

UNICESUMAR - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO:
ESTUDO DE CASO REFERENTE À PONTE RIO BARIGUI**

EMERSON TAVARES PIRES DE LIMA JUNIOR
MARLON JORGE JASMIM DOS SANTOS

CURITIBA– PR

2021

EMERSON TAVARES PIRES DE LIMA JUNIOR
MARLON JORGE JASMIM DOS SANTOS

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO:
ESTUDO DE CASO REFERENTE À PONTE RIO BARIGUI**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia Civil, sob a orientação da Prof^a. Ms. Priscilla Kohiyama de Matos Silva Siqueira.

CURITIBA – PR

2021

FOLHA DE APROVAÇÃO
EMERSON TAVARES PIRES DE LIMA JUNIOR
MARLON JORGE JASMIM DOS SANTOS

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO:
ESTUDO DE CASO REFERENTE À PONTE RIO BARIGUI**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia Civil, sob a orientação da Prof^a. Ms. Priscilla Kohiyama de Matos Silva Siqueira.

Aprovado em: ____ de _____ de ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a : Priscilla Kohiyama de Matos Siqueira – (Presidente, Unicesumar)

Prof.º : Tiago Radaskievicz (1º Membro Titular, Unicesumar)

Prof.º: Eduardo Pereira - (2º Membro Titular, Convidado)

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO REFERENTE À PONTE RIO BARIGUI

Emerson Tavares Pires de Lima Junior

Marlon Jorge Jasmim dos Santos

RESUMO

O presente artigo tem como finalidade fazer o levantamento de patologias em pontes de concreto armado, identificando as possíveis anomalias existentes na estrutura – as quais podem interferir na conservação e utilização da obra – e deformidades em desenvolvimento, de modo a evitar riscos aos transeuntes. O estudo de caso constitui-se pela inspeção visual que, a partir do embasamento teórico, permite com que sejam levantadas as patologias específicas da estrutura. Para isso, tomou-se como objeto de análise a Ponte Sobre o Rio Barigui, localizada na divisa entre as cidades de Araucária e Curitiba, ambas pertencentes no estado do Paraná. Além disso, foi necessário realizar a classificação de condição da estrutura conforme a NBR 9452. Deste modo, a partir do estudo realizado por meio da ficha e do método de inspeção rotineira, é possível evidenciar um número expressivo de patologias dispostas ao longo da estrutura, que resultam em uma condição ruim para a Obra de Arte Especial (OAE).

Palavras-chave: Inspeção rotineira. Manifestações Patológicas. Ponte de concreto armado.

PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN REINFORCED CONCRETE BRIDGES: CASE STUDY REGARDING THE RIO BARIGUI BRIDGE

ABSTRACT

This article aims to survey pathologies in reinforced concrete bridges, identifying possible anomalies in the structure – which can interfere with the conservation and use of the work – and deformities in development, to avoid risks to passersby. The case study is constituted by the visual inspection that, from the theoretical basis, allows the specific pathologies of the structure to be raised. For this, the Ponte Sobre o Rio Barigui was taken as the object of analysis, located on the border between the cities of Araucária and Curitiba, both belonging to the state of Paraná. In addition, it was necessary to carry out the classification of the structure's condition according to NBR 9452. In this way, from the study carried out through the form and the routine inspection method, it is possible to evidence a significant number of pathologies arranged along with the structure, that results in a bad condition for the Special Work of Art (OAE).

Keywords: Routine inspection. Pathological Manifestations. Reinforced Concrete Bridge.

INTRODUÇÃO

As pontes são intituladas no meio técnico como Obras de Arte Especiais (OAE). Elas são essenciais para o avanço social e econômico de todo o país. Segundo Marchetti (2018), denomina-se ponte quando o obstáculo a ser transposto trata-se de rios, braços de mar, córregos, vales, ravinas, entre outros. Podem ser classificadas como possuindo três partes principais, sendo-as: infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura.

Essas obras estão sujeitas a degradações, como intempéries, desgaste dos materiais, desgastes naturais e carregamentos, os quais atuam na estrutura durante toda sua vida útil, assim como está sujeita a localização da estrutura, devido à parâmetros construtivos e à classe de agressividade ambiental. Mediante a estas circunstâncias, é imprescindível o gerenciamento de inspeções preventivas que possam identificar anomalias existentes, sendo posteriormente realizadas manutenções corretivas de modo que se obtenha a devida conservação obra (ARAÚJO, 2019).

Segundo Vitório (2002), a primeira ponte em concreto armado a ser registrada foi construída na França, ao findar do século XIX, no palácio do Marquês Tihene de Chazedet. Ela possuía formato de abóboda, com 16,50m de vão e 4m de largura. Nesse período, o concreto era utilizado nos tabuleiros e nervuras dos arcos. Posteriormente, esse mesmo tipo de concreto passou a ser utilizado em vigas e pórticos, para vãos de até 30m, na construção de pontes.

Um dos maiores problemas enfrentados atualmente pelo setor rodoviário no Brasil é a carência de programas relacionados à manutenção de pontes e viadutos, sendo um dos principais fatores desse déficit a ausência de políticas e estratégias para manutenção dessas estruturas. Executar manutenções necessárias, preventivas e periódicas por meio de vistorias regulares colabora para uma maior vida útil e traz satisfatórios desempenhos estruturais e funcionais para a obra (VITÓRIO, 2002).

Sendo assim, o objetivo deste estudo é identificar e demonstrar as principais patologias que ocorrem em uma ponte de concreto armado, utilizando o método de inspeção rotineira.

DESENVOLVIMENTO

“Obras de arte” é o termo dado a dispositivos como pontes, viadutos, túneis, dentre vários outros. Esses dispositivos são importantes para garantir que a via exista de fato, assim, possibilitando o tráfego de forma segura em todas as vias (ISF – 216, 2015).

As obras de arte podem ser divididas em correntes ou especiais. Correntes são muros, bueiros, pontilhões e estruturas simples que podem ser executadas por meio de projetos padronizados; já as obras de arte especiais requerem projetos específicos, visto que são obras de grande porte, como pontes, viadutos e túneis (DNER, 1996).

A complexidade de cada projeto dá-se pelo porte da obra e pelas especificidades de cada estrutura, uma vez que pode envolver água ou variar o número de veículos e de pessoas que transitam nela. Sendo assim, as cargas móveis tornam-se muito elevadas, refletindo diretamente na estrutura. Para um bom projeto de arte especial, não é necessário realizar um superdimensionamento da estrutura, mas, sim, compatibilizar as resistências com as tensões que serão aplicadas, sendo necessário prospectar essas tensões para o futuro, a fim de que a estrutura resista aos esforços que serão aplicados ao decorrer do tempo (ISF – 216, 2015).

De acordo com PFEIL (1979), a ponte é um elemento-chave em um sistema de transporte. Se a ponte não comporta a viabilidade de uma via, como o número de faixas necessárias para atender o volume de tráfego, a ponte será uma restrição ao fluxo. Se a resistência de uma ponte é incapaz de suportar o peso sobre ela, em decorrência do tráfego de grandes meios de transporte, serão definidos limites na via. Se a ponte falha, compromete todo o sistema da via. Porventura, se uma ponte ficar fora de operação, o tráfego da via será afetado e deverá ser desviado para rotas não projetadas, de modo a atender o volume de tráfego na via, trazendo consequências, como maior tempo de viagem e o aumento do consumo de combustível.

Pontes, viadutos e obras qualificadas como as OAE, são obras que abrangem muito volume de material para a sua construção, ou seja, pontes que exigem grandes recursos financeiros. Esse tipo de investimento deve ser estudado para que não ocorram furos nos recursos levantados, os quais são destinados à construção. Ainda de acordo com Walter (1979), a verba destinada à execução de uma ponte trata-se do custo inicial diluído ao longo de sua vida útil e somado ao custo da manutenção. Um projeto de custo mínimo não é necessariamente o melhor projeto; a escolha dele deve levar em conta, obrigatoriamente, fatores como funcionalidade, estética, entre outros.

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

O termo “patologia” é derivado do grego *páthos* (doença) e *logos* (estudo), podendo ser traduzida como estudo das doenças. Em geral, as construções possuem um ciclo de vida e durabilidade pré-estabelecidos; no entanto, existem alguns fatores que podem impactar diretamente a edificação, resultando na redução da vida útil dela. Helene (1988, p.24) afirma que “patologia pode ser entendida como a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema”. As patologias possuem variações de intensidade: esse fator geralmente é definido pelo período ou tempo da manifestação. Os agentes causadores dessas doenças nas estruturas, em sua grande maioria, são: excesso de carga, variações de umidade, variações térmicas, agentes biológicos e incompatibilidade dos materiais.

Em 1487, Leonardo da Vinci auxiliava no projeto para a construção de um zimbório – parte mais alta e exterior de uma cúpula, em forma de torre, em geral circular ou octogonal, localizada em igrejas e edifícios de grande dimensão – na catedral de Milão. Ele expressou o seguinte argumento filosófico-analógico:

(...) Os remédios, quando usados da maneira adequada, restauram a saúde dos inválidos, e um médico fará o uso correto se conhecer a natureza humana. Uma catedral adoentada necessita exatamente do mesmo – de um médio-arquiteto que conheça a natureza dos edifícios e as leis nas quais se baseia a construção correta. (ISAACSON, 2017, p.167).

Segundo Ripper (2009), exceto nos casos de catástrofes naturais, os problemas provindos de patologias podem ter, em uma ou mais etapas básicas do projeto de construção civil, a concepção, execução e utilização. Na fase de concepção de projeto, é recomendado dedicar tempo para o detalhamento e estudo de toda a parte estrutural, pois, caso ocorram falhas de projeto ou de planejamento, as consequências, em geral, tornam-se mais graves, se comparadas às falhas de materiais ou de má execução do projeto. Já na etapa de execução do projeto, a qualidade nas compras de materiais, na contratação de funcionários e no cronograma de obra é imprescindível, visto que todos os responsáveis técnicos devem obrigatoriamente respeitar e cumprir com todas as informações compreendidas no projeto, deixando-as as mais corretas possíveis. Após a finalização de toda a obra, é necessário que todas as recomendações pré-determinadas pelos responsáveis técnicos sejam cumpridas, a fim de que a estrutura não seja danificada. Ainda de acordo com o autor, “de certa forma, uma

estrutura poderá ser vista como equipamento mecânico que, para ter sempre bom desempenho, deve ter manutenção eficiente, principalmente em partes onde o desgaste e a deterioração serão potencialmente maiores” (RIPPER, 2009, p.27).

As “pontes e viadutos são obras de arte especiais que estão sujeitas a ação de diversas patologias da construção, em função do seu uso contínuo e de 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. Portanto, com a tendência natural de deterioração das estruturas, a falta de manutenção acelera o surgimento de patologias.

As patologias causadas por agentes mecânicos nas estruturas de concreto armado são fissurações por esforço de flexão, cisalhamento, flexo-compressão, esmagamento, tração e torção, bem como degradações causadas pelos meios de transporte e intempéries.

Em casos de patologias causadas por agentes químicos, os sulfatos deterioram o concreto devido às suas ações expansivas, podendo ser encontrados no solo, na água ou no próprio concreto. Os mais encontrados são: sulfato de sódio, cálcio e magnésio. Todos eles são danosos ao concreto e reagem com a pasta de cimento hidratada. A pasta de cimento sofre uma desidratação causada pela expansão de etringita e pelo gesso, que se forma por meio das reações de sulfato com o hidróxido de cálcio e o alumínio tricálcio (SAHUINCO, 2011).

Por outro lado, os casos de carbonatação iniciam-se na superfície do concreto e penetram lentamente no seu interior. Aguiar e Baptista (2006) relatam que o concreto, por ser um material poroso, contribui para a entrada de anidrido carbônico (CO₂), presente na atmosfera, que penetra por meio 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, um fator importante para o início da corrosão das armaduras. Essa interação ataca e degrada todos os produtos da hidratação do cimento. A reação mais simples e importante ocorre com o hidróxido de cálcio. Esse fato sucede pois trata-se de um processo de diminuição da alcalinidade do cimento, em função da reação do hidróxido de cálcio com os compostos do meio (MENDES *et al.*, 2010).

A corrosão e a deterioração de um material, por vezes metálico, acontece por ação química ou físico-química do meio, podendo estar associada a esforços mecânicos da estrutura. O design da obra-de-arte e os materiais empregados em sua construção estão relacionados à capacidade de resistência à corrosão. Esta é intrínseca a cada estrutura, havendo decadência ao longo do tempo, mas, por processos de reabilitação, a resistência poderá ser aumentada ou reestabelecida. Outro agente importante responsável pela corrosão em pontes e viadutos é a corrosão microbiótica. A variabilidade genética e fisiológica dos microrganismos, principalmente das bactérias, permite a instalação desses grupos na estrutura, fazendo com que ocorram danos os quais, por meio da liberação de metabólitos corrosivos, criam um microambiente com condições físicas diferenciadas, tornando-o próprio para o início do processo de corrosão eletroquímica. Sejam biofilmes ou agregados biológicos, a corrosão só tende a aumentar através dessas formações (MENDES *et al.*, 2010).

Há, também, os casos de lixiviação, que ocorrem quando a água com pouco íon de cálcio interage com o concreto, resultando na hidrólise ou dissolução e no carregamento dos produtos para o meio externo, estes contendo cálcio. A lixiviação provoca a perda de resistência à agressões estéticas, em razão do produto lixiviado que interage com o dióxido de carbono, presente no ar, e forma carbonatos, que aparecem na forma de manchas brancas na superfície (DNIT, 2006).

As patologias causadas por agentes biológicos consistem em microrganismos encontrados na matéria, com a biodeteriorização do concreto sendo a principal patologia encontrada em estruturas de concreto armado, provocada pelos agentes supracitados. Pode ser definida como a mudança de propriedades do material, causada por ações de microrganismos. O concreto é um material bioreceptivo, devido às suas condições de rugosidade, umidade, porosidade e composições químicas (AGUIAR; BAPTISTA, 2006).

Segundo Aguiar e Baptista (2006), uma forma comum de ataque biológico é o crescimento de raízes de vegetação em juntas de dilatação, fendas ou em locais com poros no concreto, contribuindo, assim, para a entrada de agentes agressivos no interior do elemento.

PROCEDIMENTOS DE IDENTIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO

Mediante a vários agentes de deterioração, é essencial que haja o planejamento de um programa de manutenção eficiente, que englobe todos os procedimentos necessários para o

funcionamento das obras-de-arte especiais, para preservar a funcionabilidade da estrutura e aumentar a sua vida útil. O processo de manutenção inadequado resulta no aparecimento de patologias, sendo necessária uma recuperação emergencial a fim de evitar a inutilização da estrutura. Logo, a inspeção é essencial para a detecção e controle das patologias que afetam a estrutura (LOURENÇO *et.al.*, 2009).

De acordo com a NBR 9452 (2019), a inspeção rotineira consiste em uma supervisão visual frequente, sendo possível a utilização de equipamentos para o estudo da estrutura. Segundo Mendes (2010), a inspeção visual é um método de análise importante, uma vez que permite a observação dos sintomas apresentados pela construção, provocando a realização dos testes, ensaios e verificações específicas em partes da estrutura. Para a realização da inspeção visual, julgam-se necessários alguns pequenos equipamentos para a precisão do resultado, tais como lupas, binóculos e câmeras fotográficas. Os sintomas devem partir das verificações a seguir.

- Exposição de armaduras corroídas;
- Fissuras no concreto paralelas à armadura;
- Desagregação do concreto;
- Fragmentação do concreto de cobrimento;
- Manchas de ferrugem na superfície do concreto;
- Perda de seção das armaduras;
- Flambagem das armaduras longitudinais de pilares;
- Deformações estruturais próximas à área com manifestações de corrosão.

A partir da identificação dos problemas, é essencial estudá-los corretamente. Para isso, existem ensaios não-destrutivos que possuem o objetivo de contextualizar, de forma precisa, a situação dos problemas identificados, ou seja, avaliar os aspectos quantitativos e qualitativos do concreto e das armaduras (OLIVEIRA, 2015).

ESTUDO DE CASO: PONTE RIO BARIGUI

Tomou-se como objeto de estudo a Ponte Sobre o Rio Barigui, construída em 1975, localizada na BR-476, quilômetro 147,3, com trem-tipo de classe 36, divisa entre os municípios de Araucária e Curitiba, ambas localizadas no estado do Paraná, sendo sua via

única sentido Curitiba; a fim de levantar as principais manifestações patológicas presentes, por meio do método de inspeção rotineira.

Imagem 1 - Ponte sobre o Rio Barigui – BR 476, Km 147,3.



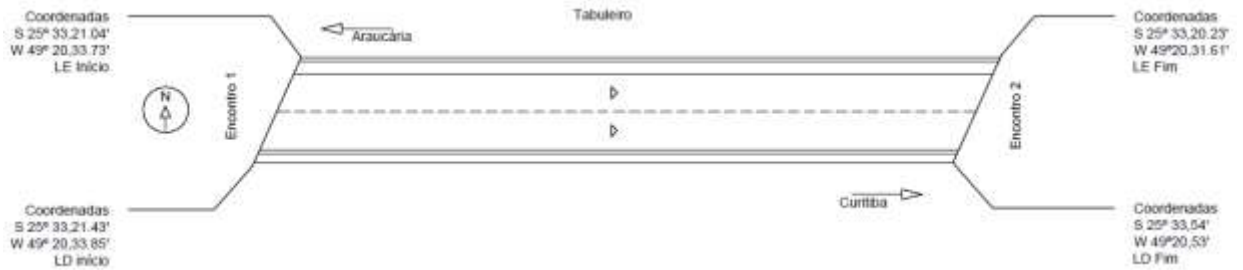
Fonte: Google Earth Pro, 2021

A superestrutura dessa obra é constituída por um tabuleiro esconso, com aproximadamente 60 metros de comprimento e 11,15 metros de largura, sendo dividida em duas pistas e uma área de calçada. Além disso, possui duas vigas longarinas e nove vigas transversinas e, para proteção dos usuários, possui duas barreiras New Jersey dispostas nas laterais esquerda e direita.

A mesoestrutura, por sua vez, é composta por oito pilares, os quais estão localizados e distribuídos como quatro na lateral esquerda e quatro na lateral direita. Ela ainda conta com quatro vigas de travamento dos pilares. Referente à infraestrutura, não foi possível levantar os dados que a compõem, por estar localizada abaixo do nível de água.

A estrutura evidencia manifestações patológicas em diversos locais, sendo encontradas principalmente nas vigas longarinas e no tabuleiro, o que possibilita evidenciar armaduras com falta de cobertura, assim como áreas com concreto desagregado. O mapeamento dessas patologias pode ser constatado a seguir, assim como as demais anomalias encontradas na estrutura, por meio do relatório fotográfico, com as figuras dispostas. Nele são apontadas as localizações exatas de onde o dano foi encontrado.

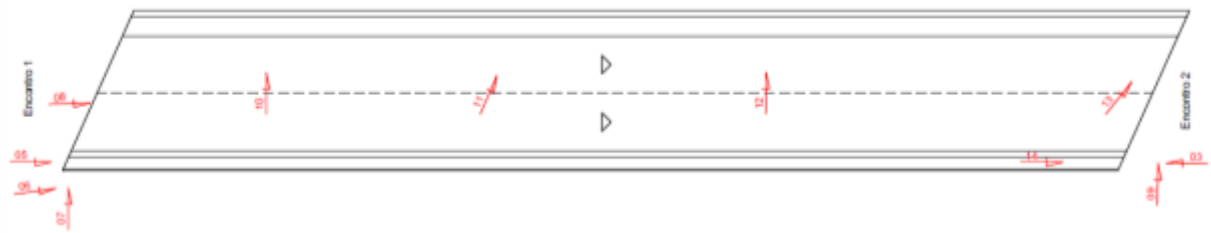
Figura 1 – Croqui tabuleiro Ponte Sobre o Rio Barigui



Fonte: Os autores, 2021.

A inspeção teve como ponto inicial a parte superior direita da ponte, seguindo para a parte esquerda, com os principais elementos analisados sendo a barreira New Jersey, guarda-corpo, pavimento, junta de dilatação e tabuleiro. A seguir, será apresentado o mapeamento fotográfico das anomalias localizadas na parte superior e inferior da obra. O mesmo encontra-se em maior escala no apêndice D.

Figura 2 - Croqui superior Ponte Sobre o Rio Barigui



Fonte: Os autores, 2021.

As respectivas anomalias, localizadas na parte superior da estrutura, englobam fissuras, nicho de concretagem, falta de junta de dilatação, ferrugem no guarda-corpo, deslocamento de concreto na barreira, dentre outras.

Imagem 2 - Vista da barreira new Jersey

Fonte: Os autores, 2021.

Imagem 3 – Passeio e guarda corpo metálico

Fonte: Os autores, 2021.

Imagem 4 – Vista da barreira new Jersey

Fonte: Os autores, 2021.

Imagem 5 – Passeio e guarda corpo metálico

Fonte: Os autores, 2021.

Observam-se nas imagens 2, 3, 4 e 5 fissuras no pavimento asfáltico próximo ao encontro dois, assim como quadros de corrosão ao longo de todo o guarda-corpo metálico; esse fato pode ocorrer devido a processos químicos, podendo ocasionar danos aos transeuntes da região. É possível observar o deslocamento de concreto em pontos específicos da lateral direita da barreira New Jersey, possivelmente ocasionados por impactos oriundos de transeuntes do local.

Imagem 6 - Vista lateral direita da ponte **Imagem 7** - Junta de dilatação próximo ao encontro dois



Fonte: Os autores, 2021.



Fonte: Os autores, 2021.

Imagem 8 - Vista pavimento asfáltico

Imagem 9 – Junta de dilatação próxima ao encontro um



Fonte: Os autores, 2021.



Fonte: Os autores, 2021.

Por meio da imagem 6, que apresenta a vista lateral direita da obra, pode-se constatar a presença de algumas patologias, tais como pontos de corrosão no guarda-corpo, deslocamentos de concreto localizados na barreira de proteção New Jersey e na área destinada à calçada, além de trechos com nicho de concretagem. Essas patologias podem ocorrer devido a falhas executivas, uma vez que a argamassa não consegue completar totalmente os vazios da forma, ocasionando, conseqüentemente, a redução da seção transversal do elemento e facilitando a introdução de agentes agressivos, tornando possível, assim, a ocorrência de armaduras expostas (DNIT, 2010). Já as imagens 7, 8 e 9, apresentam a falta de junta de dilatação próxima aos encontros do tabuleiro, sendo a principal função desse elemento realizar o afastamento físico entre dois componentes de uma mesma estrutura, a fim

de que absorvam as movimentações provocadas pelas dilatações e retrações dos materiais ali empregados (DNIT, 2006).

Imagem 10 - Pavimento asfáltico



Fonte: Os autores, 2021

Imagem 11 – Pavimento asfáltico



Fonte: Os autores, 2021

Imagem 12 - Pavimento asfáltico



Fonte: Os autores, 2021

Imagem 13 – Pavimento asfáltico



Fonte: Os autores, 2021.

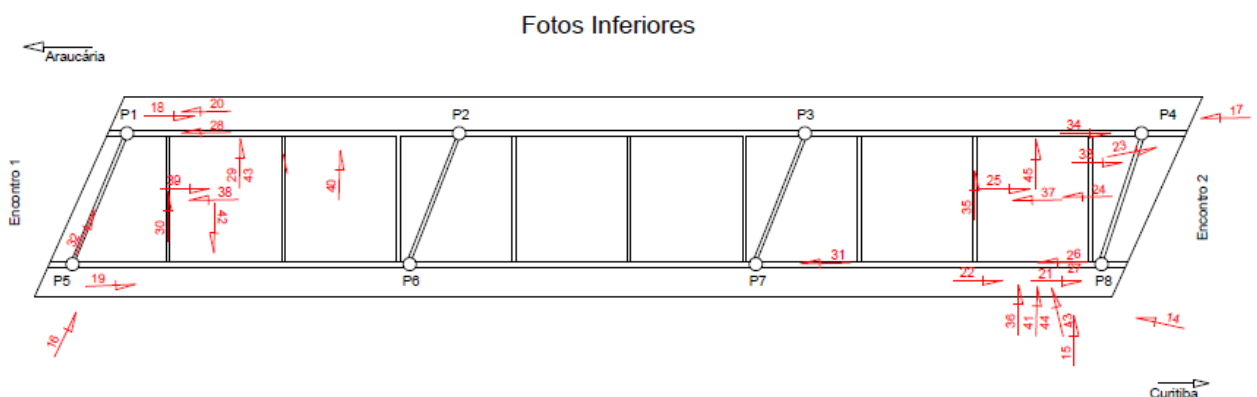
Pode-se observar nas imagens 10 e 11 a presença de trincas no pavimento asfáltico. Elas podem ser classificadas como sendo do tipo couro de jacaré – esse nome é dado devido ao fato de a composição das trincas se assimilarem ao couro do jacaré/crocodilo. Essa patologia pode ocorrer devido à fadiga do revestimento asfáltico em razão das ações do tráfego na área, podendo suceder em qualquer localidade do pavimento, assim como por conta da ação climática, de gradientes térmicos, desgaste do ligante e ausência de flexibilidade (DNIT, 2006).

Na imagem 12, nota-se a existência de trincas longitudinais junto ao pavimento asfáltico. De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT), esse fenômeno pode ocorrer devido à má execução das juntas, desgaste do asfalto e pelo desenvolvimento de trincas em camadas inferiores do pavimento. Já a imagem 13, pode-se perceber que apresenta fissuras transversais, e esse fato pode ocorrer devido à alta variação de temperaturas, desgaste do asfalto e o desenvolvimento de trincas nas camadas inferiores do asfalto. Essas patologias não ocorrem devido à ação das cargas de tráfego, todavia, a ação do tráfego e a infiltração de água junto ao revestimento agiliza o processo de degradação do mesmo (DNIT, 2005).

Por conseguinte, foi dado início à inspeção da parte inferior da obra, sendo localizadas patologias como: mancha de fogo, armaduras sem cobertura, armaduras expostas, erosões próximas aos encontros da estrutura, pontos com infiltração de umidade e lixiviação. Diante disso, para uma melhor visualização, será apresentado um croqui fotográfico das anomalias localizadas na obra, sendo apontadas as localizações exatas de onde o dano foi encontrado.

Conforme a figura abaixo, observa-se numerações e setas com o objetivo de indicar os danos existentes de maneira ilustrativa, tal como nas imagens superiores, proporcionando uma melhor concepção dos danos. Ressalta-se que a inspeção visual foi realizada entre os pontos P1 a P2, P5 a P6, P3 a P4 e, por fim, nos pontos P7 a P8, visto que, nos intervalos dos pontos P2 a P3 e P6 a P7, são encontradas as delimitações do curso de água. Desse modo, para o levantamento das patologias existentes nesta seção, seriam necessários recursos de navegação, e a falta impossibilitou o levantamento das patologias existentes na região.

Figura 3 - Croqui inferior Ponte Sobre o Rio Barigui



Fonte: Os autores, 2021

Imagem 14 – Vista lateral da obra



Fonte: Os autores, 2021

Imagem 15 – Deslocamento de concreto e nicho



Fonte: Os autores, 2021

Imagem 16 – Deslocamento de concreto e nicho



Fonte: Os autores, 2021

Imagem 17 – Infiltração de umidade e lixiviação na laje



Fonte: Os autores, 2021

Imagem 18 – Infiltração de umidade e lixiviação na laje



Fonte: Os autores, 2021

Imagem 19 – Infiltração, lixiviação e caixaria



Fonte: Os autores, 2021

Pode-se observar nas imagens acima patologias ao longo do tabuleiro, tais como: deslocamento/desagregação do concreto, armadura exposta, infiltração de umidade, lixiviação e mancha de fogo. De acordo com Souza e Ripper (1998), denomina-se como desagregação do concreto quando há uma divisão física entre as partículas, trazendo, por consequência, a incapacidade de continuar com a propriedade de aglomerante, comprometendo a resistência à esforços na área em que se sucede essa atividade. Ainda nessas imagens, é possível constatar infiltração de umidade no concreto, fato decorrente da penetração excessiva de água nas aberturas do concreto. Sendo assim, quanto mais poroso o concreto se encontra, mais fácil será a penetração da água. O fato de existir fissuras ou locais em que a água possa adentrar, pode facilitar com que ela chegue até a armadura.

Imagem 20 – Deslocamento na laje



Fonte: Os autores, 2021

Imagem 21 – Mancha de fogo na laje, longarina e encontro



Fonte: Os autores, 2021.

Imagem 22 – Erosão e mancha de fogo no encontro



Fonte: Os autores, 2021.

Imagem 23 – Erosão no encontro



Fonte: Os autores, 2021.

Nota-se, na viga longarina e no balanço, a presença de manchas de fogo. De acordo com a Federação Internacional de Concreto Estrutural (FIB – *Internacional Federation for Structure Concrete*), elementos de concreto armado podem sofrer danos quando sujeitos ao fogo, como a redução de propriedades mecânicas, deformidades térmicas e deslocamento. Para Canovas (1988), quando as estruturas em concreto armado alcançam temperaturas próximas a 100°C, passam pela ausência da união entre o aço e o concreto. Nas imagens 22 e 23, é possível evidenciar na estrutura a presença de erosão no aterro de acesso. Esses elementos são encarregados de realizar a união entre a ponte e a rodovia, tendo grande relevância para a funcionalidade e segurança de toda a estrutura, assim como para os usuários. Em casos de ruptura desse elemento, a estabilidade da ponte poderá ser afetada, possibilitando a ocorrência de prejuízos materiais, bem como a perda de vidas humanas (VITÓRIO, 2002). Já na imagem 24, é possível evidenciar lixiviação junto ao tabuleiro.

Imagem 24 – Fissura, lixiviação e deslocamento na laje



Fonte: Os autores, 2021

Imagem 25 – Mancha de fogo no encontro.



Fonte: Os autores, 2021

Imagem 26 – Deslocamento na viga longarina



Fonte: Os autores, 2021

Imagem 27 – Deslocamento na viga longarina



Fonte: Os autores, 2021

No estudo de caso, foram identificadas nas vigas longarinas e transversinas algumas armaduras expostas, diante de um cenário úmido e aquoso que facilita o agravamento dessa patologia – as fotos anexadas identificam o caso.

Segundo o Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT), uma das principais patologias que ocorrem na estrutura é a corrosão das armaduras, principalmente quando expostas aos ambientes com grau alto de agressividade. A corrosão consiste na degradação do material metálico por ação química, associada a não esforços mecânicos (GENTIL, 2003).

Imagens 28 e 29 - Deslocamento e armaduras expostas na longarina



Fonte: Os autores, 2021

Fonte: Os autores, 2021

Imagem 30 – Deslocamento e armadura exposta na transversina **Imagem 31** – Nicho de concretagem



Fonte: Os autores, 2021

Fonte: Os autores, 2021

Para obras civis, a corrosão eletroquímica é a mais preocupante, visto que ocorre quando há o contato da estrutura com água, ou em ambientes úmidos. Esse tipo de corrosão pode causar danos expressivos à armadura da estrutura (ANDRADE, 1988). Esse tipo de corrosão trata-se de uma das principais patologias nas edificações, devido aos danos estruturais que a corrosão na armadura pode vir a causar. Por isso, faz-se necessário buscar medidas importantes e preventivas para amenizar ou até eliminar os problemas (VIEIRA, 2003).

Imagem 32 – Nicho de concretagem e armadura exposta na travessa de ligação e **Imagem 33** – Deslocamento e armadura exposta



Fonte: Os autores, 2021



Fonte: Os autores, 2021

Imagem 34 – Nicho de concretagem na longarina

Imagem 35 - Concreto desagregado na longarina



Fonte: Os autores, 2021



Fonte: Os autores, 2021

Os nichos de concretagem, chamados também de bicheiras, além de serem visualmente desagradáveis, afetam a resistência e durabilidade da estrutura. As bicheiras são cavidades em forma de nichos de pedras, formadas devido à desagregação, má compactação do concreto, ou juntas de fôrma. As causas desse tipo de patologia podem estar na criação do projeto, com o excesso de concentração de armadura, o que dificulta a passagem dos equipamentos que adensam – nesse caso, o agregado e a argamassa que preenche o espaço destinado aos dois não conseguem passar. Pode-se inferir que outro problema é o tamanho do agregado usado no concreto, pois, pela variação de tamanho ser quase nula, acaba impedindo a acomodação e formando bolhas. A vibração excessiva também é um problema, pois ocasiona a segregação dos componentes, com a frequência, o tempo de vibração, ou a utilização do vibrador de maneira inadequada, podendo, assim, gerar vazios de concretagem (ALVES, 2006). Por meio das fotografias evidenciasse este tipo de patologia na estrutura.

Imagem 36 – Armadura sem cobertura na longarina **Imagem 37** – Nicho de concretagem no bloco



Fonte: Os autores, 2021



Fonte: Os autores, 2021

Imagem 38 – Infiltração e lixiviação



Fonte: Os autores, 2021

Imagem 39 – Mancha de fogo



Fonte: Os autores, 2021

Por meio das imagens dispostas acima, é possível evidenciar a armadura sem cobertura localizada na viga longarina próxima ao encontro, nicho de concretagem no bloco do pilar, além de lixiviação, mancha de umidade e fogo na laje da estrutura.

Já as fissuras podem ser definidas como descontinuidades de pequena abertura, induzidas pela ação de forças que provocam o aparecimento de tensões de tração, que superam a capacidade resistente do material componente da estrutura (HELENE; ANDRADE, 2010).

O concreto possui resistência à tração aproximadamente dez vezes inferior à sua resistência à compressão. Desse modo, as fissuras em concreto têm como principal causa os esforços em tração. Por mais que a identificação da causa de uma fissura pareça ser simples e limitada, existem diversas. Nos elementos de concreto armado, o concreto deve cobrir a armadura e obedecer às dimensões orientadas pelo projeto. Quando a presença de fôrmas ou a disposição das armaduras dificulta ou impede o concreto de alcançar o espaço que elas estariam dispostas a preencher, são gerados problemas na estrutura. Dentro desses problemas, pode-se destacar fissuras, perda de aderência e diminuição da capacidade estrutural (RIPPER e SOUZA, 1998).

Por fim, no estudo de caso foram registradas algumas imagens que contêm as fissuras com aproximadamente 0,1 a 0,6 mm encontradas no elemento estrutural viga longarina, sendo localizadas do lado esquerdo e direito da ponte. Para facilitar o dimensionamento delas, foi posicionada uma trena e um fissuometro para melhor reconhecimento.

Imagem 40 – Fissura na viga longarina



Fonte: Os autores, 2021

Imagem 41 – Fissura na viga longarina



Fonte: Os autores, 2021

Para Oliveira (2012), uma das possíveis causas para o surgimento de fissuras, trata-se da aplicação de um esforço solicitado maior que o resistente, trazendo por consequência as aberturas. Ainda de acordo com o autor as anomalias podem ser classificadas da seguinte forma:

Tabela 1: Tabela de Classificação de Fissuras

Anomalias	Aberturas (mm)
Fissura	Até 0,5
Trinca	De 0,5 a 1,5
Rachadura	De 1,5 a 5,0
Fenda	De 5,0 a 10,0
Bracha	Acima de 10,0

Fonte: Oliveira, 2012.

Imagem 42 - Fissura na viga longarina



Fonte: Os autores, 2021

Imagem 43 - Fissura na viga longarina



Fonte: Os autores, 2021

Imagem 44 - Fissura na viga longarina



Fonte: Os autores, 2021

Imagem 45 - Fissura na viga longarina



Fonte: Os autores, 2021

CLASSIFICAÇÃO CONFORME A NBR 9452:2019

De acordo com a NBR 9452 (2019), a classificação de uma obra de arte especial se dá por meio de três principais parâmetros, sendo o primeiro deles o estrutural, associado à questão de estabilidade e capacidade portante da estrutura. O segundo parâmetro é o funcional, associado a aspectos como visibilidade, gabaritos verticais e gabaritos horizontais. Já o terceiro está associado a parâmetros de durabilidade da estrutura, relacionados diretamente à vida útil da obra.

Tabela 2 - Caracterização dos elementos estruturais segundo a relevância do sistema estrutural

Elemento			Sistema estrutural				
			Duas vigas	Grelha	Caixão	Laje	Galeria
Superestrutura	Viga	Longarina	P	P	—	—	—
		Transversina	S	S	S	S	S
	Laje		S	S	P	P	P
Mesoestrutura		Travessas	P	P	P	P	—
		Pilares	P	P	P	P	—
		Aparelho de apoio	P	P	P	P	—
Encontros		Cortina	S	S	S	S	—
		Laje de transição	S	S	S	S	S
		Muros de ala	S	S	S	S	S
Infraestrutura		Blocos	P	P	P	P	P
		Sapatas	P	P	P	P	P
		Estacas, tubulões	P	P	P	P	P
Complementares		Barreira rígida	C	C	C	C	C
		Guarda-corpo	C	C	C	C	C

Fonte: NBR 9452:2019

Pela tabela 2, é possível analisar os elementos de acordo com suas criticidades e níveis de importância que representam na estrutura. Os elementos descritos pela letra P representam os danos referentes ao colapso parcial ou total da obra, já os elementos representados pela letra S são considerados como suscetíveis à ruptura localizada. Por conseguinte, os elementos representados pela letra C não estão suscetíveis a danos com comprometimento estrutural. Dessa forma, referente ao sistema estrutural utilizado na Ponte Sobre o Rio Barigui, é possível constatar a aplicação do sistema de duas vigas.

Evidencia-se que, de acordo com a normativa estabelecida na legislação vigente, as notas de classificação das patologias estão diretamente ligadas às especificidades de cada anomalia. Desse modo, para a classificação da obra de arte especial foram utilizados os parâmetros estabelecidos nos apêndices (A, B e C), dispostos na NBR 9452:2019.

Também de acordo com a NBR, os padrões de classificação dos parâmetros estruturais, funcionais e de durabilidade se dão por meio da menor nota atribuída aos conjuntos de elementos, ou seja, são levadas em consideração as notas mais baixas caracterizadas na superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura. A partir do exposto e da vistoria realizada *in-loco*, pode-se evidenciar o quadro referencial de classificação da OAE:

Tabela 3 – Quadro referencial de classificação da OAE

Parâmetro	Elemento						
	Super estrutura	Meso estrutura	Infra estrutura	Elementos complementares		Pista	Nota
				Estrutura	Encontro		
Estrutural	2	3	3	-	4	5	2
Funcional	3	N/A	N/A	-	-	4	3
Durabilidade	2	3	3	-	-	4	2

Fonte: Os autores, 2021.

Conforme supracitado na tabela 3, o parâmetro estrutural do elemento de superestrutura obteve nota 2 frente à análise da tabela de classificação. Essa pontuação deu-se em virtude dos “pontos de fissuração superiores aos limites previstos na NBR 6118:2014”, ao longo das vigas longarinas. Aos parâmetros funcionais foi atribuída nota 3, em razão dos dispositivos de segurança se encontrarem danificados e com pontos de corrosão. E, aos parâmetros de durabilidade, foi atribuída nota 2, devido ao “quadro fissuratório dos elementos estruturais com indícios de reação expansiva” (NBR 9452/2016).

Aos elementos estruturais da mesoestrutura foi atribuída nota 3, em decorrência da travessa de ligação dos pilares apresentar nicho de concretagem com armadura exposta, sendo este classificado como “concreto segregado em regiões de tensões de compressão em pequenas áreas, assim como, armadura principal exposta e corroída com perda de seção até

20% do total da armadura”. Os parâmetros de durabilidade foram classificados, segundo a NBR, como “armaduras expostas com corrosão incipiente e concreto segregado em regiões de tensões de compressão em pequenas áreas” (NBR 9452/2016).

Nos parâmetros estruturais e de durabilidade da infraestrutura, observou-se dano de nicho de concretagem. Essa patologia está localizada junto ao bloco de um dos pilares de sustentação da estrutura, logo, aplicou-se nota 3 para o referido conjunto. Ressalta-se que essa patologia se enquadra nos parâmetros de “concreto segregado em regiões de tensões de compressão em pequenas áreas (entre 0,1m² e 0,5m²)” (NBR 9452/2016).

Como parte dos elementos complementares da estrutura, evidenciam-se os encontros, os quais, em virtude de patologias como manchas de fogo e erosão, lhes foi atribuída a nota 4.

E, por fim, avaliou-se o pavimento asfáltico: foram constatadas fissuras ao longo do tabuleiro. Desse modo, tanto para os parâmetros funcionais quanto os parâmetros de durabilidade, foram atribuídas notas 4, devido ao fato de apresentarem as irregularidades constatadas, que geram desconforto aos transeuntes.

A partir do exposto, é possível salientar a tabela 4, que caracteriza de forma sucinta a definição de cada nota atribuída. Em seguida, pode-se evidenciar que das notas atribuídas ao objeto de estudo, a mais relevante é a 4, que evidencia uma boa condição da pista. Em contrapartida, demonstra-se como ponto prejudicial as vigas longarinas, visto que lhes foi atribuída a nota 2, que indica condição ruim ao elemento.

Tabela 4 – Classificação da condição de OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade

Nota	Condição	Caracterização estrutural	Caracterização funcional	Caracterização de durabilidade
5	Excelente	A estrutura apresenta-se em condições satisfatórias, apresentando defeitos irrelevantes e isolados.	A OAE apresenta segurança e conforto aos usuários.	A OAE apresenta-se em perfeitas condições, devendo ser prevista manutenção da rotina.
4	Boa	A estrutura apresenta danos pequenos e em áreas, sem comprometer a segurança estrutural.	A OAE apresenta danos que não chegam a causar desconforto ou insegurança aos usuários.	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.
3	Regular	Há danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra. Recomenda-se acompanhamento dos problemas. Intervenções podem ser necessárias em médio prazo.	A OAE apresenta desconforto ao usuário, com defeitos que requerem ações de médio prazo.	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias que comprometem sua vida útil, em região moderada a alta agressividade ambiental; ou a OAE apresenta moderadas a muitas anomalias que comprometem sua vida útil, em

				região de baixa agressividade ambiental.
2	Ruim	Há danos que comprometem a segurança estrutural da OAE, sem risco eminente. Sua evolução pode levar ao colapso estrutural. A OAE necessita de intervenções significativas em curto prazo.	OAE com funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança ao usuário, requerendo intervenções de curto prazo.	A OAE apresentam anomalias moderadas e abundantes, que comprometem sua vida útil, em região alta agressividade ambiental.
1	Crítica	Há danos que geram grave insuficiência estrutural da OAE. Há elementos estruturais em estado crítico, com risco tangível de colapso estrutural. A OAE necessita de intervenção imediata, podendo ser necessária restrição de carga, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramento provisório e associada instrumentação, ou não.	OAE não apresenta condições funcionais de utilização.	A OAE encontra-se em elevado grau de deterioração, apontando o problema já de risco estrutural e/ou funcional.

Fonte: NBR 9452:2019

Em síntese, é possível evidenciar que as patologias existentes junto à OAE não prejudicam a transição e/ou trajetória dos veículos que transcorrem sobre a referida via. No entanto, ressalta-se que a aplicação do método de inspeção rotineira não necessita da utilização de equipamentos e recursos especiais, podendo apresentar alterações significativas, quando comparado a outros métodos de inspeção, nos quais podem ser utilizados equipamentos para auxílio.

Além disso, faz-se imprescindível a análise minuciosa das patologias encontradas junto aos elementos estruturais, como a ocorrência de quadros fissuratórios, pois estes poderão evoluir e ocasionar o colapso do conjunto global da ponte ou de parte dela.

CONCLUSÃO

Sabe-se que o Brasil é o maior país da América do Sul, face ao exposto de um dos principais meios de interligação entre dois pontos não conectados por vias terrestres: as obras de arte especiais. Desse modo, o presente estudo teve como intuito levantar as principais patologias existentes nas estruturas sobre cursos de água, mais especificamente em pontes de concreto armado. Para este feito, realizou-se o estudo de caso na Ponte Sobre o Rio Barigui, localizada entre os municípios de Araucária e Curitiba.

Como método de averiguação das manifestações patológicas existentes na OAE, foi utilizado o método de inspeção rotineira, no qual é dispensável a utilização de equipamentos especiais para a avaliação dos danos na estrutura; porém, para a aplicação do método, faz-se necessário vistoria cautelosa *in-loco*, levando em consideração todos os elementos que compõem a estrutura.

A partir do exposto e da vistoria realizada, evidenciam-se irregularidades localizadas na superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura. Dentre elas, destacam-se patologias como infiltração de umidade, lixiviação, mancha de fogo, deslocamento de concreto, nicho de concretagem, quadros fissuratórios, armaduras sem cobertura, bem como corrosão de armaduras. Posteriormente, confrontou-se essas anomalias com a NBR 9452/2019, com a finalidade de obter a classificação de condição do objeto de estudo.

Dessa forma, em análise dos resultados obtidos, pode-se evidenciar elementos estruturais que se encontram com pequenas avarias, não afetando a segurança estrutural da OAE, resultando em uma boa condição para o elemento – cita-se, como exemplo, o pavimento asfáltico. Por outro lado, em outra seção e/ou elemento estrutural há condições desfavoráveis, em decorrência de quadros fissuratórios localizados nas vigas longarinas; tal quadro resulta em um segmento com nota ruim, ou seja, apresenta pontos de atenção devido à segurança estrutural.

Este estudo tornou-se relevante devido às expressivas manifestações patológicas constatadas na estrutura. Ressalta-se que grande parte das problemáticas poderiam ser sanadas por meio da aplicação de vistorias preventivas regulares, com a finalidade de evitar o agravamento dos danos ou ainda a aplicação de métodos cautelares de prevenção junto a OAE.

Pode-se evidenciar que a inspeção rotineira é apenas um dos métodos que podem ser aplicados durante uma inspeção de levantamento patológico. Logo, indica-se que, para uma análise mais técnica e completa, também é possível a aplicação de outros métodos, tanto para a complementação deste estudo quanto para a descoberta de novas patologias.

ANEXOS

Quadro 2 - Ficha de inspeção rotineira – NBR 9452:2019

Inspeção rotineira (ano): 2021	OAE Código: N/A
Jurisdição: N/A	Data da Inspeção: 05/06/2021
PARTE I – Informações gerais	
A – Identificação e localização	
Via ou município: BR-476 km 147,3	Sentido: Araucária - Curitiba
Obra: Ponte sobre o Rio Barigui	Localização: Paraná
B – Histórico das inspeções	
Inicial: N/A	Última rotineira: N/A
Especial: N/A	
C – Descrição das intervenções executadas ou em andamento	
Reparos: Guarda-corpo lateral	
Alargamentos: N/A	
Reforços: N/A	
PARTE II – Registro das manifestações patológicas	
A – Elementos estruturais	
Superestrutura:	
Laje: Infiltração de umidade, deslocamento de concreto, lixiviação e manchas de fogo.	
Viga longarina: Deslocamento de concreto fissura, nicho de concretagem, mancha de fogo, armadura sem cobrimento.	
Viga transversina: Lixiviação e concreto desagregado.	
Mesoestrutura:	
Travessa de apoio: Nicho de concretagem com armadura exposta e deslocamento de concreto com armadura exposta.	

Infraestrutura: Bloco de concreto: Nicho de concretagem.
Aparelhos de apoio: N/A
Juntas de dilatação: Ausência de junta de dilatação
Encontros: Erosão no encontro
Outros elementos:
B – Elementos da pista ou funcionais
Pavimento: Pavimento asfáltico com trincas e fissuras
Acostamento e refúgio:
Drenagem: N/A
Guarda-corpos: Guarda-corpo metálico danificado e com pontos de corrosão
Barreiras rígidas/Defensas metálicas: Pontos de deslocamento de concreto na barreira New Jersey
C – Outros elementos
Taludes: N/A
Iluminação: N/A
Sinalização: Conservada
Gabaritos: N/A
Proteção dos pilares: N/A
D – Informações complementares
E – Recomendações de terapia
PARTE III – Classificação da OAE (seção 5)
Estrutural: 2
Funcional: 3
Durabilidade: 2

N/A = Não disponível

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/8e13382dd1d8eb05569db9843f0bd054d357837e3ebce1e41eb8be3642f31344.pdf>>. Acesso em: 15/06/2021.

ALVES, L.S et al. Manifestações patológicas em edifícios: causas e providências. São Carlos: Anality's Consultoria e Planejamento; Departamento de Engenharia de Estruturas da EES/USP, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/4655/3273.pdf?sequence=1&isAll>>. Acesso em 13/09/2021.

ARAUJO, Ciro José Villela. Pontes e Viadutos: Principais Anomalias e a Importância da Manutenção. Brasília, 2019. Disponível em: <<https://www.fne.org.br/upload/documentos/publicacoes/CrBrEngManutencao.pdf>>. Acesso em 04/04/2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projetos de Estruturas de Concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=317027>>. Acesso em: 05/04/2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9452: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/5975/abnt-nbr9452-inspecao-de-pontes-viadutos-e-passarelas-de-concreto-procedimento>> Acesso em: 05/04/2021.

BORBA, Célio. Você repórter: pedestres se arriscam sobre ponte da rodovia em Curitiba. Disponível em: < <https://www.terra.com.br/noticias/brasil/cidades/vc-reporter-pedestres-se-arriscam-sobre-ponte-de-rodovia-em-curitiba,70b1592d581a3410VgnVCM3000009af154d0RCRD.html> > Acesso 05/05/2021.

CANÓVAS, Manuel Fernández. Patologia e Terapia do Concreto Armado. São Paulo, 1988. DNER. Manual de projetos de obra-de-arte-especiais. Disponível em: <http://www.deecc.ufc.br/Download//TB820_Pontes%20II/MPDNIT.pdf>. Acesso em 12/04/2021.

DNIT 092. Juntas de dilatação – Especificação de serviço. Rio de Janeiro 2006. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit_092_2006_es.pdf>. Acesso 26/08/2021.

DNIT. Manual de conservação rodoviária. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/710_manual_de_conservacao_rodoviaria.pdf>. Acesso 31/08/2021.

DNIT. Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://ipr.dnit.gov.br/normas->

[emanuais/manuais/documentos/744_manual_recuperacao_pontes_viadutos.pdf](#)> Acesso em: 26/08/2021.

DNIT. Manual de restauração de pavimentos asfálticos. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/720_manual_restauracao_pavimentos_afalticos.pdf > Acesso 31/08/2021.

DNIT. Patologias do concreto – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://ipr.dnit.gov.br/normas/DNIT090_2006_ES.pdf>. Acesso em: 17/06/2021.

GENTIL, Vicente. Corrosão, 2003. Disponível em: <https://www.academia.edu/39035235/Corros%C3%A3o_Vicente_Gentil>. Acesso em: 08/09/2021.

HELENE, P.; ANDRADE, T. Concreto de Cimento Portland. São Paulo. 2 ed. IBRACON, 2010. Disponível em: <<https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/lc48.pdf>>. Acesso em: 08/09/2021.

HELENE, Paulo R.L. - Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: Pini, 1988. Disponível em: <<https://www.docsity.com/pt/manual-para-reparo-reforco-e-protecao-de-estruturas-de-concreto/4917139/>> Acesso em 05/07/2021.

ISAACSON, Walter. Leonardo da Vinci. Tradução por André Czarnobai. – 1 ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2017. Disponível em: <https://www.intrinseca.com.br/upload/livros/LeonardoDaVinci_ISSUU.pdf>. Acesso em 01/06/2021.

ISF – 216, DNIT. Projeto de obras de arte especiais. Brasil 2012. Disponível em: <<https://www.gov.br/dnit/pt-br/ferrovias/instrucoes-e-procedimentos/instrucoes-de-servicos-ferroviarios/isf-216-projeto-de-oe.pdf>>. Acesso em 12/04/2021.

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: 08/06/2021.

MARCHETTI, O. Pontes de concreto armado. São Paulo: Blucher, 2018. ISBN 9788521212782. Disponível em: <<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsmib&AN=edsmib.000014980&lang=pt-br&site=eds-live.> > Acesso em: 07/04/2021.

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: 12/06/2021.

OLIVEIRA, Alexandre Magno de. Fissuras, Trincas e Rachaduras por recalque diferencial de fundações. Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS9A3GCW/1/monografia_esp_2012_1_th.pdf >. Acesso em: 17/11/2021.

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: 20/06/2021.

PFEIL, Walter. Pontes em concreto armado. Rio de Janeiro 1979. Disponível em: <<https://docero.com.br/doc/1xvcsx>> Acesso em 10/04/2021.

RIPPER, Thomaz. Desempenho das Construções: (Durabilidade, resistência e manutenção). Formação contínua reabilitação e manutenção do patrimônio, Módulo RM1. Ordem dos Arquitetos, Seção regional Sul, 2002. Disponível em: <<https://pmkb.com.br/artigos/patologia-das-edificacoes-em-concreto-originadas-na-fase-de-uso/>> Acesso em 02/06/2021.

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: 10/06/2021.

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: 10/06/2021.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: Pini, 1998. 255 p. Disponível em: <<http://sou.undb.edu.br/public/publicacoes/identificacao-e-propostas-de-solucoes-para-patologias-em-postes-de-concreto-localizados-na-regiao-litoranea-de-sao-luis-ma-waleria-daiany-e-jose-murilo.pdf>>. Acesso em: 08/09/2021.

VITÓRIO, Jose Afonso Pereira. Pontes Rodoviárias: Fundamentos, Conservação e Gestão. Recife 2002. Disponível em: <https://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Pontes_Rodoviaras_Fundamentos_Conservacao_Gestao.pdf> Acesso em: 07/04/2021.

WINKEL, Rodolfo Luis. Análise das manifestações patológicas em pontes da cidade de teutônia/rs. Lajeado, 2019. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/2760/1/2019RodolfoLuisWinkel.pdf>>. Acesso em 07/09/2021.

APENDICES

APENDICE A – Tabela E. 2 – Notas de classificação da OAE segundo parâmetros estruturais previstos na seção 5.

Condição verificada na inspeção especial segundo parâmetros estruturais		Nota de classificação		
		Elemento onde foi constatada a anomalia		
		Principal	Secundário	Complementar
Fissuração	Fissuração superficial de retração, hidráulica ou térmica	4	4	5
	Fissuras em elementos protendidos	1	2	—
	Fissuras em elementos de concreto armado com abertura dentro dos limites previstos conforme ABNT NBR 6118:2014, 13.4	3	4	4
	Fissuras em elementos de concreto armado com abertura superior aos limites previstos conforme ABNT NBR 6118:2014, 13.4	2	3	4
Flecha	Flechas não congênita acima dos limites conforme ABNT NBR 6118	1	2	3
Anomalias na armadura	Armadura principal exposta e corroída, com perda de seção de até 20 % do total da armadura	3	4	5
	Armadura principal exposta e corroída, com perda de seção acima de 20 % da área total de armadura ou que comprometa a estabilidade da peça	2	3	4
	Armaduras principais rompidas	1	2	3
	Ruptura de parte da armadura principal passiva ou ativa	1	2	3
	Tintas rompidas	1	—	—
	Armadura protendida exposta e corroída	2	—	—
	Perda ou falta de protensão em elemento principal	2	—	—
Anomalias no concreto	Concreto segregado com áreas inferiores a 0,1 m ² em zonas favoráveis de tensões	4	5	5
	Concreto segregado em regiões de tensões de compressão, mas em pequenas áreas (entre 0,1 m ² e 0,5 m ²)	3	4	5
	Concreto segregado em regiões sujeitas a tensões de compressão, em áreas superior a 0,5 m ²	2	3	4
	Rompimento do concreto em pontos de altas tensões de compressão	1	2	3

Fonte: NBR 9452:2019

Tabela E.2 (continuação)

Condição verificada na inspeção especial segundo parâmetros estruturais		Nota de classificação
Apoio (meso-estrutura)	Deslocamento e ou desalinhamento de peças estruturais gerando excentricidades que podem ocasionar instabilidades ou concentração de tensões	2
	Vigas transversinas ou longarinas mal ou insuficientemente apoiadas em pilares, sintomas localizados como trincas (grandes fissuras) junto aos apoios na interface das vigas e pilares podem vir a reforçar este juízo	1
Aparelhos de apoio	Aparelhos de apoio de neoprene com pequenos rasgos na camada superficial, sem exposição das chapas de fretagem	5
	Aparelhos de apoio metálicos com corrosão superficial	4
	Aparelhos de apoio danificados ou comprometidos gerando alguma vinculação sem causar grandes esforços, recalques diferenciais e sem criação de cunhas de ruptura ou fissuras no entorno	3
	Aparelhos de apoio comprometidos, gerando vínculos imprevistos com cunhas de ruptura e recalques diferenciais com trincas ou fissuras	2
	Aparelhos de apoio danificados totalmente rompidos, dando origem a esforços horizontais e ou travamento de rotações, indesejáveis no esquema estrutural original	1
Juntas	Juntas de dilatação parcialmente obstruídas sem causar restrições à movimentação dos tabuleiros	5
	Juntas de dilatação obstruídas, causando restrições à movimentação dos tabuleiros	4
	Juntas de dilatação obstruídas, com contribuição para o quadro patológico com formação de fissuras em vigas longarinas e lajes	3
	Juntas de dilatação obstruídas, causando graves danos à superestrutura (esmagamento do concreto de vigas e lajes, formação de quadro de fissuração e esforços não previstos na meso e infraestrutura)	2
Encontros	Taludes de encontro com pequenos sulcos, sem causar danos às fundações	5
	Taludes de encontro com erosão, com situação estabilizada, sem causar danos às fundações	4
	Deslizamento de taludes de encontro	2
	Deslizamento de taludes de encontro gerando possível perda de base de apoio de fundações e ou empuxos ativos nos pilares	1
	Desníveis do pavimento, na transição trespavimento x tabuleiro, gerando acréscimo no impacto da carga acidental	3
Outros	Drenos inexistentes ou comprometidos no interior dos caixões, acarretando retenção de água no seu interior	3

APÊNDICE B – Classificação segundo parâmetros funcionais

Tabela E.3 – Classificação segundo parâmetros funcionais

Condição verificada na inspeção especial, segundo parâmetros funcionais		Classificação nota
Drenagem	Drenagem deficiente sem causar empoçamento ou aquaplanagem	4
	Drenagem no tabuleiro deficiente com empoçamentos localizados que não provoquem o fenômeno de aquaplanagem	3
	Drenagem ineficiente ou inexistente gerando pontos úmidos e formação de lâmina de água, possibilitando derrapagem ou o fenômeno de aquaplanagem	1
Pista	Pista de rolamento com pequenas irregularidades, sem gerar desconforto ao usuário	5
	Pista de rolamento com irregularidades, gerando desconforto ao usuário	4
	Desníveis no pavimento, na transição terra/pleno x tabuleiro e juntas de dilatação, causando solavancos	3
Juntas	Pontos danificados nas juntas de dilatação sem causar desconforto ao usuário	4
	Berço danificado nas juntas de dilatação, gerando pequeno desconforto ao usuário	3
Dispositivos de segurança	Dispositivos de segurança com pontos danificados (segregação de concreto, armadura exposta)	3
	Dispositivos de segurança inexistentes, comprometendo a segurança dos usuários	1
	Inexistência de dispositivos de segurança para proteção de peças estruturais sujeitas a impactos	2
Passeio e guarda-corpo	Guarda-corpo rompido ou inexistente	1
Gabaritos	Sinalização horizontal e vertical inadequadas ou inexistentes, com risco à segurança da obra e usuários	2
	Acidentes com choques de veículos ou embarcações na estrutura	2

Fonte: NBR 9452:2019

APÊNDICE C – Classificação segundo parâmetros de durabilidade.

Tabela E.4 – Classificação segundo parâmetro de durabilidade

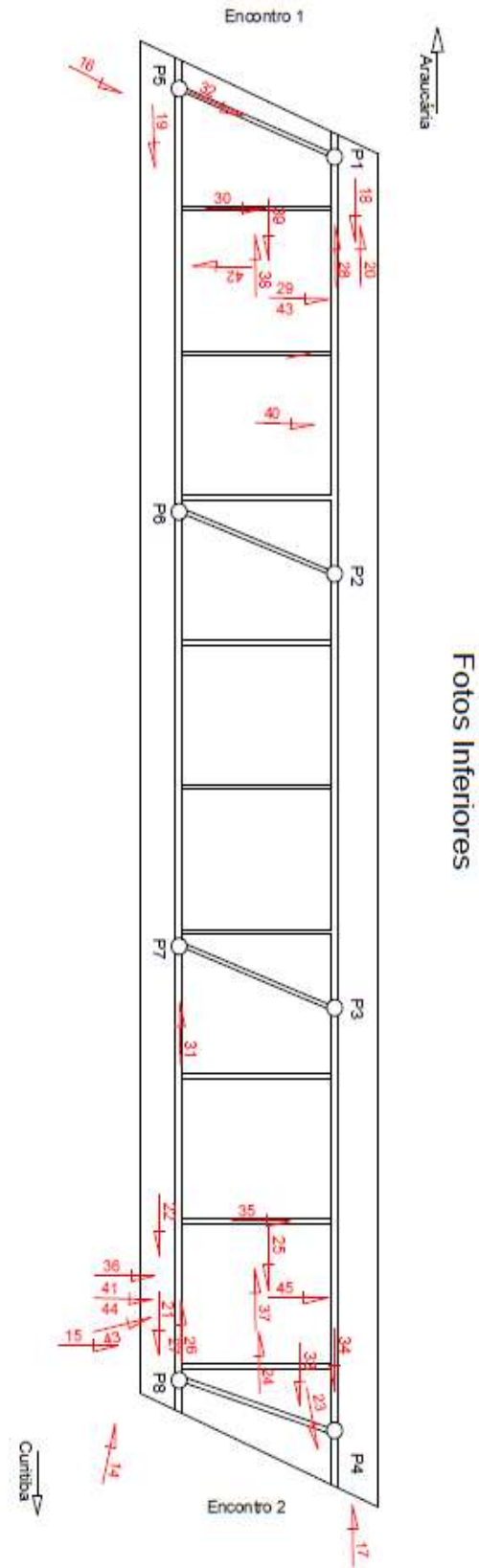
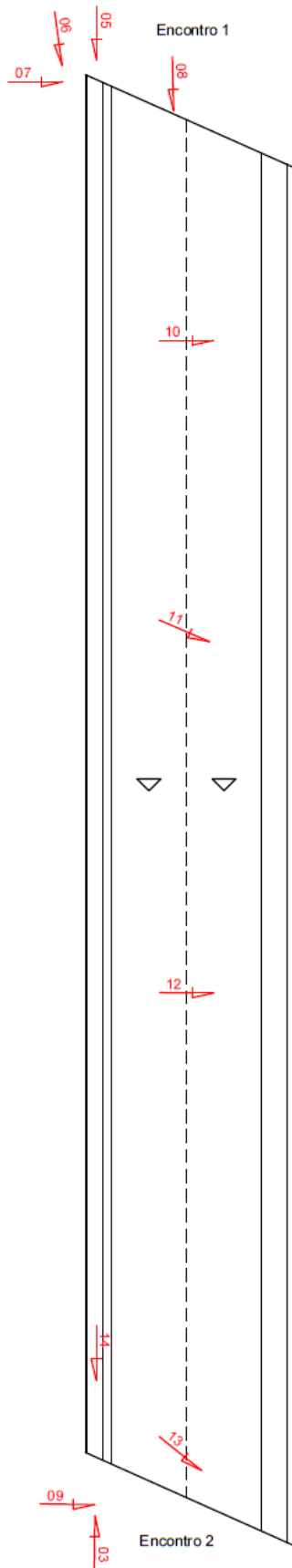
Condição verificada na inspeção especial segundo parâmetro de durabilidade		Nota de classificação		
		Elemento onde foi constatada a condição		
		Principal	Secundário	Complementar
Fissuração	Quadro de fissuração generalizada, mas dentro dos limites previstos conforme ABNT NBR 6118:2014, 13.4	5	5	5
	Quadro de fissuração inaceitável, conforme ABNT NBR 6118:2014, 13.4	1	2	3
	Fissuração de elementos estruturais com indícios de reação expansiva (alcali-agregado ou sulfatos)	2	2	3
Armadura	Armaduras expostas com corrosão incipiente	3	4	4
	Armadura exposta em processo evolutivo da corrosão	2	3	4
	Armadura protendida exposta, mesmo sem corrosão, em ambiente de baixa e média agressividade	3	4	—
	Armadura protendida exposta e corroída	1	2	3
	Obras com deficiência de cobrimento sem armadura exposta	4	5	5
	Obras com deficiência de cobrimento com estufamento por expansão da corrosão	3	4	4
Concreto	Concreto segregado com áreas inferiores a 0,1 m ² em zonas favoráveis de tensões	4	4	5
	Concreto segregado em regiões de tensões de compressão, mas em pequenas áreas (entre 0,1 m ² e 0,5 m ²)	3	4	5
	Concreto segregado em regiões sujeitas a tensões de compressão, em área superior a 0,5 m ²	2	3	4
	Lixiviação superficial do concreto	4	4	5
	Manchas superficiais de fuligem atmosférica	4	4	5
	Calcinção do concreto com exposição de armaduras	1	2	3
Carbonatação	Eflorescências, com surgimento de manchas esbranquiçadas decorrentes de reação de carbonatação	4	4	5
	Carbonatação com profundidade atingindo armaduras principais	3	3	4
	Carbonatação com profundidade superior à espessura do cobrimento da armadura	2	3	3

Tabela E.4 (continuação)

Condição verificada na inspeção especial segundo parâmetro de durabilidade		Nota de classificação
Drenagem	Buziños obstruídos	3
	Drenagem do caixão inexistente ou insuficiente, com acúmulo de água dentro dos mazmos	2
	Presença de água internamente às bainhas de amadura pretendida	1
	Drenagem do tabuleiro totalmente inoperante	2
Taludes	Taludes dos encontros com erosão localizada ou solapamento de material	3
	Taludes dos encontros com erosão significativa	2
	Taludes dos encontros com erosão significativa, acarretando desconfinamento da fundação	1
	Taludes protegidos com peças faltantes ou danificados	4
	Percolação de águas pluviais ou subterâneas pelos taludes dos encontros	3

Fonte: NBR 9452:2019

APÊNDICE D – Croqui de fotos superiores e inferiores.



Fotos Inferiores