

Recuperação e Reforço de Duas Passarelas Estaiadas na BR-101/PE

Clayton José Gomes Silva¹, José Afonso Pereira Vitória², João Antônio Lima de Albuquerque³, Lucas Coelho dos Santos⁴, Romilde Almeida de Oliveira⁵

¹ Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT / claytonjgsilva@gmail.com

² Universidade de Pernambuco / Vitória & Melo Proj. Estrut. e Consult. Ltda / afonsovitorio@gmail.com

³ Hollus Consulting & Environment / eng.joaualbuquerque@outlook.com

⁴ PROCEC Engenharia S.A / lucas.coelho@procec.com.br

⁵ Universidade Federal de Pernambuco / romildealmeida@gmail.com

Resumo

A reabilitação, o reforço e a recuperação de Obras de Arte Especiais (OAEs) destacam-se como intervenções importantes que possibilitam não apenas a eliminação de anomalias e a diminuição da velocidade de deterioração, mas visa também restabelecer a capacidade de carga, melhorando o desempenho dessas obras e propiciando a ampliação da vida útil. Nesse sentido, este artigo detalha as principais etapas dos serviços de recuperação e reforço de duas passarelas estaiadas na BR-101/PE, conhecidas como passarelas Santista e Leon Heimer, que possuem grande relevância, tanto do ponto de vista da engenharia quanto do contexto histórico, pelo fato de significarem as primeiras OAEs do Estado de Pernambuco, construídas entre as décadas de 70 e 80, com essa tipologia construtiva. Tais estruturas permaneceram por muito tempo interditadas devido ao elevado grau de corrosão dos estais (tendo um deles atingindo a ruptura), do elevado grau de fissuração e deslocamento do concreto, do desnivelamento entre as rampas de acesso e ausência de guarda-corpos por ação de vandalismo. Sendo assim, além dos aspectos construtivos, este trabalho também aborda a concepção e as diversas fases da recuperação e do reforço estrutural dessas passarelas. A esse respeito, foram substituídos os aparelhos de apoio em neoprene, executada a recomposição dos encontros e das rampas de acesso, a recuperação dos elementos em concreto armado, a instalação de novos guarda-corpos e substituição dos estais com as respectivas ancoragens, de modo a garantir a atualização do sistema estrutural original e, principalmente, as devidas condições de estabilidade e funcionalidade. Os resultados obtidos dessas intervenções possibilitarão uma maior durabilidade a tais estruturas, além de garantir uma travessia mais segura aos pedestres, em especial aos trabalhadores daquela região, que necessitam utilizar diariamente esses equipamentos públicos.

Palavras-chave:

Passarelas; reabilitação; recuperação; reforço; vida útil.

Introdução

De acordo com Silva *et al.* (2021), o aumento das atuais sobrecargas transmitidas – algumas vezes não consideradas em projeto, o incremento do porte dos veículos e da intensidade do tráfego vêm promovendo uma alta degradação das rodovias brasileiras e das suas Obras de Arte Especiais.

Considerando que o número cada vez mais acentuado de veículos exige a implantação de passarelas nas vias urbanas para a transposição da rodovia com segurança pelos pedestres, é indispensável que essas estruturas tenham boas condições de conservação que possibilitem os desempenhos estruturais e funcionais apropriados, no intuito de propiciar a integridade dos usuários e dos ocupantes dos veículos que sob elas transitam.

É nesse contexto que este trabalho apresenta as intervenções de recuperação e reforço realizadas em duas passarelas estaiadas situadas no segmento da BR-101/PE (km 51,60 ao km 82,30), também denominado de Contorno do Recife, o qual recebe diariamente uma quantidade média de 67.236 veículos por dia (DER/PE, 2018).

Descrição sumária das OAEs

A seguir, é realizada a descrição sumária da geometria e sistema estrutural das duas passarelas estaiadas analisadas neste trabalho.

Passarela Santista

Essa OAE é composta por rampas de acesso em ambos os lados da obra e o trecho central de travessia, constituído por estrutura estaiada com dois vãos assimétricos. A seção transversal da plataforma possui 2,60 m de largura incluindo os guarda-corpos. As características geométricas e estruturais das partes constituintes da Passarela estão descritas a seguir:

- Superestrutura: seção transversal maciça em formato trapezoidal com 2,60 m de base superior e 1,00 m de base inferior. A altura da seção transversal é de 0,60 m nos trechos centrais dos vãos e de 0,80 m na região do apoio central.
- Mesoestrutura (rampas): cada apoio é constituído por dois pilares, com 0,30 m de espessura, dispostos em “V” ligados por uma parede com 0,12 m de espessura.
- Mesoestrutura (trecho central): o mastro de plano duplo é composto por dois pilares simétricos com 0,50 m de espessura e altura variável de 2,00 m na base até 0,60 m no topo. Os pilares da torre são ligados transversalmente por uma parede diafragma com 0,35 m de espessura até a seção de apoio do tabuleiro. Existem pilares nos apoios das extremidades dos balanços com seção 0,50 m x 1,00 m.
- Transmissão dos esforços da superestrutura das rampas de acesso para a mesoestrutura: através de aparelhos de apoio em neoprene fretado.
- Transmissão dos esforços da superestrutura dos vãos da transposição: por meio de três linhas de dois estais em cada lado no mastro central e por aparelhos neoprene fretado nos pilares das extremidades.
- Infraestrutura: constituída por estacas metálicas perfil I 12” com blocos de coroamento de concreto armado.

As Figuras 1 e 2 apresentam a vista isométrica superior e uma vista longitudinal da passarela Santista na época da sua construção.

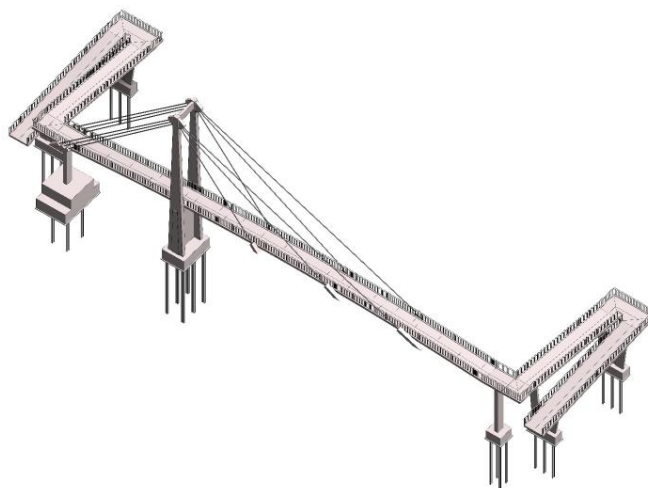


Figura 1 – Vista Isométrica Superior (Passarela Santista)



Figura 2 – Vista longitudinal à época da construção (Passarela Santista)

Passarela Leon Heimer

Essa passarela é composta por rampas de acesso em ambos os lados da obra e o trecho central de travessia, constituído por estrutura estaiada com dois vãos simétricos. A seção transversal da plataforma possui as mesmas dimensões e componentes funcionais da passarela Santista. As características geométricas e estruturais das partes constituintes da Passarela Leon Heimer estão descritas conforme abaixo:

- Superestrutura e mesoestrutura (rampas): possuem seção transversal e dimensões similares à passarela santista.
- Mesoestrutura (trecho central): apresenta seção transversal e dimensões similares à passarela santista, exceto os pilares nos apoios das extremidades dos balanços que possuem seção 0,40 m x 1,00 m.
- As características estruturais e de transmissão dos esforços da superestrutura nos vãos de transposição e das rampas de acesso também são similares às da passarela Santista.
- Infraestrutura: constituída por blocos em concreto armado apoiados em estacas metálicas perfil I 12”.

A Figura 3 apresenta a vista isométrica superior da passarela Leon Heimer.

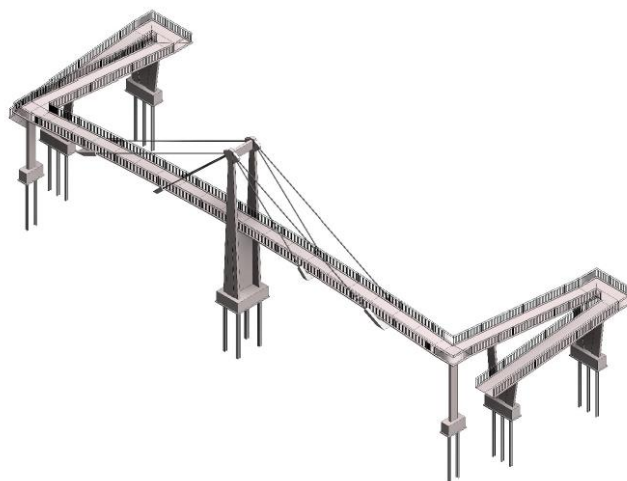


Figura 3 – Vista Isométrica Superior (Passarela Leon Heimer)

Nas Figuras 4 a 7 são apresentadas as vistas gerais e inferiores dos tabuleiros das passarelas objetos deste trabalho em fase anterior às intervenções de reforço e recuperação.



Figura 4 – Vista geral da Passarela Santista



Figura 5 – Vista inferior do tabuleiro da Passarela Santista



Figura 6 – Vista geral da Passarela Leon Heimer



Figura 7 – Vista inferior do tabuleiro da Passarela Leon Heimer

Condições estruturais, funcionais e de durabilidade das passarelas Santista e Leon Heimer

As condições estruturais, funcionais e de durabilidade das passarelas antes da execução dos serviços de recuperação e reforço estão apresentadas nas Figuras 8 a 19.

Principais manifestações patológicas e danos estruturais - Passarela Santista



Figura 8 – Vista superior da rampa apresentando estai rompido e parte de guarda-corpo metálico danificado



Figura 9 – Detalhe da ancoragem do estai rompido



Figura 10 – Junta danificada e rampa desnivelada



Figura 11 – Detalhe do desnível entre a rampa de acesso e o passeio principal



Figura 12 – Pilar da rampa de acesso com armaduras expostas e deslocamento do concreto



Figura 13 – Vista lateral do aterro de acesso com acentuada deformação

Principais manifestações patológicas e danos estruturais - Passarela Leon Heimer

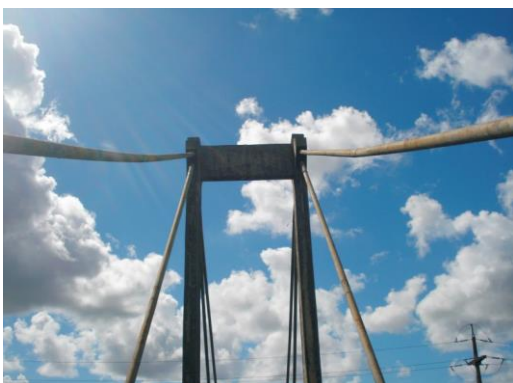


Figura 14 – Deformação dos estais da passarela



Figura 15 – Vista do aterro de acesso apresentando rachaduras decorrentes de recalque



Figura 16 – Dano no pavimento do passeio da passarela



Figura 17 – Junta danificada entre a rampa de acesso e o passeio principal



Figura 18 – Desnível na junta entre a rampa de acesso e o passeio principal



Figura 19 – Moradia irregular adjacente à passarela

Principais aspectos da recuperação e reforço das duas passarelas

As informações adiante foram obtidas do Anexo II – Termo de Referência DNIT (2021) e das observações realizadas durante a execução dos serviços. O pressuposto das intervenções propostas consistiu em ser mantido o padrão arquitetônico e o sistema estrutural original da estrutura, preservando-se as dimensões originais dos seus componentes e a tipologia de interface entre mesoestrutura e superestrutura.

No que tange à recuperação estrutural das OAEs, houve o intuito de eliminar os defeitos e reduzir a velocidade de deterioração, aumentando sua vida útil através do tratamento das manifestações patológicas e danos estruturais existentes a fim de adequar a estrutura aos parâmetros de durabilidade definidos pela NBR 9452 (ABNT, 2019).

Em relação ao reforço estrutural, a recomendação técnica consistiu na completa substituição do estaiamento da estrutura, conservando o tabuleiro existente, de modo a implementar um sistema que atendesse aos requisitos de manutenção, segurança e durabilidade das normas atuais conforme a publicação Fib 30 (2005).

Principais serviços realizados em ambas as passarelas

Recuperação estrutural:

- reparo superficial generalizado com revestimento utilizando-se pintura em poliuretano alifático bicomponente;
- reparo profundo em pequenas áreas para recompor seções com deslocamento e armadura exposta e oxidada;
- substituição dos aparelhos de apoio;
- recomposição das juntas entre as rampas e o trecho central.

Reforço estrutural:

- implantação de novo estaiamento para possibilitar a inspeção dos cabos e das ancoragens ao longo da vida útil das passarelas, impossibilitando assim ações deletérias à estrutura do mastro e do tabuleiro;
- manutenção do traçado dos estais conforme o projeto original da estrutura de forma a conservar a configuração dos esforços internos atuantes na estrutura existente.

Ainda sobre as intervenções nas OAEs, foram incluídos os serviços de recomposição dos elementos complementares, tais como, a sinalização tátil de acordo com a NBR 16537 (ABNT, 2016) e os guarda-corpos de acordo com o preconizado pela norma NBR 9050 (ABNT, 2015).

Premissas para substituição dos estais

Foram estabelecidas algumas premissas, tais como, um sistema provisório de sustentação do tabuleiro durante as obras e para permitir a substituição do sistema existente. Foram definidos os seguintes pontos para substituição do sistema de sustentação:

- Escoramento de toda a superestrutura através de quadro tubular metálico nos canteiros centrais e ao redor dos apoios existentes;
- Corte cuidadoso dos estais existentes com maçarico de oxiacetileno de maneira simétrica em relação ao mastro;
- Demolição do topo do mastro (2,5 metros abaixo do cume) e das ancoragens inferiores preservando as armaduras existentes que estejam em boas condições de conservação;
- Ancoragem superior: instalação das armaduras e das placas de ancoragem no topo do mastro. Montagem da forma e concretagem;
- Ancoragem inferior: instalação das armaduras e tubo-fôrma dos estais. Montagem das fôrmas e concretagem;
- Instalação do tubo antivandalismo e das cordoalhas dos estais;
- Aplicação da força de protensão nas cordoalhas seguindo o faseamento proposto no projeto executivo e as recomendações do fabricante;
- Acabamento das ancoragens ativas segundo recomendação do fabricante.

Novo sistema de sustentação das passarelas

O traçado dos estais foi preservado a fim de manter a configuração de esforços internos nas estruturas existentes. A nova ancoragem superior (ancoragem passiva) de cada estai compreende um dispositivo do tipo forquilha-pino equipada, obrigatoriamente, de dispositivo de ancoragem das cordoalhas segundo a recomendação do fabricante.

A escolha desse sistema ocorreu devido à geometria do topo do mastro, visto que não comportava as dimensões das placas de ancoragem típicas. Uma vez que as trajetórias originais dos cabos se interceptavam, houve a necessidade da defasagem das ancoragens.

A nova ancoragem inferior (ancoragem ativa) seguiu a mesma disposição das ancoragens originais onde o bloco de concreto serve como apoio à placa de ancoragem e envelopamento do tubo-fôrma. Também foi prevista a implantação de barra tipo dywidag no sentido transversal do tabuleiro para propiciar uma melhor transferência de esforços entre o novo esquema de ancoragem e o tabuleiro existente.

As Figuras 20 a 29 mostram alguns detalhes dos serviços de recuperação e reforço anteriormente descritos, além da remoção dos estais da época da implantação dessas estruturas.



Figura 20 – Recuperação de um dos pilares da rampa de acesso



Figura 21 – Estais montados para instalação na passarela Santista



Figura 22 – Detalhe da nova ancoragem dos estais

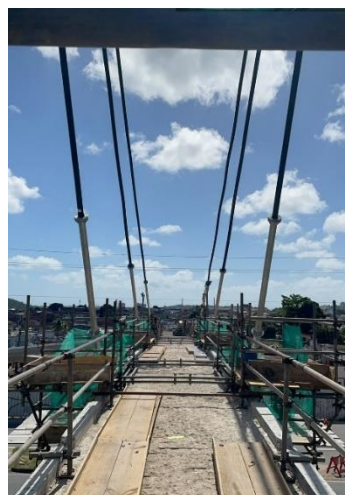


Figura 23 – Estais instalados na passarela Santista (Vista do passeio principal)



Figura 24 – Montagem da fôrma do encontro da rampa de acesso



Figura 25 – Vista longitudinal da instalação dos estais da passarela Santista



Figura 26 – Vista do guarda-corpo implantado



Figura 27 – Recomposição dos encontros



Figura 28 – Detalhe da armadura de reforço do mastro



Figura 29 – Estais removidos da passarela Santista

Conclusão

A recuperação dos elementos em concreto armado e o reforço do tabuleiro da transposição por meio da substituição dos estais e das ancoragens foram necessários devido ao elevado grau de degradação das cordoalhas existentes, serviços estes indispensáveis não somente para garantir a segurança estrutural das passarelas, como também para evitar a ação deletéria dos agentes agressivos da atmosfera. A utilização de materiais com novas tecnologias também irá proporcionar o aumento da durabilidade e das vidas úteis das OAEs estudadas, além do incremento da capacidade portante e melhor desempenho dos seus elementos estruturais.

A passarela Santista apresenta atualmente 95% da finalização dos seus serviços. No que diz respeito à Passarela Leon Heimer, foram executados 75% dos serviços.

É possível concluir que os resultados alcançados pelos serviços executados possibilitarão a plena utilização das duas estruturas com segurança e conforto pela população que reside e trabalha naquela região. Também deve ser ressaltada a importância histórica para a engenharia de Pernambuco relativa à restauração de duas obras simbólicas que estavam quase em estado de ruína e agora estão em condições de uso com a preservação das características originais.

Por fim, as intervenções executadas nas passarelas não exigem a necessidade de realização de um monitoramento dos seus estados de conservação através de inspeções e avaliações periódicas, bem como a

realização de um planejamento de manutenções preventivas para garantir uma maior vida útil e durabilidades a essas estruturas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e à PROCEC Engenharia S.A. pela disponibilização das informações necessárias à execução desse trabalho.

Referências

- ABNT NBR 9050 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos – Rio de Janeiro, 2015.
- ABNT NBR 9452 – Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Rio de Janeiro, 2019.
- ABNT NBR 16537 – Acessibilidade - Sinalização tátil no piso - Diretrizes para elaboração de projetos e instalação – Rio de Janeiro, 2016.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE PERNAMBUCO. Elaboração do projeto executivo de engenharia e execução das obras e demais operações necessárias e suficientes para as obras de melhoramentos, adequação de capacidade e segurança e reabilitação do pavimento. Relatório técnico, Recife, 2018.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Anexo II – Termo de referência para contratação integrada de empresa para elaboração dos estudos, projetos básico e executivo de engenharia e execução da obra de reabilitação de 02 (duas) Obras de Arte Especiais, localizadas na rodovia BR-101/PE (lote único), no âmbito do PROARTE. 2021.
- FIB. Acceptance of stay cable systems using prestressing steels. fib Bulletin 30. ed. Lausanne: FIB Fédération Internationale du Béton, 2005. 80 p. ISBN 978-2-88394-070-3.
- SILVA, C. J. G.; VITÓRIO, J. A. P.; de MORAIS, M. H. M. F.; CARNEIRO, A. M. P.; de OLIVEIRA, R. A – Estudo sobre a Vida Útil Residual de duas Passarelas de Pedestres Localizadas na Rodovia BR-101/PE, Research, Society and Development, V10, n 12, 2021.