MAPEAMENTO E ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA SUPERESTRUTURA DE 10 VIADUTOS EM SEÇÃO CAIXÃO NO CONTORNO SUL DE CURITIBA.

WOLFF, Lucas Vaslanv da Silva[1], MOREIRA, Amacin Rodrigues[2]

[1] AAD Projetos Consultoria e Engenharia, Engenheiro Civil, e-mail: lucaswlff@hotmail.com.
[2] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Professor Adjunto, e-mail: amacinrm@utfpr.edu.br

RESUMO

A aprendizagem com o mapeamento de patologias é de extrema importância, tanto para a recuperação das obras de arte quanto para melhoria dos processos executivos. As análises destas patologias devem orientar os procedimentos para a correção das deficiências com precisão. Os viadutos do Contorno Sul de Curitiba tornaram-se variáveis logísticas para o escoamento da produção, alocam parte do setor industrial e descongestionam o trânsito de áreas de comércio e prestação de serviço da cidade. As patologias inspecionadas nestes viadutos causam sensações de insegurança aos usuários e aceleram a deterioração da obra, onde se observam intervenções que apenas tratam os sintomas sem resolver as causas patológicas. Devido à forma de seção caixão dos viadutos, foram observadas singularidades relacionadas a esta morfologia. A pesquisa apresenta o mapeamento e a análise das patologias de 10 viadutos em seção caixão no contorno sul de Curitiba. Através do estudo destes laudos de inspeção, verificaram-se as principais incidências de patologias, assim como a localização, identificando-se as principais causas, utilizando de uma abordagem quantitativa das patologias registradas. Do levantamento, foi possível elaborar recomendações para o projeto, execução, manutenção e recuperação, bem como, orientações para a fiscalização e inspeção das obras em questão, visando melhorias nestes processos.

Palavras chave: Viadutos; Seção Caixão; Inspeção; Patologias.

ABSTRACT

Learn with the mapping of pathologies is of paramount importance, for the recovery of works of art and for improving business processes. The analysis of these pathologies should guide the procedures for correcting deficiencies accurately. Viaducts Contour South Curitiba became logistical variables to the flow of production, allocate part of the industrial sector and free the pass of transit areas of trade and service provision of the city .The pathologies inspected of these viaducts cause feelings of insecurity users and accelerate deterioration of the work, which are observed interventions that only treat the symptoms without addressing the pathological causes. Due to the box section of the viaducts, singularities related to this morphology were observed. The research presents the mapping and analysis of 10 viaducts in the box section in the south Contour of Curitiba. Through the study of these inspection reports, verified there been incidences of the major pathologies, as well as the location, identifying the main causes, using a quantitative approach of the registered pathologies. From the survey, it was possible to formulate recommendations for the design, implementation, maintenance and recovery, as well as guidelines for the supervision and inspection of the works in question, in order to improve these processes.

Keywords: Viaducts, Box Section, Inspection, Pathology.

1. INTRODUÇÃO.

Pontes, viadutos e outras Obras de Arte Especiais (OAE) são variáveis logísticas importantes nas vias destinadas para a orientação do crescimento das cidades. Estas vias proporcionam infraestrutura para o desenvolvimento ordenado dos diversos setores de uma cidade, ao escoar os bens de consumo de indústrias, ou desviar o tráfego de áreas comerciais e residenciais. O Contorno Sul de Curitiba é uma destas vias, responsável por ligar dois eixos principais da cidade, desviando de áreas com grande concentração urbana, e por abrigar boa parte das grandes indústrias alocadas na cidade. O desempenho dos viadutos estudados tem a importância de manter o funcionamento desta via.

Os 10 viadutos analisados na via, possuem uma seção em forma de caixa, sendo um elemento vazado, e com características estéticas, funcionais, estruturais e econômicas vantajosas para a construção. Também devido a sua morfologia, foram encontradas situações nas causas patológicas especificas deste tipo de seção.

A deterioração destas OAE's causam prejuízos diretos de manutenção, que quanto mais postergadas maiores os custos serão. Sem a identificação da causa da patologia, serão tratados apenas os sintomas, sem extinguir a falha no processo de conservação da construção, gerando custos pela repetição das mesmas falhas.

Para ser obtida precisão, e por consequência menores custos, faz-se necessária a aprendizagem constante a respeito das causas das patologias encontradas durante as inspeções, mapeando o surgimento das falhas ao longo do projeto, execução, inspeção e manutenção.

As inspeções realizadas nos viadutos em questão foram com base nas normas do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT). Foi preenchido um formulário padrão para cada uma das obras enquanto eram inspecionadas, especificando o tipo de patologia, região e intensidade encontrada.

Através das análises das incidências de patologias registradas nos laudos, vinculadas a sua localização nas construções e intensidades, foi possível definir causas de patologias recorrentes entre os viadutos, e com base nas falhas encontradas, recomendar cuidados a serem tomados desde as etapas de projeto da OAE, proporcionado um melhoramento do processo construtivo.

2. VIADUTOS

Segundo Freitas (1978), uma ponte pode ser definida como uma obra cujo objetivo é manter a via de comunicação entre lugares, através de um obstáculo natural ou artificial, com a característica de não interromper totalmente este obstáculo, sendo esse obstáculo

predominantemente à água. Quando o obstáculo a ser transposto não apresenta água, ou quando essa é pouco significativa, a obra recebe o nome de "viaduto".

Ainda, para O'Connor (1975), a qualidade de uma ponte pode ser medida pela satisfação dos seus objetivos básicos de projeto, que são: funcional, estrutural, econômico e estético.

A maioria das pontes e viadutos apresentam três componentes básicos: superestrutura, meso e infraestrutura. A superestrutura se compõe de longarinas, transversinas e lajes, que suportaram os esforços ao longo do vão. A mesoestrutura é normalmente comporta por pilares e aparelhos de apoio que transmitem os esforços da superestrutura para a infraestrutura. A infraestrutura são os elementos responsáveis por toda parte de transmissão de esforços ao solo e contenções. Podem-se visualizar essas estruturas mais detalhadamente na figura 1, onde é mostrado um esquema simplificado dos viadutos.

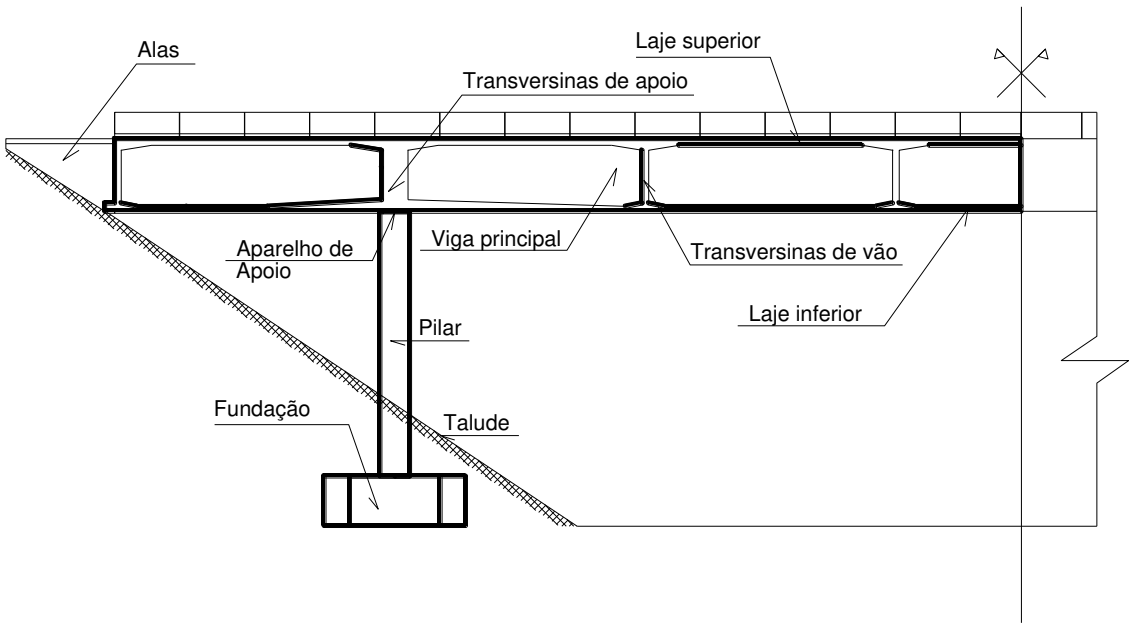


Figura 1: Esquema simplificado de uma ponte/ viaduto.

A seleção do material e da forma da superestrutura principal é uma questão complexa e para ser determinada e devem ser levados em consideração todos os fatores que afetam o projeto de cada ponte. A escolha é função do vão, sendo também influenciada pela qualidade e custo dos materiais, condição de fundação, altura da superfície do tabuleiro e limitações impostas pelo local de execução (O'CONNOR, 1975). Os viadutos estudados foram projetados em seção caixão e apoiados em pilares de forma a criar um vão central e balanços em suas extremidades.

3. SEÇÃO-CAIXÃO

As vigas-caixão são soluções estruturais recomendadas para estruturas de pontes em curva e para vãos maiores, acima de 25m, para concreto armado, ou acima de 35m, para concreto

protendido. São compostas por vigas longitudinais, laje superior, laje inferior, transversinas de apoio e transversinas de vão com é possível observar na figura 2 (Manual De Inspeção de Pontes Rodoviária 2ed, 2004).

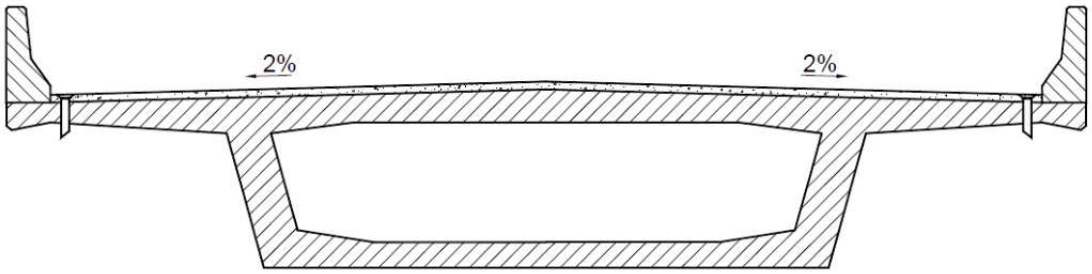


Figura 2: Seção transversal de uma viga com seção-caixão.

(Fonte: Manual De Inspeção de Pontes Rodoviária 2ed, 2004).

Ainda, segundo Pinho (2007), a seção em viga-caixão possui uma grande resistência e rigidez à torção. Além disso, o seu espaço interno possibilita a passagem de tubulações, equipamentos e facilita a sua manutenção. Uma das vantagens mais importantes da viga-caixão, quando utilizada em pontes é a possibilidade de a mesa superior servir como laje do tabuleiro (O'CONNOR, 1975).

4. INSPEÇÃO.

Os conhecimentos das diferentes manifestações originadas dos fenômenos corrosivos são fundamentais para detectar e elaborar o diagnóstico das patologias. Por isso a inspeção da obra constitui-se em uma etapa importante na avaliação e posterior reparação das estruturas de concreto armado danificadas pela corrosão. Através delas se obtém a informação direta ou indiretamente requerida para a solução do problema (Red Iberoamericano, 1998).

Como toda edificação, viadutos em seção-caixão devem ser inspecionados e as manutenções realizadas com certa frequência. Iantas (2010) salienta a importância de manutenções periódicas das estruturas, que se não feitas, fazem com que pequenas patologias, de baixo custo de correção, evoluam para riscos iminentes ao desempenho da construção.

Ainda, segundo Iantas (2010), a falta de planejamento, mau uso dos materiais e descuidos com a execução das estruturas, adicionados à carência de manutenção e uso indevido das construções, acarretam despesas extras a gestão pública.

Aguiar (2006) ressalta que, em um futuro próximo, mais da metade do dinheiro envolvido no orçamento estará direcionado para a reabilitação, reparação e recuperação de patologias em estruturas.

5. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.

O campo das patologias das estruturas se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação, consequências e formas de ocorrências dos erros e dos sistemas de deterioração da estrutura (SOUZA, RIPPER, 1998).

Conforme Aguiar (2006), entre as principais causas da deterioração precoce da estrutura destacam-se:

- Falta de conhecimento por parte dos projetistas e executores das obras quanto a parte de patologias das estruturas.
- Rápido avanço tecnológico, sem a comprovação de todos os efeitos das técnicas absorvidas pelo mercado a respeito da durabilidade da estrutura.
- A falta de conhecimento por parte dos responsáveis da manutenção e conservação da estrutura.

A busca pela solução de um problema patológico deve levar em consideração três etapas (LICHTENSTEIN, 1985 apud. THOMAZ, 1989):

- Levantamento das informações suficientes para a determinação e compreensão do fenômeno patológico.
- Diagnosticar a situação, identificando as múltiplas relações de causa e efeito presentes no fenômeno patológico.
- Prescrever a solução, recomendando as tecnologias existentes com melhor custo e beneficio para a situação, assim como os parâmetros de qualidade final do processo, ou a metodologia de execução adequada.

No local é necessário realizar o levantamento de informações de forma cuidadosa. O responsável técnico deve ter sensibilidade para detectar possíveis anomalias não aparentes e usar os instrumentos a disposições de forma inteligente (BRE, 1978 apud. THOMAZ, 1989).

6. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.

Os dados apresentados são os que embasam as conclusões obtidas com o estudo, sendo as causas patológicas consideradas pontuais, e que não teriam grande influência na melhoria dos processos de projeto e execução dos viadutos, suprimidas desta publicação, devido a grande extensão de tópicos analisados nas inspeções.

As recomendações terapêuticas listadas na figura 3, determinadas para cada um dos viadutos, refletem diretamente as causas e sintomas patológicos encontrados nas inspeções.

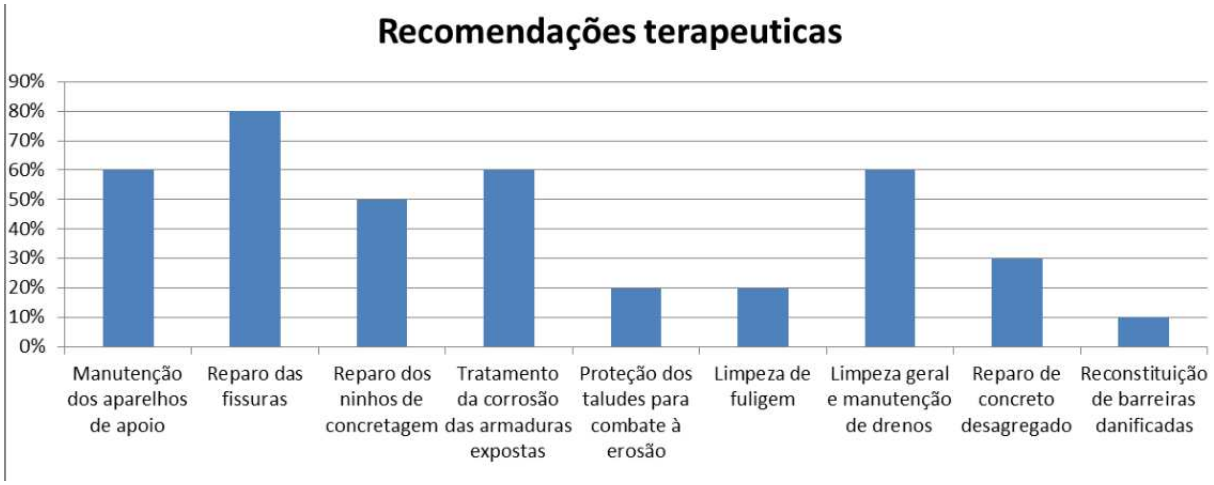


Figura 3: Incidência de recomendações presentes nos laudos.

Analisando a figura 3, observam-se índices acima de 50% relacionados à falta de inspeções e manutenções periódicas, como a manutenção dos drenos e dos aparelhos de apoio, assim como o tratamento de falhas desde a execução da construção, como o reparo dos ninhos de concretagem. Pode-se também observar altos índices de recomendações relacionados aos sintomas de falhas nos processos de construção e conservação da edificação, como o reparo de fissuras e o tratamento da corrosão de armaduras expostas. Aos baixos índices podem-se atribuir causas pontuais ou o agravamento de situações relacionadas aos sintomas mais comuns.

Analisando os sintomas e relacionando com sua localização, pode-se observar uma relação com as recomendações terapêuticas apresentadas, como se pode observar nas figuras 4 e 5, onde foi registrada a incidência de marcas de infiltração e o percentual da localização quando é localizada na laje da seção caixão, e a marca de infiltração encontrada em um dos viadutos inspecionados.

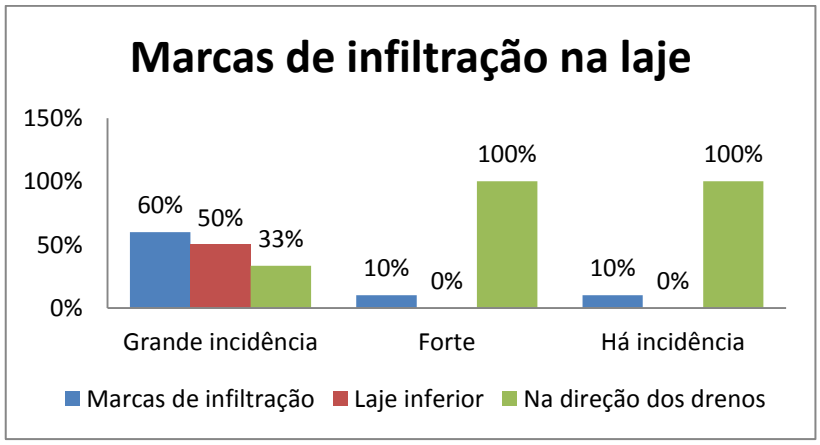


Figura 4: Incidência de recomendações presentes nos laudos.

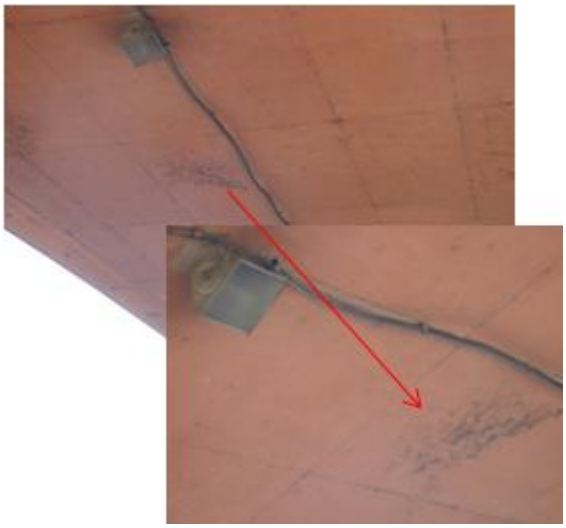


Figura 5: Marca de infiltração localizada na laje inferior da seção caixão.

Como se pode observar na figura 4, marcas de infiltração foram encontradas em maior parte das lajes analisadas, sendo localizadas na laje inferior e na direção dos drenos. No caso de falha nos drenos, há a possibilidade de parte da água que transborda do sistema defeituoso ser acumulada na laje inferior, fazendo surgir marcas como as mostradas na figura 5 e causando patologias ligadas à lixiviação, desagregação do concreto, exposição e corrosão das armaduras. Pode-se observar o fenômeno anteriormente descrito na figura 6, onde é registrado o percentual de armaduras expostas presentes no vigamento principal da seção caixão, e na figura 7, onde é mostrada a exposição de armaduras em uma das lajes inferiores inspecionadas.

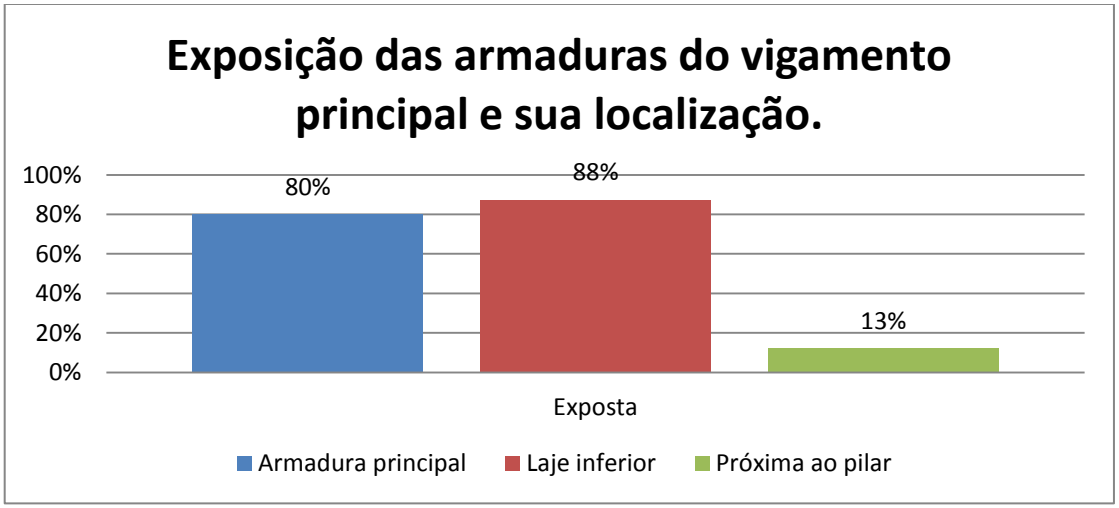


Figura 6: Incidência de armaduras expostas e localização na laje.



Figura 7: Armadura exposta na laje inferior da seção caixão.

As armaduras principais de maior parte das lajes encontram-se expostas, e estas ferragens vulneráveis concentram-se principalmente na região da laje inferior da seção caixão da passarela, como exemplificado na figura 7, e uma pequena parcela próxima ao pilar. A exposição das armaduras na laje inferior não está ligada exclusivamente ao mau funcionamento dos drenos. Falhas durante a execução e fiscalização da obra podem proporcionar a propensão da estrutura apresentar este tipo de patologia, tais como a falta de cobrimento por falta ou mau posicionamento dos espaçadores, concentração excessiva de armaduras gerando ninhos de concretagem, ou adensamento indevido durante a concretagem. Estes fatores prejudicam o desempenho do concreto, tornando de pouca espessura e suscetível a desplacamento no caso de infiltrações, expondo diretamente as ferragens da estrutura.

Algumas patologias detectadas mostraram causas possíveis relativas diretamente à parte de síntese e revisão do projeto, como a preocupação com o espaçamento entre as armaduras, ou o detalhamento das armaduras, atendendo a esforços de dilatação térmica da estrutura, e retração o que se faz necessário devido ao grande volume de concreto presente em cada uma das peças. Uma das situações relatadas pode ser mostrada na figura 8, onde é registrado o percentual de viadutos que apresentam fissuras nas lajes.

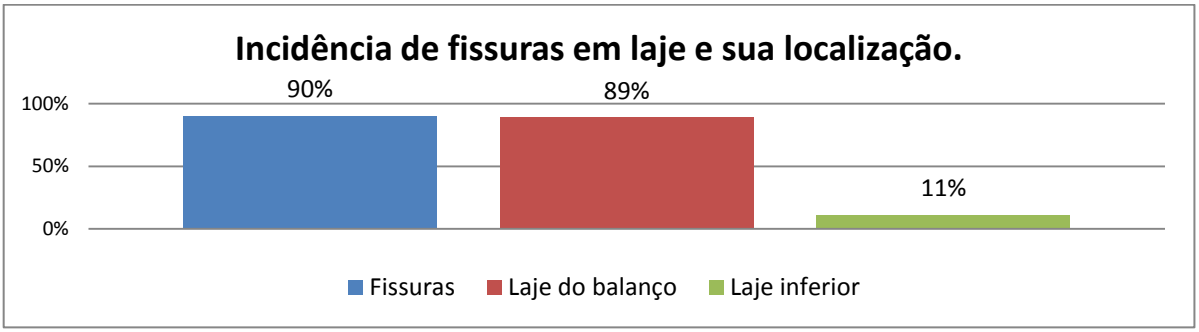


Figura 8: Incidência de fissuras em laje e sua localização.

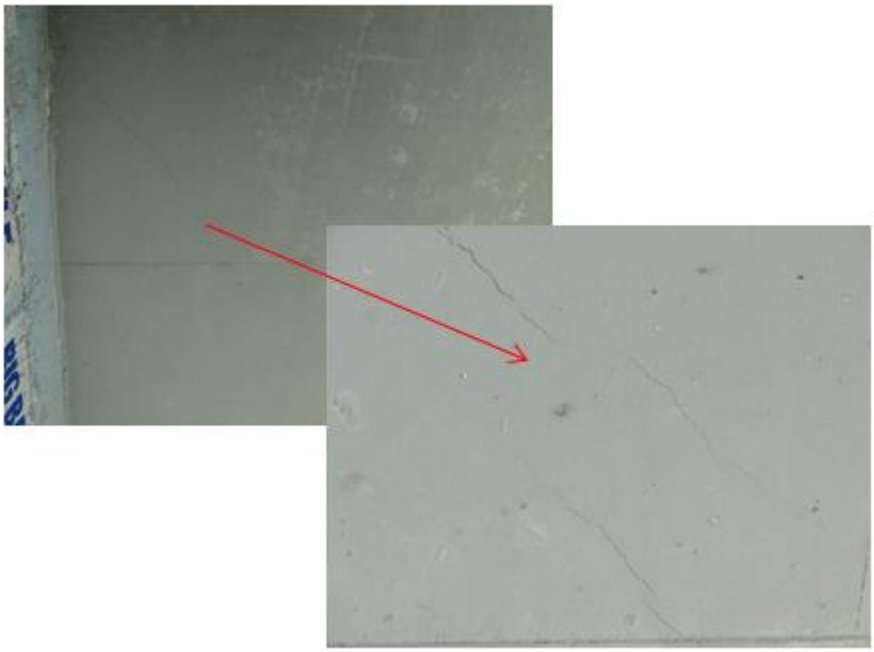


Figura 9: Fissuras em laje do balanço.

Na figura 8, é possível observar que quase a totalidade dos viadutos apresentaram problemas relativos à fissuração da laje do balanço. Tal patologia pode surgir com falhas na execução, como a utilização de concreto com resistência abaixo do especificado para a retirada do escoramento. Mas uma falha característica do projeto de viadutos, onde normalmente utilizam-se bitolas de armadura de grandes diâmetros, e trabalha-se com grandes esforços, é o espaçamento excessivo de armaduras de grande bitola, que pode provocar uma concentração de tensões entre partes do concreto endurecido quando a estrutura é submetida a movimentações térmicas. A localização das fissuras, como é possível observar na figura 9, corrobora também com a hipótese de causa térmica uma vez que a maior parte foi encontrada em uma região de massa bastante inferior em relação ao restante da estrutura, como o balanço, e com espaço para deformações na lateral, favorecendo a propagação dos esforços nesta direção.

A falta de inspeções e manutenções é uma das principais causas do agravamento de patologias. Uma vez que se não localizada a causa, interrompido o processo que denigre a estrutura, e tratada à patologia para proteger e reestabelecer o desempenho, o custo de uma intervenção futura será muito maior, podendo gerar a perda completa da função e estabilidade da construção. Uma das patologias encontradas que evidenciam este processo é a incidência de aparelhos de apoio danificados. Metade dos aparelhos de apoio estavam danificados, e 80% dos aparelhos danificados estavam abaulados mostrando a necessidade de manutenção ou troca do neoprene. Se o estado do aparelho de apoio fosse verificado, e as manutenções realizadas com mais frequência, danos poderiam ser evitados, assim como o risco causado a

estrutura por esforços indesejados, ou não previstos em projeto devido à este tipo de aparelho de apoio.

7. CONCLUSÕES.

Com a análise das incidências das patologias observadas nos viadutos, foi possível identificar as principais ocorrências e relacionar a causas prováveis dos problemas encontrados. Desta forma, é possível salientar as principais causas observadas como:

- Subdimensionamento, má execução ou falta de manutenção dos drenos.
- Falta do uso de meios eficientes para garantir os cobrimentos previstos em norma.
- Falta de controle de qualidade do concreto utilizado.
- Falta de controle de execução das concretagens.
- Falta de preocupação com deformação de origens térmicas (juntas de dilatação, presença de telas para evitar fissuração).
- Subdimensionamento ou falta de manutenção do neoprene.

As inovações tecnológicas entre a época da construção e os dias atuais podem resolver alguns dos problemas salientados. Mas a recomendação em projeto das propriedades desejadas da estrutura é vital para garantir a correta execução da obra, principalmente quando publicas, onde o sistema de contratação é através de licitação e o serviço e a qualidade final exigida devem ser devidamente especificados, para que, junto a uma fiscalização rigorosa, seja possível atingir o desempenho mínimo desejado durante um período razoável.

Como recomendações a serem frisadas na construção de obras de arte, para reduzir a incidência das patologias mais criticas e registradas neste trabalho, indicam-se os seguintes procedimentos:

- Realizar inspeções durante a execução da obra, com o compartilhamento da responsabilidade da obra entre o executor e o fiscal.
- Realizar a inspeção cadastral de forma rigorosa, a fim de corrigir e evitar quaisquer patologias antes da entrega, pagamento e funcionamento da obra.
- Dimensionamento e detalhamento dos drenos de forma a suportarem toda a demanda de água da chuva sem obstrução.
- Limpeza do interior da seção caixão de forma a não deixar nenhum resíduo da sua construção.
- Utilização de espaçadores apropriados para as cargas referentes à armadura e concretagem, de forma que sua utilização não prejudique a qualidade final da obra e possibilite a garantia do cobrimento.

- Controle de concretagem, com mapa de concretagem e moldagem de corpos de prova para o rompimento antes das etapas de protensão e retirada dos escoramentos. Em caso de dúvidas, utilizar esclerometria e outros ensaios para a determinação da resistência do concreto antes da desforma adequada.

- Utilizar juntas de concretagem devidamente vedadas e tratadas, além de armaduras de combate a fissuração.

- Dimensionamento adequado do Neoprene, assim como manutenção e troca quando necessário.

- Impermeabilização de superfícies expostas a umidade.

As recomendações para os projetos e execuções de viadutos em seção caixão basearam-se nas incidências de patologias registradas nos laudos. Porém, cabe observar que algumas recomendações fazem parte de procedimentos de execução difundidos na comunidade acadêmica, devido à aprendizagem com os erros em obras que apresentaram patologias. Desta forma, o presente trabalho também explana a respeito das consequências do não cumprimento das recomendações feitas, uma vez que estes viadutos terão custos de reparo e o desempenho reduzido. Outro ponto a salientar é a importância das inspeções, em todo processo construtivo, de forma rigorosa e orientada pela aprendizagem constante do profissional.

O compartilhamento de responsabilidades entre os envolvidos pelo projeto, execução, inspeção e manutenção das obras é importante para assegurar o comprometimento ao patrimônio publico.

Obras de grande porte podem proporcionar aos envolvidos retornos atrativos, e também garantir o desempenho da construção ao longo de sua vida útil, desde que aplicado a todo o processo de elaboração e construção uma engenharia de qualidade, com profissionais qualificados tecnicamente e dispostos a constantemente se atualizarem.

8. REFERÊNCIAS

AGUIAR, José Eduardo. **Avaliação dos ensaios de durabilidade do concreto armado a partir de estruturas duráveis**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG. Belo Horizonte, 2006.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT (BRE). Wall cladding defects and their diagnosis. Garston, 1978. (Digest 217)

FREITAS, Moacyr. **Pontes, Introdução geral**, EPUSP – PEF/401, 1978.

IANTAS, Lauren Cristina. Estudo de Caso: **Análise de Patologias Estruturais em Edificação de Gestão Pública.** 2010. 57 fls. Monografia (Especialização em Construção de Obras Públicas) – Universidade Federal do Paraná.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações**. 1985. (dissertação de mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo).

Manual de inspeção de pontes rodoviárias. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004

O'CONNOR, Colin. **Pontes: superestruturas**, volume 1, tradutor: Maria de Loudes Campos Campello, revisor técnico: Pedro Paulo Barreto. Rio de Janeiro, livros técnicos e científicos; São Paulo, editora da universidade de são Paulo, 1975.

RED IBEROAMERICANA XV. **Manual de Inspeccion, evaluacion y diagnostico de corrosion em estructuras de hormigon armado**. CYTED, programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo. 1998

SOUZA, V.C.M. e RIPPER, T. **"Patologia, recuperação e reforço de concreto"**. Editora

PINHO, FERNANDO OTTOBONI. **Pontes e Viadutos em Vigas Mistas.** Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2007.

THOMAZ, ERCIO. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** Editora PINI. São Paulo, 1989.