



ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM OBRAS DE ARTE ESPECIAIS NO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS - MG

SILVA, Joyce Fernandes da (1); FREITAS, Gustavo Moisés de (2); CAMPOS, Aryelle Alda da Silva (3); GRIGOLETO, Flávia Muller (4); LACERDA, Júlio César (5)

- (1) Faculdades Promove - Sete Lagoas, joyce.fernandes.jfds@gmail.com
- (2) Faculdades Promove - Sete Lagoas, gustavomoisesdefreitas@gmail.com
- (3) Faculdades Promove - Sete Lagoas, aryelle@yahoo.com.br
- (4) Faculdades Promove - Sete Lagoas, grigoletoflavia@gmail.com
- (5) Faculdades Promove - Sete Lagoas, jcl.engenharia@uol.com.br

RESUMO

Com o transcorrer dos anos, as estruturas de concreto armado envelhecem e surgem os primeiros danos, exigindo um estudo das causas e da reparação dos mesmos. Este trabalho utiliza a metodologia proposta por Castro (1994) para quantificar os danos, determinar o grau de deterioração e facilitar o estudo das manifestações patológicas em duas obras de arte especiais (OAE's) executadas em Sete Lagoas - MG. O grau de deterioração calculado utilizando o método proposto indica o risco eminente detectado em várias obras pelo país afora, onde este tipo de estrutura na maioria dos casos, não recebe sequer vistorias periódicas para avaliação técnica dos danos apresentados. Analisando os resultados obtidos, as duas pontes apresentam nível de deterioração alto (50 - 80), o que significa que exigem observação minuciosa e necessidade de intervenção a curto prazo. Ainda, a partir da quantidade de manifestações patológicas encontradas percebe-se que essas estruturas não tiveram a devida atenção e cuidado durante todos esses anos, sendo comprovado que realmente o poder público e seus órgãos competentes, não possuem um plano de vistorias e análise dessas OAE's. Em consonância com a intenção deste trabalho de propor ações para a recuperação dessas estruturas, algumas ações corretivas correlacionadas a cada família de OAE's são apresentadas resumidamente. Assim, conclui-se que há a necessidade dos órgãos públicos gerenciarem a manutenção dessas estruturas, contratando empresas e/ou profissionais habilitados para executarem inspeções que se mostram indispensáveis, bem como que os engenheiros responsáveis não só projetem seguindo os padrões e normas vigentes, como também entreguem o manual de manutenção dessas estruturas, para que aconteça a mudança necessária na crença de que as estruturas de concreto são previstas para durar ilimitadamente, dispensando manutenção. Isso para que os reparos compulsórios sejam realizados em tempo de se evitar grande deterioração dessas OAE's e conseqüentemente possíveis tragédias.

Palavras-chave: Estrutura, Concreto armado, Avaliação, Patologia, Manutenção.

ABSTRACT

Over the years, the reinforced concrete structures grow old and the first damages appears, demanding a study of the causes and their repair. This paper uses the methodology proposed by Castro (1994) to quantify the damages, to determine the degree of deterioration and facilitate study of pathological manifestations in two special works of art (SWOA's) built in Sete Lagoas - MG. The degree of deterioration calculated using the proposed method indicates the imminent risk detected in several constructions across the country, where this type of structure in most cases does not receive periodic surveys for technical evaluation of the damage presented. Analyzing the results obtained, the two bridges present a high level of deterioration (50 - 80), that means they require

close observation and the need for short-term intervention. Moreover, from the amount of pathological manifestations found, it is clear that these structures did not had been the given due attention and care during all these years, being proved that the public authorities and their competent agencies do not have a plan for surveys and analysis of these SWOA's. In line with the intention of this paper to propose actions for the recovery of these structures, some corrective actions correlated to each family of SWOA's are summarized presented. Thus, it is concluded that there is a need for public agencies to manage the maintenance of these structures, hiring companies and / or qualified professionals to perform inspections that are indispensable, as well as that the responsible engineers not only design following the current standards and norms, as well as also deliver the maintenance manual of these structures, to make happen the necessary change in the believe that the concrete structures are designed to last unlimitedly without maintenance. This is for the compulsory repairs be made in time to avoid major deterioration of these SWOA's and consequently possible tragedies.

Keywords: Structure, Reinforced Concrete, Evaluation, Pathology, Maintenance.

1 INTRODUÇÃO

Pontes e viadutos de concreto são estruturas fundamentais para que rodovias e ferrovias transponham obstáculos naturais ou artificiais, mantendo o fluxo contínuo de cargas e pessoas com menor trajeto. Essas construções são Obras de Arte Especiais (OAE's) que estão sujeitas à ação de diversas patologias da construção, em função do seu uso ininterrupto e da falta de programas preventivos de manutenção em grande parte dos casos.

A taxa de OAE's com desgaste prematuro, com exposições de danos de inúmeras origens, tem apresentado elevado crescimento nos últimos anos. A inexistência de programas de manutenção, é um fator preponderante nesta situação, sendo inúmeras causas que levam a isto, destaca-se o conceito infundado que as estruturas de concreto são previstas para durar infinitamente, dispensando manutenção. Os conceitos de durabilidade e vida útil, foram aprimorados com a constatação de que as estruturas de concreto, bem projetadas e construídas, estão susceptíveis à ocorrência de danificações imprevisíveis.

Os segmentos de patologia, inspeção, diagnóstico e recuperação de estruturas são algumas das áreas que mais se desenvolveram no meio técnico nas últimas décadas, dada sua importância estratégica e econômica, devido aos inúmeros casos de acidentes estruturais ocorridos em obras de todo o mundo.

2 OBJETIVO GERAL

Analisar as condições de estado físico, utilização e conservação de duas OAE 's na cidade de Sete Lagoas, para diagnosticar manifestações patológicas existentes e propor sua recuperação e plano de manutenção preventivo. Este processo será realizado por meio de vistorias e inspeções detalhadas em duas pontes sobre o córrego do Diogo, e aplicação da metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado, UnB.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Breve história da cidade de Sete Lagoas

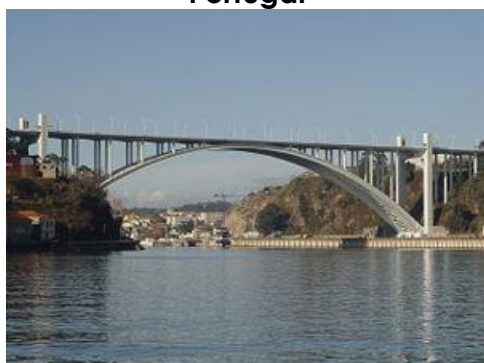
Fundada na época da febre do ouro, o povoamento iniciou-se a partir de 1820, quando foi construída a capela de Santo Antônio das Sete Lagoas, ainda existente. A cidade é um grande polo industrial, localizado a aproximadamente 72 quilômetros de Belo Horizonte, e possuía em julho de 2017 uma população estimada de 236 228 habitantes, sendo o município mais populoso de sua microrregião, segundo o IBGE. Sua área de influência abrange cerca de 38 municípios.

3.2 Pontes e viadutos

De acordo com Marchetti (2008) e Pfeil (1985), denomina-se ponte quando o obstáculo transposto é um rio, e denomina-se viaduto, quando o obstáculo transposto for um vale ou outra via isso de forma generalizada. Na literatura técnica são encontradas algumas classificações das pontes tendo em vista diversos aspectos: traçado da seção transversal, obstáculo transposto, número de vãos, materiais, natureza do tráfego e etc. As Figuras 1 e 2 ilustram a ponte da Arrábida e o viaduto do Chá, respectivamente:

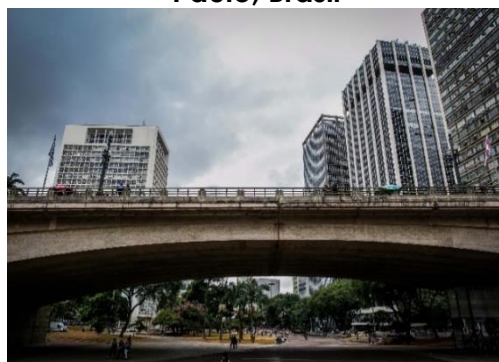
Vitório (2006) sugere que as manutenções adequadas e periódicas garantem maior vida útil, melhor desempenho estrutural e funcional, e que as vistorias periódicas corroboram diagnósticos assertivos nos processos de recuperação.

Figura 1 - Ponte da Arrábida – Porto, Portugal



Fonte: Wikipedia

Figura 2 – Viaduto do chá - São Paulo, Brasil



Fonte: Wikipedia

3.3 Durabilidade e vida útil do concreto

A NBR 6118: 2014 - Projeto de estruturas de concreto — Procedimento, estabelece que " As estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que, sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o prazo correspondente à sua vida útil."

Segundo Brandão (1999), os seguintes fatores: inadequação de projetos, formas de execução, materiais, alto grau de agressividade do meio ambiente, inexistência de controle dos processos e qualidade ou sua somatória, resultam a precocidade da deterioração da estrutura.

De acordo com Helene (2001), a durabilidade é estabelecida por meio regra dos 4C, que apresentam quatro fatores: Composição ou traço do concreto, Compactação ou adensamento efetivo do concreto na estrutura, Cura efetiva do concreto na estrutura e Cobrimento ou espessura do concreto de cobertura das armaduras.

Desta forma, o concreto mal adensado torna-se altamente poroso e uma cura insuficiente, reduz efetivamente a hidratação do cimento, principalmente superficialmente, resultando em alta permeabilidade e redução drástica de sua durabilidade.

3.4 Principais Manifestações Patológicas

Relacionou-se as principais manifestações patológicas encontradas em pontes e viadutos, no Quadro 1 abaixo:

Quadro 1 – Principais manifestações patológicas encontradas em pontes e viadutos

Principais manifestações patológicas em viadutos e pontes			
Fissuras	As trincas e fissuras são comuns nas estruturas de concreto e são resultantes da fragilidade do concreto, material não resistente à tração e que colapsa repentina e explosivamente. Entretanto, seu número, localização e abertura são fatores decisivos para degradação das estruturas (CÁNOVAS, 1988).	Falhas nas instalações de drenagem	Segundo Laner (2001), as falhas em instalações de drenagem, são fatores que também influenciam na degradação do concreto e das armações. Por esse motivo, elas devem ser evitadas para que, de fato, não se deixe água acumular em pontos críticos como, por exemplo, encontros de apoio de vigas, nos caixões, nos encontros com tabuleiros, na pista de rolamento, nos aparelhos de apoio, entre outros.
Desagregação	É a desagregação, que é a deterioração do concreto por separação de suas partes, provocada, em geral, pela expansão devida a oxidação ou dilatação das armaduras, pelo aumento de volume de concreto quando este absorve água, e também pelas aberturas insuficientes das juntas de dilatação, gerando tensões tangenciais não previstas. Pode ocorrer também devido às movimentações estruturais e choques na estrutura. (LANER, 2001).	Corrosão	Segundo VITÓRIO (2003), fatores como a porosidade do concreto, a existência de trincas e a deficiência no cobrimento são responsáveis pela oxidação da armadura, quando esta é atingida por elementos agressivos. A parte que sofre oxidação tem seu volume aumentado em 8 vezes, e a força da expansão expõe o concreto do cobrimento, deixando a armadura totalmente exposta à ação agressiva do meio. A continuidade desse fenômeno acarreta a total destruição da armação.
Falhas na Pista de Rolamento	Falhas sobre a pista de rolamento das pontes geram acréscimos de solicitações para as estruturas destas obras e, segundo manual do DNER (1980), os ressaltos, depressões e desníveis de juntas, produzem importantes efeitos dinâmicos, que aumentam as solicitações de cargas móveis, muitas vezes provocando deslocamento do tabuleiro quando os aparelhos de apoio estão em más condições.	Falhas na concretagem	Segundo Bauer (1994), as falhas na concretagem é um fator preocupante para os engenheiros, podendo haver segregação dos materiais do concreto na hora de seu lançamento, o que pode gerar diversas falhas posteriores na estrutura. Por esse motivo, devem existir procedimentos para evitar essas falhas, lançando o concreto logo após o amassamento num intervalo de no máximo 1 hora, e a altura de queda livre do concreto não podendo ultrapassar 2 metros de altura.

Fonte: Os Autores

4 METODOLOGIA

A necessidade de manutenção é imprescindível para a conservação das estruturas. Os mecanismos de deterioração das estruturas são muito complexos e diversos fatores têm levado ao surgimento, cada vez maior, de manifestações patológicas. As necessidades de inspeção são cada vez mais mencionadas em normas e guias, que estabelecem, na maioria dos casos, intervalos de tempo para a inspeção estrutural, possibilitando, com essas inspeções, monitorar as condições das estruturas, e assim, amenizar os gastos oriundos de possíveis reparos. O Código MC-90 do *EUROCODES, MODEL CODE, 1991* (CEB), estabelece que as estruturas devam ser inspecionadas periodicamente, preenchendo os requisitos relacionados à segurança e funcionalidade, além de se adotar estratégias de monitoramento, para estruturas de maior porte. Dessa forma, sugere intervalos de inspeção, para estruturas convencionais, como relacionado no Quadro 2 a seguir:

Quadro 2 – Intervalos de inspeção

Tipo de edificação	Tempo
Casas, escritórios, etc.	10 anos
Edifícios industriais	5 a 10 anos
Pontes de autoestradas	4 anos
Pontes de ferrovias	2 anos
Pontes de rodovias	6 anos

Fonte: Código MC – 90

O *EUROCODE* N°2 (1989), já mencionava ser conveniente estabelecer um plano de controle especificando as inspeções a serem adotadas durante a vida útil da estrutura, além de uma elaboração de documentos com informações necessárias para a utilização da estrutura aos usuários. A Norma NBR 6118: 2014, não relata, pelo menos de forma explícita, intervalos para as inspeções, somente estabelece: “O conjunto de projetos relativos a uma obra deve orientar se sob uma estratégia explícita que facilite procedimentos de inspeção e manutenção preventiva da construção”. Dessa forma, assim como o *EUROCODE*, a NBR 6118: 2014 descreve que deve ser fornecido aos usuários um manual de utilização, inspeção e manutenção: “Esse manual deve especificar de forma clara e sucinta, os requisitos básicos para a utilização e a manutenção preventiva, necessárias para garantir a vida útil prevista para a estrutura”. A Federação Internacional de Protensão (FIP, 1988) estabelece um procedimento direcionado à inspeção em estruturas de concreto armado e protendido, contendo intervalos de tempos para as inspeções.

Os Quadros 3, 4 e 5 a seguir, apresentam as categorias de inspeção, que combinados as classes de estrutura e os tipos de condições ambientais e

de carregamento, definem os intervalos de tempo para inspeções estruturais:

Quadro 3 – Categorias de inspeção

Categorias de inspeção	
Rotineira	Realizada a intervalos regulares, com planilhas específicas da estrutura, elaboradas conjuntamente pelos técnicos responsáveis por projetos e manutenção;
Extensiva	Realizada a intervalos regulares, alternadamente com as rotineiras, objetivando investigações mais minuciosas dos elementos e das características dos materiais componentes da estrutura;
Especial	Realizada em situações não usuais, indicadas por inspeções rotineiras ou extensivas, ou por causas acidentais envolvendo comprometimento de segurança ou funcionalidade.

Fonte: FIP (1988)

Quadro 4 – Classes de estrutura

Classe	Definição
1	A ocorrência de uma ruptura pode ter consequências catastróficas e/ou onde a funcionalidade da estrutura é de vital importância para a comunidade
2	A ocorrência de uma ruptura pode custar vidas e/ou onde a funcionalidade da estrutura é de considerável importância
3	É improvável que a ocorrência de uma ruptura possa levar a consequências fatais e/ou onde um período com a estrutura fora de serviço possa ser tolerado.

Fonte: FIP (1988)

Quadro 5 – Tipos de condições ambientais e de carregamento

Classificação	Condições ambientais e de carregamento
Muito severa	O ambiente é agressivo e há carregamento cíclico e possibilidade de fadiga
Severa	O ambiente é agressivo, com carregamento estático, ou o ambiente é normal, com carregamento cíclico e possibilidade de
Normal	O ambiente é normal, com carregamento estático

Fonte: FIP (1988)

Desse modo, pode se afirmar que na década de 90 em países desenvolvidos, já havia sido constatada a necessidade de se desenvolver programas de inspeções em construções usuais. No Brasil, pode-se considerar que houveram avanços, pois conforme já mencionado a NBR 6118: 2014, apesar de ainda não ter estabelecido em sua reformulação os períodos de inspeções, apresentou referência às questões de durabilidade, vida útil e a necessidade de procedimentos de inspeção. Além disso, algumas metodologias foram desenvolvidas para implantar um

processo de vistorias para realizar manutenções periódicas, de forma a decidir quais danos necessitam de uma intervenção mais rápida.

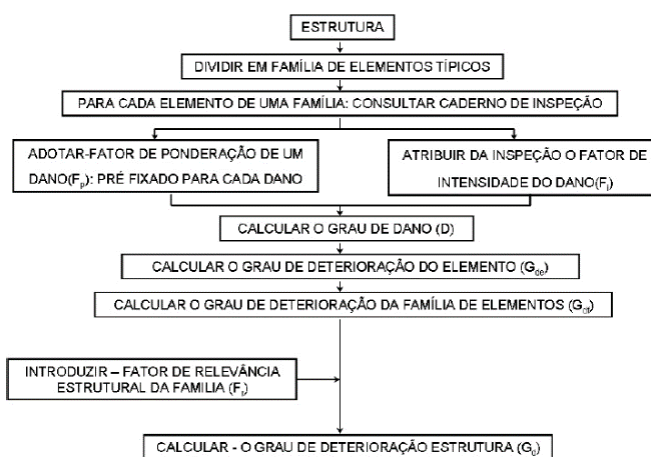
4.1 Metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado Gde, UNB

Neste trabalho será adotada a metodologia proposta por Castro (1994), desenvolvida em sua dissertação de Mestrado pela Universidade de Brasília, a fim de quantificar os danos e facilitar o estudo das manifestações patológicas existentes nas OAE's analisadas neste trabalho.

Segundo Castro (1994), apud Silva e Moura (2017) a metodologia possui o propósito de analisar quantitativamente as estruturas de concreto armado convencionais, baseando-se na metodologia de Klein et al (1991), produzida para quantificar obras de arte, e concluiu que os resultados obtidos na aplicação para estruturas convencionais eram insatisfatórios. Assim, inseriu conceitos e parâmetros que possibilitam calcular o grau de deterioração de uma estrutura usual e de seus componentes.

Neste presente trabalho será utilizada a última modificação desta metodologia, que já foi aplicada em inúmeras estruturas e sofreu modificações por LOPES (1998) e BOLDO (2002). A Figura 3 mostra o fluxograma da metodologia:

Figura 3 – Fluxograma para avaliação do grau de deterioração de estruturas de concreto da metodologia GDE/UnB (BOLDO, 2002)



Fonte: Roteiro para inspeção de estruturas de concreto, UnB

A estrutura como um todo é estudada de forma sistemática, sendo verificado elemento por elemento, individualmente e separadamente, e assim vai se ligando os resultados com bases nas premissas, que serão apresentadas posteriormente, para ser dado, ao final do estudo, o grau de deterioração daquela OAE.

5 RESULTADOS OBTIDOS

5.1 Aplicação de metodologia Gde, UNB

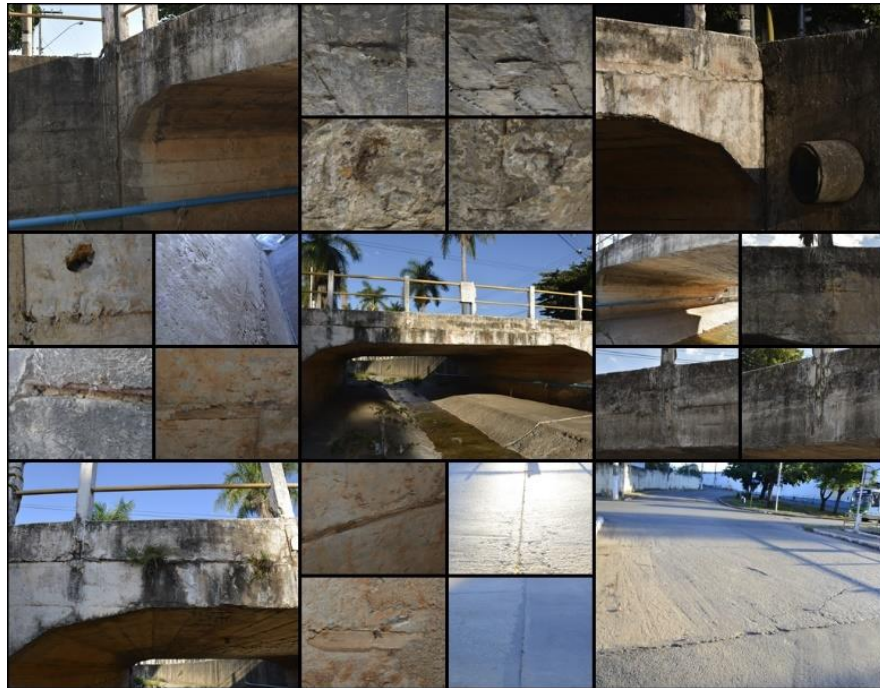
Procederam-se as vistorias e inspeções, e foram captadas centenas de fotos que ilustram as manifestações patológicas encontradas nos dois objetos de estudo deste trabalho. As Figuras 4 e 5 abaixo, exemplificam uma amostragem das manifestações patológicas encontradas, que serão classificadas conforme metodologia Gde, UnB a seguir:

Figura 4 – Manifestações patológicas encontradas na ponte da ponte na Av. Dr. Renato Azeredo, na altura do número 2319, que liga a rua Maestro Paizinho a Av. Dr. Renato Azeredo



Fonte: Os autores

Figura 5 – Manifestações patológicas encontradas, na ponte localizada na mesma avenida, ligando a rua Teófilo Otoni, a praça Antônio Costa



Fonte: Os autores

Em seguida, aplicou-se a metodologia Gde, UnB, obtendo se o Quadro 14, relacionado às famílias das duas pontes estudadas neste trabalho:

Quadro 14 – Quadro de resultados obtidos pela aplicação de metodologia Gde, UnB

Lajes																	
Danos		Fp	Fi	D	m	Dmax	Gde	Gdf	Danos		Fp	Fi	D	m	Dmax	Gde	Gdf
PONTE 1	Carbonatação	7	4	70,00	192,00	100,00	100,70	100,70	PONTE 2	Carbonatação	7	4	70,00	78,00	100,00	104,39	104,39
	Cobrimento deficiente	6	1	2,40						Cobrimento deficiente	6	2	4,80				
	Contaminação por cloretos	10	4	100,00						Contaminação por cloretos	10	4	100,00				
	Corrosão de armaduras	7	4	70,00						Corrosão de armaduras	7	4	70,00				
	Desagregação	7	3	28,00						Desagregação	7	4	70,00				
	Eflorescência	5	2	0,80						Eflorescência	5	3	20,00				
	Esfoliação	8	2	0,80						Esfoliação	8	3	32,00				
	Fissuras	10	1	4,00						Fissuras	10	1	4,00				
	Flechas	10	1	4,00						Flechas	10	1	4,00				
	Infiltração	6	3	24,00						Infiltração	6	3	24,00				
	Manchas	5	3	20,00						Manchas	5	3	20,00				
	Segregação	5	1	2,00						Segregação	5	1	2,00				
	ΣDi									326,00							
Elementos de composição arquitetônica																	
Danos		Fp	Fi	D	m	Dmax	Gde	Gdf	Danos		Fp	Fi	D	m	Dmax	Gde	Gdf
PONTE 1	Carbonatação	7	3	28,00	31,00	40,00	45,35	45,35	PONTE 2	Carbonatação	7	3	28,00	35,00	40,00	44,62	44,62
	Cobrimento deficiente	6	1	2,40						Cobrimento deficiente	6	1	2,40				
	Contaminação por cloretos	10	3	40,00						Contaminação por cloretos	10	3	40,00				
	Corrosão de armaduras	7	3	28,00						Corrosão de armaduras	7	3	28,00				
	Desagregação	7	3	28,00						Desagregação	7	3	28,00				
	Eflorescência	4	3	16,00						Eflorescência	4	3	16,00				
	Esfoliação	8	2	6,40						Esfoliação	8	2	6,40				
	Fissuras	8	2	6,40						Fissuras	8	2	6,40				
	Segregação	4	1	1,60						Segregação	4	1	1,60				
	Sinais de esmagamento	10	3	40,00						Sinais de esmagamento	10	3	40,00				
	ΣDi									196,80							
Corinas																	
Danos		Fp	Fi	D	m	Dmax	Gde	Gdf	Danos		Fp	Fi	D	m	Dmax	Gde	Gdf
PONTE 1	Carbonatação	7	4	70,00	50,00	100,00	104,58	104,58	PONTE 2	Carbonatação	7	4	70,00	44,00	100,00	105,30	105,30
	Cobrimento deficiente	6	1	2,40						Cobrimento deficiente	6	2	4,80				
	Contaminação por cloretos	10	4	100,00						Contaminação por cloretos	10	4	100,00				
	Corrosão de armaduras	7	3	28,00						Corrosão de armaduras	7	3	28,00				
	Desagregação	7	2	2,80						Desagregação	7	2	2,80				
	Deslocamento por empuxo	10	3	40,00						Deslocamento por empuxo	10	3	40,00				
	Desvio de geometria	6	2	4,80						Desvio de geometria	6	2	4,80				
	Eflorescência	5	1	2,00						Eflorescência	5	1	2,00				
	Esfoliação	8	2	6,40						Esfoliação	8	2	6,40				
	Fissuras	10	2	8,00						Fissuras	10	1	4,00				
	Infiltração	6	1	2,40						Infiltração	6	1	2,40				
	Manchas	5	2	4,00						Manchas	5	2	4,00				
	Segregação	5	2	4,00						Segregação	5	2	4,00				
	Sinais de esmagamento	10	1	4,00						Sinais de esmagamento	10	1	4,00				
ΣDi				278,80					ΣDi				277,20				
Juntas de dilatação																	
PONTE 1	Infiltração	10	3	40,00	11,00	40,00	46,27	46,27	PONTE 2	Infiltração	10	3	40,00	12,00	40,00	45,67	45,67
	Obstrução de junta	10	3	40,00						Obstrução de junta	10	3	40,00				
ΣDi				80,00					ΣDi				80,00				

Fonte: Os autores

5.2 GRAU DE DETERIORAÇÃO DAS ESTRUTURAS

A seguir, calculou-se o Fator de relevância (Fr) para cada objeto de estudo, e conseqüentemente, o grau de deterioração das estruturas como um todo, relacionados no Quadro 15 abaixo:

$$Gd = \frac{\sum Fr \cdot Gdf}{\sum Fr}$$

Quadro 15 – Relação do Grau de deterioração das estruturas

PONTE 1		PONTE 2	
Fr	12	Fr	12
Gd ₁	74,22	Gd ₂	74,996

Fonte: Os autores

Assim, de acordo com o Quadro 13, as duas pontes apresentam nível de deterioração alto (50 – 80), ou seja, exigem observação minuciosa e necessidade de intervenção a curto prazo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os resultados obtidos, constatou-se que para recuperar as duas estruturas é necessário a contratação de empresa de engenharia especializada, para desenvolver estudo da atual demanda de uso conforme o recente crescimento da cidade, e conseqüentemente, o projeto de recuperação completo das pontes.

Consonante à intenção deste trabalho de propor medidas para recuperação dessas estruturas, serão apresentadas de forma resumida, algumas medidas corretivas correlacionadas a cada família das OAE's:

- Lajes: realizar reforço estrutural, de modo a recuperar as áreas de aço que foram corrompidas devido às ações de corrosão e carbonatação; executar um sistema de drenagem para a ponte, de modo a eliminar o acúmulo de água e conseqüente infiltração e processo de eflorescência e manchas;
- Juntas de dilatação: promover a troca das juntas de dilatação, pois as mesmas apresentam sinais de alto desgaste;
- Composição arquitetônica: realizar a reconstrução do guarda corpo (verificar custo benefício desse elemento ser metálico); reconstruir a pavimentação, a fim de recuperar as pistas de rolamento e passagem de pedestres;
- Cortinas: realizar reforço estrutural, de modo a recuperar as áreas de aço que foram corrompidas devido às ações de corrosão e carbonatação; e minimizar as áreas com segregação do concreto e cobertura deficiente, executando ainda um melhor acabamento e aplicação de impermeabilizantes para proteger contra ação de cloretos e demais manifestações patológicas.

Conforme apresentado no item "Metodologia" deste trabalho, as inspeções tornaram-se indispensáveis para monitorar as condições das estruturas, e conseqüentemente, mitigar os gastos oriundos de possíveis reparos.

Desse modo, unificando-se as metodologias mencionadas neste trabalho, sugerimos que conforme procedimento estabelecido pela FIP, 1988 e o Código MC-90 do CEB, sejam realizadas inspeções periódicas, acatando as três categorias: inspeção rotineira: a cada 2 anos, intercalada entre inspeções extensivas; inspeção extensiva: a cada 2 anos e inspeção especial: a cada 6 anos, considerando as pontes como classe 1 e em condições ambientais e de carregamento muito severas, pois sua localidade é agressiva e há carregamento cíclico, com possibilidade de fadiga.

A partir da quantidade de manifestações patológicas encontradas e os altos graus de deterioração calculados das estruturas estudadas, é possível perceber que essas pontes não tiveram a devida atenção e cuidado durante todos esses anos, sendo comprovado que realmente o poder público e seus órgãos competentes para tal, não possuem um plano de vistorias e análise dessas OAE's.

Em tempo, pode-se afirmar que é de suma importância que os profissionais da engenharia civil não só projetem seguindo os padrões e normas vigentes, como também entreguem adjacientemente o manual de manutenção dessas estruturas, para que haja a necessária mudança na cultura de que as estruturas de concreto são previstas para durar ilimitadamente, dispensando manutenção.

Não restam dúvidas de que é preciso realizar inspeções periódicas nas estruturas de concreto, a fim de garantir as melhores condições de funcionalidade e segurança, além de minimizar os possíveis gastos com sua recuperação e extinguir a possibilidade de ocorrência de tragédias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto: Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.
- BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção 1**. Livros Técnicos e Científicos. São Paulo, 1994. 435 p.
- BRANDÃO, A. M. S.; PINHEIRO, L. M. (1999). **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto**. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**. n.8. EESC. Universidade de São Paulo São Carlos.
- BOLDO, P. - **Avaliação quantitativa de estruturas de concreto armado de edificações no âmbito do Exército Brasileiro**, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, DF, 295p, 2002.
- CÂNOVAS, M.F. **Patologia e terapia do concreto armado**, São Paulo: PINI, 1988.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução de Projeto: Projeto de recuperação, reforço e alargamento de obra de arte especial**. IP-DE-C00/011. São Paulo, 2006.

- CASTRO, E. K. - **Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado**, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 185p, 1994.
- CASTRO, E.K., CLÍMACO, J.C.T.S., NEPOMUCENO, A.A. (1995), **Desenvolvimento de uma metodologia de manutenção de estruturas de concreto armado**, 37ª Reunião Anual do Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON, Anais, Vol.1, pp. 293-307, Goiânia, julho.
- CASTRO, E.K., CLÍMACO, J.C.T.S. (1999), **Avaliação da estrutura de uma edificação residencial após o reparo de elementos danificados**, 41º Congresso Brasileiro do Concreto - IBRACON, Anais, Salvador.
- CEB (Comite Euro-Internacional du Beton) (1991) - **CEB/FIP Model Code 90(MC-90) -Final Draft**, Bulletin d'Information 203, Julho.
- DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL - Universidade de Brasília, **Roteiro para inspeção de estruturas de concreto**.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER. **Manual de inspeção de obras de arte especiais**. Rio de Janeiro, 2004.
- _____. **Manual de projeto de obras de arte especiais**. Rio de Janeiro, 1980.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido: Procedimento**.
- _____. **Manual de inspeção de pontes rodoviárias**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2004.
- DNIT **NORMA 010/2004 - PRO**. Rio de Janeiro, 2004.
- EUROCODE No 2 (1989), **Design of concrete structures. Part 1: General rules and rules for buildings**, EC2, Revised Final Draft, Dezembro.
- FIP (FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE PROTENÇÃO) (1988), **Guide to good practice: Inspection and maintenance of reinforced concrete structure**, Thomas Telford Publications, Londres, 7p.
- HELENE, P., (2001). **Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto NB/2001**. WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES. Novembro. São José dos Campos.
- KLEIN, D., GASTAL, F., CAMPANOLO, J.L. & SILVA FILHO, L. C. (1991), **Critérios adotados na vistoria de obras de arte**, XXV Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, Porto Alegre, pp. 185-196, Novembro.
- LANER, F. J. **Manifestações Patológicas nos Viadutos, Pontes e Passarelas do Município de Porto Alegre**. Porto Alegre, 2001.
- LOPES, B.A.R. - **Sistema de manutenção predial para grandes estoques de edifícios: estudo para inclusão da componente estrutura de concreto**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 308p, 1998.
- MARCHETTI, O. **Pontes de concreto armado**. São Paulo: Edgard Blücher, 2008.
- PFEIL, Walter. **Pontes em concreto armado** v.1 e v. 2. Rio de Janeiro: LTC, 1985.
- SILVA, A.J.M; MOURA, M.P.E – **Análise de manifestações patológicas em viadutos do DF**. Monografia de Graduação, Universidade Católica de Brasília, DF, 31p, 2017.

VITÓRIO, J. A. P. **Vistorias, Conservação e Gestão de Pontes e Viadutos de Concreto**. Anais do 48º Congresso Brasileiro do Concreto, 2006

VITÓRIO, A. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia**. Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícias de Engenharia. Recife, 2003.