

LIGAÇÃO FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE: TROÇO AVEIRO – GAIA. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS. ESTUDO PRÉVIO

HIGH-SPEED TRAIN. ENGINEERING GEOLOGICAL STUDIES FOR THE PRELIMINARY DESIGN OF AVEIRO-GAIA SECTION

Oliveira, Ricardo, *COBA, SA, Lisboa, Portugal, ricardo.oliveira@coba.pt*

Rebelo, Virgílio, *COBA, SA, Lisboa, Portugal, FCTUC, Coimbra, Portugal, var@coba.pt*

Abreu, Rui, *COBA, SA, Lisboa, Portugal, rma@coba.pt*

Morgado, António, *COBA, SA, Lisboa, Portugal, am@coba.pt*

RESUMO

Deu-se início, em Portugal, ao estudo de traçados ferroviários de alta velocidade, quer entre as principais cidades portuguesas, quer promovendo ligações a cidades espanholas. Os elevados níveis de serviço exigidos interferem significativamente com as formações geológicas ocorrentes, originando questões geotécnicas com acentuado grau de complexidade. Neste cenário, a Geologia de Engenharia é chamada a desempenhar um papel relevante nas diversas fases do Projecto. A presente comunicação descreve os estudos e trabalhos realizados na fase de Estudo Prévio do Troço Aveiro-Vila Nova de Gaia, inserido na Ligação Ferroviária de Alta Velocidade entre Lisboa e Porto, com uma extensão aproximada de 70 quilómetros. Realçam-se as principais contribuições da Geologia de Engenharia para o Projecto, abordando-se, ainda, o grau de influência que os aspectos geológicos e geotécnicos assumiram na avaliação técnica e financeira realizada para cada uma das alternativas de traçado.

ABSTRACT

Portugal has started high-speed train routing studies to connect its main cities and make available connections to Spain. Given the high levels of service demanded, their setting out interferes significantly with occurring geological formations, originating increasing complex geotechnical problems. Therefore, the Engineering Geology plays a relevant role in the development of the different phases of the design. This paper presents the Preliminary Design of the Aveiro-Vila Nova de Gaia section of the High-Speed Train Lisbon-Oporto with a length of 70 km. The major geotechnical contributions to the Design are pointed out. The influence of the geological and geotechnical studies in the evaluation of technical and financial aspects of each layout alternatives is also discussed.

1. INTRODUÇÃO

Independentemente das configurações consideradas nas diversas alternativas de traçado ferroviário para linhas de alta velocidade em Portugal, a ligação Lisboa-Porto foi desde o início considerada um trecho prioritário, não só porque permite a ligação das duas principais cidades portuguesas, mas também porque deixa em aberto a possibilidade de futuros prolongamentos para norte, em direcção à Galiza, e para sul, em direcção ao Algarve.

O estudo aqui apresentado insere-se na análise técnica de corredores alternativos para a ligação Aveiro-Vila Nova de Gaia (Lote A), ao nível da fase de Estudo Prévio, desenvolvido pela COBA entre finais do ano de 2003 e início de 2005. Embora a ligação apresente uma extensão

próxima de 70 quilómetros, a necessidade de se analisarem diferentes alternativas de traçado, acabou por obrigar à realização de estudos e trabalhos ao longo de uma extensão significativamente superior, totalizando cerca de 160 quilómetros.

2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO

Os corredores de traçado em análise atravessam duas das principais unidades morfoestruturais que constituem a Península Ibérica, a Orla Ocidental Portuguesa (também conhecida por Orla Mesocenozóica Ocidental) e a Zona Centro Ibérica (ZCI) (Figura 1).

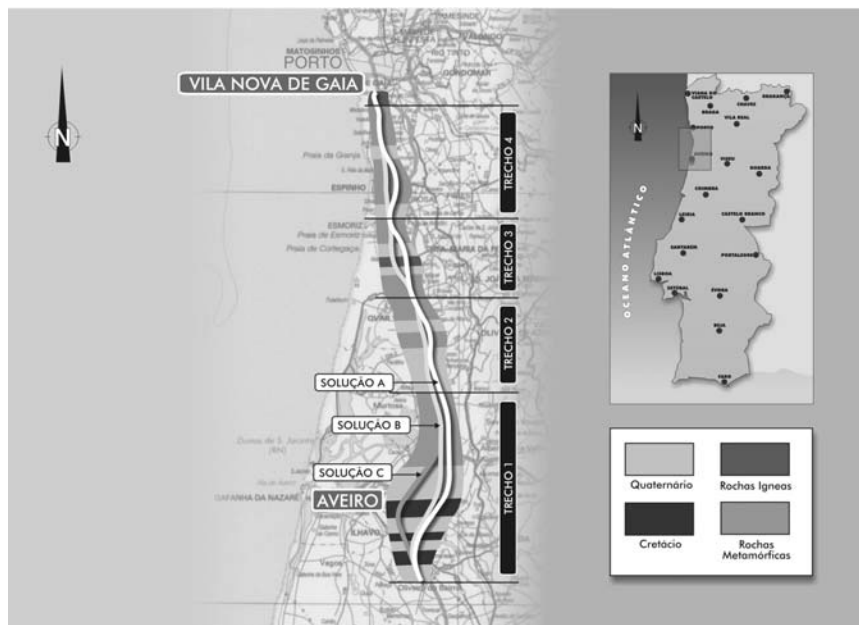


Figura 1 – Enquadramento geológico geral

Na Orla Mesocenozóica existem fundamentalmente materiais de idade cretácica, de origem sedimentar, exibindo grande diversidade litológica, ocorrendo desde calcários compactos ou margosos a rochas de natureza detrítica, como sejam argilitos, arenitos ou conglomerados. A característica distintiva deste complexo consiste na presença de depósitos estratificados, onde os diversos termos litológicos acima referidos, se sucedem e intercalam, merecendo especial destaque, pela maior frequência com que foram encontradas, as formações de fácies detrítica.

Aproximadamente ao quilómetro 16 dá-se a transição para a ZCI, onde passam a predominar os materiais do Maciço Hespérico, representados por litologias essencialmente xisto-grauvácóides (Complexo Xisto-Grauváquico) e, menos frequentemente, graníticas ou gnaissóides.

Ao longo dos corredores onde se desenvolvem as soluções de traçado destacam-se ainda diversos terrenos de cobertura de idade plio-pleistocénica, dos quais interessa destacar os depósitos de praias antigas e de terraços fluviais, que ocorrem com alguma frequência sob a forma de retalhos dispersos no topo das elevações, desde o início dos traçados até próximo do quilómetro 40, já nas imediações de Ovar. São caracteristicamente formados por areias cascalhentas que, ocasionalmente, podem conter intercalações de natureza argilosa.

Falta apenas salientar a presença de depósitos aluvionares, especialmente os que estão associados ao rio Vouga - a principal linha de água a atravessar - quer pela sua expressão

cartográfica, quer porque o material aluvionar atinge aqui várias dezenas de metros e integra materiais lodosos, quer ainda porque lhe estão associadas importantes zonas alagáveis.

Em termos geomorfológicos, distinguem-se dois domínios morfoestruturais dentro da zona de estudo, a saber: a Orla Mesocenozóica e o Maciço Hespérico (Figura 2). A primeira é marcada por zonas planálticas, ocasionalmente interrompidas por depressões associadas a bacias aluvionares onde o encaixe e o declive dos vales é relativamente pouco acentuado. A segunda é caracterizada por um relevo mais acidentado, ao qual se associam vales mais acentuados ou mesmo ligeiramente encaixados em zonas de maior relevo.

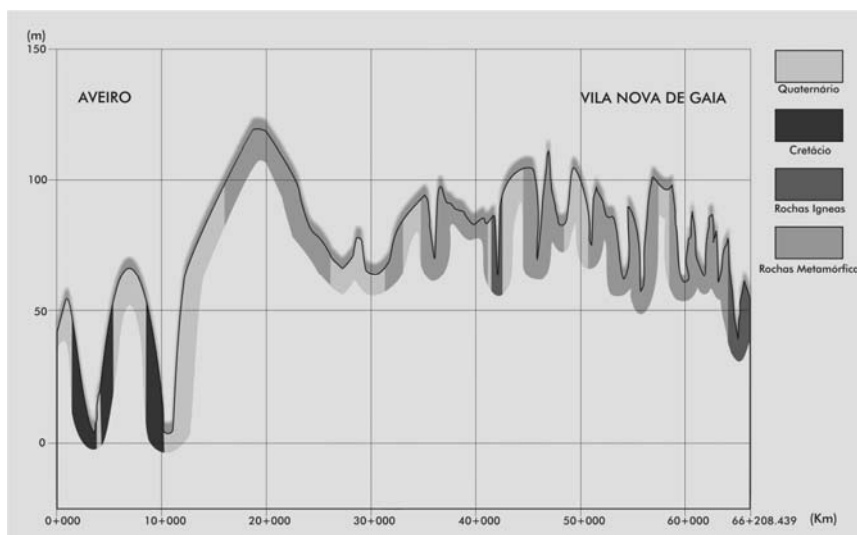


Figura 2 – Enquadramento geomorfológico ao longo da Solução A

3. RECONHECIMENTO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO

No âmbito do reconhecimento geológico e geotécnico, realizou-se uma campanha de trabalhos de prospecção adequada à fase de estudo e à extensão de traçados a reconhecer [1]. Procurou-se, desta forma, identificar os principais condicionalismos geotécnicos inerentes a cada uma das alternativas, visando a sua comparação sob os pontos de vista técnico e económico.

Na sequência da análise da geometria de traçado e obras geotécnicas expectáveis, acrescida da informação geológica e geotécnica disponível, foram definidos os diversos tipos de prospecção e locais a analisar, função das diferentes condicionantes geotécnicas e acessibilidades ocorrentes. No Quadro 1 apresenta-se uma síntese dos trabalhos de prospecção realizados.

A informação recolhida da campanha de prospecção foi complementada com um reconhecimento geológico de superfície à escala 1/5000. Este reconhecimento de superfície, acrescido da informação recolhida em profundidade (a partir da prospecção geofísica conjugada com a prospecção mecânica), permitiu a adequada caracterização geológica e geotécnica do maciço onde se prevê a implantação dos traçados.

No que concerne à caracterização laboratorial, foram executados ensaios sobre amostras de materiais terrosos colhidas nos poços de reconhecimento, envolvendo granulometrias, limites de Atterberg, azul de metileno, equivalente de areia, teor em água natural, Proctor Modificado e ensaios CBR.

Quadro 1 - Trabalhos de prospecção geotécnica

Trabalhos de Prospecção	Quantidade	Observações
Poços de reconhecimento (Un)	84	(1 em cada 1900 m)
Perfis sísmicos de refração (Un.)	51	(1 em cada 3100 m)
Sondagens mecânicas (Un.)	57	(1 em cada 2800 m)
Furação em solo (m)	900	-
Furação em rocha (m)	400	-
Ensaio SPT (Un.)	680	-
Penetrómetro dinâmico pesado – DPSH (Un.)	26	(1 em cada 6150 m)
Penetrómetro dinâmico ligeiro – PDL (Un.)	55	(1 em cada 2900 m)

Os trabalhos realizados na campanha de prospecção foram apresentados num conjunto de peças desenhadas - plantas e perfis geológicos e geotécnicos, à escala H = 1/5 000 e V = 1/500.

4. ASPECTOS GEOTÉCNICOS ASSOCIADOS ÀS SOLUÇÕES DE ENGENHARIA

4.1 Análise multicritério

A análise multicritério tem como objectivo comparar entre si as alternativas de traçado dentro de cada corredor, com o fim último de seleccionar as mais vantajosas do ponto de vista técnico, ambiental e económico. Para este efeito, executaram-se todos os estudos considerados necessários para se poder incorporar no processo de tomada de decisões todas as variáveis que incidem sobre a selecção das alternativas. Interessa salientar, de forma breve, e para permitir uma melhor compreensão do Quadro 2, que para se obter uma análise multicritério fiável é necessário combinar elementos de análise heterogéneos que reflectam de forma correcta as características mais relevantes das alternativas em cotejo. O estudo comparativo consistiu numa análise de cada alternativa de acordo com os itens discriminados no Quadro 2 [2].

Quadro 2 – Análise Multicritério. Destacam-se os parâmetros de incidência da geologia de engenharia

Critérios	Subcritérios	Variáveis	Pesos
Económicos (28)		Custos de Construção	19,0
		Custos de Expropriações	5,0
		Custos de Conservação	4,0
Ambientais (40)	Meio Físico (16)	Ecologia	8,0
		Geomorfologia e Paisagem	3,5
		RAN e REN	4,5
	Meio Humano (24)	Ruído	7,5
		Património	4,5
		Aspectos Humanos Negativos	6,0
		Aspectos Humanos Positivos	6,0
Construtivos (14)		Escavabilidade dos Materiais	3,0
		Túneis	4,5
		Pontes e Viadutos	3,5
		Prazo de Execução	3,0
Exploração (9)		Tempo de Percurso	4,5
		Funcionalidade da Rede	4,5
Conservação (9)		Traçado em Perfil	3,0
		Drenagem	2,0
		Estabilidade de Taludes	4,0
Índice de Pertinência Global			100,0

A contribuição dos estudos efectuados no âmbito da Geologia de Engenharia desempenhou um papel de algum relevo na selecção das alternativas mais favoráveis sob diversos aspectos, mais concretamente, através do peso relativo das suas contribuições nos seguintes critérios:

- económicos: associado ao cálculo dos volumes de terraplenagem e ao tipo e profundidade das fundações das pontes e dos viadutos;
- construtivos: estimativa do volume de escavação com recurso a explosivos em cada trecho, com consequências ao nível dos custos e do prazo de construção; relativamente aos túneis, mais do que o seu simples comprimento, o seu custo estimado já considera todo um leque de dificuldades construtivas criadas pelas diversas condicionantes presentes, com especial incidência para a secção, para as condições geológico-geotécnicas prevalentes e ainda para a ocupação de superfície;
- de conservação: estabilidade de taludes - considerou-se como mais representativo da necessidade de conservação, a existência de taludes de escavação e de aterro que possam conduzir, a longo prazo, a eventuais trabalhos de conservação.

Com base nos resultados obtidos na análise multicritério, evidenciados no Quadro 3, foram identificados os trechos mais favoráveis. Importa sublinhar que este estudo foi orientado no sentido de se apresentar uma análise multicritério por trechos, possibilitando assim a realização de combinações/interligações entre os vários trechos entre si por forma a se obterem as alternativas mais favoráveis.

Quadro 3 – Análise multicritério. Resultados finais

	Solução A				Solução B				Solução C
	Trecho 1	Trecho 2	Trecho 3	Trecho 4	Trecho 1	Trecho 2	Trecho 3	Trecho 4	Trecho 1
Índice de Pertinência Global	94,14	87,56	93,29	92,28	86,44	90,73	78,22	91,07	76,24

De acordo com a análise comparativa das soluções de traçado do Troço Aveiro – Vila Nova de Gaia concluiu-se que a melhor alternativa é a constituída pelos trechos 1, 2, 3 e 4 da Solução A (Quadro 3), embora o Trecho 2 da Solução B apresente melhor valorização que o trecho correspondente da Solução A. A explicação para tal reside no facto de a interligação entre o Trecho 1 da Solução A e o trecho 2 da Solução B penalizar fortemente a combinação de trechos A1+B2, no sentido em que, entre outras situações, contempla uma travessia sobre a auto-estrada A1 em condições construtivas difíceis, devido ao viés pronunciado, com custos significativos associados. Desta ponderação resulta que a combinação A1+A2 resulta mais favorável que a A1+B2.

4.2 Considerações geotécnicas sobre o corredor escolhido (Solução A)

4.2.1 Escavações

Atendendo às características geomorfológicas da área em estudo e às condicionantes geométricas de traçado, a implantação da rasante conduz, de um modo geral, a escavações de reduzidas dimensões, registando-se a presença de algumas situações em que as escavações excedem os 10 m de altura, atingindo excepcionalmente um máximo de 25 m de altura ao eixo.

A inclinação dos taludes de escavação foi definida não apenas em função da sua altura, mas também das características geomecânicas das formações interessadas, da integração paisagística e das características intrínsecas do traçado, nomeadamente no que concerne ao balanço de volumes aterro/escavação. Face ao exposto considerou-se, conservativamente, a adopção das geometrias apresentadas no Quadro 4, com vista a uma estimativa de quantidade de trabalhos de terraplenagem.

Quadro 4 – Geometria de taludes de escavação

Formação Geológica		Estado de Alteração	Inclinação de Talude (v/h)	Espaçamento entre Banquetas (m)
Sedimentar	Terrosa	-	1/2	6 a 8
	Rochosa	Muito alterada	1/2 a 1/1,5	8
		Pouco alterada	1/1,5 a 1/1	8
Intrusiva	Muito alterada	1/1,5	8	
	Pouco alterada	1/1 a 1,5/1	8 a 10	
Metamórfica	Muito alterada	1/1,5	8	
	Pouco alterada	1/1	8	

O volume total de escavação (sem túneis) da alternativa seleccionada é da ordem dos 4.480.000m³, correspondendo a uma média de 67.900 m³/km.

Com o objectivo de se avaliar, em termos gerais, a escavabilidade dos terrenos, considerou-se quer a informação proveniente dos trabalhos de prospecção (nomeadamente, sísmica de refração e sondagens mecânicas), quer os elementos obtidos no decurso do reconhecimento de superfície. Função da informação disponível, estimou-se um volume de desmonte a explosivo da ordem dos 180.000 m³, correspondendo a cerca de 4 % do volume total de escavação.

Genericamente, prevê-se que os desmontes possam ser realizados com meios mecânicos correntes em terraplenagens (pás escavadoras, “rippers” do tipo D9R (Caterpillar)). Em áreas de maior relevo, onde as cotas de trabalho são agravadas, podem vir a ser interessados núcleos rochosos com necessidade de desmonte com explosivos, associados a formações de natureza sedimentar, ígnea e metamórfica.

Do ponto de vista da reutilização dos materiais escavados, considera-se que desde que sejam tomadas as devidas precauções, nomeadamente quanto à sua distribuição, compactação e drenagem, a generalidade dos materiais provenientes da escavação em linha são passíveis de reutilização no corpo dos aterros, devendo-se ter o cuidado de afastar os materiais de menor qualidade dos limites laterais e da parte superior dos aterros. As formações sedimentares são essencialmente constituídas por materiais de natureza areno-argilosa a siltosa, registando-se a presença de materiais argilosos a argilo-arenosos em algumas situações particulares, associadas a formações específicas (nomeadamente de idade Cretácica e Triásica). No que respeita aos solos resultantes das formações intrusivas, verifica-se que apresentam em geral características arenosas e areno-siltosas, o que os torna particularmente adequados a integrarem os aterros em geral. Quanto aos materiais resultantes das formações metamórficas, a maioria deverá conduzir a solos de natureza areno-silto-argilosa a argilo-siltosa.

No Quadro 5 apresenta-se uma síntese das taxas de reutilização consideradas no estudo, função da informação geológica e geotécnica disponível.

Quadro 5 – Taxa de reutilização estimada

Formação Geológica	Taxa de Reutilização Estimada
Depósitos sedimentares (grés, conglomerados, cascalheiras, areias argilosas, margas, etc. e depósitos de terraço)	65-85%
Formações metamórficas (xistos, grauvaques, lilitos, quartzitos e anfibolitos, etc.)	70-80%
Rochas intrusivas (granitos, dioritos, gabros, quartzodioritos, etc.).	95-100 %
Taxa total de reutilização estimada	80% do volume total escavado

4.2.2 Aterros

De acordo com a implantação da rasante da alternativa de traçado seleccionada, verifica-se a existência de trechos em aterro com altura, em geral, inferior a 12 m, registando-se, no , a presença de alguns aterros de maior altura, atingindo excepcionalmente um máximo de 15-17 m ao eixo.

Em função das características topográficas e hidrológicas da zona atravessada e das opções de integração ambiental e paisagística assumidas, houve necessidade de dotar o traçado de um número significativo de viadutos com uma extensão total de 9,2 km (correspondendo a cerca de 14% da extensão total do traçado). Como consequência directa do recurso a uma extensão importante de viadutos, o volume de aterro (cerca de 2.038.000 m³) é consideravelmente inferior ao volume de escavação, correspondendo a uma média de 30.900 m³/km.

O reconhecimento de campo conjugado com a informação geotécnica disponível permite antever que, de um modo geral, os terrenos em estudo, após efectuada a remoção dos materiais mais superficiais (decapagem e eventual saneamento), deverão possuir características adequadas para a fundação dos aterros previstos. Algumas situações mereceram particular atenção ao nível das condições de fundação dos aterros. Estas situações associam-se no geral à implementação de aterros de razoável envergadura em zonas acidentadas (em particular, aterros a meia encosta) e aterros fundados sobre materiais que não apresentam suficiente capacidade de carga para as alturas de aterro previstas (no geral associadas a zonas baixas). De referir ainda o atravessamento da baixa aluvionar do rio Vouga, constituída por uma espessura importante de solos de fracas características geotécnicas. Nesse sentido, considerou-se o atravessamento da referida baixa aluvionar em viaduto/ponte com vista a ultrapassar os eventuais problemas de fundação associados a uma solução em aterro, evitando-se a necessidade de realizar morosos tratamentos de fundação e futuros trabalhos de conservação.

Tendo em consideração as características dos materiais a utilizar nos aterros, os condicionamentos de ocupação do solo, as alturas de aterro, a disponibilidade de material adequado e a integração paisagística, preconizou-se para os taludes de aterro uma inclinação geral de 1/2 (V/H). Esta inclinação representa um compromisso entre a necessidade de assegurar o bom comportamento mecânico dos aterros e o imperativo de otimizar o balanço escavação/aterro, tendo ainda em consideração condicionantes de natureza ambiental e paisagística, garantindo-se maior sucesso no revestimento vegetal dos taludes por espécies vegetais, devido à menor inclinação, e menor impacte visual da ferrovia no conjunto da paisagem.

No que respeita ao perfil dos aterros, atendendo à diversidade dos materiais de construção disponíveis e tendo em consideração a necessidade de reutilização de parte considerável dos

materiais escavados, prevê-se o recurso a aterros homogéneos (terraplenos, e eventualmente pedraplenos) e a aterros mistos ou zonados.

Na Figura 3 apresenta-se uma primeira estimativa da ordem de grandeza dos assentamentos pós-constructivos dos terraplenos e pedraplenos por efeito do seu peso próprio, bem como o tempo expectável para a sua estabilização. No que respeita aos assentamentos, esperam-se assentamentos relativos (S/H) que poderão variar entre 0,15 e 0,75 %, correspondendo os maiores valores aos terraplenos e os menores aos pedraplenos. Quanto ao tempo de estabilização, estima-se entre 1 e 9 meses após construção dos aterros, o que se afigura aceitável.

Por último refere-se que a variação de rigidez entre a plena via com perfil em aterro e a superestrutura apoiada em obra de arte, corresponde, sem dúvida, a um dos aspectos fundamentais para a correcta exploração e conservação de uma via com as características da presente. Neste sentido houve que considerar soluções técnicas apropriadas entre a obra de arte e os aterros de aproximação, de modo a reduzir os assentamentos diferenciais e assegurar a variação progressiva da rigidez da fundação da via.

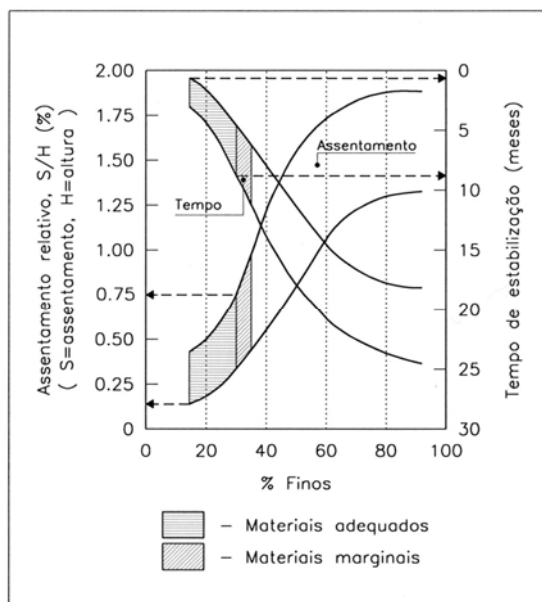


Figura 3 – Estimativa da ordem de grandeza dos assentamentos pós-constructivos dos aterros (baseado em Oteo, 1998) [3]

4.2.3 Fundação da via

Tendo em consideração a caracterização geológica dos terrenos envolvidos pelo corredor, considerou-se que a generalidade dos tipos de solos reconhecidos se enquadram nas classes de solos QS1 a QS3 (da Classificação UIC 719-R, 1994) [4] e Tipos 1 a 3 (da Classificação GIF, 2001) [5]. Face ao exposto, e tendo em consideração as normas consideradas no presente estudo, apresentam-se no Quadro 6 as espessuras do leito de pavimento ou via propostas, em função da natureza dos terrenos.

Atendendo ao previsível défice de materiais da classe QS3 na generalidade dos trechos das soluções em estudo, equacionou-se para a fase seguinte de estudos o recurso a materiais de empréstimo ou solos tratados com cimento e/ou cal. Esta situação verifica-se essencialmente ao nível das formações sedimentares e metamórficas.

Quadro 6 – Síntese das condições de fundação da estrutura da via propostas

Formações Geológicas	Norma UIC-719-R (1994)		Norma GIF (2001)	
	Materiais de Fundação	Leito de Pavimento ou Via (m)	Materiais de Fundação	Leito de Pavimento ou Via (m)
Depósitos sedimentares (grés, conglomerados, cascalheiras, areias com intercalações argilosas, margas, etc. e depósitos de terraço)	QS1	0,50 m de materiais QS3	Tipo 1	0,60 m de materiais do Tipo 3
Formações metamórficas (xistos, grauvaques, liditos, quartzitos e anfíbolitos, etc.)	QS1 a QS2	0,50 a 0,35m de materiais QS3	Tipo 1 a 2	0,60 a 0,40 m de materiais do Tipo 3
Rochas intrusivas (granitos, dioritos, gabros, quartzodioritos, etc.).	QS2 a QS3(1)	0(1) a 0,35 m de mat. QS3	Tipo 2 a 3	0(1) a 0,40 m de materiais do Tipo 3

NOTA: (1) – Nesta situação considera-se suficiente, em situações de escavação, a escarificação e recompactação na profundidade necessária à garantia de uma espessura de 30 cm bem compactada. Em aterro as condições de fundação estão garantidas

A espessura de coroamento adoptada teve em consideração a adopção de uma plataforma ferroviária do tipo P3, considerando um leito de pavimento ou via constituído por materiais da classe QS3 (classificação UIC) fundados num terreno enquadrado predominantemente nas classes QS1 e QS2 (classificação UIC).

4.2.4 Materiais de Construção

De acordo com a informação recolhida durante a realização do presente estudo, as escavações a realizar nos diversos traçados em análise fornecerão materiais cuja diversidade litológica deve ser salientada, quer porque as formações sedimentares ocorrentes evidenciam constituição heterogénea, quer porque os cenários geológicos atravessados têm trechos dominados também por formações metamórficas e ígneas.

Relativamente aos materiais terrosos, provenientes de depósitos sedimentares, de solos residuais e dos materiais rochosos decompostos a muito alterados, a informação disponível sugere que uma parte significativa as condições necessárias para serem reutilizados. No que respeita aos materiais pétreos resultantes das escavações na linha e provenientes da abertura de túneis, considera-se adequada a sua reutilização nos aterros de enrocamento e nas zonas mais exigentes dos restantes aterros, ou ainda, como agregados, após processamento. Tendo em consideração a extensão da obra e condicionantes morfológicas existentes, o traçado foi dividido em trechos de aproximadamente 12 a 27 km de extensão, permitindo uma melhor análise preliminar de gestão de materiais. Atendendo ao facto de alguns trechos de traçado serem deficitários em termos de materiais para a construção de aterros, houve necessidade de prever o recurso a materiais de empréstimo em determinados trechos do traçado.

Em relação aos materiais a aplicar no coroamento admite-se que, em alguns trechos de traçado, as escavações possam não fornecer as quantidades necessárias de material com características adequadas para serem reutilizados. Nesse sentido prevê-se o recurso a áreas de empréstimo. Relativamente aos materiais com características adequadas para as camadas constituintes da estrutura da via, tendo em consideração o previsível défice, preconiza-se essencialmente o recurso a agregados britados obtidos nas pedreiras existentes na vizinhança dos traçados.

4.2.5 Obras de arte especiais

No que se refere aos viadutos e pontes, prevê-se que a generalidade das obras de arte especiais venham a ter fundações directas. Foram, no entanto, identificadas algumas situações, essencialmente associadas a formações sedimentares quaternárias e cretácicas, que implicam a fundação indirecta de alguns apoios (geralmente coincidentes com o fundo do vale), mediante o recurso a estacas, até profundidades que se estima serem inferiores a 10-12 metros. Como excepção referem-se os viadutos localizados sobre o vale aluvionar do rio Vouga, onde as estacas poderão atingir comprimentos consideráveis (da ordem de 35-45 m). No que respeita aos túneis, foram considerados no presente estudo com vista a minorar a afectação de zonas urbanizadas e a realização de escavações de altura acentuada, conduzindo a uma extensão total de túneis de 7,8 km (correspondendo a cerca de 12% da extensão total do traçado), daí resultando um volume de escavação adicional de 1.055.000 m³.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O troço Aveiro-Vila Nova de Gaia, integrado na Ligação Ferroviária de Alta Velocidade entre Lisboa e Porto, com cerca de 70 quilómetros de extensão, inicia-se em zonas de geomorfologia suave que, para norte, passa a dar lugar a relevos já com algum significado, atravessando um leque muito variado de formações geológicas e, conseqüentemente, de cenários geotécnicos. Desta forma, os critérios utilizados para definição dos condicionalismos geológicos e geotécnicos mais relevantes tiveram de se apoiar nos aspectos litológicos, nos estados de alteração dos maciços rochosos encontrados, na morfologia do terreno e nos dados recolhidos com a realização de um programa de prospecção e ensaios adaptado a uma fase de Estudo Prévio, portanto necessariamente simplificado.

Tendo em conta a escala de trabalho (1:5000) e a informação geológica e geotécnica disponível neste fase de estudo, a simplificação dos critérios utilizados revelou-se um conceito fundamental para facilitar e tornar coerente a sua integração na análise comparativa de soluções, através do recurso a uma análise multicritério que permitiu escolher o alinhamento a ser estudado com maior detalhe na fase seguinte de Anteprojecto.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à RAVE a autorização concedida para a publicação do presente artigo.

7. REFERÊNCIAS

- [1] COBA (2005). Estudo Prévio da Ligação Ferroviária de Alta Velocidade entre Lisboa e Porto. Lote A - Troço Aveiro - Vila Nova de Gaia. Volume 3 – Estudo Geológico e Geotécnico.
- [2] COBA (2005). Estudo Prévio da Ligação Ferroviária de Alta Velocidade entre Lisboa e Porto. Lote A - Troço Aveiro - Vila Nova de Gaia. Volume 2 - Via Férrea.
- [3] Ingeniería Geológica (2002). Coordinador: Luis Vallejo. Ed. Prentice Hall.
- [4] Code UIC nº 719-R (1994), Ouvrages en Terre et Couches d'Assise Ferroviaires. Union Internationale des Chemins de Fer.
- [5] GIF (2001). Instrucciones y Recomendaciones para Redacción de Proyectos de Plataforma. Gestor de Infraestructuras Ferroviarias.