



Patologias e inspeção de pontes em concreto armado: Estudo de caso da ponte Governador Magalhães Pinto

Fernando Júnior Resende Mascarenhas¹

Alexandre Wilson Soares Cortezão²

Antônio Pires Azevedo Júnior³

Bruna Dias de Andrade⁴

Laire Fonseca de Oliveira⁵

Paola Santos Viana⁶

Resumo: As Pontes em Concreto Armado estão sujeitas às diversas ações que ocasionam o seu envelhecimento e deterioração, comprometendo a sua estrutura e funcionalidade. O presente trabalho trata sobre as principais patologias encontradas em Pontes e Viadutos e de suas origens e características, bem como os principais procedimentos para identificação das patologias. Este artigo também apresenta um estudo de caso da Ponte Governador Magalhães Pinto, em Raposos, Minas Gerais.

Palavras-chave: Pontes; Patologias; Estudo de Caso.

Abstract: Reinforced Concrete Bridges are susceptible to a number of actions that cause their aging and deterioration, affecting their structure and functionality. This paper deals with main Pathologies found in bridges and viaducts, and their origins and characteristics, and it points out the main procedures to identify the pathologies. This paper also presents a study about the Bridge “Governador Magalhães Pinto”, in Raposos, Minas Gerais.

Keywords: Bridges; Pathologies; Case of Study.

¹ UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

² PUC/MG – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

³ PUC/MG – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

⁴ PUC/MG – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

⁵ PUC/MG – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

⁶ PUC/MG – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

1. Introdução

Pontes e viadutos, conhecidos como obras-de-arte especiais (OAE), são partes importantes de muitos sistemas viários, e podem ser constituídos de vários materiais, como madeira, aço, concreto armado e concreto protendido. Entretanto, nenhum material possui duração eterna, levando à necessidade de um novo campo de pesquisa dentro da Engenharia de Estruturas, visando o estudo da durabilidade, correlacionada com parâmetros que a afetam.

De maneira análoga, Curcio (2008) afirma que anos atrás as estruturas eram executadas com um elevado dimensionamento, gerando obras resistentes a certas patologias. Atualmente, a tecnologia possibilita melhoria nos cálculos e no conhecimento dos materiais, conduzindo à execução de obras mais esbeltas, exigindo, assim, maiores cuidados. Dessa forma, houve a necessidade do surgimento de estudo para conhecimento dos principais agentes de deterioração das estruturas, denominado patologia das Estruturas.

Este artigo apresentará um estudo de caso da Ponte Governador Magalhães Pinto, construída na década de 1960 na cidade de Raposos, Minas Gerais. Esta Ponte apresentava problemas patológicos provenientes de agentes mecânicos, químicos, físicos e biológicos.

2. Metodologia

O trabalho foi desenvolvido embasando-se, teoricamente, nos artigos científicos em língua portuguesa e língua inglesa, manuais e livros técnicos que tratem do tema deste artigo.

Para se alcançar os objetivos especificados na introdução do trabalho, tendo-se como roteiro toda a metodologia de abordagem acima exposta, foi realizada uma visita técnica à ponte Governador Magalhães Pinto, em Raposos, Minas Gerais, com o objetivo de prospectar e inspecionar a superestrutura da ponte em estudo.

Com o uso de uma trena de 50 metros e outra de 5 metros, foi feito o levantamento das dimensões dos elementos estruturais, tais como as vigas principais ou longarinas, as transversinas de apoio e intermediárias, as cortinas, a laje do tabuleiro, os pilares e os blocos, bem como o levantamento das dimensões dos elementos acessórios (revestimentos, guarda corpo, passarela de estrutura metálica, mãos francesas de sustentação da passarela, perfis metálicos, chapas usadas no reparo da ponte, tubulações, placas de sinalização, postes e outros elementos relevantes para o estudo). Um dos objetivos deste levantamento foi determinar as cargas permanentes e atuantes sobre a estrutura.

Em entrevista com morador Wallace Gouveia Gonçalves, de 87 anos de idade, residente no local, foi feito um levantamento histórico, por meio de seus arquivos fotográficos da época em que foi implantada a primeira estrutura da ponte, feita em madeira. Em seus arquivos constavam, também, o processo de substituição da ponte de madeira pela estrutura de Concreto Armado, no ano de 1963, a qual consiste na atual estrutura da ponte, objeto de estudo deste

trabalho. Esta entrevista agregou valores de senso comum que não se encontram em arquivos oficiais, tais como arquivos da prefeitura, do estado ou mesmo de veículos de imprensa.

3. Patologias em Pontes de Concreto Armado

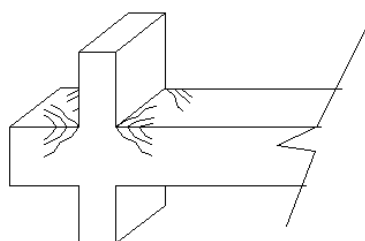
As “pontes e viadutos são obras-de-arte especiais que estão sujeitas à ação de diversas patologias da construção, em função do seu uso contínuo e da falta de programas preventivos de manutenção em grande parte dos casos.” (LOURENÇO et al., 2009, p. 5).

Entende-se por manutenção, todos os procedimentos necessários para garantir o desempenho satisfatório da estrutura ao longo do tempo, ou seja, são rotinas que possuem o objetivo de proporcionar, à estrutura, um maior tempo de vida útil. (SARTORTI, 2008). Na maior parte dos casos, a manutenção de pontes e viadutos é desprezada, sob a alegação dos elevados custos. Sendo assim, com a tendência natural de deterioração das estruturas, a falta de manutenção acelera o surgimento de patologias.

3.1. Patologias causadas por agentes mecânicos

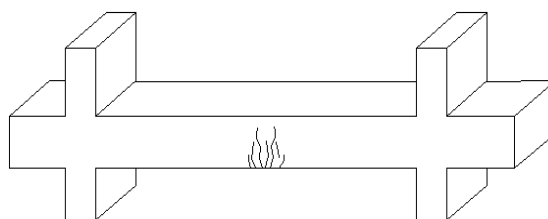
As principais patologias causadas por agentes mecânicos nas estruturas de concreto armado são fissurações por esforços de flexão, esmagamento, flexocompressão, cisalhamento, torção e tração, bem como degradações por choques de veículos e por incêndios. As figuras 1 e 2 são exemplos de fissuras por flexão em uma estrutura de Concreto Armado causadas por momentos fletores negativos e positivos, respectivamente.

Figura 1 - Fissuração por flexão diante de momento negativo



Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

Figura 2 - Fissuração por flexão diante de momento positivo

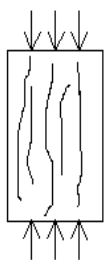


Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

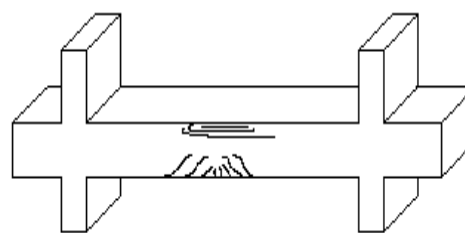
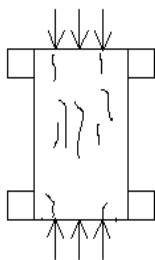
As figuras 3 e 4 são exemplos de fissuras causadas por esforços de compressão e flexocompressão, respectivamente. Já a figura 6 apresenta uma estrutura de Concreto Armado submetida à compressão, sem confinamento, tem fissuras mais alongadas comparada a uma estrutura confinada, cujas fissuras são mais curtas e espaçadas entre si.

Figura 3 - Fissuração por esmagamento sem e com confinamento, respectivamente

Figura 4 - Fissuração por flexocompressão



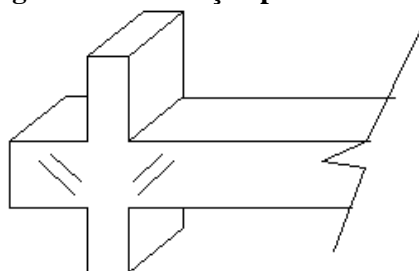
Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

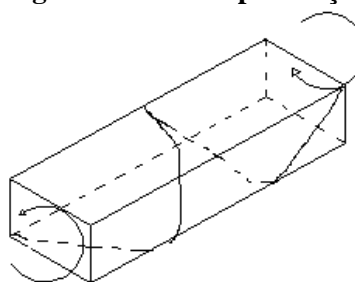
Uma estrutura de Concreto Armado, quando submetida a esforços cisalhantes, tende a apresentar fissuras diagonais, como pode ser verificado na figura 5. Como observado na Figura 6, fissuras por torção abrangem todas as faces do elemento estrutural de Concreto Armado.

Figura 5 - Fissuração por cisalhamento



Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

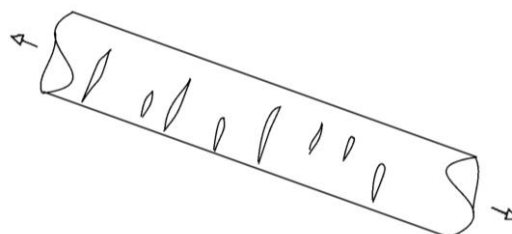
Figura 6 - Fissura por torção



Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

Estruturas de Concreto Armado, como lajes e vigas, apresentam fissuras com aberturas maiores do que aquelas oriundas dos outros esforços como pode ser observado na figura 7.

Figura 7 - Fissura por tração



Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

3.2. Patologias causadas por agentes químicos

Os principais fenômenos químicos que ocorrem em estruturas de Concreto Armado são reações, ataques de sulfatos e cloretos, carbonatação, corrosão e lixiviação.

3.2.1. Ataques de sulfatos

Os sulfatos deterioram o concreto devido às suas ações expansivas. Podem ser encontrados no solo, na água do mar e no concreto. Os mais comuns são sulfatos de sódio, de cálcio e de magnésio. De acordo com Duran citado por Sahuinco (2011), todos estes sulfatos são danosos ao concreto e reagem com a pasta de cimento hidratada. A pasta de cimento sofre

uma desintegração causada pela expansão da etringita e o gesso que se formam por meio da reação dos sulfatos com o hidróxido de cálcio $[CA(OH)_2]$ e o aluminato tricálcico $[C_3A]$.

3.2.2. Carbonatação

De acordo com Mendes et al. (2010), a carbonatação é um processo de diminuição da alcalinidade do cimento, função da reação do hidróxido de cálcio com os compostos do meio. AGUIAR (2006) relata que o concreto por ser um material poroso contribui para a entrada de anidrido carbônico, CO_2 , presente na atmosfera que penetra através dos poros e tende a combinar com as bases do cimento hidratado, resultando em compostos com pH mais baixos, passando de 12,5 para 9,4, fator importante para o início da corrosão das armaduras. Sua interação ataca e degrada todos os produtos da hidratação do cimento. A reação mais simples e importante é com o hidróxido de cálcio. A carbonatação inicia-se na superfície do concreto e penetra lentamente para seu interior.

3.2.3. Corrosão

Corrosão é a deterioração espontânea de um material, por vezes metálico, por ação química ou físico-química do meio, podendo está associado a esforços mecânicos. O design da obra-de-arte e os materiais empregados em sua construção estão diretamente relacionados com a capacidade de resistência à corrosão. Esta resistência esta intrínseca a cada estrutura, e haverá uma decadência ao longo do tempo, mas por processos de reabilitação poderá ser aumentada ou restabelecida sua resistência. Outra importante causa de corrosão em pontes e viadutos é a corrosão microbológica. A variabilidade genética e fisiológica dos microorganismos, principalmente das bactérias, permitem a instalação desses grupos nas estruturas de obras-de-arte, ocasionando-lhes danos que ocorrem por meio da liberação de metabólitos corrosivos, criação de um microambiente com condições físicas diferenciadas, tornando-o potencialmente próprio para o início de um processo de corrosão eletroquímica. A corrosão tende a aumentar por meio da formação de biofilmes e agregados biológicos. (MENDES et al., 2010).

3.2.4. Lixiviação

A lixiviação é provocada quando águas puras com pouco ou nenhum íon de cálcio interagem com o concreto, ocorrendo a hidrólise ou dissolução e carregamento dos produtos contendo cálcio para o meio externo. A lixiviação provoca a perda da resistência e agressões estéticas, por meio do produto lixiviado que interage com o dióxido de carbono $[CO_2]$ presente no ar, formando carbonatos que aparecem na forma de manchas brancas e estalactites na superfície. (DNIT, 2006, p. 5).

3.3. Patologias causadas por agentes biológicos

Os agentes biológicos consistem em microorganismos encontrados no material, bem como raízes de vegetações e briófitas. A principal patologia encontrada em estruturas de Concreto Armado é a biodeterioração do concreto, provocada pelos agentes supracitados.

3.3.1. Biodegradação do concreto

De acordo com Aguiar (2006), a biodeterioração é a mudança nas propriedades do material, devido à ação de microorganismos. O concreto é um material bioreceptivo, devido às condições de rugosidade, porosidade, umidade e composição química, as quais podem ser combinadas com as condições ambientais, como temperatura, umidade e luminosidade, agentes provedores da biodeterioração do concreto.

Segundo Mendes et al. (2010), um dos organismos envolvidos no processo de deterioração do concreto são as briófitas.

Aguiar (2006) afirma que uma forma comum de ataque biológico é o crescimento de raízes de vegetações em fendas ou em locais porosos do concreto, causando forças expansivas responsáveis por degradar mecanicamente o concreto, contribuindo para a entrada de agentes agressivos em seu interior.

4. Principais procedimentos para identificação de Patologias em Pontes de Concreto Armado

Diante dos variados mecanismos de deterioração a que as pontes e viadutos estão sujeitos, é essencial a existência de um programa de manutenção eficiente que englobe todos os procedimentos necessários ao bom estado das obras-de-arte especiais, ou seja, preservar a funcionalidade da estrutura e aumentar sua vida útil. Porém, em muitos casos, o processo de manutenção é inadequado ou insuficiente, não sendo eficaz para evitar as patologias em pontes e viadutos, sendo necessária uma recuperação emergencial, a fim de evitar a inutilização da estrutura. Logo, o procedimento de inspeção é essencial para a detecção precisa e o controle das patologias que afetam as estruturas das obras-de-arte especiais. (LOURENÇO et al., 2009).

A inspeção visual, segundo Mendes et al. (2010), é um método de análise comum e importante, visto que permite a observação da sintomatologia apresentada pela construção, orientando a realização de testes, ensaios e verificações específicas em partes da estrutura. Para realizar a inspeção visual, deve-se dispor de pequenos equipamentos imprescindíveis para a precisão do resultado final, como câmeras fotográficas, lupas e binóculos. A descrição da sintomatologia deve partir das seguintes verificações:

- a) fissuras no concreto paralelas à armadura;
- b) fragmentação do concreto de cobrimento;
- c) desagregação do concreto;
- d) exposição de armaduras corroídas;

- e) acúmulo de produtos de corrosão nas armaduras expostas;
- f) perda de seção das armaduras;
- g) comprometimento da aderência armadura-concreto;
- h) flambagem das armaduras longitudinais de pilares;
- i) manchas de ferrugem na superfície do concreto;
- j) deformações estruturais próximas a áreas com manifestações de corrosão.

Cascudo, citado por Lourenço et al. (2009, p. 10), afirma que “a descrição desses fatores deve ser feita de maneira detalhada, citando-se todas as características observadas na estrutura e, também, condições excepcionais encontradas na estrutura”.

A partir da identificação de um problema em uma OAE, é essencial estudá-lo corretamente, para que não haja erros nas etapas posteriores. Para isso, existem os ensaios não destrutivos e semi-destrutivos, que possuem o objetivo de contextualizar de forma mais precisa a situação do problema identificado anteriormente, ou seja, possuem o objetivo de avaliar os aspectos quantitativos e qualitativos do concreto e das armaduras. Para Oliveira (2015), os ensaios não destrutivos mais empregados no mundo são: esclerometria, ultrassom e pacometria.

A esclerometria é um ensaio prescrito na NBR 7584 (1995). É realizado com o esclerômetro, um aparelho que permite estimar in situ a resistência à compressão de elementos de concreto. O ensaio avalia a resistência superficial, ou seja, os valores encontrados correspondem, apenas, a uma camada até 5 cm abaixo do local ensaiado, sendo útil para verificar se existe um nível mínimo de resistência. A NBR 7584 (1995) define o mecanismo de funcionamento do ensaio da seguinte maneira:

Consiste, fundamentalmente, em uma massa-martelo que, impulsionada por mola, choca-se através de uma haste, com ponta em forma de calota esférica, com a área de ensaio. A energia do impacto é, em parte, utilizada na deformação permanente provocada à área de ensaio e, em parte, conservada elasticamente, propiciando, ao fim do impacto, o retorno do martelo. Quanto maior a dureza da superfície ensaiada, menor a parcela da energia que se converte em deformação permanente e, por conseguinte, maior deve ser o recuo ou a reflexão do martelo. (ABNT, 1995).

O retorno da massa-martelo faz mover um ponteiro que registra o ponto máximo do ressalto da massa. Por meio desse valor obtido pela escala do aparelho (índice esclerométrico) e do ângulo entre o eixo longitudinal do aparelho e a superfície ensaiada, é possível estimar o valor da resistência à compressão, com o auxílio de um ábaco. (OLIVEIRA, 2015).

O ultrassom, segundo Oliveira (2015), também, é um ensaio prescrito por norma brasileira, a NBR 15955 (2011). Consiste na utilização do aparelho que emite uma onda ultrassônica por meio de dois pontos estabelecidos na peça a ser ensaiada. Os receptores do aparelho de ultrassom registram o tempo que a onda leva de um ponto ao outro. Com o tempo fornecido pelo aparelho e a distância entre os dois pontos, obtém-se a velocidade de propagação da onda ultrassônica. Como a velocidade de propagação de uma onda em um meio é constante, é possível detectar a presença de vazios e avaliar a homogeneidade da estrutura.

A pacometria constitui um ensaio realizado usando um detector de armadura, chamado pacômetro. Esse aparelho permite detectar a armadura, bem como o seu cobrimento de concreto, diâmetro e o espaçamento horizontal entre as demais armaduras. O ensaio consiste em percorrer pontos previamente marcados com uma sonda, identificando por sinal sonoro a existência de armadura nas proximidades do ponto. Essa identificação se dá por meio da interação entre as armaduras e a baixa frequência de um campo eletromagnético criado pelo próprio aparelho, fornecendo dados como intensidade e frequência, possibilitando localizar as barras de aço. Faz-se, então, a leitura do cobrimento da armadura, seu diâmetro e o espaçamento entre estas. (SANTOS apud OLIVEIRA, 2015).

Outro ensaio não destrutivo importante é o ensaio de carbonatação, que objetiva medir a profundidade de carbonatação do concreto (SAHUINCO, 2011). Consiste em aplicar um indicador químico à base de fenolftaleína ou timolftaleína a uma superfície, recentemente, exposta do concreto, e verificar a cor com que essa superfície fica. A cor violeta evidencia um concreto com pH superior a 13, já a ausência de cor evidencia um concreto carbonatado com pH inferior a 9. Portanto, em função da cor, é possível estimar o pH do concreto e obter evidências do avanço da carbonatação para o interior do cobrimento de concreto.

Com relação aos ensaios semi-destrutivos, o mais importante, segundo Sahuinco (2011), é o ensaio de resistência à compressão axial. Consiste na retirada de corpos de prova da estrutura de pontes e viadutos e submissão destes ao ensaio de compressão, objetivando estimar a resistência à compressão do concreto da estrutura acabada. Este ensaio fornece dados das condições reais da estrutura, como lançamento, compactação, cura, saturação, solicitações e danos durante o uso, possibilitando confirmar se estes estão ou não de acordo com os valores admitidos em projeto e se o comportamento da estrutura em serviço é inadequado ou apresenta deficiências (fissuras/deformações) superiores às previstas originalmente. (OZYILDIRIM; CARINO apud SAHUINCO, 2011).

Lourenço et al. (2009) afirmam que, cumpridos os procedimentos de inspeção (levantamento das anomalias, avaliação das situações observadas, elaboração de diagnósticos conclusivos e indicações de providências necessárias), deve-se partir para a elaboração do relatório final, que deve considerar todas as avaliações realizadas na estrutura, detalhando seus resultados e propondo eventuais intervenções.

5. Ponte Governador Magalhães Pinto

A Ponte Governador Magalhães Pinto foi inaugurada em 1963, no município de Raposos, Minas Gerais, durante o governo de José de Magalhães Pinto. A ponte sobre o Rio das Velhas, construída em Concreto Armado, sofreu intervenções pela administração municipal no ano de 1998, que incluiu a restauração dos guarda corpos, recapeamento, pintura e instalação da iluminação. As figuras 8 e 9 mostram vistas laterais da Ponte Governador Magalhães Pinto.

Figura 8 – Vista lateral esquerda da Ponte Governador Magalhães Pinto



Fonte: Arquivo dos autores, 2015.

Figura 9 – Vista lateral direita da Ponte Governador Magalhães Pinto



Fonte: Arquivo dos autores, 2015.

As figuras 10 e 11 mostram vistas do tabuleiro da Ponte Governador Magalhães Pinto.

Figura 10 – Vista superior do tabuleiro da Ponte Governador Magalhães Pinto

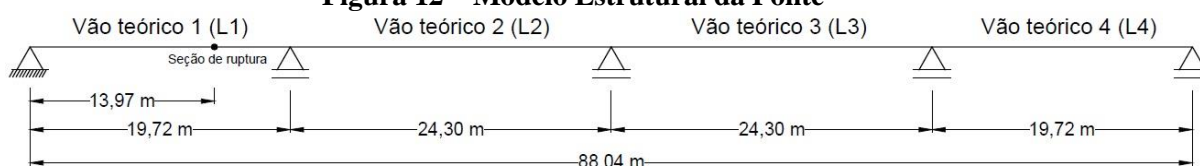


Fonte: Arquivo dos autores, 2015.

Figura 11 – Vista inferior do tabuleiro da Ponte Governador Magalhães Pinto

Fonte: Arquivo dos autores, 2015.

O comprimento total da ponte é de 88,04 metros, conforme figura 12, e possui apenas uma faixa de tráfego. A ponte foi projetada com a Norma em vigor à época, NB 6 (1960), estabelecia uma carga móvel de Trem Tipo igual a 360 kN, inferior à prevista atualmente na NBR 7188 (2013), de 450 kN. Tal fato associado com a idade elevada da ponte e possível falta de manutenção podem ter contribuído para o surgimento das patologias a seguir apresentadas.

Figura 12 – Modelo Estrutural da Ponte

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

5.1. Patologias encontradas

Na figura 13 observa-se uma patologia química, que consiste na exposição e corrosão das armaduras da viga principal da Ponte, em decorrência do cobrimento inadequado, o qual não promoveu a proteção das armaduras. A figura 16 mostra uma patologia biológica, que consiste na presença de vegetação na viga principal da ponte.

Figura 13 – Patologia biológica: presença de vegetação na viga (seta vermelha)



Fonte: Arquivo dos autores, 2015.

Figura 14 – Patologia química: exposição e corrosão das armaduras da viga (seta vermelha)



Fonte: Arquivo dos autores, 2015.

Na figura 15, pode-se observar uma patologia física, que consiste em um desgaste superficial no pilar da ponte, ou seja, uma perda de massa ocasionada pelo processo de abrasão, devido ao atrito de galhos de árvores e outros materiais que acompanham o curso do rio.

Figura 15 – Patologia física: perda de massa no pilar pelo processo de abrasão (seta vermelha)



Fonte: Arquivo dos autores, 2015.

A figura 16 mostra uma patologia mecânica, que consiste em uma ruptura do pilar da Ponte. As setas em vermelho indicam o sentido de abertura da trinca.

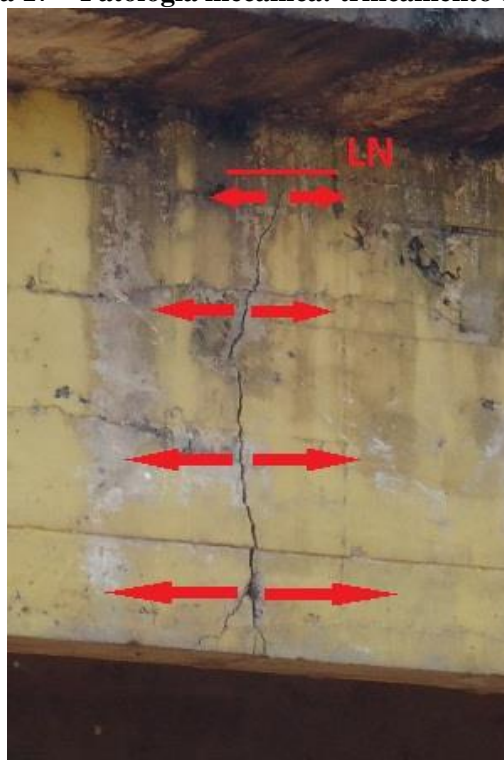
Figura 16 – Patologia mecânica: ruptura do pilar



Fonte: Arquivo dos autores, 2015.

A figura 17 mostra uma patologia mecânica, que consiste em um trincamento da viga principal da Ponte, em decorrência de sobrecarga na estrutura (esforço mecânico), ocasionando um momento fletor. Esta trinca cresce de cima para baixo, a partir da linha neutra (LN), conforme pode ser observado pelas setas vermelhas na figura 17.

Figura 17 – Patologia mecânica: trincamento da viga



Fonte: Arquivo dos autores, 2015.

6. Considerações Finais

Ao analisar as questões levantadas neste trabalho, fica evidente que reparos são fundamentais, ante as patologias que, inevitavelmente, surgem em algum momento nas estruturas de Pontes em Concreto Armado. Tais reparos devem ser feitos a fim de garantir, ou até mesmo, elevar o tempo de vida útil das estruturas e, ainda, assegurar sua segurança e funcionalidade.

Com base nas patologias apresentadas e no levantamento histórico realizado, percebe-se que as não conformidades, as quais levaram à necessidade de reforço com chapas de aço coladas na viga principal da Ponte Governador Magalhães Pinto, foram causadas pelo aumento das solicitações na estrutura da Ponte em função do tempo, visto que esta foi inaugurada em 1963, quando o trânsito no local era composto por veículos de menores cargas e a Norma em vigor à época, NB 6 (1960), estabelecia uma carga móvel de Trem Tipo igual a 360 kN, inferior à prevista, atualmente, na NBR 7188 (2013), de 450 kN.

7. Referências

AGUIAR, J.; BAPTISTA, M. Estudo das patologias nas estruturas de concreto das galerias de águas pluviais de Belo Horizonte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande. **Anais...** p. 1-20. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/8e13382dd1d8eb05569db9843f0bd054_d357837e3ebce1e41eb8be3642f31344.pdf>. Acesso em: 20 set. 2015.

ANDRADE, Rodolfo Giacomim Mendes de. **Monitoramento de curta duração de uma ponte curva em concreto armado**: um estudo de caso. 2012. 146 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3144/tde-18062013-152808/pt-br.php>>. Acesso em: 30 ago. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NB 6**: Cargas móveis em pontes rodoviárias. Rio de Janeiro: ABNT, 1960.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7188**: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7584**: Concreto endurecido – avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão. Rio de Janeiro: ABNT, 1995. Disponível em: <<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/04/nbr-7584.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15955**: Ensaio não destrutivo – Ultrassom – Verificação dos instrumentos de ultrassom. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

CURCIO, Ronald Cristhian de Lima. **Pontes rodoviárias**: levantamento das principais patologias estruturais. 2008. 88 f. Monografia (Graduação) – Universidade São Francisco, Curso de Engenharia Civil, Itatiba, 2008. Disponível em: <<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1271.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2015.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Patologias do concreto – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNIT090_2006_ES.pdf>. Acesso em: 17 set. 2015.

LENCIONI, Julia Wippich. **Proposta de manual para inspeção de pontes e viadutos em concreto armado**. 2005. 188 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Programa de Estudo de Mestrado no curso de Engenharia de Infra- Estrutura Aeronáutica, São José dos Campos, 2005. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp012171.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2015.

LOURENÇO, Líbia C. et al. Parâmetros de avaliação de patologias em obras-de-arte especiais. **Revista Engenharia Civil**, Braga, n. 34, p. 5-14, 2009. Disponível em: <http://www.civil.uminho.pt/revista/n34/Pag_5-14.pdf>. Acesso em: 06 set. 2015.

MENDES, Luiz Carlos; et al. Pontes em concreto armado em meios de elevada agressividade ambiental. In: CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGÍA Y RECUPERACIÓN DE ESTRUCTURAS, 6., 2010, Córdoba. Disponível em:

<http://www.edutecne.utn.edu.ar/cinpar_2010/Topico%201/CINPAR%20073.pdf>. Acesso em: 06 set. 2015.

MORALES, Gilson; CAMPOS, Alessandro; FAGANELLO, Adriana. A ação do fogo sobre os componentes do concreto. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 47-55, 2011. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/viewFile/4057/8315>>. Acesso em: 06 set. 2015.

OLIVARI, Giorgio. **Patologia em edificações**. 2003. 95 f. Monografia (Graduação) – Universidade Anhembi Morumbi, Curso de Engenharia Civil, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://engenharia.anhembi.br/tcc-03/civil-01.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2016.

OLIVEIRA, Julio Cesar Costa de. **Técnicas para intervenção em estruturas de concreto armado**. 2015. 61 f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Curso de Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10013437.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2015.

RIPPER, Ernesto. **Como evitar erros na construção**. 3. ed. São Paulo: Pini, 1996.

SAHUINCO, Melquiades Hermógenes Choquepuma. **Utilização de métodos não destrutivos e semi-destrutivos na avaliação de pontes de concreto**. 2011. 170 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-01112011-123905/pt-br.php>>. Acesso em: 07 set. 2015.

SARTORTI, Artur Lenz. **Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas – SP**. 2008. 205 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2008. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000434163>>. Acesso em: 06 set. 2015.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998. 257 p.