1 | 6 |
| Ensaio de Laboratório: Granulometria (Peneiração) Limites de Atterberg Azul de Metileno Equivalente de Areia Teor em Água Natural | PA4/1, PA5/1, PA7/1, PA7/2 | 4 | PB2/1, PB4/1, PB5/1 | 3 |
| Proctor Modificado / CBR | PA5/1, PA7/2 | 2 | - | 0 |

É de salientar que, devido ao rebaixamento das rasantes, na zona do túnel de Negrelos (solução A) e do túnel de Figueira do Mato (solução B), verifica-se um desajuste na profundidade atingida pelas sondagens, relativamente ao posicionamento da obra a estudar.

No Estudo Prévio de 2008 apresentam-se os resultados da prospecção geotécnica realizada, através de diversos quadros resumo, mantendo-se válida toda a informação.

É apenas de referir que nos trechos onde o eixo da via sofreu uma ripagem, se verifica em consequência uma alteração da quilometragem, pelo que a prospecção realizada neste trecho, é igualmente afectada por uma actualização na sua localização. Estão neste caso as sondagens realizadas aproximadamente a partir dos km 67+500 até ao km final, das soluções A e B, tal como se apresenta no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Actualização da quilometragem das sondagens realizadas a partir do Km 67+500 (soluções A e B)

| Sondagens N ^{os} | Solução A Localização aproximada (kms) | | Solução B Localização aproximada (kms) | |
|---------------------------|---|--------|---|--------|
| | Estudo Prévio, 2008 | Adenda | Estudo Prévio, 2008 | Adenda |
| SA6 | 68+740 | 68+720 | 68+830 | 68+810 |
| STU1/1 | 69+805 | 69+780 | 69+885 | 69+870 |
| STU2/1 | 69+770 | 69+750 | 68+855 | 69+835 |
| STU3/1 | 69+705 | 69+685 | 69+790 | 69+775 |

4 - CONSIDERAÇÕES GEOTÉCNICAS

4.1 - GENERALIDADES

Procede-se em seguida à análise preliminar das questões de ordem geotécnica, que se afiguram pertinentes no âmbito das alterações ao traçado integradas na presente Adenda ao Estudo Prévio de 2008.

Como mencionado anteriormente, neste capítulo apenas se referem as alterações efectuadas ao Volume 3 do Estudo Prévio de 2008, e que estão sobretudo relacionadas com as escavações, aterros, túneis, obras de arte e de contenção, que resultaram do rebaixamento das rasantes e ripagem do eixo da via.

As restantes considerações efectuadas no referido Estudo Prévio, relativas à caracterização geológica e geotécnica dos materiais atravessados, decapagem de terra vegetal, fundação da estrutura da via e drenagem, mantêm-se válidas e inalteradas.

4.2 - ESCAVAÇÕES

No que se refere às escavações, as correcções introduzidas ao traçado resultaram na generalidade no aumento da altura das escavações, nomeadamente na aproximação aos emboquilhamentos de túneis.

No Quadro 4.1 apresenta-se uma revisão ao quadro síntese das características das escavações, que consta do Tomo 3.1 do Estudo Prévio, que encaixa as alterações integradas na presente Adenda. Este quadro inclui a localização das escavações, altura máxima ao eixo, formações geológicas interessadas, escavabilidade previsível dos terrenos, inclinação preconizada para os taludes e uma referência à eventual necessidade de trabalhos de reforço de taludes.

Quanto à escavabilidade dos materiais interessados pelas escavações dos trechos em análise, encontram-se actualizadas no referido Quadro 4.1 as estimativas de desmonte, efectuadas com base nos dados da prospecção geotécnica e do reconhecimento de campo, tendo-se usado os mesmos critérios do descritos no Estudo Prévio de 2008.

Para a inclinação dos taludes de escavação em análise, tendo em conta as formações geológicas, as características geotécnicas dos materiais, os pressupostos e critérios definidos no Estudo Prévio, adoptaram-se inclinações de 1:1,5 (V:H), tal como se apresenta no Quadro 4.1. Para estas escavações considerou-se a execução de banquetas com 3 m de largura, sempre que os taludes apresentam alturas superiores a 8 m, como forma de diminuir a inclinação média do talude, conferindo assim uma maior estabilidade e uma melhor adequação paisagística dos taludes.

Mantém-se de resto todas as considerações efectuadas no Estudo Prévio, relativas aos critérios, metodologias construtivas e recomendações, as quais deverão ser consultadas no referido projecto, designadamente em termos de desmonte dos materiais, condições de reutilização dos materiais provenientes das escavações, revestimento de taludes e eventuais medidas de reforço de taludes.

4.3 - ATERROS

No que respeita aos aterros, as correcções ao traçado resultaram na generalidade na diminuição da altura e extensão dos aterros. Exceptuam-se, no geral, os aterros associados aos encontros do viaduto de Valverde (soluções A e B) onde se verifica um aumento da sua extensão, devido ao encurtamento do comprimento viaduto.

Quadro 4.1 - Síntese das Características das Principais Escavações (revisão ao Quadro 4.1 do Tomo 3.1 do Estudo Prévio, 2008)

| Solução | Localização aproximada (km) | Formação geológica interessada | Altura máxima ao eixo aprox. (m) | Trabalhos de prospeção geotécnica realizados | Escavabilidade (classes de desmonte a fogo) | Inclinação dos taludes (V/H) (espaçamento entre banquetas - m) | Observações |
|-----------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--|---|--|--|
| A | 0+680 a 1+300 | Q / C ⁴ | 7 | PS101 e P101 | Escavável / Ripável | 1/2 | Estrutura ancorada |
| | 1+830 a 2+100 | C ³ | 4 | P201 | Escavável | 1/2 | - |
| | 4+910 a 5+050 | C ⁴ | 2 | - | Escavável | 1/2 | - |
| | 5+310 a 5+450 | Q / C ⁴ | 9 | P102 | Escavável | 2 x 1/2 (B=8m) | - |
| | 5+500 a 5+660 | Q / C ⁴ | 6 | PS102 | Escavável | 1/2 | - |
| | 8+160 a 8+610 | Q / C ⁴ | 5 | P106 | Escavável | 1/2 | - |
| | 9+320 a 9+700 | Q / C ⁴ / T | 10 | PDL103 | Escavável / Ripável | 2 x 1/2 (B=8m) | - |
| | 9+805 a 10+010 | Q / T | 18 | PS103 | Ripável / Desmonte a fogo (1) | 1/1,5 + 2 x 1/2 (B=8m) | - |
| | 11+450 a 11+780 | T | 10 | S105 | Escavável / Ripável | 2 x 1/2 (B=8m) | Emboq. de Túnel / Estrutura de gravidade |
| | 12+500 a 13+450 | Q / T | 16 | PS105 e P108 | Escavável / Ripável | 2 x 1/2 (B=8m) | Emboq. de Túnel / Escavação na Linha |
| | 14+230 a 14+490 | Q | 4 | - | Escavável | 1/2 | - |
| | 14+690 a 14+860 | Q | 5 | - | Escavável | 1/2 | - |
| | 15+450 a 15+790 | Q | 6 | S107 | Escavável | 1/2 | - |
| | 17+560 a 17+860 | X | 5 | P109 | Escavável / Ripável | 1/2 | - |
| | 26+300 a 26+560 | Q | 6 | - | Escavável | 1/2 | - |
| | 46+480 a 47+240 | Q / Xyz | 14 | PS111, PS112, S109 e S110 | Ripável / Desmonte a fogo (1) | 1/1,5 + 1/2 (B=8m) | - |
| | 48+640 a 50+000 | Q / Xyz | 15 | P127, S113 | Ripável / Desmonte a fogo (1) | 1/1,5 + 1/2 (B=8m) | Estrutura de gravidade |
| | 51+175 a 51+830 | Xyz | 11 | PS100 | Escavável / Ripável | 2 x 1/1,5 (B=8m) | Estrutura ancorada |
| | 52+770 a 53+130 | Q / Xyz | 16 | PS101 | Ripável / Desmonte a fogo (2) | 1/1,5 + 2 x 1/2 (B=8m) | Estrutura ancorada |
| | 54+125 a 54+375 | Xyz | 13 | S100 e PS102 | Ripável / Desmonte a fogo (2) | 2 x 1/1,5 (B=8m) | Emboquilhamento de Túnel |
| 55+300 a 55+690 | Xyz | 11 | S101 e PS103 | Escavável / Ripável | 2 x 1/1,5 (B=8m) | Emboquilhamento de Túnel | |

NOTA: Classes de Desmonte a Fogo: Classe (1) - inferior ou igual a 5%; Classe (2) - 5 a 15%; Classe (3) - 15 a 30%; Classe (4) - 30 a 45%.

Quadro 4.1 - Síntese das Características das Principais Escavações (revisão ao Quadro 4.1 do Tomo 3.1 do Estudo Prévio, 2008)
(Continuação)

| Solução | Localização aproximada (km) | Formação geológica interessada | Altura máxima ao eixo aprox. (m) | Trabalhos de prospecção geotécnica realizados | Escavabilidade (classes de desmonte a fogo) | Inclinação dos taludes (V/H) (espaçamento entre banquetas - m) | Observações |
|----------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---|---|--|---|
| A | 56+100 a 56+590 | Xyz | 16 | PA2, PSA1 e SA2 | Ripável / Desmonte a fogo (1) | 2 x 1/1,5 (B=8m) | Emboq. de Túnel |
| | 57+465 a 58+235 | Al / Xyz | 15 | PSA3, PS202, SA2 e S201 | Escavável / Ripável | 2 x 1/1,5 (B=8m) | Emboq. de Túnel / Estrutura ancorada |
| | 60+540 a 61+150 | Xyz | 12 | PA5 | Escavável | 2 x 1/1,5 (B=8m) | Emboq. de Túnel |
| | 63+740 – 63+960 | $\gamma\pi\theta$ | 20 | DPSHA5 | Ripável / Desmonte a fogo (1) | 2 x 1/1,5 (B=8m) | Emboq. de Túnel |
| | 65+720 – 65+980 | $\gamma\pi\theta$ | 15 | DPSHA7, SA5 e PSA5 | Escavável / Ripável | 2 x 1/1,5 (B=8m) | Emboq. de Túnel |
| | 69+844 a 69+993 | CXG | 12 | STU1/1 | Escavável / Ripável | 2 x 1/1,5 (B=8m) | Emboq. de Túnel / Estrutura ancorada |
| | 0+620 a 1+250 | Q / C ⁴ | 7 | PS101 e P101 | Escavável / Ripável | 1/2 | Estrutura ancorada |
| | 5+000 a 5+100 | C ⁴ | 9 | PS201, S202 e P203 | Escavável | 2 x 1/2 (B=8m) | Emboquilhamento de Túnel |
| | 5+550 a 6+720 | Q / C ⁴ | 15 | P203, S202 e PS201 | Ripável / Desmonte a fogo (1) | 2 x 1/2 (B=8m) | Emboquilhamento de Túnel / Escavação na Linha |
| | 11+620 a 12+580 | Q / T | 25 | PS203, PS204 e S206 | Escavável / Ripável | 1/1,5 (B=9m) + 2 x 1/2 (B=8m) | Estrutura ancorada |
| B | 12+630 a 13+960 | Q / T | 9 | P207, PS205, PS206 e S207 | Escavável | 2 x 1/2 (B=8m) | - |
| | 14+020 a 14+140 | Q | 4 | - | Escavável | 1/2 | - |
| | 15+390 a 16+060 | Q / T | 18 | P209 e S208 | Escavável / Ripável | 1/1,5 + 2 x 1/2 (B=8m) | - |
| | 19+520 a 20+100 | X | 8 | P212 e PS207 | Ripável / Desmonte a fogo (1) | 1/2 | - |
| | 23+540 a 23+930 | X | 6 | - | Ripável | 1/2 | Estrutura de gravidade |
| | 27+450 a 27+960 | Q | 8 | - | Escavável | 1/2 | - |
| | 44+670 a 45+170 | X / Xge | 7 | - | Escavável / Ripável | 1/2 | Estrutura ancorada |
| | 45+660 a 45+700 | X | 5 | PS212 e P226 | Ripável / Desmonte a fogo (1) | 1/2 | Emboquilhamento de Túnel |
| | 47+780 a 48+030 | Xge | 19 | - | Ripável / Desmonte a fogo (1) | 2X1/1,5 + 1/2 (B=8m) | Emboquilhamento de Túnel |

NOTA: Classes de Desmonte a Fogo: Classe (1) - inferior ou igual a 5%; Classe (2) - 5 a 15%; Classe (3) - 15 a 30%; Classe (4) - 30 a 45%.

Quadro 4.1 - Síntese das Características das Principais Escavações (revisão ao Quadro 4.1 do Tomo 3.1 do Estudo Prévio, 2008)
(Continuação)

| Solução | Localização aproximada (km) | Formação geológica interessada | Altura máxima ao eixo aprox. (m) | Trabalhos de prospecção geotécnica realizados | Escavabilidade (classes de desmonte a fogo) | Inclinação dos taludes (V/H) (espaçamento entre banquetas - m) | Observações |
|---------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---|---|--|--|
| B | 48+110 a 48+650 | Xyz | 16 | - | Ripável / Desmonte a fogo (1) | 1/1,5 + 1/2 (B=8m) | Emboquilhamento de Túnel |
| | 50+600 a 50+785 | Xyz | 15 | S301 | Ripável / Desmonte a fogo (1) | 2 x 1/1,5 (B=8m) | Emboquilhamento de Túnel |
| | 50+910 a 51+850 | Xyz | 19 | S214 | Ripável / Desmonte a fogo (1) | 3 x 1/1,5 (B=8m e 16m) | - |
| | 52+625 a 53+275 | Q / Xyz | 21 | P229 | Ripável / Desmonte a fogo (1) | 1/1,5 + 2 x 1/2 (B=8m) | - |
| | 53+530 a 53+850 | Xyz | 16 | PSC1 e SC1 | Ripável / Desmonte a fogo (1) | 1/1,5 | Emboquilhamento de Túnel / Estrutura ancorada (LD) / Estr. de gravidade (LE) |
| | 54+650 a 54+820 | Xyz | 18 | PSC2 e SC2 | Ripável / Desmonte a fogo (1) | 2 x 1/1,5 (B=8m) | Emboq. de Túnel / Estrutura ancorada |
| | 55+475 a 55+635 | Xyz | 5 | - | Escavável | 1/1,5 | - |
| | 56+430 a 58+355 | Al / Q / Xyz | 15 | P132, SA2, S201, PSA3 e PS202 | Escavável/Ripável | 1/1,5 + 1/2 (B=8m) | Estrutura ancorada |
| | 60+630 a 60+790 | Xyz | 9 | - | Escavável | 1/1,5 | Emboquilhamento de Túnel |
| | 61+050 a 61+415 | Xyz | 20 | - | Escavável/Ripável | 3 x 1/1,5 (B=8m e 16m) | Emboquilhamento de Túnel |
| | 63+630 a 63+840 | γπg / At | 14 | - | Escavável/Ripável | 1/1,5 | Emboq. de Túnel / Estrutura ancorada |
| | 64+150 – 64+250 | γπg | 5 | - | Escavável | 1/1,5 | - |
| | 65+810 – 66+070 | γπg | 16 | SA5 e PSA5 | Escavável / Ripável | 1/1,5 | Emboq. de Túnel |
| | 69+930 a 70+078 | CXG | 12 | STU1/1 | Escavável / Ripável | 2 x 1/1,5 (B=8m) | Emboq. de Túnel / Estrutura ancorada |
| Ligação Sul | 1+730 a 2+000 (Solução A) | C ³⁻⁴ | 9 | - | Escavável/Ripável | 2 x 1/2 (B=8m) | - |
| | 1+540 a 2+090 (Solução B) | C ³⁻⁴ | 9 | - | Escavável/Ripável | 2 x 1/2 (B=8m) | - |
| | 2+910 a 3+500 (Solução C) | C ⁴ | 9 | - | Escavável/Ripável | 2 x 1/2 (B=8m) | - |
| Interl. BA12 | 19+600-20+100 | X | 8 | P212 e PS207 | Ripável / DF (1) | 1/2 | - |
| | 26+240-26+480 | Q | 5 | - | | 1/2 | - |

NOTA: Classes de Desmonte a Fogo: Classe (1) - inferior ou igual a 5%; Classe (2) - 5 a 15%; Classe (3) - 15 a 30%; Classe (4) - 30 a 45%

Al – Aluviões; Q – Depósitos de praias antigas e de terraço fluviais; C – Formações sedimentares de idade cretácica; T – Formações sedimentares de idade triásica; X – Unidade de Arada; Xge – Unidade de Espinho; Xyz – Unidade de Lourosa; CXG – Complexo Xisto-Gruaváquico; γπg – Granito da Madalena.

No Quadro 4.2 apresenta-se uma revisão ao quadro síntese das características dos aterros que consta do Tomo 3.1 do Estudo Prévio (designado por Quadro 4.4), que encaixa as alterações integradas na presente Adenda. Este quadro inclui a localização dos principais aterros a construir (≥ 5 m), altura máxima ao eixo da via, inclinação dos taludes de aterro, formação sobre a qual assentará o aterro, entre outras.

Sobre a inclinação dos taludes de aterro dos trechos em análise, tendo em conta os pressupostos e critérios definidos no Estudo Prévio, adoptaram-se inclinação de 1:2 (V:H), tal como se apresenta no Quadro 4.2.

Os aterros do trecho em estudo assentarão fundamentalmente sobre os maciços ígneos e em alguns locais sobre depósitos aluvionares, associados a linhas de água. Da análise efectuada verifica-se que nas zonas onde a via se desenvolve em aterro, os novos traçados acarretam apenas uma alteração a nível da cota das rasantes, pelo que as formações interessadas pela fundação dos aterros são as mesmas do Estudo Prévio de 2008.

Assim, no que respeita à fundação dos aterros mantém-se válidas todas as considerações, recomendações e tratamentos indicados naquele estudo. Ainda no Quadro 4.2 encontram-se localizados os aterros para os quais estão previstas algumas medidas a adoptar sempre que os terrenos não possuem capacidade portante, tal como é o caso das baixas aluvionares e outros depósitos não consolidados.

No Tomo 3.1 do Estudo Prévio de 2008, apresentam-se resumidos em forma de quadro os diversos saneamentos a efectuar, normalmente em zonas de baixas preenchidas com materiais de fracas características, com espessuras compreendidas entre 1 e 3 m. Nesta Adenda transcreve-se esse quadro (Quadro 4.3) actualizado, devido à supressão de um aterro resultante da implantação do novo túnel de Negrelos (Solução A) e Figueira do Mato (Solução B).

Mantém-se de resto todas as considerações efectuadas no Estudo Prévio, relativas aos critérios, pressupostos, metodologias construtivas e recomendações, as quais deverão ser consultadas no referido projecto, designadamente em termos de materiais a colocar nos aterros, revestimento de taludes, entre outros assuntos.

Quadro 4.2 - Síntese das Características dos Principais Aterros (revisão ao Quadro 4.4 do Tomo 3.1 do Estudo Prévio, 2008)

| Solução | Localização aproximada (km) | Formação geológica interessada | Altura máxima ao eixo aproximada (m) | Trabalhos de prospeção geotécnica realizados | Inclinação dos taludes (V/H) | Observações |
|-----------------|-----------------------------|---|--------------------------------------|--|--|--|
| A | 0+000 a 0+680 | Q / C ⁴ / C ³⁻⁴ | 9 | - | 1/2 | Camada drenante na base do aterro |
| | 1+300 a 1+830 | C ⁴ / C ³⁻⁴ / C ³ / C ¹⁻² | 5 | - | 1/2 | Camada drenante na base do aterro |
| | 2+100 a 2+410 | Al / C ³ / C ¹⁻² | 15 | S101 | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 4+250 a 4+910 | C ⁴ | 9 | S103 | 1/2 | Camada drenante na base do aterro |
| | 5+050 a 5+310 | C ⁴ | 8 | P102 | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 5+450 a 5+500 | C ⁴ | 4 | - | 1/2 | Camada drenante na base do aterro |
| | 6+070 a 6+260 | Q | 6 | - | 1/2 | - |
| | 6+490 a 7+535 | Q | 9 | P104 | 1/2 | Camada drenante na base do aterro |
| | 7+920 a 8+160 | Q / C ⁴ | 7 | - | 1/2 | - |
| | 8+610 a 9+320 | C ⁴ / C ² | 7 | PDL103 | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 9+700 a 9+805 | Al | 8 | - | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 14+030 a 14+230 | Q | 8 | - | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 14+490 a 14+690 | Al / T | 8 | PDL104 | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 14+860 a 15+000 | Q / T | 8 | - | 1/2 | Camada drenante na base do aterro |
| | 16+520 a 17+560 | Q / X | 17 | S108 | 1/2 | Camada drenante na base do aterro |
| | 18+890 a 19+520 | X | 12 | - | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 20+080 a 20+360 | X | 6 | P110 | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 20+420 a 20+960 | X | 8 | - | 1/2 | Camada drenante na base do aterro |
| | 21+190 a 21+800 | X | 9 | PDL105 e DPSH108 | 1/2 | Camada drenante na base do aterro |
| | 22+000 a 22+360 | X | 9 | P111 | 1/2 | Camada drenante na base do aterro |
| 27+870 a 28+250 | Q | 6 | - | 1/2 | - | |
| 28+560 a 29+020 | Q / X | 11 | - | 1/2 | - | |
| 33+040 a 33+650 | Q / X | 7 | P220 | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro | |
| 33+700 a 34+820 | Q / X | 11 | - | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro | |
| 36+590 a 38+250 | Q / X | 16 | P120 | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro | |
| 40+090 a 40+570 | Q | 6 | - | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro | |

NOTA: Al – Aluviões; Q – Depósitos de praias antigas e de terraço fluviais; C – Formações sedimentares de idade cretácica; T – Formações sedimentares de idade triásica; X – Unidade de Arada; Xge – Unidade de Espinho; Xyz – Unidade de Lourosa; γπg – Granito da Madalena.

Quadro 4.2 - Síntese das Características dos Principais Aterros (revisão ao Quadro 4.4 do Tomo 3.1 do Estudo Prévio, 2008)
(Continuação)

| Solução | Localização aproximada (km) | Formação geológica interessada | Altura máxima ao eixo aproximada (m) | Trabalhos de prospeção geotécnica realizados | Inclinação dos taludes (V/H) | Observações |
|----------|-----------------------------|---|--------------------------------------|--|------------------------------|--|
| A | 45+120 a 45+560 | Al / Q / Xyz | 11 | P126 e PDL110 | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 47+240 a 47+410 | Xyz | 6 | - | 1/2 | Saneamento na fundação do aterro |
| | 50+000 a 50+700 | Q / Xyz | 12 | P228, P100, DP SH100 e PS301 | 1/2 | - |
| | 51+830 a 52+120 | Xyz | 9 | P102 | 1/2 | - |
| | 59+045 a 60+540 | Al / Xyz | 16 | DPSHA2, DPSHA3, DP SH202 e PA4 | 1/2 | Saneamento da fundação do aterro. |
| | 63+960 a 64+065 | γπg | 5 | DPSHA5 | 1/2 | - |
| | 65+570 a 65+720 | γπg | 9 | DPSHA7 | 1/2 | - |
| | 0+000 a 0+620 | Q / C ⁴ / C ³⁻⁴ | 7 | - | 1/2 | Camada drenante na base do aterro |
| | 1+250 a 2+170 | C ⁴ / C ³⁻⁴ / C ³ / C ¹⁻² | 13 | P201 | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 4+530 a 5+000 | C ⁴ | 12 | - | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| B | 9+020 a 9+210 | C ⁴ / C ² | 6 | - | 1/2 | Camada drenante na base do aterro |
| | 9+340 a 9+450 | C ² | 6 | - | 1/2 | Camada drenante na base do aterro |
| | 9+660 a 10+035 | C ² / T | 7 | P206 | 1/2 | Camada drenante na base do aterro |
| | 17+390 a 18+170 | Q / X | 13 | P211 | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 18+990 a 19+210 | X | 5 | - | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 20+420 a 21+160 | X | 10 | - | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 21+535 a 22+000 | X | 6 | P213 e S211 | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 22+260 a 22+730 | X | 13 | - | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 22+930 a 23+370 | X | 6 | P214 | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 28+400 a 28+990 | Q / X | 6 | P217 | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 30+000 a 31+450 | Q / X | 10 | DPSH113 | 1/2 | Saneamento na fundação do aterro |
| | 31+585 a 32+840 | Q / X | 7 | P116 | 1/2 | - |
| | 32+860 a 33+120 | Al / Q / X | 8 | PDL107 | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 34+210 a 34+660 | Al / X | 9 | P118 e PDL108 | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 36+350 a 37+360 | Q / X | 10 | - | 1/2 | Saneamento na fundação do aterro |
| | 37+530 a 38+000 | Q / X | 6 | P120 | 1/2 | - |

NOTA: Al – Aluviões; Q – Depósitos de praias antigas e de terraço fluviais; C – Formações sedimentares de idade cretácica; T – Formações sedimentares de idade triásica; X – Unidade de Arada; Xge – Unidade de Espinho; Xyz – Unidade de Lourosa; γπg – Granito da Madalena.

Quadro 4.2 - Síntese das Características dos Principais Aterros (revisão ao Quadro 4.4 do Tomo 3.1 do Estudo Prévio, 2008)
(Continuação)

| Solução | Localização aproximada (km) | Formação geológica interessada | Altura máxima ao eixo aproximada (m) | Trabalhos de prospeção geotécnica realizados | Inclinação dos taludes (V/H) | Observações |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--|------------------------------|---|
| B | 39+800 a 40+400 | Q | 6 | - | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 40+630 a 40+870 | Q | 8 | PDL109 | 1/2 | - |
| | 41+120 a 41+420 | X | 11 | - | 1/2 | - |
| | 50+785 a 50+910 | Al / Xyz | 7 | DPSH214 | 1/2 | Tratamento/Reforço da fundação |
| | 54+820 a 55+475 | Al / Xyz | 10 | - | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 56+060 a 56+440 | Al / Xyz | 8 | - | 1/2 | Saneamento na fundação do aterro |
| | 58+355 a 58+622 | Xyz | 9 | DPSHB1, P201 | 1/2 | - |
| | 59+900 a 60+630 | Al / Xyz | 7,5 | PB2 | 1/2 | Saneamento/Camada drenante na base do aterro |
| | 63+840 a 64+150 | At / Al / γ_{mg} | 5 | PB5 | 1/2 | Tratamento/Reforço da fundação |
| | 65+665 a 65+810 | γ_{mg} | 8 | DPSHA7 | 1/2 | - |
| Ligação Sul | 3+400 a 4+010 (Solução A) | C ⁴ | 10 | - | 1/2 | - |
| | 3+820 a 4+300 (Solução B) | C ⁴ | 13 | - | 1/2 | - |
| | 2+270 a 2+910 (Solução C) | Al / Q / C ⁴ | 15 | PDL1—L1 | 1/2 | Aterro coincidente com um aterro existente na Linha do Norte. |
| Interligação AB12 | 30+020 - 31+250 | Q | 12 | DPSH113 | 1/2 | Camada drenante na base do aterro |
| | 31+960 - 32+080 | Q / X | 5 | P116 | 1/2 | Camada drenante na base do aterro |
| | 34+250 - 34+700 | Al/X | 8 | P118 e PDL108 | 1/2 | Saneamento / Camada drenante na base do aterro |
| | 20+400 - 21+160 | X | 10 | - | 1/2 | Camada drenante na base do aterro |
| Interligação BA12 | 21+730 - 21+940 | X | 6 | - | 1/2 | Camada drenante na base do aterro |
| | 22+230 - 22+715 | X | 12 | - | 1/2 | Camada drenante na base do aterro |
| | 24+720 - 25+200 | Q / X | 8 | - | 1/2 | - |

NOTA: At – Aterro; Al – Aluviões; Q – Depósitos de praias antigas e de terraço fluviais; C – Formações sedimentares de idade cretácica; T – Formações sedimentares de idade triásica; X – Unidade de Arada; Xge – Unidade de Espinho; Xyz – Unidade de Lourosa; γ_{mg} – Granito da Madalena.

**Quadro 4.3 - Síntese dos Saneamentos por Insuficiente Capacidade de Carga
(revisão ao Quadro 4.5 do Tomo 3.1 do Estudo Prévio, 2008)**

| Solução | Localização aproximada (km) | Prof. máx. estimada de saneamento (m) | Observações |
|-----------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------|
| A | 2+250 a 2+310 | 1,5 | Baixa aluvionar |
| | 5+170 a 5+210 | 1,0 | - |
| | 8+270 a 8+320 | 1,0 | - |
| | 9+000 a 9+200 | 1,0 | - |
| | 9+710 a 9+810 | 2,5 | Baixa aluvionar |
| | 14+060 a 14+080 | 1,0 | - |
| | 14+590 a 14+610 | 1,5 | - |
| | 19+110 a 19+125 | 1,5 | - |
| | 20+190 a 20+210 | 1,0 | - |
| | 23+075 a 23+090 | 1,0 | - |
| | 23+940 a 23+965 | 1,0 | - |
| | 33+140 a 33+290 | 1,0 | - |
| | 34+380 a 34+530 | 2,0 | - |
| | 36+960 a 37+080 | 2,0 | - |
| | 40+290 a 40+390 | 2,0 | - |
| | 45+260 a 45+340 | 2,0 | Baixa aluvionar |
| | 47+280 a 47+330 | 1,0 | - |
| | 59+225 a 59+300 | 2,5 | Baixa aluvionar |
| 59+395 a 59+450 | 3,5 | Baixa aluvionar | |
| 60+215 a 60+315 | 2,0 | Baixa aluvionar | |
| B | 1+770 a 1+800 | 1,5 | - |
| | 4+600 a 4+640 | 1,5 | - |
| | 4+820 a 4+870 | 1,0 | - |
| | 6+730 a 6+765 | 1,0 | - |
| | 8+560 a 8+610 | 1,0 | - |
| | 18+060 a 18+100 | 1,0 | - |
| | 18+290 a 18+320 | 1,0 | - |
| | 18+590 a 18+610 | 1,0 | - |
| | 19+095 a 19+115 | 1,0 | - |
| | 20+115 a 20+135 | 1,0 | - |
| | 20+460 a 20+480 | 1,0 | - |
| | 20+540 a 20+560 | 1,0 | - |
| | 21+830 a 21+850 | 1,0 | - |
| | 22+430 a 22+450 | 1,0 | - |
| | 23+215 a 23+235 | 1,0 | - |
| | 30+130 a 30+230 | 1,0 | - |
| | 32+940 a 33+000 | 1,5 | Baixa aluvionar |
| | 34+320 a 34+430 | 1,5 | Baixa aluvionar |
| | 36+500 a 36+620 | 2,0 | - |
| | 40+050 a 40+150 | 2,0 | - |
| | 44+100 a 44+200 | 3,0 | - |
| 50+795 a 50+875 | 3,0 | Baixa aluvionar | |
| 56+300 a 56+325 | 2,0 | Baixa aluvionar | |
| 60+080 a 60+150 | 2,0 | Baixa aluvionar | |

**Quadro 4.3 - Síntese dos Saneamentos por Insuficiente Capacidade de Carga
(revisão ao Quadro 4.5 do Tomo 3.1 do Estudo Prévio, 2008) (continuação)**

| Solução | Localização aproximada (km) | Prof. máx. estimada de saneamento (m) | Observações |
|----------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------|
| Interlig. AB12 | 34+370 a 34+480 | 1,5 | Baixa aluvionar |
| Interlig. BA12 | 20+480 a 21+500 | 1,0 | - |
| | 21+830 a 21+850 | 1,0 | - |
| | 22+430 a 22+450 | 1,0 | - |

5 - MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Da análise efectuada ao novo traçado mantém-se pertinentes todas as considerações relativas à qualidade dos materiais (solos e rochas) obtidos nas escavações (incluindo túneis) e sua reutilização na construção dos aterros, efectuadas no Tomo 3.1 do Estudo Prévio de 2008, uma vez que as formações interessadas pelo traçado são as mesmas.

Mantém-se igualmente a necessidade do recurso a empréstimo em alguns trechos que se revelaram deficitários em termos de materiais para a construção de aterros, coramentos e sub-balastro, pelo que se mantém a validade das considerações e recomendações efectuadas no Estudo Prévio.

No Quadro 5.1 apresenta-se a estimativa revista, de acordo com as alterações introduzidas ao traçado, das quantidades de materiais provenientes das escavações a céu aberto (rocha e solos) e dos materiais necessários para construção das diferentes partes dos aterros e plataforma, incluindo preenchimento dos saneamentos previstos. Apresenta-se ainda uma estimativa do volumes de materiais a obter em empréstimo e volumes a depositar em vazadouro.

No que se refere aos materiais em excesso ou a rejeitar, provenientes das escavações na linha, deverão ser conduzidos a depósito para locais seleccionados de acordo com as diversas condicionantes, mencionadas no Estudo Prévio, devendo ser seguidas as recomendações que constam naquele estudo.

Assim, o balanço de terras total nas duas soluções mantém-se excedentário, sendo a solução A mais equilibrada em relação à solução B.

**Quadro 5.1 – Estimativa de volumes por solução (m³)
(revisão ao Quadro 5.2 do Tomo 3.1 do Estudo Prévio, 2008)**

| Solução/ Trecho | Escavação a céu aberto | | | Esc. de solos a rejeitar (1) | San. em fund. de aterros | Aterros (2) | | Empréstimo | | | Vazadouro | | |
|--------------------|------------------------|----------------|------------------|------------------------------|--------------------------|------------------|----------------|----------------|----------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------|
| | Meios mec. (solos) | Exp. (rocha) | Volume total | | | Solos | Rocha | Aterro (2) | Solos Coroamento (3) | Rocha Sub-balaastro | Material da esc. em linha (4) | Material proveniente dos túneis | Total |
| A/1 | 1 250 969 | 6 389 | 1 257 358 | 245 746 | 29 488 | 640 232 | 6 389 | 168 811 | 177 385 | 95 023 | 610 737 | 58 000 | 668 737 |
| A/2 | 224 892 | - | 224 892 | 51 674 | 43 200 | 173 218 | - | 679 255 | 96 050 | 51 393 | 51 674 | - | 51 674 |
| A/3 | 1 865 622 | 71 522 | 1 937 144 | 373 124 | 15 845 | 1 312 143 | 71 522 | - | 83 167 | 49 144 | 553 479 | 246 640 | 800 119 |
| A/4 | 438 969 | 2 500 | 441 469 | 87 794 | 31 445 | 252 717 | 2 500 | - | 22 166 | 13 098 | 186 251 | 902 240 | 1 088 491 |
| A (total) | 3 780 451 | 80 411 | 3 860 862 | 758 338 | 119 978 | 2 378 310 | 80 411 | 848 066 | 378 768 | 208 658 | 1 402 141 | 1 206 880 | 2 609 021 |
| B/1 | 3 143 189 | 25 926 | 3 169 115 | 590 496 | 18 750 | 687 763 | 25 926 | 95 796 | 171 984 | 92 133 | 2 455 426 | 17 500 | 2 472 926 |
| B/2 | 297 582 | - | 297 582 | 59 737 | 17 225 | 237 846 | - | 140 828 | 96 955 | 51 877 | 59 737 | - | 59 737 |
| B/3 | 2 423 407 | 86 653 | 2 510 060 | 484 681 | 23 630 | 135 553 | 86 653 | - | 79 002 | 46 683 | 2 287 854 | 627 390 | 2 915 244 |
| B/4 | 613 347 | - | 613 347 | 122 669 | 44 820 | 95 408 | - | - | 22 478 | 13 282 | 517 938 | 882 050 | 1 399 988 |
| B (total) | 6 477 526 | 112 579 | 6 590 105 | 1 257 584 | 104 425 | 1 156 570 | 112 579 | 236 624 | 370 419 | 203 975 | 5 320 956 | 1 526 940 | 6 847 895 |
| Lig. Sul-A | 114 638 | - | 114 638 | 40 123 | - | 101 142 | - | 26 627 | 14 971 | 7 737 | 40 123 | - | 40 123 |
| Lig. Sul-B | 122 634 | - | 122 634 | 42 992 | - | 109 046 | - | 29 404 | 15 251 | 7 928 | 42 992 | - | 42 992 |
| Int. AB12 | 190 296 | - | 190 296 | 55 859 | 6 600 | 298 210 | - | 163 773 | 40 737 | 21 797 | 62 459 | - | 62 459 |
| Int. BA12 | 245 869 | 5 734 | 251 603 | 76 662 | 2 600 | 278 462 | 5 734 | 106 655 | 50 532 | 27 038 | 79 262 | - | 79 262 |
| Int. AB34 | 1 748 410 | 131 062 | 1 879 472 | 35 783 | - | 5 066 | 10 000 | - | 26 794 | 14 337 | 1 864 406 | 42 000 | 1 906 069 |
| Int. BA34 | 1 569 811 | 148 614 | 1 708 425 | 512 528 | 4 250 | 19 106 | 15 000 | - | 41 049 | 21 964 | 1 678 569 | 617 500 | 2 296 069 |

(1) Escavação de solos a rejeitar por falta de características (volumes somente relativos à obra a céu aberto).

(2) Não inclui preenchimento dos volumes saneados

(3) Considerada uma espessura média de 0,50 m

(4) Volumes de rejeição e sobranes.

6 - OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

6.1 - VIADUTOS E PONTES

No que se refere às obras de arte especiais as alterações ao traçado, tratadas no âmbito desta Adenda, apenas se reflectem no encurtamento do comprimento do viaduto de Valverde, em ambas as soluções, A e B.

Tendo em conta que não foi realizada nova prospecção geotécnica que permita acrescentar informação ao Estudo Prévio de 2008, consideram-se válidas todas as opções tomadas naquele estudo, relativamente à estimativa das condições de fundação das obras de arte.

No Quadro 6.1 apresenta-se a localização revista das obras de arte especiais, as formações geológicas que se prevêem encontrar na respectiva fundação e o tipo de fundação expectável para cada obra de arte.

**Quadro 6.1 – Obras de Arte Especiais. Condições de Fundação
(revisão ao Quadro 6.1 do Tomo 3.1 do Estudo Prévio, 2008)**

| Sol. | Obra de Arte | Localização Aproximada (Km) | Extensão (m) | Formação Geológica Interessada | Trabalhos de Prospecção Realizados | Tipo de Fundação |
|------|--|-----------------------------|--------------|--|------------------------------------|------------------|
| A | Ponte sobre o Rio Largo | 2+495 a 4+248 | 1 753 | AI + C ⁴ + C ³ + C ³⁻⁴ + C ¹⁻² | S101 / S102 / S103 / DPSH101 | Indirecta |
| | PI 4.1 | 4+345 a 4+435 | 90 | C ⁴ | - | Indirecta |
| | Ponte sobre a Rib. ^a dos Olhos da Azenha | 5+750 a 6+070 | 320 | Q + C ⁴ | P103 / PDL101 | Directa |
| | Viaduto do Raso | 6+340 a 6+460 | 40* | Q + C ⁴ | DPSH102 | Directa |
| | Ponte do Bragal | 7+535 a 7+920 | 385 | AI + Q + C ⁴ | P105 / PDL102 | Directa |
| | Viaduto do Vale do Vouga | 10+121 a 10+306 | 185 | AI + T | S104 | Indirecta |
| | Ponte sobre o rio Vouga | 10+306 a 10+394 | 88 | AI | DPSH103 | Indirecta |
| | Viaduto do Vale do Vouga | 10+394 a 11+272 | 878 | AI + T | DPSH103 / DPSH104 | Indirecta |
| | Ponte sobre a Rib. ^a das Arroteias | 15+050 a 15+360 | 310 | AI + Q + T | DPSH105 | Directa |
| | Ponte sobre a Rib. ^a do Fontão | 15+925 a 16+255 | 330 | AI + Q + X | S107 / DPSH106 | Directa |
| | Viaduto do Vale da Ribeira | 16+410 a 16+530 | 40* | Q + X | DPSH107 | Directa |
| | Viaduto de Sobreiro | 18+330 a 18+445 | 115 | X | PS107 | Directa |
| | Viaduto da Rib. ^a da Az. ^a da Carvalha | 20+960 a 21+190 | 230 | AI + X | DPSH108 | Directa |
| | Viaduto da Rib. ^a da Penhascosa | 21+810 a 22+000 | 190 | X | PDL105 | Directa |

Quadro 6.1 – Obras de Arte Especiais. Condições de Fundação (continuação)
(revisão ao Quadro 6.1 do Tomo 3.1 do Estudo Prévio, 2008)

| Sol. | Obra de Arte | Localização Aproximada (Km) | Extensão (m) | Formação Geológica Interessada | Trabalhos de Prospecção Realizados | Tipo de Fundação |
|-------------------------|--|-----------------------------|--------------|--|------------------------------------|------------------|
| A | Viaduto da Rib. ^a do Porto dos Carros | 22+585 a 22+755 | 170 | AI + X | DPSH109 | Directa |
| | Viaduto da Rib. ^a do Pilar Branco | 23+390 a 23+630 | 240 | AI + X | DPSH110 | Directa |
| | Ponte sobre o Rio Jardim | 24+080 a 24+450 | 370 | AI + X | DPSH111 | Indirecta |
| | Ponte sobre o Rio Largo | 2+495 a 4+248 | 1 753 | AI + C ⁴ + C ³ + C ³⁻⁴ + C ¹⁻² | S101 / S102 / S103 / DPSH101 | Indirecta |
| | PI 4.1 | 4+345 a 4+435 | 90 | C ⁴ | - | Indirecta |
| | Ponte sobre a Rib. ^a dos Olhos da Azenha | 5+750 a 6+070 | 320 | Q + C ⁴ | P103 / PDL101 | Directa |
| | Viaduto do Raso | 6+340 a 6+460 | 40* | Q + C ⁴ | DPSH102 | Directa |
| | Ponte do Bragal | 7+535 a 7+920 | 385 | AI + Q + C ⁴ | P105 / PDL102 | Directa |
| | Viaduto do Vale do Vouga | 10+121 a 10+306 | 185 | AI + T | S104 | Indirecta |
| | Ponte sobre o rio Vouga | 10+306 a 10+394 | 88 | AI | DPSH103 | Indirecta |
| | Viaduto do Vale do Vouga | 10+394 a 11+272 | 878 | AI + T | DPSH103 / DPSH104 | Indirecta |
| | Ponte sobre a Rib. ^a das Arrozeiras | 15+050 a 15+360 | 310 | AI + Q + T | DPSH105 | Directa |
| | Ponte sobre a Rib. ^a do Fontão | 15+925 a 16+255 | 330 | AI + Q + X | S107 / DPSH106 | Directa |
| | Viaduto do Vale da Ribeira | 16+410 a 16+530 | 40* | Q + X | DPSH107 | Directa |
| | Viaduto de Sobreiro | 18+330 a 18+445 | 115 | X | PS107 | Directa |
| | Viaduto da Rib. ^a da Az. ^a da Carvalha | 20+960 a 21+190 | 230 | AI + X | DPSH108 | Directa |
| | Viaduto da Rib. ^a da Penhascosa | 21+810 a 22+000 | 190 | X | PDL105 | Directa |
| | Viaduto da Rib. ^a do Porto dos Carros | 22+585 a 22+755 | 170 | AI + X | DPSH109 | Directa |
| | Viaduto da Rib. ^a do Pilar Branco | 23+390 a 23+630 | 240 | AI + X | DPSH110 | Directa |
| | Ponte sobre o Rio Jardim | 24+080 a 24+450 | 370 | AI + X | DPSH111 | Indirecta |
| | Ponte sobre o Rio Largo | 2+495 a 4+248 | 1 753 | AI + C ⁴ + C ³ + C ³⁻⁴ + C ¹⁻² | S101 / S102 / S103 / DPSH101 | Indirecta |
| | PI 4.1 | 4+345 a 4+435 | 90 | C ⁴ | - | Indirecta |
| | Ponte sobre a Rib. ^a dos Olhos da Azenha | 5+750 a 6+070 | 320 | Q + C ⁴ | P103 / PDL101 | Directa |
| | Viaduto do Raso | 6+340 a 6+460 | 40* | Q + C ⁴ | DPSH102 | Directa |
| | Ponte do Bragal | 7+535 a 7+920 | 385 | AI + Q + C ⁴ | P105 / PDL102 | Directa |
| | Viaduto do Vale do Vouga | 10+121 a 10+306 | 185 | AI + T | S104 | Indirecta |
| Ponte sobre o rio Vouga | 10+306 a 10+394 | 88 | AI | DPSH103 | Indirecta | |

Quadro 6.1 – Obras de Arte Especiais. Condições de Fundação (continuação)
(revisão ao Quadro 6.1 do Estudo Prévio, 2008)

| Sol. | Obra de Arte | Localização Aproximada (Km) | Extensão (m) | Formação Geológica Interessada | Trabalhos de Prospecção Realizados | Tipo de Fundação |
|--|--|-----------------------------|---------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| A | Viaduto do Vale do Vouga | 10+394 a 11+272 | 878 | AI + T | DPSH103 / DPSH104 | Indirecta |
| | Ponte sobre a Rib. ^a das Arrozeiras | 15+050 a 15+360 | 310 | AI + Q + T | DPSH105 | Directa |
| | Ponte sobre a Rib. ^a do Fontão | 15+925 a 16+255 | 330 | AI + Q + X | S107 / DPSH106 | Directa |
| | Viaduto do Vale da Ribeira | 16+410 a 16+530 | 40* | Q + X | DPSH107 | Directa |
| | Viaduto de Sobreiro | 18+330 a 18+445 | 115 | X | PS107 | Directa |
| | Viaduto da Rib. ^a da Az. ^a da Carvalho | 20+960 a 21+190 | 230 | AI + X | DPSH108 | Directa |
| | Viaduto da Rib. ^a da Penhascosa | 21+810 a 22+000 | 190 | X | PDL105 | Directa |
| | Viaduto da Rib. ^a do Porto dos Carros | 22+585 a 22+755 | 170 | AI + X | DPSH109 | Directa |
| | Viaduto da Rib. ^a do Pilar Branco | 23+390 a 23+630 | 240 | AI + X | DPSH110 | Directa |
| | Ponte sobre o Rio Jardim | 24+080 a 24+450 | 370 | AI + X | DPSH111 | Indirecta |
| | Ponte sobre o Rio Antuã | 26+567 a 26+807 | 240 | AI+X | DPSH 112 | Directa / Indirecta |
| | Ponte sobre o Rio Gonde | 31+600 a 31+720 | 120 | AI + X | P219 / PDL 207 | Directa |
| | Ponte sobre o Rio Negro | 35+700 a 36+365 | 665 | AI + X | P222 / PDL208 | Directa / Indirecta |
| | PI 36-2 | 36+770 a 36+850 | 40* | Q | - | Indirecta |
| | Ponte sobre a Rib. ^a de N. ^a Sr. ^a da Graça | 39+530 a 39+840 | 310 | AI + Q + X | DPSH115 | Directa / Indirecta |
| | Ponte sobre a Rib. ^a de São João | 41+220 a 41+370 | 150 | AI + Q + X | DPSH116 | Directa / Indirecta |
| | Ponte sobre a Rib. ^a de Caster | 41+875 a 42+240 | 365 | Xge | DPSH117 | Directa |
| | Ponte sobre a Rib. ^a da Ramôlha | 45+775 a 46+350 | 575 | AI + Xyz | DPSH118 | Directa / Indirecta |
| | Viaduto de Casais | 47+675 a 47+820 | 145 | AI + Xyz | S111 | Indirecta |
| | Ponte sobre a Rib. ^a de Beire | 48+165 a 48+575 | 410 | AI + Xyz | S112 / S113 | Indirecta |
| | Viaduto sobre o IC1 | 50+135 a 50+215 | 40* | Q | P128 | Indirecta |
| | Ponte sobre a Rib. ^a de Rio Maior | 50+700 a 51+090 | 390 | AI + Xyz | DPSH214 | Directa / Indirecta |
| | Ponte sobre a Rib. ^a de Lamas | 52+120 a 52+701 | 581 | AI + Xyz | - | Directa |
| Ponte sobre a Rib. ^a de Silvade | 53+350 a 54+020 | 670 | AI + Xyz | DPSH103 | Indirecta | |
| Ponte sobre o Rib. ^o do Mocho | 55+720 a 56+100 | 380 | AI + Xyz | PA1, PA2 e DPSHA1 | Directa/ Indirecta | |
| Ponte sobre a Rib. ^a da Granja | 58+360 a 59+045 | 685 | AI + Xyz | P201, DPSHB1, DPSHA2 e DPSH201 | Directa/ Indirecta | |
| Viaduto de Valverde | 64+065 a 65+570 | 1 505 | At + AI + γπg | DPSHA5 e DPSHA7 | Directa/ Indirecta | |

Quadro 6.1 – Obras de Arte Especiais. Condições de Fundação (continuação)
(revisão ao Quadro 6.1 do Estudo Prévio, 2008)

| Sol. | Obra de Arte | Localização Aproximada (Km) | Extensão (m) | Formação Geológica Interessada | Trabalhos de Prospecção Realizados | Tipo de Fundação |
|---------------------|--|-----------------------------|--------------|--|------------------------------------|---------------------|
| B | Ponte sobre a Rib. ^a da Palha | 2+170 a 3+500 | 1 330 | AI + C ⁴ + C ³ + C ³⁻⁴ + C ¹⁻² | S201 / S301 / DPSH201 / DPSH202 | Directa / Indirecta |
| | Viaduto do Rio Largo | 3+600 a 4+530 | 930 | AI + C ⁴ | P102 / PDL101 | Directa |
| | Viaduto Sul do Vale do Vouga | 10+035 a 10+830 | 795 | AI + T | S203/S205/DPSH203 | Indirecta |
| | Ponte sobre o Rio Vouga | 10+830 a 11+910 | 80 | AI + T | S204 / DPSH203 | Indirecta |
| | Viaduto Norte do Vale do Vouga | 10+910 a 11+580 | 670 | AI + T | S205 / DPSH204 | Indirecta |
| | Viaduto do Vale das Silvas | 14+220 a 14+480 | 260 | AI + T | P208 / PDL203 | Directa |
| | Ponte sobre a Rib. ^a das Arrozeiras | 14+760 a 15+360 | 600 | AI + T | P209 / DPSH205 | Directa |
| | Ponte sobre a Rib. ^a do Fontão | 16+080 a 16+680 | 600 | T + X | S208 / S209 / S210 | Directa |
| | PI 17.2A | 17+815 a 17+885 | 40* | X | - | Directa |
| | Viaduto do Lagar | 19+305 a 19+445 | 140 | AI + X | PDL204 | Directa |
| | Viaduto da Az. ^a da Carvalha | 21+160 a 21+535 | 375 | AI + X | PDL205 | Directa |
| | Viaduto do Porto dos Carros | 22+730 a 22+930 | 200 | AI + X | PDL206 | Directa |
| | Viaduto do Pilar Branco | 23+370 a 23+490 | 120 | AI + X | DPSH206 | Directa |
| | Ponte sobre o Rio Jardim | 24+020 a 24+190 | 170 | AI + X | DPSH207 | Directa |
| | Ponte sobre o Rio Antuã | 26+190 a 26+760 | 570 | AI + X | DPSH208 | Directa / Indirecta |
| | Viaduto da Devesa | 26+850 a 27+010 | 160 | X | - | Directa |
| | Ponte sobre o Rio Gonde | 31+450 a 31+585 | 135 | AI + X | PDL106 | Directa |
| | Ponte sobre o Rio Negro | 35+320 a 35+650 | 330 | AI + X | DPSH114 | Directa |
| | Ponte sobre a Rib. ^a de N. ^a Sr. ^a da Graça | 39+240 a 39+590 | 350 | AI + Q + X | DPSH115 / P212 | Directa / Indirecta |
| | Ponte sobre a Rib. ^a de São João | 40+980 a 41+120 | 140 | AI + Q + X | DPSH116 | Directa / Indirecta |
| | Ponte sobre a Rib. ^a de Caster | 41+695 a 41+830 | 135 | AI + X | DPSH211 | Directa |
| | Ponte sobre a Rib. ^a do Louredo | 45+480 a 45+650 | 170 | AI + X | DPSH212 | Directa |
| | Ponte sobre a Rib. ^a de Beire | 48+050 a 48+095 | 45 | AI + Xyz | DPSH213 | Directa |
| | Ponte sobre a Rib. ^a de Lamas | 51+900 a 52+475 | 575 | AI + Xyz | S215 / S216 | Directa/ Indirecta |
| | Ponte sobre a Rib. ^a de Silvade | 53+310 a 53+490 | 180 | AI + Xyz | P230, DPSHC1 e DPSH300 | Indirecta |
| | Viaduto de Guetim | 55+655 a 56+060 | 405 | AI + Xyz | PC1, DPSHC2 e DPSHC3 | Directa/ Indirecta |
| | Ponte sobre a Rib. ^a da Granja | 58+622 a 59+570 | 948 | At + AI + Xyz | PB1, DPSHB2 e DPSHB3 | Indirecta |
| Viaduto de Valverde | 64+252 a 65+665 | 1 413 | AI + γπg | DPSHB4 e DPSHA7 | Directa/ Indirecta | |

Quadro 6.1 – Obras de Arte Especiais. Condições de Fundação (continuação)
(revisão ao Quadro 6.1 do Tomo 3.1 do Estudo Prévio, 2008)

| Sol. | Obra de Arte | Localização Aproximada (Km) | Extensão (m) | Formação Geológica Interessada | Trabalhos de Prospecção Realizados | Tipo de Fundação |
|-------------|----------------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| Ligação Sul | Viaduto V1A (Sol. A) | 2+210 a 3+400 | 1 190 | AI + Q + C ⁴ | PDL1-L2 / P2-L2 / S103 | Directa / Indirecta |
| | Viaduto V1B (Sol. B) | 2+280 a 3+820 | 1 540 | AI + C ⁴ | P1-L3 / P202 / PDL201 / S102 | Directa / Indirecta |
| | Viaduto V1C (Sol. C) | 3+635 a 4+360 | 725 | AI + Q + C ⁴ | PDL1-L1 / S301 | Directa / Indirecta |

Nota : * - viaduto sobre auto-estradas ou itinerários principais ou secundários - solução de atravessamento do tipo "fly-over"

6.2 - OBRAS SUBTERRÂNEAS

No que respeita aos túneis, as alterações introduzidas aos traçados resumem-se aos seguintes aspectos:

- Solução A – Prolongamento do túnel de Negrelos para Norte e Sul e incremento do túnel de Vila Nova de Gaia;
- Solução B – Criação dos túneis de Figueira do Mato e Pinheiro e prolongamento do túnel de Vila Nova de Gaia.

No Quadro 6.2 apresenta-se uma revisão ao quadro síntese das principais características dos túneis, que consta do Tomo 3.1 do Estudo Prévio, e encaixa as alterações integradas na presente Adenda.

Apresenta-se em seguida a caracterização geológica e geotécnica dos túneis nos trechos em questão, mantendo-se de resto todas as considerações efectuadas no Estudo Prévio, relativas aos critérios, pressupostos e recomendações, as quais deverão ser consultadas no referido projecto.

Quadro 6.2 – Características principais dos túneis (revisão ao Quadro 6.2 do Tomo 3.1 do Estudo Prévio, 2008)

| Solução | Túnel | Pk Início | Pk Final | Comprimento (m) | Cut & Cover (C&C) | | | Recobrimento (m) | | Justificação (2) | Grau de ocupação de superfície (3) | Litologias previsivelmente atravessadas | N.F. (4) | Classe de maciço rochoso (5) |
|---------|--------|-----------|----------|-----------------|--------------------------|-------------------|-------------------|------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|---|---|------------------------------|
| | | | | | Método convencional (MC) | Tuneladora (TBM) | Comp. (m) | Máx. | Min.(1) | | | | | |
| A | A1 | 11+780 | 12+500 | 720 | 11+780 | 12+300 | 520 (MC) | 15 | 6 | Top, Inf. | C e I | Q T | 2 m (S105) 9,5 m (S100) | III e III-IV |
| | | | | | 12+300 | 12+500 | 200 (C&C) | | | | | | | |
| | A2 | 54+375 | 55+300 | 925 | 54+375 | 55+150 | 775 (MC) | 18,5 | 12,5 | Top., Urb. | B e C | Xyz | 12,5 m (SA1) 10 m (SA2) Não detectado (SA4) | IV-V e II-III |
| | | | | | 55+150 | 55+300 | 150 (C&C) | | | | | | | |
| | A3 | 56+590 | 57+465 | 875 | 56+590 | 57+465 | 875 (MC) | 15,5 | 9 | Top., Urb. | B e C | Q Xyz | 10,5 m (SA5) (SA6) | - |
| A4 | 61+150 | 63+740 | 2 590 | 61+150 | 61+250 | 100 (C&C) | 35 | 10 | Top., Urb. | B e C | Q Xyz γrg | Não detectado (SA4) | IV-V | |
| | | | | 61+250 | 63+740 | 2490 (MC) | | | | | | | | |
| A5 | 65+980 | 69+840 | 3 860 | 65+980 | 69+840 | 3 860 (MC ou TBM) | 60 | 8 | Top., Urb., Inf. | A, B e I | Q CXG γrg γm | 10,5 m (SA5) 9,0 m (SA6) | II a IV | |
| B | B1 | 5+100 | 5+550 | 450 | 5+100 | 5+550 | 450 (MC) | 10 | 6 | Urb. | B | Q C ⁴ | 11 m (SC1) 16 m (SC2) | IV-V |
| | | | | | 45+700 | 45+800 | 100 (C&C) | | | | | | | |
| | B2 | 45+700 | 47+780 | 2 080 | 45+700 | 45+800 | 100 (C&C) | 28 | 16 | Top., Urb. | A, B e I | X Xge | 10,5 m (SA5) (SA6) | - |
| | | | | | 45+800 | 47+780 | 1 980 (MC) | | | | | | | |
| | B3 | 48+650 | 50+600 | 1 950 | 48+650 | 50+600 | 1 950 (MC) | 17 | 10 | Top., Urb. | A, B e C | Q Xyz | 15 m (S300) | IV |
| | B4 | 53+850 | 56+650 | 800 | 53+850 | 56+650 | 800 (MC) | 23 | 8,5 | Top., Urb. | A e B | Q Xyz | 11 m (SC1) 16 m (SC2) | III; IV e V |
| | | | | | 60+790 | 61+050 | 260 (C&C) | | | | | | | |
| | B5 | 61+415 | 63+630 | 2215 | 61+415 | 61+700 | 285 (C&C) | 30 | 12 | Top., Urb. | B, I e C | Xyz γrg | 3,1 m (SB1) | - |
| | | | | | 61+700 | 63+630 | 1930 (MC) | | | | | | | |
| | B6 | 66+070 | 69+930 | 3 860 | 66+070 | 69+930 | 3 860 (MC ou TBM) | 60 | 8 | Top., Urb., Inf. | A, B e I | Q CXG γrg γm | 10,5 m (SA5) 9,0 m (SA6) | II a IV-V |

NOTA: (1) – O recobrimento indicado respeita a pontos baixos, fora dos emboquilhamentos.

(2) – Top. – Topográfica / Geomorfológica; Urb. – Ocupação urbana de superfície; Inf. – Infraestrutura à superfície.

(3) – A – Elevado (Ocupação urbana densa); B – Médio (Ocupação urbana dispersa); C – Baixa (Ocupação essencialmente agro-florestal); I – Infraestruturas.

(4) – N.F. – Nível de água (altura de coluna de água acima da soleira do túnel).

(5) – Classe II – Boa qualidade (RMR 61-80); Classe III – Qualidade média (RMR 41-60); Classe IV – Qualidade má (RMR 21-40); Classe V – Qualidade muito má (RMR ≤ 20) (Bieniawski, 1989).

A4. Túnel de Negrelos

Km 61+150 ao km 63+740 da Solução A; L = 2 590 m

Este túnel apresenta um primeiro troço de 100 m de extensão a executar a céu aberto, seguido de uma extensão de 2 490 m a escavar em mina.

A sua execução encontra-se essencialmente condicionada pela envolvente urbana em que se insere.

Para este túnel executaram-se a sondagem SA4 e o perfil sísmico PSA7. O modelo geológico estabelecido indica tratar-se de um dos túneis com maior variabilidade litológica. Superficialmente, foi detectado um espesso depósito de cobertura quaternário. Cerca do km 61+500 deverá situar-se o contacto entre os materiais Xyz da faixa blastomilonítica com o granito da Madalena. O contacto poderá não se afigurar muito bem definido, sendo mais provável que se venha a encontrar uma transição progressiva entre os materiais xistentos e gnaissoides para os materiais graníticos. Isto mesmo é sugerido pela sondagem SA4, a qual intercepta um solo residual de gnaiss migmatítico até aos 12 m de profundidade (após uma espessura de 7,5 m de depósitos de cobertura), seguindo-se um solo residual granítico.

A compacidade dos depósitos de cobertura quaternários afigura-se alta (compactos a muito compactos), provavelmente devido aos elementos de maiores dimensões que compõem esta litologia e que assim influenciam os resultados dos ensaios SPT. Os solos residuais subjacentes apresentam-se medianamente compactos a compactos até aos 15 m de profundidade, seguindo-se um maciço compacto a muito compacto.

O perfil sísmico PSA7 indica a ocorrência de velocidades entre 400 e 1 200 m/s até aos 16 a 19 m de profundidade, não se tendo atingido o limite da ordem dos 2 000 m/s.

A construção deste túnel, particularmente no troço mineiro, para além da problemática devida à ocupação à superfície, poderá ter dificuldades acrescidas dada à presença dos depósitos de cobertura, ao que acresce a variabilidade dos maciços atravessados, quer ao nível litológico, quer ao nível de qualidade dos materiais.

Dado o meio urbano, importa aqui controlar os deslocamentos à superfície, pelo que será determinante no túnel em mina a utilização de suportes em avanço à escavação como sejam enfilagens e ainda uma redução dos comprimentos de avanço. No túnel a céu aberto, caso se

venha a verificar a presença de água (não detectada na sondagem S4A) dever-se-á procurar minimizar os rebaixamentos.

Dada a extensão envolvida, função do cronograma de construção e da disponibilidade de equipamentos poderá vir a revelar-se interessante a construção com recurso a TBM.

A5. Túnel de Vila Nova de Gaia

Km 66+980 ao Km 69+840 da Solução A; L= 3 860 m

Este túnel faz a travessia da cidade de Vila Nova de Gaia, saindo na Linha do Norte (emboquilhamento de saída) no acesso à Ponte de S. João. É o túnel que se desenvolve com maior recobrimento, ainda que em algumas zonas este seja da ordem dos 8 m.

Dada a extensão do túnel, é inevitável a variabilidade geológica que estará associada à alternância de litologias metamórfica e ígneas. O túnel inicia-se no granito da Madalena, devendo, cerca do km 67+215, interceptar o Complexo Xisto-Grauváquico (CXG). Contudo, este contacto não será bem definido, devendo apresentar-se como uma transição gradual entre os tipos litológicos interessados. Dentro do CXG ocorrerão zonas graníticas, associadas agora à intrusão do granito do Porto. Este granito é, de uma forma geral, mais susceptível à caulinação.

Os trabalhos de prospecção geológico-geotécnica disponíveis constam de: sondagem SA5 e perfil sísmico PSA5 (primeiro emboquilhamento), perfil sísmico PSA6 (km 66+900), sondagem SA6 (km 68+750) e sondagens STU1/1, STU2/1 e STU3/1 (segundo emboquilhamento).

Os trabalhos no primeiro emboquilhamento identificaram a ocorrência de um granito gnáissico, o qual deverá estar já associado com os materiais CXG, havendo um depósito de aterro superficial com quase 3 m de espessura. O solo residual apresenta-se medianamente compacto até aos 16,5 m de profundidade, encontrando-se depois compacto. O perfil sísmico indica velocidades entre 400 e 1 600 m/s até aos 8-10 m de profundidade, encontrando-se velocidades superiores a 2 100 m/s a partir dos 20 m.

O perfil sísmico PSA6, executado numa zona de recobrimento entre 10 e 15 m, indica velocidades entre 400 e 1 500 m/s até aos 15 m de profundidade, com velocidades superiores a 2 100 m/s a partir dos 20 m, tal como na zona do primeiro emboquilhamento.

A sondagem SA6, executada numa zona com recobrimento de cerca de 28 m, indica a presença de um aterro com 2 m de espessura, seguindo-se um solo residual granítico (granito

do Porto) medianamente compacto até aos 9 m de profundidade, melhorando depois para um maciço muito compacto. Aos 28 m de profundidade é interceptado o maciço rochoso, primeiro com fraca qualidade com RQD entre 30 e 45% até aos 33 m, melhorando para razoável a boa qualidade com RQD entre 55 e 85% até ao final da furação. O túnel será escavado, neste local, na zona rochosa, sensivelmente entre os 28,5 e 37,5 m de profundidade da sondagem.

As sondagens STU1/1 a 3/1, executadas no âmbito do túnel da Serra do Pilar da Linha do Norte, situadas entre 35 a 85 m do traçado, indicam a ocorrência de intercalações entre o Complexo Xisto-Grauváquico e o granito do Porto. Evidencia-se alguma variabilidade de qualidade do maciço, com os solos muito compactos a poderem ocorrer desde a superfície (STU2/1) ou a partir dos 10 (STU1/1) a 15 m (STU3/1) de profundidade.

A dificuldade associada à execução deste túnel deve-se à variabilidade litológica decorrente da inexistência de contactos geológicos nítidos com passagens graduais e frequentes entre os vários tipos de materiais, sendo ainda possível contrastes acentuados de qualidade dos materiais.

Nesta fase dos estudos, considera-se a escavação deste túnel recorrendo a metodologia convencional, essencialmente por motivos de ordem económica. Contudo, dado o comprimento do túnel, e uma vez que se prevê a utilização de equipamentos TBM no trecho Sul do Lote E, essencialmente por razões de segurança, considera-se nesta fase a possibilidade de poder vir a realizar a escavação mecanizada deste túnel.

B5. Túnel de Pinheiro

Km 60+790 ao Km 61+050 da Solução B; L=260 m

Este túnel pouco profundo, a escavar a céu aberto, com recurso a métodos top-down, resulta do aprofundamento da rasante neste trecho, possibilitando a manutenção após construção das infra-estruturas rodoviárias existentes à superfície.

O túnel é a escavar em materiais do complexo xyz, que em princípio se encontram aqui muito alterados a decompostos.

A execução do túnel com a metodologia proposta, obriga à execução de desvios de tráfego.

B6. Túnel de Figueira do Mato

Km 61+415 ao Km 63+630 da Solução B; L=2 215 m

Este novo túnel, resulta do aprofundar da rasante, levado a cabo neste trecho.

O túnel interessa materiais da faixa balasto-milonítica até cerca do km 62+550 a partir do qual e até ao final interessa granitos da Madalena.

A sondagem SB1 realizada na faixa balasto-milonítica, interessa materiais de baixa qualidade com SPT, por rega sem rega até aos 15 m. A sondagem não atinge as profundidades de implantação do túnel. O perfil sísmico PS B1 atinge velocidades de propagação de ondas P de 1 400 m/s a partir dos 25 m.

Dado o baixo recobrimento e a reduzida ocupação de superfície do trecho inicial, considera-se a construção em “cut-and-cover”, nos 285 m iniciais.

A metodologia construtiva do trecho remanescente é a convencional. Eventualmente, em caso de disponibilidade de equipamento, poderá vir a revelar-se interessante a construção em TBM.

B7. Túnel de Vila Nova de Gaia

Km 66+070 ao Km 69+930 da Solução B; L=3 860 m

Este túnel é coincidente com o túnel A5 da Solução A, pelo que são válidas as considerações aí tecidas.

7 - ANÁLISE COMPARATIVA DAS SOLUÇÕES DE TRAÇADO

Para efeitos de análise comparativa entre as soluções em estudo, apresenta-se no Quadro 7.1 algumas características dos traçados, consideradas pertinentes. Este quadro resulta da revisão ao Quadro 8.2 do Estudo Prévio de 2008, e encaixa as correcções ao traçado, objecto da presente Adenda.

No que respeita à subdivisão dos traçados, mantém-se os mesmos em trechos considerados no referido Estudo Prévio.

Do ponto de vista geológico verifica-se que, de um modo geral, que as soluções em análise interessam unidades geológicas com a mesma constituição litológica e com estrutura e morfologia semelhantes, pelo que as condições geológicas e geotécnicas não poderão ser substancialmente distintas entre cada solução.

Nos parágrafos seguintes fazem-se algumas considerações resultantes de uma análise comparativa dos trechos, tendo também em atenção as estimativas de volumes do Quadro 5.1.

Quadro 7.1 - Síntese de Características de Índice Geotécnica para uma Análise Comparativa de Soluções (revisão ao Quadro 8.2 do Tomo 3.1 do Estudo Prévio, 2008)

| Trecho | Solução | Extensão de escavações de altura importante (m) ⁽¹⁾ | Extensão de aterros de altura importante (m) ⁽¹⁾ | Volume de saneamentos em fundação de aterros | Balanço de materiais ⁽²⁾ (m ³) | Volume desmonte a explosivos (m ³) | Viadutos/Pontes | | Túneis | |
|-----------|---------|--|---|--|---|--|-----------------|--------------|--------|--------------|
| | | | | | | | n.º | Extensão (m) | n.º | Extensão (m) |
| 1.1 | A | 1 865 | 1 460 | 27 000 | 566 054 | 6 389 | 12 | 4 444 | 1 | 720 |
| | B | 2 800 | 2 170 | 14 150 | 1 624 400 | 20 558 | 9 | 5 305 | 1 | 450 |
| 1.2 | A | 0 | 520 | 1 613 | -115 555 | 0 | 1 | 40 | 0 | 0 |
| | B | 0 | 630 | 2 700 | 753 250 | 5 368 | 1 | 140 | 0 | 0 |
| 1.3 | A | 0 | 0 | 0 | -8 573 | 0 | 6 | 1 400 | 0 | 0 |
| | B | 0 | 580 | 1 900 | -18 019 | 0 | 5 | 1 585 | 0 | 0 |
| 1 (Total) | A | 1 865 | 1 980 | 29 488 | 441 926 | 6 389 | 18 | 5 884 | 1 | 720 |
| | B | 2 800 | 3 380 | 18 750 | 2 359 630 | 25 926 | 15 | 7 030 | 1 | 450 |
| 2 | A | 0 | 3 240 | 43 200 | -627 581 | 0 | 4 | 1 135 | 0 | 0 |
| | B | 0 | 2 460 | 17 225 | -81 091 | 0 | 3 | 825 | 0 | 0 |
| 3 | A | 4 750 | 1 140 | 15 845 | 553 479 | 71 522 | 10 | 3 706 | 2 | 1 800 |
| | B | 4 665 | 955 | 23 630 | 2 287 854 | 86 653 | 7 | 1 650 | 3 | 4 830 |
| 4 | A | 1 524 | 1 495 | 31 445 | 186 251 | 2 500 | 2 | 2 190 | 2 | 6 450 |
| | B | 983 | 0 | 44 820 | 517 938 | 0 | 2 | 2 361 | 3 | 6 335 |

NOTA: (1) – Consideram-se importantes todas as escavações/aterros com altura ao eixo superior a 10 m;

(2) – Volume total da escavação a céu aberto (meios mecânicos e explosivos) menos o volume total de aterros (solos, rocha e empréstimo) do Quadro 5.1. Exclui o material proveniente da escavação dos túneis.

Trecho 1

A solução A é mais favorável do ponto de vista de terraplenagens, pois apresenta uma menor extensão de escavações e aterros de grande altura com um balanço de terras mais equilibrado. Aliás, a solução B é altamente desequilibrada em termos de balanços de terras, com um excesso de materiais de mais de 1.900.000 m³ do que a solução A.

O volume de saneamentos é superior na solução A e o de desmonte com explosivos superior na B, contudo, os valores envolvidos são de pequena expressão.

A solução A tem maior número de viadutos, contudo, o comprimento total destas obras de arte é inferior ao da solução B. Ambas as soluções têm um túnel, sendo o da solução A mais comprido.

Em termos globais, do ponto de vista geológico e geotécnico, a solução A será a mais vantajosa.

Trecho 2

Neste trecho a solução B apresenta menor extensão de aterros de altura elevada e apesar de deficitária em materiais, este déficit é inferior ao da solução A, o que implicará um menor recurso a empréstimo. Não existem nas duas soluções escavações superiores a 10 m, desmonte com explosivos ou túneis. O volume de saneamentos é superior na solução A, sendo ainda aqui que as pontes e viadutos somam um maior comprimento.

Em termos globais, do ponto de vista geológico e geotécnico, a solução B será a mais vantajosa.

Trecho 3

Neste trecho, os aspectos analisados que diferenciam as soluções são o balanço de terras e a extensão de viadutos e de túneis. Os dois traçados são excedentários, sendo o excesso da solução B superior ao da A em mais de 1.700.000 m³. A solução A apresenta um total de viadutos com mais 2 km de extensão que a solução B, mas esta tem um comprimento de túneis superior em 3 km.

Os restantes aspectos são equivalentes ou envolvem valores absolutos reduzidos.

Atendendo aos aspectos analisados, particularmente o balanço de terras e extensão de túneis, nomeadamente por um dos da solução B poder interceptar uma caixa de falha muito desenvolvida, a solução A deverá ser a mais favorável.

Trecho 4

Relativamente às terraplenagens, de acordo com o balanço de terras (excedentário nas duas soluções) a vantagem é para a solução A que é mais equilibrada, não sendo contudo uma diferença muito significativa. Mesmo considerando a totalidade de volumes para vazadouro provenientes das escavações na linha e dos túneis essa diferença mantém-se da ordem dos 300.000 m³.

A solução B apresenta extensões de escavações e aterros de alturas importantes bastante inferiores à solução A. O comprimento total de túneis na solução B é cerca de 100 m inferior à solução A, o que não é muito significativo.

Conclusão

A título de conclusão e considerando todos os aspectos atrás discutidos, considera-se que ao nível dos aspectos analisados e resumidos nos Quadros 5.1 e 7.1, a combinação da solução A (trecho 1), solução B (trecho 2), solução A (trecho 3) e solução A (trecho 4) é a mais vantajosa, uma vez que conduz, no geral, a uma menor extensão de escavações e aterros de alturas elevadas, a um melhor equilíbrio no balanço de materiais e a uma menor extensão de obras de arte especiais.

Lisboa, Março de 2009

Pela COBA

Sofia Guimarães
Responsável pela Especialidade
de Geologia e Geotecnia

Visto:

Nélia Pinto
Coordenadora do Estudo