



ENCONTRO NACIONAL

# Betão Estrutural 2010

LISBOA, 10, 11 E 12 NOVEMBRO

organização





## PONTE SOBRE O RIO ZAMBEZE EM CAIA

Tiago Mendonça<sup>1</sup>, Vitor Brito<sup>2</sup>, Manuel Almeida<sup>2</sup>

### DESCRIÇÃO

Este artigo diz respeito à nova ponte sobre o Rio Zambeze em Caia, Moçambique. A ponte integra a estrada nacional EN 1 e permite a ligação entre a província da Sofala (a Sul) com a província da Zambézia (a Norte).

Esta ponte concretiza um projecto que se iniciou em 1977 com a adjudicação da sua construção a uma empresa moçambicana SOMOP sob o projecto do Professor Edgar Cardoso. Devido à guerra civil os trabalhos de construção foram completamente suspensos em 1981, ficando apenas os dois encontros e as estacas de 3 pilares entretanto executados.

Quase 30 anos mais tarde, a Betar Consultores Lda. procedeu à realização do Projecto de Execução da Nova Ponte Sobre o Rio Zambeze em Caia, devido à crescente necessidade de atravessar este curso de água.

### REALIZAÇÃO

A ponte no seu todo é composta pela ponte propriamente (Main Bridge) dita que permite o atravessamento do rio Zambeze e por um viaduto de acesso (Approach Bridge) do lado Sul do rio. A ponte principal tem um comprimento de 710m, enquanto que o viaduto de acesso apresenta um comprimento de 1666m, totalizando uma extensão total de 2376m. O projecto incluía ainda obras de reabilitação da EN 1 ao longo de cerca de 5km.

A Obra de Arte foi subdividida em 4 subestruturas, com as seguintes características:



Figura 1. Vista aérea da zona de implantação da Obra de Arte.

ID		Km <sub>i</sub>	Km <sub>f</sub>	Extensão (m)	Vãos
Viaduto de Acesso	V1	1+445.00	1+991.00	546.00	42 + 9 x 56
	V2	1+991.00	2+551.00	560.00	10 x 56
	V3	2 +551.00	3+111.00	560.00	10 x 56
Ponte		3+111.00	3+821.00	710.00	80 + 4 x 137.5 + 80

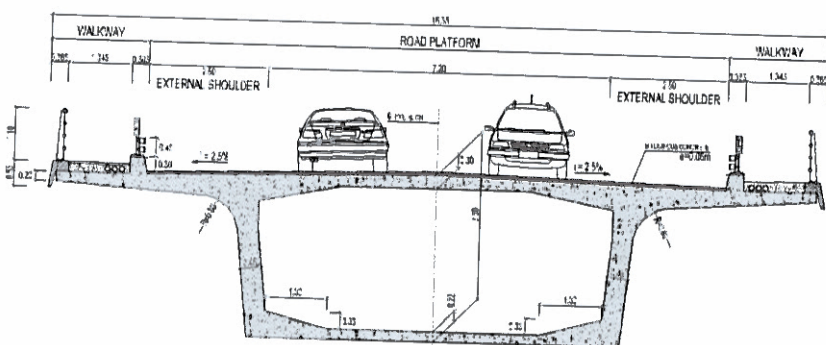


Figura 1 – Secção transversal tipo

Estruturalmente, a Obra de Arte consiste numa estrutura de betão armado pré-esforçado, sendo a ponte principal construída por avanços sucessivos enquanto o viaduto de acesso é construído com recurso a uma viga de lançamento.

O tabuleiro da ponte apresenta uma secção transversal em caixão de altura variável de 7.50m nos apoios a 3.50m no vão. O viaduto de acesso apresenta uma secção transversal em caixão de altura constante igual a 3.50m.

Os pilares possuem uma secção transversal em hexágono alongado. As fundações são do tipo indirecto por estacas de diâmetro igual a 2.0m na ponte e a 1.50m no viaduto, sendo que algumas estacas atingiram profundidades superiores a 60m.

## CONCLUSÕES

A execução do Projecto de Execução da Ponte Sobre o Rio Zambeze em Caia consistiu numa obra marcante para a Betar Consultores, na medida em que a dimensão desta estrutura mobilizou grande parte da empresa, verificando-se sucessivamente desafios de engenharia aliciantes, os quais foram abordados sempre com enorme prazer.

<sup>1</sup> Eng.º. Civil – Director Técnico da Betar Consultores, Lda.

<sup>2</sup> Eng.º. Civil – Coordenador de Projecto da Betar Consultores, Lda.

## VIADUTOS V4 E V5

Tiago Mendonça<sup>1</sup>, Manuel Almeida<sup>2</sup>

### DESCRIÇÃO

O presente artigo refere-se à execução do Projecto de duas obras de arte, executadas pelo processo de avanços sucessivos, denominadas Viadutos V4 e V5.

Ambas as obras localizam-se na A4, estando o viaduto V4 compreendido entre os kms 9+794.5 e 9+989.5 e o viaduto V5 entre os kms 10+465.0 e 10+685.0, no lanço entre Amarante e Vila Real.

Estas obras de arte advêm da necessidade de transpor vales profundos, localizando-se a rasante a uma altura de aproximadamente 55m em relação ao fundo do vale, em ambos os casos.

### REALIZAÇÃO

O perfil transversal imposto pelo Dono de Obra levou à adopção de dois tabuleiros independentes em cada viaduto, com larguras de 12.75m e 14.5m, para os tabuleiros 1 e 2 respectivamente.

O viaduto V4 apresenta um comprimento total de 195.0m, subdividido em dois vãos extremos com 55.0m e um vão central com 85.0m. Por sua vez, o viaduto V5 tem um comprimento total de 220.0m, sendo composto por vãos extremos de 67.5m e um vão central de 85m.

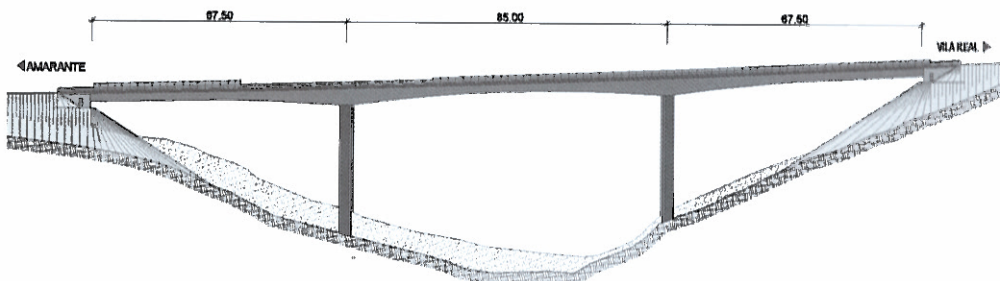


Figura 1. Alçado do Viaduto V4

O viaduto V4 desenvolve-se em planta segundo uma curva circular direita com raio de 530 m até ao km 9+918.167. A partir deste ponto e até ao final, desenvolve-se segundo uma clotoide. Quanto ao viaduto V5, este desenvolve-se em planta segundo uma curva circular esquerda com raio 1200m.

Os tabuleiros dos viadutos consistem em caixões em betão armado pré-esforçado, com altura variável parabolicamente entre 4.5m sobre os pilares e 2.5m a meio vão do tramo central e junto aos encontros.

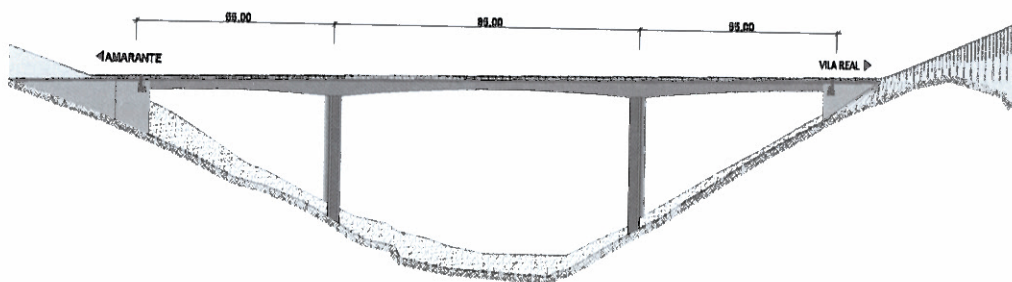


Figura 2. Alçado do Viaduto V5

O método construtivo empregue para a realização dos viadutos foi os avanços sucessivos, a partir dos pilares, bem como o cimbre ao solo junto aos encontros.

A ligação entre os tabuleiros e os pilares é monolítica, sendo a ligação aos encontros materializada através de aparelhos de apoio móveis na direcção longitudinal.

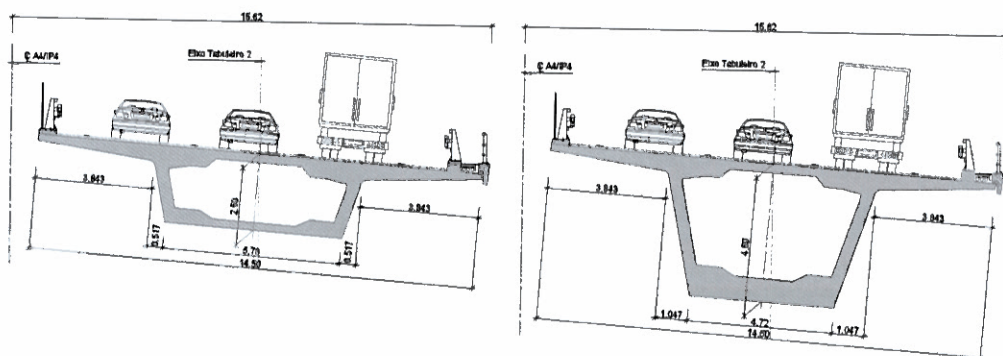


Figura 3. Secções transversais tipo do tabuleiro 2 de ambos os viadutos no  $\frac{1}{2}$  vão (à esquerda) e no apoio (à direita)



Os pilares apresentam uma geometria rectangular, com dimensões constantes em toda a sua altura. Os pilares apresentam as dimensões de 3.0m e 4.6m respectivamente para as direcções longitudinal e transversal.

As fundações de ambos os viadutos foram executadas através de sapatas quadradas, com dimensões 11.0m nos pilares P1 e 10.0m nos pilares P2 de ambos os tabuleiros do viaduto V4. As sapatas do viaduto V5 apresentam 10.5m de largura nos pilares P1 e 11.5m nos pilares P2 de ambos os tabuleiros.

## CONCLUSÕES

Os condicionalismos a nível de topografia do terreno na zona de implantação das obras levaram à necessidade de execução dos tabuleiros pelo método dos avanços sucessivos. A complexidade do faseamento construtivo destas obras, bem como a importância dos efeitos diferidos dos materiais levam a que as obras executadas por esta metodologia sejam sensíveis e, consequentemente constituam sempre um desafio a nível de engenharia.

<sup>1</sup> Eng.º. Civil – Director Técnico da Betar Consultores, Lda.

<sup>2</sup> Eng.º. Civil – Coordenador de Projecto da Betar Consultores, Lda.

## EXECUÇÃO DE VIADUTOS PRÉ-FABRICADOS

Tiago Mendonça<sup>1</sup>, Manuel Almeida<sup>2</sup>

### DESCRIÇÃO

Este artigo refere-se às Obras de Arte Especiais projectadas pela BETAR Consultores Lda, para a Subconcessão Litoral Oeste. Tratam-se de 13 Viadutos cuja solução construtiva é comum a todos, na medida em que foram utilizadas exclusivamente soluções pré-fabricadas em betão armado pré-esforçado para os tabuleiros.

Com este artigo pretende-se discutir as vantagens da pré-fabricação face às tradicionais metodologias construtivas de obras de arte. Desta forma, serão descritos quatro viadutos que abrangem de uma forma geral as características das treze obras projectadas.

### REALIZAÇÃO

Devido aos diversos condicionalismos presentes no local de implantação das obras de arte, verificou-se a necessidade de adoptar soluções distintas em termos de processo de execução do tabuleiro. Apesar dos tabuleiros de todas as obras serem executados com recurso a vigas pré-fabricadas de betão armado pré-esforçado, verificou-se a necessidade de adoptar geometrias distintas em termos de secção transversal, tipologia de pré-esforço e faseamento construtivo. Assim sendo, da globalidade das obras projectadas, podemos subdividi-las em quatro grupos distintos em termos estruturais:

1º Grupo - Foram executadas obras com recurso a vigas tipo "I" pré-fabricadas, cuja ligação aos pilares é materializada através de aparelhos de apoio. O pré-esforço na fase isostática é executado através de cabos aderentes pós-tensionados de geometria parabólica. Os tabuleiros destas obras apresentam pré-esforço de continuidade aderente, tensionados após a montagem das vigas e betonada a ligação entre estas sobre os apoios. Este pré-esforço de continuidade consiste em cabos parabólicos, que se cruzam sobre os apoios.

Das treze obras projectadas, dez enquadram-se no grupo anteriormente apresentado. Como exemplo prático deste grupo de obras, será descrito o Viaduto sobre o Rio Lis.

2º Grupo – Foram executadas obras com recurso a vigas tipo “I” pré-fabricadas, cuja ligação aos pilares é monolítica. O pré-esforço na fase isostática é executado através de cabos aderentes pós-tensionados de geometria parabólica. Os tabuleiros destas obras apresentam pré-esforço de continuidade aderente, tensionados após a montagem das vigas e betonada a ligação entre estas sobre os apoios. Este pré-esforço de continuidade consiste em cabos parabólicos, que englobam toda a extensão da obra.

A única obra projectada com as características anteriormente referidas e que será apresentada é o Viaduto Sobre a Ribeira das Pedreiras.

3º Grupo – Foram executadas obras com recurso a vigas tipo “I” pré-fabricadas, cuja ligação aos pilares é materializada através de aparelhos de apoio. O pré-esforço na fase isostática é executado através de cordões aderentes pré-tensionados, com traçado recto. Os tabuleiros destas obras apresentam pré-esforço de continuidade aderente de geometria recta, aplicado ao nível da laje, numa extensão delimitada sobre os apoios.

A única obra projectada com as características anteriormente referidas e que será apresentada é o Viaduto Sobre a Ribeira da Varzea.

4º Grupo – Foram executadas obras com recurso a vigas tipo “U” pré-fabricadas, cuja ligação aos pilares é monolítica ou com aparelhos de apoio. O pré-esforço na fase isostática é executado através de cordões aderentes pré-tensionados, com traçado recto. Os tabuleiros destas obras apresentam pré-esforço de continuidade aderente de geometria recta, aplicado ao nível da laje, numa extensão delimitada sobre os apoios.

A única obra projectada com as características anteriormente referidas e que será apresentada é o Viaduto Sobre o Rio Lena.

## CONCLUSÕES

As soluções de tabuleiros executadas com o recurso a vigas pré-fabricadas apresentam a inquestionável vantagem do superior controlo de qualidade de execução, face às tradicionais metodologias de execução “in-situ”. Além deste facto, podemos ainda enumerar como vantagem a ausência de necessidade de uso de cimbra, o que permite o atravessamento de zonas complexas (rodovias/ferrovias) sem a necessidade de interrupção destas. Não menos importante é ainda a questão da segurança, visto que uma redução substancial da mão-de-obra e dos trabalhos a executar em obra conduzem a uma diminuição do risco de acidentes.



No que se refere às obras apresentadas neste artigo, a maior parte das vigas foram realizadas com recurso a pré-esforço aderente de pós-tensão (1º Grupo). As vantagens desta tipologia de solução não são imediatas em relação às restantes soluções, e devem ser analisadas caso a caso. No entanto, podemos enumerar como principal vantagem desta solução a menor quantidade de pré-esforço necessária, devido à menor influência dos efeitos diferidos dos materiais neste tipo de soluções. Contudo, o pré-esforço de pré-tensão recto é menos oneroso, e permite a realização de almas das vigas menos espessas. As vantagens e desvantagens das diversas soluções foram analisadas caso a caso e equacionadas, tendo sido a decisão da tipologia de tabuleiro a projectar tomada conjuntamente com os construtores.

<sup>1</sup> Eng.º. Civil – Director Técnico da Betar Consultores, Lda.

<sup>2</sup> Eng.º. Civil – Coordenador de Projecto da Betar Consultores, Lda.