



RAVE

rede ferroviária de alta velocidade, s.a.



LIGAÇÃO FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE ENTRE LISBOA E PORTO

LOTE D TROÇO LISBOA – ALENQUER (OTA)

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

ESTUDO PRÉVIO

VOLUME 08
OBRAS DE ARTE: PONTES E VIADUTOS

Abril de 2008

CONSULGAL
CONSULTORES DE ENGENHARIA E GESTÃO, SA

TYPSA
INGENIEROS
CONSULTORES
Y ARQUITECTOS

Com a colaboração:

fb
FERBRITAS

AGLPRO AMBIENTE
CONSULTORES, S.A.



LIGAÇÃO FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE ENTRE LISBOA E PORTO

LOTE D TROÇO LISBOA – ALENQUER (OTA)

ESTUDO PRÉVIO

VOLUME 08 – OBRAS DE ARTE: PONTES E VIADUTOS

ÍNDICE

1.	ENQUADRAMENTO	3
2.	LOCALIZAÇÃO	5
3.	PERFIL TRANSVERSAL TIPO.....	5
4.	CONDICIONANTES	6
4.1.	GENERALIDADES.....	6
4.2.	CONDICIONANTES RODOVIÁRIAS E FERROVIÁRIAS.....	6
4.3.	CONDICIONANTES GEOLÓGICAS-GEOTÉCNICAS	7
4.4.	CONDICIONANTES DE NATUREZA AMBIENTAL E DE INTEGRAÇÃO PAISAGÍSTICA.....	8
4.5.	CONDICIONANTES HIDROLÓGICAS	8
4.6.	ALTURA MÁXIMA DOS ENCONTROS.....	9
4.7.	CONDICIONANTES DE INFRA-ESTRUTURAS DE GÁS, ÁGUAS E ELECTRICIDADE.....	9
5.	SOLUÇÕES ESTRUTURAIS	9
5.1.	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	9
5.2.	DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES ESTRUTURAIS	11
5.3.	PROCESSOS CONSTRUTIVOS	22
6.	VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA E MÉTODOS DE CÁLCULO	22
7.	DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO ADOPTADA PARA CADA UM DOS VIADUTOS.....	24
7.1.	INTRODUÇÃO	24
8.	DURABILIDADE.....	34
9.	ESTIMATIVA ORÇAMENTAL.....	35
9.1.	QUANTIFICAÇÃO DAS OBRAS DE ARTE.....	35
9.2.	DEFINIÇÃO DOS CUSTOS UNITÁRIOS	35
10.	MATERIAIS	36
11.	DOCUMENTOS NORMATIVOS.....	37

ANEXOS:

ANEXO 1 – Quadros Resumo das Pontes e Viadutos

LIGAÇÃO FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE ENTRE LISBOA E PORTO

LOTE D TROÇO LISBOA – ALENQUER (OTA)

ESTUDO PRÉVIO

VOLUME 08 – OBRAS DE ARTE: PONTES E VIADUTOS

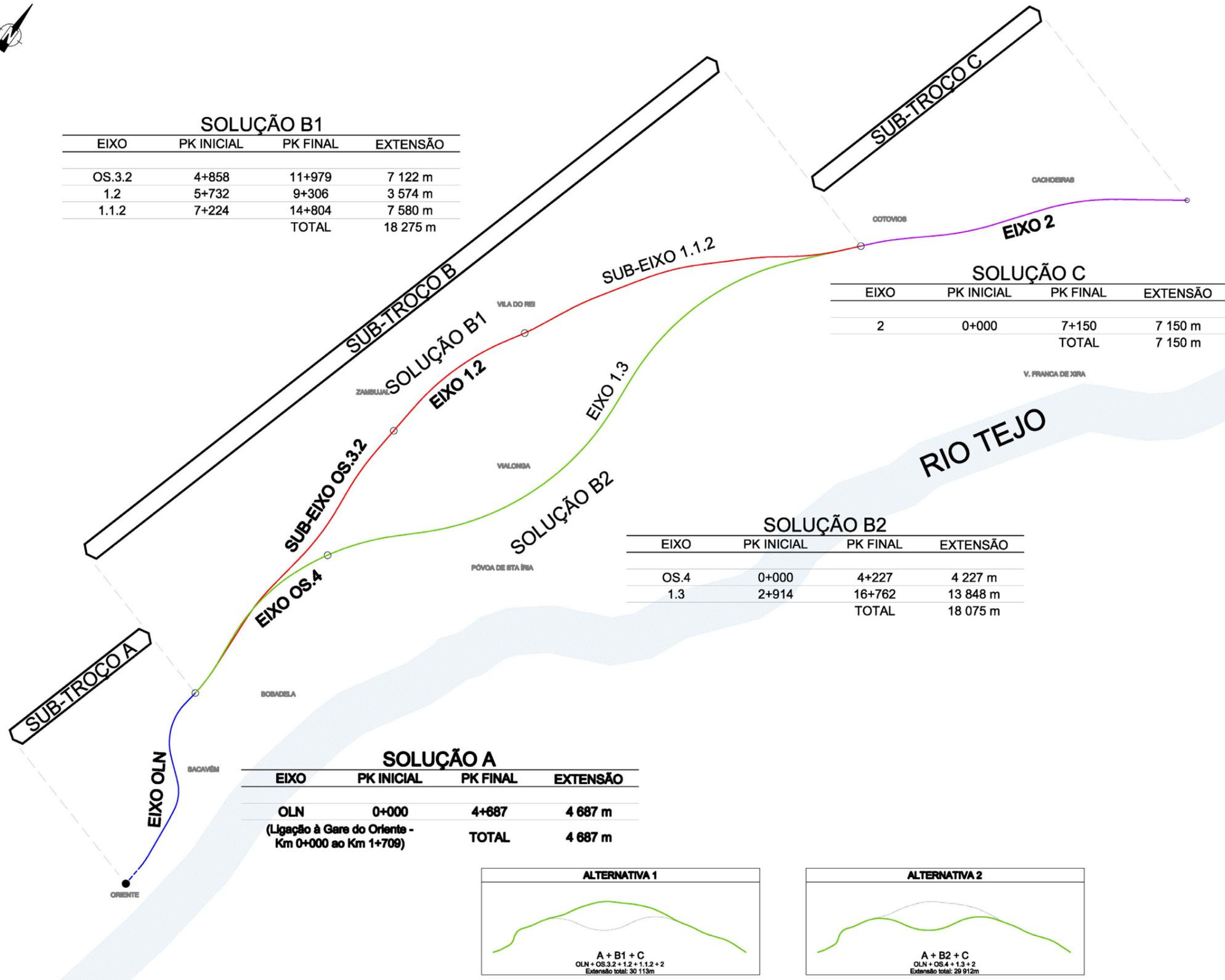
1. ENQUADRAMENTO

A presente memória descritiva foi desenvolvida pelo Consórcio CONSULGAL/TYPSA para a RAVE, Rede Ferroviária de Alta Velocidade, S.A., no âmbito da Fase 1 do Projecto de Ligação Ferroviária de Alta Velocidade entre Lisboa e Porto, Lote D, Troço Lisboa-Alenquer (Ota).

Integra o Volume 08 - Obras de Arte: Pontes e Viadutos do Estudo Prévio, entre a Gare do Oriente e Alenquer. O Estudo Prévio está organizado em termos de alternativas de traçado, de acordo com o esquema apresentado na Figura 1 da página seguinte. As referidas alternativas de traçado são combinações de quatro soluções, sendo duas alternativas entre si, que constituem o itinerário entre Lisboa e Alenquer. As soluções, por sua vez, são o resultado da montagem de vários eixos estudados, também referenciados na figura.

Este estudo tem como base para o seu grau de desenvolvimento o documento 0-GA-0-AF-NOT0032-0B para obras de arte e foram seguidas, tanto quanto possível, as *guidelines* definidas no documento 0-GA-0-AF-NOT0024-0C, “Requisitos para os Estudos Prévios da LAV Portugal”, versão 3.0.

As instruções do documento 0-GA-0-AF-NOT0032-0B, resultaram num estudo com características de estudo prévio, dado que o desenvolvimento das obras de arte foi feito, caso a caso, para cada um dos viadutos, com a respectiva implantação no terreno, numa cartografia com pormenor que podemos considerar aplicável a um estudo prévio, tendo sido identificadas auto-estradas/estradas/caminhos, linhas de água, infra-estruturas aéreas e terrestres, e sempre que necessário foram contactadas as entidades responsáveis e solicitados elementos com a localização tão aproximada, quanto possível, nesta fase de estudo prévio, de que são exemplo a BRISA, EDP, EPAL, Câmaras Municipais, INAG, LISBOAGÁS, REN entre outras. Regra geral, os elementos recolhidos não correspondem a telas finais, pelo que se prevê que numa fase mais adiantada do projecto, ou, conforme a experiência tem demonstrado, durante a fase de construção, sejam detectadas diferenças significativas, nomeadamente nas redes enterradas, que poderão levar à adopção de soluções diferentes das preconizadas neste estudo.



SOLUÇÃO B1

EIXO	PK INICIAL	PK FINAL	EXTENSÃO
OS.3.2	4+858	11+979	7 122 m
1.2	5+732	9+306	3 574 m
1.1.2	7+224	14+804	7 580 m
TOTAL			18 275 m

SOLUÇÃO C

EIXO	PK INICIAL	PK FINAL	EXTENSÃO
2	0+000	7+150	7 150 m
TOTAL			7 150 m

SOLUÇÃO B2

EIXO	PK INICIAL	PK FINAL	EXTENSÃO
OS.4	0+000	4+227	4 227 m
1.3	2+914	16+762	13 848 m
TOTAL			18 075 m

SOLUÇÃO A

EIXO	PK INICIAL	PK FINAL	EXTENSÃO
OLN	0+000	4+687	4 687 m
(Ligação à Gare do Oriente - Km 0+000 ao Km 1+709)			
TOTAL			4 687 m

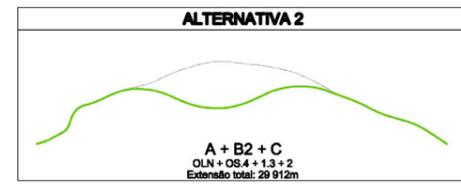
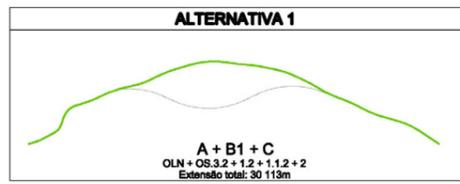


Figura 1 - Esquema de Eixos, Soluções e Alternativas

O Estudo do traçado encontra-se dividido nas Soluções A, B1, B2 e C que por sua vez estão divididas em eixos/sub-eixos. As alternativas de traçado são o resultado de combinações de eixos/sub-eixos ou de soluções de acordo com o indicado na Figura 1. Os viadutos foram individualizados, sendo identificados por um nome e por um código e são localizados dentro das soluções através dos km(s) dos eixos/sub-eixos. Em geral, o nome refere-se ao principal obstáculo atravessado pela obra de arte, enquanto que o código faz uma referência ao eixo.

Na presente memória, que corresponde ao Volume 08 - Obras de Arte: Pontes e Viadutos, foram incluídas todas as pontes, viadutos e passagens inferiores que se desenvolvem segundo a plena via de alta velocidade e cuja extensão é superior a 60,0 m. Por uma questão de uniformização e de simplificação, no presente estudo convencionou-se designar todas as obras de arte por viadutos.

Na concepção das obras de arte, as soluções propostas para os viadutos foram escolhidas no sentido de maximizar a qualidade das soluções propostas e por forma a minimizar os encargos ao longo da vida útil, factor este que levou, nesta fase, a considerar para as obras de plena via soluções em betão armado e pré-esforçado, conforme se comentará em item próprio.

Nesta fase foram desenvolvidos cálculos específicos para viadutos tipo, analisando-se as estruturas de acordo com o seu faseamento construtivo, incluindo-se os efeitos diferidos dos materiais ao longo do tempo, aferindo traçados e quantidades de pré-esforço.

Procedeu-se ao reconhecimento dos locais de implantação dos viadutos, identificando-se a importância das linhas de água atravessadas, estradas e caminhos e também para conhecer os locais de implantação e desta forma avaliar a sua vertente de integração paisagística e urbanística.

2. LOCALIZAÇÃO

O traçado em estudo desenvolve-se entre a Gare do Oriente e Alenquer e foi concebido para ligar a Estação de Lisboa ao novo troço, entretanto criado e designado por Lote Ota.

3. PERFIL TRANSVERSAL TIPO

O perfil transversal tipo foi dimensionado para acomodar duas vias ferroviárias suportadas por uma camada de balastro com uma espessura mínima de 0,40 m, dois guardas-balastro, dois passeios com uma largura mínima de 0,85 m, as catenárias, caixas para instalação de cabos, vigas de bordadura, guardas e eventualmente barreiras acústicas ou barreiras visuais bem como a drenagem dos tabuleiros. A definição do perfil baseou-se nos pormenores definidos no documento 0-GA-0-AF-NOT0024-0C, tendo-se procedido a alterações por forma a minimizar pesos, racionalizar espaços disponíveis para os passeios, maximizar o número de tubos para sistema eléctrico e otimizar o sistema de drenagem.



Figura 2 - Localização

Na zona da plataforma ferroviária, o balastro assenta sobre uma camada de betuminoso com 3,0 cm de espessura, tendo como objectivo principal a impermeabilização do tabuleiro e criar uma “almofada” para assentamento do balastro, por forma a proteger o betão do contacto directo com a brita. Na Figura 3 representa-se esquematicamente a secção tipo para uma plataforma com duas vias ferroviárias, apresentando uma largura total 14,0 m.

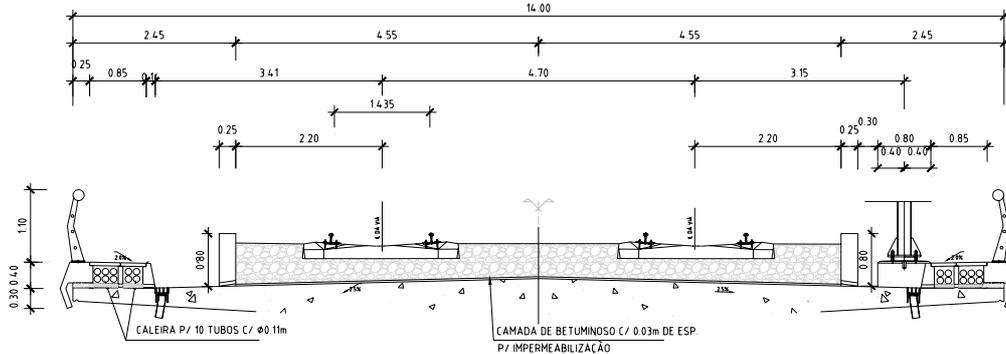


Figura 3

4. CONDICIONANTES

4.1. Generalidades

Os critérios gerais resultam essencialmente da imposição de respeitar o traçado da via, a topografia, as condicionantes ambientais, hidráulicas, geotécnicas, infra-estruturas (redes águas, gás, electricidade, galerias técnicas, etc.), as vias atravessadas, sem nunca descuidar a sua integração estética e paisagística.

4.2. Condicionantes Rodoviárias e Ferroviárias

No Volume 04 - Traçado de Via e Superestrutura descrevem-se em pormenor as características do traçado para as diversas soluções, tanto em planta como em perfil longitudinal, tendo os viadutos respeitado integralmente os traçados nos troços em que se inserem. De acordo com o traçado, nos viadutos a directriz localiza-se no eixo das plataformas e a rasante é definida pela cota do topo do carril da via baixa. Transversalmente os tabuleiros são sempre horizontais e a inclinação transversal da via será realizada através da diferença de cota entre carris, tecnicamente designada por escala.

Relativamente às estruturas rodoviárias/ferroviárias atravessadas e de acordo com a prática corrente nas obras do EP, REFER e BRISA, foram fixadas as seguintes condicionantes:

- garantir a distância mínima livre de 1,20 m entre faces de pilares e os limites exteriores das bermas de uma via rodoviária;
- garantir um gabarito vertical mínimo de 5,5 m nas auto-estradas, incluindo na fase de construção com a auto-estrada em exploração;
- garantir um gabarito vertical mínimo de 5,0 m nas Estradas Nacionais e Municipais;
- garantir um gabarito vertical mínimo de 4,5 m nos Caminhos Rurais;
- procurar manter, tanto quanto possível, a ordenação de tramos, evitando interferir com as vias de maior importância.

4.3. Condicionantes Geológicas-Geotécnicas

Com base nos resultados da campanha de prospecção realizada nesta fase, foi elaborado um estudo geológico-geotécnico que se apresenta no Volume 03 - Geologia e Geotecnia, transcrevendo-se de seguida os extractos mais significativos com as descrições de formações atravessadas nas zonas dos viadutos:

“...

Do ponto de vista geológico, a área em estudo localiza-se na Zona Meso - Cenozóica Ocidental, formada durante a abertura do Atlântico.

A região de Lisboa, e mais concretamente a área em análise, comporta formações geológicas que vão desde o Jurássico Superior (Kimeridgiano Superior - Portlandiano Inferior) até formações do Quaternário (final do Holocénico).

Esta região é fortemente condicionada pela tectónica regional, bem como pelas formações que a constituem. Numa fase inicial, em parte, a região esteve sujeita aos campos de tensões responsáveis pela abertura do Atlântico. Numa fase posterior, esteve sob influência da Orogenia Alpina, responsável pela Falha do Tejo, bem como pela formação da Serra da Arrábida e pelo Sinclinal do Tejo. O flanco Norte deste sinclinal estende-se até à região em estudo, provocando uma suave inclinação para Sul.

Numa fase posterior, e em consequência de erosão diferencial, deu-se a formações de três costeiras distintas, a primeira entalhada nas formações areníticas do Cretácico, a segunda nos basaltos do Complexo Vulcânico de Lisboa (CVL) e a terceira no Complexo de Benfica. A vertente Norte destas costeiras são abruptas, enquanto que a vertente Sul tem um pendor suave que acompanha a inclinação das formações.

Desta forma a zona inicial do traçado corresponde à região de Lisboa e estende-se até um pouco depois da travessia do Rio Trancão, atravessa formações pertencentes ao Miocénico, litologicamente constituídas por areias, argilas e siltes, com intercalações calcárias. Trata-se de formações sub-horizontais em estratos de espessura que varia de alguns metros à dezena de metros, numa topografia no geral aplanada por vezes cortada por linhas de água profundas, como acontece quase à chegada ao Rio Trancão e ao vale deste mesmo rio.

No vale do Rio Trancão, afluente do Rio Tejo, ocorre uma extensa e espessa formação aluvionar, tendo sido detectada na zona em que a Auto-estrada A1 atravessa o vale, espessuras de aluviões próximas dos 40 m, de natureza lodoso, mole a muito mole. As aluviões cartografadas no Vale do Rio Trancão e dos seus afluentes principais, são compostas por lodos cinzentos-escuros com intercalações arenosas, e por areia com alguns níveis de calhaus rolados intercalados por lodos ou argilas, que atingem espessura variáveis.

Após esta zona entra-se numa outra muito extensa e que se desenvolve quase até final do traçado, geomorfologicamente caracterizada pela ocorrência de relevos acentuados e vales cavados de que se destaca as Ribeiras de Alverca e Romeira. Geologicamente trata-se de terrenos de idade Jurássica e Cretácica, litologicamente muito semelhantes e constituídos por formações margosas e calcárias. Na parte final da zona e correspondendo à região de Vila Franca de Xira, ocorrem formações arcósicas muito espessas. De assinalar ainda a existência de algumas chaminés basálticas de espessura considerável.

Com base na informação das cartas geológicas, num reconhecimento da zona, da experiência que se possui de outros trabalhos realizados na zona e ainda nos trabalhos desenvolvidos na fase de Estudo Prévio desenvolvido para os troços Rio Trancão-Alenquer (Ota), e Lisboa - Rio Trancão, apresentam-se no item 5 do Volume 03 - Geologia e Geotecnia os pressupostos geológico-geotécnicos que serviram de base ao dimensionamento das diversas estruturas. Para cada um dos viadutos apresenta-se uma descrição detalhada do cenário geológico-

geotécnico interessado, definindo qual a profundidade a partir da qual é possível dispor de condições geotécnicas que permitam fundar os pilares e os encontros.

Salienta-se no entanto o carácter empírico destes pressupostos que devem ser aferidos após a realização de um estudo geológico-geotécnico mais pormenorizado.

...”

Como critério genérico, fixou-se que as fundações serão realizadas nas camadas com $SPT \geq 60$ e que para profundidades entre 6,0-8,0 m serão adoptadas fundações directas, sendo as restantes indirectas e realizadas por intermédio de estacas.

Salienta-se no entanto o carácter empírico destes pressupostos que devem ser aferidos após a realização de um estudo geológico-geotécnico mais pormenorizado.

Nos desenhos de dimensionamento geral dos viadutos, indica-se o tipo de fundação e o comprimento estimado para as estacas.

4.4. Condicionantes de Natureza Ambiental e de Integração Paisagística

Os viadutos previstos permitem minimizar a afectação das principais condicionantes legais identificadas, assim como aspectos mais sensíveis de ocupação em termos urbanos, industriais e agrícolas. De entre estes destacam-se pela sua importância:

- O viaduto que atravessa o vale do Trancão para as duas soluções de traçado alternativas (Soluções B1 e B2), onde se inserem várias linhas de água, o Aproveitamento Hidroagrícola de Loures e onde ocorrem também áreas classificadas como REN (Reserva Ecológica Nacional) e RAN (Reserva Agrícola Nacional), correspondendo também parcialmente a uma área ameaçada pelas cheias.
- No caso da Solução B2 há ainda a referir a importância que os viadutos do Bairro da Salvação e de Vialonga têm para o *atravessamento* de uma zona de grande dispersão de ocupação humana na parte Norte do vale do Trancão, em especial na zona de Vialonga onde o desenvolvimento em viaduto permite minimizar de forma muito significativa os impactes sobre o povoamento.
- Os restantes viadutos revelam-se importantes em termos dos factores de ocupação do solo, sobretudo relacionados com a existência de linhas de água, mas também do ponto de vista topográfico, microclimático e ecológico permitindo manter as zonas de vale e as condições naturais actuais.

De um modo geral os viadutos permitem ainda que em termos paisagísticos o projecto tenha uma inserção mais harmoniosa na paisagem, não alterando de forma tão significativa a actual percepção do espaço sobretudo quando se tratam de extensas áreas aplanadas com grande visibilidade a partir da envolvente.

4.5. Condicionantes Hidrológicas

Nesta fase do projecto foi elaborado um estudo hidrológico, Volume 05 - Terraplanagens e Drenagem, onde foram definidas, em função dos caudais máximos e das cotas máximas de cheias, o tipo de soluções necessárias para garantir uma drenagem compatível com o traçado adoptado. Em função dos cálculos efectuados ao nível do estudo prévio, foram identificadas as bacias de maiores dimensões, as quais serão atravessadas por viadutos, conforme se refere no estudo supracitado.

4.6. Altura Máxima dos Encontros

A altura máxima dos encontros foi definida no requisito GL: 1417 do documento O-GA-O-AF-NOT0024-OC de 15-06-2005 que passamos a transcrever:

“Na transição de viaduto/ponte para aterro a altura do aterro deverá ser o mais baixa possível e nunca exceder 10 m.”

Atendendo que um dos pontos mais críticos na exploração de uma linha de alta velocidade, são as zonas de transição entre as obras de arte e os aterros, este requisito foi respeitado na integra, com especial relevo na restrição de nunca exceder 10 m de altura de aterro na zona dos encontros.

4.7. Condicionantes de Infra-estruturas de Gás, Águas e Electricidade

No traçado proposto as infra-estruturas mais relevantes que interferem com os viadutos dizem respeito às infra-estruturas de Gás e Águas, tendo sido analisadas várias soluções que seguiram os seguintes critérios:

- condicionar a implantação dos pilares e encontros por forma a minimizar as interferências com as condutas e gasodutos mais importantes;
- quando se verifique que a interferência das condutas condiciona a solução estrutural dos viadutos, a ponto de exigir o recurso a soluções estruturais pouco económicas, complexas e de difícil integração paisagística, foi equacionada a hipótese de alterar os traçados das condutas;
- na impossibilidade de alterar traçados das infra-estruturas, admitiu-se transpor as condutas através de estruturas de protecção às mesmas, interferindo com a denominada “Faixa de Respeito”. Considerou-se que esta solução só é aplicável aos pilares e encontros dotados de fundações indirectas.

No que diz respeito à interferência das linhas eléctricas aéreas ou infra-estruturas eléctricas subterrâneas, admitiu-se sempre a alteração dos seus traçados.

No Volume 12 - Obras Acessórias: Serviços Afectados, apresenta-se o estudo pormenorizado dos serviços afectados.

5. SOLUÇÕES ESTRUTURAIS

5.1. Considerações Gerais

As obras de arte em dimensionamento foram consideradas, para todas as soluções, para velocidades máximas de 350 km/h e com tráfego destinado unicamente a passageiros. Considerou-se que o tráfego ferroviário será mais pesado que o normal, tendo-se adoptado um coeficiente 1,21 para as cargas verticais do “Model 71” (Eurocode 1, Part2).

O betão armado foi o material escolhido para a generalidade dos elementos constituintes das obras de arte, fundações, pilares e encontros, tendo sido ponderadas várias soluções estruturais para os tabuleiros, que se podem agrupar em quatro categorias distintas:

- em betão armado e pré-esforçado, betonados *in situ*;
- em betão com vigas pré-fabricadas, com ou sem pré-lajes;
- estrutura em aço e plataforma de suporte da via em betão;
- mistas betão/aço.

Nos processos construtivos, destacam-se as seguintes técnicas de execução dos tabuleiros:

- construção tramo a tramo;
- construção por avanços sucessivos;
- construção por avanços incrementais;
- construção total ou parcial das estruturas em estaleiro e transporte para o local.

Nesta fase do estudo pretende-se apresentar uma solução representativa do custo das obras de arte, assumindo o factor económico uma importância primordial, tendo como horizonte de durabilidade um prazo de 100 anos. Sendo assim e apenas no âmbito deste estudo, em que se desconhecem os meios que irão estar disponíveis para a construção, prazos, sistema de qualidade a implementar, serão apresentadas soluções que, à partida, permitem garantir uma boa qualidade de construção e com encargos de manutenção praticamente inexistentes, para uma vida útil de 100 anos, desde que, obviamente, sejam bem executadas. Nestas condições, optou-se por apresentar soluções em betão armado e/ou pré-esforçado com execução *in situ*.

As obras de betão pré-fabricadas têm como principal motivação a economia, que é conseguida à custa da racionalização dos meios de construção, exigindo uma menor quantidade de mão-de-obra, minimizando a utilização de cavaletes em obra e consequentemente reduzindo os prazos de execução. No entanto, as estruturas pré-fabricadas são vistas como um factor de economia, existindo uma grande tentação para descurar a sua qualidade estrutural, bem como a sua estética, pelo que, para este tipo de obras deverão ser definidas regras muito específicas no sentido de garantirem uma qualidade estrutural e durabilidade, equivalentes ou superiores às tradicionais betonadas *in situ*.

A utilização deste tipo de obras para tráfego ferroviário de alta velocidade, tem relevado alguns problemas, nomeadamente ao nível das zonas de ligação entre as peças pré-fabricadas, resultando em deformações acima das previstas sobretudo devido à fissuração e a uma ineficiente ligação entre os betões pré-fabricados e as betonagens *in situ*. É importante referir que este tipo de estruturas, quando comparadas com as tradicionais betonadas *in situ* e para esbeltezas equivalentes, conduz inevitavelmente a quantidades superiores de materiais, que, em termos de custos, são compensadas nos prazos mais curtos e nos processos de execução.

O elevado custo actual do aço, inviabiliza a utilização de estruturas metálicas ou mistas para os viadutos correntes, se olharmos apenas ao factor custo, determinado com base em critérios de medição de quantidades. No entanto, as estruturas metálicas poderão ser soluções muito interessantes, para situações específicas, em que o factor prazo seja restritivo das soluções tradicionais, quando existirem condicionantes que favoreçam os métodos construtivos típicos das estruturas metálicas ou mistas e para grandes vãos. As principais desvantagens destas soluções, para além do preço, prendem-se com os custos de manutenção das infra-estruturas, na exigência de um controlo de qualidade de construção muito rigoroso e exigência de uma mão-de-obra muito especializada. Existe também um factor extremamente importante, que condiciona sobremaneira a competitividade de estruturas metálicas, ou mistas, que diz respeito às regras vigentes em Portugal no transporte de peças de grandes dimensões, limitando o peso máximo a 400 kN e a largura em 4,0 m. Esta condicionante limita as soluções estruturais, aumenta a quantidade de trabalhos de soldadura e sua protecção a executar em obra, agravando os prazos e subindo os custos. Como grande vantagem dos aços e que deverá ser devidamente ponderada a um nível global, refere-se ao facto de os aços, quando produzidos nos fornos de arco eléctrico, serem praticamente 100% recicláveis.

Importa referir ainda que as soluções apresentadas são gerais, no sentido de uma economia e qualidade global e que poderão existir casos particulares com condicionantes, onde soluções diferentes das propostas possam ser mais vantajosas.

Nesta fase não foram tidas em consideração limitações nos recursos disponíveis, pelo que o número de frentes de trabalho será definido em função do prazo.

5.2. Descrição das Soluções Estruturais

5.2.1. Introdução

A escolha das secções transversais dos tabuleiros resultou de um estudo em que foram analisadas várias soluções, resumindo-se de seguida as análises mais relevantes:

- foram comparadas soluções com dois tabuleiros independentes versus plataforma única, tendo-se concluído que dois tabuleiros teriam custos consideravelmente superiores, para as situações correntes e que só seriam soluções equilibradas se a distância entre vias fosse superior;
- foram analisadas estruturas mistas, tanto para a solução de um tabuleiro como dois tabuleiros individuais e foram consideradas soluções mistas com vigas metálicas, tendo-se concluído que para vãos correntes entre 30 a 50 m, os custos são consideravelmente superiores, pelo que estas soluções deverão ser competitivas nos casos em que as condicionantes construtivas favoreçam os métodos construtivos próprios destas estruturas;
- procurou-se que as secções transversais dos tabuleiros tivessem um bom comportamento à torção, uma vez que nas soluções com tabuleiro único, as sobrecargas actuam excentricamente ao eixo do tabuleiro.

Depois de estudadas as características e condicionantes de cada uma das obras, que constitui o estudo Lisboa-Ota, procurou-se, tanto quanto possível, uma uniformização das soluções, tendo-se agrupado as soluções de acordo com o seu vão corrente.

5.2.2. Tabuleiros

Nas soluções que se apresentam de seguida, os viadutos são constituídos por um tabuleiro único que comportará as duas vias, em betão armado e pré-esforçado e são betonadas *in situ*.

Foram consideradas, para os viadutos correntes, diversas soluções, que se agruparam em três tipos de acordo com o vão corrente, considerado como o mais económico, cobrindo uma gama de vãos variável mantendo-se a secção transversal e variando a quantidade de pré-esforço.

As obras especiais, existentes nos cruzamentos de vias ferroviárias com grande viés, serão descritas individualmente.

5.2.2.1. Vãos de 25,0 m (Máximo de 30,0 m)

Solução 1 - Laje Vigada

A solução estrutural do tabuleiro é formada por cinco vigas longitudinais, com uma altura constante de 1,80 m, em betão armado e pré-esforçado, ligadas entre si por uma laje de espessura constante com 0,35 m, que se estende transversalmente em consolas, de espessura variável. As vigas apresentam uma largura na face inferior de 0,60 m no vão, aumentando para 0,80 m junto aos apoios.

Os tabuleiros são pré-esforçados longitudinalmente com um traçado corrente para viadutos executados tramo a tramo.

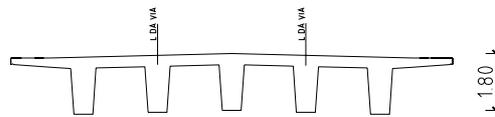


Figura 4

Métodos construtivos - Obras executadas tramo a tramo tipicamente por intermédio de cavalete com apoio contínuo no solo e sistemas vigados ou treliçados em zonas localizadas, sempre que as condicionantes assim o exigam (vias atravessadas, linhas de águas, condutas, túneis, galerias, etc.). Este tipo de solução não será muito interessante, no entanto poderá servir de base para uma estrutura pré-fabricada.

Solução 2 - Laje Nervurada

A solução estrutural do tabuleiro é constituída por uma nervura longitudinal com uma largura na base com 5,50 m, prolongando-se transversalmente em consola com espessura variável, cada uma medindo 3,75 m. A nervura é vazada por intermédio de furos com 1,20 m de diâmetro e sobre os apoios, nos pilares e nos encontros, a nervura é maciça numa extensão de 3,0 m, 1,50 m para cada lado do eixo de apoio.

Os tabuleiros são pré-esforçados longitudinalmente com um traçado corrente para viadutos executados tramo a tramo.

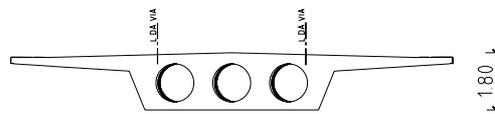


Figura 5

Métodos construtivos - Obras executadas tramo a tramo, tipicamente por intermédio de cavalete com apoio contínuo no solo e sistemas vigados ou treliçados em zonas localizadas, sempre que as condicionantes assim o exigam (vias atravessadas, linhas de águas, condutas, túneis, galerias, etc.).

5.2.2.2. Vãos de 30,0 m (Máximo de 38,0 m)

A solução estrutural do tabuleiro é constituída por uma nervura longitudinal, com uma altura constante de 2,0 m, em betão armado e pré-esforçado, com três vazamentos, dois com diâmetro igual a 1,30 m e um, o central, com diâmetro igual a 1,40 m. A largura inferior da nervura é igual a 5,40 m. Sobre os apoios dos pilares e encontros a nervura é cheia em 3,0 m, 1,50 m para cada lado do eixo. A nervura prolonga-se transversalmente em consolas de espessura variável com 3,40 m de largura cada uma.

Os tabuleiros são pré-esforçados longitudinalmente com um traçado corrente para viadutos executados tramo a tramo.

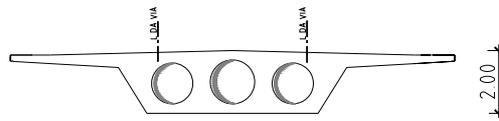


Figura 6

Métodos construtivos - Obras executadas tramo a tramo, tipicamente por intermédio de cavalete com apoio contínuo no solo e sistemas vigados ou treliçados em zonas localizadas, sempre que as condicionantes assim o exigirem (vias atravessadas, linhas de águas, condutas, túneis, galerias, etc.).

5.2.2.3. Vãos de 40,0 m (Máximo de 50,0 m)

O tabuleiro é constituído por uma viga contínua em caixão unicelular, cujas almas estão ligadas superiormente por uma laje de betão armado com secção variável que se prolonga exteriormente nas consolas, de espessura variável, e inferiormente por uma laje que aumenta de espessura assim que se aproxima dos apoios dos pilares, apresentando a meio vão uma espessura de 0,25 m e nos apoios 0,60 m.

A altura do caixão é constante e igual a 3,40 m ao longo de todo o comprimento do tabuleiro. As almas do caixão apresentam uma espessura constante de 0,60 m.

Os tabuleiros são pré-esforçados longitudinalmente com três famílias de cabos:

- cabos com um traçado corrente para viadutos executados tramo a tramo;
- cabos superiores, rectos, localizados na zona dos apoios;
- cabos inferiores rectos que cobrirão a zona dos momentos positivos.

Prevendo a eventualidade de, no futuro, poder ser necessário reforçar os tabuleiros, é desde já prevista a colocação dos dispositivos necessários para a realização desse reforço, através da utilização de pré-esforço aderente.

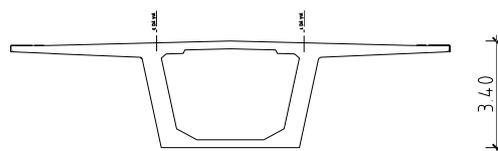


Figura 7

Métodos construtivos - Obras executadas tramo a tramo, por intermédio de uma viga de lançamento, metálica, correntemente apoiada nos pilares e nos quintos de vão.

5.2.2.4. Vãos de 50,0 m (Máximo de 60,0 m)

Secção em tudo idêntica à referida anteriormente, mas com uma altura constante e igual a 3,80 m, almas com 0,60 m, variando a espessura da laje inferior entre 0,25 m no meio vão e 0,65 m sobre os apoios.

5.2.2.5. Vãos de 70,0 m e 80,0 m

O tabuleiro é constituído por uma viga contínua em caixão unicelular de altura variável, variando de acordo com uma função parabólica, sendo que a secção de meio vão é idêntica à definida para os vãos de 40,0 m. Nos apoios a secção terá uma altura de 5,40 m e 6,30 m para os vãos de 70,0 m e 80,0 m respectivamente.

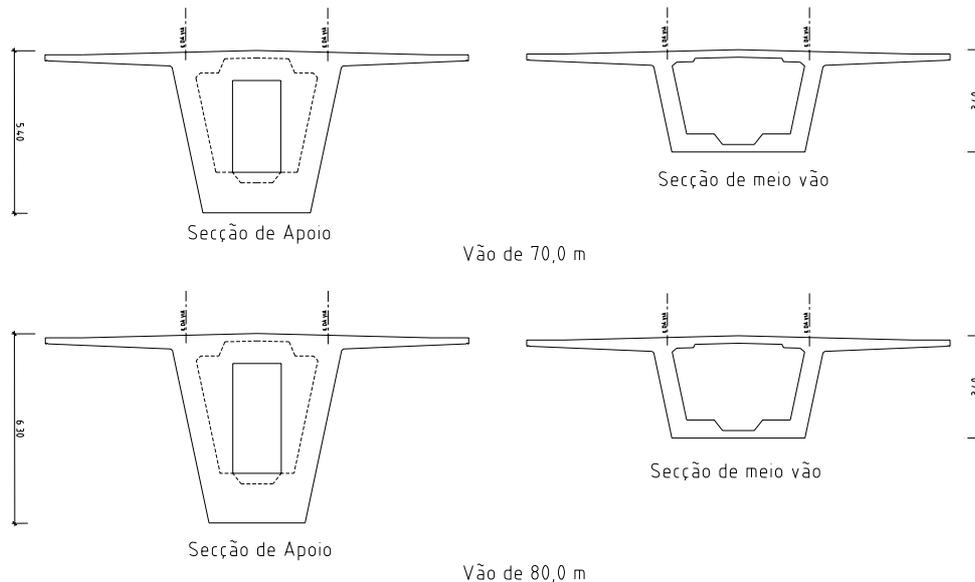


Figura 8

Métodos construtivos - Tabuleiro tipicamente executado por avanços sucessivos, construído a partir das aduelas de encabeçamento dos pilares e com aduelas betonadas simetricamente por intermédio de cimbrês metálicos. Terminada a construção de cada par de consolas, a continuidade do tabuleiro é estabelecida, entre tramos, por intermédio de troços designados por aduelas de fecho.

5.2.2.6. Vãos de 120,0 m

Para vãos de 120,0 m a concepção da estrutura segue os mesmos princípios das de 70,0 e 80,0 m, com uma altura de 10,0 m no apoio e 3,80 m no meio vão. A variação da altura da secção será realizada numa zona onde as almas são verticais, que permite manter a largura do banzo inferior constante sem a redução drástica que ocorre nas secções de grande altura com almas inclinadas. Do ponto de vista estético, resulta uma estrutura com aspecto de um arco (zona de variação com almas rectas) onde se apoia uma secção em caixão de altura constante. Desta forma, consegue-se uma transição extremamente harmoniosa para tramos contíguos com secções de altura constante.

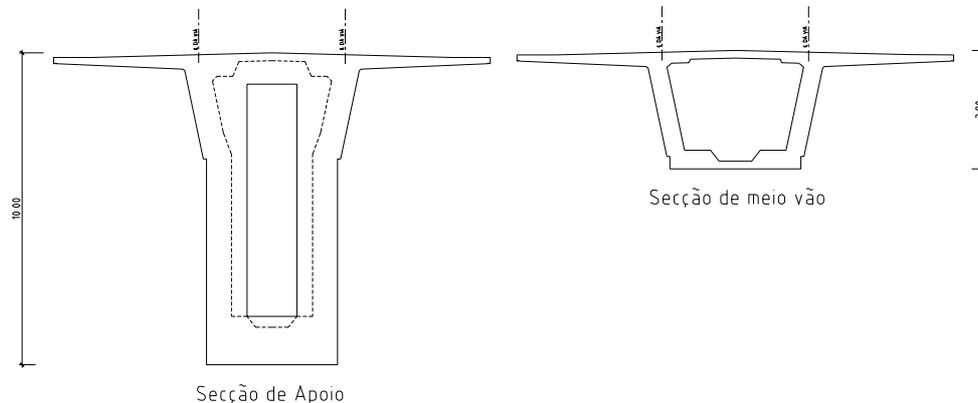


Figura 9

Métodos construtivos - Tabuleiro tipicamente executado por avanços sucessivos, construído a partir das aduelas de encabeçamento dos pilares e com aduelas betonadas simetricamente por intermédio de cimbres metálicos. Terminada a construção de cada par de consolas, a continuidade do tabuleiro é estabelecida, entre tramos, por intermédio de troços designados por aduelas de fecho.

5.2.3. Pilares e Fundações

As condicionantes para a escolha do tipo de pilares serão essencialmente factores de natureza estética e económica, tendo sido condicionados pelos seus elevados esforços verticais, resultantes das sobrecargas regulamentares.

Os pilares serão de betão armado betonados *in situ* e de acordo com os elementos disponíveis a altura máxima poderá atingir aproximadamente 50 m.

Os pilares foram definidos em função dos tramos e são propostas várias soluções estéticas para pilares com alturas inferiores a 35,0 m, que se ilustram nas Figuras 10 a 12. Para alturas superiores a 35,0 m, a secção transversal do pilar aumenta de dimensões segundo uma variação parabólica, à medida que nos aproximamos da base do pilar.

Os pilares serão responsáveis pela absorção das forças horizontais induzidas pelos comboios devido aos efeitos de arranque e/ou frenagem e forças transversais, bem como das forças sísmicas.

A utilização de aparelhos de amortecimento dinâmico serão sempre uma opção a ter em consideração, que só poderá ser devidamente quantificada depois de definidas regras para as acções específicas dos comboios e dos sismos, com especial relevância nos critérios a definir para a sua simultaneidade e condições de circulação durante, ou após, a ocorrência de um sismo.

A definição do tipo de fundações dos pilares é apresentada e justificada no Volume 03 - Geologia e Geotecnia, tendo-se admitido genericamente que até profundidades de 8,0 m, seriam adoptadas fundações directas e as restantes seriam indirectas realizadas por intermédio de estacas. Nos desenhos de dimensionamento geral dos viadutos, indica-se o tipo de fundação e o comprimento estimado para as estacas. Quanto às estacas, nesta fase os elementos disponíveis não são suficientes para definir diâmetros e configurações das sapatas/maciços de encabeçamento, no entanto, estimou-se que para os vãos mais frequentes

de, 30,0 m, 40,0 m e 50,0 m, serão adoptados maciços de 4 estacas com diâmetros de 1,4 m, 1,6 m e 1,8 m, respectivamente.

5.2.3.1. Pilares para Viadutos Executados Tramo a Tramo ou por Lançamento Incremental

Foi analisada a hipótese de existirem dois pilares por alinhamento, no entanto, para vãos acima de 30,0 m, concluiu-se que as dimensões de cada um dos pilares e suas respectivas distâncias teriam, do ponto de vista estético, resultados semelhantes a um pilar único, solução esta que foi adoptada para todos os viadutos. Nesta fase foram estudados pilares para as várias soluções estruturais, em função dos seus vãos e tipo de tabuleiro.

Solução 1 - Pilar Riscado

A secção transversal foi desenvolvida a partir de uma secção rectangular facetada nos cantos, em betão armado, constante ao longo do fuste, apresentando nas faces aparentes de maior dimensão um acabamento por forma a conferir uma geometria “canelada e/ou riscada”, outorgando ao pilar um aspecto estético agradável, ao quebrar a continuidade da sua grande superfície de betão. Nos 7,0 m do topo do pilar, a secção corrente aumenta de dimensões transversalmente, para poder receber o tabuleiro.

Estes pilares são usados nos tabuleiros para vãos base de 30,0 m, 40,0 m e 50,0 m, resumindo-se nos quadros 1 e 2 as dimensões das secções transversais dos pilares.

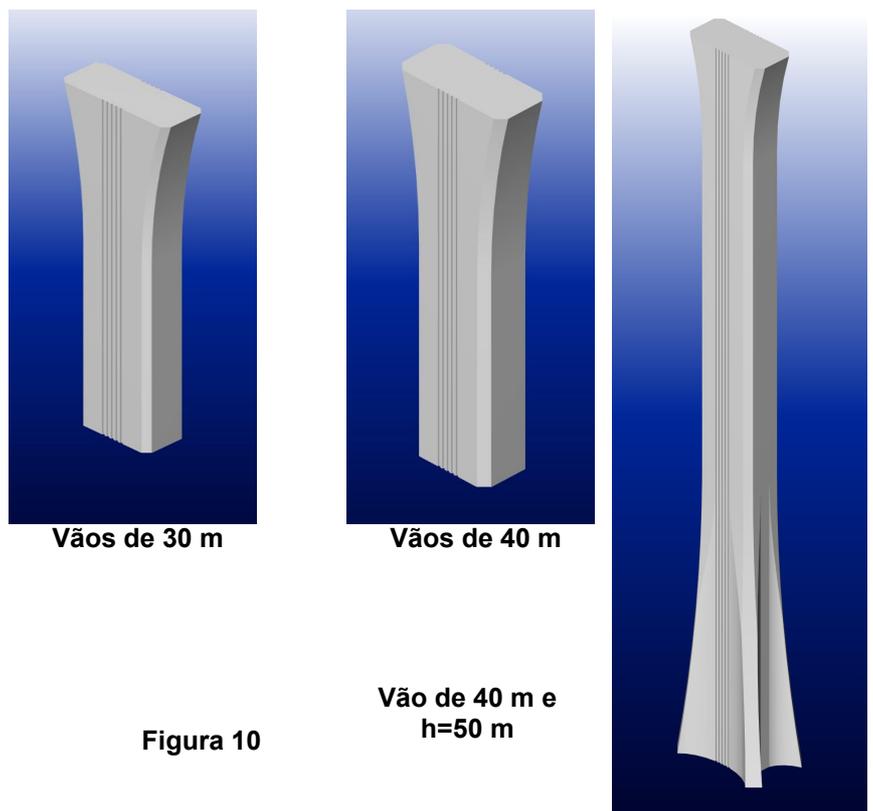


Figura 10

QUADRO 1

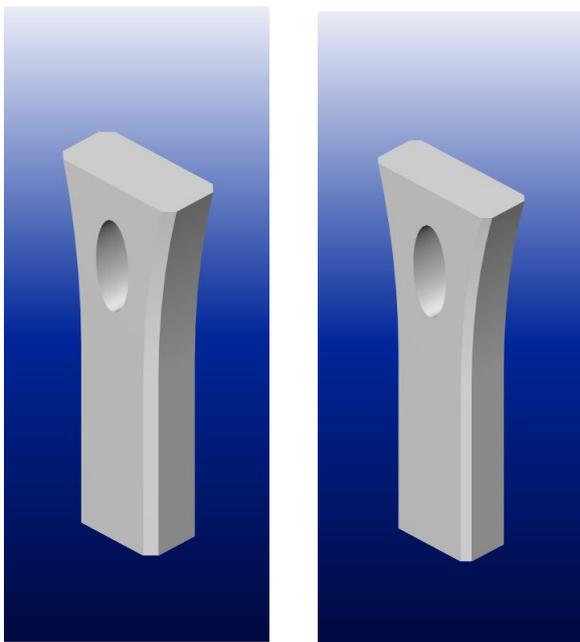
Pilares com h < 35,0 M	Vãos 30,0 Ms	Vãos 40,0 Ms	Vãos 50,0 Ms
Secção do Fuste	2,00 x 3,40	2,40 x 3,60	2,40 x 4,20
Secção do Topo	2,00 x 5,30	2,40 x 5,30	2,40 x 5,30

QUADRO 2

Pilares com h > 35,0 M	Vãos 30,0 Ms	Vãos 40,0 Ms	Vãos 50,0 Ms
Secção do Fuste	2,00 x 3,40	2,40 x 3,60	2,40 x 4,20
Secção do Topo	2,00 x 5,30	2,40 x 5,30	2,40 x 5,30
Secção da Base para h=50,0 M	-----	4,00 x 6,00	4,00 x 6,00

Solução 2 - Pilar com Furo Elíptico

Os pilares um por eixo de apoio, apresentam uma secção transversal derivada de uma secção rectangular facetada nos cantos, sendo em betão armado, constante ao longo do fuste, excepto nos 7,0 m do topo do pilar onde a secção aumenta de dimensões transversalmente, podendo assim receber o tabuleiro.



Vãos de 30 m

Vãos de 40 m

Figura 11

Estes pilares foram dimensionados para viadutos com vãos base de 30,0 e de 40,0 m apresentando-se, de seguida um desenho esquemático e as dimensões consideradas.

Estes pilares serão geralmente usados para alturas entre 7,0 a 20,0 m, e por forma a aligeirar o impacto visual, considerou-se um furo de forma elíptica de 3,60 x 1,50 m numa zona do pilar que não interfere com o comportamento estrutural relativamente ao pilar maciço, minimizando-se assim a superfície ampla de betão no topo dos mesmos.

QUADRO 3

	Vãos 30,0 m	Vãos 40,0 m
Secção Transversal do Fuste	2,00 x 3,40	2,40 x 3,60
Secção Transversal do Topo	2,00 x 5,30	2,40 x 5,30

Solução 3 - Vãos de 30 m (Pilar em “V”)

Foi igualmente desenvolvido um pilar com uma estética mais elaborada, que apresenta uma secção transversal desenvolvida a partir de uma forma elíptica, constante ao longo do fuste e aumentando transversalmente ao longo, à medida que nos aproximamos do topo. Nos últimos 4,0 m é bifurcado sendo que cada secção é a continuação de meia secção transversal, do fuste propriamente dito. A distância entre as duas meias secções foi estudada por forma a receber o tabuleiro.

As dimensões da secção transversal do fuste do pilar são de 2,0 m na direcção longitudinal e de 3,60 m na direcção transversal. Os pilares disporão de dois conjuntos de três tubos de aço, que, além de conferir um efeito estético, destinam-se a contraventar os dois montantes que recebem o tabuleiro no caso dos reacções do tabuleiro serem transmitidas através de aparelhos de apoio.

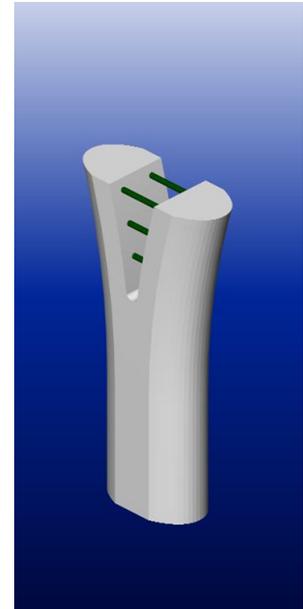


Figura 12

5.2.3.2. Pilares para Viadutos Executados por Avanços Sucessivos

Neste tipo de viadutos os pilares têm alturas inferiores a 35,0 m pelo que terão fustes de secção transversal constante, aumentando na parte superior por forma a envolver o tabuleiro. As secções correntes são tubulares e o contorno exterior foi desenvolvido a partir de uma forma rectangular, conforme se ilustra esquematicamente na Figura 13.

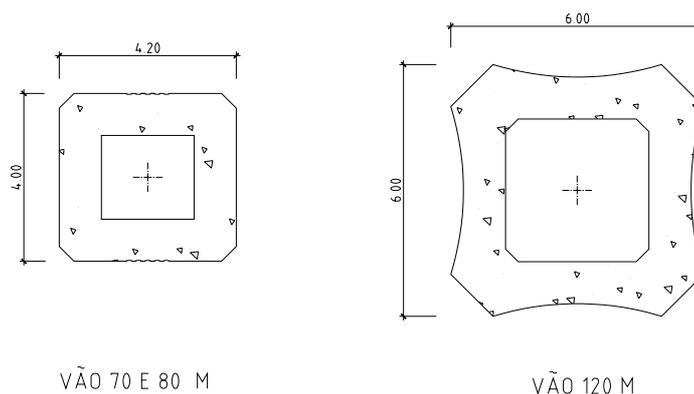


Figura 13

5.2.3.3. Pilares de Transição

Nesta fase os pilares de transição não foram dimensionados e apenas vão indicados nas peças desenhadas com o objectivo de definir a zona das juntas dos tabuleiros.

5.2.4. Encontros e Aterros de Transição

Os encontros das obras de arte ferroviárias, revestem-se de características muito especiais, porque em conjunto com os aterros de transição são frequentemente um dos pontos mais críticos para uma eficiente exploração dos empreendimentos da alta velocidade, podendo constituir um factor condicionante nas velocidades dos comboios e no conforto dos passageiros e até mesmo na sua segurança. As cunhas de transição deverão ser estudadas por forma a permitir uma variação gradual da rigidez na passagem do aterro para a obra de arte e concebida por forma a reduzir ao mínimo os assentamentos diferenciais.

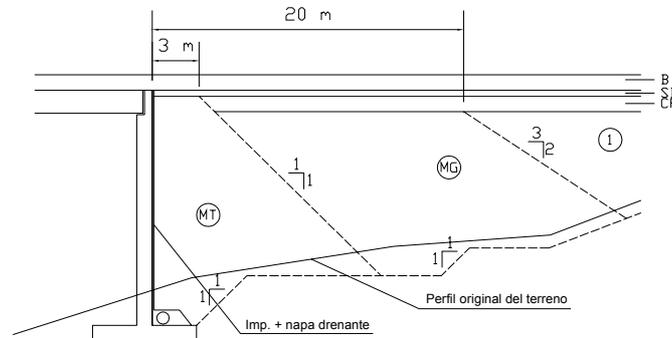
Nesta fase do projecto, dado que os encontros dos viadutos terão alturas inferiores a 10,0 m, considerou-se que os encontros serão do tipo semi-perdido, constituídos superiormente pela viga de estribo onde se apoia o tabuleiro e inferiormente por uma sapata, ligadas monoliticamente por montantes, que por sua vez serão travados transversalmente, por um muro destinado a confinar os aterros de aproximação.

A definição das cunhas de transição depende das características geológicas e geotécnicas dos solos, pelo que serão definidas, caso a caso, numa fase mais avançada do projecto. Nas normas Francesas UIC, ficha N 719, são ilustrados alguns exemplos de disposições apropriadas para assegurar uma transição de rigidez uniforme e que minimize os assentamentos diferenciais. No entanto, deverá ser com base na experiência adquirida nas obras realizadas para linhas ferroviárias de alta velocidade noutros países, que deverão ser estabelecidas regras para definir as cunhas de transição.

“....

Na execução dos aterros nas zonas de transição com as obras de arte, executar-se-ão cunhas de transição de acordo com as “instruções e recomendações para a redacção de projectos de plataforma, IGP-04” do GIF. Na figura seguinte inclui-se o esquema da transição terrapleno - obra de fábrica.

ENCONTROS



DETALHE

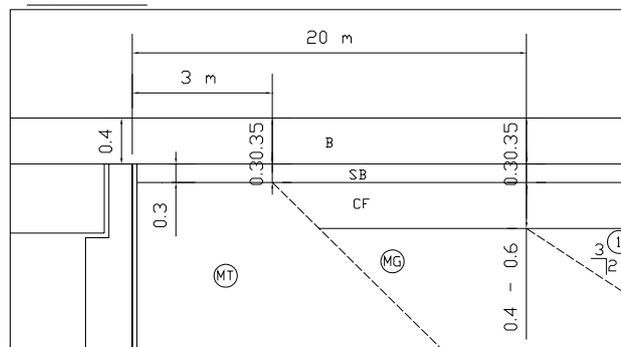


Figura 14

As linhas presentes na figura não indicam um talude real a executar, mas definem o limite aproximado e a altura de cada camada do aterro, com os distintos tipos de materiais:

- 1 - Material para núcleo e parte superior do aterro (coroamento).
- MG - Material granular.
- MT - Material tipo MG misturado com cimento.

...”

5.2.5. Juntas de Dilatação de Via e Juntas nos Tabuleiros

Nas obras de arte para o tráfego ferroviário de alta velocidade, como princípio geral, por questões de conforto e de manutenção da via, os aparelhos de dilatação de via devem ser reduzidos ao mínimo. Por forma a eliminar a sua utilização, o Eurocódigo 1 define que, para estruturas contínuas com um extremo fixo, não devem ser superiores a 60 m para estruturas metálicas e de 90 m para estruturas de betão armado e pré-esforçado ou mistas.

De acordo com diversos estudos publicados, têm-se verificado que estes valores são conservativos e a experiência mostra que para as obras de betão armado e pré-esforçado até 105 m são admissíveis sem juntas de via, o que significa que se podem dimensionar módulos com tabuleiros contínuos até 210 m de comprimento, desde que se garanta que o ponto de deslocamento nulo se situa sensivelmente a meio da extensão do tabuleiro.

Para tabuleiros contínuos com comprimentos superiores a 210 m terão que ser aplicados

aparelhos de dilatação de via, que, segundo a escola Francesa e Alemã, não deverão ultrapassar os 450-550 m. No entanto, com os trabalhos de investigação neste domínio, tem-se assistido a uma evolução significativa no desenvolvimento de novas tecnologias que permitem aparelhos de dilatação de via para viadutos contínuos com extensões superiores a 1.000 m.

A escolha do tipo de solução a adoptar, em geral, dependerá basicamente dos requisitos a estabelecer pelo empreendimento da rede de alta velocidade, cuja decisão dependerá muito dos critérios de investimento, ponderando entre investimento inicial *versus* manutenção, pelo que só em presença de um estudo aprofundado sobre este assunto se poderão tomar opções.

Importa realçar que os viadutos extensos sem aparelhos de via, terão os custos incrementados devido a um maior número de juntas nos tabuleiros, custos adicionais resultantes de um maior número de pilares de transição, mais aparelhos de apoio, mais pré-esforço, mais juntas de dilatação na estrutura, um maior número de tramos extremos e um processo construtivo mais complexo e menos sistematizado.

No presente estudo, procurou-se minimizar as juntas de dilatação de via nos viadutos com soluções em laje nervurada, enquanto que nas soluções em viga caixão, admitiu-se, à partida, a existência destes aparelhos.

5.2.6. Vias Balastradas e Não Balastradas

Actualmente para as redes de AV são usadas duas soluções para a via, balastrada e não balastrada, sendo a primeira a mais utilizada com vantagens nos custos de construção mas apresentando custos de manutenção mais elevados. A quantidade de parâmetros que intervêm na decisão de escolher qual a melhor opção, é de tal maneira complexa, que se justifica um estudo aprofundando sobre esta matéria, referindo-se alguns dos seus principais aspectos a ter em atenção:

Nas Vias Balastradas:

- custos de construção significativamente inferiores relativamente às soluções não balastrada;
- fácil correcção da altimetria em caso de assentamento ou flechas nas obras de arte;
- boa amortização acústica, tanto aérea como devida ao rolamento dos comboios (cerca de 4 db a menos relativamente às vias correntes não balastradas);
- procedimentos de conservação acreditados e optimizados pela experiência e com tempos de interrupção de via inferiores;
- fácil execução de uniões de via, nomeadamente zonas de escape e desvios;
- problemas de instabilidade com o balastro para altas velocidades. No entanto, a escolha adequada do balastro permite velocidades cada vez mais elevadas;
- um maior peso relativamente às vias não balastradas, embora com vantagem na redução das frequências de vibração verticais.

Nas Vias Não Balastradas:

- redução drástica dos custos de manutenção;
- aumento de estabilidade lateral;

- eliminação da instabilidade do balastro sobretudo altas velocidades;
- bom comportamento em situações de descarrilamento;
- a construção exige um controlo muito mais rigoroso e quando ocorrem erros na sua montagem, geralmente resultam em trabalhos de reparação muito dispendiosos, ao contrário das vias balastradas;
- não existe uma tipologia que reúna o consenso unânime, sobre qual a melhor solução para a via não balastrada;
- as primeiras soluções de vias não balastradas revelaram problemas que não se previam ocorrerem a tão curto prazo. Novas soluções foram desenvolvidas, mas ainda são demasiado recentes para se possa concluir das suas reais vantagens em termos de manutenção e durabilidade, pelo que a adopção deste tipo de via envolve sempre um certo risco.

Muito dos aspectos referidos anteriormente foram obtidos numa série de artigos publicados em Espanha sobre as linhas de alta velocidade, nomeadamente nas publicações das revistas de Obras Públicas.

No presente estudo considerou-se que as vias dos viadutos são balastradas, solução esta que nos parece ser a mais razoável para a generalidade dos viadutos, sobretudo porque envolve um menor risco na previsão na sua durabilidade e manutenção, bem como na sua execução.

5.3. Processos Construtivos

As estruturas apresentadas foram desenvolvidas por forma a simplificar ao máximo os processos construtivos, evitando a utilização de carlingas e variações em altura das secções, factores estes que complicariam as cofragens dos tabuleiros e a sua movimentação.

Os processos de execução das fundações, pilares e encontros são os usuais em viadutos de betão armado e pré-esforçado, pelo que não lhes faremos aqui referência especial.

Nos viadutos onde a distância entre o solo e a rasante não ultrapasse os 25,0 m, prevê-se que o tabuleiro venha a ser construído tramo a tramo, entre quintos de vão e com auxílio de cavaletes apoiados no solo, desde que os terrenos o permitam. Para alturas superiores e um número de vãos superior a dez, o processo construtivo mais adequado será tramo a tramo, recorrendo a vigas de lançamento apoiadas nos pilares e nos quintos de vão ou nos pilares. A solução de asnas apoiadas nos pilares, até tramos de 30,0 m, poderá ser muita atractiva em zonas de solos com fraca capacidade de suporte.

Para os vãos superiores a 60,0 m, em que as secções são vigas-caixão de altura variável, o método tradicional será o de avanços sucessivos.

O método por avanços incrementais será uma opção a considerar, desde que os viadutos se encontrem inseridos em zonas de traçado recto ou de curvatura constante, tanto em perfil longitudinal como em planta e com espaço para montar o estaleiro num dos encontros.

6. VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA E MÉTODOS DE CÁLCULO

Embora nesta fase não fossem exigidos cálculos, neste item pretende-se fazer uma breve referência aos cálculos efectuados.

O pré-dimensionamento das obras de arte foi feito com base na experiência adquirida em estruturas do mesmo tipo e foram montados modelos estruturais simplificados, representando

as estruturas com as seguintes modelações:

- modelo com 10 tramos com vãos extremos e intermédios de 25 m;
- modelo com 10 tramos para vãos extremos e intermédios de 30 m;
- modelo com 10 tramos para vãos extremos e intermédios de 40 m;
- modelo com 10 tramos para vãos extremos e intermédios de 50 m.

Foram consideradas as seguintes acções: peso próprio de tabuleiro, restante carga permanente, variações de temperatura, uniformes e diferenciais, acção do pré-esforço, acções durante a fase construtiva e sobrecargas regulamentares definidas no Eurocódigo 1.

Foram feitas as verificações de segurança para os estados limites últimos e de utilização para os tabuleiros e analisados os pilares para estados limites últimos tendo por acção base o sismo e a sobrecargas ferroviárias.

Os efeitos dinâmicos devido à passagem dos veículos regulamentares, foram estimados afectando a sobrecarga do veículo Tipo LM71, por um coeficiente dinâmico dependendo do vão.

Seria possível enumerar mais aspectos abordados, mas referimos apenas os que nos pareceram mais importantes.

Na verificação de segurança recorreu-se a programas de cálculo, que se descrevem de seguida:

TDV - RM 2000/GP2000

Programa de cálculo estrutural da TDV (Technische Daten Verarbeitung) de Graz, na Áustria, especificamente adaptado para o cálculo de pontes.

O programa tem inúmeros aspectos característicos importantes, sempre relacionados com a tecnologia de ponta para o cálculo de pontes, mas como mais características e significativas poder-se-á citar:

- modelos compostos por elementos lineares assentes numa formulação incorporando *offsets* rígidos integrados na formulação matemática e baseados nas propriedades colhidas a partir de secções transversais descritas e definidas pela técnica dos elementos finitos, permitindo a sua integração para determinação das várias características estruturais e permitindo inversamente a determinação “correcta” dos esforços na secção por *back substitution* dos esforços encontrados pela análise do modelo de cálculo para o conjunto de acções e respectivas combinações definidos;
- possibilidade de consideração de fases construtivas e respectiva acumulação de tensões de uma forma muito compreensiva e eficaz;
- possibilidade de geração de cabos de pré-esforço internos ou externos à secção e determinação de todas as perdas imediatas e diferidas, bem como demais efeitos do pré-esforço na redistribuição dos esforços na estrutura e resistência às acções de cálculo;
- consideração e cálculo dos efeitos relativos ao comportamento reológico do betão e do aço (fluência, retracção e relaxação) através de um algoritmo de uso simples e eficaz, permitindo inclusive o cálculo dos efeitos diferenciais daqueles efeitos numa secção

transversal composta por até quatro elementos diferentes, com comportamentos elásticos e/ou reológicos diferentes;

- verificação automática das condições regulamentares, quer para as condições de serviço (Estados Limites de Serviço), quer para as condições últimas (Estados Limite últimos de Resistência, ou Estabilidade).

SAP 2000

Programa de cálculo estrutural geral, largamente difundido, pelo que se dispensa uma descrição pormenorizada.

PYRUS

Para a análise e dimensionamento dos pilares, recorreu-se ao programa de cálculo automático "PYRUS", que tem em conta a não linearidade mecânica e geométrica, permitindo a análise do mesmo à flexão desviada, simples ou composta, podendo ainda analisar cada direcção independentemente. Para a definição das secções dos pilares utilizou-se o programa "FAGUS", podendo as secções apresentar uma forma poligonal qualquer, dotadas de armaduras passivas e activas, permitindo conhecer as características geométricas e mecânicas das mesmas assim como o cálculo da verificação da resistência numa secção submetida à flexão segundo um ou dois eixos e a um esforço axial, com base na hipótese que a secção permanece plana.

FAGUS

Programa de cálculo de secções transversais de qualquer tipo e/ou material, fazendo verificações ou dimensionamento à flexão e ao esforço transversal, podendo tratar secções compósitas e levando em consideração a acção dos cabos de pré-esforço para o caso de secções de betão armado e pré-esforçado.

7. DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO ADOPTADA PARA CADA UM DOS VIADUTOS

7.1. Introdução

Far-se-á de seguida uma descrição para cada um dos viadutos, focando as suas principais características. Nas condicionantes, os requisitos indicados tem por base o documento 0-GA-0-AF-NOT0024-0C.

No Anexo 1 que acompanha esta memória, são apresentados os quadros resumos para cada um dos viadutos, de acordo com o solicitado no documento 0-GA-0-AF-NOT0032-0B, indicando-se a designação de cada obra, a informação que o justifica, o km de Início e do fim, a largura do tabuleiro, comprimento da obra e a área do tabuleiro em planta.

Solução A

V.OLN-1 - Viaduto sobre a Rua Dr. Miguel Bombarda (Eixo OLN)

- Condicionantes que justificam e localizam o viaduto:
 - condicionamento hidráulico - atravessamento de linha de água;
 - condicionamento rodoviário - atravessamento da Rua Dr. Miguel Bombarda;

- requisito - altura da rasante superior a 15,0 m;
- requisito - limites do viaduto definidos pela altura máxima dos encontros igual a 10,0 m.
- Modulação:
 - 1 módulo - $28,0 + 3 \times 35,0 + 28,0 = 161,0$ m;
 - extensão = 161,0 m.
- Tabuleiro:
 - solução estrutural base -> laje nervurada - vão de 35,0 m.
- Altura dos pilares:
 - Hmax = 15,00 m Hmin= 13,00 m.
- Processo construtivo:
 - tramo a tramo com cavalete e apoio contínuo no solo. Sobre a linha de água e a Rua Dr. Miguel Bombarda com asnas metálicas apoiadas em torres.
- Tipo de fundação:
 - conforme indicado nas peças desenhadas.

Solução B1

VOS.3-3 - Viaduto sobre o Rio Trancão (Sub-eixo OS.3.2)

- Condicionantes que justificam e localizam o viaduto:
 - condicionamento hidráulico - atravessamento do Rio Trancão e outras linhas de água: Neste viaduto considerou-se que o Rio Trancão será atravessado com um vão de 80,0 m. No entanto, com os elementos disponíveis, nada indica que o vão tenha que ser superior a 40,0 m. Este vão foi encarado como uma possível solução, caso existam condicionantes ou imposições desconhecidas nesta fase;
 - condicionamento de infra-estruturas - condutas de gás (km 6+790);
 - condicionamento rodoviário - vários caminhos;
 - condicionantes de ordem ambiental (Volume 18 - Estudo de Impacte Ambiental);
 - requisito - altura da rasante superior a 15,0 m;
 - requisito - limites do viaduto definidos pela altura máxima dos encontros igual a 10,0 m.
- Modulação:
 - 1 módulo - $32,00 + 11 \times 40,0 = 472,0$ m;
 - 2 módulo - $2 \times 40,0 + 50,0 + 80,0 + 50,0 + 5 \times 40,0 + 32,0 = 492,0$ m;
 - extensão = 964,0 m.
- Tabuleiro:
 - solução estrutural base do 1.º módulo -> laje viga-caixão - vão de 40,0 m;

- Processo construtivo:
 - em todos os módulos → tramo a tramo com viga de lançamento.
- Tipo de fundação:
 - conforme indicado nas peças desenhadas.

V1.1-2 - Viaduto sobre a CREL (Eixo 1.1)

- Condicionantes que justificam e localizam o viaduto:
 - condicionamento rodoviário - atravessamento da CREL, EN 116;
 - condicionamento hidráulico - atravessamento da Ribeira das Romeiras;
 - requisito - altura da rasante superior a 15.0 m.
 - requisito - Limites do viaduto definidos pela altura máxima dos encontros igual a 10,0 m.
- Modulação:
 - 1º módulo - $45,0 + 55,0 + 70,0 + 6 \times 55,0 = 500,0$ m;
 - 2º módulo - $9 \times 55,0 + 45,0 = 540,0$ m;
 - 3º módulo - $13 \times 40,0 + 30,0 = 550,0$ m;
 - extensão = 1.590,0 m.
- Tabuleiro: solução estrutural base para cada um dos módulos:
 - 1º módulo-> laje viga-caixão - Vão de 70,0 m e vão de 50,0 m;
 - 2º módulo-> laje viga-caixão - Vão de 50,0 m;
 - 3º módulo-> laje viga-caixão - Vão de 40,0 m.
- Altura dos pilares:
 - $H_{max} = 43.5,00$ m (1º módulo) $H_{min} = 4,00$ m (3º módulo).
- Processo construtivo:
 - no 1º módulo viga de lançamento e com carros de avanço;
 - nos 2º e 3º módulos viga de lançamento.
- Tipo de fundação:
 - conforme indicado nas peças desenhadas.

V1.1-3 - Viaduto sobre a Ribeira de Loureiro (Eixo 1.1)

- Condicionantes que justificam e localizam o viaduto:
 - condicionamento hidráulico - atravessamento da Ribeira de Loureiro e outra linha de água;
 - condicionamento rodoviário - CM 1250-3;
 - condicionamento de infra-estruturas - passagens sob o Viaduto do Loureiro na A10. Influência das saias do encontro do lado de Lisboa nos pilares do P3;

- requisito - altura da rasante superior a 15,0 m;
- requisito - limites do viaduto definidos pela altura máxima dos encontros igual a 10,0 m.
- Modulação:
 - 1 módulo - $32,0 + 14 \times 40,0 + 32,0 = 624,0$ m;
 - extensão = 624,0 m.
- Tabuleiro:
 - solução estrutural base -> laje viga-caixão - vão de 40,0 m.
- Altura dos pilares:
 - Hmax = 46,00 m Hmin= 8,00 m.
- Processo construtivo:
 - viga de lançamento ou por lançamento incremental.
- Tipo de fundação:
 - conforme indicado nas peças desenhadas.

V1.1- 4 - Viaduto sobre o Rio Silveira (Eixo 1.1)

- Condicionantes que justificam e localizam o viaduto:
 - condicionamento hidráulico - atravessamento do Rio da Silveira;
 - condicionamentos de infra-estruturas - conduta de gás e conduta de salmoura da SOLVAY;
 - condicionamento rodoviário - EN 10-6;
 - requisito - altura da rasante superior a 15,0 m;
 - requisito - limites do viaduto definidos pela altura máxima dos encontros igual a 10,0 m.
- Modulação:
 - 1 módulo - $34,5 + 7 \times 45,0 + 34,5 = 384,0$ m;
 - extensão = 384,0 m.
- Tabuleiro:
 - solução estrutural base -> laje viga-caixão - Vão de 40,0 m.
- Altura dos pilares:
 - Hmax = 26,00 m Hmin= 11,00 m.
- Processo construtivo:
 - viga de lançamento.
- Tipo de fundação:
 - conforme indicado nas peças desenhadas.

V1.1-5 - Viaduto da Quinta da Azibreira (Eixo 1.1)

- Condicionantes que justificam e localizam o viaduto:
 - condicionamento hidráulico - linhas de água média importância;
 - condicionamento rodoviário - EN 248-3;
 - requisito - altura da rasante superior a 15,0 m;
 - requisito - limites do viaduto definidos pela altura máxima dos encontros igual a 10,0 m.
- Modulação:
 - 1 módulo - $32,0 + 11 \times 40,0 = 472,0$ m;
 - 2 módulo - $11 \times 40,0 + 32,0 = 472,0$ m;
 - extensão = 944,0 m.
- Tabuleiro:
 - solução estrutural base -> laje viga-caixão - Vão de 40,0 m.
- Altura dos pilares:
 - Hmax = 25,00 m Hmin= 3,40 m.
- Processo construtivo:
 - viga de lançamento.
- Tipo de fundação:
 - conforme indicado nas peças desenhadas.

Solução B2

VOS.4 - Viaduto sobre o Rio Trancão (Eixo OS.4)

- Condicionantes que justificam e localizam o viaduto:
 - condicionamento hidráulico - atravessamento do Rio Trancão e outras linhas de água: neste viaduto considerou-se que o Rio Trancão será atravessado com um vão de 80,0 m. No entanto, com os elementos disponíveis, nada indica que o vão tenha que ser superior a 40,0 m. Este vão foi encarado como uma possível solução, caso existam condicionantes ou imposições desconhecidas nesta fase;
 - condicionamento de infra-estruturas - condutas de gás (km 1+960);
 - condicionamento rodoviário - vários caminhos existentes;
 - condicionantes de ordem ambiental (Volume 18 - Estudo de Impacte Ambiental);
 - requisito - altura da rasante superior a 15,0 m;
 - requisito - limites do viaduto definidos pela altura máxima dos encontros igual a 10,0 m.
- Modulação:
 - 1 módulo - $32,00 + 11 \times 40,0 = 472,0$ m;
 - 2 módulo - $2 \times 40,0 + 50,0 + 80,0 + 50,0 + 5 \times 40,0 + 32,0 = 492,0$ m;

- extensão = 964,0 m.
- Tabuleiro:
 - solução estrutural base do 1.º módulo -> laje viga-caixão - vão de 40,0 m;
 - solução estrutural base do 2.º módulo-> laje viga-caixão - vão de 80,0 m e vão de 40,0 m.
- Altura dos pilares:
 - Hmax = 31,00 m Hmin= 10,00 m.
- Processo construtivo:
 - no módulo 1 - tramo a tramo com viga de lançamento;
 - no módulo 2 - tramo a tramo com viga de lançamento e por avanços sucessivos com viga caixão de inércia variável.
- Tipo de fundação:
 - conforme indicado nas peças desenhadas.

V1.3-2 - Viaduto sobre a Ribeira da Portela de Azóia (Eixo 1.3)

- Condicionantes que justificam e localizam o viaduto:
 - condicionamento hidráulico - atravessamento da Ribeira da Portela de Azóia.
- Modulação:
 - 1 módulo - 30,0 + 36,0 + 30,0 = 96,0 m;
 - extensão = 96,0 m.
- Tabuleiro:
 - solução estrutural base -> laje nervurada - vão de 30,0 m.
- Altura dos pilares:
 - Hmed = 14,00 m.
- Processo construtivo:
 - betonada numa única fase com cavalete ao solo com apoio contínuo e sobre a Ribeira da Portela de Azóia com asnas metálicas apoiadas em torres. Em alternativa, atendendo à inclinação da encosta, a solução com asnas metálicas deverá ser a mais indicada.
- tipo de fundação:
 - conforme indicado nas peças desenhadas.

V1.3-3 - Viaduto do Bairro da Salvação (Eixo 1.3)

- Condicionantes que justificam e localizam o viaduto:
 - requisito - altura da rasante superior a 15,0 m;
 - requisito - limites do viaduto definidos pela altura máxima dos encontros igual a 10,0 m.

- Modulação:
 - 1 módulo - $24,0 + 10 \times 30,0 + 24,0 = 348,0$ m;
 - extensão = 348,0 m.
- Tabuleiro:
 - solução estrutural base -> laje nervurada - vão de 30,0 m.
- Altura dos pilares:
 - Hmax = 23,00 m Hmin= 10,00 m.
- Processo construtivo:
 - cavalete ao solo com apoio contínuo ou viga de lançamento.
- Tipo de fundação:
 - conforme indicado nas peças desenhadas.

V1.3-4 - Viaduto de Vialonga (Eixo 1.3)

- Condicionantes que justificam e localizam o viaduto:
 - condicionamento hidráulico - atravessamento da Ribeira dos Caniços e outras linhas de água;
 - condicionamento de infra-estruturas - conduta de gás e passagem sobre a Vila de Vialonga;
 - condicionamento rodoviário - caminhos , EM 501 e estradas de acesso às habitações;
 - requisito - altura da rasante superior a 15,0 m;
 - requisito - limites do viaduto definidos pela altura máxima dos encontros igual a 10,0 m.
- Modulação:
 - 1 módulo - $32,0 + 7 \times 44,0 = 340,0$ m;
 - 2 módulo - $7 \times 44,0 = 308,0$ m;
 - 3 módulo - $88,0 + 5 \times 120,0 + 80,0 = 768,0$ m;
 - 4 módulo - $36,0 + 3 \times 44,0 + 34,0 + 28,0 = 230,0$ m;
 - extensão = 1646,0 m.
- Tabuleiro:
 - solução estrutural base -> laje viga-caixão de altura variável.
- Altura dos pilares:
 - Hmax = 42,00 m Hmin = 7,00 m.
- Processo construtivo:
 - tramo a tramo com viga de lançamento nos módulos 1, 2 e 4;
 - por avanços sucessivos no módulo 3.

- Tipo de fundação:
 - conforme indicado nas peças desenhadas.

V1.3-5 - Viaduto sobre a Ribeira de Loureiro (Eixo 1.3)

- Condicionantes que justificam e localizam o viaduto:
 - condicionamento hidráulico - atravessamento da Ribeira de Loureiro;
 - requisito - altura da rasante superior a 15,0 m;
 - requisito - limites do viaduto definidos pela altura máxima dos encontros igual a 10,0 m.
- Modulação:
 - 1 módulo - $22,0 + 6 \times 28,0 + 22,0 = 212,0$ m;
 - extensão = 212,0 m.
- Tabuleiro:
 - solução estrutural base -> laje nervurada - vão de 30,0 m.
- Altura dos pilares:
 - $H_{max} = 23,00$ m $H_{min} = 5,50$ m.
- Processo construtivo:
 - cavalete ao solo com apoio contínuo e sobre a Ribeira de Loureiro com asnas metálicas apoiadas em torres, ou por lançamento incremental.
- Tipo de fundação:
 - conforme indicado nas peças desenhadas.

V1.3-6 - Viaduto sobre a EN10-6 (Eixo 1.3)

- Condicionantes que justificam e localizam o viaduto:
 - condicionamento hidráulico - atravessamento do Rio da Silveira;
 - condicionamento rodoviário - atravessamento da EN 10-6;
 - condicionamento de infra-estruturas - conduta de gás de 1º escalão e conduta de salmoura da SOLVAY;
 - requisito - altura da rasante superior a 15,0 m;
 - requisito - limites do viaduto definidos pela altura máxima dos encontros igual a 10,0 m.
- Modulação:
 - 1 módulo - $34,0 + 5 \times 40,0 + 34,0 = 268,0$ m;
 - extensão = 268,0 m.
- Tabuleiro:
 - solução estrutural base -> laje viga-caixão - vão de 40,0 m.

- Altura dos pilares:
 - $H_{max} = 12,00 \text{ m}$ $H_{min} = 6,0 \text{ m}$.
- Processo construtivo:
 - tramo a tramo com cavalete e apoio contínuo no solo. Sobre o Rio da Silveira e a EN 10-6 com asnas metálicas apoiadas em torres.
- Tipo de fundação:
 - conforme indicado nas peças desenhadas.

V1.3-7 - Viaduto sobre a Ribeira de Santo António de Alhandra (Eixo 1.3)

- Condicionantes que justificam e localizam o viaduto:
 - condicionamento hidráulico - atravessamento da Ribeira de Santo António de Alhandra;
 - condicionamento do traçado de via - PIB sobre o viaduto;
 - requisito - altura da rasante superior a 15,0 m;
 - requisito - limites do viaduto definidos pela altura máxima dos encontros igual a 10,0 m.
- Modulação:
 - 1 módulo - $30,0 + 10 \times 38,0 = 410,0 \text{ m}$;
 - 2 módulo - $11 \times 38,0 + 30,0 = 448,0 \text{ m}$;
 - extensão = 858,0 m.
- Tabuleiro:
 - solução estrutural base -> laje viga-caixão - vão de 40,0 m.
- Altura dos pilares:
 - $H_{max} = 25,00 \text{ m}$ $H_{min} = 7,00 \text{ m}$.
- Processo construtivo:
 - tramo a tramo com viga de lançamento.
- Tipo de fundação:
 - conforme indicado nas peças desenhadas.

Solução C

V2-1 - Viaduto Bairro do Libânio e Costa (Eixo 2)

- Condicionantes que justificam e localizam o viaduto:
 - condicionamento hidráulico - atravessamento de linha de água;
 - requisito - altura da rasante superior a 15,0 m;
 - requisito - limites do viaduto definidos pela altura máxima dos encontros igual a 10,0 m.

- Modulação:
 - 1 módulo - $34,0 + 9 \times 40,0 + 36,0 = 430,0$ m;
 - extensão = 430,0 m.
- Tabuleiro:
 - solução estrutural base -> laje viga-caixão - vão de 40,0 m.
- Altura dos pilares:
 - Hmax = 26,00 m Hmin = 6,00 m.
- Processo construtivo:
 - tramo a tramo com viga de lançamento.
- Tipo de fundação:
 - conforme indicado nas peças desenhadas.

V2-2 - Viaduto sobre a Ribeira das Cachoeiras (Eixo 2)

- Condicionantes que justificam e localizam o viaduto:
 - condicionamento hidráulico - atravessamento da Ribeira das Cachoeiras;
 - requisito - altura da rasante superior a 15,0 m;
 - requisito - limites do viaduto definidos pela altura máxima dos encontros igual a 10,0 m.
- Modulação:
 - 1 módulo - $24,0 + 6 \times 30,0 + 24,0 = 288,0$ m;
 - Extensão = 288,0 m;
- Tabuleiro:
 - solução estrutural base -> laje nervurada - vão de 30,0 m.
- Altura dos pilares:
 - Hmax = 24,00 m Hmin = 8,00 m.
- Processo construtivo:
 - tramo a tramo com Cavalete ao solo com apoio contínuo e sobre a Ribeira das Cachoeiras com asnas metálicas apoiadas em torres.
- Tipo de fundação:
 - conforme indicado nas peças desenhadas.

8. DURABILIDADE

O conceito de durabilidade define-se como sendo a aptidão de uma estrutura para desempenhar as funções para que havia sido concebida, durante o período de vida previsto, sem que para tal seja necessário despender custos de manutenção e reparação imprevistos.

Para assegurar adequada durabilidade da obra de arte deverão ser adoptadas as medidas apropriadas, quer quanto à qualidade dos materiais, quer quanto aos recobrimentos mínimos e quanto aos processos de realização dos trabalhos. Ao conceber as estruturas, deverá ser uma preocupação constante que as peças de betão estejam sempre comprimidas por forma a diminuir a fissuração, daí que o recurso a pré-esforço, apesar de oneroso, poder contribuir significativamente para o aumento da durabilidade das estruturas. Nunca é demais referir que uma boa execução é fundamental para garantir uma boa qualidade. Neste sentido, as soluções que se propõem foram escolhidas pela sua simplicidade e facilidade de execução.

As especificações dos materiais deverão estar em conformidade com os requisitos definidos no Eurocódigo 2 e com a EN 206 onde são diferenciadas as classes de exposição dos betões de acordo com as características do meio ambiente e onde vigora o conceito do período de vida útil das construções.

9. ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

No Volume 15 - Estimativa Orçamental, Cronogramas e Manutenção apresenta-se, detalhadamente e de acordo com os critérios gerais do Estudo Prévio em que está integrado o Volume 8 - Obras de Arte: Pontes e Viadutos, a estimativa orçamental para as obras de arte do presente volume.

O custo associado a cada um dos viadutos foi definido com base num custo unitário por m² de área do tabuleiro projectado em planta, multiplicado pela respectiva área. São apresentados os custos por obra, por solução e por alternativa.

9.1. Quantificação das Obras de Arte

Com base nas peças desenhadas definiram-se os elementos relevantes para a quantificação das obras de arte para cada uma das soluções: designação do viaduto/ponte, km inicial, final, vão corrente e comprimento total, largura transversal e área em planta do tabuleiro. Estes elementos são apresentados no Volume 15 - Estimativa Orçamental, Cronogramas e Manutenção.

9.2. Definição dos Custos Unitários

No âmbito da fase em que se insere o estudo e em conformidade com o documento 0-GA-0-AF-NOT0032-0B foram estimados preços unitários por m² de área em planta do tabuleiro, para cada uma dos viadutos e em conformidade com as suas principais características.

A definição de cada um destes preços, foi obtida a partir de custo unitário de referência em função do tipo de solução, vão corrente, para pilares com 10,0 m de altura e fundações directas. Serão afectados por factores de agravamento que têm em consideração a altura da rasante, o tipo de fundação, a geotecnia e condicionantes e dificuldades construtivas.

Os preços de referência foram estimados com base em preços praticados correntemente no mercado e na determinação dos mesmos através da medição de volumes, áreas, quantidades de pré-esforço e densidades de armaduras.

Os factores de agravamento foram definidos de acordo com os seguintes critérios:

Fundações

Tomaram-se como base as fundações directas, com agravamento para as fundações indirectas, ou fundações com condições especiais de execução (encamisamentos, contenção por lamas bentoníticas, etc.). De acordo com o estudo geológico-geotécnico foram definidas as diversas zonas indicadas nas peças desenhadas:

- fundações directas fundadas entre 3,0 e 5,0 Coeficiente = 1.00;
- fundações directas fundadas entre 5,0 e 8,0 Coeficiente = 1.10;
- fundações por estacas com 10-20m Coeficiente = 1.15;
- fundações por estacas com 25-35m Coeficiente = 1.20;
- fundações por estacas com 40-50m Coeficiente = 1.25.

Pilares

Considerou-se uma altura de referência da ordem dos 15,0 m, com agravamento para pilares de maior altura, ou em condições de execução dificultada.

Geotecnia

Consideram-se agravamentos em zonas geológicas complexas, muito heterogéneas e de difícil previsibilidade, que geralmente só são possíveis de identificar em obra, aquando da construção. Zonas de falhas, existências de antigas explorações subterrâneas não mapeadas, solos de fraco suporte, galerias, gruta, orografia muito acidentada na zona de construção, etc..

Condicionantes Construtivas

Considerou-se um factor de agravamento dependente da maior ou menor dificuldade de acesso ao local de implantação da obra e das dificuldades construtivas, nomeadamente na taxa de ocupação dos solos na área de implantação das obras, das restrições ambientais, urbanas, serviços afectados, etc..

No Volume 15 – Estimativa Orçamental, Cronogramas e Manutenção apresenta-se, para cada um dos Viadutos e por solução, os factores de agravamento considerados, preço unitário de referência e preço unitário final.

10. MATERIAIS

Os principais materiais a utilizar na construção das várias peças constituintes das obras de arte são das seguintes qualidades:

- Betões:
 - tabuleiro:..... C35/45;
 - pilares:..... C30/37;
 - encontros:..... C25/30;
 - fundações:..... C25/30;

- betão de regularização:..... C16/20;
- vigas de bordadura:..... C20/25 com fibras.
- Aços:
 - armaduras passivas: A500 NR;
 - armaduras activas: Aço de pré-esforço da classe: 1860/1670.

11. DOCUMENTOS NORMATIVOS

Referências Bibliográficas

- La superestructura de vía sin balasto: perspectivas de su aplicación en las nuevas líneas de alta velocidad - Joan Manuel Estradé Panadés
REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, Septiembre 1991.
- Antes y Después de la Aplicación de los Métodos Numéricos en la investigación del Balastro - Joan Manuel Estradé Panadés e Andrés López Pita
REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, Febrero 1993.
- La Superestructura de vía en Placa en las nuevas líneas de Alta Velocidad de Nuestro País - Joan Manuel Estradé Panadés
REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, Enero 1998.
- Puentes de Ferrocarril de Alta Velocidad - Javier Manterola Armisén, Miguel Ángel Suárez e Antonio Martínez Cutillas
REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, Abril 1999.
- Para altas velocidades, Vía con o sin balasto? - Javier Puebla Contreras, António Fernández Gil, Moisés Gilaberte Fernández, Santiago Hernández Alonso
REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, Septiembre 2000.
- Alta Velocidad: Nuevas Tendencias en el Empuje de Puentes - Ricardo Llago Acero e Gonzalo Rodríguez González
REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, Febrero 2002.
- Structures for High-Speed Railway Transportation - IABSE SYMPOSIUM Antwerp, Belgium, August 27-29, 2003.
- Bridges for High-Speed Railways - Workshop 3 and 4 June - Porto 2004.
- Structures and Extreme Events - IABSE Symposium on Lisbon, Portugal, September 14 - 17, 2005.
- Steel Bridges Extend Structural Limits - Milau, France, June 2004.
- Bulletin 19 - Ponts Métalliques.

Documentos Normalizados

Regulamentos Nacionais

- REBAP - Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado.
- RSA - Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes.

- Regulamento de betões de ligantes hidráulicos (1975).
- Regulamento de Estruturas de aço para edifícios (1975).
- Decreto-Lei n.º 211/86 de 31 de Julho - Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios.

Eurocódigos

- EUROCÓDIGO 0 - Basis of Estructural Design
 - EN 1990 - Eurocode 0: Basis of Estructural Design (Abr. - 2002).
 - EN 1990 - Annex A2: Application for Bridges (Normative) (Fev. - 2005).
- EUROCÓDIGO 1 - Actions on Structures
 - EN 1991-1-1 Part 1.1: General Actions: Densities, Self-weight, Imposed Loads for Buildings (Abr. - 2002).
 - EN 1991-1-2 Part 1.2: General Actions - Actions on Structures Exposed to Fire (Nov. - 2002).
 - EN 1991-1-3 Part 1.3: General Actions - Snow Loads (Jul. - 2003).
 - prEN 1991-1-4 Part 1.4: Wind Actions (Jan. - 2004).
 - EN 1991-1-5 Part 1.5: General Actions - Thermal Actions (Nov. - 2003).
 - prEN 1991-1-6 Part 1.6: General Actions - Actions During Execution (Set. - 2004).
 - Draft prEN 1991-1-7 Part 1.7: General Actions - Accidental Actions (Mar. - 2003).
 - EN 1991-2 Part 2: Traffic Loads on Bridges (Set. - 2003).
 - prEN 1991-4 Part 4: Silos and Tanks (Abr. - 1993).
- EUROCÓDIGO 2 - Design of Concrete Structures
 - EN 1992-1-1 Part 1.1: General Rules and Rules for Buildings (Dez. - 2004).
 - EN 1992-1-2 Part 1.2: General Rules - Structural Fire Design (Dez. - 2004).
 - ENV 1992-2 (1996) Part 2: Concrete Bridges.
 - PrEN 1992-3 Part 3: Liquid Retaining and Containment Structures (Oct. - 2004).
- EUROCÓDIGO 3 - Design of Steel Structures
 - prEN 1993-1-1 Part 1.1: General Rules and Rules for Buildings (Dez. - 2003).
 - prEN 1993-1-2 Part 1.2: General Rules - Structural Fire Design (Dez. - 2003).
 - prEN 1993-1-5 Part 1.5: Plated Structural Elements (Jun. - 2004).
 - prEN 1993-1-6 Part 1.6: Strength and Stability of Shell Structures (Oct. - 2004).
 - prEN 1993-1-8 Part 1.8: Design of Joints (Dez. - 2003).
 - prEN 1993-1-9 Part 1.9: Fatigue (Dez. - 2003).
 - prEN 1993-1-10 Part 1.10: Material Toughness and Through-thickness Properties (Dez. - 2003).

- prEN 1993-1-11:20xx Part 1.11: Design of Structures with Tension Components (Fev. - 2003).
- prEN 1993-2:2004 Part 2: Steel Bridges (Mar. - 2004).
- prEN 1993-3:2002 Part 3: Buildings (Fev. - 2002).
- prEN 1993-5:2004 Part 5: Piling (Jul. - 2004).
- EUROCÓDIGO 4 - Design of Composite Steel and Concrete Structures
 - prEN 1994-1-1 Part 1.1: General Rules and Rules for Buildings (Jan. - 2004).
 - Draft prEN 1994-1-2 Part 1.2: General Rules - Structural Fire Design. (Mai. - 2003).
 - prEN 1994-2:2004 Part 2: General Rules and Rules for Bridges (Set. - 2004).
- EUROCÓDIGO 5 - Design of Timber Structures
 - EN 1995-1-1 Part 1.1: General - Common Rules and Rules for Buildings (Nov. - 2004).
 - EN 1995-1-2 Part 1.2: General - Structural Fire Design (Nov. - 2004).
 - EN 1995-2 Part 2: Bridges (Nov. - 2004).
- EUROCÓDIGO - Design of Masonry Structures
 - prEN 1996-1-1 Part 1.1: Common Rules for Reinforced and Unreinforced Masonry Structures (Abr. - 2004).
 - EN 1996-1-2 Part 1.2: General Rules - Structural Fire Design (Nov. - 2000).
- EUROCÓDIGO 7 - Geotechnical Design
 - EN 1997-1 Part 1: General Rules (Nov. - 2004).
 - EN 1997-2 Part 2: Ground Investigation and Testing (Set. - 2003).
- EUROCÓDIGO 8 - Design of Structures for Earthquake Resistance
 - EN 1998-1 Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings (Dez. - 2004).
 - prEN 1998-2 Part 2: Bridges (Jul. - 2003).
 - prEN 1998-3 Part 3: Strengthening and Repair of Buildings (Jul. - 2003).
 - prEN 1998-4 Part 4: Silos, Tanks and Pipelines (Dez. - 2003).
 - EN 1998-5 Part 5: Foundations, Retaining Structures and Geotechnical Aspects (Nov. - 2004).
 - prEN 1998-6 Part 6: Towers, Masts and Chimneys (Jan. - 2003).

Euro Normas

- EN 101 55 (1993) - Structural steels with improved atmospheric corrosion resistance - technical delivery conditions.
- Euronorm 138-79 - Prestressing steels.
- EN 1371-1 (1997) - Founding - liquid penetrant inspection - Part 1: sand, gravity die and low pressure die castings.

- EN 1371-2 (1998) - Founding - liquid penetrant inspection - Part 2: investment castings.
- prEN 14488-1 - Testing sprayed concrete - Part 1: Sampling fresh and hardened concrete (Jun. - 2002).
- prEN 14488-2 - Testing sprayed concrete - Part 2: Compressive strength of young sprayed concrete (Jun. - 2002).
- prEN 14488-3 - Testing sprayed concrete - Part 3: Flexural strengths (first peak, ultimate and residual) of fibre reinforced beam specimens (Jun. - 2002).
- prEN 14488-4 - Testing sprayed concrete - Part 4: Bond strength of cores by direct tension (Jun. - 2002).
- prEN 14488-7 - Testing sprayed concrete - Part 7: Fibre content of fibre reinforced concrete (Jun. - 2002).
- prEN 14487-1 - Sprayed concrete - Part 1: Definitions, specifications and conformity (Jun. - 2002).
- prEN 1337-3 (Nov - 2002) - Structural bearings - Part 3: Elastomeric bearings in accordance with the decisions taken at the last CEN/TC 167 meeting (Milan, 2002-10-14/15).
- prEN 1337-4 (Nov. - 2002) - Structural bearings - Part 4: Roller bearings in accordance with the decisions taken at the last CEN/TC 167 meeting (Milan, 2002-10-14/15).
- prEN 1337-5 (Oct. - 2002) - Structural bearings - Part 5: Pot bearings (2002-06).
- prEN 1337-7 (Mar. - 2000) - Structural bearings - Part 7: Spherical and cylindrical PTFE bearings.
- prEN 1337-10 (Jul. - 2001) - Structural bearings - Part 10: Inspection and maintenance.

Normas Portuguesas

- NP EN 10 025 + A1 (1994)
Produtos laminados a quente de aços de construção não ligados.
- NP 87 (1884)
Consistência do Betão - Ensaio de abaixamento.
- NP 1383 (1976)
Betões - Preparação de provetes para ensaios de compressão e flexão.
- NP EN 206-1 - Betão - Parte 1 : Especificação, desempenho, produção e conformidade (2005).
- E 464-2005 - Betões - Metodologia prescritiva para uma vida útil de projecto de 50 e de 100 anos face às acções ambientais (Março 2005).

Normas DIN

- 1E-033DIN EN 10204.

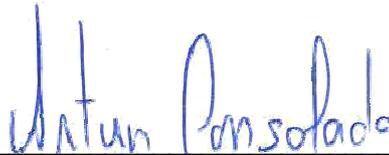
Diversos

- 1E-036 Normas Brasileiras - NBR 6118 Nov. 1980.
- 1F-080 Instruções para cálculos dos honorários referentes aos projectos de obras públicas.
- Portaria de 7 de Fevereiro de 1972, com as alterações das portarias de 22 de Novembro de 1974 e 27 de Janeiro de 1986.

UIC CODE - International Union Of Railways

- 741 Passenger stations - Height of platforms.
- 702-0 Loading diagram to be taken into consideration for the calculation of rail carrying structures on lines uses by international services.
- 717-1-R Laying of track on ballast on a steel deck.
- 717-2-R Laying of track on a reinforced concrete deck.
- 717-3-R Steel Bridges Laying of track on steel without ballast direct laying.
- 771-1-R Rolled Steels for Bridges.
- 771-2-R Recommendations for the use of the various qualities and grade of steel contained in leaflet 771-1.
- 771-3-R Recommendations for the connection of rail bearers to cross girders for steel railway Bridges.
- 772-1 R Standart principles for the use of bearings made from various materials for railway bridges.
- 772-2 R Code for the use of rubber bearings for rail bridges.
- 773 R Recommendations for the design of joist-in-concrete railway bridges.
- 774-1 R Recommendations for the design of railway bridges in reinforced and prestressed concrete.
- 774-2 R Distribution of axle loads on reinforced concrete railway bridges with ballasted track.
- 776-1 R Charges a prendre en consideration dans le calcul des ponts-rails.
- 776-2 R Bridges for high and very high speeds.
- 776-3 R Deformation of Bridges.
- 776-4 R Computer-aided design of bridges and civil engineering structures.
- 777-I R Measures for the protections of railways bridges against impact from road vehicles and for limiting the damage caused.
- 779-1 R Recommendations for determining the carrying capacity of existing metal structures.
- 778-4 R Defects in railway bridges and procedures for maintenance and strengthening.
- 779-10 R Maintenance of existing railway tunnels.

Oeiras, 09 de Abril de 2008



Eng.º Artur Consolado
(Responsável do Estudo)



Eng.º Óscar Esteves
(Coordenador do Estudo)

ANEXOS

ANEXO 1

Quadros Resumo das Pontes e Viadutos

QUADRO RESUMO DAS PONTES E VIADUTOS - SOLUÇÃO A



Designação das Obras de Arte Especiais	Informação que Justifica e Localiza	Pk Inicial (Km)	Pk Final (Km)	Largura (m)	Comprimento (m)	Área (m ²)
V.OLN-1 - Viaduto sobre a Rua Dr. Miguel Bombarda (Eixo OLN)	Atravessamento da Rua Dr. Miguel Bombarda e de linha de água.	004+676,5	004+837,5	14,0	161,0	2254

QUADRO RESUMO DAS PONTES E VIADUTOS - SOLUÇÃO B1



Designação das Obras de Arte Especiais	Informação que Justifica e Localiza	Pk Inicial (Km)	Pk Final (Km)	Largura (m)	Comprimento (m)	Área (m ²)
VOS.3-3 - Viaduto sobre o Rio Trancão (Sub-eixo OS.3.2)	Atravessamento do Rio Trancão Conduitas de Gás (Km 6+790) Atravessamento do CM 1255 e EN 115-5	006+339,5	007+303,5	14,0	964,0	13496
VOS.3-4 - Viaduto do M.A.R.L. (Sub-eixo OS.3.2)	Atravessamento da Ribeira de Alpriate e diversas linhas de água Adutora da Circunvalação (Km 11+650) Atravessamento do CM 1255 e EN 115-5	009+248,4	011+592,4	14,0	2344,0	32816
V1.1-2 - Viaduto sobre a CREL (Eixo 1.1)	Atravessamento da CREL e da EN 116.	007+204,6	008+794,6	14,0	1590,0	22260
V1.1-3 - Viaduto sobre a Ribeira de Loureiro (Eixo 1.1)	Atravessamento da Ribeira de Loureiro e do CM 1250-3. Passagem sob o Viaduto do Loureiro na A10	011+673,8	012+297,8	14,0	624,0	8736
V1.1-4 - Viaduto Sobre o Rio da Silveira (Eixo 1.1)	Atravessamento do Rio da Silveira, da EN 10-6, Conduta de Gás e Conduta de Salmoura da SOLVAY.	013+008,4	013+392,4	14,0	384,0	5376
V1.1-5 - Viaduto da Quinta da Azibreira (Eixo 1.1)	Atravessamento da EN 248-3 e de várias Linhas de Água.	013+811,2	014+755,2	14,0	944,0	13216

QUADRO RESUMO DAS PONTES E VIADUTOS - SOLUÇÃO B2



Designação das Obras de Arte Especiais	Informação que Justifica e Localiza	Pk Inicial (Km)	Pk Final (Km)	Largura (m)	Comprimento (m)	Área (m ²)
VOS.4 - Viaduto sobre o Rio Trancão (Eixo OS.4)	Atravessamento do Rio Trancão Condutas de Gás (Km 1+960) Atravessamento de caminhos	001+493,0	002+457,0	14,0	964,0	13496
V1.3-2 - Viaduto Sobre a Ribeira da Portela de Azóia (Eixo 1.3)	Atravessamento da Ribeira da Azoia.	002+934,2	003+030,2	14,0	96,0	1344
V1.3-3 - Viaduto do Bairro da Salvação (Eixo 1.3)	Atravessamento de Caminho e Altura da Rasante Superior a 15.0 m.	005+195,0	005+543,0	14,0	348,0	4872
V1.3-4 - Viaduto de Vialonga (Eixo 1.3)	Atravessamento da Ribeira dos Caniços e da Vila de Vialonga.	006+232,9	007+878,9	14,0	1646,0	23044
V1.3-5 - Viaduto Sobre a Ribeira de Loureiro (Eixo 1.3)	Atravessamento da Ribeira de Loureiro.	013+947,4	014+159,4	14,0	212,0	2968
V1.3-6 - Viaduto sobre a EN 10-6 (Eixo 1.3)	Atravessamento do Rio da Silveira e da EN 10-6. Conduta de Gas do 1º Escalão Conducta de Salmoura da SOLVAY	014+973,0	015+241,0	14,0	268,0	3752
V1.3-7 - Viaduto Sobre a Ribeira de Santo António de Alhandra (Eixo 1.3)	Atravessamento da Ribeira de Santo António de Alhandra.	015+833,1	016+691,1	14,0	858,0	12012

QUADRO RESUMO DAS PONTES E VIADUTOS - SOLUÇÃO C



Designação das Obras de Arte Especiais	Informação que Justifica e Localiza	Pk Inicial (Km)	Pk Final (Km)	Largura (m)	Comprimento (m)	Área (m ²)
V2-1 - Viaduto do Bairro do Libânio e Costa (Eixo 2)	Altura da Rasante Superior a 15.0 m.	000+198,2	000+628,2	14,0	430,0	6020
V2-2 - Viaduto sobre a Ribeira das Cachoeiras (Eixo 2)	Atravessamento da Ribeira das Cachoeiras.	004+583,5	004+811,5	14,0	228,0	3192