Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS MAIS FREQUENTES EM OBRAS DE ARTE ESPECIAIS COM DUAS VIGAS LONGITUDINAIS

D. J. SOUZA
Engenheiro Civil
Universidade Federal do Paraná
Paraná; Brasil
diegojesus@ufpr.br

H. CEZARIO
Estudante
Universidade Federal do Paraná
Paraná; Brasil
helo.cezario@gmail.com

I. G. SILVA
Estudante
Universidade Federal do Paraná
Paraná; Brasil
isa.grossisilva@gmail.com

E. FLÔR
Engenheiro Civil
Universidade Federal do Paraná
Paraná; Brasil
ericp.f@hotmail.com

RESUMO

Entre as etapas do processo de projeto de estrutura de pontes, consta a definição da morfologia estrutural que será adotada. Entre as diversas opções que tem em mãos o projetista, o modelo baseado em duas vigas longitudinais está entre as alternativas mais simples e acolhidas. Essa opção destaca-se também por ser adequada aos casos mais genéricos, que conferem solicitações que não recaem em quadros específicos. Em todo caso, estruturas com duas vigas longitudinais, associadas a um conjunto de vigas transversais – também denominadas transversinas – permitem a configuração do efeito de grelha almejado para as estruturas de pontes. O Escritório Modelo de Engenharia Civil (EMEA) da Universidade Federal do Paraná, em parceria com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) vêm elaborando um projeto que busca, entre outros objetivos, cadastrar e avaliar o desempenho das Obras de Arte Especiais (OAEs) dos estados do Paraná e Santa Catarina. Entre os processos de avaliação consta o levantamento das manifestações patológicas atuantes na OAE. A partir dos dados levantados, foi possível associar os mecanismos deletérios às morfologias das obras, particularizada neste artigo às estruturas de ponte em duas vigas. Este artigo busca apresentar um estudo de caso a partir do levantamento cadastral destas OAEs, bem como avaliar a correlação entre as manifestações atuantes e a morfologia em estudo. Os dados avaliados permitiram estabelecer tal correlação, bem como inferir sobre os processos que encaminham a essa correpondência.
Palavras-chave: Obras de Arte Especiais, Mecanismos Deletérios, Ponte em duas Vigas.

ABSTRACT

Among the steps of the bridge structure design process, there is the definition of the structural morphology to be adopted. Among the various options at hand the designer, the model based on two longitudinal beams is among the simplest and most accepted alternatives. This option also stands out for being suitable to the most generic cases, which give requests that do not fall into specific frames. In any case, structures with two longitudinal beams associated to a set of transverse beams - also called crossbeams -, allow the configuration of the desired grid effect for bridge structures. The Model Office of Civil Engineering (EMEA) at the Federal University of Paraná, in partnership with the National Department of Transport Infrastructure (DNIT), have been developing a project that seeks, among other objectives, register and evaluate the performance of the Special Art Works (OAE) in the states of Paraná and Santa Catarina. Among the evaluation processes, there is the register of the pathological manifestations active in OAE. From the data collected, it was possible to associate the deleterious mechanisms to morphologies of the works, particularized in this article, to the two beams bridge structures. This article intends to present a case study from the cadastral research of these OAE, and to evaluate the correlation between active demonstrations and morphology study. The evaluated data allowed to establish this correlation and infer about how the processes refer to this correlation.
Keywords: Special Construction of Art, Deleterious mechanisms, Bridge into two beams

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

1. INTRODUÇÃO

As obras de arte especiais (OAE's) constituem pontos críticos da malha rodoviária e ferroviária do país. Isso ocorre, pois as OAE's são fundamentais na interligação entre dois pontos através de obstáculos naturais, e, ao mesmo tempo apresentam alto grau de degradação e que trazem riscos sociais, ambientais e econômicos para o país.

Logo, torna-se importante a geração de um mapeamento das obras e seu nível de degradação, que serão usados como informação para priorizar serviços de recuperação, localizando estruturas em risco eminente. Este é o principal objetivo do projeto entre a Universidade Federal do Paraná (UFPR) e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) intitulado "Desenvolvimento e Aplicação de Metodologia de Avaliação Objetiva das Condições Funcionais e Estruturais de Obras de Arte Especiais". O presente artigo é vinculado à execução desse projeto e todos os dados apresentados e métodos utilizados são, portanto, oriundos das atividades desenvolvidas neste.

A manutenção deste tipo de obra está ligada a fatores econômicos, ambientais e sociais e, quando realizada de maneira correta, garante o bom funcionamento da estrutura. As inspeções realizadas pelo Escritório Modelo de Engenharia Civil, ligado à UFPR, apresentam muito mais do que a listagem de manifestações patológicas: oferecem também um panorama da durabilidade da estrutura, bem como o modo que ela poderá interferir nos gastos com manutenção, no ambiente que está inserida e na vida da população que dela depende.

Segundo DNER (1996) [1], no caso de Obra de Arte Especial, o tipo estrutural mais simples é a viga, a qual pode ser utilizada em uma ampla faixa de extensão, desde 10 metros de extensão em pontilhões ou com mais de 100 metros no caso de vigas protendidas, além de poder ter altura variável conforme a concepção estrutural. Contudo, manter as dimensões constantes tornam a execução mais simples e rápida. No entanto, seu uso pode ser limitado pela estética ou pelo gabarito vertical desejável.

A NBR 6118/14 (item 14.4.1.1) [2] define vigas como "elementos lineares em que a flexão é preponderante" e elementos lineares são aqueles em que o comprimento longitudinal supera em pelo menos três vezes a maior dimensão da seção transversal, sendo também denominada barras.

De acordo com Araújo (1999) [3], é comum em pontes de duas vigas longitudinais a variação da espessura das vigas, essencialmente, na região de apoio ao pilar devido ao grande esforço cortante na região.

Conforme a IPR-709 (2004) [4] existem 5 (cinco) tipos de inspeções realizadas em pontes rodoviárias, as quais se distinguem pela função e periodiciocidade que são feitas. O presente estudo refere-se a análise de determinadas Obras de Artes Especiais (OAE's) com morfologia de duas vigas nas quais foram realizadas a inspeção cadastral, com o objetivo de registrar o máximo de informações possíveis, desde os dados de projeto, como informações construtivas e os particularidades observados in-loco.

Segundo MARCHETTI (2011) [5], os principais requisitos de uma ponte são a funcionalidade, segurança, estética, economia e durabilidade. Sendo assim, a importância de se quantificar e estudar as manifestações patológicas está ligada diretamente na análise de segurança e durabilidade da OAE.

Dessa maneira, objetivo do presente estudo é tornar possível ter uma noção prévia das principais manifestações patológicas encontradas em OAEs de morfologia de duas vigas, a fim de que auxilie os inspetores dessas construções.

2. METODOLOGIA

O convênio do Escritório Modelo de Engenharia Civil (EMEA) e Departamento Nacional de Infraestututra de Transporte (DNIT) visa criar uma metodologia de ranqueamento de pontes e viadutos através das inspeções realizadas em campo. Para o presente estudo, foram usadas as inspeções realizadas através desse convênio e analisadas apenas as manifestações existentes em pontes e viadutos de duas vigas, totalizando 36 OAEs.

A inspeção seguiu o padrão proposto por Falavigna et al. (2015) [6] em que uma equipe é designada para realizar as atividades de croqui (esboço dos perfis longitudinal, transversal, vista superior da pista e vista superior dos elementos), relatório fotográfico (fotos cadastrais e de manifestações patológicas), cadastro da OAE inspecionada e listagem das manifestações patológicas existentes. Ainda na inspeção em campo é observada a intensidade da manifestação, podendo classificá-la como insignificante, pequena, média, grande ou imensa, de acordo com a presença da manifestação

patológica no elemento da OAE analisada. A intensidade insignificante se refere a menos de 5% da área total do elemento. A intensidade pequena acontece quando de 5 a 25% da área do elemento está com manifestação patológica. Para se ter intensidade média, é necessário que de 25 a 50% do elemento esteja com a manifestação. Para intensidade grande é necessário de 50 a 75% e para intensidade imensa a manifestação deverá estar presente em mais de 75% da área do elemento. Considerando esta informação, analisaremos abaixo as manifestações patológicas que ocorrem com maior frequência na morfologia de duas vigas, sendo elas a corrosão da armadura com desplacamento de concreto e a mancha de umidade, relacionando-as com a intensidade e o elemento em que está presente. Após a realização dessa etapa, os dados são compilados e armazenados em um banco de dados.

De acordo com IPR-709 (2004) [4], além dos procedimentos gerais devem ser realizados os específicos que, no caso de superestruturas de vigas e lajes maciças, deve-se registrar a deficiência de cobrimento, armaduras expostas e corroídas e as anomalias no concreto, como fissuras, desplacamentos, infiltrações e eflorescências, além de identificar as possíveis causas como drenagem deficiente, ausência de pingadeiras e trincas na laje. Desse modo, é evidente a importância da análise das manifestações patológicas presentes no sistema estrutural de duas vigas, registrando a ocorrência e progressão das mesmas. Deste modo, o Escritório Modelo de Engenharia Civil desenvolveu a lista de manifestações patológicas presente abaixo e que foi usada como base para o presente artigo.

2.1 Manifestações patológicas encontradas nas Obras de Arte Especiais.

- FISSURAS
  - Fissura em linha na região dos apoios
  - Fissura em linha no meio do vão
  - Fissura em linha a 45° nos cantos
  - Fissura na face superior sobre as vigas
  - Fissura em linha vertical
  - Fissura em linha horizontal
  - Fissura mapeada
- MANCHAS
  - Manchas de fogo
  - Fragmentação por fogo
  - Manchas de umidade
  - Eflorescências, com surgimentos de manchas esbranquiçadas
- CONCRETO
  - Estalactites devido a lixiviação
  - Desgaste superficial
- CORROSÃO
  - Corrosão da armadura (apenas mancha de corrosão)
  - Corrosão da armadura com desplacamento do concreto
  - Corrosão da armadura com desplacamento e perda de seção
  - Corrosão da armadura com desplacamento e rompimento da barra
- DEFEITOS CONSTRUTIVOS
  - Armadura exposta por deficiência de cobrimento, sem corrosão
  - Concreto segregado
  - Nicho de concretagem
- DEFEITOS GEOMÉTRICOS
  - Desalinhamento
  - Deslocamento
- FLECHA
  - Deformação excessiva

- ENCONTROS
  - Deslizamento
- APARELHOS DE APOIO
  - Danos gerando esforços imprevistos
- DRENAGEM
  - Inexistência de drenos
  - Entupimento de drenos
  - Quantidade ou tamanho insuficiente
  - Deficiencia nas pingadeiras e buzinotes
  - Percolação de águas pluviais ou subterrâneas
- PAVIMENTO
  - Buraco
  - Desgaste
  - Afundamento, escorregamento e/ou ondulação
  - Recapeamento irregular
- OPERAÇÃO
  - Choque de veículos
  - Sinalização horizontal deficiente
  - Barreira não padronizada
  - Guarda corpo rompido ou inexistente
  - Iluminação deficiente
- OUTROS
  - Vegetação incrustada

3. RESULTADOS

Para o presente estudo foram coletadas informações de inspeções em OAE's realizadas pelo EMEA, sendo que de 186 OAEs, 36 são da morfologia de duas vigas.

Após o cadastramento de cada OAE e das manifestações patológicas em cada elemento, observou-se que as 5 (cinco) manifestações patológicas mais recorrentes são, respectivamente, corrosão da armadura com desplacamento de concreto, manchas de umidade, eflorescência com o surgimento de manchas esbranquiçadas, corrosão com o aparecimento apenas das manchas de corrosão e armadura exposta por deficiência de cobrimento, sem corrosão, como mostra (Figura 27).



Figura 27 - Cinco manifestações patológicas mais recorrentes em morofologia de duas vigas

Na inspeção em campo também são observadas as intensidades das manifestaçcoes patológicas, cujas classificações enquadram-se como insignificante, pequena, média, grande ou imensa, de acordo com a intensidade no elemento da OAE analisada. O grau insignificante se refere a menos de 5% da área total do elemento. A pequena acontece quando de 5 a 25% da área do elemento está com manifestação patológica. Para se ter intensidade média, é necessário que de 25 a 50% do elemento esteja com a manifestação. Para proporções grandes são necessários de 50 a 75% e, por fim, na imensa, a manifestação deverá estar presente em mais de 75% da área do elemento. Considerando esta informação, analisa-se abaixo as manifestações patológicas que ocorrem com maior frequência na morfologia de duas vigas, sendo elas a corrosão da armadura com desplacamento de concreto e a mancha de umidade, relacionando-as com a intensidade e o elemento em que está presente.

3.1 Corrosão da armadura com desplacamento de concreto

Esta manifestação patológica fora observada 89 vezes e em 7 elementos diferentes, sendo eles: viga de concreto armado, pilar em colunas de concreto armado, transversina de ligação e portante de concreto armado, viga de contraventamento de pilar, travessa de concreto armado, laje de concreto armado e encontro - cortina e parede frontal de concreto armado. A (Figura 28) mostra o gráfico da porcentagem desta manifestação em cada elemento.

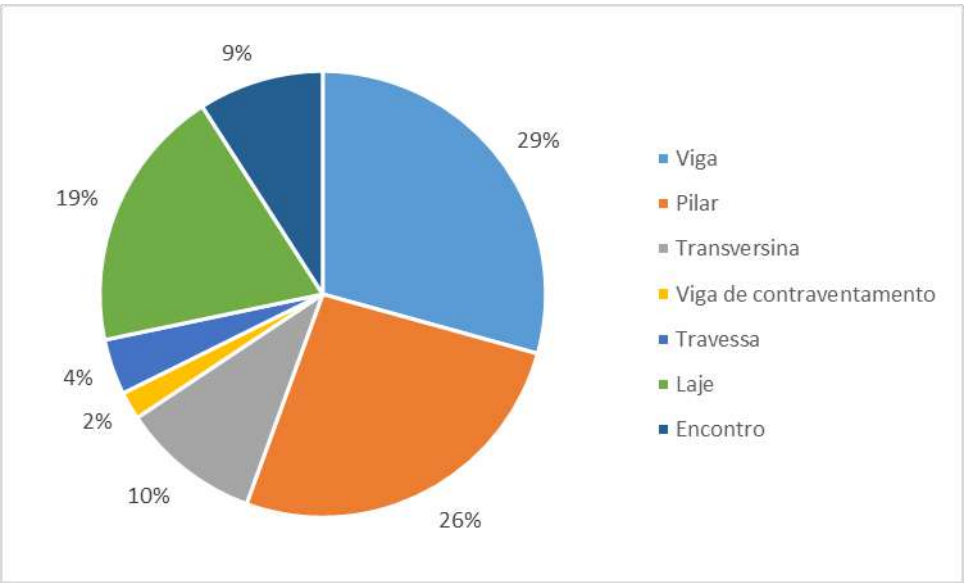

Figura 28 – Porcentagem dos elementos onde ocorre a manifestação corrosão da armadura com desplacamento do concreto

De acordo com o gráfico acima, a viga é o elemento onde há a maior ocorrência de corrosão da armadura e posterior desplacamento do concreto. Tais eventualidades são ligadas, em sua maioria, à falta de cobrimento durante a construção ou à lixiviação da reserva alcalina do concreto e carbonatação, levando ao despassivação da armadura e consequente corrosão.

3.2 Mancha de umidade

Esta manifestação patológica obteve uma ocorrência de 85 vezes e em 7 elementos diferentes, sendo eles: viga de concreto armado, pilar em colunas de concreto armado, transversina de ligação e portante de concreto armado, muro de arrimo, travessa de concreto armado, laje de concreto armado e encontro - cortina e parede frontal de concreto armado. A (Figura 29) mostra o gráfico da porcentagem desta manifestação em cada elemento.

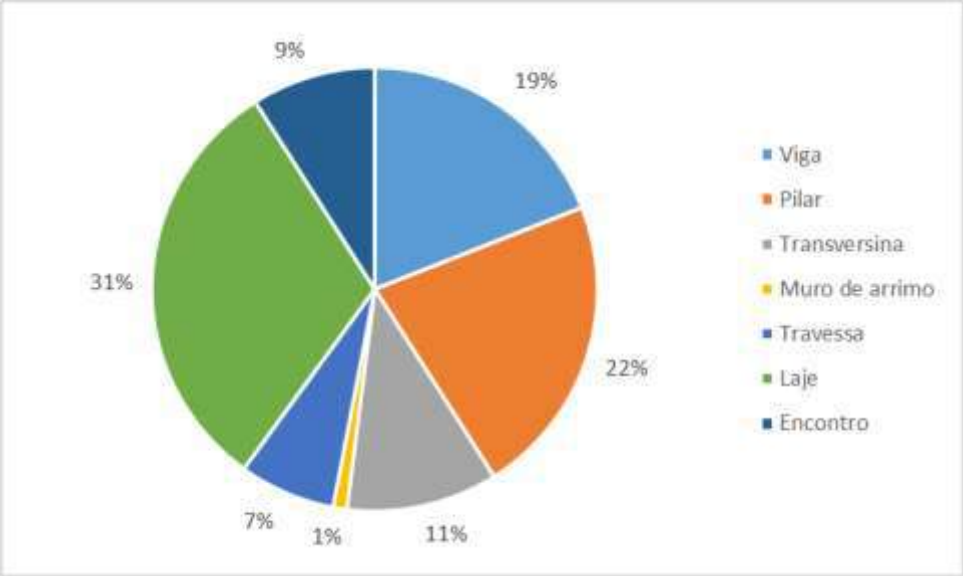

Figura 29 – Porcentagem dos elementos onde ocorre a manifestação mancha de umidade

Observa-se que as vigas são o terceiro elemento onde mais ocorrem manchas de umidade, possivelmente pelo contato direto com a laje, este último, onde fora observada a maior ocorrência. Quanto à presença de manchas nos pilares, o que se viu fora uma intensa presença de umidade nas proximidades com o solo, haja vista que a absorção capilar do concreto influencia diretamente neste resultado.

Foi notado em inspeção que, quando não existe pingadeiras ou buzinotes, a ocorrencia desta manifestação é consideravelmente maior. Deste modo, a viga recebe o manchamento e a umidade oriundos da laje, podendo agravar outras manifestações nela existentes.

3.3 Fissuras

Dentre as manifestações patológicas observadas e que se relacionam com o tipo de morfologia de duas vigas estudada estão os diversos tipos de fissuras, das quais podemos citar: fissura mapeada, fissura próxima com o apoio na superestrutura, fissura na face superior sobre as vigas, fissura em linha no meio do vão, fissura em linha horizontal, fissura em linha na região dos apoios, fissura em linha a 45º nos cantos e fissura em linha vertical, como mostra a

O tipo de fissura que obteve maior incidência foi às fissurações horizontais, comumente associadas às lajes, n linha no meio do vão cuja ocorrência é devido à flexão.



Figura 4 - Tipo e quantidade de fissuras

A Figura 31 ilustra a intensidade das fissuras encontradas no estudo das OAE's. Além disso, outra fissura que demonstra grande importância nesse estudo devido ao tipo de estrutura é a em linha a 45º nos cantos, que indica a presença de esforços cortantes ocasionando fissuras de cisalhamento.

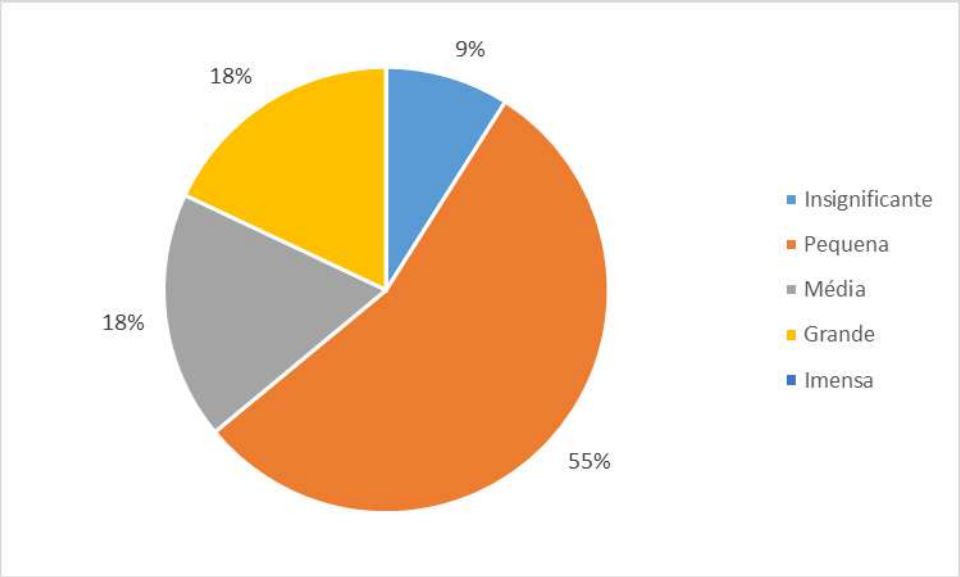

Figura 31 – Intensidade da fissura em linha no meio do vão

Desta forma, observa-se que para morfologia composta por duas vidas, seja de concreto armado ou protendido, a ocorrência da fissuração ocasionada pelos esforços de flexão são relevantes.

4. CONCLUSÃO

Por meio do estudo realizado é possível constatar as principais manifestações patológicas observadas nas 36 Obras de Artes Especiais, que possuem o sistema estrutural de duas vigas, localizadas nos estados de Santa Catarina e Paraná, sendo que as com maior incidência são as originadas de falhas construtivas que podem ser por uso de materiais inapropriados, escolha de métodos ou equipamentos inadequados ou pelo uso de mão de obra não especializada, levando a ocorrência de desplacamento com corrosão, manchas de umidade, eflorescência, entre outros. Além disso, o levantamento das fissuras é o esperado para OAEs de duas vigas, já que pela morfologia os esforços predominantes são momento fletor e força cortante que originam fissuras no meio do vão e a 45º nos apoios.

5. REFERÊNCIAS

[1] DNER. "Manual de projeto de obras-de-arte especiais", 1996.
[2] Associação Brasileira De Normas Técnicas, "Projeto de estruturas de concreto – procedimento, NBR 6118", 2014,
[3] Araújo, D., "Projeto de ponte em concreto armado com duas vigas", 1999, p. 21.
[4] Dnit, IPR 709.
[5] Marchetti, O. "Pontes de concreto armado", 1ª Ed, São Paulo, *Blucher*, 2011.
[6] Falavigna, C. *et al*, "A procedure for the inspections and assessment of bridges", Eighth International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management, Foz do Iguaçú, 2016.