

# ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES LOCALIZADAS NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DE MATO GROSSO

MARIELI LURDES BEZERRA<sup>1</sup>  
LETÍCIA REIS BATISTA ROSAS<sup>2</sup>

**Resumo:** Ao destacar a importância de estruturas complexas, como as pontes, é nítido que elas não apenas devem ser concebidas e executadas de acordo com as normas em vigor, mas também devem, ao longo dos anos, ser objeto de manutenções periódicas, a fim de prevenir o aparecimento de manifestações patológicas e propor soluções rápidas para as existentes. O presente estudo verifica a presença de manifestações patológicas em três pontes vistoriadas na região norte do Estado de Mato Grosso, prevendo, assim, as possíveis causas e medidas de recuperação e manutenção para cada anomalia identificada na estrutura, após o registro e análise detalhada dos resultados encontrados. Em todas as pontes inspecionadas, houve uma predominância de manifestações patológicas com possíveis causas relacionadas a falhas de execução, abrangendo uma porcentagem de 70% (setenta por cento) dos resultados encontrados, seguidas de falta de manutenção, correspondendo a 18% (dezoito por cento) e algumas falhas de projeto que atingem cerca de 12% (doze por cento) do total. Assim, é necessária a realização das possíveis medidas de recuperação indicadas para cada caso específico, seguindo com inspeções periódicas para monitoramento das manifestações patológicas existentes e prevenção ao surgimento de novos casos.

**Palavras-chave:** Anomalias; Inspeção; Manutenção; Recuperação.

## ANALYSIS OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN BRIDGES LOCATED IN THE NORTH REGION OF THE STATE OF MATO GROSSO

**Summary:** When stressing the importance of complex structures, such as bridges, it is clear that they must not only be designed and executed in accordance with the regulations in force, but must, over the years, also be subject to periodic maintenance in order to prevent the appearance of pathological manifestations and propose quick solutions to the existing ones. The present study verifies the presence of pathological manifestations in three bridges surveyed in the northern region of the State of Mato Grosso, thus predicting the possible causes and measures of recovery and maintenance for each anomaly identified in the structure, after the recording and detailed analysis of the results found. In all the inspected bridges, there was a predominance of pathological manifestations with possible causes related to execution failures, covering a percentage of 70% (seventy percent) of the results found, followed by lack of maintenance, corresponding to 18% (eighteen percent) and some project failures that reach about 12% (twelve percent) of the total. Thus, it is necessary to carry out

---

<sup>1</sup> Acadêmica de Graduação, Curso de Engenharia Civil, UNIFASIPE Centro Universitário, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: [marcefbezerra@hotmail.com](mailto:marcefbezerra@hotmail.com)

<sup>2</sup> Professora Mestre em Engenharia Civil, Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Sinop – FASIPE, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop – MT. CEP: 78.550-000. Endereço eletrônico: [eng.leticiarosas@gmail.com](mailto:eng.leticiarosas@gmail.com)

the possible recovery measures indicated for each specific case, following with periodic inspections to monitor the existing pathological manifestations and prevent the emergence of new cases.

**Keywords:** Anomalies; Inspection; Maintenance; Recovery.

## 1 INTRODUÇÃO

As pontes devem ser bem projetadas, executadas e, principalmente, passar por constantes vistorias e manutenções periódicas para que continuem a atender aos critérios de funcionalidade, segurança, estética, economia e durabilidade, os quais devem prevalecer durante a vida útil da obra.

Durante as vistorias, é importante identificar as manifestações patológicas existentes e apontar as possíveis soluções a fim de resolver o problema, evitando situações catastróficas, como o colapso da obra. Além disso, deve-se garantir que com a realização de manutenções com frequência, os gastos terão valores menores se comparados aos prováveis transtornos e estragos que venham a ocorrer devido à situação precária encontrada em grande parte das obras do país.

Atenta-se que, através de inspeções e das soluções presentes na Engenharia Civil, podem-se definir medidas imediatas para a solução dos devidos problemas encontrados, sem comprometimento da estrutura em questão. Além disso, sabe-se que, de acordo com o estudo realizado pelo Banco Mundial (*Grant Thornton*, 2018), é imprescindível para o país a destinação de cerca de 2,41% do seu PIB (Produto Interno Bruto) para manutenção dessas obras, sendo eficaz no controle das manifestações patológicas já existentes e promovendo sua reforma.

De acordo com estudo realizado pela Confederação Nacional dos Transportes (CNT) no ano de 2019, cerca de 75,3% das pontes e viadutos localizados ao longo dos 59.901km da malha rodoviária pesquisada no país não estão respeitando os critérios de conservação e segurança estabelecidos (BRASIL, 2019).

O aparecimento de manifestações patológicas nessas obras promove um comprometimento no funcionamento da estrutura, na sua durabilidade, bem como na sua segurança e de seus usuários, o que leva a indagar quanto ao possível colapso da estrutura diante do referido descaso ou quanto às possíveis medidas que poderão ser tomadas a fim de evitar o aparecimento dessas manifestações patológicas e os procedimentos necessários para a recuperação da estrutura afetada.

O presente estudo evidenciou diversas manifestações patológicas encontradas em três pontes de concreto localizadas tanto na área urbana quanto em rodovias da região norte do Estado de Mato Grosso, o qual foi escolhido como região de estudo por ser considerado o maior produtor de grãos do país, segundo dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (2019), e conseqüentemente receber um tráfego considerável de veículos pesados do tipo TB45 em suas rodovias. A finalidade foi definida em analisar a estrutura dessas pontes; identificar as manifestações patológicas e propor medidas para recuperação e manutenção; demonstrar a importância da realização de inspeções e manutenções periódicas na prevenção no aparecimento dessas manifestações, conscientizando o poder público, os engenheiros e usuários dessas estruturas sobre tal importância.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Definições**

Denomina-se ponte a obra destinada a permitir a transposição de obstáculos à continuidade de uma via de comunicação qualquer, sendo estes um rio ou quaisquer cursos d'água (MARCHETTI, 2008). Já a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - NBR 9452/2016 define ponte como uma estrutura destinada à transposição de obstáculo à continuidade do leito normal de uma via, sendo este constituído por canal aquífero.

### **2.2 Elementos constituintes de uma ponte**

Segundo Mendes (2003), uma ponte é constituída pela superestrutura, a qual recebe diretamente as cargas do tráfego; mesoestrutura, composta pelos aparelhos de apoio, pilares e suas vigas de contraventamento; e infraestrutura, responsável por transmitir todas as cargas ao terreno.

#### **2.2.1 Superestrutura**

Gorges (2005) define que a superestrutura de uma ponte é a parte que está acima dos apoios, englobando todos os elementos situados nessa região, sendo eles o tabuleiro, a estrutura principal, os aparelhos de apoio, os enrijamentos, os pendurais, as cortinas, as juntas de dilatação, os dispositivos de proteção, os elementos de captação e drenagem e as placas de transição.

#### **2.2.2 Mesoestrutura**

A mesoestrutura é caracterizada pelo DNIT (BRASIL, 2004) como sendo parte da estrutura que engloba todos os elementos que suportam a superestrutura e cuja função é transmitir as cargas provenientes da superestrutura para a infraestrutura.

De acordo com Mendes (2003), os pilares utilizados em pontes são divididos em pilar único, correspondente ao pilar parede, ou em pilares independentes, também chamados de pilar comum ou apoios em T, compostos por vigas com ou sem contraventamento, além das torres ou mastros usuais em pontes pênséis ou estaiadas segundo Gorges (2005).

#### **2.2.3 Infraestrutura**

Com referência à infraestrutura das pontes, Santos e Silva (2017) a definem como sendo a parte da ponte responsável por transmitir os esforços provenientes da mesoestrutura ao terreno de implantação da obra, ou seja, ao solo ou à rocha.

Já Debs e Takeya (2007) dividem a infraestrutura em quatro grupos, sendo eles a fundação direta, estacas, tubulões e fundações especiais, tendo como fatores que influenciam na melhor escolha, o tipo de solo, a presença ou não de água, a forma dos pilares e as cargas a serem resistidas.

#### **2.2.4 Encontros**

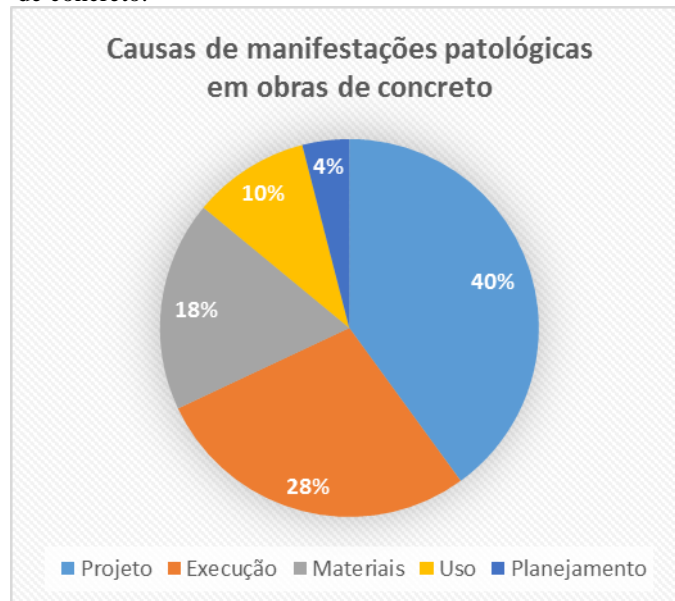
Gorges (2005) menciona que os encontros têm como função permitir a transição entre a via de tráfego e a obra de arte especial (OAE) de maneira eficiente, tornando-se os apoios extremos da obra e o elemento de contenção e estabilização dos aterros de acesso. Eles são divididos em encontros leves e encontros de grande porte, e a escolha do tipo está vinculada ao tipo de fundação e de contenção, bem como de seu porte.

Já para Debs e Takeya (2007), os encontros são elementos que fazem parte da infraestrutura, constituídos de parâmetro frontal e alas laterais longitudinais, tendo função o suporte da ponte e a proteção do aterro contra a erosão.

### 2.3 Manifestações patológicas em pontes de concreto

Segundo Helene (2005), as manifestações patológicas, também chamadas de lesões, danos e defeitos estruturais, apresentam características que definem sua natureza, origem e as possíveis consequências, resultando na elaboração de um primeiro diagnóstico, a partir da realização de inspeções visuais qualificadas. As principais causas das manifestações patológicas compreendem falhas no projeto, na execução, nos materiais utilizados, no uso da estrutura e, por fim, no planejamento eficiente (Gráfico 1).

**Gráfico 1:** Causas das manifestações patológicas em obras de concreto.



Fonte: Adaptado de Helene (2005).

Para Rocha (2015), deve haver um estudo das manifestações patológicas seguido de uma perfeita avaliação para que seja possível adotar o melhor método utilizado na recuperação e proteção da estrutura, atendendo às condições técnicas e econômicas. A seguir, são relacionadas as principais manifestações patológicas em pontes de concreto.

#### 2.3.1 Fissuras

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - NBR 6118/2014: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, afirma que é inevitável a ocorrência de fissuração em elementos estruturais de concreto armado, devido à grande variabilidade e baixa resistência à tração do concreto, no entanto é necessário o controle da abertura dessas fissuras para que a estrutura possa obter bom desempenho quanto à proteção das armaduras contra corrosão e a aceitabilidade sensorial dos usuários. A norma estabelece que, para obras de concreto armado, as fissuras podem ter aberturas de no máximo 0,4mm, quando considerado ambiente com classe de agressividade – CAA I, e deverão ter aberturas com valores limitados a 0,2mm quando a classe de agressividade ambiental (CAA) for IV.

Souza e Riper (1998, *apud* Rocha e Oliveira, 2017) mencionam que as fissuras podem ser ativas quando elas ainda estiverem ocorrendo na estrutura, devido às causas de origem estarem ativas, apresentando variação contínua e sendo progressivas caso elas sempre estiverem em crescente abertura, ou sazonais caso a abertura das fissuras apresente oscilações médias, geralmente devido à variação de temperatura e umidade. Por outro lado, as fissuras podem ser inativas quando esse agente causador tenha cessado, não estando mais presente na estrutura.

De acordo com o DNIT (BRASIL, 2004), as fissuras são classificadas como capilares, as quais não reduzem a capacidade da estrutura; médias ou grandes, quando são visíveis sem uso de instrumentos, devendo ser mapeado, inclusive, todo tipo de fissura em concreto protendido. Quando ultrapassam 0,5mm, as fissuras devem ser consideradas como trincas.

De acordo com Curcio (2008), as fissuras podem surgir antes ou após o endurecimento do concreto, sendo que as mais comuns são as que ocorrem à tração, porém as mais críticas são as que ocorrem à compressão, pois, com o aparecimento destas, o concreto entra no estágio de esmagamento e ruptura frágil.

As fissuras podem ser divididas em oito principais tipos: fissuras de tração por esforço de flexão, fissuras de compressão, fissuras por esforço cortante, fissuras de torção, fissuras por efeito de retração térmica, fissuras por retração plástica, fissuras devido à sedimentação ou assentamento plástico, e fissuras por retração hidráulica.

### 2.3.2 Deterioração por reações químicas

A ocorrência da deterioração química na estrutura de concreto, segundo a afirmação de Soares (2015), é devido às causas externas por meio das reações de agentes externos agindo nos constituintes da pasta de cimento, e às causas internas quando essas reações ocorrem internamente ao concreto.

O DNIT (BRASIL, 2006) cita que existem três categorias para as causas da deterioração química que age na estrutura de concreto, sendo a hidrólise dos constituintes da pasta de cimento por água pura, as trocas iônicas que ocorrem entre fluidos agressivos e essa pasta e as reações por sulfato, álcali-agregado e corrosão da armadura que causam produtos expansivos. Além disso, fatores como a porosidade, permeabilidade, diminuição da resistência, fissuração e o lascamento, presentes no concreto, promovem também o aparecimento deste tipo de deterioração. Curcio (2008) define que as manifestações patológicas que surgem devido à deterioração química ocorrem por meio da lixiviação, reações iônicas e expansão.

### 2.3.3 Deterioração provocada por colisões de veículos e pelo fogo

Segundo Curcio (2008), esse tipo de deterioração provoca deformações que se tornam consideráveis, pois causam descobrimento e exposição de armaduras quando a estrutura de concreto é submetida ao choque de veículos provocado pelo descuido do motorista ou pela falta de placas indicativas. Já quando a estrutura sofre exposição ao fogo, o concreto tem suas propriedades físicas e químicas alteradas, havendo aumento de volume e, conseqüentemente, o aumento das tensões internas, provocando deformações, fissurações e desagregação do concreto, esta denominada de calcinação.

### 2.3.4 Pista de rolamento

De acordo com DNIT (BRASIL, 2004), as principais manifestações patológicas encontradas nas pistas de rolamento abrangem a falta do caimento adequado e problemas de escoamento das águas pluviais; as irregularidades ou a ruptura da camada de revestimento ou pavimento; as falhas nas juntas do tabuleiro; o desnível na transição do tabuleiro sobre o terrapleno e os efeitos da erosão sobre o aterro. Essas falhas, segundo Laner (2001), provocam aumento das tensões na estrutura e os ressaltos, depressões e desníveis das juntas promovem ação de impacto, que corresponde aos efeitos dinâmicos e aumentam as tensões referentes às cargas móveis, provocando possíveis deslocamentos do tabuleiro caso os aparelhos de apoio não estejam em boas condições.

### 2.3.5 Falhas no processo produtivo de pontes

Segundo Vasconcelos (2018), a durabilidade e a eficiência da estrutura também estão relacionadas com a etapa construtiva e os principais problemas estão relacionados com falhas na concretagem, nas instalações de drenagem, nos encontros, nas juntas de dilatação e nos aparelhos de apoio.

### 2.3.6 Desagregação do Concreto

A desagregação do concreto, segundo Vasconcelos (2018), tem início na superfície, apresentando mudança de coloração, aparecimento de fissuras e variação de volume, que desarranja as camadas externas, desintegrando a massa da estrutura, e se caracteriza pela perda da coesão existente entre as partículas constituintes do concreto. Isto, de acordo com Bauer (2008), deve-se à ocorrência de reações com o hidróxido de cálcio, produto da hidratação dos constituintes do concreto e de reações com íons de sulfato e aluminato presentes no concreto, provocando expansões que o deterioram.

### 2.3.7 Recalques diferenciais de fundação

De acordo com Oliveira (2012), o recalque em fundações é caracterizado como deslocamento vertical para baixo, em relação ao nível de terreno, sofrido pela base da fundação. Quando esse recalque age apenas sob uma parte dessa fundação, tem-se o chamado recalque diferencial, que provoca fissuras na estrutura. Segundo Tejedor (2013), isso ocorre devido à execução inadequada da obra, dimensionamento incorreto de cálculo e resistência do solo e errônea localização da fundação, erosão do terreno que contém a fundação devido à ação da água e ocorrência de inundações e cheias.

## 2.4 Manutenção e Inspeção em pontes

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - NBR 9452/2016 conceitua inspeção em estruturas de concreto como sendo o conjunto de procedimentos técnicos e especializados que envolvem a coleta de dados a fim de formular o diagnóstico e o prognóstico da obra de arte, com objetivo de manter ou de reestabelecer todos os requisitos relacionados à segurança, funcionalidade e durabilidade da obra. Além disso, estabelece-se que os tipos de inspeção a serem considerados são a inspeção cadastral, a inspeção rotineira, a inspeção especial e a inspeção extraordinária.

A inspeção cadastral deve ser efetuada após a conclusão da obra, ou a partir do momento em que se insere um sistema de monitoramento dela, e também quando ela passa por quaisquer alterações em sua estrutura, como preconiza a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - NBR 9452/2016. A inspeção rotineira deve ser realizada periodicamente, no prazo de até um ano, a fim de verificar possíveis anomalias existentes, sendo estas aferidas visualmente através do uso ou não de equipamentos específicos.

A inspeção especial, de acordo com a referida norma, abrange o mapeamento gráfico e quantitativo de todas as manifestações patológicas existentes em seus elementos e tem sua realização a cada cinco anos, podendo ser adiada para até oito anos caso a obra tenha método de intervenção a longo prazo ou elementos totalmente acessíveis nas inspeções rotineiras. Por fim, a inspeção extraordinária ocorre quando se tem a necessidade de avaliar com mais critérios um elemento específico ou parte da obra de arte, quando há choques de veículos ou ocorrência de grandes fenômenos da natureza que podem impactar na estrutura ou qualquer de seus elementos.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - NBR 9452/2016, cada OAE será classificada de acordo com a avaliação de sua condição através de notas de 1 a 5, as quais representam situações crítica, ruim, regular, boa ou excelente e que

indicarão maior ou menor gravidade diante das anomalias encontradas na inspeção e relacionadas aos parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade.

Com relação às manutenções que devem ser realizadas em pontes, Pfeil (1990) *apud* Curcio (2008) afirma que deve ser estabelecido um programa de manutenção estrutural e prevenção das manifestações patológicas através da elaboração de projeto, compreendendo as atividades de correção de pequenas falhas; a limpeza e a drenagem das juntas, dos apoios e da pista; as correções nos aparelhos de apoio; e reparos na pista de rolamento, sem aumento da espessura já existente, e nos guarda-corpos. Tal programa favorece a redução de custos dos tratamentos dados a estrutura e evitarão a formação de manifestações patológicas acentuadas e generalizadas.

Curcio (2008) relata que o processo de manutenção estrutural é dividido em manutenção estratégica e manutenção esporádica. A manutenção estratégica engloba a prevenção, contendo as inspeções periódicas condicionadas, e a manutenção emergencial, que inclui os reparos a serem realizados na estrutura. Ambas devem conter um planejamento que conte com as medidas a serem adotadas, bem como o ritmo, o procedimento e os tipos de sistemas utilizados para acompanhar os elementos que estão em estado de vulnerabilidade, detectados nas fases de projeto, construção ou durante a execução dos serviços anteriores aos de recuperação. Já a manutenção esporádica compreende apenas a manutenção emergencial, através dos reparos a serem feitos, sendo realizada devido à necessidade de correção ou de reforço da estrutura sem a existência de qualquer plano ou programa de ações.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa qualitativa tem como fundamento o estudo realizado em campo, tendo como objeto três pontes situadas nas proximidades da cidade de Sinop/MT e Santa Carmem-MT.

A primeira ponte escolhida está localizada na região urbana do município de Sinop-MT, inaugurada no ano de 2017. Possui comprimento de 15m e largura de aproximadamente 24m, sendo duas pistas com sentidos contrários, medindo 9,20m de largura cada; duas pistas de passeio laterais, cada uma com 1,10m de largura; e uma pista central que divide as pistas de tráfego, cuja largura é de 3,60m. Além disso, a ponte possui 12 vigas longarinas pré-moldadas, com seção tipo I, transversinas intermediárias e de apoios, laje com espessura de 25cm, presença de dispositivos de segurança compreendendo os guarda-corpos e guarda-rodas, iluminação nas proximidades do local e ausência de placas de sinalização.

**Imagem 1:** Ponte em área urbana na cidade de Sinop-MT.



Fonte: Própria.

**Imagem 2:** Vista lateral da ponte urbana.



Fonte: Própria.

A segunda ponte está sobre o Rio Teles Pires, na Rodovia MT-222, km 14, nas proximidades do Município de Sinop-MT, inaugurada no ano de 2006, possuindo 240m de comprimento; dividida em 10 tramos, sendo os dois extremos com 22m e os intermediários com 24,5m cada; contendo 11 vigas longarinas pré-moldadas, distribuídas ao longo dos 9m de seção transversal, possui ainda guarda-rodas de 80cm de altura como dispositivo de segurança, laje de concreto com 15cm de espessura, acessos sem pavimentação e ausência de iluminação e sinalização.

**Imagem 3:** Vista lateral da ponte sobre o Rio Teles Pires.



Fonte: Própria.

**Imagem 4:** Vista frontal do tabuleiro da ponte sobre o Rio Teles Pires.



Fonte: Própria.

A terceira ponte encontra-se sobre o Rio Ribeirão Azul, na Rodovia MT-140, 10km de distância do município de Santa Carmem-MT, possuindo extensão longitudinal de 40m, seção transversal medindo 7,9m e laje de concreto com 20cm de espessura. A ponte é dividida em 2 tramos de 20m de comprimento cada, contendo 4 vigas longarinas, pré-moldadas e com seção transversal vazada de 1,95m cada, além disso contem dispositivos de segurança, guarda-rodas de 80cm de altura, acessos com pavimentação asfáltica, placas de sinalização nas proximidades e ausência de iluminação.

**Imagem 5:** Vista frontal superior do tabuleiro da ponte sobre o Rio Ribeirão Azul.



Fonte: Própria.

**Imagem 6:** Vista lateral da ponte da ponte sobre o Rio Ribeirão Azul.



Fonte: Própria.



Após a definição das pontes que seriam analisadas, foi realizada a visita até o local de cada uma para verificação visual de cada elemento pertencente à sua respectiva estrutura, seguindo com a coleta de dados a partir da análise minuciosa de elemento, sendo esses dados registrados por meio de fotografia através de câmera digital, bem como a utilização de equipamentos acessórios como prancheta, folhas de papel A4 e caneta para anotações das particularidades encontradas.

A área de estudo relacionada às três pontes avaliadas está localizada na região norte do estado de Mato Grosso, mais especificamente nas proximidades do município de Sinop/MT e Santa Carmem-MT, sendo que a ponte em região urbana recebe tráfego de veículos leves, enquanto que as outras duas pontes são pertencentes à área rural, na malha rodoviária, contendo o tráfego de veículos leves e pesados.

### 3.1 Coleta de dados secundária

Os equipamentos utilizados para coleta de dados foram: trena 30 metros; câmera digital de 13 megapixels para captura de imagens; prancheta; folhas de papel e caneta.

As vistorias foram realizadas com ajuda de um auxiliar por critérios de segurança, sendo feitas de forma planejada e seguindo cada parte constituinte das pontes e seus elementos, bem como o comportamento da estrutura quando da ocorrência da passagem de veículos sobre ela, a fim de visualizar possíveis vibrações ou deformações que poderiam resultar em futuras manifestações patológicas. As pontes vistoriadas seguiram o modelo de planejamento e coleta de dados individuais, e incluem a análise de cada parte pertencente às suas respectivas estruturas.

Após coletar os dados nas visitas às estruturas, realizou-se a análise de todos os resultados, a definição das manifestações patológicas presentes e das possíveis ocorrências futuras, além do diagnóstico com as prováveis causas dessas manifestações e a indicação de possíveis soluções para a resolução dos problemas encontrados em cada ponte.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As manifestações patológicas registradas durante a inspeção realizada em cada ponte, juntamente com as possíveis causas e soluções de recuperação, estão elencadas a seguir:

**Imagem 7:** Vista lateral do aparelho de apoio.



**Fonte:** Própria. Ponte na área urbana.

**Imagem 8:** Elemento empurrando o aparelho.



**Fonte:** Própria. Ponte na área urbana.

**Imagem 9:** Lateral do aparelho de apoio.



**Fonte:** Própria. Ponte na área urbana.

**Imagem 10:** Vista frontal do aparelho de apoio.



**Fonte:** Própria - Ponte MT 140.

**Manifestação encontrada:** (Imagem 7) Esmagamento do aparelho de apoio em apenas uma das extremidades; (Imagem 8) Elemento de madeira empurrando o aparelho de apoio; (Imagem 9) Aparelho contendo resíduos de concreto e desalinhado com a extremidade da viga; (Imagem 10) Manchas brancas.

**Causas possíveis:** (Imagem 7) Vínculos negativos estruturais, ocasionados pela falta de contato entre a superfície do aparelho de apoio e a da viga, gerando possível cisalhamento no elastômero; (Imagem 8) Ação humana na colocação do elemento inapropriado, gerando força horizontal contínua no aparelho de apoio, provocando o efeito faca, o qual, ao longo do tempo, pode causar a dilaceração do elastômero; (Imagem 9) Falha de execução no mau posicionamento do aparelho de apoio e em não realizar a limpeza de resíduos após término da concretagem dos elementos da ponte, fato que tende a dilaceração do elastômero; (Imagem 10) Presença de hospedeiros (cupins) agindo sobre os aparelhos de apoio.

**Recuperações possíveis:** (Imagem 7) Substituição do aparelho; (Imagem 8) Retirada do elemento em madeira e verificação de possível interferência na funcionalidade do aparelho de apoio, realizando a sua substituição se necessário; (Imagem 9) Limpeza de qualquer detrito que esteja atuando sobre o aparelho de apoio e verificação da presença de deformações e da sua funcionalidade e, caso necessário, reposicionar ou substituir; (Imagem 10) Retirada dos elementos deteriorantes, limpeza da superfície e verificação da funcionalidade do aparelho, podendo haver a substituição. A não substituição, devida em casos necessários, pode levar a danos estruturais ou ao colapso da estrutura devido aos movimentos de rotação e translação entre a ligação tabuleiro-pilar

**Imagem 11:** Vista do tabuleiro.



**Fonte:** Própria. Ponte Urbana.

**Imagem 12:** Vista do tabuleiro.



**Fonte:** Própria. Ponte Urbana.

**Imagem 13:** Junta do pavimento.



**Fonte:** Própria. Ponte MT222.

**Imagem 14:** Junta dilatação.



**Fonte:** Própria. Ponte MT222.

**Imagem 15:** Junta de dilatação.



**Fonte:** Própria. Ponte MT222.

**Imagem 16:** Junta de dilatação.



**Fonte:** Própria. Ponte MT222.

**Imagem 17:** Junta de dilatação.



**Fonte:** Própria. Ponte MT140.

**Imagem 18:** Junta de dilatação.



**Fonte:** Própria. Ponte MT140.

**Manifestações encontradas:** (Imagem 11) Ausência de junta de construção na cabeceira da ponte; (Imagem 12) Obstrução no espaço para junta de construção através de elemento de madeira e a pavimentação; desnível entre o pavimento de acesso e a cabeceira da ponte; (Imagem 13) Desagregação do concreto no espaço das juntas longitudinais; (Imagem 14) Obstrução das juntas de dilatação; (Imagem 15) Desagregação do concreto do pavimento na região das juntas; (Imagem 16) Lábio polimérico danificado; (Imagens 17 e 18) Juntas de dilatação obstruídas e danificadas.

**Causas possíveis:** (Imagem 11) Falta de previsão e dimensionamento de junta de construção; (Imagem 12) Execução inapropriada visando a amenizar a abertura da fenda entre o encontro e a estrutura, além de ausência de placa de transição; (Imagem 13) Deformação do material aplicado nas juntas, possibilitando (Imagem 14) o acúmulo de água e a deposição de sólidos nos espaços vazios; (Imagem 15) Má funcionalidade das juntas e desníveis entre elas e o pavimento; (Imagem 16) Desgaste com a passagem de veículos e má execução, gerando desnível entre o pavimento e os lábios poliméricos das juntas; (Imagens 17 e 18) Pavimentação asfáltica sobre as juntas de dilatação e desgaste por atuação de fadiga devido ao impacto das rodas dos veículos.

**Recuperações possíveis:** (Imagem 11) Aplicação de selante ou possível adaptação para colocação de perfil de elastômero na abertura exposta; (Imagem 12) Retirada do pavimento e do elemento em madeira no local de junta e aplicação de selante ou adaptação para colocação de perfil de elastômero; (Imagem 13, 14 e 15) Remoção do concreto solto, presente nas bordas longitudinais das placas de laje ou nas bordas das juntas, limpeza e reconstrução da borda

afetada, além de limpeza e selagem ou substituição da junta, e reperfilamento do pavimento nos locais com desníveis; (Imagem 14) Realização de limpeza periódica; (Imagem 16) Substituição das juntas e lábios poliméricos danificados; (Imagens 17 e 18) Retirada do pavimento sobre as juntas, limpeza da superfície e eliminação dos detritos; nivelamento entre o pavimento e a junta de dilatação e substituição.

**Imagem 19:** Lateral da pista do tabuleiro.



**Fonte:** Própria. Ponte MT-222.

**Imagem 20:** Barreiras de segurança.



**Fonte:** Própria. Ponte MT-222.

**Imagem 21:** Vista da cabeceira da ponte.



**Fonte:** Própria. Ponte MT-222.

**Imagem 22:** Erosão do solo junto aos pilares.



**Fonte:** Própria. Ponte MT-222.

**Manifestações encontradas:** (Imagem 19) Presença de terra e vegetação nas laterais da pista de rolamento e de umidade no concreto; (Imagem 20) Bloqueio do espaço entre as barreiras de segurança; (Imagem 21) Recalque do solo na cabeceira da ponte; (Imagem 22) Irregularidades no aterro próximo à cortina de contenção e pilares de extremidade.

**Causas possíveis:** (Imagem 19) Ausência de manutenção através de limpeza periódica na pista de rolamento e escoamento de águas pluviais vindo das vias de acesso não pavimentadas; (Imagem 20) Presença de vegetação que cresce devido a umidade e detritos acumulados sobre as laterais do pavimento; (Imagem 21) Presença de material muito compressível como constituinte do aterro no terreno, gerando desnível nas cabeceiras e desconforto para o tráfego, além do possível aumento da carga de impacto com a passagem de veículos e ausência de placa de transição; (Imagem 22) Ausência de sistema de drenagem para escoamento de águas pluviais sem que atinja a estrutura e provoque lixiviação.

**Recuperações possíveis:** (Imagem 19) Limpeza periódica da pista de rolamento sobre o tabuleiro, principalmente em épocas de chuvas intensas; (Imagens 20 e 22) Execução de um sistema de drenagem eficiente próximo aos acessos da ponte para desviar o percurso do escoamento da água; (Imagem 21) Execução de placa de transição apoiada na extremidade da obra e no próprio aterro, sendo este apoio responsável pelo nivelamento da placa.

**Imagem 23:** Vista da seção transversal inferior da ponte.



**Fonte:** Própria. Ponte MT-140.

**Imagem 24:** Desnível entre vigas.



**Fonte:** Própria. Ponte MT-140.

**Imagem 25:** Fissura no pavimento.



**Fonte:** Própria. Ponte MT-140.

**Imagem 26:** Espaçamento entre vigas.



**Fonte:** Própria. Ponte MT-140.

**Manifestação encontrada:** (Imagens 23 e 24) Desnível entre as vigas longarinas localizadas no sentido de tráfego Santa Carmem – Sinop/MT, sendo deslocamento vertical para baixo com variação de 1 a 2,5cm, correspondendo à presença de flechas na extensão longitudinal do elemento estrutural; (Imagem 23) Elementos de madeira exercendo força axial sobre o pilar esquerdo submerso; (Imagem 25) Fissuras longitudinais no pavimento na mesma direção onde há desnível na face inferior das vigas; (Imagem 26) Aumento progressivo de até 3cm no espaçamento entre as vigas, no sentido longitudinal.

**Causas possíveis:** (Imagens 23, 24, 25 e 26) Deformações por excesso de carga e fadiga que estão agindo sobre a estrutura provocando também fissuras no material de acabamento do pavimento asfáltico e deslocamentos laterais das vigas; ou falha no processo executivo das vigas com deformações; (Imagem 23) Ação humana, através do lançamento inadequado de material na água, gerando possíveis deformações no elemento afetado, por excesso de carga axial horizontal atuante.

**Recuperações possíveis:** (Imagens 23, 24 e 26) Monitoramento das deformações, através de inspeções periódicas, com possibilidade de reforço estrutural caso as flechas ultrapassem o limite permitido na norma 9062/2017 (Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado), que é de aproximadamente 6,66cm ( $L/300$ ), correspondente à peça solidarizada final diferida no tempo para vãos maiores do que 15m e menor ou igual a 20m; além do controle do espaçamento entre as vigas; (Imagem 23) Retirada dos elementos de madeira do local; (Imagem 25) Medição da profundidade da fissura e monitoramento para definir se está ativa ou não, remoção da camada de pavimento betuminoso e reperfilamento do desnível existente, seguindo com a limpeza do local e selagem, além de inspeções periódicas para verificar se há surgimento de novas fissuras.

**Imagem 27:** Transversina de apoio.



Fonte: Própria - Ponte Urbana.

**Imagem 28:** Face inferior da laje.



Fonte: Própria - Ponte Urbana.

**Imagem 29:** Lateral externa do guarda-rodas.



Fonte: Própria - Ponte MT 222.

**Imagem 30:** Lateral da cabeceira da ponte.



Fonte: Própria - Ponte MT 222.

**Manifestações encontradas:** (Imagem 27) Flecha na parte inferior da viga transversina; (Imagem 28) Presença de lona plástica anexada ao concreto presente na face inferior da laje; (Imagem 29) Tronco de árvore entre as barreiras de proteção; (Imagem 30) Presença de árvore justaposta próxima à cortina e aba lateral da ponte.

**Causas possíveis:** (Imagem 27) Falha na execução, não havendo linearidade da face inferior da transversina; (Imagem 28) Falta de cuidado durante a execução da etapa de concretagem da laje, considerando o mau posicionamento e dobras da lona plástica sobre as formas e ausência ou ineficiente aplicação de desmoldante; (Imagens 29 e 30) Ação de agentes externos naturais e elementos ambientais;

**Recuperações possíveis:** (Imagem 27) Vistoria periódica para análise do comportamento da transversina ao longo do tempo; (Imagem 28) Retirada do elemento plástico, e não havendo comprometimento da armadura, deve ser feita a remoção do concreto solto, a limpeza da superfície local no entorno da desagregação e a reconstrução da seção a ser recuperada, utilizando argamassa polimérica/ graute ou microconcreto; (Imagens 29 e 30) Retirada dos elementos que podem interferir no desempenho da estrutura.

**Imagem 31:** Vista do encontro da ponte.



Fonte: Própria - Ponte Urbana.

**Imagem 32:** Vista da face inferior das vigas.



Fonte: Própria - Ponte MT 140.

**Imagem 33:** Vista inferior tabuleiro.



**Fonte:** Própria - Ponte MT 222.

**Imagem 34:** Vista inferior.



**Fonte:** Própria - Ponte MT 222.

**Imagem 35:** Vista lateral.



**Fonte:** Própria - Ponte MT 222.

**Manifestações encontradas:** (Imagens 31, 32, 33 e 35) Manchas avermelhadas e escuras no sentido vertical ou horizontal; (Imagem 33) Obstrução do espaçamento entre as longarinas; (Imagem 34) Manchas brancas na face inferior do topo da longarina, cuja seção é do tipo T.

**Causas possíveis:** (Imagem 31, 32, 33) Potencial desenvolvimento de reações álcali-agregado (RAA) ao longo do tempo por exposição contínua da superfície do concreto ao escoamento de água por possíveis falhas ou ineficiência das juntas de dilatação ou inexistência de sistema de drenagem correto, podendo resultar em degradação do concreto, perda de cobrimento e armaduras expostas; (Imagem 32) Indícios de resíduos resultantes de fumaça (CO<sub>2</sub>), proveniente da ação humana sobre a estrutura; (Imagem 33) Presença de agentes externos na estrutura (cupins) em região de umidade devido à infiltração de água e proximidade com vegetação; (Imagem 34) Eflorescência do concreto devido a lixiviação que ocorre com a infiltração de água e escoamento contínuo; (Imagem 35) Ausência de pingadeiras, podendo desencadear, ao longo do tempo, a reação álcali-agregado (RAA), desagregação, perda de cobrimento e armaduras expostas.

**Recuperações possíveis:** (Imagem 31) Aplicação de selante ou adaptação para colocação de perfil de elastômero na junta de construção; limpeza da superfície de concreto alterada pelas manchas e aplicação de material impermeabilizante sobre substrato com argamassa de revestimento sem cal; (Imagens 32, 33 e 35) Identificação e selagem dos pontos de infiltração, monitoramento periódico do elemento estrutural; limpeza da superfície afetada e aplicação de impermeabilizante adequado; substituição de juntas de dilatação danificadas que permitem a passagem de água; (Imagem 33) Limpeza do local, eliminando a obstrução encontrada e avaliação funcional do elemento estrutural afetado; (Imagem 34) Limpeza da superfície com ácido acético seguida de lavagem com muita água para retirada de resíduos, recomposição da estrutura afetada e solução dos pontos de infiltrações; uso de material impermeabilizante sobre substrato com argamassa de revestimento sem cal para as manchas vermelhas.

**Imagem 36:** Fissuras na face inferior da Laje.



**Fonte:** Própria - Ponte Urbana.

**Imagem 37:** Fissuras no pilar.



**Fonte:** Própria - Ponte MT 222.

**Imagem 38:** Fissuras próximas a base do pilar.



Fonte: Própria - Ponte MT 140.

**Imagem 39:** Vista frontal região travessa e pilar.



Fonte: Própria - Ponte MT 140.

**Manifestação encontrada:** (Imagem 36) Fissuras perpendiculares ao sentido longitudinal da laje, com concentração no meio do seu comprimento; (Imagem 37) Fissuras na direção horizontal, contornando o pilar, e presença de pequenas manchas brancas próximas às fissuras; (Imagem 38) Fissuras horizontais próximas à base de contato do pilar com o solo; (Imagem 39) Fissuras horizontais na travessa e desagregação do concreto nas bordas inferiores.

**Causas possíveis:** (Imagem 36) Fissuras de flexão/tração devido à ausência de armadura positiva na posição de resistência à tração, aumentando as solicitações para o concreto; (Imagem 37) Reparo mal executado, com traço inadequado e sem ausência de limpeza correta da superfície de concreto já existente; (Imagem 38) Indício de recalques diferenciais do solo na fundação e/ou falhas na execução da concretagem, com erro na etapa de vibração do concreto; (Imagem 39) insuficiência no cobrimento nominal ou por reações de hidróxido de cálcio ou com íons de sulfato e aluminato.

**Recuperações possíveis:** (Imagem 36) Identificação de fissuras ativas ou inativas através do uso de pasta de gesso injetada pelo período de 24 horas. Caso haja aberturas nesta pasta, são fissuras ativas e o reparo ocorre com uso de injeção de resina epóxica, através de purgadores distantes, na proporção de 1,5 vez a profundidade dessa fissura, sendo intervalos selados. Em caso de inativas, ocorre a escovação ou o alargamento em forma de V e a recomposição da superfície com argamassa de cimento e areia ou resina epóxica; (Imagem 37) Retirada do reparo realizado, remoção do concreto solto, picotagem até a região próxima à superfície do novo reparo, processo de limpeza, jateamento, proteção da armadura e reconstrução da seção a ser recuperada, seguindo procedimento anterior; (Imagem 38) Análise específica das fissuras e realização de inspeção periódica para verificar se elas estão sendo progressivas; (Imagem 39) Remoção do concreto solto, tratamento das armaduras com a limpeza por jato de sílica ou com inibidor de ferrugem, execução do cobrimento da armadura com uso de epóxi ou reconstrução da seção a ser recuperada com uso de argamassa polimérica/graute ou microconcreto.

**Imagem 40:** Face inferior da Laje.



Fonte: Própria - Ponte Urbana.

**Imagem 41:** Face inferior de vigas.



Fonte: Própria - Ponte MT 222.



**Imagem 42:** Borda lateral da viga.



Fonte: Própria - Ponte MT 222.

**Imagem 43:** Vista Inferior.



Fonte: Própria - Ponte MT 222.

**Imagem 44:** Pilar.



Fonte: Própria - Ponte MT 222.

**Imagem 45:** Pilar com vazios no concreto.



Fonte: Própria - Ponte MT 222.

**Imagem 46:** Pilares submersos.



Fonte: Própria - Ponte MT 222.

**Manifestações encontradas:** (Imagem 40) Desagregação do concreto ao longo de todo o comprimento da junta de concretagem localizada na borda da face inferior da laje; (Imagem 41) Presença de grandes vazios (“bicheiras”) e deterioração do concreto na parte inferior da viga longitudinal; (Imagem 42) Desagregação do concreto nas bordas laterais inferiores das longarinas; (Imagem 43) Desagregação de concreto, em pedaço, na superfície de apoio inferior da longarina; (Imagem 44) Desplacamento do concreto; (Imagem 45) Presença de vazios no concreto; (Imagem 46) Exposição dos agregados do concreto.

**Causas possíveis:** (Imagens 40, 41, 42 e 45) Falhas na concretagem, deficiência ou excesso na operação de vibração do concreto e (Imagem 41, 44 e 46) presença de concreto poroso; (Imagem 43) Falha de execução durante a montagem da viga longitudinal no seu local definitivo, provocando força de contato maior na lateral inferior direita, resultando em trinca e desagregação do concreto; (Imagem 44) Presença de solo com excesso de umidade, a qual está penetrando nos poros do concreto, resultando em perda parcial de cobertura da armadura; (Imagem 46) Não utilização de concreto de baixa permeabilidade.

**Recuperações possíveis:** (Imagens 40, 41, 42, 43, 44 e 45) Remoção do concreto solto, picotagem da região, processo de limpeza, jateamento com sílica ou uso de inibidor de ferrugem, proteção com cobertura da armadura e reconstrução da seção a ser recuperada com uso de argamassa polimérica/graute ou microconcreto, dependendo da profundidade da degradação; (Imagens 41 e 44) com adição de microsílca para reduzir a permeabilidade do concreto à entrada de umidade; (Imagem 46) Reforço do elemento estrutural com uso de microsílca para reduzir a permeabilidade e aumentar resistência mecânica do concreto.

**Imagem 47:** Laje inferior.



**Fonte:** Própria - Ponte Urbana.

**Imagem 48:** Armadura exposta.



**Fonte:** Própria - Ponte MT 222.

**Imagem 49:** Corrosão na armadura.



**Fonte:** Própria - Ponte MT 222.

**Manifestações encontradas:** (Imagem 47) Armadura exposta na face inferior da laje, na região das juntas de concretagem; (Imagem 48) Armadura exposta e presença de manchas brancas no pilar; (Imagem 49) Presença de corrosão na armadura.

**Causas possíveis:** (Imagens 47, 48 e 49) Desagregação do concreto por falha de execução da concretagem através de vibração incorreta ou por insuficiência na espessura do cobrimento nominal; (Imagem 48) Atuação de lixiviação, causando eflorescência no concreto e corrosão da armadura de maneira generalizada.

**Recuperações possíveis:** (Imagens 47, 48 e 49) Remoção do concreto solto, limpeza da superfície local, tratamento das armaduras com a limpeza por jato de sílica ou por uso de inibidor de ferrugem, além da execução do cobrimento da armadura com uso de epóxi ou a reconstrução da seção com uso de argamassa polimérica/graute ou microconcreto. No caso de corrosão, sua remoção se dá com o uso de escovas de aço ou lixas, seguida do tratamento indicado, além de verificação do nível de perda de seção da armadura; sendo esta superior a 10%, deve haver complementação da referida armadura; porém, sendo inferior a 10%, faz-se a proteção com argamassa de alto teor de cimento, graute ou argamassa epóxi para garantir o cobrimento necessário.

## 5 CONCLUSÃO

Através de vistorias periódicas, é possível identificar e analisar as possíveis alterações e manifestações patológicas recorrentes nas obras de artes especiais e, a partir disso, iniciar seu monitoramento a fim de prevenir o avanço destas na estrutura em questão, bem como o planejamento e realização de medidas de terapias que visam a sanar o problema encontrado.

Diante dos resultados expostos, verifica-se que as manifestações patológicas foram encontradas tanto em pontes com tempo considerável de uso, que recebem com intensidade as cargas maiores, como também em pontes com pouco tempo de uso e um fluxo de cargas menor. As anomalias em juntas de dilatação foram as mais recorrentes e comuns a todas as pontes, danificadas por possível falha de execução e falta de manutenção, seguida da desagregação do concreto devido a possíveis falhas na concretagem, presença de fissuras em alguns elementos devido à possível falha de projeto ou de execução, o surgimento de manchas de escoamento de água por provável falha em execuções e falta de manutenções, além de particularidades encontradas apenas cada ponte. Em todos os casos se faz necessário a realização de manutenção, e em alguns deve ser feito monitoramento dos elementos afetados para que não comprometa a funcionalidade e a segurança da estrutura.

Logo, o estudo mostra o quanto é importante a realização de vistorias e inspeções periódicas ao longo da vida útil da estrutura analisada, possibilitando menores custos se comparados à situação de possível interferência no uso ou colapso que porventura venha a

acontecer na falta de qualquer monitoramento ou de adoção de medidas preventivas. Além disso, contribui para que os critérios de segurança, funcionalidade e durabilidade da estrutura sejam atendidos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9452: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento**. 3ª ed. 2016.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT. Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 090/2006-ES**. Patologias do concreto – Especificação de serviço. Rio de Janeiro. 2006.

BUENO, S.; KIMURA, A. **ABNT NBR 6118:2014** – Comentários e exemplos de aplicação. São Paulo: Ed: Ibracon, 2015. 479 p.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES. CNT. **Pesquisa CNT de rodovias 2019 – Relatório Gerencial**. 21ª ed. Brasília, 2019. 238 p.

CURCIO, R.C.D.L. **Pontes rodoviárias: Levantamento das principais patologias estruturais**. 2008. 88 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco, Itatiba, 2008.

DEBS, M.K.; TAKEYA, T. **Introdução às pontes de concreto**. São Carlos – SP: Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos, 2007, 221 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soja em números (Safrá 2018/19)**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>

GORGES, W. **Introdução à Engenharia de pontes**. Apostila do Curso de Engenharia Civil, PUCPR, 2005. 27 p.

HELENE, P. R. L. **Manual para Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Red Rehabilitar, 2005.

INFRAESTRUTURA: desafios, oportunidades e perspectivas para 2025. **Revista Grant Thornton**, São Paulo, ano 2018, 48 p., maio 2018.

LANER, F. J. **Manifestações patológicas nos viadutos, pontes e passarelas do município de porto alegre**. 2001. 157 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MAIA, M. A. A. **Durabilidade de aparelhos de apoio e juntas de dilatação em obras de arte especiais**. 2014. 241 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal, 2014.

MARCHETTI, O. **Pontes de concreto armado**. 1ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 2008. 233 p.

OLIVEIRA, Alexandre M. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial das fundações**. 2012. 96 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Curso em Gestão e Avaliação e Perícias, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

PFEIL, W. **Pontes em concreto armado**. 1 Vol. 3ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1990.

ROCHA, B. D. S. **Manifestações patológicas e avaliação de estruturas de concreto armado**. 2015. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Curso em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

ROCHA, G. S. D; OLIVEIRA, H. L. G. D. **Inspeção e avaliação de patologias em pontes de concreto armado sob a ótica da NBR 9452/2016** – estudo de caso em viaduto da BR 376. 2017. 114 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

SANTOS, B. D.; SILVA, J. C. **Patologia em pontes – Estudo de caso em patologias da ponte Pedro Ivo Campos e orientação de reforma**. 2017. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017.

SOARES, A. D. S. **Identificação dos mecanismos de deterioração das pontes de concreto armado na região do Curimataú Oriental Paraibano**: estudo de caso. 2015. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual da Paraíba, Araruna, 2015.

SOUZA, V.C. M.; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Pini, 1998. 245 p.

TEJEDOR, C. M. **Patologias, recuperação e reforço com protensão externa em estruturas de pontes**. 2013. 139 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013

VASCONCELOS, F. D. O. **Análise das manifestações patológicas em pontes de concreto armado** - estudo de caso. 2018. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2018.