CBPAT 2020 ANAIS
CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES
DE 15 A 17 DE ABRIL | FORTALEZA - CE
http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.045
ISBN 978-65-86819-05-2

IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA – MG

TIRADO, LUIZ HENRIQUE BARBOZA
Engenheiro Civil
Universidade Federal de Viçosa
MG; Brasil
hbtluiz94@gmail.com

SILVA, REGINALDO CARNEIRO DA
Professor Associado
Universidade Federal de Viçosa
MG; Brasil
recsilva@ufv.br

RESUMO

As pontes são estruturas de fundamental importância no desenvolvimento de uma região. Caso as manutenções não sejam realizadas de forma adequada, os custos referentes ao retorno do bom funcionamento estrutural só aumentam, como verificado atualmente por seguidos acidentes envolvendo tais estruturas, ao longo do território brasileiro. O município de Viçosa – MG apresenta uma série de pontes de concreto armado garantindo benefícios à população, entretanto, não existe nenhum registro das autoridades competentes de projetos, inspeções e manutenções das pontes ao longo dos anos. Portanto, o objetivo deste trabalho consiste inicialmente na identificação e catalogação das pontes de concreto armado, além da realização de inspeções cadastrais seguindo a NBR 9452:2016, a partir de uma revisão bibliográfica do tema, apresentando sucintamente tópicos relevantes ao tema e identificando as manifestações patológicas externadas pelas estruturas, com propósito de servir como estudo inicial e comparativo para futuras inspeções.

Palavras – chave: obras de arte especiais; pontes de concreto armado; manifestações patológicas; inspeções

ABSTRACT

Bridges are important structures for the development of a region. If the maintenance are not performed properly, the costs related to the return of the good structural functioning only increase, as currently verified by repeated accidents involving such structures, throughout the Brazilian territory. The city of Viçosa - MG has a series of reinforced concrete bridges ensuring benefits to the population, however, there is no record of the competent authorities of projects, inspections and maintenance of bridges over the years. Therefore, the objective of this work is initially to identify and catalog reinforced concrete bridges, in addition to conducting cadastral inspections following NBR 9452: 2016, from a literature review of the theme, identifying the pathological manifestations externalized by the structures, with purpose to serve as an initial and comparative study for future inspections.

Keywords: special works of art; reinforced concrete bridges; pathological manifestations; inspections.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

As administrações públicas no passado adotaram como solução, de forma contínua e repetitiva, influenciado por profissionais e pelo meio científico, estruturas de concreto armado, por entenderem que o material era durável ao longo do tempo, segundo Klain apud Laner (2001). As preocupações com projetos, métodos construtivos e acompanhamento de obras eram muito menos recorrentes, comparado aos dias atuais, sendo assim, tais comportamentos ultrapassados se tornaram problemáticos a partir do momento que surgiram falhas em tais estruturas, anos após as suas implantações.

ISBN 978-65-86819-05-2

Vale lembrar, por exemplo, que as obras de arte estruturais oriundas do Plano de Metas apresentam hoje mais de 50 anos, sendo completamente aceitável certa queda de desempenho ao longo do período.

Entretanto, a falta de acompanhamento ao longo dos anos de utilização das estruturas, mesmo com a obra revelando problemas através das "manifestações patológicas", caracteriza o agravamento da situação, decorrente da falta de interesse e descaso pela não realização de inspeções periódicas e manutenções, que identificariam precocemente essas condições, solucionando-as. Recorrentemente, o histórico revela que as intervenções são pontuais e esparsas, causadas por algum quadro patológico avançado e alarmante. Tal atitude indica uma despreocupação com a segurança dos usuários e com os gastos públicos, pois o valor atribuído à recuperação de uma grande estrutura cresce ao longo do tempo, como elucidado pela Lei de Sitter, Sitter apud Helene (1992).

As causas da deterioração de uma estrutura podem ser as mais variadas, podendo ser atribuído ao envelhecimento natural da construção, acidentes, erros, incompatibilizações entre projetos ou até mesmo decorrente da irresponsabilidade por parte de alguns profissionais que optam por utilizar materiais fora das especificações, alegando questões econômicas, Souza e Ripper (1998).

Nos anos de 2018 e 2019, pelo menos quatro pontes em grandes centros urbanos, foram afetadas por problemas graves e comprometeram severamente a dinâmica da mobilidade urbana. As duas que trouxeram mais repercussão foram: Brasília, em Fevereiro de 2018, com o colapso parcial de viaduto sobre a galeria dos Estados, no Eixão Sul e em São Paulo, em Novembro de 2018, onde o tabuleiro de um viaduto na marginal Pinheiros teve parte da sua estrutura cedida. Em ambos, ocorreu a interdição da via, comprometendo a mobilidade de pessoas, produtos e serviços das regiões durante meses, expondo a importância de tais estruturas ao cotidiano local.

Zylberkan (2019) em matéria apresentada ao jornal Folha de São Paulo revela que apenas 33 das 185 pontes e viadutos da cidade de São Paulo haviam passado por algum tipo de inspeção e desse número existem 16 pontes com "risco iminente de colapso" devido às condições de manutenção. Ressalta-se o contexto em que esses números são apresentados: intensificação das inspeções a partir da ruptura parcial do viaduto na marginal Pinheiros na cidade de São Paulo, como citado anteriormente, implicando em sua interdição.

Logo, por extensão, imagina-se que se a cidade brasileira com maior PIB do país, de acordo com dados do IBGE (2016), apresenta essas baixas taxas de inspeção em suas estruturas, como apresentado anteriormente, as outras cidades ao redor do território nacional devem evidenciar condições similares ou inferiores.

O estudo das patologias em obras de arte, principalmente em pontes, torna-se mais valoroso à medida que se imagina o comportamento de determinada cidade, de grande, médio ou pequeno porte, caso a estrutura sofra colapso total, além do risco humano envolvido. A inexistência da ponte provocaria inúmeras implicações, diretas e indiretas, de forma individual ou coletiva a população, que dependendo da importância da ponte irá desde a dificuldade de locomoção até complicações na entrada e saída de pessoas, produtos e serviços, desabastecendo cidades.

Somado a isso as etapas de concepção, projeto, planejamento, execução, inspeção e manutenção de uma estrutura de ponte não se caracterizam por um processo simples, rápido e barato. Ou seja, devem-se promover estratégias de todos os tipos afim de garantir a estabilidade das pontes existentes e o funcionamento adequado aos usuários. Portanto, inspeção e manutenção são atividades que protegem não apenas a estrutura, mas as atividades socioeconômicas das cidades e municípios.

1.2. Características do trabalho

O artigo foi elaborado através da adaptação do "Trabalho de Conclusão de Curso" para a obtenção do título de Engenheiro Civil de Tirado (2019). Durante o trabalho, ocorreu a limitação na identificação dos registros, arquivos e documentos: a Secretaria de Obras da Prefeitura de Viçosa, a Defesa Civil e o Instituto de Planejamento do Município, informaram que não existe qualquer tipo de arquivamento dos projetos das pontes, catalogações com características básicas ou relatórios sobre análises patológicas anteriores, originadas a partir de inspeções que permitam a comparação

ISBN 978-65-86819-05-2

das condições existentes (consulta realizada em Janeiro de 2019). Ou seja, as análises documentadas e conclusões sobre as pontes do município de Viçosa que serão apresentados no decorrer do estudo, se restringem, nesse estudo, aos materiais coletados apenas nesse trabalho, não sendo possível o acompanhamento das evoluções das manifestações patológicas ou avaliações e discussões mais complexas, como a influência da idade das estruturas no retrospecto observado.

Então, este artigo tem como objetivo apresentar as manifestações patológicas possíveis em concreto armado e a sua ocorrência em estruturas de pontes. Para isso, será realizada a catalogação e caracterização dessas estruturas do município de Viçosa – MG; identificação das manifestações patológicas que ocorrem nas estruturas, através de inspeções; avaliação qualitativa e quantitativa das pontes inspecionadas, a partir de critérios pré-estabelecidos, permitindo uma atribuição de nota de classificação para cada ponte, e finalmente a determinação das mais comprometidas dentro do universo de estudo.

2. PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

2.1. Definições

Nas últimas décadas, a engenharia civil, mais precisamente o ramo da construção civil, se atenta aos aspectos que vão desde a estabilidade estrutural até a relação que o usuário terá ao longo dos anos com a mesma. Dessa forma, conceitos como desempenho, durabilidade, vida útil, manutenção e agressividade ambiental são tópicos que ganham relevância, seja no ramo acadêmico ou profissional. Portanto, podem-se definir os conceitos da seguinte forma:

a) Durabilidade: capacidade da estrutura ou qualquer elemento estrutural resistir às ações externas previamente analisadas pelo projetista estrutural, satisfazendo pré-requisitos de desempenho ao longo do tempo.
b) Vida Útil: conceito ligado ao tipo da estrutura, grau de importância socioeconômico e as consequências intrínsecas que um possível dano estrutural causaria à sociedade. Logo, quanto maior a exigência de uma vida útil estrutural, maiores serão as iniciativas tomadas, principalmente em projeto, para garantir a sua estabilidade.
c) Desempenho: relacionado ao uso de um sistema ou processo construtivo com a finalidade de exercer a sua função seja qual for a solução técnica adotada e o tempo estipulado em relação ao uso da estrutura. O desempenho insatisfatório de uma estrutura não significa a sua imediata condenação, pois devem ser analisados os motivos pelos quais a estrutura se comporta de forma insatisfatória, prevendo intervenções ou manutenções para que se retorne, pelo menos, ao limite mínimo de desempenho.
d) Manutenção: ato de manter, consertar ou conservar qualquer elemento estrutural, a fim de retomar as condições satisfatórias de desempenho, garantir a durabilidade estrutural e promover a continuação da vida útil estipulada na fase de projeto. A Lei de Sitter, extraída do Comitê Europeu do concreto (*CEB – Design Guide for Concrete Durable Structures*) apud Helene (1992) expõem que as correções realizadas em uma estrutura serão mais eficientes quanto mais cedo forem executadas, ou seja, vão solucionar o problema existente e de forma mais barata. Segundo a Lei de Sitter, os custos crescem ao longo do tempo de acordo com uma progressão geométrica de razão cinco, evidenciando um crescimento do grau de problematização e consequentemente da gravidade da manifestação patológica.
e) Agressividade ambiental: são as ações físicas e químicas que agem na estrutura de concreto, independentemente dos efeitos mecânicos, variações volumétricas e outras ações determinadas no dimensionamento das estruturas. Tal conceito deve ser bem definido na fase de projeto, levando em conta a exposição que a estrutura sofrerá no ambiente, o período de vida útil e a durabilidade exigida.

Dessa forma, Souza e Ripper (1998) definem que a agressividade ambiental se relaciona aos conceitos de durabilidade, desempenho e manutenção, anteriormente discutidos. A combinação dos agentes ambientais como, por exemplo, temperatura, umidade relativa do ar, chuva, salinidade e agressividade química ou biológica, que são transportados para o concreto, geram uma resposta do material a tais ações, constituindo os principais elementos do processo de caracterização da durabilidade, sendo a água, o elemento principal do mecanismo, respeitados os princípios de resistência na fase de fabricação do concreto. A essência destes conceitos estará na execução de uma obra que apresente desempenho satisfatório, por um período suficientemente longo e com custos de manutenção plausíveis.

ISBN 978-65-86819-05-2

2.2. Influência na durabilidade estrutural

Existem diversas decisões e em várias fases de execução de uma obra que influenciam na durabilidade estrutural da construção, seja positiva ou negativamente. A Figura 1, a seguir, indicam decisões que interferem em tal aspecto.

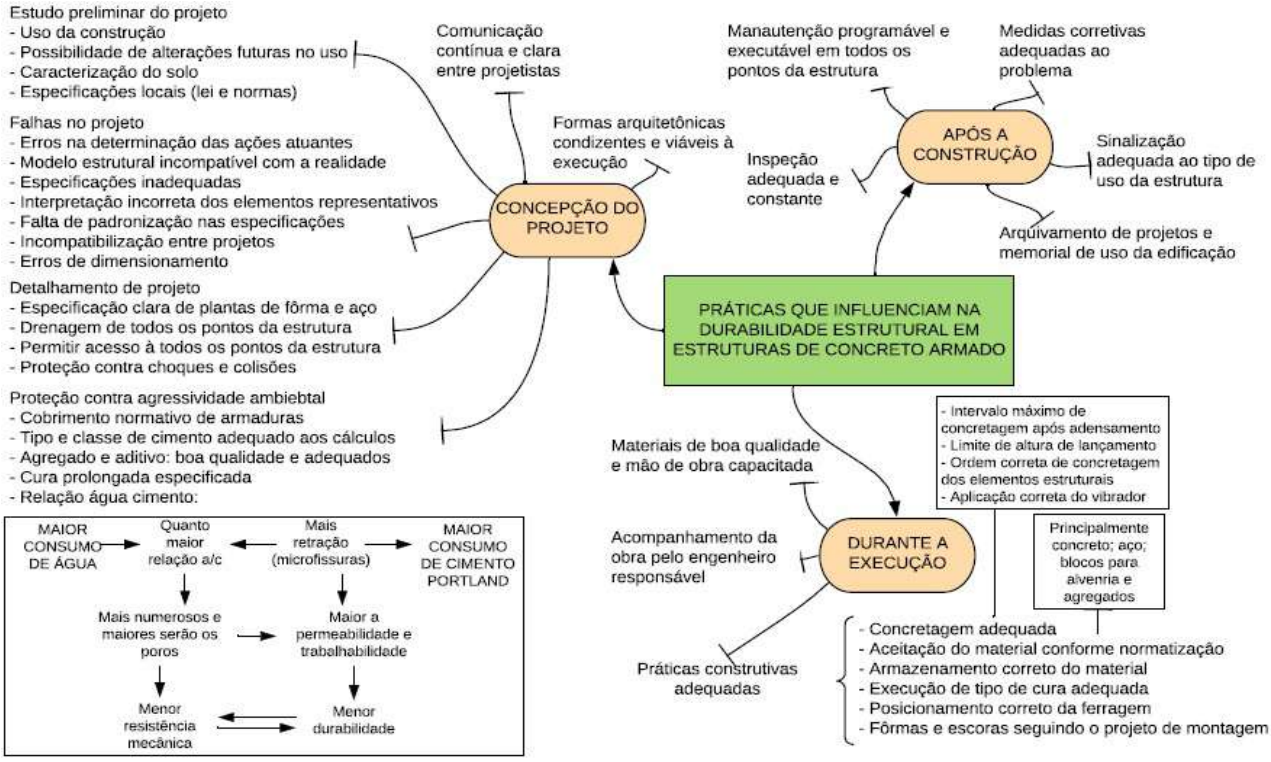


Figura 1: Fluxograma sobre durabilidade estrutural

2.3. Mecanismos de deterioração do concreto

O concreto armado, assim como qualquer outro material sofre deteriorações ao longo do tempo. A Figura 2 a seguir ilustra alguns mecanismos de deterioração que podem ocorrer ao material.

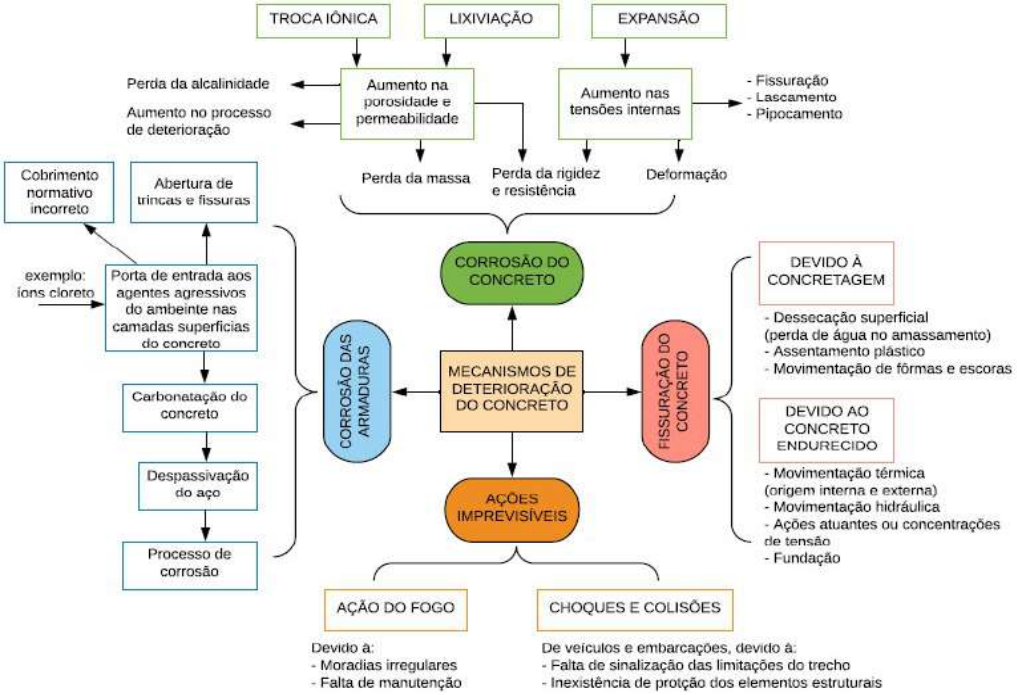


Figura 2: Mecanismos de deterioração do concreto

ISBN 978-65-86819-05-2

3. PATOLOGIAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO

A "patologia das estruturas" é o campo da engenharia das construções que se dedica ao estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e degradações nos elementos construtivos. Posto isso, a interdisciplinaridade com as áreas de projetos e concepção estrutural se faz tão importante ao entendimento das anomalias existentes nas estruturas, pois impactam diretamente em suas ocorrências.

3.1. Sintomatologia

A sintomatologia é o estudo dos sinais que as estruturas externam ao longo do tempo, indicando que algum eventual problema ocorre na construção. Tais sintomas, comumente denominados de "manifestações patológicas" ou "patologias", podem demorar anos a serem externados ou serem de difícil percepção.

O estudo se inicia pela "inspeção visual" com o objetivo de se obter uma coleta geral dos dados da estrutura, indicando os sintomas observados, a localização e a intensidade. A análise do projeto e a adoção de ensaios específicos podem auxiliar nessa etapa inicial para promover um diagnóstico mais condizente.

Em seguida, ocorre a análise de todos os dados a fim de verificar a influência de cada informação no comportamento global da construção. Logo é imprescindível ter conhecimento teórico sobre o desempenho da estrutura e dos materiais em relação aos agentes agressivos, para posteriormente indicar os mecanismos que originaram o surgimento das manifestações patológicas, diagnosticando-as. Apesar de se chegar a uma conclusão, não se pode afirmar com plena convicção sobre a sua eficácia, pois essa só será confirmada após a resposta da estrutura ao tratamento indicado.

Concomitantemente, o estudo passa pela fase de prognóstico, ou seja, a explicação das consequências que irão ocorrer à estrutura caso não sejam efetuadas as medidas corretivas para a extinção do problema, pois dependendo da situação é na fase do prognóstico que se percebe que mesmo com uma intervenção, essa não será satisfatória ou apresentará um custo – benefício elevado pela inevitabilidade da evolução desfavorável do caso. Ao final, encerrado o diagnóstico e prognóstico, se estabelece a tomada de decisão, indicando as intervenções necessárias ao problema estudado.

3.2. Tipos de inspeção

A verificação da existência de manifestações patológicas ocorre através de inspeções. A NBR 9452:2016 indica os procedimentos adequados para a inspeção em pontes e viadutos de concreto armado. São elas:

- Inspeção Cadastral: realizada após o término da construção ou em situações que as pontes recebem alterações significativas em suas características básicas, como mudanças na largura, comprimento, reforço ou substituição do sistema estrutural.
- Inspeção Rotineira: é a realização de um acompanhamento visual, em um período não superior a um ano, observando-se a evolução das anomalias identificadas em outras inspeções, novas ocorrências, modificações, reparos ou recuperações realizadas dentro do período.
- Inspeção Especial: tem periodicidade de cinco anos, podendo ser estendia há oito anos em condições especiais. A norma NBR 9452:2016 indica que "deve ser pormenorizada e contemplar o mapeamento gráfico e quantitativo das anomalias de todos os elementos aparentes e/ou acessíveis da Obra de Arte Especial, com o intuito de formular o diagnóstico e prognóstico da estrutura".
- Inspeção Extraordinária: inspeção que não é programada, ocorrendo em situações onde seja necessário avaliar mais critérios de um único elemento ou de parte da estrutura. Tal inspeção pode ser uma demanda gerada por inspeções anteriores, por impacto de veículos, trem ou embarcação em qualquer parte estrutural ou ainda devido à ocorrência de eventos naturais, como sismos, tempestades, inundações e outros.

3.3. Tipos de manifestações patológicas em elementos de pontes de concreto armado

As manifestações patológicas que podem ocorrer nas estruturas de pontes são similares as existentes em qualquer outra

ISBN 978-65-86819-05-2

estrutura de concreto armado. A Figura 3, a seguir, ilustra de forma resumida, exemplos de manifestações patológicas que podem ocorrer em pontes de concreto armado.

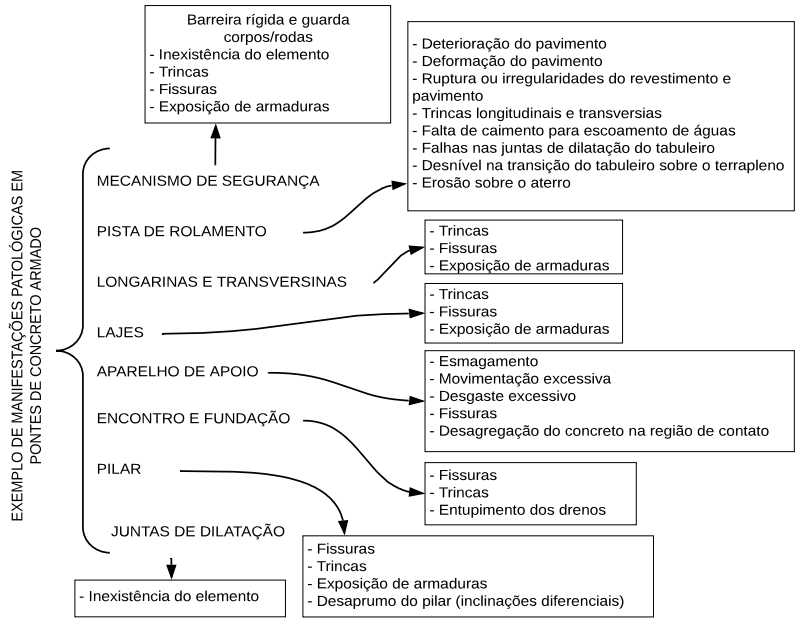


Figura 3: Tipos de manifestações patológicas em pontes de concreto armado.

4. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÃO UTILIZADOS

4.1. Execução

O trabalho se iniciou pelo procedimento de localização das obras de arte especiais dentro do município de Viçosa. Em seguida, realizou-se a inspeção do tipo “cadastral”, como indicado pela NBR 9452:2016, para que os dados coletados pudessem ser organizados a fim de se desenvolver uma avaliação qualitativa e quantitativa, com o objetivo de mensurar as condições observadas e determinar uma escala de deterioração estrutural. O processo de localização e inspeção foi realizado durante o mês de Maio de 2019, com o auxílio do setor da Defesa Civil da prefeitura de Viçosa.

A catalogação consistiu na identificação da estrutura, medição de seus principais elementos geométricos e avaliação visual básica, buscando caracterizar a obra de arte de forma geral. Seguiu-se com a inspeção, percorrendo todos os pontos da ponte (superestrutura e infraestrutura), com o intuito de identificar a existência das manifestações patológicas que ocorrem em cada elemento estrutural, exemplificadas anteriormente na Figura 3, registrando-as através de fotografias. No processo utilizaram-se equipamentos básicos (pranchetas, lápis, borracha, papel sulfite branco, trena manual e máquina fotográfica) e para segurança, disponibilizados pela Universidade Federal de Viçosa (calça-bota, corda e capacete) a fim de se realizar a documentação necessária à inspeção cadastral.

4.2. Método de apresentação dos dados coletados

Após as inspeções e arquivamento dos registros fotográficos, ocorreu a etapa de análise dos dados coletados. Para isso, utiliza-se o modelo de ficha de inspeção cadastral obtido na NBR 9452:2016, adequando o preenchimento as características estruturais observadas nas pontes do município de Viçosa. Foram determinadas informações sobre as construções: pista de rolamento e elementos acessórios ou gerais, para cada ponte identificada e inspecionada.

Além disso, foi realizado o levantamento de cada tipo de manifestação patológica existente em todos os elementos estruturais e para cada uma das pontes de concreto armado inspecionadas, atribuindo códigos para cada tipo de manifestação patológica detectada, a fim de se obter uma visão geral das condições das pontes do município.

ISBN 978-65-86819-05-2

Ao final determinou subjetivamente uma classificação quantitativa do estado de cada estrutura, através de notas atribuídas ao nível de deterioração do elemento construtivo, a partir da avaliação da intensidade de cada manifestação patológica.

O cálculo é realizado através de uma média ponderada: para cada elemento construtivo, arbitrou-se um valor ponderado que varia com o grau de importância que o elemento reflete na integridade da estrutura e para cada elemento avalia-se o estado, de acordo com as seguintes notas:

- Nota 0 (zero): o elemento analisado não apresenta manifestação patológica ou ocorre de forma discreta;
- Nota 1 (um): o elemento analisado apresenta manifestação patológica perceptível;
- Nota 2 (dois): o elemento analisado apresenta manifestação patológica intensificada e facilmente perceptível;
- Nota 3 (três): o elemento analisado apresenta manifestação patológica em todo elemento, acometido por grande intensidade e/ou pequena ocorrência;
- Nota 4 (quatro): o elemento apresenta manifestação patológica alarmante.

Após realizar a avaliação dos elementos constituintes da ponte, determina-se a classificação estrutural através do cálculo de média ponderada, como indica a equação 1, a seguir:

$$Classificação = \frac{\Sigma(ponderação * nota)}{\Sigma ponderação} \qquad \text{Eq. (1)}$$

O valor obtido na "classificação" varia de zero e quatro, portanto quanto maior o valor obtido na classificação mais manifestações patológicas são identificadas nos elementos e/ou maior a intensidade da manifestação e consequentemente maior o estado de degradação da estrutura. A análise inversa é válida para as estruturas que atingirem nota de classificação próxima à zero.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Catalogação

As Tabelas 1 e 2, a seguir, apresentam todas estruturas identificadas e inspecionadas no município de Viçosa - MG, atribuindo-se um nome de identificação e sua respectiva dimensão. Para todas as pontes foram preenchidas planilhas para o arquivamento das informações mais relevantes, com base na NBR 9452:2016.

Tabela 1: Catalogação das pontes de concreto armado do município de Viçosa – MG

Nº	PONTE	COORDENADA GEOGRÁFICA		LOCALIZAÇÃO (logradouro mais próximo)	Dimensões totais (m)	
		Latitude	Longitude		Comprimento	Largura
1	Tancredo Neves	20° 45' 10" S	42° 52' 50" W	Travessa Tancredo Neves	9,81	8,78
2	Passos	20° 45' 7.9" S	42° 52' 55.5" W	Rua dos Passos	14,06	4,74
3	Tenente Kummel	20° 45' 6.7" S	42° 53' 6.9" W	Rua Tenenet Kummel	12,26	4,65
4	Reião	20° 44' 56" S	42° 53' 7" W	Travessa Santana	6,55	4,70
5	Vale do Sol I	20° 44' 45.5" S	42° 52' 54" W	Rua Raimundo Nonato da Paixão	8,07	3,24
6	Vale do Sol II	20° 44' 43.5" S	42° 52' 53.3" W	Rua Manuelita Lopes de Castro	13,05	6,12
7	João Mariano	20° 44' 35.4" S	42° 52' 54.8" W	Rua Antônio Camilo Lelis	7,37	4,90
8	Nova Era	20° 44' 16.6" S	42° 52' 47.8" W	Rua Dom Silvério	14,20	5,98
9	Silvestre	20° 43' 9.5" S	42° 52' 2.3" W	Rua José Lustosa	25,00	4,70
10	Marquês	20° 43' 23.9" S	42° 52' 46.4" W	Estrada dos Marquês	25,50	4,55
11	Laranjal	20° 43' 51.4" S	42° 53' 21.1" W	Rua Lambarí	21,30	4,65
12	Barrinha	20° 43' 59.1" S	42° 53' 33.4" W	Rua Maria Gabriela	25,28	4,45
13	Santo Antônio	20° 44' 51.4" S	42° 52' 5.2" W	Rua José Medina Floresta	4,67	5,40
14	São José do Triunfo I	20° 44' 16.5" S	42° 50' 45.4" W	Rua Sebastiana Ribeiro - MG 482	47,00	7,30
15	São José do Triunfo II	20° 45' 25.4" S	42° 49' 22.7" W	Rua Sebastiana Ribeiro - MG 482	38,30	9,40
16	Violeira	20° 43' 46.1" S	42° 50' 55.9" W	acesso ao Bairro Violeira	11,75	4,05
17	Portugueses	20° 43' 37.4" S	42° 53' 8.9" W	Rua Dona Amélia	26,87	4,00
18	Bom Jesus	20° 45' 54.5" S	42° 53' 4.4" W	Rua Prefeito Moacir Dias de Andrade	5,10	5,80

ISBN 978-65-86819-05-2

Tabela 2: Identificação das pontes inspecionadas no município de Viçosa - MG

 Ponte Tancredo Neves	 Ponte dos Passos	 Ponte Tenente Kummel
 Ponte do Reião	 Ponte Vale do Sol I	 Ponte Vale do Sol II
 Ponte João Mariano	 Ponte Nova Era	 Ponte do Silvestre
 Ponte do Marquês	 Ponte do Laranjal	 Ponte da Barrinha
 Ponte Santo Antônio	 Ponte São José do Triunfo I	 Ponte São José do Triunfo II
 Ponte da Violeira	 Ponte dos Portugueses	 Ponte Bom Jesus

ISBN 978-65-86819-05-2

5.2. Descrição das inspeções

A metodologia de inspeção ocorreu da mesma forma em todas as pontes identificadas e catalogadas. Assim, serão apresentadas a seguir, características gerais de algumas pontes inspecionadas e a exemplificação das principais manifestações patológicas observadas, com base nos registros fotográficos realizados.

5.2.1. Ponte João Mariano

Inspecionada no dia 16/05/2019, a ponte não apresenta sistema de drenagem no tabuleiro. Além disso, na infraestrutura é observado elevada exposição das armaduras do tabuleiro, causando corrosão. Tal exposição ocorre em toda a extensão da borda do tabuleiro e em pontos localizados na região central. O mesmo acontece nas vigas, porém em menor número de ocorrência e intensidade. A existência de duas trincas com grandes aberturas, localizadas em cada um dos encontros é algo que chama muita atenção na infraestrutura. A Figura 4 retrata algumas das manifestações observadas.



Figura 4: Identificação da ponte e de trincas nos encontros de concreto armado

5.2.2. Ponte Nova Era

Inspecionada no dia 16/05/2019, a ponte localiza-se próximo ao supermercado “Bahamas Mix”. Na região da superestrutura, nota-se a inexistência de sistema de drenagem no passeio, causando empoçamento de água. Além disso, o asfalto está visivelmente danificado, com a presença de trincas, fissuras e “trilhos de roda”. Na região da infraestrutura, ocorrem elevada exposição e corrosão das armaduras, principalmente no comprimento total da ponte, ao longo dos extremos do tabuleiro. Nessa região, é possível observar ainda, um desplacamento acentuado do concreto. A Figura 5 retrata algumas das manifestações observadas.



Figura 5: Identificação da ponte, do desplacamento do concreto e corrosão das armaduras da longarina de ponte.

ISBN 978-65-86819-05-2

5.3. Avaliação quantitativa e qualitativa das inspeções

Após a descrição, catalogação e registros fotográficos de cada ponte, obtemos a Tabela 3 com a indicação da existência de cada tipo de manifestações patológicas, em cada elemento, para todas as pontes inspecionadas, através de códigos de identificação, descritos na tabela 4, que também apresenta uma avaliação quantitativa do número total de ocorrências.

Tabela 3: Ocorrência de manifestações patológicas - Avaliação qualitativa.

ELEMENTOS DA ESTRUTURA / PONTE			Tancredo Neves	Passos	Tenente Kummel	Reião	Vale do Sol I	Vale do Sol II	João Mariano	Nova Era	Silvestre	Maquês	Laranjal	Barrinha	Santo Antônio	São José do Triunfo I	São José do Triunfo II	Violeira	Portugueses	Bom Jesus
Acessórios	Sinalização	Vertical	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
		Horizontal	K	I	J	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	J	J	K	K	K
	Passeio		I	I	I	K	I	K	K	I	K	K	K	K	K	K	K	K	K	-
	Barreira rígida		*	*/C/D	*	*/F	*	*/E	*C/D	*	*/C/D	-	-	-	*	-	C/D/E	*/C/D	E	*/E
	Guarda corpo											K	K	K		K	K		K	
	Sistema de drenagem		-	K	H	H	H	H	K	K	K	K	K	K	K	-	-	K	K	K
Superestrutura	Juntas de Dilatação		K	K	K	K	K	I	F	F/G	F/G	G	-	G	F	-	F/G	G	G	G
	Pavimento	Transição	-	F	F	F	F/G	G	-	F/G	F/G	-	-	-	F	-	F/G	-	F	G
		no centro	-	-	F	F	-	G	K	K	K	-	H	H	K	H	H	K	-	-
	Laje do tabuleiro		C	C/D	-	C/D	C/D	-	B/C/D	A/C/D	C/D/E	E	E	-	B/C/D/E	E	E	C/D/E	-	B/C/D/E
	Longarina		-	C/D	-	B	N	N	B/C/D	A/C/D	C/D/E	E	C/D/E	-	K	E	E	N	C/D	K
	Tranversina		-	C/D	-	-	N	K	B/C/D	-	C	-	-	-	B/C/D/E	E	E	K	-	B/C/D/E
Mesoestrutura	Aparelho de apoio		K	K	K	K	K	K	K	K	K	-	-	-	K	-	-	K	K	K
Infraestrutura	Encontros		C	-	-	B	B/E	B/E/D	B/F	B	-	-	-	-	B/F	-	-	B	B	B/F
	Pilares		K	K	K	K	K	K	K	K	K	-	K	-	K	C/D	-	K	G	K
	Fundação		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	N	N	-	N

Tabela 4: Ocorrência e código de manifestações patológicas - Avaliação quantitativa.

DESCRIÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS/ ELEMENTOS ESTRUTURAIS			Desplacamento do concreto	Ninhos de concretagem	Armadura exposta	Armadura corroída	Manchas no concreto	Fissuras ou trincas	Desníveis ou trilhos de rodas	Obstrução no sistema de drenagem	Existência do elemento	Elemento parcialmente existente ou defeituoso	Inexistência do elemento	Elemento não identificado ou não se aplica no estudo	Sem manifestações patológicas perceptíveis ou relevantes no elemento	Elemento não está de acordo com a norma, mas exerce a função similar
CÓDIGOS			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	N	*	-
Acessórios	Sinalização	Vertical														
		Horizontal									1	3				
	Passeio										5					
	Barreira rígida				4	4	3	1								
	Guarda corpo				1	1	1									
	Sistema de drenagem									4						
Superestrutura	Juntas de Dilatação							5	8		1					
	Pavimento	Transição						9	6							
		no centro						2	1	4						
	Laje do tabuleiro		1	3	10	6	8									
	Longarina		1	2	6	6	5									
	Tranversina			3	5	4	4									
Mesoestrutura	Aparelho de apoio			9												
Infraest.	Encontros				2	1	1	3								
	Pilares				1	1			1							
	Fundação															
TOTAL DE OCORRÊNCIAS			2	17	29	23	22	20	16	8	7	3				

ISBN 978-65-86819-05-2

Observa-se, através da Tabela 4, que a manifestação patológica que mais ocorre nos elementos das pontes inspecionadas é a "exposição de armaduras", evidenciando um provável problema construtivo com relação à adoção insuficiente de cobrimento das ferragens ou julgamento equivocado, em projeto, quanto à classe de agressividade ambiental ou a não fiscalização da execução das atividades de concretagem.

A seguir, apresenta-se a Tabela 5, que indica uma avaliação quantitativa das manifestações patológicas nas pontes de concreto armado, decorrente das inspeções realizadas. Os campos não preenchidos referem-se a não avaliação do elemento, devido a sua inexistência, dificuldade de identificação/localização ou impossibilidade de inspeção. Nessa tabela, obtemos ainda o valor da classificação da estrutura, em ordem decrescente de grau de risco arbitrado, calculado pela equação 1, apresentada anteriormente.

Tabela 5: Classificação de risco - avaliação quantitativa das pontes de concreto armado inspecionadas.

ELEMENTOS DA ESTRUTURA / PONTE			Ponderação	João Mariano	Portugueses	Santo Antônio	Silvestre	Nova Era	São José do Triunfo I	Passos	Bom Jesus	Reião	Tenente Kummel	Vale do Sol I	Tancredo Neves	Vale do Sol II	Violeira	São José do Triunfo II	Laranjal	Maquês	Barrinha
Acessórios	Sinalização	Vertical	0,75	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		Horizontal	0,75	3	3	3	2	3	1	1	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3
	Passeio		0,75					1		1	0		2	1	1						
	Barreira rígida		0,75		0			1	0					1		0		1	0	0	0
	Guarda corpo		0,75	2		1	2	1		1	0	3	1	1	1	1	1		0	0	0
	Sistema de drenagem		0,75	3	0	1	1	2	2	1	0	3	1	3	2	1	2	2	1	1	1
Superestrutura	Juntas de Dilatação		1						0									0			
	Pavimento	Transição	1	2	2	1	2	2	0	0	3	2	1	3	0	1	3	2	0	2	0
		no centro	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	2	1	0	2
	Laje do tabuleiro		3	2	1	3	2	3	0	2	1	2		1	0	0	1	0	0	0	0
	Longarina		3	1			2	1		1		1	1						1	0	0
	Tranversina		3		0	3	1		0	2			0		0			0	0	0	0
Mesoestrutura	Aparelho de apoio		3						2				3					0	0	0	0
Infraestrutura	Encontros		4	4	0	2	1	1	0	1	2		0	1	2	2	0	0	0	0	0
	Pilares		4		4				3									0		0	0
VALOR DA CLASSIFICAÇÃO				1,32	1,29	1,13	1,05	0,99	0,96	0,88	0,82	0,76	0,73	0,69	0,56	0,55	0,5	0,39	0,34	0,26	0,26

Observa-se que a ponte João Mariano é, segundo a classificação adotada, a estrutura no município de Viçosa que apresenta manifestações patológicas mais comprometedoras ou intensificadas. Entretanto, isso não isenta a preocupação que deve ocorrer as outras estruturas, pois pode haver alguma obra de arte especial com uma classificação mediana, comparativamente as outras pontes, porém com um único elemento em estado elevado de comprometimento, o que resulta em um pequeno valor de classificação. Entretanto, essa manifestação pode acarretar grandes problemas à integridade estrutural, caso esteja em algum elemento significativo ou em determinada configuração específica.

6. CONCLUSÃO

Durante as inspeções realizadas nas pontes do município de Viçosa, pode-se verificar que a manifestação patológica de "exposição de armaduras" foi a mais identificada nas estruturas. Além disso, todas as pontes apresentam manifestações patológicas, independentemente da idade de construção da estrutura, alterando apenas a intensidade, gravidade o

ISBN 978-65-86819-05-2

número de ocorrências de determinado tipo de manifestação, evidenciando problemas de acompanhamento de obra e falta de inspeções e manutenções das estruturas. Como por exemplo, a ponte "Laranjal" é a que mais chama a atenção nesse ponto, pois apesar do presente trabalho não ter precisão na idade de construção, provavelmente essa é a ponte mais recente (idade aproximada de 3 anos), sendo possível identificar exposição elevada de armaduras na sua longarina.

Tal fato se evidencia pela falta de informações das pontes do município de Viçosa, sejam relatórios, projetos ou catalogações, por parte dos órgãos competentes, independentemente do ano da construção da estrutura.

Logo, projeto, execução, inspeção e manutenção são alguns fatores de extrema importância à existência de uma estrutura de concreto que tenham durabilidade e desempenho satisfatórios aos usuários e a atuação incorreta de alguma dessas etapas implicam em consequências graves em um futuro não muito distante. Por isso a existência de inspeções periódicas nas estruturas é relevante, por permitir a correção precoce de possíveis erros oriundos de fases anteriores ou pelo início de desempenho insuficiente.

A falta de catalogação das estruturas foi um fator limitante ao desenvolvimento do trabalho, pois sem uma noção clara da localização, quantidade de estruturas e características básicas, não se pode determinar um cronograma rígido de pesquisa. Tal dificuldade se manifestou na incapacidade de análise mais detalhada das manifestações existentes nas pontes, tornando o trabalho amplo e precursor, porém fundamental para a existência de novas pesquisas, inspeções ou manutenções das estruturas do município.

A inexistência de um acompanhamento ou manutenção periódica das estruturas devido à inexistência de uma simples catalogação das obras de arte por parte dos órgãos públicos competentes, como mencionado anteriormente, revela, portanto, uma preocupação com a estabilidade de todas as pontes do município de Viçosa, devido à quantidade e gravidade das manifestações patológicas encontradas, intensificado pelo fato de que elas estão em constante estado de avanço, permitindo o surgimento de outras patologias e reduzindo gradativamente a vida útil das estruturas e de forma cada vez mais rápida.

7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT – **Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto - Procedimento.** NBR 9452 – Abril. 2016.

BRASIL, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico, 2016**. Disponível em:<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=pib-por-municipio>. Acesso em: 22 de Abril de 2019.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo: Ed. PINI, 1992.

LANER, J. F. **Manifestações Patológicas nos viadutos, pontes e passarelas do Município de Porto Alegre**. Porto Alegre, 2001. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SITTER, W. R. ***Costs for Service Life Optimization. The "Law of Fives".*** In: CEB-RILEM Durability of Concrete Structures. Proceedings of the International Workshop held in Copenhagen. Maio 1983. Copenhagen, CEB, 1984.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Ed. PINI, 1998.

TIRADO, L. H. B. **Identificação de Manifestações Patológicas em Pontes de Concreto Armado no Município de Viçosa – MG**. Viçosa, 2019. Trabalho Final de Curso – Universidade Federal de Viçosa.

ZYLBERKAN, M. **Nos últimos dez anos, 169 pontes e viadutos de SP ficaram sem reparos**. Folha de São Paulo, São Paulo, 07 de fev. 2019. Cotidiano.