

## **Reabilitação e Reforço Estrutural das Pontes sobre o Rio Criz I e II**



**Mário Veloso<sup>1</sup>**



**Miguel Mendes<sup>2</sup>**

### **RESUMO**

O presente trabalho refere-se à intervenção de Reabilitação e Reforço Estrutural das Pontes sobre o Rio Criz I e Criz II, localizadas na EN234, no troço Mortágua-Santa Comba Dão no distrito de Viseu.

As pontes foram projectadas em 1975 pelo Prof. Edgar Cardoso, tendo sido construídas entre os anos 1976 e 1979. São pontes de betão armado, com pré-esforço longitudinal e transversal em tabuleiros. Os tabuleiros, de 15,20m de largura, são lajes vigadas com 4 longarinas de altura variável de 2,00m a 2,50m, dispondo de carlingas a cerca de terços de vão e nos apoios nos pilares e nos encontros.

Os pilares dispõem de fustes únicos, com secção em forma de losango, e são encimados por capitéis laminares, que recebem os tabuleiros, por intermédio de aparelhos de apoio. Em ambas as pontes, com a excepção dos pilares extremos, os pilares encontram-se fundados dentro de água, em alguns casos imersos algumas dezenas de metros.

Os encontros são do tipo aparente, com muros de testa e de avenida, formados por paredes em laje plissada (tipo harmónio) suportadas por gigantes. Todos estes componentes apresentam fundações directas por meio de sapatas.

Concluiu-se, nos estudos entretanto efectuados, que diversos elementos estruturais destas obras apresentam importantes patologias de durabilidade, com ou sem implicações estruturais. Por outro lado, constata-se que as obras de arte apresentam insuficiências estruturais de acordo com a regulamentação actual, em tabuleiros, encontros, pilares e respectivas fundações.

Neste artigo descreve-se sumariamente o actual estado de conservação das pontes e os trabalhos de reparação de patologias e de reforço estrutural propostos para incluir numa primeira fase de intervenção, visando a reabilitação de tabuleiros, encontros e capitéis de pilares das duas obras.

### **PALAVRAS-CHAVE**

Reabilitação, Reforço, Pré-esforço Exterior

<sup>1</sup> TRIEDE S.A., Director do Departamento de Estruturas, 1495-143 Algés, Portugal. mv@triede.pt

<sup>2</sup> TRIEDE S.A., Departamento de Estruturas, 1495-143 Algés, Portugal. miguel\_mendes@triede.pt

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Considerações Gerais**

A intervenção de Reabilitação e Reforço Estrutural das Pontes sobre o Rio Criz I e II foi o culminar de um processo que teve como principais passos a reunião de informação sobre as obras existentes, a avaliação do estado actual das obras do ponto de vista da segurança estrutural e da durabilidade, e o desenvolvimento de soluções de reparação e reforço para os diversos elementos constituintes das Pontes.

Relativamente aos Projectos originais das pontes, foram facultados pelo ex-IEP as peças desenhadas, não tendo sido possível obter as peças escritas do referido projecto, bem como documentação relativa à construção das obras, processos construtivos e projectos de aplicação de pré-esforço.

A partir destes elementos, foi efectuada a verificação da segurança estrutural destas pontes, com base na regulamentação em vigor, tendo sido detectadas deficiências ao nível de resistência e de comportamento em serviço dos tabuleiros, e deficiência de resistência em elementos que compõem os encontros e pilares [1,2].

Posteriormente, foram efectuadas inspecções às pontes, com o objectivo de proceder ao levantamento pormenorizado das anomalias, e ao mesmo tempo realizar uma campanha de ensaios (composta de ensaios no local e em laboratório) para a caracterização dos materiais e análise de patologias. Deste conjunto de iniciativas, concluiu-se que diversos elementos estruturais destas obras apresentavam importantes patologias de durabilidade, com ou sem implicações estruturais, situação que conduz à necessidade de se proceder a obras de reabilitação [3].

Assim, tendo em conta estes dois aspectos, foi desenvolvido um Projecto para a reabilitação e reforço estrutural das pontes [4]. No desenvolvimento desse Projecto, foram considerados alguns condicionalismos ao desenvolvimento dos trabalhos, nomeadamente a necessidade de manter as pontes em funcionamento, sendo para tal necessário definir um faseamento adequado. Ficou ainda definido que os pilares seriam objecto de uma intervenção posterior.

## **2. SITUAÇÃO ACTUAL DAS OBRAS DE ARTE**

### **2.1 Caracterização Geral**

As pontes foram projectadas em 1975 pelo Prof. Edgar Cardoso, tendo sido construídas entre os anos 1976 e 1979, antes do enchimento da albufeira da Barragem da Aguieira.

São pontes de betão armado pré-esforçado, com tabuleiros de 15.20m de largura em laje vigada com 4 longarinas de altura variável, apoiadas nos pilares e encontros por meio de aparelhos de apoio. Ambas as pontes apresentam fundações directas dos pilares e encontros, e, com a excepção dos pilares extremos, os pilares encontram-se actualmente dentro de água, imersos até algumas dezenas de metros na albufeira (como é o caso da ponte sobre o Rio Criz II).

O projecto original previa que os tabuleiros fossem executados tramo a tramo com juntas a quartos de vão por meio de betonagem no local. Da observação das obras presume-se que se recorreu, no caso da ponte do Criz I, à construção do tabuleiro sobre cimbra ao solo, e, no caso do Criz II, devido às elevadas alturas em causa, a cimbra composto por vigas metálicas vencendo o vão, apoiadas em cachorros construídos para o efeito nos capitéis dos pilares.



Figura 1.a) Ponte sobre o Rio Criz I



Figura 1.b) Ponte sobre o Rio Criz II

A Ponte sobre o Rio Criz I (Fig. 1.a)) situa-se ao Km 57 da EN 234, no Distrito de Viseu, e apresenta um vão total de 180m, distribuídos por dois vãos de extremidade com 30.0m e três vãos intermédios com 40.0m,. Relativamente a pilares e encontros, no Quadro 1 apresentam-se as suas alturas e o tipo de apoio para o tabuleiro:

Quadro 1. Ponte sobre o Rio Criz I. Alturas de pilares e encontros e caracterização dos Apoios do Tabuleiro.

<i>Elemento</i>	<i>Altura (m)</i>	<i>Ligação existente ao Tabuleiro</i>
EE	12.0	Apoios fixo em chapa de chumbo e ferrolhos
P1	23.4	Apoios fixo em chapa de chumbo e ferrolhos
P2	39.0	Apoios fixo em chapa de chumbo e ferrolhos
P3	33.5	Apoios fixo em chapa de chumbo e ferrolhos
P4	21.7	Apoios móveis (Teflon)
ED	12.5	Apoios móveis (Teflon)

Por sua vez, a Ponte sobre o Rio Criz II (Fig. 1.b)) situa-se ao Km 59.3 da EN 234, e apresenta uma extensão aproximada de 300.0m, distribuídos por dois vãos de extremidade com 30.0m, e seis vãos intermédios com 40.0m,. A ponte desenvolve-se segundo um alinhamento curvo em planta, com raio de 650m. No Quadro 2 apresentam-se as alturas dos pilares e encontros e o respectivo tipo de apoio do tabuleiro:

Quadro 2. Ponte sobre o Rio Criz II. Alturas de pilares e encontros e caracterização dos Apoios do Tabuleiro.

<i>Elemento</i>	<i>Altura (m)</i>	<i>Ligação existente ao Tabuleiro</i>
EE	16.0	Apoios fixo em chapa de chumbo e ferrolhos
P1	27.5	Apoios fixo em chapa de chumbo e ferrolhos
P2	54.5	Apoios fixo em chapa de chumbo e ferrolhos
P3	69.0	Apoios fixo em chapa de chumbo e ferrolhos
P4	59.5	Apoios fixo em chapa de chumbo e ferrolhos
P5	48.5	Apoios fixo em chapa de chumbo e ferrolhos
P6	38.5	Apoios móveis (Teflon)
P7	26.0	Apoios móveis (Teflon)
ED	16.0	Apoios móveis (Teflon)

## 2.2 Tabuleiros. Pré-esforço

Os tabuleiros das obras em referência são do tipo laje vigada, compostos por 4 vigas longitudinais afastadas entre si de 4.00m, e por carlingas colocadas a terços de vãos intermédios e ainda nos apoios nos pilares e nos encontros.

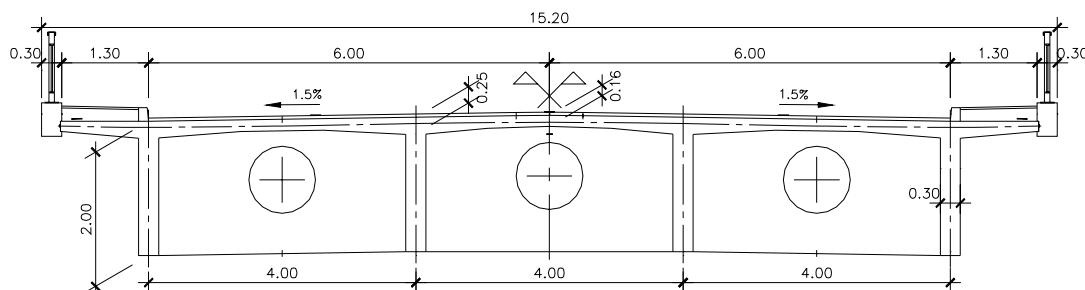


Figura 2. Secção Transversal Tipo (a meio vão).

A laje entre vigas longitudinais é de espessura variável desde 0.16m a meio vão transversal e 0.25m na ligação às vigas, sendo pré-esforçada transversalmente por meio de cabos de 40ton, afastados de 1.00m entre eixos. Nos limites dos passeios foram previstas vigas de bordadura em betão armado, ficando solidárias com a laje do tabuleiro, com 0.30mx0.50m.

As longarinas têm altura variável desde 2.00m, a meio vão dos vãos intermédios, até 2.50m sobre os apoios nos pilares. As suas espessuras, no terço central dos vãos intermédios, são constantes e iguais a 0.30m, e variáveis de 0.30m a 0.50m nos respectivos terços laterais. As carlingas têm espessuras de 0.30m e as alturas correspondentes às longarinas nos correspondentes pontos de inserção.

As longarinas, conforme previsto no projecto original, são pré-esforçadas longitudinalmente, através de um sistema de 2 cabos contínuos de 100ton/cabo e 50ton/cabo, e ainda um terceiro conjunto de cabos, aplicado sobre os apoios, de 50ton/cabo.

Durante os trabalhos de inspecção dos tabuleiros, foram identificadas algumas anomalias que de seguida se indicam:

- Deformação excessiva dos tabuleiros com flechas superiores a 5cm;
- Zonas mal vibradas ou com deficiente ligação entre juntas de frentes de betonagem, com chochos e reparações extensas, dando origem a má protecção das armaduras, o que se verifica em geral nas carlingas de apoio, capiteis laminares e algumas zonas das longarinas e lajes do tabuleiro;
- Fissuras predominantemente verticais nas longarinas, em geral em todos os vãos de ambas as pontes, associadas a flexão, e resultantes da reduzida compressão introduzida pelo pré-esforço previsto em projecto. A abertura corrente destas fendas é inferior a 0.2mm, podendo ocasionalmente verificar-se fendas com 0.4 a 0.7mm (Fig. 3.a));
- Carbonatação em lajes de tabuleiro, em longarinas e carlingas, por vezes com início da corrosão das armaduras, dado o reduzido recobrimento que se verifica em alguns elementos;
- Aparelhos de apoio de chapas de chumbo esmagados ou danificados, por vezes induzindo à expulsão mecânica de betão de recobrimento nas carlingas de apoio e nos capiteis, também devida ao efeito de corte nos ferrolhos existentes nos apoios fixos (Fig. 3.b));
- Fendilhação nas carlingas sobre os apoios nos pilares, nos troços juntos às vigas exteriores, por efeito do assentamento diferencial dos aparelhos de apoio, resultante do esmagamento atrás referido, com aberturas de fendas que atingem 0.8 a 1.2mm;
- Delaminações em variados locais, com particular incidência na face inferior das lajes em consola do tabuleiro;



Figura 3.a) Fissuração nas Vigas Longitudinais



Figura 3.b) Esmagamento dos Aparelhos de Apoio

- Juntas de dilatação desniveladas (da ordem de 2cm), por vezes soltas, em resultado de assentamentos decorridos no tabuleiro, desgaste por acção do tráfego e falta de manutenção;
- Deficiências nos sistemas de drenagem e em juntas de dilatação, que provocaram degradações várias nos elementos de betão do tabuleiro que confinam com as galerias dos encontros.

## 2.3 Pilares e Fundações

Os pilares das pontes são compostos por um único fuste de secção em forma de losango com vértices agudos chanfrados, com dimensões de eixos de 3.00m e 6.00m, com vazamento interior tal que a espessura mínima das paredes do pilar é de 0.20m, espessada nos vértices para 0.30m e 0.50m. São fundados em sapatas de planta também em forma de octógono alongado, com dimensões máximas a eixos de 4.00mx8.00m, dispondo de um embasamento na transição entre o fuste e a sapata.

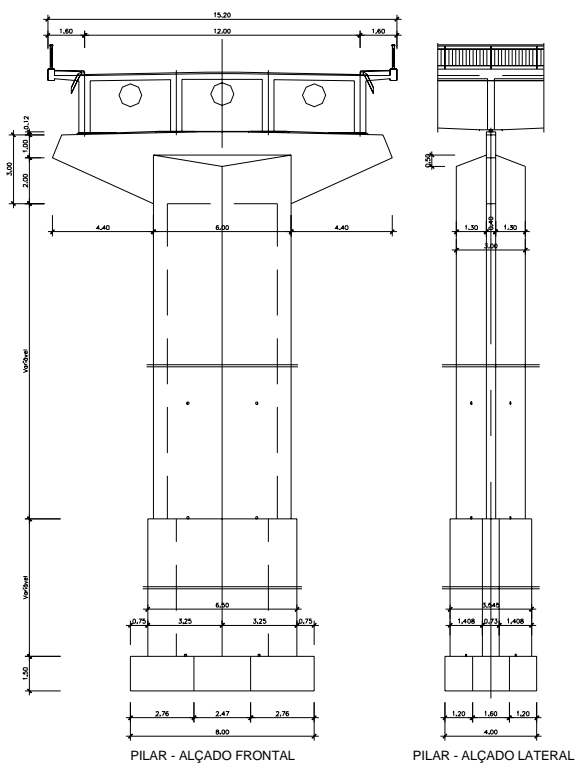


Figura 4.a) Pilares e Fundações.  
Alçados

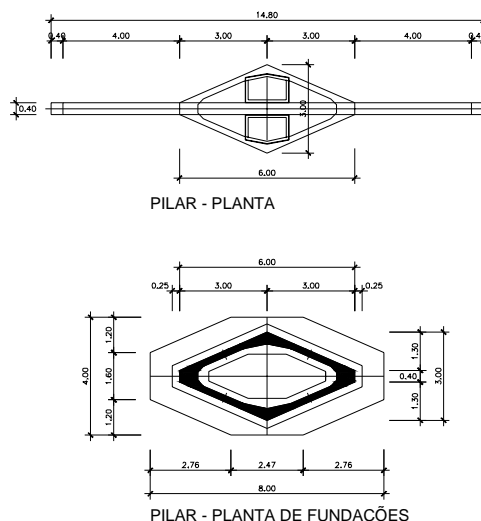


Figura 4.b) Pilares e Fundações. Plantas.

Dispõem de capitel laminar com espessura de 0.40m no caso da Ponte sobre o Rio Criz I e 0.80m no caso da Ponte sobre o Rio Criz II, dispondo apenas de armaduras passivas. As alturas dos capitéis variam de 1.0m nas extremidades até 3.00m à face do pilar.

Nos pilares e capitéis, foram identificadas as seguintes anomalias:

- Fissuras diagonais nos capitéis da Ponte sobre o Rio Criz I, em geral em todos os pilares, associadas a deficiente capacidade resistente para transmissão das reacções do tabuleiro ao fuste do pilar, resultantes da reduzida espessura dos capitéis assim como da escassa armadura transversal e de alma existente;
- Corrosão de armaduras (nomeadamente estribos), delaminação e expulsão de betão, associada a carbonatação e baixas espessuras de recobrimento, nos capitéis;
- Expulsão de betão por esmagamento, associado a compressão excessiva, na base dos capitéis que liga ao fuste dos pilares, com exposição de armaduras que se apresentam com corrosão;
- Fendilhação superficial de orientação aleatória, com origem em reacções álcalis-silicas, em embasamento de pilares, com expressão importante em zonas mais expostas, sujeitas a molhagem, como é o caso de pilares de extremidade;
- Fendas verticais em fustes, com origem no mesmo fenómeno.



Figura 5.a) Fissuração e falta de recobrimento em capitéis de pilares (CrizI)



Figura 5.b) Esmagamento dos Aparelhos de Apoio

## 2.4 Encontros e Fundações

Os encontros são compostos por muros de testa, com a frente de 15,50m, dispondo de dois gigantes centrais e de dois montantes de esquina de grande secção, interligados por painéis de laje plissada, com vértices voltados para o lado das terras.

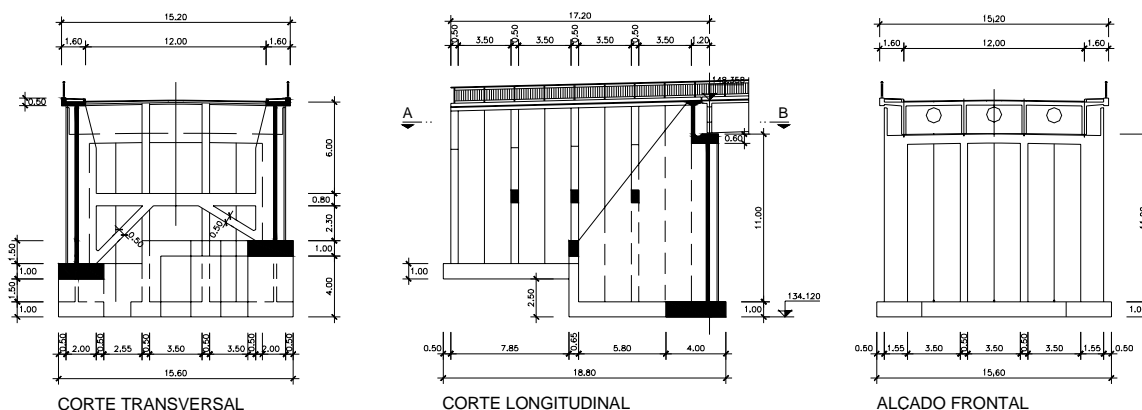


Figura 6. Encontros. Cortes e Alçado.



Os gigantes e montantes laterais são encimados por uma viga de estribo com a secção de 2.00mx0.60m. Os gigantes centrais, nos encontros com ligação fixa ao tabuleiro, apresentam geometria reforçada de maiores dimensões, em forma de trapézio.

Os muros de ala dos encontros são também formados a partir de gigantes afastados entre si de 4.00m que dão apoio a painéis de laje plissada. São coroados com uma laje que por sua vez constitui o passeio, dispondo de viga de bordo, dando continuidade às vigas de bordo dos tabuleiros.

As patologias típicas verificadas nos encontros destas pontes são genericamente as seguintes, evidenciando deficiências de durabilidade e de ordem estrutural:

- Juntas horizontais de betonagem com deficiente execução, com chochos e reparações extensas degradadas, com sinais de corrosão de armaduras e expulsão da argamassa de reparação;
- Fissuras verticais nas faces aparentes das vigas de estribo no topo dos muros de testa;
- Fissuras verticais nas vigas de bordadura dos passeios dos muros de ala;
- Fissuras predominantemente vertical nos elementos de laje plissada entre gigantes, em particular ao longo das linhas de ligação a estes elementos e na linha da dobra dos painéis de lajes, passando a inclinadas na base destas lajes, na zona de ligação à fundação;
- Deficiências nos sistemas de drenagem originais da galeria dos encontros (tubagem inserida na viga de estribo, que passa pelo interior do encontro e descarrega junto à base do muro de testa) que facilmente ficam obstruídos, dando-se o escoamento das águas pelas faces dos montantes de cantos, que em consequência disso apresentam patologias diversas, nomeadamente o desenvolvimento extenso de reacções álcalis-sílicas;
- Fendas de separação entre os muros de testa e os muros de ala, com grandes aberturas, principalmente nos casos em que foram previstas ligações fixas dos tabuleiros aos encontros. Esta situação apresenta maior relevância no encontro direito da Ponte sobre o Rio Criz II, de maior dimensão da obra (cerca de 300m), que por isso apresenta mais pilares com apoios fixos a contribuírem para uma maior força de fixação no encontro. Este encontro foi sujeito a um reforço de carácter provisório, com a aplicação de uma treliça metálica no topo do muro de testa do encontro, atirantada a ancoragens no terreno executadas ao lado de cada muro de ala.



Figura 7.a)  
Fissuração vertical  
nas Lajes Plissadas  
dos Encontros.



Figura 7.b) Fenda de  
separação entre Muro  
Testa e Muro Ala.  
Reforço Provisório.



Figura 7.c) Fenda de  
separação entre Muro  
Testa e Muro Ala.  
Reforço Provisório.

### **3. DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO DE REABILITAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL**

#### **3.1 Reforço dos Tabuleiros**

Os tabuleiros das duas pontes em análise apresentam características semelhantes, diferindo apenas nas extensões de 180m ou 300m, entre eixos de apoio nos encontros.

No estudo efectuado sobre a situação existente [1,2], concluiu-se que nas secções dos tabuleiros, para combinações quase permanentes de acções, se verificam elevadas descompressões nas fibras inferiores, a meio vão, e nas fibras superiores, nos apoios, com valores máximos ultrapassando o valor médio da resistência à tracção do betão. Em termos de Estados Limites Últimos, verificou-se que as armaduras de pré-esforço, em conjunto com as armaduras ordinárias longitudinais do tabuleiro, são em geral suficientes para garantir a resistência última das secções à flexão, embora nas secções sobre os apoios esta seja ligeiramente inferior ao requerido. No caso do esforço transversal, face à armadura de corte existente nas vigas do tabuleiro, não são garantidas as disposições mínimas impostas na regulamentação actual.

Perante estes resultados, constatou-se a necessidade de proceder ao reforço do pré-esforço dos tabuleiros, de forma a melhorar o seu comportamento em serviço, do que resulta também um importante acréscimo de capacidade resistente, colmatando as deficiências verificadas a este nível. Para isso, previu-se a adopção de pré-esforço exterior a aplicar nas quatro vigas de cada tabuleiro, o qual garantirá a não ocorrência de descompressão das secções para combinações de acções quase-permanentes, em conformidade com o requerido na actual regulamentação.

Dessa forma, as vigas principais do tabuleiro serão reforçadas com a aplicação de pré-esforço exterior, composto por um par de cabos de 9 cordões  $\Phi 0,6''$  de  $A_{sp}=1,50\text{cm}^2/\text{cordão}$ , em cada longarina do tabuleiro. O traçado previsto para o andamento dos cabos corresponde à aplicação de um par de cabos em cada viga de cada vão, ancorados em maciços de amarração a construir a 1/3 dos vãos adjacentes, juntos às carlingas de vão, sobrepondo-se aos cabos dos vãos adjacentes nos troços de 1/3 de vão para cada lado das carlingas de apoio nos pilares.

Para reforço das carlingas sobre os pilares, com a largura actual de 0.30m, é executado um espessamento de 0.25m para cada lado, perfazendo a largura final de 0.80m, e são pré-esforçadas com 2x3 cabos de pré-esforço aderente de 7 cordões  $\Phi 0,6''$  de  $A_{sp}=1.40\text{cm}^2/\text{cordão}$ .

As carlingas de apoios nos encontros serão também espessadas em 0.30m para o lado do tabuleiro, perfazendo a largura final de 0.60m, e pré-esforçadas com 3 cabos de 7 cordões  $\Phi 0,6''$  de  $A_{sp}=1.40\text{cm}^2/\text{cordão}$ .

Nos pontos de colocação de novos aparelhos de apoio estes espessamentos serão reforçados transversalmente na ligação às carlingas existentes por meio da aplicação de conjuntos de barras de alta resistência  $\Phi 25$  pré-esforçadas, que permitirão também receber o apoio provisório nos macacos a usar durante o levantamento dos tabuleiros para substituição de aparelhos.

#### **3.2 Reforço dos Capiteis dos Pilares**

No estudo efectuado sobre a situação existente [1,2], concluiu-se que os capitéis laminares dos pilares da Ponte sobre o Rio Criz II, satisfazem em geral os estados limite de resistência e de serviço, ainda que o esforço transversal resistente de algumas secções seja um pouco inferior ao requerido. No caso da Ponte sobre o Rio Criz I, os capitéis apresentam problemas de resistência estrutural em termos de transmissão das cargas provenientes dos aparelhos de apoio extremos para o fuste do pilar. De acordo com os factores de segurança estipulados na regulamentação actual e face às acções consideradas no RSA não são verificados os E.L.U de resistência.



Previu-se assim o reforço dos capitéis da Ponte sobre o Rio Criz I, cuja espessura é apenas de 0.40m, materializado pelo envolvimento da faixa superior do capitel existente com espessamentos em betão armado, com introdução de pré-esforço de 6 cabos de 7 cordões, de modo a eliminar tensões de tracção e reduzir as de compressão, aumentando deste modo a sua capacidade resistente. O envolvimento com betão, nos pontos de colocação dos novos aparelhos de apoio, é fixo transversalmente ao capitel existente por meio de varões de pré-esforço de alta resistência  $\Phi 26,5\text{mm}$ .

Na Ponte sobre o Rio Criz II não se previu o reforço de capitéis, dado que nesta obra os capitéis foram executados com 0.80m de espessura, devido ao processo construtivo implementado para execução do tabuleiro. No entanto previu-se a construção de cachorros para permitirem a colocação temporária de macacos para a substituição dos aparelhos de apoio existentes. Estes cachorros serão fixos ao capitel existente por meio do pré-esforço de varões de alta resistência  $\Phi 26,5\text{mm}$ .

Para suprir a falta de capacidade resistente dos pilares e fundações, em particular para o caso de acções sísmicas, previu-se a modificação do esquema das ligações dos tabuleiros aos pilares e encontros. Foi possível limitar os esforços nos pilares à capacidade resistente disponível, com transferência parcial de esforços horizontais (agravados pelo facto de na maioria os pilares se encontrarem imersos), para encontros, onde se previu a colocação de dispositivos óleo-dinâmicos.

### **3.3 Substituição de Aparelhos de Apoio**

Constatadas nas inspecções diversas deficiências ao nível do funcionamento dos aparelhos de apoio e do seu estado de conservação, previu-se a necessidade de se proceder à sua total substituição. Para o efeito é feito o içamento dos tabuleiros introduzindo os deslocamentos verticais necessários à criação de espaço entre os capitéis e as carlingas de apoio que permita a realização dessas operações.

Após a substituição, para os encontros e pilares extremos de ambas as pontes são previstos aparelhos de apoio deslizantes guiados do tipo “pot” (E1, E2, P1 e P4 – Ponte do Criz I e E1, E2, P1, e P7 – Ponte do Criz II). Para os restantes pilares centrais são previstos aparelhos de apoio fixos do tipo “pot”. Após substituídos os aparelhos de apoio existentes pelos aparelhos definitivos, o tabuleiro ficará subido 10cm relativamente à posição original.

### **3.4 Reforço dos Encontros**

Os encontros destas obras apresentam patologias estruturais relacionadas com deficiente capacidade resistente face aos impulsos de terras e efeitos derivados das ligações ao tabuleiro a que efectivamente estão sujeitos [1,2].

Relativamente ao primeiro ponto, verifica-se que as lajes plissadas dos muros de testa e muros de ala apresentam reduzida capacidade para resistirem às tracções horizontais induzidas pelos impulsos de terras, respectivamente provenientes de reacções nos muros de ala e do muro de testa. Esta situação está na origem de fissuras verticais que se verificam em geral na dobra dos painéis plissados, e na linha de ligação das lajes aos gigantes e montantes de canto.

Por outro lado, nos tirantes horizontais em betão armado, que equilibram a meia altura os gigantes mais altos dos encontros, a amarração nos gigantes das armaduras traccionadas das é feita com comprimentos insuficientes.

Também as vigas de estribo apresentam deficiente capacidade resistente para esforços no plano horizontal, agravados nos encontros fixos.

Para reparação dos encontros previram-se soluções de alteração dos sistemas estruturais e de reforço dos encontros, que melhorando o comportamento estrutural desses elementos, quer pelo incremento da capacidade resistente, quer pela redução das acções. A capacidade resistente é aumentada com a

aplicação de uma laje superior de fecho do cofre dos encontros, solidarizando os topos dos gigantes e paredes plissadas, e pelo reforço das vigas de estribo. Por sua vez, a redução das acções é conseguida pela remoção de terras interiores dos cofres dos encontros e pela libertação do tabuleiro dos encontros fixos, com a introdução de aparelhos de fixação com comportamento elasto-plástico, por forma a controlar o valor das forças horizontais.

Para reforço é aplicada uma laje de 0.40m de espessura apoiada nos muros de ala e de testa e gigantes respectivos e ainda sobre um alinhamento de estacas que serão colocadas segundo o eixo longitudinal de cada encontro. Esta laje garantirá o confinamento, no plano superior, do conjunto dos elementos de cada encontro, constituindo um apoio no topo dos gigantes nas duas direcções, sendo desta forma aumentada consideravelmente a sua resistência. Para tal, a laje dos passeios e os gigantes são previamente demolidos no seu topo. Essa laje é apoiada, nos seus extremos, nos muros de ala e, no vão, numa viga de coroamento de estacas  $\Phi 0.60$ , previamente executadas.

As vigas de estribo serão reforçadas através da execução de vigas complementares dispostas sobre as existentes, ficando também ampliado o espaço das galerias de inspecção e permitindo a colocação dos dispositivos de fixação longitudinal.

Após concluídos os trabalhos de reforço nos encontros são efectuadas as reparações das anomalias verificadas, como sejam preenchimento de fendas, reparação de zonas com betão degradado e ainda a aplicação de novas juntas de dilatação e execução de modificações ao sistema de drenagem das águas pluviais, de acordo com o previsto nas peças desenhadas.

### **3.5 Restantes Trabalhos**

Para além das intervenções de ordem estrutural referidas anteriormente, são ainda considerados outros trabalhos de beneficiação das pontes, como a substituição das juntas de dilatação, a instalação de equipamentos e execução de acabamentos.

Da campanha de ensaios efectuada concluiu-se que as actuais profundidades de carbonatação se situam em geral por volta dos 10 a 15mm. Em casos singulares (capiteis, faces inferiores de longarinas) estas profundidades são superiores aos recobrimentos mínimos registados, de apenas 10mm. Tendo em conta os recobrimentos verificados nos tabuleiros e a taxa de progressão da carbonatação que se verificou nestes cerca de 25 anos de vida das obras, estima-se que a profundidade de carbonatação atingiria a generalidade das armaduras ainda no período de vida útil das obras.

Previu-se assim uma pintura geral de protecção das superfícies, para retardar a evolução deste fenómeno, à excepção aos troços dos fustes dos pilares que estão sujeitos a submersão, e que serão objecto de intervenção posterior.

## **REFERÊNCIAS**

- [1] TRIEDE S.A. – Ponte sobre o Rio Criz I, Relatório Preliminar, Verificação da Segurança Estrutural – Situação Existente, 2003/Março.
- [2] TRIEDE S.A. – Ponte sobre o Rio Criz II, Relatório Preliminar, Verificação da Segurança Estrutural – Situação Existente, 2003/Março.
- [3] TRIEDE S.A. – Pontes sobre o Rio Criz I e II, Relatório de Inspeção, 2003/Julho.
- [4] TRIEDE S.A. – Projecto de Reabilitação e Reforço Estrutural das Pontes sobre o Rio Criz I e II, 2006/Fevereiro.