



Recuperação Estrutural da Ponte Getúlio Vargas - PE

Sérgio José Priori Jovino Marques¹, Caio Benigno Moura de Matos², Larissa Siqueira da Silva³, Sérgio José Priori Jovino Marques Filho⁴

¹Universidade de Pernambuco / Departamento de Engenharia Civil / sergiopriori@uol.com.br

²Universidade de Pernambuco / Departamento de Engenharia Civil / caio-b14@hotmail.com

³Universidade de Pernambuco/Departamento de Engenharia Civil / la_siqueira_silva@hotmail.com

⁴Universidade de Pernambuco / Departamento de Engenharia Civil / sergiomarquesfo@gmail.com

Resumo

As estruturas de pontes exercem grande importância dentro da sociedade, uma vez que são responsáveis pela integração de diferentes comunidades, incrementando a atividade econômica das populações antes isoladas por cursos d'água. A durabilidade e desempenho dessas estruturas é uma questão que merece atenção, considerando que em muitos casos, estão situadas em zonas de alta agressividade ambiental. A Ponte Getúlio Vargas, construída na década de 30, liga o município de Itapissuma à ilha de Itamaracá no estado de Pernambuco. Trata-se de uma estrutura de fundamental importância para os ilhéus, haja vista que a principal atividade econômica da ilha é o turismo e o comércio de pescados. Esse trabalho busca apresentar o projeto de recuperação estrutural da ponte. Para isso, primeiramente será feita uma apresentação geral da estrutura, detalhando inclusive o projeto de alargamento executado na década de 1990. Em seguida serão apresentados os tipos de patologias observadas, indicando as causas de cada uma delas e as consequências. As medidas corretivas adotadas foram baseadas em resultados obtidos à partir da modelagem numérica da estrutura e recomendações encontradas na literatura e normas vigentes.

Palavras-chave

Recuperação estrutural; patologias; ponte de concreto armado.

Introdução

As aplicações do concreto armado têm se multiplicado no decorrer da história, desde a construção de pequenas edificações até o panorama de domínio sobre as construções de grande porte, a exemplo das pontes e viadutos. As pontes são estruturas de alta relevância para a sociedade, tendo em vista não apenas o alto valor monetário gasto para sua construção e os impactos decorrentes da sua implantação, sejam eles ambientais, turísticos, culturais e econômicos, mas por sua principal função de interligar massas de terra antes inacessíveis, separadas por obstáculos naturais ou artificiais, como cursos d'água e depressões no terreno.

A construção desse tipo de estrutura, por vezes, é feita em zonas de alta agressividade ambiental, chamando a atenção para os requisitos relacionados à sua durabilidade e desempenho, haja vista estão sujeitas a ataque de agentes agressivos de forma intensa e contínua durante toda sua vida útil. A degradação do concreto pode ser causada por diversos fatores, dentre eles os mecânicos (vibrações, abrasões e erosões), físicos (variações de temperatura), biológicos (bactérias) ou químicos (ácidos e sais) (GENTIL, 2003).

As patologias nas obras de arte especiais são ocasionadas, de maneira geral, por fatores provenientes do meio ambiente, sendo aceleradas pela falta de manutenção preventiva. Segundo ANDRADE e SILVA (2005), as patologias das estruturas comprometem de forma relevante a capacidade mecânica, estética e funcional da construção, criando uma relação direta entre a patologia e o desempenho da edificação. Assim, é possível também analisar que a degradação das estruturas de concreto armado está ligada a alguns aspectos essenciais, como formas de uso, tempo e as condições de exposição aos agentes deletérios.

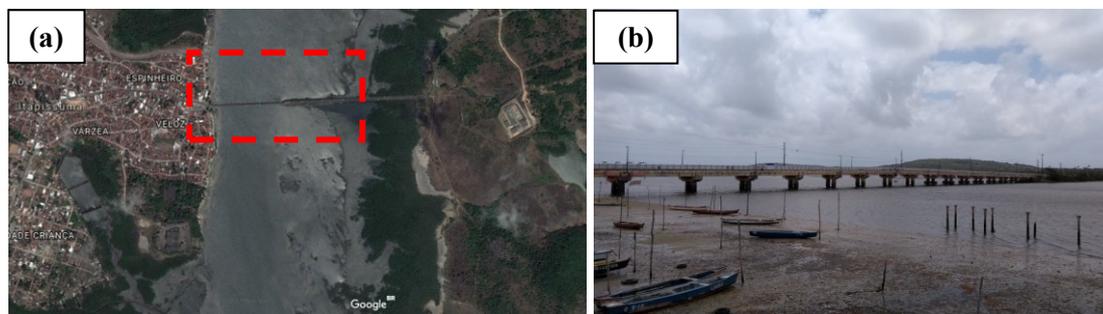
Após o aparecimento das manifestações patológicas nas obras, as ações a serem tomadas para reabilitação e recuperação são necessárias para o prolongamento da sua vida. Os projetos de recuperação de pontes em deterioração, por exemplo, são baseados numa hierarquia de etapas, iniciando pelo conhecimento das patologias, análises técnicas através das inspeções, diagnóstico sobre os problemas observados, avaliação e estudo das opções a serem executadas para solucionar os problemas e, por fim, a realização dos reparos (PEREIRA, 2010).

Nesse contexto, é importante salientar que obras de grande valor social e cultural, como a ponte Getúlio Vargas, única estrutura de acesso entre a cidade de Itapissuma e a ilha turística de Itamaracá, devem ser analisadas periodicamente, não apenas por sua relevância regional, mas pelo recorrente histórico de deficiências que apresentam devido principalmente à ausência de fiscalização e manutenção ao longo do tempo por parte do poder público, o que implica em sérios impactos do ponto de vista técnico e social.

Perante o exposto, o presente trabalho busca mostrar as principais manifestações patológicas detectadas na ponte Getúlio Vargas (ponte de Itamaracá), bem como apresentar o projeto estrutural de recuperação executado, baseado em modelagem numérica, para melhor avaliar as ações que vem sendo adotadas para requalificação dessa relevante obra de arte.

Caracterização da Ponte

Ponte Presidente Getúlio Vargas, conhecida popularmente como Ponte de Itamaracá, está localizada na rodovia PE-035, Figura 1, e faz a ligação entre o município de Itapissuma e a Ilha de Itamaracá, sendo ela o único acesso existente à ilha.



**Figura 1- Localização (a) e vista geral da Ponte Presidente Getúlio Vargas (b).
Fonte: Google Earth (2017).**

A ponte possui 372,78m de extensão, divididos em 19 vãos longitudinais, dentre os quais o maior deles possui um comprimento de 21,02m enquanto os menores vãos, localizados nas duas extremidades da estrutura, possuem uma extensão de 16,04m cada.

No ano de 1938, quando foi construída, a ponte Presidente Getúlio Vargas possuía apenas 5,50m de largura, o que não permitia sequer o trânsito simultâneo de dois veículos de grande porte em direções opostas. Com o passar dos anos, ocasionado pela crescente atividade turística na ilha, houve um aumento considerável no tráfego de veículos na região, sendo na década de 1990 realizado o alargamento da ponte, Figura 2. Após esta obra de ampliação, a estrutura passou a ter os 9,90m que possui até hoje, sendo 7,20 metros referentes às pistas de rolamento e os 2,70m restantes correspondentes aos dois passeios laterais construídos para os pedestres que antes não existiam.

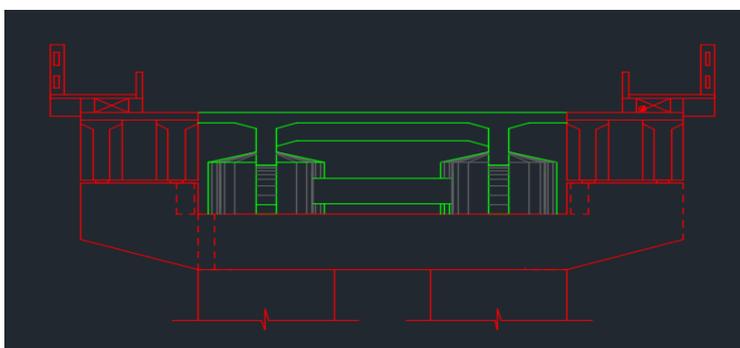


Figura 2 – Seção transversal da ponte, antes (verde) e depois (vermelho) da ampliação.

Principais tipos de patologias encontradas

Tendo em vista que a estrutura encontra-se em uma zona de alta agressividade ambiental e a falta de manutenção preventiva, é de se esperar que diferentes tipos de patologias tenham se desenvolvido na estrutura da ponte, acarretando a redução de sua vida útil e perda de desempenho da estrutura. As patologias que foram encontradas na ponte estão elencadas nas seções subsequentes.

- *Eflorescências e Bolor*

O bolor e as manchas de lodo podem ser observados nas laterais próximas às saídas das canalizações de drenagem das faixas de rolamento, Figura 3a, nas longarinas centrais e nas partes internas e externas das longarinas de periferia, Figuras 3b e 3c. O entupimento das canalizações e as depressões no revestimento proporcionaram o acúmulo de água em determinados pontos da estrutura, o que facilita a infiltração através dos poros e provoca a proliferação de mofo e bolor.

As longarinas centrais de apoio do tabuleiro apresentam uma maior incidência de manchas brancas (eflorescências) e bolor, assim como na parte central inferior do tabuleiro e nas transversinas ligadas à laje, Figura 3b. Esse fato pode ser explicado por problemas na pavimentação das faixas de rolamento, que expõem aberturas de fissuras por falhas de execução, retração plástica, dilatação térmica e deformações devido aos

carregamentos móveis em conjunto com a porosidade do CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente). Tais fatores facilitam a entrada de umidade, que penetra através do revestimento e alcança a laje, resultando nas patologias observadas.



Figura 3 – Bolor na saída das canalizações (a), em conjunto com eflorescência nas longarinas centrais (b) e nas de periferia (c).

- *Fissuras*

Um quadro de intensa fissuração nas vigas travessas e pilares foi encontrado, Figura 4. Em alguns casos as fissuras evoluíram para rachaduras e trincas devido a sua largura e tamanho, Figura 4d. Nos pilares foram encontrados pontos de fissuras ocorridas por corrosão das armaduras, Figura 4b, uma vez que entre as aberturas foram verificadas manchas avermelhadas, o que leva a caracterização da saída do óxido férrico (ferrugem), do início da expansão do aço e o surgimento de forças de tração.

As fissuras têm sua provável e principal causa a corrosão das armaduras por ação de íons cloreto, pois a incidência dos respingos de maré, cobrimento menor do que o recomendado pela NBR 6118 (ABNT, 2014) e a porosidade elevada do concreto permitem a livre entrada de agentes agressivos, que pelo processo de oxidação das armaduras produzem substâncias expansivas dentro do concreto, fazendo com que este fissure devido à baixa capacidade resistente as forças de tração geradas.

Nas longarinas não foram detectadas fissuras que comprometam o comportamento estrutural, principalmente nas vigas principais postas depois da ampliação. Esse fato pode ser explicado pelo uso de concreto protendido, diminuindo/eliminando as possíveis forças de tração geradas pelos carregamentos.



Figura 4 – Fissuras na parte frontal da travessa (a), no pilar (b), na parte interior (c) e inferior da travessa (d).

- *Corrosão das Armaduras e colapso de elementos*

Dentre as patologias existentes na Ponte Getúlio Vargas, a corrosão das armaduras foi à manifestação patológica mais encontrada. Todos os elementos estruturais apresentam sinais de oxidação, sendo constatado um estado mais avançado em algumas travessas, guarda corpos, passeios e pilares, Figura 5.

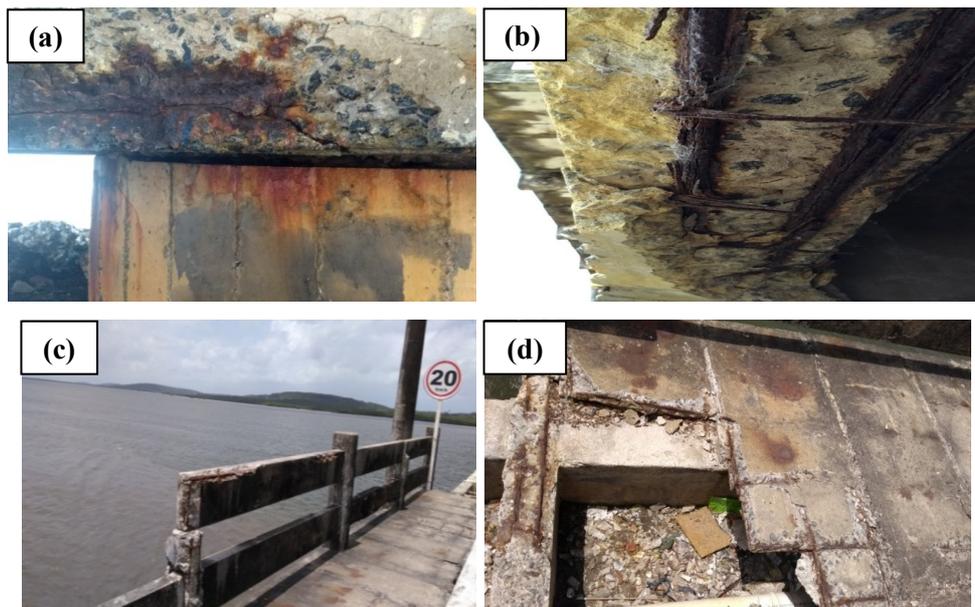


Figura 5 – Corrosão no encontro pilar/travessa (a), na travessa (b), colapso do guarda corpo (c) e passeio (d).

Como a ponte cruza o canal de Santa Cruz, a névoa salina vinda desse ambiente marítimo é carregada de íons cloreto e entra em contato com a superfície da estrutura, penetrando pelos poros ou sendo carregada pela umidade através das infiltrações até chegar às armaduras, causando assim sua despassivação.

Os elementos estruturais mais críticos e deteriorados são os passeios e guarda corpos. A exposição à variação térmica, ação da chuva, brisas de vento carregadas de agentes agressivos como os íons cloreto, falta de cobrimento correto para proteção das armaduras e porosidade elevada do concreto foram fatores decisivos para a ruptura de trechos dessas peças ao longo da ponte, conforme Figuras 5c e 5d.

Também é observada a presença de manchas avermelhadas causadas pela saída do óxido férrico (Fe_2O_3) nas placas dos passeios, o destacamento do cobrimento da armadura motivado pelas forças de expansão, diminuição considerável da seção transversal do aço e perda da aderência entre a pasta de cimento e a armadura também é perceptível.

No Quadro 1 é apresentado um resumo das patologias encontradas nos elementos da Ponte Getúlio Vargas, bem como as principais causas prováveis.

Quadro 1 – Patologias e suas causas. (continua)

Elemento estrutural	Patologias encontradas	Principais causas
Blocos de fundação	- Incrustamento biológico	▪ Movimento oscilatório da maré
Pilares	- Incrustamento biológico - Fissuração - Destacamento do cobrimento - Manchas de oxidação e corrosão das armaduras	▪ Ciclos de molhagem e secagem pela maré; ▪ Penetração de íons cloreto; ▪ Alta porosidade do concreto; ▪ Cobrimento das armaduras insuficiente
Vigas travessas	- Corrosão acentuada das armaduras; - Fissuração; - Destacamento do cobrimento; - Manchas de oxidação.	▪ Respingos de maré; ▪ Penetração de agentes agressivos; ▪ Infiltrações pela junta de dilatação; ▪ Cobrimento inadequado; ▪ Elevada porosidade do concreto.
Transversinas	- Mofo/bolor; - Eflorescência; - Pontos de corrosão	▪ Fissuras no pavimento; ▪ Infiltrações no tabuleiro; ▪ Falhas no sistema de drenagem.
Longarinas	- Pontos de corrosão; - Eflorescência; - Mofo e bolor	▪ Infiltrações no tabuleiro; ▪ Falhas no sistema de drenagem.
Tabuleiro	- Infiltrações; - Eflorescência; - Mofo e bolor; - Pontos de corrosão.	▪ Fissuras no pavimento; ▪ Deformação devido à variação da temperatura e cargas móveis; ▪ Entrada de umidade

Quadro 1 – Patologias e suas causas. (conclusão)

Elemento estrutural	Patologias encontradas	Principais causas
Juntas de dilatação	- Desgaste e ausência dos lábios poliméricos; - Infiltrações.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deterioração por abrasão pelo fluxo de carros; ▪ Movimentação estrutural pela variação térmica e cargas móveis.
Passeios	- Corrosão das Armaduras; - Manchas de oxidação; - Destacamento do revestimento; - Colapso dos elementos;	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Penetração de íons cloreto; ▪ Cobrimento das armaduras insuficiente; ▪ Elevada porosidade do concreto.

Análise numérica da Ponte Getúlio Vargas

A modelagem numérica da ponte Presidente Getúlio Vargas foi realizada visando avaliar se o dimensionamento realizado na época da construção da ponte atende ao atual carregamento imposto à ponte, incrementado devido ao aumento do fluxo de veículos para a ilha.

No que diz respeito aos carregamentos utilizados na análise numérica, foram consideradas as atuações das cargas de peso próprio, guarda-rodas, guarda-corpo, pavimento, vento, temperatura. Para a carga móvel foi considerado um veículo tipo classe 45. Todas essas ações foram quantificadas através das normas NBR 6120 (ABNT, 1980) e NBR 7188 (ABNT, 2013). Foi avaliado o comportamento da ponte tanto em serviço quanto em relação ao estado limite último.

Nas Figuras 6 e 7 pode-se observar os deslocamentos verticais considerando a combinação frequente de ações, visando avaliar as deformações no tabuleiro e o diagrama de momento fletor na longarina interna da ponte.

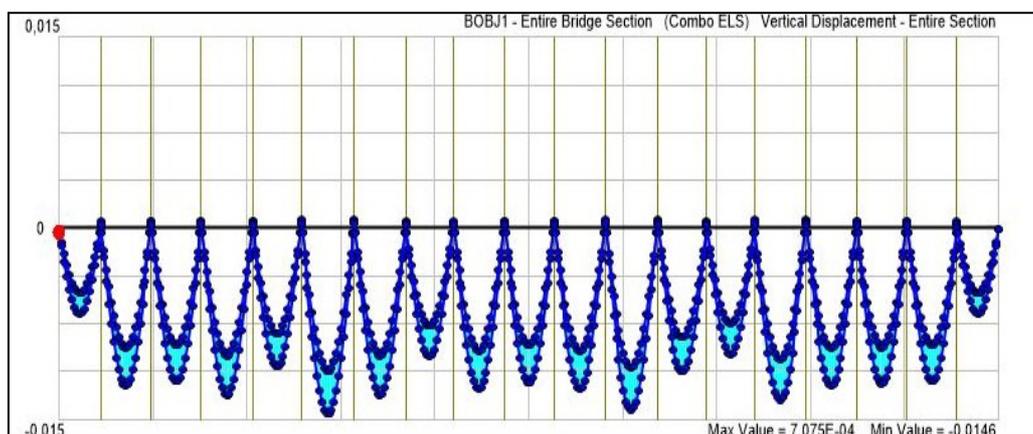


Figura 6 – Gráfico de deslocamentos verticais da estrutura original gerado pela combinação frequente de ações.

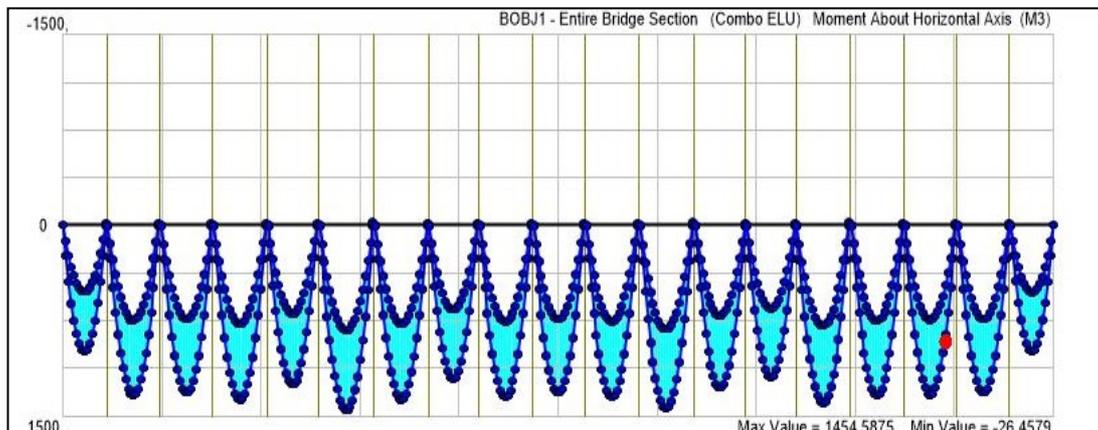


Figura 7 – Diagrama de momento fletor considerando a combinação última de ações.

De posse do projeto original da estrutura da ponte, observou-se que o dimensionamento original da ponte atende perfeitamente aos carregamentos atuantes na estrutura. Sendo assim, nenhum acréscimo de armadura foi necessário.

Projeto de recuperação

Desde sua ampliação, na década de 1990, a ponte Getúlio Vargas não sofreu nenhum tipo de intervenção, seja preventiva ou corretiva. Esse fato acarretou em sérios danos à estrutura, que em muitos trechos está em ruínas ou altamente degradada, despertando nos seus usuários a sensação de medo e insegurança. Após a avaliação estrutural utilizando o *software* CSiBridge, em conjunto com o levantamento das patologias através das inspeções visuais, foi verificada a necessidade de elaboração de um projeto de recuperação emergencial.

O planejamento inicialmente foi elaborado com o principal objetivo de reconstrução dos passeios e guarda corpos, que como visto nesse estudo são as peças mais danificadas e que põem em risco as pessoas que necessitam atravessar a ponte caminhando.

Devido à degradação em estado avançado dos passeios, a solução adotada foi sua total demolição, conforme mostrado na Figura 9a. O novo projeto, Figura 9b, foi elaborado de acordo com as novas diretrizes normativas no que diz respeito a proteção da armadura frente a agentes agressivos. Assim o cobrimento de todos os elementos constituintes (vigas longitudinais, transversais, placas pré-fabricadas dos passeios, montantes e vigas dos guarda corpos) foram aumentados bem como foi elevada a resistência característica do concreto para 40MPa.

Para as vigas longitudinais e transversais de sustentação dos passeios, foi especificado o preenchimento das fôrmas com graute, uma vez que como o caráter da obra era emergencial a preocupação com o tempo de execução era um fator preponderante. No entanto, para as demais peças, o concreto convencional foi o recomendando. Todas as especificações do projeto de recuperação dos passeios seguiram rigorosamente as prescrições contidas na NBR 6118 (ABNT, 2014).

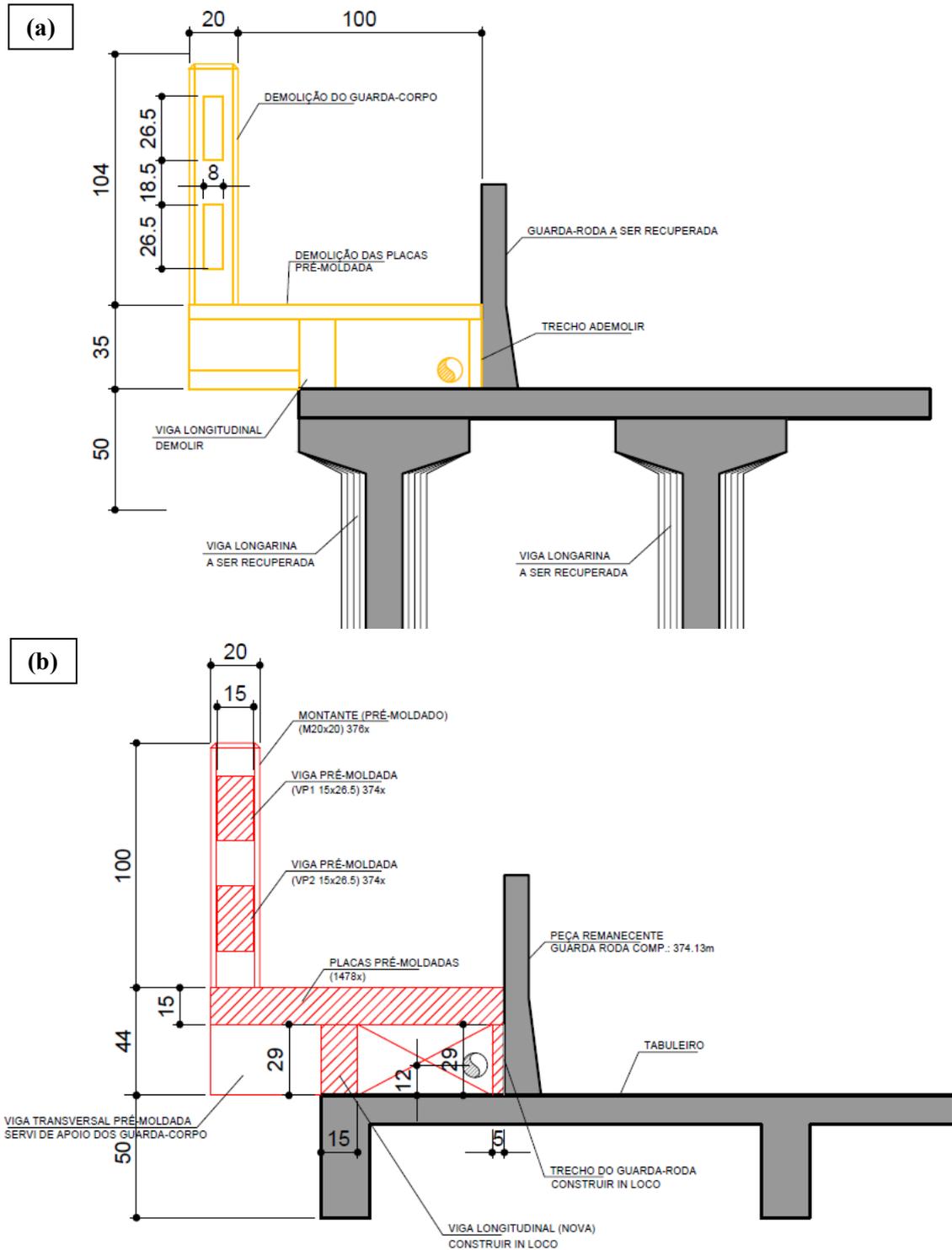


Figura 9 – Projeto de demolição (amarelo) (a) e de reconstrução (vermelho) dos passeios (b).

Conclusões

O estudo realizado na ponte Getúlio Vargas levantou as principais manifestações patológicas que incidem sobre uma obra de arte especial em locais de alta agressividade ambiental, diminuindo assim sensivelmente sua vida útil. As patologias ocorreram primordialmente pelo insuficiente cobrimento das armaduras, provável escolha inadequada da relação água/cimento para o traço e produção dos elementos estruturais, o que lhes conferiu alta porosidade e baixa capacidade de resistir aos ataques dos agentes agressivos presentes no meio.

A avaliação da estrutura utilizando o *software* CSiBridge possibilitou avaliar a adequabilidade do projeto original, elaborado na década de 80, aos novos carregamentos impostos à estrutura da ponte. Ficou constado que nenhum acréscimo de armadura visando aumentar a capacidade de carga dos elementos estruturais fez-se necessário.

O projeto de recuperação da ponte se apresentou como a solução adequada para sanar os problemas encontrados. O projeto foi elaborado em consonância com as normas vigentes, visando aumentar a vida útil da estrutura e garantir o seu adequado desempenho pelos próximos anos. Além do mais, pelo fato da ilha ser um polo turístico no litoral norte do estado de Pernambuco, um aspecto visual renovado foi conferido à ponte.

Referências

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118
Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120
Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7188
Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro, 2013.
- ANDRADE, T.; SILVA, A.J.C. Patologia das estruturas. In: ISAIA, G. C. (Ed).
Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. São Paulo: IBRACON, Vol. 2, cap.32,
p. 953-983, 2005.
- GENTIL, V. Corrosão. Rio de Janeiro: LTC. 4 ed, p.341, 2003.
- PEREIRA, J. L. M. B (Coord). Manual de recuperação de pontes e viadutos
rodoviários. Rio de Janeiro : IPR X. p. 159, 2010.