Estado de degradação de um viaduto localizado na cidade de São Carlos-SP

Borges, Alexandre Lopes ¹; Hemkemeier, Thiago Alex ²; Ferreira, Fernanda Giannotti da Silva ³; Sales, Almir ⁴

¹ Mestrando do PPGE Civ, Universidade Federal de São Carlos, lborges.alexandre@gmail.com

² Mestrando do PPGE Civ, Universidade Federal de São Carlos, thiagoalexutpr@hotmail.com

³ Professora Doutora, Universidade Federal de São Carlos, fgianotti@ufscar.br

⁴ Professor Doutor, Universidade Federal de São Carlos, almir@ufscar.br

Resumo: Um dos principais motivos para o surgimento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado é a falta de inspeções e manutenções preventivas nas edificações. Estruturas de concreto armado sem as devidas investigações periódicas podem ser afetadas por problemas como corrosão das armaduras e fissuração do concreto, reduzindo a vida útil das edificações. Em vista disso, a presente pesquisa propôs, por meio de um estudo de caso, verificar como a falta de inspeções e manutenções preventivas desencadeiam ações de mecanismos de deterioração do concreto armado. Para este fim, foram realizadas visitas *in loco*, em um viaduto da cidade de São Carlos-SP, e com isso foi possível identificar as manifestações patológicas encontradas no local, através da inspeção visual e realizar um levantamento fotográfico do estado em que a estrutura se encontrava. Com os dados levantados, foi possível diagnosticar as causas das anomalias identificadas. Verificou-se que o viaduto se encontrava em bom estado, porém, as manifestações patológicas identificadas são decorrentes da falta de manutenção e reparos do local.

Palavras-chave: Manifestações patológicas, manutenções preventivas, deterioração, concreto.

Abstract: One of the main reasons for the appearance of pathological manifestations in reinforced concrete structures is the lack of inspections and preventive maintenance in buildings. Reinforced concrete structures without due periodic investigations can be affected by problems such as corrosion of reinforcement and cracking of the concrete, reducing the lifespan of buildings. Given this, the present study has proposed, through a case study, to verify how the lack of inspections and preventive maintenance triggers the manifestation of deterioration mechanisms at the reinforced concrete. For this purpose, visits were carried out on a Viaduct in the city of São Carlos-SP, and with this, it was possible to identify the pathological manifestations found in the place, through visual inspection and carry out a photographic survey of the state of the structure. With the data collected, it was possible to diagnose the causes of the anomalies identified. It was verified that the Viaduct was in good condition, nevertheless, the identified pathological manifestations are due to the lack of maintenance and repairs of the place.

Keywords: Pathological manifestations, preventive maintenance, deterioration, concrete.

1. Introdução

As estruturas das construções deveriam passar por investigações periódicas para detecção de problemas e consequente busca por soluções, a fim de assegurar sua integridade, desempenho, durabilidade, satisfação e a segurança dos usuários [1].

Mas, segundo Candian [1], não é essa a realidade encontrada, especialmente em regiões pouco desenvolvidas. Essa escassez de inspeções e manutenções preventivas nas estruturas, as quais geralmente apresentam problemas, podem acarretar prejuízos de diversas ordens, tais como interrupção de atividades econômicas e sociais, acidentes [1].

Observando o caso específico das estruturas de concreto armado, os elementos estruturais podem sofrer perda de rigidez devido a fissuração excessiva, corrosão das armaduras, perda de massa devido a impacto de máquinas ou veículos etc. Há registro de crescimento, nos últimos anos, do número de estruturas de concreto armado que apresentam algum tipo de manifestação patológica, notadamente relacionadas à corrosão das armaduras e à fissuração do concreto. Independentemente de sua origem, os danos existentes nos elementos estruturais reduzem a vida útil da estrutura e podem causar sérios impactos negativos [1].

Posto isso, nesta pesquisa foi apresentada uma avaliação da estrutura de concreto armado de um viaduto da cidade de São Carlos - SP, exposto na Figura 1. A análise foi feita por meio de visitas realizadas durante o mês de abril de 2019.

Figura 1: Viaduto da cidade de São Carlos-SP

2. Metodologia

Primeiramente foi realizado um levantamento de dados através de documentos, notícias e pelo contato com alguns profissionais de arquitetura que atuam na Fundação Pró-Memória de São Carlos a fim de possibilitar a elaboração de uma descrição da estrutura com um histórico de intervenções já realizadas.

À medida que era feita a revisão bibliográfica, foram levantadas as manifestações patológicas da estrutura em estudo. Para isto, foram realizadas visitas *in loco* e a realização de inspeção visual e registro fotográfico.

Para a indicação dos locais onde foram encontradas anomalias, realizou-se uma modelagem tridimensional do viaduto através do software *ArchiCAD*.

Após a indicação das anomalias encontradas, foram diagnosticadas as causas dessas manifestações patológicas.

Para a realização do gerenciamento do risco de cada anomalia, foi utilizado o método GUT. Essa ferramenta emprega uma metodologia que leva em consideração a Gravidade (G), a Urgência (U) e a Tendência (T) dos problemas a serem verificados.

3. Resultados e Discussão

3.1 Descrição da estrutura e modelagem computacional

A estrutura do viaduto, inclusive o pavimento foi executado em concreto armado e teve sua obra entregue em outubro de 1968, desde então algumas reformas e restaurações foram realizadas a fim de preservar a estrutura do mesmo [2-3]. Em 2006 foi realizada uma reforma em toda iluminação e efetuou a pintura dos postes de luz do viaduto [4]. Mais tarde, em 2012, o viaduto foi revitalizado através de sua pintura e outras melhorias. Um ano seguinte, grande área próxima do viaduto, cerca de 30 mil metros quadrados, recebeu uma limpeza geral [5]. Além disso, através de informações obtidas com profissionais de arquitetura da Fundação Pró-Memória de São Carlos, constatou-se uma última pintura realizada em 2016, sendo, portanto, a última intervenção realizada nos últimos anos.

Para facilitar a indicação dos pontos do viaduto que apresentaram problemas foi desenvolvido, com auxílio do software *ArchiCAD*, um modelo simplificado em três dimensões do viaduto em estudo, conforme apresentam as Figuras 2 e 3.

Figura 2: Modelo em 3D, vista sentido Noroeste

Figura 3: Modelo em 3D, vista sentido Nordeste

Em conjunto com o modelo 3D foi utilizada uma vista superior do viaduto obtida através de imagens de satélite para viabilizar a compreensão dos locais com anomalias. Assim, foram definidas duas vistas através da Imagem de satélite apresentada na Figura 4. Uma vista foi denominada lado A e a outra lado B, uma voltada para uma primeira metade do viaduto e outra para o restante.

Figura 4: Imagem via Satélite do viaduto

3.2 Inspeção visual, identificação das anomalias e diagnóstico

A inspeção visual no viaduto teve como objetivo principal fazer um levantamento detalhado do estado em que a estrutura se encontrava, observando-a por inteiro e registrando possíveis problemas por meio de fotografias.

Na Tabela 1 estão apresentadas as manifestações patológicas decorrentes de mecanismos de deterioração de estruturas de concreto armado identificadas durante a inspeção.

Tabela 1: Resumo das manifestações patológicas identificadas no viaduto

Manifestação Patológica	Imagem	Locais Identificados
Pilares com eflorescências		Lado B Lado A
Pilares com presença de plantas e microorganismos		Lado A
Fissura Vertical		Lado A
Região manchada pela fuligem da locomotiva		Lado A

Pilares afetados por choques e lascamentos

Lado A

Lado B

Formação de estalactite

Lado B

Locais com exposição de armaduras

Lado A

Locais que apresentam sinais de corrosão de armaduras

Lado A

3.2.1 Diagnóstico

Nesta sessão são apresentados os fatores (possíveis causas) que contribuem para as manifestações patológicas elencadas anteriormente.

Eflorescências: A eflorescência, identificada pelo aparecimento de depósitos salinos de carbonato de cálcio (CaCO_3) na superfície do concreto, pode ter origem na fase de projeto, adoção de materiais e/ou execução da obra. Na fase de projeto, a patologia pode ter sido causada pela especificação de um cimento com qualidade inferior à necessária, ou simplesmente um concreto inadequado para a ocasião. Ainda, pode-se ter utilizado materiais diferentes dos especificados em projeto, ou até adoção de materiais inadequados para a obra. Na fase de execução, a cura incorreta do concreto pode levá-lo a um grau de fissuração acima do esperado, favorecendo a lixiviação e, conseqüentemente, à manifestação de eflorescências. Em casos mais graves, a deposição de sais na superfície é mais intensa, e acaba por formar estactites. Por isso é de suma importância a inspeção e limpeza periódica do local, pois além de evitar o agravamento das eflorescências, promove melhor estética e com isso maior conforto aos usuários do viaduto [6].

Fissuras: O fenômeno das fissuras pode ter diversas causas observando as condições pela qual o viaduto está inserido. Uma causa pertinente é a variação volumétrica devido ao gradiente normal de temperatura e umidade, como também a variação volumétrica pela pressão de cristalização de sais nos poros. Outra causa preponderante é a ocorrência de sobrecarga e carregamento cíclico na estrutura. Também pode ocasionar fissuras, a ocorrência de reações químicas envolvendo formação de produtos expansivos. Com isso as inspeções preventivas se tornam importantes por não somente identificar anomalias na estrutura, mas também promover o controle de alguns mecanismos de deterioração, nesse caso da abertura das fissuras [7].

Pilares afetados por colisões: Em visitas, foi constatado que vários ônibus ficam estacionados entre os pilares-parede do viaduto. A movimentação desses veículos para manobras entre os pilares acaba ocasionando choques na estrutura, responsável pelo lascamento de cantos de pilares do local. Sendo assim, manutenções periódicas são necessárias, pois esses locais podem estar suscetíveis ao desenvolvimento de outros mecanismos de deterioração.

Corrosão de armaduras: A presença de altas taxas de dióxido de carbono (CO_2) no ambiente do viaduto, proveniente da fumaça expelida diariamente pelas locomotivas que passam sob o viaduto e pelo trânsito constante de veículos, somada à umidade do local, são fatores preponderantes para a carbonatação do concreto proporcionando o início do processo de corrosão do aço. Em vista disso, é importante que os pontos suscetíveis à corrosão sejam tratados e recuperados com a maior brevidade possível. Se não forem sanados, esses problemas podem desencadear maiores danos às estruturas e, conseqüentemente, gerar prejuízos financeiros mediante a reparos mais onerosos [8].

3.3 Prioridades de Intervenção (Método GUT)

As prioridades de intervenção foram estabelecidas por meio da utilização do Método GUT, o qual está representado no Quadro 1.

Quadro 1: Síntese do modelo de avaliação (Método GUT).

	Grau	Definição do grau	Nota
GRAVIDADE Relacionada a possíveis riscos ou prejuízo aos usuários, ao patrimônio ou ao meio	TOTAL Extremamente Grave	Risco de morte, risco de desabamento/colapso pontual ou generalizado, iminência de Incêndio, impacto irrecuperável com perda excessiva do desempenho e funcionalidade, comprometimento irrecuperável da vida útil do sistema causando danos grave à saúde dos usuários ou ao meio ambiente. Prejuízo financeiro muito alto.	10 (81% a 100%)
	ALTA Muito Grave	Risco de ferimentos aos usuários, danos reversíveis ao meio ambiente ou ao edifício. Impacto recuperável com o comprometimento parcial do desempenho e funcionalidade (vida útil) do sistema que afeta parcialmente a saúde dos usuários ou o meio ambiente. Prejuízo financeiro alto.	8 (61% a 80%)
	MÉDIA Grave	Risco à saúde dos usuários, desconfortos na utilização dos sistemas, deterioração passível de restauração/reparo, podendo provocar perda de funcionalidade com prejuízo à operação direta de sistemas ou componentes. Danos ao meio ambiente passíveis de reparo. Prejuízo financeiro médio.	6 (31% a 60%)
	BAIXA Pouco Grave	Sem risco à integridade física dos usuários, sem risco ao meio ambiente, pequenos incômodos estéticos ou de utilização, pequenas substituições de componentes ou sistemas, reparos de manutenção planejada para recuperação ou prolongamento de vida útil. Prejuízo financeiro pequeno.	3 (11% a 30%)
	NENHUMA Sem Gravidade	Nenhum risco à saúde, à integridade física dos usuários, ao meio ambiente ou ao edifício. Mínima depreciação do patrimônio. Eventuais trocas de componentes, nenhum comprometimento do valor imobiliário.	1 (0 a 10%)
URGÊNCIA Prazo para intervenção/ Tempo máximo para resolver uma situação	TOTAL Emergência	Incidente em ocorrência, intervenção imediata passível de interdição do imóvel. Prazo para intervenção: Nenhum.	10 (81% a 100%)
	ALTA Grande Urgência	Incidente prestes a ocorrer, intervenção urgente. Prazo para intervenção: Urgente.	8 (61% a 80%)
	MÉDIA	Incidente previsto para breve, intervenção em curto prazo. Prazo para intervenção: O mais cedo possível.	6 (31% a 60%)
	BAIXA	Indício de Incidente futuro, intervenção programada. Prazo para intervenção: Pode esperar um pouco.	3 (11% a 30%)
	NENHUMA	Incidente imprevisto, indicação de acompanhamento e manutenção programada. Prazo para intervenção: Não tem pressa.	1 (0 a 10%)
TENDÊNCIA Rumo	TOTAL	Progressão imediata. Vai piorar rapidamente, pode piorar inesperadamente.	10 (81% a 100%)
	ALTA	Progressão em curto prazo. Vai piorar em pouco tempo.	8 (61% a 80%)
	MÉDIA	Progressão em médio prazo. Vai piorar em médio prazo.	6 (31% a 60%)
	BAIXA	Provável progressão em longo prazo. Vai demorar a piorar.	3 (11% a 30%)
	NENHUMA	Não vai progredir. Não vai piorar, estabilizado.	1 (0 a 10%)

Para a avaliação, o sistema dispõe do uso de pesos que são destinados a classificação de cada item inspecionado, a fim de definir graus de criticidade em relação aos problemas encontrados [9].

Foram atribuídas notas de 1 a 10, sendo 1 o menos grave. Ao final da atribuição de notas para os problemas é calculado o produto (G) x (U) x (T). O resultado definirá qual o grau de prioridade daquele problema. A fim de que os dados possam ser organizados, é importante a elaboração de “quadros de prioridades” os quais indicarão a lista de prioridades para intervenções. O Quadro 1 apresenta uma síntese do modelo de avaliação.

Apresentados os parâmetros do método GUT, no Quadro 2 foram apresentados os resultados mediante a avaliação das anomalias inspecionadas no viaduto em estudo.

Quadro 2 – Prioridades de Intervenção utilizando o Método GUT.

MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	GRAVIDADE “G”	URGÊNCIA “U”	TENDÊNCIA “T”	PONTUAÇÃO “P” $P = G \times U \times T$	PRIORIDADE
Manchas que apresentam sinais de corrosão do aço	8	3	3	72	1º
Armadura exposta	6	3	3	54	2º
Eflorescência	3	3	6	54	
Fissuras	6	1	3	18	3º
Lascamento de pilares	3	1	6	18	
Presença de vegetais e microrganismos	1	1	3	3	4º

Diante da análise do Quadro 2, foi possível estabelecer as prioridades de intervenção, onde a manifestação patológica com maior prioridade de intervenção foi a corrosão da armadura, enquanto a de menor prioridade, por conta de não apresentar grandes riscos, a presença de vegetais e microrganismos.

4. Considerações Finais

Os resultados obtidos indicam a importância da realização de análises e inspeções periódicas e manutenções preventivas nas edificações, principalmente em obras expostas a ambientes nocivos a estrutura, como é o caso do viaduto apresentado, o qual está sujeito ao intemperismo formado pelo microclima local, proveniente da umidade, exposição ao CO₂ e agentes agressivos presentes no entorno da estrutura.

Verificou-se que o viaduto se encontrava em bom estado, porém, as manifestações patológicas identificadas foram decorrentes da falta de manutenção e reparos do local, visto que a última intervenção foi realizada em 2016 e a idade da estrutura é de 50 anos.

O processo de recuperação de estruturas em concreto armado afetadas por manifestações patológicas pode resultar em um prejuízo financeiro muito maior do

que simples inspeções e manutenções periódicas. Sendo assim, para garantir a durabilidade do viaduto é importante que sejam realizadas manutenções corretivas perante às manifestações presentes e posteriormente inspeções periódicas.

Portanto, é possível inferir que há no Brasil muitas estruturas similares ao presente estudo afetadas pela falta de manutenção preventiva, e que a iniciativa de realizar inspeções periódicas buscando minimizar os efeitos causados por implicações patológicas deveria ser mais difundida, a fim de reduzir prejuízos como interrupção de atividades econômicas e sociais e até mesmo acidentes.

5. Referências

- [1] CANDIAN A. L. *Metodologia para avaliação de estruturas de concreto armado degradadas utilizando ensaios dinâmicos*. 2017. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.
- [2] KAPPA. *Viaduto: 3 vezes batizado*. 7ª ed, 2018.
- [3] FUNDAÇÃO PRÓ MEMÓRIA DE SÃO CARLOS. *Fogo e Vapor: Aspectos da História de São Carlos a partir da Ferrovia*. 1ª ed, 2017.
- [4] PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS. *Iluminação do viaduto 4 de novembro passa por reforma*. Disponível em: <http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/noticias-2006/148899-iluminacao-do-viaduto-4-de-novembro-passa-por-reforma.html> Acesso em: 10 abr. 2019.
- [5] PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS. *Área de 30 mil m², próxima à estação cultura, recebe limpeza*. Disponível em: <http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/noticias-2013/163293-area-de-30-mil-ms-proxima-a-estacao-cultura-recebe-limpeza.html> Acesso em: 10 abr. 2019.
- [6] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, J. M. *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. Pini. 3ª edição. São Paulo, 2008.
- [7] SILVA FILHO, L. C. P.; HELENE, P. R. L. *Análise de Estruturas de Concreto com Problemas de Resistência e Fissuração*. In: *Concreto: ciência e tecnologia*, 2011.
- [8] HELENE, P. R. L. *Corrosão em armaduras para concreto armado*, São Paulo, Ed. Pini, 1986.
- [9] VERZOLA, S. N.; MARCHIORI, F.; ARAGON, J. O. Proposta de lista de verificação para inspeção predial x urgência das manutenções. *XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, v. 1, n. Novembro 2014, p. 1226–1235, 2014.