# SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE APARELHOS DE APOIO DE OBRA DE ARTE ESPECIAL

**C.MARTINEZ JUNIOR**
Engenheiro Civil / M.Sc. / CEO
Athena Engenharia e Comércio Ltda.
São Carlos/SP; Brasil
celso@athena.eng.br

## RESUMO

Os Aparelhos de Apoio Fretados desempenham um papel fundamental na durabilidade das Obras de Arte Especiais (OAEs). Em nosso país, até meados da década de 80, os aparelhos de apoio utilizados nas OAEs apresentavam várias disfunções, entre as quais deficiências de dimensionamento, propriedades insuficientes de seus componentes, que interferiam em sua durabilidade. Tais fatos acarretaram ações de manutenção nestes aparelhos, sendo que a substituição era obrigatória em quase todos os eventos. Os viadutos de acesso à Lins e Rio Campestre, Passagem Inferior no km 442+900 da SP 300 – Rodovia Marechal Rondon, foram objetos de substituição dos aparelhos de apoio no ano de 2015, cujo trabalho é contemplado no presente artigo. Para viabilizar a troca dos aparelhos, foi necessária a construção de consolos de concreto armado, fixados nos pilares das OAEs, destinados à inserção dos macacos hidráulicos, visando ao levantamento integral do tabuleiro de cada uma das duas estruturas. Uma vez livres do confinamento, os aparelhos defeituosos puderam ser substituídos por espécimes novos mediante procedimentos de preparação dos substratos e sua reinserção nas sedes das estruturas de concreto. As operações envolveram a liberação prévia entre o solo do aterro adjacente às OAEs e as alas e encontros de concreto anexas ao tabuleiro, elementos estes de transição entre a superestrutura e os outros elementos das pistas de rolamento. Findos os trabalhos de troca dos aparelhos de apoio, o pavimento foi refeito nas regiões de transição estrutura-pista e o tráfego nas OAEs foi devidamente liberado.
*Palavras-chave: OAE (Obra de Arte Especial). Aparelho de Apoio. Consolo de Concreto Armado.*

## ABSTRACT

The Laminated Bearing Bodies play a key role in the durability of Special Engineering Structures (SESs). In Brazil, until the mid-1980s, the Bearing Bodies formerly applied in SESs had several dysfunctions, including design deficiencies, insufficient properties of their components, mainly, which interfered with their durability. Such events led to maintenance actions on these devices, and replacement was mandatory in almost all cases. The access viaducts to Lins and Rio Campestre, Underpass in km 442 + 900 of SP 300 - Rodovia Marechal Rondon, were targets of substitution of the bearing bodies in the year 2015, whose work one can contemplate in this article. In order to make possible the devices replacement, it was a requisite the construction of reinforced concrete consoles set to the columns of the SESs. These apparatus were specified for the insertion of the hydraulic jacks, aiming at the integral lifting of the deck of each of the two structures. Once free from confinement, one could replace the defective bearing bodies by new specimens, by means of previous substrate arrangement and their reinstallation in the concrete structure seats. The operations entailed the prior release, from the soil, of the wingwalls and concrete abutments attached to the deck, these transition elements between the superstructure and the ground of the runway landfills. As soon as the work of replacing the bearing bodies was finished, one could remake the approaching asphalt pavement at the transition regions structure-runway and the traffic in the SESs was duly released.
*Keywords: Bearing Bodies. SES (Special Engineering Structure). Reinforced Concrete Console.*

## 1. INTRODUÇÃO

Aparelhos de apoio representam um papel essencial na constituição das Obras de Arte Especiais (OAEs). São estes os dispositivos que transmitem os esforços provenientes do tabuleiro, oriundos principalmente da movimentação de veículos sobre a superestrutura da OAE, à mesoestrutura. A ausência de tais elementos, que permitem deslocamentos relativos entre as diferentes partes da estrutura, acarretaria, certamente, deformações e desgastes incompatíveis com as necessidades de durabilidade dos componentes da construção. No presente trabalho são apresentados os procedimentos utilizados na substituição dos aparelhos de apoio dos viadutos de acesso à cidade de Lins – SP pela Rodovia Marechal Rondon, procedimentos estes realizados em estrita obediência com relatórios fornecidos pela Concessionária responsável pelo trecho e formulados por uma empresa especializada na inspeção, documentação, descrição de patologias e sugestão para suas correções.
Convém salientar que, à época da realização das inspeções, não existia uma norma brasileira vigente específica que regulamentasse o procedimento para inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto. Provavelmente, os projetistas utilizaram para a inspeção em pauta a NBR 16230:2013, que trata da Inspeção de estruturas de concreto de maneira geral. Em 2016, entrou em vigor a norma ABNT NBR 9452:2016, específica para inspeção de pontes e viadutos de concreto.

## 2. METODOLOGIA

Preliminarmente, a proposição de tratamento objetivando à integridade dos aparelhos de apoio era a de iniciar o trabalho mediante marcação dos aparelhos que apresentassem rasgamentos e deformações, que exigiriam substituição. Entretanto, os pilares extremos de ambos os viadutos encontravam-se encravados em maciços de terra, arrimados por paredes de concreto prémoldado, de forma que não era possível visualizar integralmente as condições destes aparelhos de apoio de pilares de extremidade (ver figura 01). Foi necessária a demolição parcial dos muros e a retirada do solo para permitir a exposição da mesoestrutura e possibilitar o trabalho de substituição, com prévia instalação dos consolos (ver figura 05). Também foi retirada a massa asfáltica existente nos encontros entre o pavimento da pista e a supererstrutura dos viadutos de forma a permitir a elevação dos tabuleiros. Na seqüência, numa operação envolvendo um apoio por vez, seriam instalados os macacos com capacidade para 60 a 80 tf nos locais previstos no projeto original à frente de cada aparelho. Após o teste de funcionamento conjunto do sistema hidráulico para acionamento de carga simultânea, o tráfego seria interrompido para a execução da operação de levantamento do tabuleiro envolvido com os referidos apoios, com total segurança. O monitoramento da operação permitiria verificar se, quando solto o aparelho de apoio, a deformação por distorção regride a valor praticamente nulo, condição que sinaliza para o trabalho ainda elástico permitindo a sua manutenção. Caso contrário os aparelhos seriam substituídos. Todavia, a opção mais coerente foi a de substituir todos os aparelhos de apoio, independentemente do fato de alguns se apresentarem em boas condições de utilização. Isto porque, tendo todos os aparelhos a mesma idade, uma futura eventual manutenção poderia ser realizada com maior intervalo de tempo, dada a contemporaneidade de todos os dispositivos instalados.

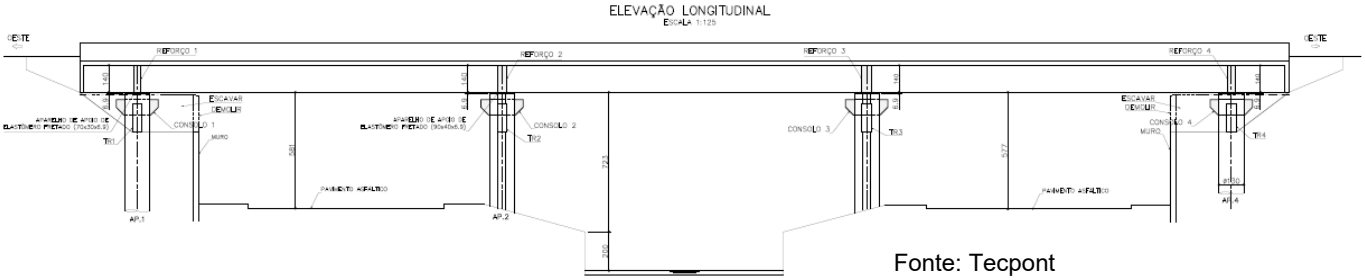
### 2.1 Descrição das OAEs em análise

Os viadutos de acesso a Lins pela Rodovia Marechal Rondon (SP 300), situados no km 442+900 metros, foram objetos de inspeções por empresa especializada em projetos de patologia e terapia de OAEs. A descrição genérica das OAEs em referência menciona as seguintes características:
“As obras em referência, com esconsidade de 10º, possuem 13,00 metros (Pista Leste) e 12,90 metros (Pista Oeste) de largura total e 63,00 metros de comprimento total e vencem os vãos sobre as pistas da passagem sob a SP 300 e o córrego. Na plataforma estão implantadas duas faixas de tráfego, acostamento com e faixa de segurança. Existem barreiras rígidas nas laterais da pista e defensas metálicas na aproximação. O pavimento é asfáltico. A estrutura do tabuleiro é em grelha de duas longarinas de seção variável travadas pela laje, transversinas e cortinas. O tabuleiro, com três vãos e balanços extremos, está apoiado em quatro linhas de apoio compostas por pares de pilares contraventados de seção octogonal nos apoios centrais e pares de pilares de seção circular nos apoios extremos. A transferência de reações da super à meso-estrutura dá-se por aparelhos de apoio de elastômero fretado. Os taludes, contidos por muros em terra armada, estão revestidos por vegetação. Nos encontros, a contenção é completada pelas cortinas e alas”[1] (ver figuras de 01 a 03).

[1] redação adaptada para contemplar as duas OAEs

As inspeções relataram diversas anomalias, algumas delas com demandas de manutenção preventiva, outras de manutenção corretiva. Em especial, as patologias citadas incluíam barreiras rígidas com espelho fora de padrão, apresentando trincas e pontos com concreto quebrado, existência de drenos obstruídos e buzinotes danificados, aparelhos de apoio em neoprene com deformações da ordem de até 4,0 cm e rasgos, laje apresentando fissuras com eflorescência, especialmente nos balanços laterais, pontos de concreto disgregado junto aos drenos danificados, um ponto isolado com concreto disgregado e armadura exposta e oxidada entre as transversinas T1 e T2, pilares com desplacamento de argamassa e uma trinca vertical no Pilar P6 com 0,6 mm de abertura.

Figura 01 - Elevação longitudinal simplificada dos viadutos com figuração dos consolos




Fonte: Tecpont

Figura 02 - Vista inferior do tabuleiro mostrando os apoios Intermediários.



Figura 03 - Vista lateral da obra e o córrego no vão central



Fonte: Arquivos do autor

Figura 04 – Aparelho de apoio existente apresentando inconformidades (fissuras e deformações angulares)



Fonte: Arquivos do autor

Embora a empresa executora dos reparos tenha realizado todas as ações para recuperar as duas estruturas integralmente, ou seja, tratado todas as patologias apontadas nos Relatórios de Patologia e Terapia, nesta exposição serão apresentadas apenas as ações desenvolvidas para substituição dos aparelhos de apoio, visto que se trata do trabalho de maior relevância dentro do escopo da obra como um todo. A figura 04, retro, ilustra o estado em que se encontravam pelo menos dois dos 16 aparelhos de apoio existentes nas duas estruturas tratadas.

Figura 05 – Demolição parcial de muro de arrimo e retirada de solo para expor as porções enterradas da estrutura a recuperar



Fonte: Arquivos do autor

### 2.2 Vistoria e Coleta de dados

Todos os elementos necessários à elaboração dos relatórios de patologia e terapia em relação às OAEs em pauta foram colhidos pela empresa Tecpont Engenharia de Projetos S/S Ltda.

### 2.3 Relatórios de Patologia e Terapia

Uma vez compilados os dados oriundos da Vistoria, a empresa Tecpont Engenharia de Projetos S/S Ltda. elaborou o correspondente relatório das patologias verificadas na estrutura de ambos os viadutos. Subsequentemente, ofereceu à Concessionária um segundo relatório que contemplou as terapias a serem aplicadas nas diferentes tipologias de patologia apontadas no relatório correspondente. O presente documento se limita à apresentação da realização das terapias relativas à substituição dos aparelhos de apoio das OAEs, embora tenha executado todos os procedimentos contemplados no Relatório de Terapia já citado.

## 3. RESULTADOS

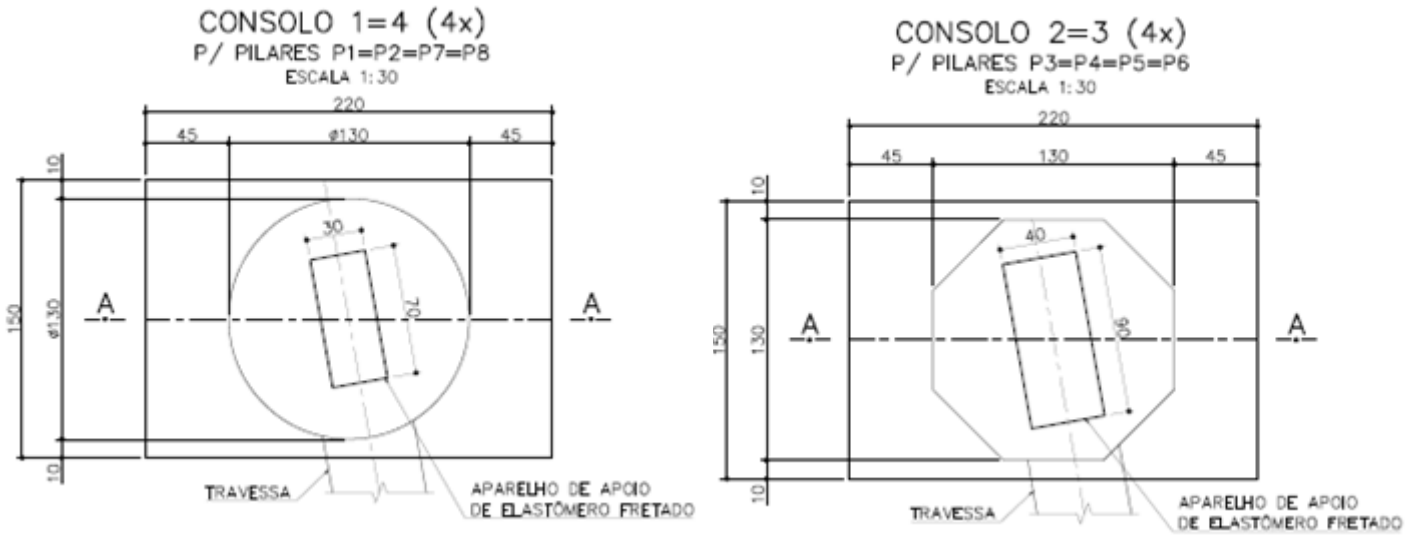
### 3.1 Instalação dos consolos de concreto armado

Em cada um dos 8 pilares de cada viaduto foram instalados dois consolos de concreto armado em posições simétricas em relação ao plano vertical ortogonal à direção das longarinas. A execução dos consolos foi necessária para possibilitar a reação dos macacos hidráulicos utilizados para suspender o tabuleiro de ambos os viadutos, uma vez que não havia dispositivos ou estruturas originais instaladas capazes de absorver as cargas envolvidas na elevação da superestrutura. As figuras de 06 a 08 demonstram mais claramente as características geométricas dos consolos, para melhor entendimento de sua tipologia.

3.1.1 Dimensionamento dos consolos

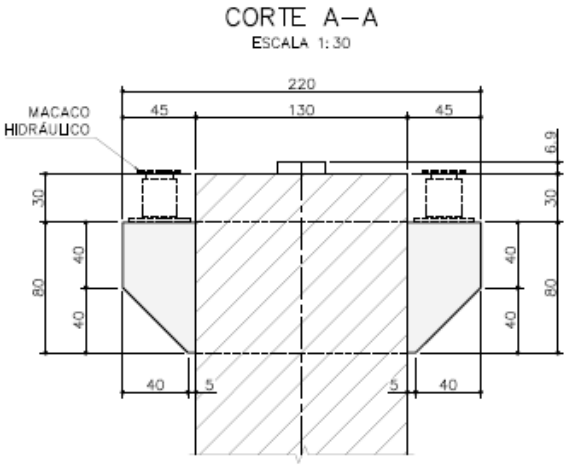
Os consolos foram dimensionados por empresa especializada em cálculo estrutural para grandes estruturas e eram constituídos de concreto com resistência característica aos 28 dias de 35 MPa, armado com aço CA 50-A. Estas estruturas foram dimensionadas para reações dos macacos de, respectivamente, 111,5 tf e 61,5 tf por apoio, dependendo da posição em que se situavam e das cargas permanentes atuantes em cada posição. Os detalhes dimensionais e as armações principais dos consolos podem ser apreciadas nas figuras de 06 a 10, a seguir.

Figuras 06 e 07 – Vista em planta dos consolos dos pilares extremos e dos pilares intermediários



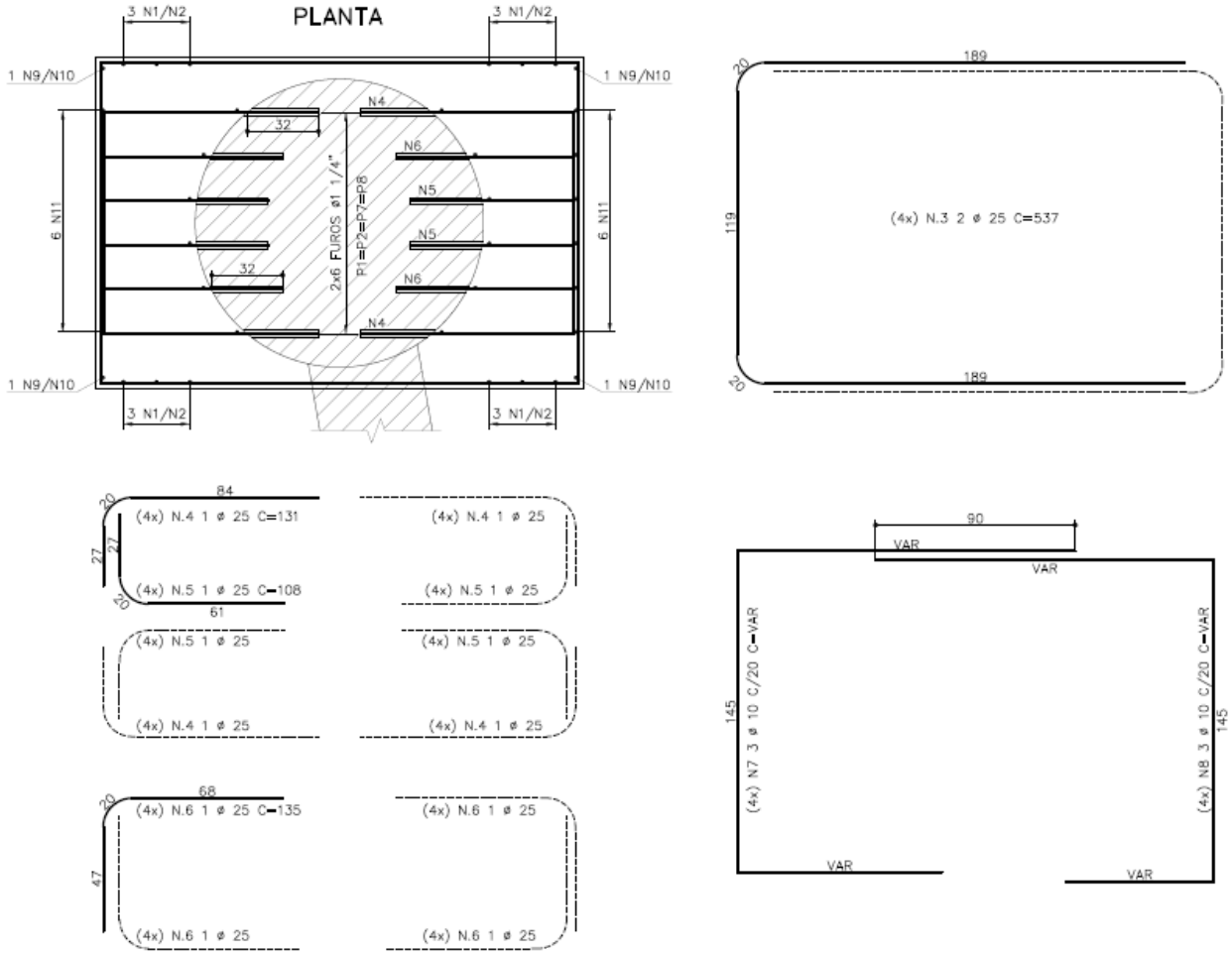

Fonte: Tecpont

Figura 08 – Corte típico do consolo com dimensões



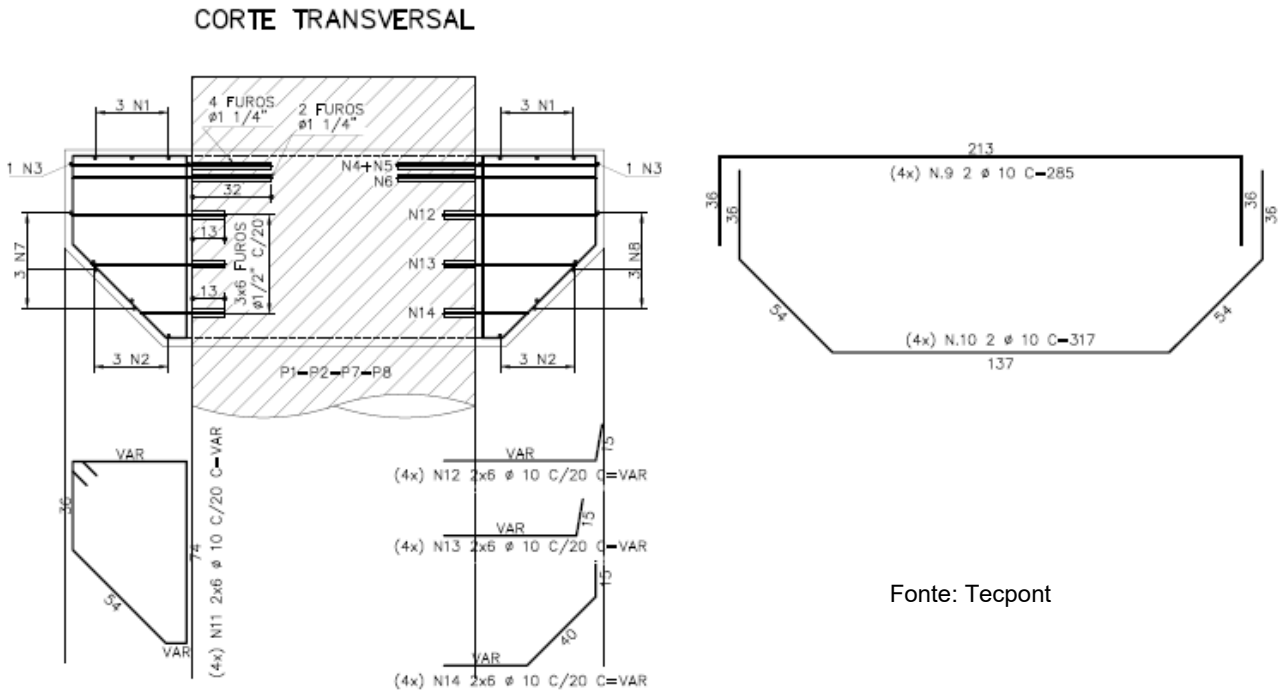

Fonte: Tecpont

Figura 09 – Armações típicas dos consolos – Vista em planta




Fonte: Tecpont

Figura 10 – Armações típicas dos consolos – Vista em elevação




Fonte: Tecpont

3.1.2 Fixação das armaduras, Formas e Concretagem

Os arranques e demais armaduras foram fixados na estrutura dos pilares por meio de perfurações com diâmetros e profundidades compatíveis com as armaduras a serem implementadas (figura 11), e aderidas ao concreto dos pilares com adesivo epoxídico. As formas foram executadas com compensado plastificado e madeira em sarrafos e tábuas, fixadas à estrutura dos pilares por meio de dispositivos em chapas e perfis metálicos e parabolts, especialmente projetados para esta finalidade. A concretagem foi executada com concreto premisturado com resistência à compressão característica $f_{ck}$ = 35 MPa. As figuras 12 e 13, a seguir, ilustram as fases da implantação da armadura, montagem de formas e concretagem dos consolos.

### 3.2 Substituição dos Aparelhos de Apoio

Assim que o concreto dos consolos (figura 14) curou, iniciaram-se os procedimentos para substituição dos aparelhos de apoio existentes pelos novos. A instalação dos macacos hidráulicos foi feita inicialmente no viaduto da pista Leste. Foram instalados, ao todo, 16 macacos, sendo dois para cada pilar. O acionamento dos macacos locados foi manual. Os aparelhos foram postos em ação simultaneamente pelos funcionários da empresa, por meio da coordenação de um expert no segmento, de forma que todo o tabuleiro foi soerguido de uma só vez. Uma vez libertos da carga do tabuleiro, os macacos foram travados e os aparelhos de apoio existentes foram retirados por meio de ação mecânica, com ferramentas manuais. A colocação dos novos aparelhos de apoio (corte transversal visualizado na figura 15) foi precedida de uma limpeza das faces da cabeça dos pilares e da base das longarinas, para que nenhuma partícula eventualmente solta, como um pequeno cascalho ou lasca de concreto, viesse a puncionar os novos dispositivos de apoio. É importante lembrar que a ações de substituição foram executadas de maneira expedita e diligente, uma vez que a manutenção da superestrutura do viaduto sobre os macacos hidráulicos por muito tempo poderia eventualmente ocasionar alguma ocorrência indesejável, considerada a magnitude das cargas envolvidas. As figuras 16 a 19 melhor ilustram o trabalho desenvolvido para o soerguimento da superestrutura e a substituição dos aparelhos de apoio.

Figura 11 – Perfuração do concreto para instalação de armaduras



Figura 12 – Implantação da armadura aderida com adesivo epoxídico tixotrópico ao concreto



Figura 13 – Montagem das formas em compensado plastificado e sarrafos de madeira



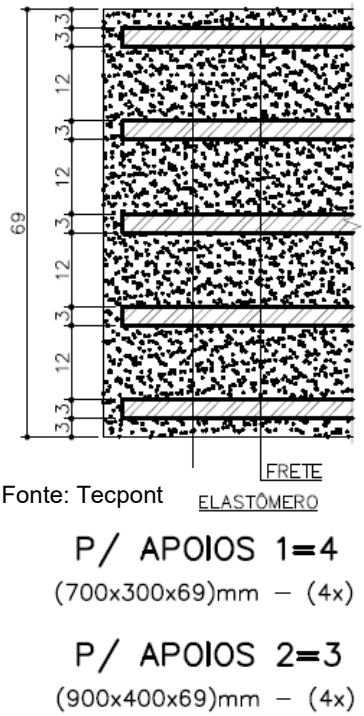
Fonte: Arquivos do autor

Figura 14 – Consolos de concreto armado concluídos e desformados



Fonte: Arquivos do autor

Figura 15 – Corte - Aparelhos De apoio




Fonte: Tecpont

Figura 16 – Macacos acionados para retirada do aparelho existente danificado



Figura 17 – Macacos travados e aparelho de apoio existente retirado



Figura 18 – Detalhe do soerguimento da mesoestrutura imediatamente após a retirada do aparelho de apoio danificado



Fonte: Arquivos do autor

Figura 19 – Aparelho de apoio novo colocado em posição após preparação do substrato



Fonte: Arquivos do autor

Uma vez concluídos os trabalhos de substituição dos aparelhos de apoio de cada viaduto, os macacos foram destravados e baixados simultaneamente, de forma a distribuir as tensões da carga permanente de maneira uniforme sobre os aparelhos de apoio. A seguir, a Concessionária, contratante dos serviços especializados, realizou a reposição da massa asfáltica de ligação entre o tabuleiro de concreto e o pavimento das pistas. Finalizadas as ações de repavimentação asfáltica, o tráfego foi restabelecido em ambos os sentidos da rodovia. Nos períodos subsequentes, foram realizados pela executante da substituição dos aparelhos de apoio os serviços de regularização dos topos dos muros de arrimo próximos às vigas-travessas extremas e o revestimento da superfície dos aterros de maneira a proteger o maciço da incidência de águas pluviais e permitir o acesso para as inspeções periódicas daquelas regiões das estruturas.

## 4. CONCLUSÕES

O trabalho de substituição dos aparelhos de apoio foi relativamente rápido. Entretanto, a necessidade de preparação prévia das porções das estruturas que interfeririam no trabalho de troca dos aparelhos, bem como a construção dos consolos, demandou uma grande quantidade de recursos, tanto em horas-homem quanto em materiais. Assim, fica a sugestão neste trabalho para que sejam adotadas providências na concepção e projetos de pontes e viadutos visando à necessidade de manutenção futura, até porque qualquer estrutura necessita de manutenção preventiva e ou corretiva: nada é eterno. A instalação prévia de dispositivos que facilitem tanto as inspeções quanto as manutenções diminui drasticamente os custos de longo prazo, pois o incremento de preços na implantação destes dispositivos é praticamente desprezível em relação ao custo total da OAE e, na manutenção, além de significar parcela reduzida no investimento total, propicia via de regra um trabalho de melhor qualidade, com duração expressivamente menor.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9452:2016 - Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 19783:2015 - Aparelhos de apoio de elastômero fretado - Especificação e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, 2015.

João Gonçalo Paulo Cordeiro. **Aparelhos de Apoio em Pontes Vida Útil e Procedimentos de Substituição.** INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA - Área Departamental de Engenharia Civil. Dissertação de natureza científica para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/4356/1/Dissertação.pdf> Acesso em 17 nov. 2017.

Mounir Khalil El Debs, Toshiaki Takeya. **INTRODUÇÃO ÀS PONTES DE CONCRETO Texto Provisório de Apoio à Disciplina SET – 412.** UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS. São Carlos, 2007. Disponível em: <http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/pontes/Apost.%20Pontes%20-%20Mounir-Takeya.pdf>. Acesso em 10 ago. 2015.

Neoprex Indústria e Comércio. **Catálogo Técnico Neoprex – Aparelhos de Apoio de Elastômero.** Publicado em 29 nov.2011. Disponível em: <http://neoprex.com.br/img/catalogos/CATALOGO_TECNICO_NEOPREX.pdf>. Acesso em 28 nov.2017, 10:18:00

Tecpont Engenharia de Projetos S/S Ltda – **Desenhos, Relatórios Técnicos, Memoriais de Cálculo e Estimativas de Quantidades – SP 300, Km 442+900, Pistas Leste e Oeste.** São Paulo – SP, 20 jul.2013. Responsável Técnico: Humberto Caminha da Silva Filho.