

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: UM ESTUDO DE CASO DA PONTE SOBRE A LAGUNA DE ROTEIRO-AL

ELIEZER CÍCERO VASCONCELOS DA SILVA¹; EDUARDO RODRIGUES NETO^{*}; FLÁVIO BARBOZA DE LIMA³; KAROLINE ALVES DE MELO MORAES⁴

¹Graduado em Engenharia Civil, UFAL, Maceió-AL, eliezercicero@hotmail.com;

²Graduando em Engenharia Civil, UFAL, Maceió-AL, eduardo.neto@ctec.ufal.br;

³Dr. Prof., UFAL, Maceió-AL, fblima@ctec.ufal.br;

⁴Dr.^a Prof.^a, UFAL, Maceió-AL, melokarol@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: As pontes são obras de artes especiais que compõem os elementos do sistema rodoviário e são fundamentais para o desenvolvimento do país, devido à sua funcionalidade no setor de transporte, que representa um percentual significativo no Produto Interno Bruto (PIB). Mas apesar da sua importância, as pontes têm sido abandonadas e deixadas ao acaso. Um conjunto de falhas que tramitam nas etapas de concepção, execução e utilização das pontes, aliado a falta de um plano de manutenção preventiva, ou até mesmo a realização da manutenção propriamente dita, tem levado ao surgimento de inúmeras manifestações patológicas, as quais afetam diretamente os requisitos estruturais, funcionais e estéticos das pontes. Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso, analisando as manifestações patológicas por meio de inspeção visual e ensaios em uma ponte de concreto localizada na divisa dos municípios de Roteiro e Barra de São Miguel no estado de Alagoas, onde foi possível identificar anomalias como: corrosão das armaduras, fissuras, deslocamento do concreto, disgregações, falhas nas juntas de dilatação, sistema de drenagem e aterro dos encontros.

PALAVRAS-CHAVE: Pontes; Manifestações Patológicas; Inspeção Visual.

ANALYSIS OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS: A BRIEF CASE STUDY OVER ROTEIRO-AL LAGOON

ABSTRACT: Bridges are special engineering structures that form the elements of the road system and it is fundamental to the development of the country due to its functionality in the transportation sector, which represents a significant percentage of the Gross Domestic Product (GDP). But in spite of their importance, the bridges have been abandoned and left to chance. A set of failure in the design, execution and use of bridges, together with the lack of a preventive maintenance plan, or even the maintenance of itself, has led to the appearance of numerous pathological manifestations, which affect directly the structural, functional and aesthetic requirements of bridges. In this sense, the present work aims to present a case study, analyzing the pathological manifestations through visual inspection and tests on a concrete bridge located in the border of the municipalities of Roteiro and Barra de São Miguel in the state of Alagoas, where it was possible to identify anomalies such as: corrosion of reinforcement, cracks, displacement of concrete, disagreements, failure of expansion joints, drainage system and landfill of abutment.

KEYWORDS: Bridge; Pathological Manifestations, Visual Inspection.

INTRODUÇÃO

O setor de transportes representa um papel importante no crescimento e desenvolvimento econômico do Brasil, impactando de maneira direta e indireta no Produto Interno Bruto (PIB) (ROCHA, 2015). Dessa forma, devido à grande representatividade que o modal rodoviário tem para geração de riqueza de um país, há uma necessidade constante de manutenção da malha rodoviária.

Entre as diversas obras rodoviárias que necessitam de manutenção, estão as pontes de concreto armado e protendido, que fazem parte do grupo das Obras de Arte Especiais (OAE).

Como todos os componentes da malha rodoviária, as pontes carecem da implantação de um programa de manutenções periódicas e específicas, dependendo do grau de manifestações patológicas e deterioração que esta sofre (DRUZIAN, 2011, p. 15). Para a identificação dessas manifestações e deteriorações a que as pontes estão submetidas e a implantação deste programa, faz-se necessário a realização de vistorias e inspeções que auxiliam na coleta de dados e informações que possibilitam a análise do risco estrutural e funcional que elas representam para quem as utiliza.

Para construção civil, a patologia é a ciência que estuda a origem, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas (SOUZA e RIPPER, 1998). Logo, as formas de manifestações são os sintomas que as estruturas apresentam ao possuir alguma manifestação patológica, “doença”.

Segundo Zuchetti (2015), as manifestações patológicas em uma estrutura são causadas por diversos fenômenos, podendo citar: o envelhecimento natural, acidentes, irresponsabilidade de profissionais no processo executivo, além de usuários que optam pela utilização de materiais fora das especificações ou não realizam a manutenção correta da estrutura, muitas vezes por razões econômicas, dentre outras. Para Cunha (2011), em toda construção deve-se garantir a vida útil, desempenho e durabilidade.

Desta forma, este trabalho propõe um estudo de caso sobre a avaliação das manifestações patológicas em uma ponte de concreto armado e protendido através de inspeção visual, baseando-se nas normas e manuais supracitados, bem como por meio de ensaios básicos não destrutivos e semi-destrutivos para melhor compreensão das anomalias existentes.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo de caso foi realizado na ponte sobre a laguna de Roteiro, a qual possui idade aproximada de 20 anos e está localizada aproximadamente no km 35, da AL-101 Sul – Av. Gen. Luiz de França de Albuquerque, interligando as cidades Barra de São de Miguel (BSM) e Roteiro (RT).

A ponte sobre a laguna de Roteiro-AL possui um traçado horizontal retilíneo, perpendicular ao curso da laguna, tendo como sistema construtivo estruturas em concreto armado e protendido, sendo que alguns elementos foram moldados in loco e outros, pré-fabricados. Além disso, o sistema de transferência de esforços da superestrutura para a mesoestrutura é feito por meio de aparelhos de apoio de elastômetro fretado, mais conhecido como neoprene.

As análises ocorreram através de inspeção visual detalhada, a fim de observar e registrar por meio de fotografias o estado de conservação da ponte sobre a laguna de Roteiro; além da realização de ensaios não destrutivos e semi-destrutivos, para subsidiar a interpretação da inspeção visual, bem como estabelecer correlação entre os resultados da inspeção e ensaios.

Para realização da vistoria utilizaram-se equipamentos de medição, de aproximação, limpeza e avaliação, bem como contou-se com o auxílio de um pescador da região para que fosse possível chegar por meio de canoa até o ponto da inspeção detalhada e ensaios. Todas as informações foram coletadas e registradas em foto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Análise da ponte sobre a Laguna do Roteiro através de inspeção visual

A inspeção visual na ponte iniciou-se no sentido RT-BSM, onde vistoriou-se toda a estrutura por baixo. Não foi possível aproximação nos elementos da mesoestrutura e superestrutura devido à altura da ponte, bem como à limitação de equipamentos, exceto nos encontros, onde foi possível analisar de perto as vigas longarinas e lajes.

A infraestrutura da ponte apresentou-se como o setor crítico da estrutura como um todo, onde se constatou o maior número de manifestações patológicas, sendo encontradas anomalias em todos os tubulões e em alguns blocos. As anomalias encontradas foram: corrosão, perda de seção e rompimento das armaduras, fissuras, desagregação do concreto, deslocamento do concreto.

As armaduras da infraestrutura da ponte estão em estado de grande deterioração, encontram-se expostas, corroídas e algumas rompidas. A corrosão é notória em todos os tubulões da ponte, além da perda de seção e rompimento das armaduras, como mostrado na Figura 1.

Além dos tubulões, alguns blocos também apresentaram armaduras expostas e corroídas, o que pode estar relacionado ao cobrimento de concreto insuficiente, Figura 2.



Fonte: Autor (2017).

Figura 2 – Cobrimento insuficiente



Fonte: Autor (2017).

Na ponte, há indícios de carbonatação e corrosão generalizada, porém, acredita-se que tratando de uma zona marinha o ataque por íons cloretos contidos na água do mar seja o principal responsável pela corrosão, principalmente nos tubulões, nas zonas de variação de maré, onde a estrutura está sujeita à erosão por ação das ondas e ciclos de molhagem e secagem. Nessas áreas, a qualidade do concreto é fator determinante ao início do processo de corrosão. Assim, o controle de qualidade na produção do concreto e execução da estrutura é crucial para que as armaduras estejam protegidas contra a corrosão, além do cobrimento eficiente.

Ao analisar o processo de fissuração, pode-se notar a que as fissuras estão presentes em todos os elementos da infraestrutura. Nos tubulões, as fissuras aparentam ter origem no processo de corrosão e consequente expansão das armaduras, causada pelo acréscimo de tensões internas de tração que ultrapassam a resistência do concreto, podendo ser visualizada principalmente pelas manchas de corrosão no exterior do concreto nas regiões fissuradas, Figura 3. Após o concreto fissurar, as armaduras ficam ainda mais suscetíveis a corroer, pelo ingresso intenso dos agentes agressivos, acelerando a corrosão até a perda da seção e rompimento da armadura.

Os tubulões da ponte apresentam desagregações, com um forte indício de um ataque químico, que ataca o cimento e promove separação dos agregados. Isso ocorre principalmente nas zonas de variação de maré devido ao ataque dos íons cloretos.

Além disso, a infraestrutura da ponte apresenta desagregações, este fenômeno físico acontece pela expansão da armadura corroída, causando fissuras em diferentes pontos da estrutura, deslocando o concreto em blocos, Figura 4.



Fonte: Autor (2017)

Figura 4 – Deslocamento do concreto



Fonte: Autor (2017)

Em relação à mesoestrutura, em geral, apresentou boa condição, com exceção de algumas fissuras e falhas de concretagem em pilares, e manchas brancas nas vigas travessas, que indicam uma possível eflorescência.

Nos pilares analisados, foi possível notar nichos de concretagem em seu início próximo ao bloco, o que deve ter ocorrido na fase de execução do pilar, além de fissuras longitudinais. Estas

fissuras podem ser originadas pela retração do concreto ou pelo aumento de volume da barra de armação devido à corrosão das armaduras.

A ausência de equipamentos de aproximação não permitiu a análise de todos os aparelhos de apoio, mas foi possível constatar que os apoios de neoprene dos encontros encontravam-se desgastados, com dimensões alteradas; além da observação do crescimento de vegetação em alguns deles.

Nos encontros não foi possível verificar as cortinas, nem as lajes de transição. Os muros de ala encontram-se protegidos pela vegetação natural. Na ponte há indícios de recalque nos terraços e a concentração de matéria orgânica proveniente dos manguezais da área tornam a região ainda mais suscetível a recalques.

Em relação à superestrutura, os elementos que a compõem apresentam bom estado de conservação. As vigas longarinas pré-fabricadas de concreto protendido não apresentaram nenhuma flecha e estão em boas condições; o controle de qualidade na execução destes elementos favorece para a sua vida útil. No entanto, em algumas vigas longarinas foi verificada a presença de eflorescências causadas pelo processo de lixiviação do concreto. As vigas transversinas feitas de concreto armado moldadas in loco também estão em bom estado. As placas pré-moldadas do tabuleiro da ponte, em geral, estão em condições satisfatórias, com exceção de algumas placas das lajes em balanço que possuem exposição das armaduras.

Em relação aos elementos complementares da ponte, os mesmos desempenham as funções destinadas a eles, porém não transmitem conforto e segurança ao usuário. As pistas apresentam-se em bom estado e possuem pavimento novo e sinalização horizontal nova, refeita recentemente, no entanto, no momento do recapeamento do pavimento, as juntas de dilatação foram preenchidas por CBUQ, o que afeta diretamente sua função, ou seja, a movimentação da estrutura. Os passeios possuem revestimento em estado deplorável, permitindo a percolação da água sobre a laje que atinge as vigas longarinas e propiciando a lixiviação do concreto e posteriormente a eflorescência, além disso, não há separação física entre a circulação de pedestres e a pista. Os guardas corpos estão com fissuras e armaduras expostas. O sistema de drenagem da ponte é falho e não permite a destinação adequada das águas pluviais. Além disso, as sarjetas são obstruídas com material do recapeamento da pista e vegetação; e todos os buzinetes apresentam dimensões menores que o necessário para jogar água direto no mar, destinando toda água para vigas longarinas, contribuindo para o processo de lixiviação do concreto e surgimento de eflorescência

Por fim, outro fator que contribuiu para a degradação e estado deplorável da ponte, tanto nas questões estéticas e ambientais, como na estrutural, é a ação antrópica, uma vez que há relatos do uso de explosivos na pesca por parte dos pescadores da região e nas áreas dos encontros há indícios do uso de fogueiras, o que submete a estrutura a ação do fogo. Além disso, foi possível perceber a falta de conscientização ambiental por parte de quem utiliza, pois há uma grande quantidade de lixo no reforço da ponte.

2. Análise da ponte sobre a laguna de Roteiro através do uso de métodos de ensaio

Para melhor compreensão das causas das manifestações patológicas encontradas na inspeção visual, foram realizados ensaios em alguns elementos da ponte. Pela limitação de equipamentos que permitissem a aproximação, não foram realizados ensaios na mesoestrutura e superestrutura da ponte e a limitação de tempo não permitiu que fossem realizados os ensaios em todos os elementos da infraestrutura. Nos elementos em que era possível a realização dos ensaios, foram feitas medições de cobertura, ensaio de percussão, carbonatação, esclerometria e potencial de corrosão.

Em todos os tubulões da ponte percebeu-se visualmente a variação na espessura do revestimento, mostrando problemas no projeto e/ou na execução da estrutura, e em muitos blocos notou-se a ausência de revestimento, causados por falhas na execução da estrutura. Assim, realizaram-se medições de revestimento em dois tubulões, nas áreas com concreto deslocado, porém apenas um dos tubulões analisados apresentou revestimento que atendia as recomendações prescritas pela NBR 6118 (ABNT, 2014) para classe de agressividade IV, com revestimento mínimo de 5 centímetros para estruturas de concreto armado.

Os ensaios de percussão foram realizados apenas como forma de comprovação da inspeção visual, sendo verificado que a maioria dos tubulões e alguns blocos apresentam o concreto todo deslocado, o que foi identificado pela ocorrência de um som cavo.

O ensaio de carbonatação foi realizado a fim de verificar a profundidade de carbonatação do concreto, podendo-se ser um dos motivos para o desencadeamento da corrosão das armaduras. No entanto, percebeu-se que o concreto não apresenta carbonatação, uma vez que com a aplicação da solução de fenolftaleína nenhuma área apresentou-se incolor. Diante disso, comprovou-se o que se suspeitava na inspeção visual, que a corrosão das armaduras acontece pelo ataque de íons cloretos contidos na água do mar.

O ensaio de potencial de corrosão foi realizado em três pontos distintos, seguindo-se as recomendações da norma ASTM C876 (ASTM, 1991). As armaduras onde foram realizados os ensaios foram escovadas, limpas e verificadas se estavam rompidas.

O ensaio de potencial possui caráter qualitativo e permitiu indicar a probabilidade da armadura não exposta corroer. Sendo utilizado o eletrodo de referência de cobre/sulfato de cobre (Cu/CuSO₄, Cu²⁺) descrito na ASTM C876 (ASTM, 1991), constatou-se que os elementos ensaiados da infraestrutura possuem um probabilidade de corrosão maior que 90%, uma vez que todos as leituras de potencial possuem valores menores do que -350 mV.

CONCLUSÃO

Diante do que foi exposto, a ponte sobre a laguna de Roteiro revela inúmeras manifestações patológicas em todos os setores, principalmente na infraestrutura, que apresenta um quadro patológico grave. Na ponte foram identificados problemas como: corrosão da armadura causada pelo ataque de íons cloretos, perda de seção e rompimento da armadura causados pelo estágio avançado da corrosão, fissuras causadas pela expansão do aço corroído e retração, desagregações do concreto causado pelo forte ataque químico, disgregações ou deslocamento causados pelas fissuras em diversos pontos da estrutura, desgaste nos aparelhos de apoio com crescimento de vegetação, recalque nos terraplenos dos encontros, obstrução das juntas e sarjetas causadas por falhas no recapeamento do pavimento, guarda corpos com armaduras expostas, além de falhas nos buzinotes da ponte.

As pontes de concreto estão bastante suscetíveis ao surgimento de manifestações patológicas, porém, se definido um plano de manutenção preventiva e executado de forma correta, consegue-se reduzir o surgimento das anomalias. Sendo assim, a manutenção de qualquer a estrutura deve ser definida antes de iniciar a obra, ou até mesmo pode servir como parâmetro para definição do sistema construtivo a ser utilizado.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C 876: Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete. Philadelphia: ASTM, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- CUNHA, A. A. Estudo das Patologias em Obras de Arte Especiais do Tipo Pontes e Viadutos. ANÁPOLIS: [s.n.], 2011.
- DRUZIAN, D. V. Avaliação de pontes no município de Florianópolis-SC por meio de inspeção visual. Florianópolis: [s.n.], 2011. 15 p.
- ROCHA, C. F. O transporte de cargas no Brasil e sua importância para economia. Injuí: [s.n.], 2015. 33 p.
- SOUZA, V. C. M. D.; RIPPER, T. Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. São Paulo: PINI, 1998.
- ZUCHETTI, P. A. B. Patologias da Construção Civil: Investigação Patológica em Edifício Corporativo de Administração Pública no Vale do Taquari/RS. Lajedo: [s.n.], 2015.