



IX CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS
18 a 20 de maio, 2016 - Everest Rio Hotel

Análise Patológica em uma Ponte de Concreto Armado: Identificação das Causas e Possíveis Soluções

Thiarly Feitosa Afonso de Lavôr¹, Luiz Ricardo da Silva Linhares², Robson Arruda dos Santos³

¹ Mestrando em Estruturas e Construção Civil, PECC/ Universidade de Brasília / Departamento de Engenharia Civil e Ambiental / thiarlycz@hotmail.com

² Graduando em Engenharia Civil/ Universidade Estadual da Paraíba/ Departamento de Engenharia Civil / luizricardopb@yahoo.com.br

³ Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba / Campus Cajazeiras / Departamento de Engenharia Civil/ Mestre em Engenharia Civil e Ambiental / robson.santos@ifpb.edu.br

Resumo

Devido às suas excelentes propriedades mecânicas e sua disponibilidade, o concreto é o material mais utilizado na construção civil para diversos fins, tais como a construção de edifícios, rodovias, galpões, obras hidráulicas, dentre outras. Assim como nessas estruturas, as pontes executadas em concreto armado necessitam de cuidados e de intervenções preventivas ao longo de sua vida útil, por estarem expostas aos mais diversos tipos de ações nocivas e intemperes. Entretanto, algumas pontes sofrem com problemas patológicos por não possuir e/ou não seguir um programa de manutenção adequado. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é realizar um levantamento detalhado das manifestações patológicas, apresentando as soluções cabíveis de inspeção, de uma ponte rodoviária em arco com tabuleiro inferior, que possui 19,50 metros de extensão, dividida em duas partes simétricas apoiadas por um pilar central com 6,35 metros de altura; localizada no município de Bom Jesus, região sertaneja do estado da Paraíba, com coordenadas em UTM: fuso 24M, N 9239680.38 m e E 539024.01 m. Para isso, nos principais elementos estruturais efetuou-se um levantamento visual, juntamente com registros fotográficos das fissuras e rompimentos encontrados. Foi constatado que em algumas partes a estrutura do tabuleiro apresenta deterioração moderada, como o deslocamento e eflorescência do concreto. Nos arcos de sustentação, verificou-se uma degradação extrema com ferragens expostas em processo corrosivo.

Palavras-chave: Concreto; Pontes; Manifestações Patológicas.

Introdução

As estruturas de concreto são utilizadas em larga escala na construção civil, desse modo, é necessário que se tenha dentre outros fatores a preocupação com sua durabilidade. Segundo a ABNT NBR 6118:2014, essa propriedade é definida pela capacidade de resistência que a estrutura oferece às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo engenheiro estrutural e o contratante no início da etapa de elaboração do projeto. É nessa etapa que deve-se levar em consideração o nível e os tipos de agressões que a estrutura ficará exposta, bem como o programa de manutenções e cuidados à serem tomados.



Uma estrutura executada em concreto armado ou em qualquer outro material necessita de cuidados e de intervenções para que sua vida útil seja prolongada. Compreende-se por manutenção de uma estrutura todas as atividades envolvidas que tenham finalidade de contribuir para o melhor desempenho da obra ao longo do tempo à um custo compensatório (SOUZA; RIPPER, 1998). Nesse contexto as pontes de concreto armado estão expostas ao processo de deterioração por estarem em ambientes agressivos necessitando de cuidados e de intervenções preventivas ao longo de sua vida útil.

Segundo ARAÚJO (2014) a deterioração do concreto pode se dar por vários fatores de natureza física, química e biológica. Dentre os principais fatores, podem ser citados: reações eletroquímicas – responsáveis pela liberação de óxidos de ferro, de natureza expansiva, rompendo o revestimento e expondo a armadura à corrosão; desgastes mecânicos – originado pelo atrito veicular, assim como por choques mecânicos, promovendo uma fragilidade adicional à estrutura, como o desgaste superficial de um pavimento rígido; reações expansivas – reações internas de sulfatos com a pasta de cimento hidratada que podem causar o deslocamento do concreto; lixiviação do concreto – a dissolução e o transporte do hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) no cimento pela presença de água, juntamente com o CO_2 da atmosfera, provoca a aparição de eflorescências na superfície do material; carbonatação – o CO_2 da atmosfera dissolvido na água dos poros do concreto ao reagir com o Ca(OH)_2 reduz o pH do meio, causando a despassivação da armadura e iniciando a corrosão; expansões térmicas e retração – fenômenos que causam a fissuração do concreto devido ao impedimento da contração livre do elemento estrutural.

Nas pontes executadas em concreto armado pode-se observar todas as patologias citadas anteriormente, caso não se tome medidas cabíveis de manutenção. Nesse sentido, SARTORTI (2008) comenta que diversas pesquisas vêm sendo realizadas para entender os mecanismos relacionados à patologia, sendo estes: fatores que influenciam para causar os problemas, formas de manifestação, resultados e métodos corretivos.

Assim, o objetivo deste trabalho é realizar um levantamento detalhado das manifestações patológicas apresentando as soluções cabíveis de inspeção, de uma ponte rodoviária de concreto armado em arco com tabuleiro inferior.

Metodologia

O estudo em questão foi realizado na mesorregião do sertão paraibano, especificamente no município de Bom Jesus – PB.

A análise obedeceu às seguintes etapas:

- Levantamento visual com auxílio de fotografias dos principais elementos estruturais e obtenção das dimensões da estrutura;
- Avaliação das prováveis causas das manifestações patológicas identificadas;

- Estimativa dos impactos causados à estrutura da ponte;
- Determinação das possíveis soluções dos problemas identificados.

A figura 1 mostra a ponte analisada na pesquisa, sendo possível identificar uma parte do percurso do rio São José, que por possuir períodos de secas e cheias é classificado como intermitente.



Figura 1 – Localização da ponte analisada (Fonte: Google Earth).

Devido ao tempo em que essa obra de arte especial (figura 2) já se expos à agressividade do meio ambiente, construída aproximadamente há 60 anos, e também à falta de manutenção preventiva apresenta várias imperfeições, destacando-se uma degradação evoluída da superestrutura, como a corrosão da armadura em estado avançado, trincas e fissuras, deslocamento do concreto, eflorescências e manchas na superfície do concreto.



Figura 2 – Ponte São José (Fonte: autor).

A tabela 1 discrimina as informações das dimensões e localização da obra de arte especial estudada.

Tabela 1 – Dimensões e localização

Dimensões		Coordenadas em UTM
Largura	3,80 m	Fuso 24M
Comprimento	19,50 m	N 9239680.38 m
Altura	6,35 m	E 539024.01 m

Resultados e Discussões

A partir do trabalho desenvolvido na análise *in loco* dos elementos estruturais que compreendem a infraestrutura, a mesoestrutura e superestrutura, verificou-se que a ponte se encontra em estado crítico de conservação, possivelmente devido exposição à agressividade do meio ambiente, falta de manutenção e também por impactos de veículos.

Em decorrência da falta do projeto estrutural não foi possível efetuar uma análise do tipo de fundação adotada, dos materiais utilizados em sua composição, bem como seu dimensionamento. Entretanto, devido ao período de estiagem, observou-se que a fundação está assentada diretamente sobre a rocha no leito do rio, com isso verificou-se que a mesma apresenta pequenas manchas decorrentes do contato com a água, não apresentando problemas estruturais, tais como trincas, deslocamento do concreto, corrosão, recalques, indícios de punção, erosão hidráulica, dentre outros.

As estruturas de contenção dos encontros da ponte apresentam eflorescência (figura 3), que de acordo com MEHTA; MONTEIRO (2008) são manchas esbranquiçadas ocasionadas pela formação de carbonato de cálcio (CaCO_3) na superfície do concreto devido à reação do hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) presente no substrato com o dióxido de carbono (CO_2) da atmosfera. Como o Ca(OH)_2 é solúvel em água o mesmo acaba sendo transportado por lixiviação para a superfície da estrutura. Ainda segundo os autores cristais de Ca(OH)_2 constituem um teor de 20% a 25% do volume de sólidos na pasta de cimento hidratada. Esse fenômeno pode ser considerado indesejável por razões estéticas.

Na parte inferior do tabuleiro, foi constatado o deslocamento do concreto nas vigas primárias e na laje (figura 4A), resultante das tensões geradas pelo aumento do volume das armaduras, agravado pela exposição das mesmas ao ambiente e também pela idade da obra. As figuras 4A e 4B também mostram as manchas causadas por eflorescências no concreto, assim como pela percolação de água proveniente da parte superior do tabuleiro. Apesar de possuir uma solução simples esse problema é bastante comum nas construções, podendo ser evitado através de uma pingadeira, fazendo com que a vida útil do tabuleiro não fosse reduzida pela ação da água (SOUZA; RIPPER, 1998).



Figura 3 – Manchas na estrutura de encontro da ponte (Fonte: autor).



Figura 4 – Patologias no tabuleiro - A) Deslocamento/Corrosão B) Eflorescência (Fonte: autor).

Já na parte superior do tabuleiro, especificamente no pavimento rígido, verificou-se ausência de degradação ou manifestações patológicas, exceto pela obstrução da junta de dilatação devido a falta de material selante (figura 5) e o desgaste superficial do pavimento, causado principalmente pelo atrito veicular.



Figura 5 – Junta de dilatação obstruída (Fonte: autor).

Além disso, o estado atual da junta agrava o impacto causado na drenagem superior, visto que isso possibilita a passagem de água para a parte inferior do tabuleiro através das paredes laterais do pilar central (figura 6) intensificando o processo de deslocamento do concreto, além do aparecimento de mais manchas e eflorescências na laje causadas pelo processo de lixiviação.

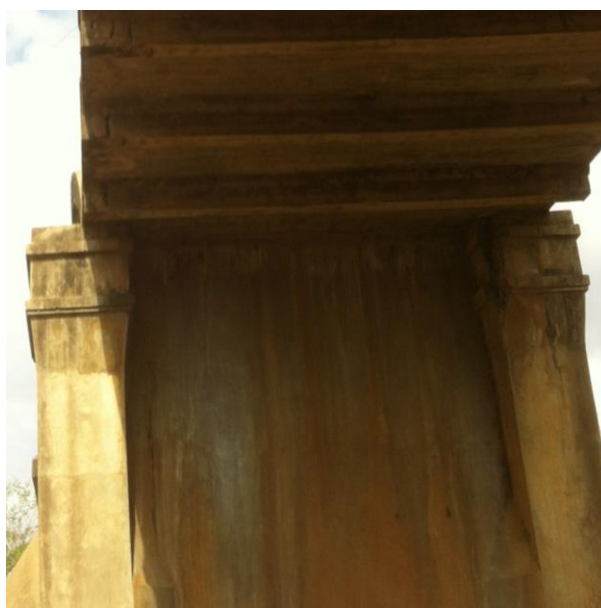


Figura 6 – Eflorescências no pilar central (Fonte: autor).

Ainda na parte superior do tabuleiro existem quatro aberturas indevidas no vão central das vigas secundárias (uma em cada viga). Nessas aberturas (figura 7) nota-se a falta de simetria em sua forma e na sua posição, e também a exposição das armaduras da viga, indicando que foram feitas por terceiros após a construção da estrutura, possivelmente para melhorar o funcionamento do sistema de drenagem ineficiente da ponte. Dessa forma, contribuem na perda de resistência da peça, pois estão localizadas numa região de momento máximo (centro da viga biapoiada), onde a seção de concreto comprimido é mais solicitada; além de desproteger a armadura, facilitando a propagação dos efeitos de corrosão naquelas que ainda estão revestidas.



Figura 7 – Abertura na viga secundária (Fonte: autor).

Dos elementos estruturais que compõe a ponte, os arcos de sustentação são aqueles que apresentam o estado mais avançado de degradação, tanto no concreto quanto nas armaduras. Na superfície do concreto (figura 8) é possível notar a presença de manchas com coloração alaranjada, assim como uma maior proporção de agregado graúdo, agravado pela perda de pasta de concreto devido aos intemperes. Além disso, observa-se o deslocamento generalizado do concreto, cancelando a solidariedade com o aço e desprotegendo-o.



Figura 8 – Patologias no arco de sustentação (Fonte: autor).

Sendo o arco um elemento estrutural tracionado, sua resistência advém necessariamente do aço, porém com os problemas supracitados, identificados no elemento em questão (figura 9), sua principal função está comprometida.



Figura 9 – Deterioração no arco de sustentação (Fonte: autor).

A tabela 2 sintetiza os problemas patológicos identificados em cada elemento estrutural analisado e propõe possíveis soluções de tratamento das partes afetadas.

Tabela 2 – Identificações das causas e possíveis soluções

Problemas Identificados	Elementos Afetados	Possível Solução
Eflorescência	Pilar Central; Tabuleiro; Estruturas de encontro.	Remoção por processos como: escovação usando-se escova com cerdas de aço secas; jateamento d'água ou jateamento de areia (SOUZA; RIPPER, 1998).
Corrosão da armadura	Vigas primárias; Vigas secundárias; Arcos de sustentação; Tabuleiro (Laje).	Se a armadura apresentar perda de seção que ultrapasse 15%, deve-se implantar uma armadura suplementar, para que a seção danificada seja recomposta (SOUZA; RIPPER, 1998).
Deslocamento do concreto	Vigas primárias; Tabuleiro (Laje).	Tratamento das armaduras expostas e aplicação de argamassa epoxídica (SOUZA; RIPPER, 1998).



Fissuras	Vigas secundárias; Encontro do pilar com a laje.	Abertura de furos ao longo da fissura; limpeza cuidadosa dos furos e da fenda; fixação de tubos plásticos nos furos; selagem com cola epoxídica bicomponente (SOUZA; RIPPER, 1998).
Junta de dilatação obstruída	Pavimento rígido.	Limpeza e aplicação de material selante.
Comprometimento da funcionalidade	Arco de sustentação.	Reforço e reparo total.

Conclusão

Levando em conta o objetivo abordado neste trabalho, foi possível efetuar a análise do estado de conservação da ponte através da indicação das possíveis causas e soluções para as patologias identificadas. Verificou-se que a condição atual da ponte estudada apresenta degradação moderada, levando em consideração à época em que foi construída e sua exposição aos agressores físicos, químicos e mecânicos. Outro fator que influencia para essa classificação são as condições precárias em que se encontram os arcos de sustentação, tendo em vista sua importância para o funcionamento conjunto da estrutura.

É evidente que se fosse adotado um programa de manutenção adequado ela apresentaria menos problemas. Porém, a falta dele acarretou na necessidade de um processo de restauração, para que a ponte continue a exercer sua função com eficiência, dentro dos limites de segurança. Assim como as pontes, qualquer estrutura, seja ela em concreto ou de outro material, necessita de um planejamento apropriado às suas condições de serviço, através de um projeto adequado à sua finalidade e a realização de manutenções periódicas em todo tempo de vida útil da obra.

Referências

- ARAÚJO, J. M. Curso de Concreto Armado. Rio Grande: Dunas, 2014. v.1, 4.ed.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118/2014 – Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- MEHTA, P.; MONTEIRO, P. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. 3 ed. São Paulo: IBRACON, 2008.
- SARTORTI, A. L. Identificação de Patologias em Pontes de Vias Urbanas e Rurais no Município de Campinas-SP. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil - UNICAMP, 2008. 203p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 2008.
- SOUZA, V. C.; RIPPER, T. Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. São Paulo: PINI, 1998.