

revista

ESTRUTURA

Publicação da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural

Edição 4 | ano 2 | setembro de 2017 | R\$ 15,90



Ponte Itapaiúna

Obra vital para destravar o trânsito na zona Sul paulistana, venceu vários desafios em sua execução, desde as fundações até o uso de balanços sucessivos mesclado com apoio sobre cimbramento

ENTREVISTA

Indio da Costa fala da importância do engenheiro de estruturas em seus projetos

NOSSO CRAQUE

A experiência de Ernani Diaz em inúmeros projetos de infraestrutura

PROJETO COMPLEXO E DESAFIADOR

A PONTE ITAPAIÚNA FAZ PARTE DE UMA AMPLA INTERVENÇÃO VIÁRIA NA ZONA SUL PAULISTANA QUE DEMANDOU UM CONJUNTO ARROJADO DE SOLUÇÕES DE ENGENHARIA PARA VENCER OS COMPLEXOS DESAFIOS DO PROJETO

POR: MAUBERTEC ENGENHARIA E PROJETOS LTDA

INTRODUÇÃO

Inicialmente, os projetos Básico e Executivo da ponte foram desenvolvidos pela Maubertec para a SPObras. Posteriormente, ainda na sua fase de implantação, a ponte se tornou objeto de contrapartida viária, por polo gerador, através da Lei Municipal 15.150 de 6 de maio de 2010, onde, se determinou a execução desta obra, pela compensação aos empreendimentos da Odebrecht

Realizações, na região. Assim, a descrição da obra é subdividida em duas partes: a primeira, referente ao desenvolvimento dos projetos básico e executivo para a SPObras, e a segunda, relativa ao desenvolvimento do Projeto Executivo para o Consórcio Complexo Itapaiúna, que foi o efetivamente implantado.

DESCRIÇÃO DA OBRA

A: Primeira Parte: Projeto para a SPObras

Sistema Viário

A Ponte Itapaiúna, obra vencedora da Categoria Infraestrutura da 14ª Edição do Prêmio Talento Engenharia Estrutural, é composta por três ramos: Ramo Ponte, Ramo 100 e Ramo 200. O Ramo Ponte, que interliga a avenida Itapaiúna com a pista local das Nações Unidas, é acessado a partir da pista expressa da Marginal Pinheiros por meio do Ramo 100 na altura do Apoio AP4, situado junto à margem do Rio Pinheiros (ver Figura 1a, 1b e 2).

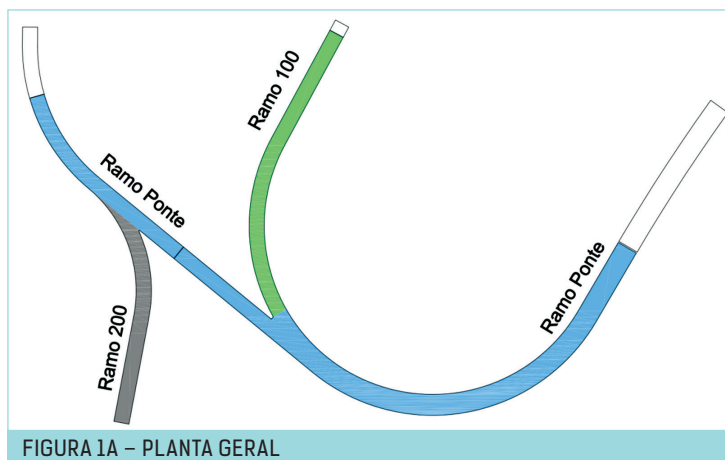


FIGURA 1A – PLANTA GERAL

O acesso do Ramo Ponte ao futuro prolongamento da Marginal Expressa do Rio Pinheiros, em direção a Interlagos, será feito por meio do Ramo 200, a partir do Apoio AP2 (ver Figura 2).

O Ramo 200 será executado quando da implantação do prolongamento da Marginal Expressa.

A ponte tem a função de interligar o bairro do Morumbi, através da avenida Itapaiúna, com a avenida das Nações Unidas na outra margem, e permitir, através do Ramo 100, o retorno do usuário que trafega pela Marginal Pinheiros. O Ramo 200, por sua vez, permitirá o acesso da avenida Itapaiúna à futura pista do prolongamento da Marginal Expressa do Pinheiros, no sentido de Interlagos.

Trata-se de uma geometria complexa decorrente dos diversos movimentos a serem atendidos.

O Ramo Ponte, até seu encontro com o Ramo 200 e com o Ramo 100, foi previsto

com uma plataforma para duas faixas de rolamento de 3,50m e uma largura total de 8,96m, confinadas por guarda rodas nas extremidades. Essa mesma configuração foi definida para o Ramo 100 e para o futuro ramo 200.

A partir da junção do Ramo Ponte com o Ramo 100, nas imediações do Apoio AP4, o tabuleiro converge para uma plataforma com três faixas de rolamento de 3,50m e uma largura total de tabuleiro de 12,46 m. Os inúmeros movimentos necessários para atender aos diferentes fluxos exigiram uma geometria com vários trechos curvos e com raios relativamente pequenos, da ordem de 100m. As pistas possuem uma declividade constante transversal de 3% no sentido radial, voltada para o centro da curva.

Os gabaritos mínimos que foram atendidos são respectivamente de 5,50m para a passagem de veículos, 7,00m para a faixa sobre a ferrovia e de 13,00m x 40,00m sobre o rio Pinheiros. Não foi permitida a implantação de pilares no leito do rio em decorrência de navegação existente. Esta condicionante exigiu um vão de 112,00m sobre o rio.

Concepção da Superestrutura

A concepção da superestrutura teve que atender, por um lado, as características geométri-

cas do traçado, o conforto do usuário e a durabilidade da estrutura e, por outro, às exigências dos gabaritos rodoviário, ferroviário e hidroviário, além de se compatibilizar com as interferências aérea e subterrânea das redes elétrica, drenagem, gás, esgotamento sanitário, e com estruturas já existentes, todas sem possibilidades de remanejamento, à exceção da rede de alta tensão.

Complementarmente a esse conjunto de exigências, a obra deveria, dentro do possível, apresentar o melhor proporcionamento de vãos e de alturas de construção e agregar esteticamente ao entorno, de forma marcante.

A partir desse cenário buscaram-se soluções e alternativas que resultaram nas seguintes escolhas:

- A geometria curva da obra e a convergência de ramos sugeriu a adoção de uma estrutura em concreto protendido, com altura de construção variável no vão principal sobre o rio e nos dois adjacentes. Nos demais vãos a altura foi mantida constante.
- Sobre o rio estabeleceu-se um vão de 112,00m e para os adjacentes 78,91m e 84,40m no Ramo Ponte, e 79,60m para o Ramo 100 (ver Figura 3).
- A altura de construção nos apoios do vão maior foi fixada em 6,00m ($h/l = 1:18,60$) e no meio do vão em 3,00m ($h/l = 1:37,33$). A altura de 3,00m foi assumida para o restante dos vãos.
- Após os ajustes com o viário inferior e a compatibilização com as interferências, chegou-se à seguinte disposição dos encontros e dos apoios (ver Fig. 1.a na página 12):
 - **Ramo Ponte:**
 - Encontro: E1: 42,15 m;
 - Vãos: 45,00m; 55,00m; 27,30m; 78,91m; 112,00m; 84,40m e 61,60m;
 - Encontro: E2: 100,51m;
 - Comprimento do Ramo Ponte: 606,87m.
 - **Ramo 100:**
 - Encontro: E3: 7,28 m;
 - Vãos: 55,00m; 55,00m; 79,60m;
 - Comprimento do Ramo 100: 196,88m.
 - **Ramo 200:**
 - Encontro: E4: 71,90 m;
 - Vãos: 35,66m; 43,00m; 36,00m;
 - Comprimento do Ramo 200: 186,56m.



FIGURA 1B – ACESSO AO RAMO PONTE ATRAVÉS DO RAMO 100



FIGURA 2 – FUTURO RAMO 200

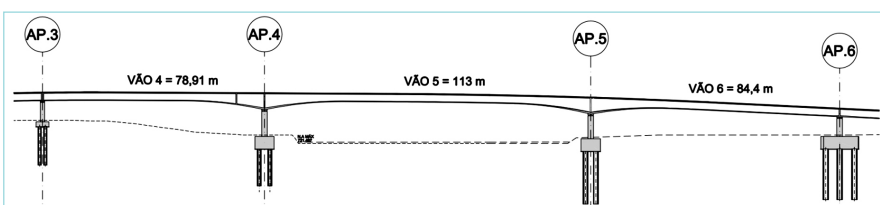


FIGURA 3 – ELEVAÇÃO – VÃO CENTRAL E ADJACENTES

- Comprimento total da obra: 990,31m;
- Área total de tabuleiro: 10.284,95m²

A seção transversal do viaduto da ponte, adotada para os trechos com duas pistas, foi a seção unicelular com dois balanços de 2,00m (ver Figura 4). Esses trechos são:

desta, a seção bicelular propiciou, através da alma interna, a fusão das almas das seções unicelulares no encontro do Ramo Ponte com o Ramo 100, mantendo a continuidade, e assim, favorecendo o lançamento dos cabos de protensão nas almas, na região de transição (ver Figura 6).

Objetivando dar maior conforto ao usuário e reduzir pontos de transição que demandam maior manutenção, optou-se por restringir a quantidade de juntas na superestrutura aos encontros, e a uma única junta no tabuleiro, no Apoio AP3.

Em decorrência da geometria muito curva e complexa da obra, foram necessários estudos cuidadosos para estabelecerem-se os pontos fixos da obra e o direcionamento dos aparelhos de apoio, para minimizar a geração de esforços horizontais e deslocamentos significativos nos encontros que pudessem provocar desalinhamentos muito grandes da superestrutura com os encontros.

Os aparelhos de apoio escolhidos foram do tipo Vasoflon fixos, unidirecionais e multidirecionais.

Esses aparelhos, no geral, foram dispostos em dupla na cabeça dos apoios, dando condições para absorverem momentos de torção. Apenas no Apoio AP3, onde se localiza a junta de dilatação, optou-se por utilizar um único aparelho, abrindo-se mão de absorver o momento de torção em decorrência da desproporção do vão AP3 – AP2 em relação ao vão AP2 – AP1. Essa desproporção foi condicionada pela compatibilização com o viário inferior.

Também no Apoio AP5 optou-se por um único aparelho por razões decorrentes da geometria, como se verá mais adiante. As transversinas foram limitadas aos apoios e às duas bifurcações decorrentes das junções das seções unicelulares, uma nas proximidades do Apoio AP2 (Ramo Ponte com Ramo 200) e outra do Apoio AP4 (Ramo Ponte com Ramo 100). Apesar da grande curvatura, a ausência de transversinas intermediárias facilitou bastante a execução.

Concepção dos Pilares

Os pilares foram concebidos em forma de cálice convergindo para um fuste com seção transversal circular para as cargas menores, e com seção composta por um trecho central retangular, concordando nas suas extremidades com dois semi-círculos, para as cargas maiores. Essa

Ramo Ponte até o Apoio AP4, Ramo 100 e Ramo 200. Para o Ramo Ponte, entre o Apoio AP4 e o encontro E2, a seção adotada foi a bicelular, mantendo-se os balanços de 2,00m (Ver Figura 5).

Apesar de a largura da seção ser relativamente mo-

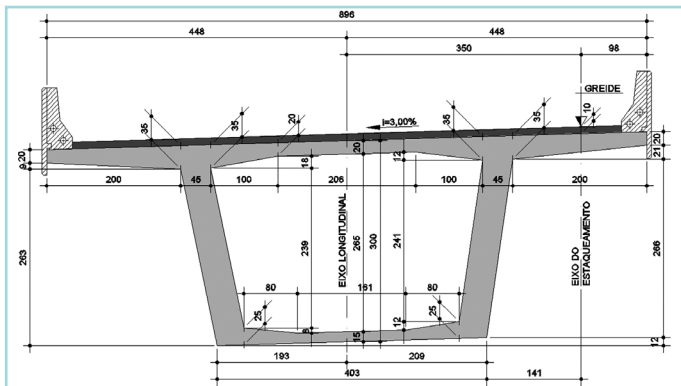


FIGURA 4 - SEÇÃO TÍPICA - RAMO PONTE (ATÉ AP4), RAMO 100 E RAMO 200

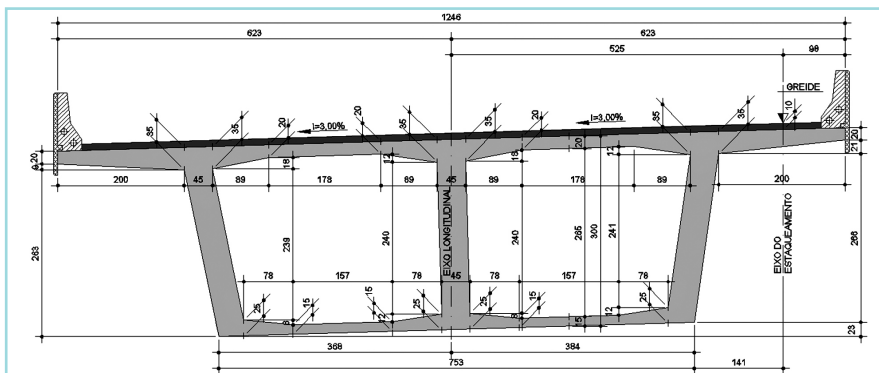


FIGURA 5 - SEÇÃO TÍPICA - RAMO PONTE (AP4 – E2)

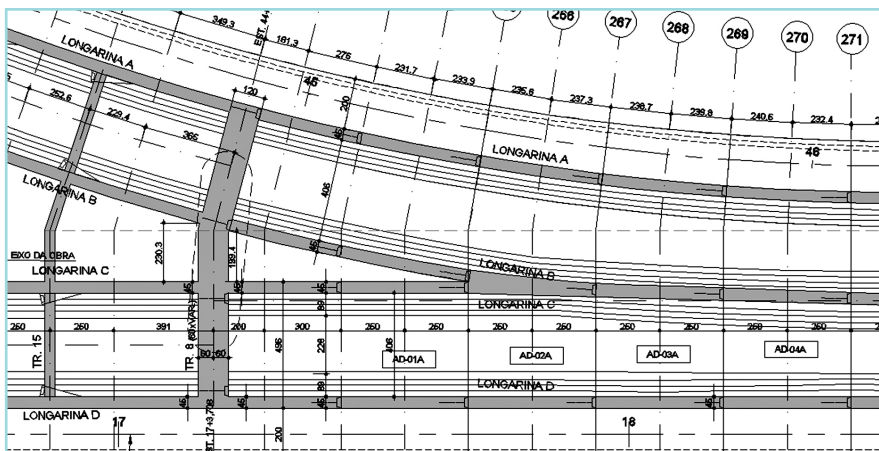


FIGURA 6 - JUNÇÃO DOS RAMOS PONTE E 100 - UNIFICAÇÃO DAS LONGARINAS B E C

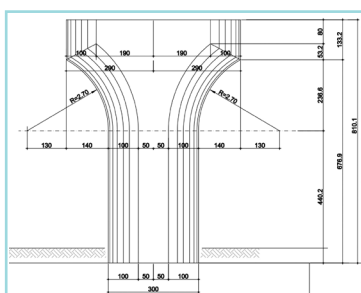


FIGURA 7A - FORMA DO PILAR AP5

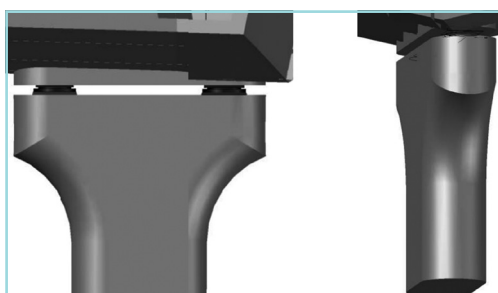


FIGURA 7B - MODELO TRIDIMENSIONAL DO PILAR AP4



A OPÇÃO PARA OS PILARES FOI DE ESTACAS ESCAVADAS, COM EXCEÇÃO DO APOIO AP4, ONDE SE USOU TUBULÃO A AR COMPRIMIDO

composição permitiu manter para todos os pilares a mesma forma curva do fuste, variando apenas o núcleo central retangular, o que viabilizou uma otimização no reaproveitamento das formas dos pilares (ver Figura 7a e 7b).

Escolha do Tipo de Fundação e Configuração dos Blocos

As características do perfil geotécnico junto aos apoios recomendaram dois tipos de fundação: uma delas em tubulão a ar comprimido e a outra em estacas escavadas de grande diâmetro, variando de 1,20m a 1,80m.

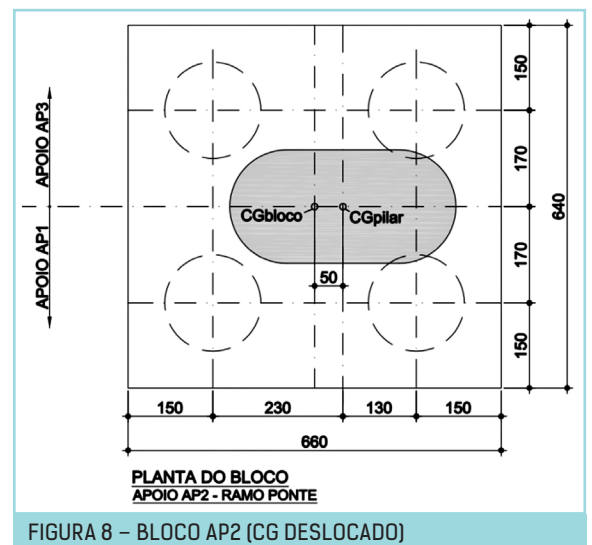
A opção escolhida foi a de estacas escavadas para todos os pilares, com exceção do apoio AP4 em que a solução adotada foi a de tubulão a ar comprimido, devido à interferência com a linha de alta tensão da Eletropaulo que necessitaria ser remanejada caso se adotasse a alternativa em estaca escavada.

Para os encontros onde as cargas eram menores, a fundação escolhida foi em estaca raiz, quando profunda, ou em sapata direta, quando rasa. A opção pela estaca escavada foi decorrente da rapidez alcançada em sua implantação. Como o remanejamento da linha da Eletropaulo se

antecipou à execução dos tubulões, esse fato permitiu que se adotasse, também no Apoio AP4, a solução de fundação com estacas escavadas, ficando assim toda a superestrutura sobre o mesmo tipo de fundação. Para alguns apoios a disposição das estacas escavadas teve que se adaptar à presença das interferências citadas.

Nos casos em que os pilares ficaram sujeitos a momentos transversais significativos devidos às cargas de peso próprio, portanto com a resultante de peso próprio fora de seu eixo, procurou-se dispor o centro de gravidade do estaqueamento no centro de gravidade das resultantes das cargas de peso próprio, de forma a uniformizar, ao máximo, as cargas nas estacas para esse carregamento.

Foram os casos das fundações dos apoios AP2, AP3, do Apoio AP4 que tangenciou uma ponte existente, do Apoio AP5 que interferiu com tubo de drenagem e teve que atender às condições das fases



construtivas, e do Apoio AP6 que tangenciou o interceptor de esgotos da Sabesp.

Em sua maioria, os blocos tiveram uma configuração usual paralelepípedica, com a face superior horizontal e o pilar locado no eixo do bloco. Apenas os apoios mencionados no item anterior, pelas razões citadas, fugiram a esse critério (ver Figura 8)

Encontros

Os encontros foram concebidos em forma de caixa, em que o tabuleiro se

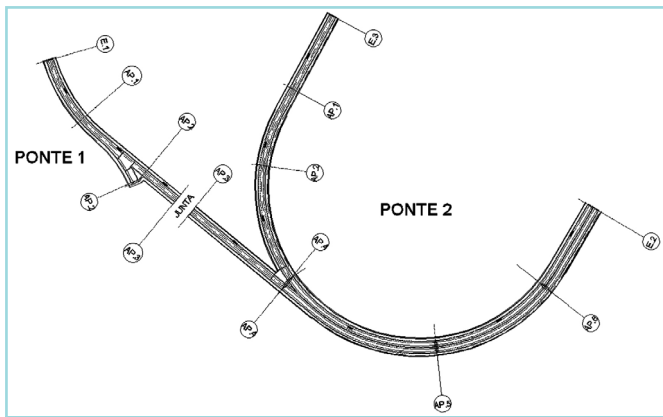


FIGURA 12 – PONTES 1 E 2

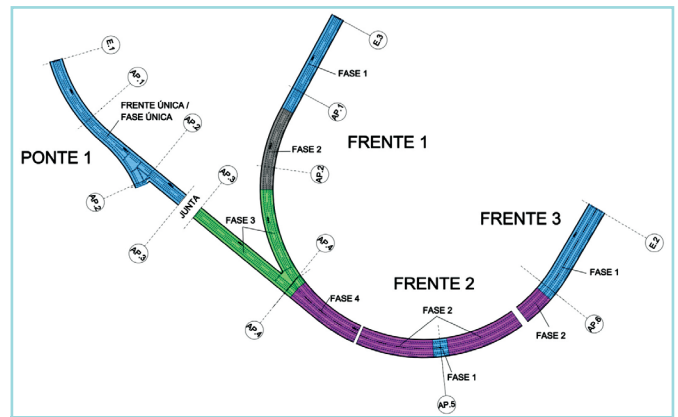


FIGURA 13 – FRENTES DE TRABALHO E SEQUÊNCIA EXECUTIVA

B. Segunda Parte: Projeto para a Odebrecht

Sequência Construtiva e Métodos Construtivos da Superestrutura

Conforme apresentado anteriormente, a implantação do Ramo 200 está condicionada à ampliação da via expressa da Marginal Pinheiros e, portanto, foi remetida à outra fase que será implementada posteriormente.

O Consórcio Complexo Itapaiúna, decide contratar o reprojeto da ponte, para melhor atender suas estratégias e metodologias de construção, bem como considerar a situação da implantação futura do Ramo 200.

O planejamento inicial seria de executar o vão sobre o rio em balanços sucessivos, mantendo o restante da obra apoiada sobre cimbramento. Porém, para melhor adequação ao seu cronograma e às interferências existentes, essa alternativa evoluiu para uma configuração executiva em que os vãos entre os apoios AP6 e AP5, e entre os apoios AP5 e AP4, seriam executados por balanços sucessivos e os demais, cimbrados.

A Ponte foi então dividida em duas superestruturas independentes, separadas pela junta de dilatação sobre o pilar AP3. O trecho entre o encontro E1 e o apoio AP3 foi denominado Ponte 1 e o trecho compreendido entre o apoio AP3, e os encontros E2 e E3 foi denominado Ponte 2, conforme esquematizado na Figura 12.

A Ponte 1 foi executada “in loco”, sobre cimbramentos e em uma única frente e uma única fase. Já a Ponte 2 foi subdividida em três frentes de trabalho, e cada frente, por sua vez, em fases construtivas conforme descrito a seguir (ver Figura 13).

FRENTE 1 – Constituída pelo Ramo 100 e pelo Ramo Ponte no trecho compreendido entre os apoios AP3 e AP4 e balanço partindo do apoio AP4 até o meio do vão. A frente foi dividida em quatro fases, sendo as três primeiras moldadas “in loco” sobre cimbramentos e a quarta fase executada em balanços sucessivos;

FRENTE 2 – Constituída por dois balanços partindo do apoio AP5, executados em duas fases: a primeira, constituída por um trecho moldado “in loco” sobre o pilar, para alojamento das treliças, e a segunda, por dois balanços sucessivos disparados simultaneamente, com exceção das duas primeiras aduelas que foram executadas defasadas para viabilizar a montagem das treliças dos balanços sucessivos;

FRENTE 3 – Constituída pelo vão entre o encontro E2 e o apoio AP6, moldada “in loco” sobre cimbramentos, denominada Fase 1, e parte do vão entre o apoio AP6 e o apoio AP5, denominada Fase 2, executada em balanços sucessivos.

Os fechamentos entre a Frente 1 e a Frente 2 e entre a Frente 2 e a Frente 3, deram-se por fases de protensão parcial alternadas.

A nova configuração executiva mudou profundamente o projeto da obra, introduzindo novos elementos estruturais para permitir sua viabilização.

As alterações em relação à solução original, moldada “in loco” sobre cimbramento, foram as seguintes:

- Consideração da situação provisória decorrente da execução futura do Ramo 200, anteriormente previsto para ser executado juntamente com a Ponte 1;
- Execução dos trechos moldados “in loco” cimbrados, por vãos;

- Introdução de balanços sucessivos a partir de estruturas cimbradas moldadas “In loco”, nas Frentes 1 e 3;
- Introdução de um duplo disparo em balanços sucessivos a partir do Apoio AP5 em um trecho curvo com raio de 100,00m.

Impactos no projeto

Os impactos dessas alterações no projeto podem ser resumidos como segue:

- Na Ponte 1, a execução do Ramo 200 em fase futura exigiu o estudo desse trecho nas duas condições, sem o Ramo 200 e com o Ramo 200, superpondo as duas situações no que tange ao comportamento estático às deformações, bem como ao dimensionamento e à disposição da cablagem e à viabilidade executiva;
- Na execução dos trechos por vãos, a estrutura sofreu uma mudança nos esforços solicitantes para cada fase executiva, o que requereu uma análise da cablagem a ser determinada e compatibilizada, para atender a essas diferentes situações;
- A introdução dos balanços sucessivos a partir dos trechos cimbrados exigiu uma mudança do tipo de cabo que teve sua capacidade reduzida para se adequar à quantidade de aduelas do balanço sucessivo e permitir que em cada aduela houvesse, pelo menos, dois cabos ancorados. Além disso, como de praxe, a cada avanço do balanço, toda a estrutura foi verificada em termos de esforços solicitantes, bem como de deformações, considerando os efeitos da deformação lenta no cálculo das contraflechas.

- Foram adotados cabos de 27 cordoalhas de diâmetro 15,2mm e de 12 cordoalhas nos balanços sucessivos, todos montados com enfição posterior. A sequência de protensão nos balanços sucessivos seguiu os avanços das aduelas e a dos trechos cimbrados seguiu uma sequência obtida após análise dos impactos das fases de protensão no carregamento do cimbramento, bem como na própria superestrutura. Com o estudo detalhado da sequência de protensão, foram evitadas boa parte das sobrecargas nos cimbramentos que em alguns casos poderiam chegar a 100% da carga original.
- Em decorrência do uso de cabos de alta capacidade e da ancoragem de vários deles em uma mesma seção e em seções consecutivas, foram realizados estudos detalhados do fluxo e dos níveis de tensões desenvolvidos nessas regiões de concentração de cargas.

Duplo disparo sobre o Pilar AP5 – Frente 2

A solução de duplo balanço a partir do apoio AP5 apresentou dois problemas de estabilidade ao tombamento durante a fase de execução. O primeiro decorreu do fato de a superestrutura, na fase definitiva, se articular no pilar e não estar preparada para absorver qualquer desequilíbrio longitudinal. Esse problema foi resolvido com a utilização de quatro pilares provisórios, dimensionados para absorverem o desequilíbrio provocado pela concretagem de um avanço, admitindo que seu par estivesse defasado de um avanço. Em outras palavras, o momento de desequilíbrio considerado correspondeu àquele provocado pelo peso do concreto da aduela, acrescido pelo do momento

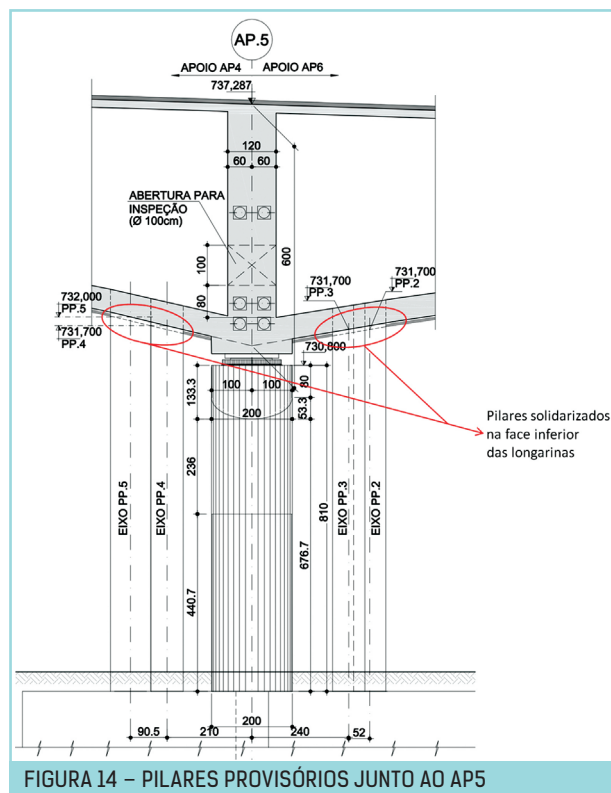


FIGURA 14 – PILARES PROVISÓRIOS JUNTO AO AP5



FORAM USADOS CABOS DE 27 CORDOALHAS COM DIÂMETRO 15,2MM E 12 CORDOALHAS NOS BALANÇOS SUCESSIVOS



FIGURA 17 – ENSAIO DO APARELHO ESPECIAL EM ESCALA REDUZIDA

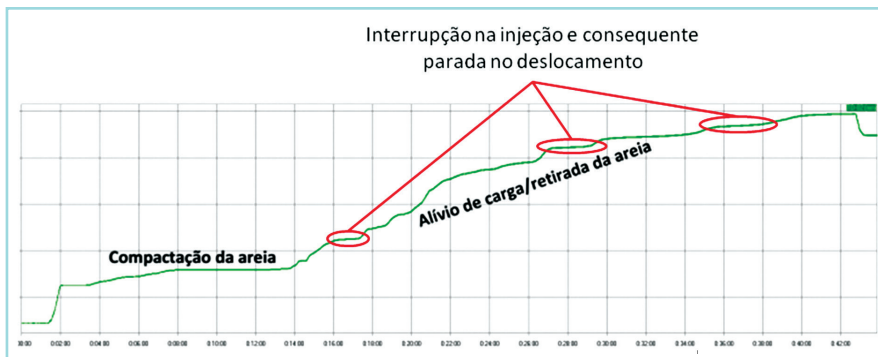


FIGURA 18 – COMPORTAMENTO DOS SENSORES DE DESLOCAMENTO

tensão final (denominada PT positiva entre os apoios AP4, AP5 e AP6), bem como as cargas e respectivas participações percentuais nos apoios remanescentes, na medida em que os pilares provisórios iam sendo eliminados.

Para garantir uma transferência lenta de carga do pilar PP1 para o apoio definitivo AP5, por se tratar de carga muito elevada, como se pode ver na Tabela 1, foram feitos ensaios em aparelhos de porte menor em laboratório, utilizando o mesmo processo

especificado na obra que consistia do uso de água injetada pelas aberturas, já previstas nas laterais da bacia do aparelho, para a retirada progressiva do colchão de areia que suportava a placa superior do aparelho (ver Figura 17).

Os resultados dos ensaios mostraram que esse processo de retirada do colchão de areia permitia um assentamento lento e sem impactos, o que se repetiu também na obra, tendo sido realizada a transferência da carga com pleno sucesso (ver Figura 18).

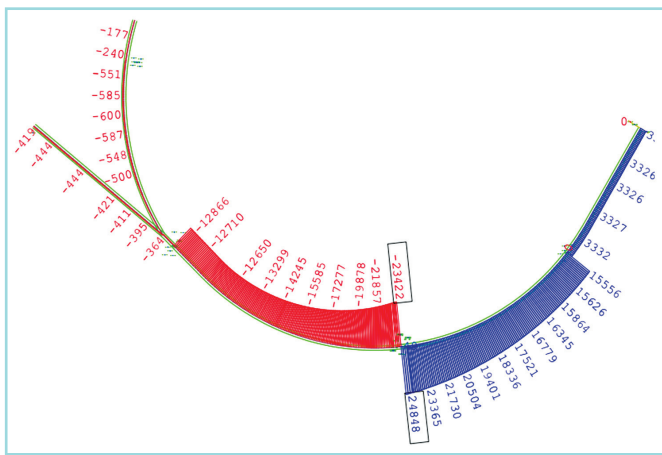


FIGURA 19 – VARIÇÃO NO MOMENTO DE TORÇÃO DEVIDO À REMOÇÃO DO PILAR PROVISÓRIO PP1

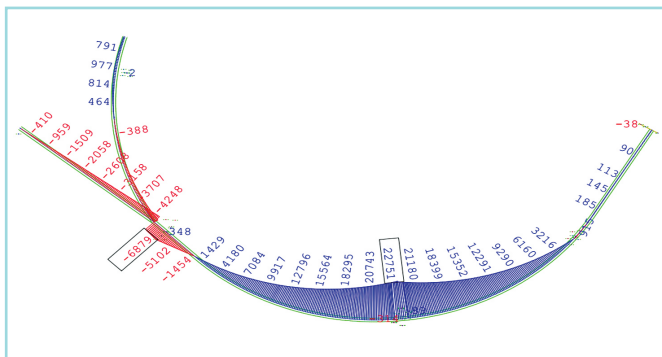


FIGURA 20 – VARIÇÃO NO MOMENTO FLETOR DEVIDO À REMOÇÃO DO PILAR PROVISÓRIO PP1 (AZUL = MOMENTO POSITIVO; VERMELHO = MOMENTO NEGATIVO)

Ramo Ponte

Apoio	Id	Carga Nominal (kN)	Tipo	Direcionamento
E1	Esq	5500	Multidirecional	
	Dir	5500	Multidirecional	
AP1	Esq	11000	Unidirecional	Direcionado ao aparelho fixo do AP2
	Dir	11000	Multidirecional	
AP2	Esq	17000	Fixo	
	Dir	17000	Multidirecional	
AP3	Central	5500	Multidirecional	
	Esq	5500	Unidirecional	Paralelo ao eixo da obra
AP4	Dir	5500	Multidirecional	
	Esq	40000	Fixo	
AP5	Dir	40000	Multidirecional	
	Esq	45000	Unidirecional	Direcionado ao aparelho fixo do AP4
AP6	Prov	25000	Multidirecional	
	Esq	25000	Unidirecional	Paralelo ao eixo da obra
E2	Dir	20000	Multidirecional	
	Esq	8000	Multidirecional	
E2	Dir	8000	Multidirecional	

Ramo 100				
Apoio	Id	Carga Nominal (kN)	Tipo	Direcionamento
E3	Esq	5500	Multidirecional	
	Dir	5500	Multidirecional	
AP1 R 100	Esq	11000	Unidirecional	paralelo ao eixo da obra
	Dir	11000	Multidirecional	
AP2 R 100	Esqw	13000	Multidirecional	
	Dir	13000	Multidirecional	

Verificou-se, inclusive, que o deslocamento poderia ser controlado ao interromper a injeção d'água (patamares destacados no gráfico).

Como a decisão foi de deixar apenas um aparelho de apoio no AP5, ao se transferir a carga do PP1 para o apoio AP5 introduziu-se um momento de torção que foi absorvido pela superestrutura e transmitido para os apoios AP6 e AP4 (ver Fig. 20). Observe-se, ainda, que a carga final, após a retirada do pilar PP1, foi reduzida em relação à carga existente antes dessa retirada, passando de 25.577 kN para 24.737 kN, indicando uma redução do momento negativo no

Aparelhos de Apoio

Por força das elevadas cargas e dos deslocamentos decorrentes dos efeitos de deformação elástica, deformação lenta, retração e temperatura, do processo construtivo e da geometria complexa, utilizaram-se os aparelhos de apoio do tipo Vasoflon fixo, unidirecional e multidirecional.

A configuração da disposição dos aparelhos de apoio nas cabeças dos pilares foi normalmente composta pela combinação de dois aparelhos, possibilitando a absorção do movimento de torção no pilar. Fogem a essa configuração os pilares dos

apoio (ver Figura 20).

Os diagramas a seguir foram obtidos da modelagem e simulação do faseamento construtivo e apresentam as variações causadas pela remoção do Pilar Provisório PP1 no momento de torção (Figura 19) e no momento fletor (Figura 20)

apoios AP5 e AP3, de junta, que, no lado do vão entre os apoios AP3 e AP2, possuem um único aparelho (Ver Figura 21).

O resultado final dos estudos resultou a seguinte configuração:

Juntas de Dilatação

A obra tem três juntas de extremidade nos encontros E1, E2, E3, e uma intermediária sobre o apoio AP3 (ver Figura 22).

Foi especificada a junta Jeene, adequando o tipo aos movimentos previstos longitudinal e transversalmente.

A distribuição das juntas e os respectivos deslocamentos longitudinais e transversais resultaram os seguintes:

Junta	Tipo	Desloc. Long.	Desloc. Transv.
E1	JJ13090CP	8,00 cm	3,50 cm
E2	JJ170120CP	16,00 cm	7,00 cm
E3	JJ170120CP	13,00 cm	6,00 cm
AP3	JJ13090CP	6,00 cm	1,00 cm

Blocos de Fundação dos apoios AP4, AP5 e AP6

• AP4

Dadas as restrições locais de implantação da ponte, o bloco do apoio AP4 ficou

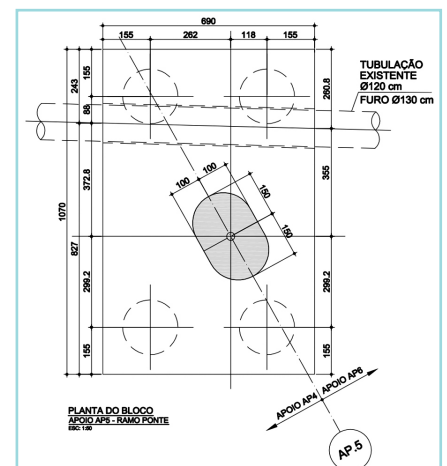
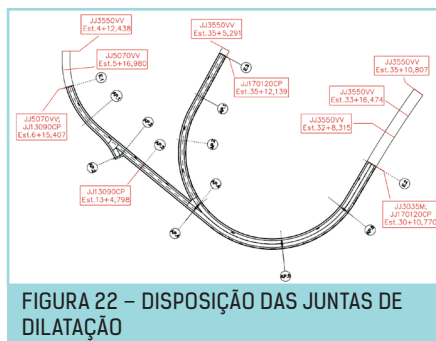
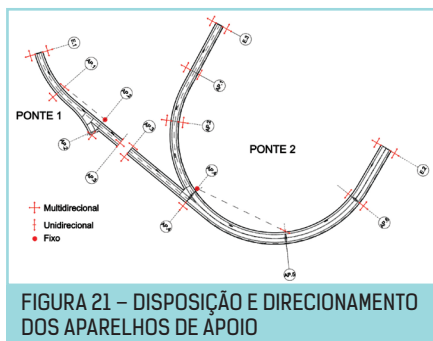


FIGURA 24A – TUBULAÇÃO PASSANDO PELO BLOCO AP5 – PLANTA

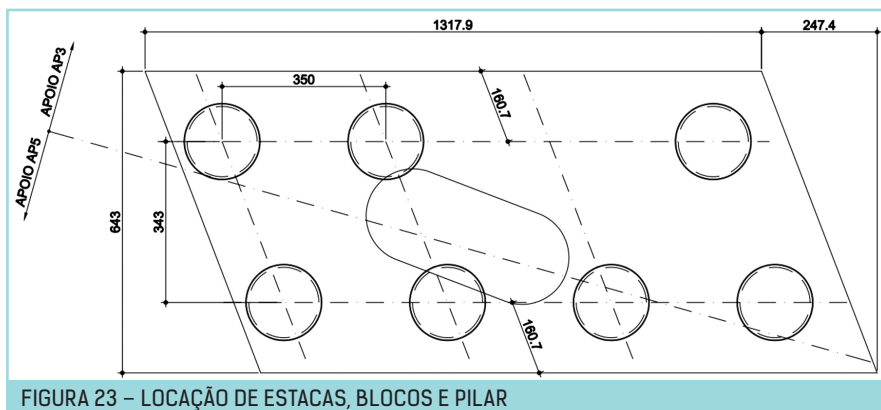


FIGURA 23 – LOCAÇÃO DE ESTACAS, BLOCOS E PILAR

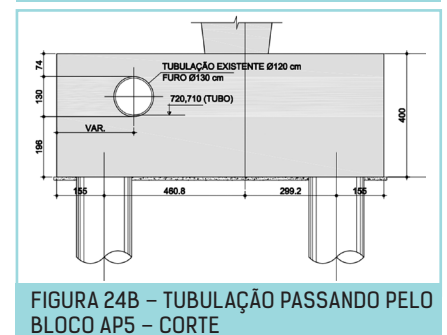
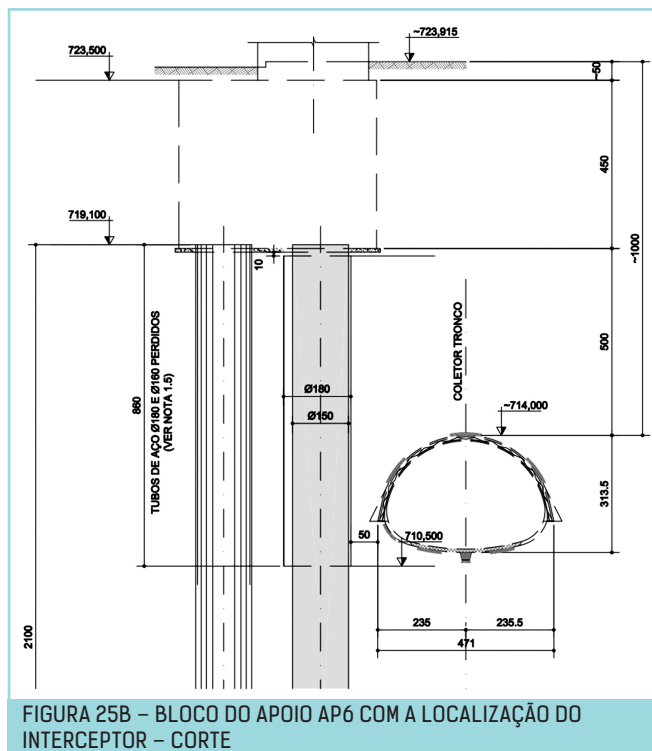
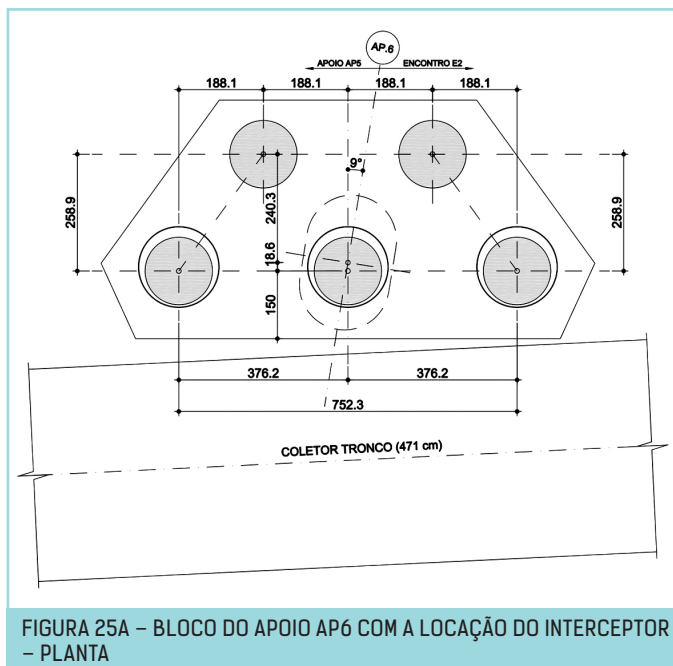


FIGURA 24B – TUBULAÇÃO PASSANDO PELO BLOCO AP5 – CORTE



tangente à ponte existente e ao córrego. A Figura 23 mostra a disposição de estacas, bloco e pilar.

• AP5

A execução do bloco do apoio AP5 exigiu um aterro de ponta na margem do rio para permitir a execução das estacas escavadas e da vala necessária para a moldagem do bloco sobre a cabeça das estacas. Na contenção da vala foram utilizadas estacas prancha, preservando o tubo de drenagem que, dada a dificuldade de remanejá-lo, foi incorporado ao bloco.

A Figura 24 (a e b) mostra o projeto da vala com o respectivo posicionamento do duto.

• AP6

Por sua vez, as estacas do apoio AP6 tangenciaram o interceptor de esgotos da Sabesp, passando a uma distância mínima de 50 cm da face do túnel, após a execução de cuidadosos levantamentos de campo e de documentação, para determinar com segurança a posição do interceptor. Apesar disso, decidiu-se cravar um tubo guia de maior diâmetro, 1,80m, cuja geratriz distasse 50 cm do interceptor, até atingir uma profundidade superior à de sua base. A estaca foi então escavada por dentro do tubo,

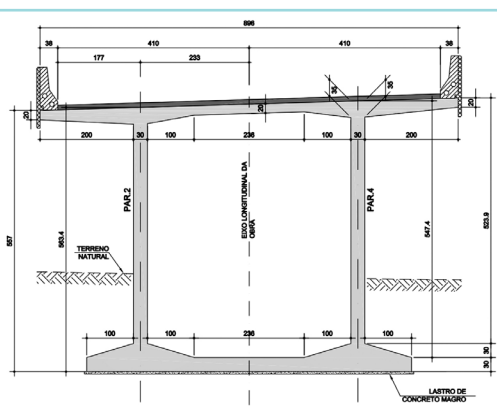
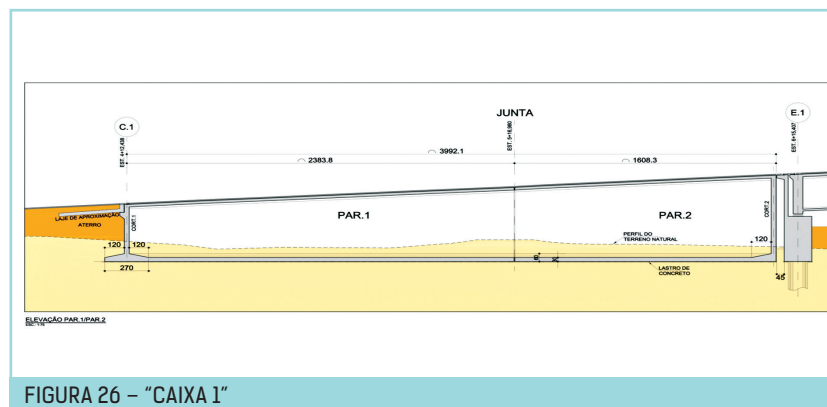
assegurando, assim, que não houvesse qualquer possibilidade de interferência com o interceptor. A disposição em planta do estaqueamento foi determinada em função desta interferência e, por consequência, a forma do bloco (ver Figura 25).

• Encontro E1

O encontro E1, denominado “Caixa 1”, é composto por dois caixões justapostos, com comprimentos de 16,08m e 23,83m, apoiados diretamente no solo por meio de uma sapata corrida associada, de onde saem as duas paredes laterais verticais. Sobre essas paredes se apoiam a laje superior, constituída pelos dois balanços de 2,00m, que concordam com os balanços da seção celular da superestrutura, e pela laje interna, esta com vão de 4,66m entre os eixos das paredes. Transversalmente, na extremidade de cada caixa há um septo transversal, (Figura 26). A estrutura foi moldada “in loco”.

• Encontro E2

O encontro E2, denominado “Caixa 2”, foi concebido em caixões em módulos de aproximadamente 32,0m, sequenciados e





A OBRA TEVE DE CONVIVER COM TRÂNSITO, ALÉM DE OBSTÁCULOS COMO REDE DE ENERGIA ELÉTRICA E O LEITO DO RIO PINHEIROS

justapostos, perfazendo um comprimento total de 97,58m. (ver Figura 27) Cada caixão tem três septos, sendo um intermediário e os demais nas extremidades.

Cada módulo está apoiado em fundação direta, em uma sapata corrida asso-

ciada, de onde partem as paredes laterais com mesma inclinação das almas da seção celular da superestrutura. A sapata tangencia e em alguns pontos se superpõe transversalmente ao envelope de duto da Comgás (ver Figura 28).

O tabuleiro foi projetado em pré-moldado, com complementação “in loco”.

Sobre as paredes laterais se apoiam os elementos pré-moldados com largura de 2,00m, com seção transversal em \square entre as paredes de apoio e complementados nas suas extremidades por duas lajes em balanço com vãos de 2,00m que concordam com os balanços da superestrutura (ver Figura 29).

Os elementos pré-moldados são montados justapostos e nos apoios são ligados às paredes por um pino. Posteriormente, são capeados por uma camada complementar de concreto com 16,0 cm de espessura.

• Encontro E3

O encontro E3 é composto pela viga travessa que recebe os aparelhos de apoio da superestrutura, e que se apoia sobre duas estacas escavadas de \varnothing 1,50m (ver Figura 30). A partir da travessa saem duas paredes verticais distanciadas entre si de 4,71m e com vãos de 6,65m, que se apoiam na outra extremidade em uma viga transversal com

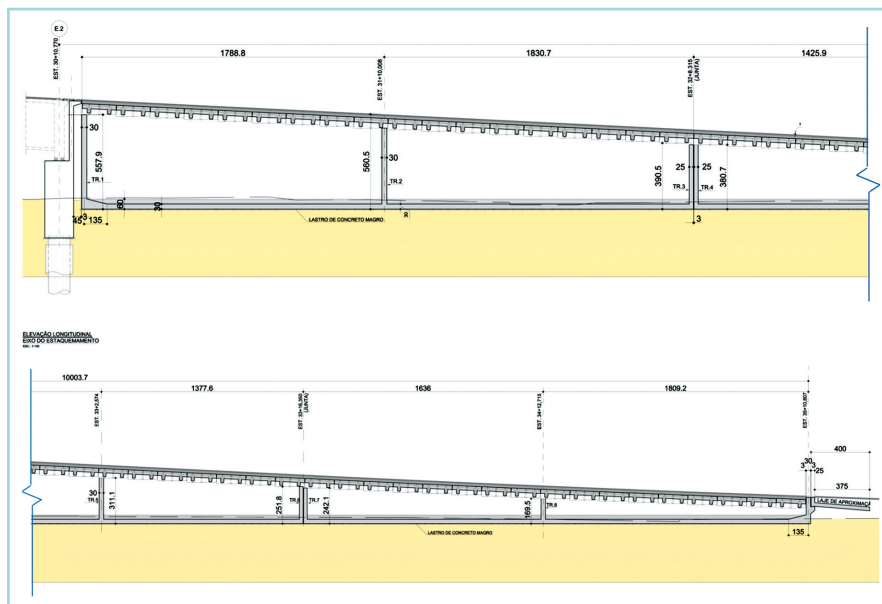


FIGURA 27 – ELEVAÇÃO – ENCONTRO 2

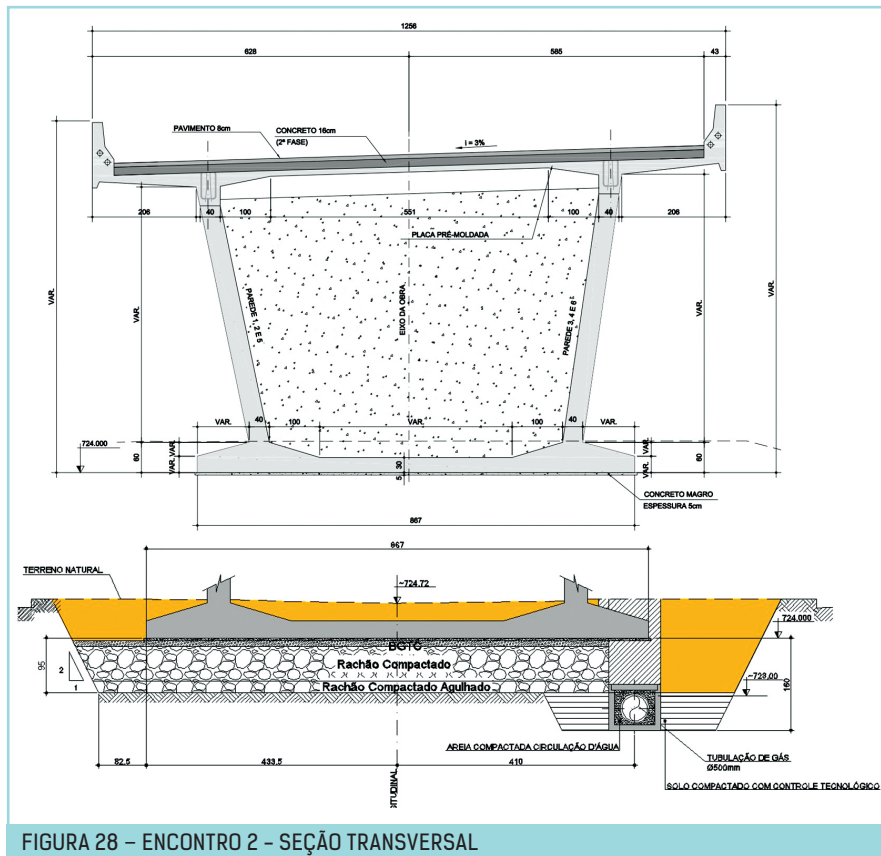


FIGURA 28 – ENCONTRO 2 – SEÇÃO TRANSVERSAL

comprimento igual à largura do tabuleiro que, por sua vez, se apoia em duas estacas raiz Ø 41,0m. Essas paredes estão distanciadas entre si de 4,71m e possuem vãos de 6,65m.

O tabuleiro entre as paredes verticais está estruturado transversalmente por vigas espaçadas entre si de 1,00m e nas extremidades, de 1,33m. Externamente

às paredes, as lajes em balanço dão continuidade aos balanços que vêm da superestrutura. O encontro é todo moldado “in loco”.

CONCLUSÃO

Procurou-se abordar os aspectos mais relevantes do projeto da Ponte Itapaiuna, cuja execução ocorreu em perfeito en-

troamento das equipes de projeto e da Construtora Odebrecht, chave do sucesso do empreendimento.

Deseja-se agradecer inicialmente à equipe da Maubertec pela dedicação e o empenho no enfrentamento do desafio de um projeto complexo, a partir de uma metodologia nova com novos recursos de softwares complementados por desenvolvimentos internos durante a elaboração do projeto. O agradecimento estende-se também às demais equipes que participaram do empreendimento, pelo elevado espírito profissional, dedicação, colaboração e integração manifestados durante os períodos de projeto e de execução da obra.

FICHA TÉCNICA

Proprietário: Prefeitura do Município de São Paulo / SIURB – Secretaria de Infraestrutura Urbana

Responsável: SPObras - São Paulo Obras
Empreendedora: Odebrecht Realizações Imobiliárias

Executora: Construtora Norberto Odebrecht

Projetista: Maubertec Engenharia e Projetos

Controle de Qualidade de Projeto (CQP): EGT Engenharia

Protensão e Aparelhos de Apoio: Protende
Formas e Escoramentos: ULMA Construction

Balanços Sucessivos: ConstruGomes / ULMA Construction

Controle de contra-flechas: OUTEC Engenharia

Juntas: Jeene Juntas e Impermeabilizações

Fundações: EMPA

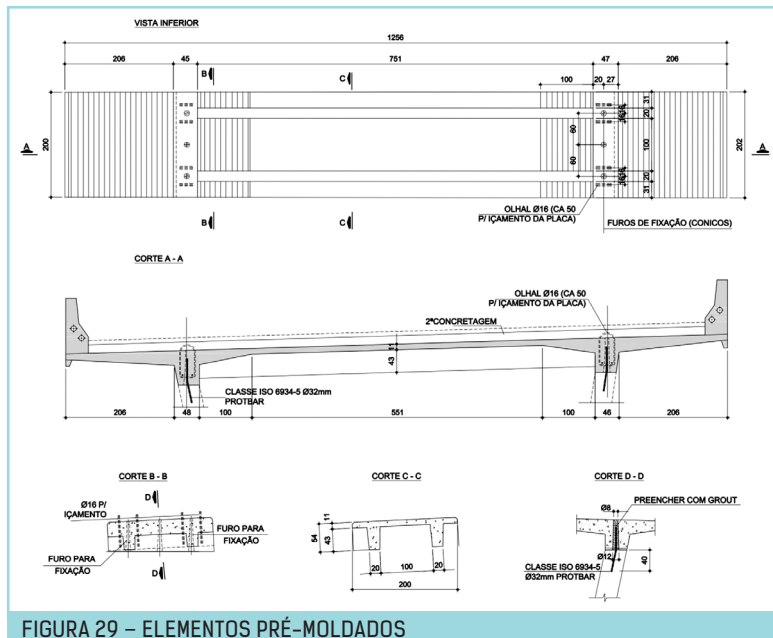


FIGURA 29 – ELEMENTOS PRÉ-MOLDADOS

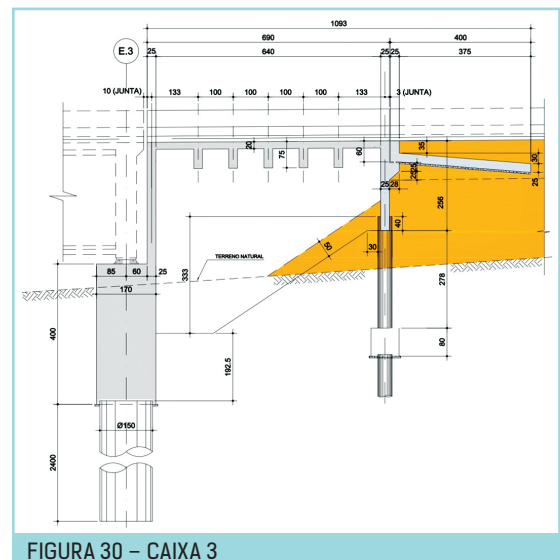


FIGURA 30 – CAIXA 3