

Pontes sobre os Rios Lis e Pranto e respectivos Viadutos de Acesso



Rodrigo J. Maia¹



Susana Bispo²



Armando Rito³



Luís Xavier⁴

RESUMO

As Obras situam-se na A17- Auto-Estrada Marinha Grande / Mira, integrando-se a Ponte sobre o Rio Lis no Sublanço Marinha Grande / Monte Redondo, e a Ponte sobre o Rio Pranto no Sublanço Louriçal / A14 – Trecho 2.

A solução estrutural de ambas as obras é constituída por três módulos separados por juntas de dilatação. As obras têm comprimentos totais de 924 m e 1702 m e alturas máximas de 20 e 30 m, respectivamente.

Em ambas as obras, a superestrutura é constituída por dois tabuleiros independentes, em betão armado e pré-esforçado. Adoptaram-se, ao longo de cada tabuleiro, dois tipos de secção: estrutura em viga-caixão na Ponte e estrutura em viga contínua nos Viadutos de Acesso.

Os Viadutos de Acesso foram construídos tramo a tramo com recurso a cimbres auto-lançáveis superiores e inferiores e cavaletes apoiados no solo. Os tabuleiros das zonas sobre os rios foram construídos a partir das aduelas de encabeçamento dos pilares por aduelas, betonadas “in situ”.

Nesta comunicação são apresentados os diversos aspectos tidos em consideração no dimensionamento destas obras, bem como os aspectos mais significativos da sua construção.

PALAVRAS-CHAVE

Tabuleiro em viga-caixão, tabuleiro em viga contínua, cimbres, injeção de ponta de estacas, sistema de drenagem.

¹ Novopca, S.A., R. dos Sobreiros, 332, 4461-901 Srª da Hora, Portugal. rodrigo.jorge.maia@novopca.pt

² Armando Rito Engenharia, S.A., R. Hermano Neves, 22 4ªA, 1600-477 Lisboa, Portugal. susana.bispo@arito.com.pt

³ Armando Rito Engenharia, S.A., R. Hermano Neves, 22 4ªA, 1600-477 Lisboa, Portugal. armando.rito@arito.com.pt

⁴ Armando Rito Engenharia, S.A., R. Hermano Neves, 22 4ªA, 1600-477 Lisboa, Portugal. luis.xavier@arito.com.pt

1. INTRODUÇÃO

A construção destas duas obras foi já concluída - Ponte sobre o rio Lis em Maio de 2007 e Ponte sobre o rio Pranto em Maio de 2008 - no âmbito do contrato de concepção, projecto e construção da A17 - Auto-Estrada Marinha Grande / Mira, elaborado entre o Estado Português e a Brisal - Auto-Estradas do Litoral S.A. Para a construção das obras integradas na A17 foi constituído um agrupamento de várias empresas portuguesas denominado de LACE – Litoral Atlântico Construtores, ACE.

No caso destas duas obras em particular, a sua construção esteve a cargo da MSF e da Novopca.

A solução estrutural de ambas as obras é constituída por três módulos separados por juntas de dilatação. As obras têm comprimentos totais de 924 m e 1702 m e alturas máximas da rasante de cerca de 20 e 30 m, respectivamente.

Em ambas as Obras, a superestrutura é constituída por dois tabuleiros independentes, em betão armado e pré-esforçado. Adoptaram-se, ao longo de cada tabuleiro, dois tipos de secção: estrutura em viga-caixão na Ponte e estrutura em viga contínua nos Viadutos de Acesso. No caso do Lis a Ponte é independente dos Viadutos e no Pranto é contínua, em ambos os lados, com parte desses Viadutos.



Figura 1. Vista geral da ponte sobre o rio Lis.

Em planta, a ponte do Lis insere-se num alinhamento recto. Em perfil longitudinal desenvolve-se em dois elementos: curva vertical côncava com raio igual a 10000 m e trainel de inclinação 1,375%.

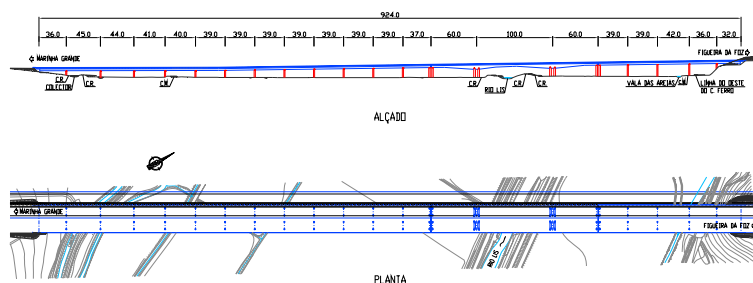


Figura 2. Alçado e planta da ponte sobre o rio Lis



Figura 3. Vista geral da ponte sobre o rio Pranto.

Em planta, a ponte do Pranto insere-se numa curva circular direita de raio 5000 m seguida de uma recta até ao encontro do lado Nascente. Em perfil longitudinal a obra desenvolve-se ao longo de uma curva vertical côncava com raio igual a 35000 m, seguida de um trainel de inclinação 2,95% e terminando numa curva vertical convexa de raio -30000 m.

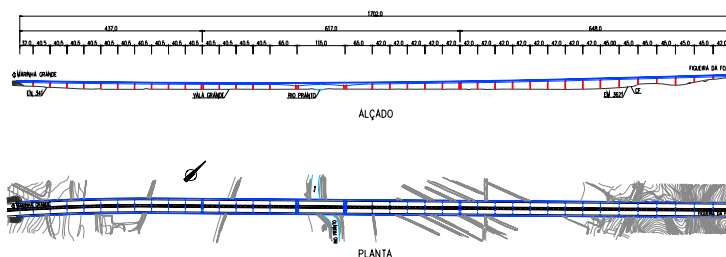


Figura 4. Alçado e planta ponte sobre o rio Pranto.

Os Viadutos de Acesso foram construídos tramo a tramo com recurso a cimbres auto-lançáveis superiores e inferiores e cavaletes apoiados no solo. Os tabuleiros das zonas sobre os rios foram construídos a partir das aduelas de encabeçamento dos pilares, por troços de 5 m, betonadas “in situ”, em consolas simétricas.

2. GEOLOGIA E FUNDAÇÕES

Os terrenos de fundação de ambas as Obras apresentavam configurações semelhantes, ocorrendo de um modo geral à superfície uma camada de terra vegetal com 1,5 m de espessura, encimando normalmente uma camada de materiais aluvionares com expressão variável. Na generalidade dos alinhamentos, e sob estas camadas, encontravam-se terrenos do Cretácico ou Jurássico (zona geotécnica 1), com valores de N_{spt} próximos das 60 pancadas ou nega, que se consideraram serem os mais apropriados para fundação dos pilares.

A observação dos Relatórios Geotécnicos permitiu assim concluir a necessidade das fundações das obras, na maioria dos pilares, serem indirectas e apoiadas na zona geotécnica 1 (ZG1), onde ficariam devidamente encastradas.

As estacas foram moldadas no terreno, com recurso a equipamento de rotação, corte e extracção de solos. Durante o processo de perfuração, a estabilidade dos terrenos envolventes foi assegurada através

da utilização de um tubo guia metálico recuperável nos primeiros metros de terreno, e fluidos estabilizadores – lamas bentoníticas – nos metros subsequentes até à ponta da estaca.



Figura 5. Execução das fundações indirectas.

No sentido de reduzir o comprimento das estacas e, portanto, ter maior flexibilidade na escolha dos equipamentos a utilizar na sua construção, dado algumas delas atingirem profundidade considerável, optou-se pela injeção da ponta das estacas. A injeção permite aumentar consideravelmente a resistência de ponta e dar maiores garantias de capacidade de suporte aos terrenos de fundação, melhorando-os ao recomprimir os fundos dos furos, ao formar um bolbo injectado com calda de cimento na ponta das estacas e ao colmatar eventuais vazios na ponta destas, permitindo, pois contar, com segurança, com a contribuição de toda a sua área de contacto para a resistência.

Durante a execução das fundações, houve sempre o cuidado constante de estabelecer um paralelo entre os terrenos atravessados/expectados, procedendo-se de forma contínua e interactiva ao ajuste das cotas de fundação e mesmo, por vezes, à alteração do tipo de fundação directa/indirecta.

Foram realizados ensaios de diagrafia sónica (“cross hole”) em todas as estacas para análise da integridade do seu fuste.

A configuração dos terrenos junto aos Encontros permitiu, em ambas as obras (com a excepção do Encontro Poente do Pranto) a adopção de fundações directas destes elementos e de alguns dos primeiros alinhamentos de pilares

3. DESCRIÇÃO DAS OBRAS

A distribuição de vãos adoptada é aquela que a geometria do traçado, as condições topográficas, os obstáculos a transpor e os condicionamentos impostos aconselharam como a mais favorável, quer do ponto de vista económico quer do ponto de vista estrutural quer, ainda, do ponto de vista da integração da Obra no ambiente circundante.

Considerou-se, também, essencial que cada tabuleiro fosse constituído pelo menor número possível de estruturas independentes devendo, cada uma, ser monolítica e contínua, garantindo assim a máxima segurança global e ainda um valor muito baixo das deformações diferidas.

3.1 Ponte

3.1.1 Tabuleiro

Atendendo à grandeza dos vãos centrais, o peso próprio representa uma parcela importante da carga global tendo as sobrecargas muito pouca influência no dimensionamento das secções. Devido ao processo construtivo verifica-se que as secções junto dos pilares serão muito mais severamente solicitadas do que as dos vãos. Assim, a combinação processo construtivo / dimensões dos vãos conduziu, logicamente, a tabuleiros de secção variável decrescente dos pilares para os vãos, variando entre os 6,80/6,20 metros e os 3,40/3,00 metros. A relação adoptada entre a altura da secção junto dos pilares e o vão foi de cerca de 1/16, que é um valor próximo do considerado como óptimo económico teórico.

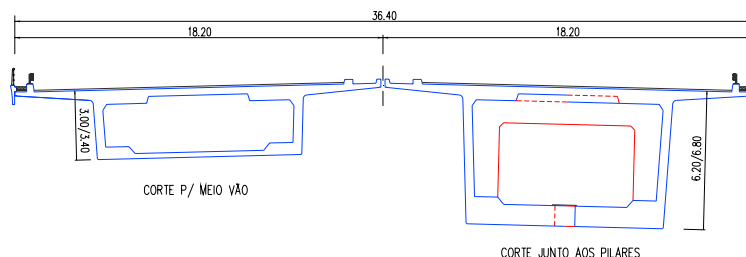


Figura 6. Secções transversais dos tabuleiros em viga-caixão.

Quanto à secção do vão, razões construtivas e razões ligadas aos esforços surgidos em funcionamento da obra por fenómenos de redistribuição de momentos e devidos aos gradientes térmicos, além da própria grandeza do vão, aconselham a que se utilizem alturas razoáveis. A altura adoptada foi de 3,00 na Ponte do Lis e 3,40 na Ponte do Pranto.

Os tabuleiros em caixão são pré-esforçados longitudinalmente com duas famílias de cabos: os cabos das consolas dispostos na face superior do tabuleiro, e colocados à medida que vão sendo executadas as sucessivas aduelas; e os cabos de solidarização nas zonas centrais dos vãos para estabelecer a continuidade do tabuleiro.

Excepto nos septos sobre os pilares a secção é armada transversalmente apenas com armaduras passivas, pois está comprovado que a resistência transversal é por elas garantida de forma económica e satisfatória. A observação do comportamento dos tabuleiros das diversas pontes do mesmo tipo já construídas, quer durante os ensaios de carga quer em serviço, é perfeitamente elucidativa sob este aspecto.

Prevendo a eventualidade de, no futuro, poder ser necessário reforçar os tabuleiros devido ao aumento das sobrecargas de exploração, ou ao eventual excesso de deformação, a obra ficou já dotada dos dispositivos necessários para a realização desse reforço através da utilização de pré-esforço interior (pré-esforço aderente).

Como é usual neste tipo de obras, o processo construtivo obrigou a rigorosas operações de controlo quer da geometria quer da segurança da obra, tendo sido efectuado o acompanhamento constante dos deslocamentos reais da Obra, fase por fase, em contraponto com os deslocamentos de cálculo e respectivos esforços e tensões associados.

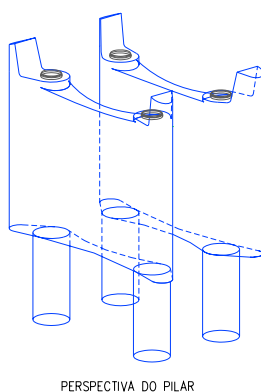
Os tabuleiros foram, como atrás referido, construídos por avanços sucessivos em consola, com as aduelas betonadas “in situ”, tendo sido utilizados 2 pares de carros de avanço para a sua construção.



Figura 7. Construção do tabuleiro da ponte.

3.1.2 Pilares

Os pilares das Pontes são em betão armado e dão continuidade às estacas de fundação, com 2,00 metros de diâmetro. Cada tabuleiro dispõe de quatro estacas por apoio sendo que cada par de estacas é ligado, transversalmente, por uma lâmina de betão. Essas lâminas ligam apenas a zona das estacas acima do terreno natural. Como as duas lâminas e as estacas que as suportam não têm ligação entre si, é conferida ao tabuleiro uma fundação flexível que permite acomodar as redistribuições de reacções devidas aos fenómenos de fluência e às restantes acções de serviço.



PERSPECTIVA DO PILAR



Figura 8. Perspectiva e imagem dos pilares da ponte.

Os tabuleiros apoiam no coroamento dos pilares através de aparelhos do tipo “pot-bearing”, fixos em ambas as direcções e permitindo rotações.

Os pilares foram construídos com recurso a cofragem metálica modular, montada no local com recurso a plataformas suspensas e equipamento de elevação.

No processo de construção dos tabuleiros foi utilizado, em cada pilar, um sistema de pré-esforço de equilíbrio das consolas, de forma a garantir a segurança das mesmas durante a sua construção às acções de derrubamento, nomeadamente para a situação de acidente correspondente à queda de um dos cimbrês.

3.2 Viadutos de acesso

3.2.1 Tabuleiro

Cada tabuleiro é constituído por duas vigas longitudinais, em betão armado pré-esforçado, com uma altura constante de 3,4 m no caso do Pranto e 3,0 m no caso do Lis. As vigas são ligadas por uma laje de altura variável, laje essa que se prolonga exteriormente em consolas, também de espessura variável. A secção é armada transversalmente nas lajes. Os tramos extremos são dotados de travessas localizadas sobre os apoios nos encontros e pilares de junta.

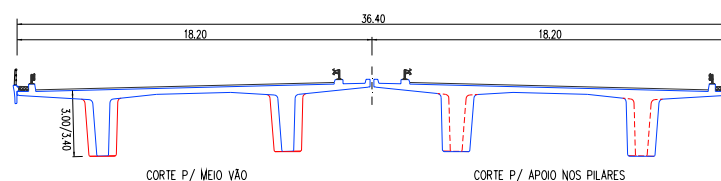


Figura 9. Secções transversais dos tabuleiros em laje vigada.

Os viadutos foram construídos tramo a tramo, com recurso a cavalete ao solo e a uma viga de lançamento inferior, no caso dos viadutos de acesso à ponte do Lis, e utilizando cavalete ao solo, duas vigas de lançamento inferiores e a uma viga de lançamento superior no caso dos viadutos de acesso à ponte do Pranto. Foi implementado o processo usual de construção, em cada fase, da maior parte da extensão do tramo e de uma consola do tramo seguinte.



Figura 10. Construção dos tabuleiros com viga de lançamento inferior.



Figura 11. Construção dos tabuleiros com viga de lançamento inferior.

Salienta-se o facto de ambas as obras serem atravessadas pela linha ferroviária do Oeste, factor que condicionou significativamente a construção dos respectivos tramos de atravessamento, obrigando a uma muito cuidada gestão de interdições à linha aquando das betonagens e das operações de montagem/desmontagem de elementos de cimbria directamente sobre a linha.

3.2.2 Pilares

Os pilares dos Viadutos de Acesso, dois por eixo de apoio de cada tabuleiro, são de forma circular e dão continuidade às estacas de fundação. Cada fiada de dois pilares está interligada, abaixo do terreno natural, por um lintel de betão armado.

Os pilares têm diâmetros de 1,50, 1,80 e 2,00 metros e foram construídos com recurso a vários jogos de cofragem metálica trepante, com capacidade para executar troços de 6 metros de fuste.



Figura 12. Pilares dos viadutos de acesso.

Os aparelhos de apoio dos Viadutos são do tipo “pot-bearing”, sendo quase todos fixos excepto um pequeno número deles, deslizante sobre teflon na direcção longitudinal.

Estes aparelhos permitem rotações e impedem os movimentos horizontais relativos tabuleiro-pilares sob as acções de serviço e dos sismos em todas as direcções, excepto os móveis que admitem deslocamentos longitudinais em todas as situações.

Alguns aparelhos de apoio, embora móveis longitudinalmente, são dotados de dispositivos especiais de travamento longitudinal que impedem deslocamentos relativos pilar-tabuleiro sob a acção dos sismos.

3.2.3 Encontros

Os encontros, também em betão armado, são do tipo perdido, sendo constituídos por gigantes ligados superiormente pela viga de estribo e inferiormente por um maciço de estacas ou sapata, conforme o tipo de fundação.

Os tabuleiros têm dilatação nos dois encontros, embora sejam, como aliás nos seus restantes apoios, travados na direcção transversal. Os encontros dispõem lateralmente de muros de avenida que se destinam a suportar os acrotérios e a dar contenção aos aterros de acesso à obra de arte.

4. SISTEMA DE DRENAGEM

Definiu-se, para a drenagem de ambas as obras, uma primeira solução de colectores suspensos nos tabuleiros, em toda a sua extensão, conduzindo as águas para o ponto de descarga. Decidiu-se posteriormente, nas duas pontes, pela implementação de um sistema de drenagem da plataforma alternativo ao inicialmente preconizado, consistindo na adopção de caleiras em alumínio, também suspensas ao tabuleiro.

Assim, em cada tabuleiro, existe uma caleira principal de dimensão variável, que drena as águas da faixa de rodagem e passeio. A caleira é suportada por perfis transversais que apoiam na ponta da consola exterior, fixos com buchas químicas. Os perfis suportam também, na sua extremidade, os troços de viga de bordadura pré-fabricada, que “escondem” a vista lateral das caleiras e suportam os prumos de guarda-corpos do tabuleiro.

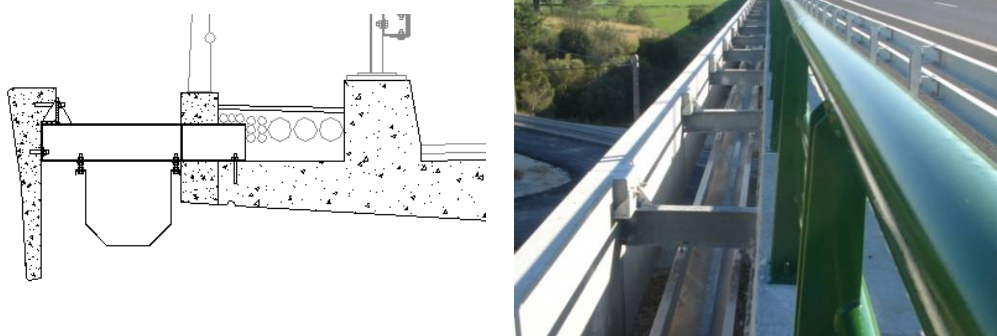


Figura 13. Esquema e vista da caleira principal de drenagem

As águas do separador central são escoadas ao longo do próprio separador, que funciona assim como uma caleira, sendo o esquema longitudinal de escoamento semelhante ao das faixas de rodagem e passeios.

No caso da ponte sobre o rio Pranto houve, ainda, a necessidade de conduzir até ao ponto de descarga sobre o rio um caudal de 804 l/s de água captada nas faixas de rodagem da plena via contígua ao encontro Nascente. Estas águas são conduzidas através de uma única caleira, fixa ao longo de um dos tabuleiros, e entre tabuleiros de modo a ficar “invisível” lateralmente.

Na ponte sobre o rio Lis a descarga das águas é efectuada para o Colector de Amor o que obrigou à existência de uma pequena bacia de dissipação de energia com o objectivo de evitar quaisquer problemas de erosão do leito do colector.

Na ponte sobre o rio Pranto as águas são descarregadas sobre o rio por intermédio de jactos livres pelo que, no sentido de minimizar a ocorrência de erosões no leito do rio, foi executada a sua protecção com um enrocamento.

5. CONCLUSÃO

A construção da ponte do Lis e respectivos viadutos de acesso foi concluída em Maio de 2007, tendo a execução da ponte do Pranto e viadutos terminado em Maio de 2008.

A concepção estrutural e o processo construtivo foram escolhidos de modo a permitir a execução da obra no mais curto espaço de tempo. Para isso, recorreu-se a soluções estruturais reconhecidamente eficazes para a construção das quais o Consórcio Construtor possuía quer os conhecimentos quer os

equipamentos necessários. As vantagens daí decorrentes, quer em prazos quer em custos, foram sobejamente evidentes.



Figura 14. Vista da ponte sobre o rio Pranto durante a construção.



Figura 15. Vista da ponte sobre o rio Pranto durante a construção.



Figura 16. Vista da ponte sobre o rio Pranto durante a construção.