

## Análise de manifestações patológicas do concreto em viadutos urbanos

H. J. N. Lima<sup>1</sup> \*, R. S. Ribeiro<sup>2</sup> , R. A. Palhares<sup>3</sup> , G. S. S. A. Melo<sup>1</sup> 

\* Autor de Contato: [hjnery@gmail.com](mailto:hjnery@gmail.com)

DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v9i2.308>

Recepção: 14/06/2018 | Aceitação: 14/11/2018 | Publicação: 30/04/2019

Editor Associado Responsável: Dr. Paulo Helene

### RESUMO

O trabalho apresenta o estudo de caso de manifestações patológicas em estruturas de concreto, localizadas no Eixo Rodoviário Norte de Brasília, por meio da metodologia GDE/UnB, que qualifica e quantifica a degradação de danos estruturais. Foi realizada a caracterização do estado geral da estrutura com a finalidade de servir de subsídio para tomadas de decisões quanto a intervenções rotineiras, de forma a ampliar a vida útil da estrutura. A rotina metodológica consiste na realização de inspeções em campo, catálogo das manifestações patológicas estruturais com levantamento fotográfico, caracterização dos fenômenos patológicos e classificação segundo os fatores de ponderação e fatores de intensidade de danos da estrutura conforme a metodologia GDE/UnB para obras de arte especiais, cálculo e classificação global dos danos da estrutura.

**Palavras-chave:** manifestações patológicas; estrutura de concreto; viadutos.

**Citar como:** Lima, H. J. N., Ribeiro, R. S., Palhares, R. A., Melo, G. S. S. A. (2019), "Análise de manifestações patológicas do concreto em viadutos urbanos", Revista ALCONPAT, 9 (2), pp. 247 – 259, DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v9i2.308>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil – Universidade de Brasília, Brasília, Brasil

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Civil, Centro Universitário do Distrito Federal – UDF, Brasília, Brasil

<sup>3</sup> Departamento de Estruturas, Faculdade de Engenharia – UFJF, Juiz de Fora, Brasil

### Informações legais

Revista ALCONPAT é uma publicação trimestral da Associação Latino-Americana de Controle de Qualidade, Patologia e Recuperação de Construção, Internacional, A.C., Km. 6, antiga estrada para Progreso, Mérida, Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, [alconpat.int@gmail.com](mailto:alconpat.int@gmail.com), Website: [www.alconpat.org](http://www.alconpat.org)

Editor responsável: Dr. Pedro Castro Borges. Reserva de direitos de uso exclusivo, No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos concedidos pelo Instituto Nacional de Direitos Autorais. Responsável pela última atualização deste número, Unidade de Informática ALCONPAT, Eng. Elizabeth Sabido Maldonado, Km. 6, antiga estrada para Progreso, Mérida, Yucatán, C.P. 97310.

As opiniões expressas pelos autores não refletem necessariamente a posição do editor.

É totalmente proibida a reprodução total ou parcial dos conteúdos e imagens da publicação sem autorização prévia do ALCONPAT Internacional A.C.

Qualquer discussão, incluindo a resposta dos autores, será publicada no primeiro número do ano 2020, desde que a informação seja recebida antes do fechamento do terceiro número do ano de 2019.

## Analysis of pathological manifestations of concrete in urban viaducts

### ABSTRACT

The paper presents the case study of pathological manifestations in concrete structures, located in the Northern Road Hub of Brasília, using the GDE / UnB methodology, which qualifies and quantifies the degradation of structural damages. The general state of the structure was characterized in order to serve as a subsidy for decision making regarding routine interventions, in order to extend the useful life of the structure. The methodological routine consists of conducting field inspections, catalog of structural pathologies with photographic survey, characterization of pathologies and classification according to the weighting factors and damage intensity factors of the structure according to the GDE / UnB methodology for special works of art, calculation and overall classification of the structure damage.

**Keywords:** pathologies; concrete structure; viaducts.

## Análisis de manifestaciones patológicas del concreto en viaductos urbanos

### RESUMEN

El trabajo presenta el estudio de casos de manifestaciones patológicas en estructuras de hormigón, ubicadas en el Eje Rodoviario Norte de Brasilia, por medio de la metodología GDE / UnB, que califica y cuantifica la degradación de daños estructurales. Se realizó la caracterización del estado general de la estructura con la finalidad de servir de subsidio para tomas de decisiones en cuanto a intervenciones rutinarias, para ampliar la vida útil de la estructura. La rutina metodológica consiste en la realización de inspecciones en campo, catálogo de las manifestaciones patológicas estructurales con levantamiento fotográfico, caracterización de las manifestaciones patológicas y clasificación según los factores de ponderación y factores de intensidad de daños de la estructura conforme a la metodología GDE / UnB para obras de arte especiales, calculo y clasificación global de los daños de la estructura.

**Palabras clave:** manifestaciones patológicas; estructura de hormigón; viaductos.

## 1. INTRODUÇÃO

A correta identificação das origens dos problemas patológicos permite ao pesquisador estabelecer em que momento do gerenciamento da obra eles ocorreram, se tiveram origem na fase de projetos; na especificação do material; na etapa de execução da construção pelo uso de uma mão de obra não especializada; por falta de fiscalização; ou ainda se falhas foram decorrentes da operação inapropriada e manutenção deficiente.

Essa análise de identificação e proposição de ataque às manifestações patológicas é apropriada se comparada ao custo de mudanças tardias quando as manifestações já ocorreram, definido no gerenciamento de obras por Mattos (2010) e pelo PMBOK (2014). Neste enfoque ao se avaliar o custo de evitar um problema patológico em diferentes fases de uma obra, observa-se que quanto mais tardio identificarmos a possibilidade de um problema ou manifestações patológicas por falta de planejamento, maior será o custo do reparo e a possibilidade de colapso estrutural.

Segundo Helene (1997), os custos de intervenção crescem exponencialmente quanto mais tarde for essa intervenção e, resumidamente podem ser evitados nas seguintes fases:

- a. Fase de projeto - representa o custo de referência, dentre as medidas que podem ser verificadas para evitar problemas futuros. Pode-se destacar como medidas mitigadoras:
  - Aditivos e adições para melhorar a durabilidade do concreto e diminuir a permeabilidade;

- Aumentar a espessura de cobrimento da armadura como medida de proteção contra a corrosão;
  - Reduzir a relação a/c do concreto de forma a diminuir a porosidade da matriz pasta de concreto e conseqüentemente diminuir a permeabilidade;
  - Aumento da resistência característica do concreto.
- b. Fase de execução – sua intervenção tardia implica num custo 5 (cinco) vezes superior ao custo de uma intervenção tomada como referência a fase de projeto.
- c. Fase de manutenção preventiva - podem custar até 25 vezes mais que medidas corretas tomadas na fase de projeto estrutural. Medidas usuais que poderiam evitar o aumento dos custos:
- Pinturas periódicas
  - Impermeabilizações
- d. Fase de manutenção corretiva - corresponde ao reparo das estruturas que já apresentam manifestações patológicas visíveis. A estas atividades pode-se associar um custo 125 vezes superior ao custo das medidas que poderiam e deveriam ter sido tomadas na fase de projeto. Cabe ressaltar que o alto custo não está apenas associado aos custos de mão-de-obra e dos materiais da manutenção propriamente dita, mas também aos custos indiretos relacionados a sua intervenção, como o tempo e transtornos da interdição da estrutura no período de reparo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Incidências patológicas no concreto

Segundo Metha (2008) e Ribeiro (2014), as causas patológicas do concreto podem ser divididas em três grupos: físicos, químicos e biológicos.

As causas físicas da deterioração do concreto podem ser subdivididas em duas categorias: desgaste superficial (ou perda de massa) por causa da abrasão, da erosão e da cavitação; fissuração em razão de gradientes normais de temperatura e umidade, pressões de cristalização de sais nos poros, carregamento estrutural e exposição a extremos de temperaturas, tais como congelamento ou fogo. As causas químicas da deterioração do concreto geralmente são devido a presença de substâncias químicas, podendo ocorrer por: hidrólise e lixiviação dos componentes da pasta de cimento por água pura; trocas iônicas entre fluidos agressivos e a pasta de cimento; reações causadoras de produtos expansíveis, tais como expansão por sulfatos, reação álcali-agregado e corrosão da armadura no concreto.

As causas biológicas estão relacionadas principalmente com a presença de microrganismos, que propiciam ambiente corrosivos agressivos a pasta de concreto e ao aço, por meio de bactérias oxidantes de enxofre ou de sulfetos, os quais aceleram a deterioração destas estruturas.

### 2.2 Ensaio não destrutivos

Muitas vezes, além da análise visual, faz-se necessária a realização de ensaios destinados a fornecer informações relacionadas às condições de resistência e ruptura de componentes da estrutura vistoriada, além de maior conhecimento sobre o solo de fundação.

A decisão da realização ou não de ensaios complementares a inspeção visual fica a cargo do engenheiro responsável pela elaboração do laudo técnico. Os ensaios mais conhecidos nas estruturas de concreto e alvenaria são classificados em não destrutivos e ensaios destrutivos conforme Tabela 1.

Tabela 1. Ensaios destrutivos e não destrutivos

Não destrutivos	Destrutivos
Esclerometria; Carbonatação; Controle de fissuras com selos de gesso ou vidros; Ultrassonografia; Gamagrafia; Prova de carga; Medições de deformações e recalques.	Resistência à compressão axial em testemunhos retirados da estrutura; Resistência à tração em testemunhos retirados da estrutura; Módulo de deformação do concreto e de argamassas; Reconstituição do traço de concreto e de argamassa; Massa específica, permeabilidade e absorção de água; Teor de cloretos; Determinação do escoamento à tração em amostras de armadura retiradas da estrutura; Determinação do potencial de corrosão de amostras de armadura retiradas da estrutura; Resistência à compressão de tijolos e blocos individuais; Resistência à compressão de prismas de tijolos e blocos.

### 3. ESTADO DA ARTE DA METODOLOGIA GDE/UNB

O uso da metodologia GDE/UnB é pertinente para análises de manifestações patológicas uma vez que torna possível a comparação, de forma rápida e objetiva, do grau de deterioração de diferentes estruturas de concreto, por meio de dados coletados em inspeções visuais campo.

Diversos autores desenvolveram a metodologia e a adaptaram no decorrer do tempo para diferentes aplicabilidades.

Klein et.al. (1991) foi o precursor da metodologia aperfeiçoada na Universidade de Brasília. O estudo teve como objetivo criar e implementar um processo de vistorias sistematizadas em estruturas de concreto com o intuito de priorizar ações de reparos de estruturas na cidade de Porto Alegre. A metodologia classifica as estruturas em função da variedade e gravidade dos problemas apresentados, através da definição de um grau de risco. O estudo resultou de convênio firmado entre a Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a Prefeitura Municipal de Porto Alegre onde foram classificadas onze obras em função do grau de deterioração dos danos impostos pelas manifestações patológicas.

Castro et al. (1995) desenvolveu uma metodologia sistêmica, adotando por base as observações realizadas por Klein et.al. (1991). A metodologia de Castro, também chamada de metodologia GDE/UnB, tem como objetivo adaptar as avaliações específicas de pontes e viadutos para qualquer estrutura de concreto convencional. No modelo foram implementadas formulações, aperfeiçoadas do modelo de Tuutti (1982) da evolução da corrosão de armadura de concreto. Por analogia, o autor conseguiu quantificar o grau de deterioração em que se encontravam as estruturas para outros processos de degradação. Posteriormente implementou na metodologia o Caderno de Inspeção, que se tratava de um documento essencial de coleta de dados, que continha a conceituação dos danos de maior incidência e referências para os valores de Fatores de intensidade do dano.

Lopes (1998), utilizou a metodologia para desenvolver o estudo de aperfeiçoamento do sistema de manutenção predial de um prédio comercial. Por meio da quantificação da degradação física foi possível prever de maneira confiável o melhor instante para intervenções de manutenção preditiva nas edificações. Neste estudo foi analisado o grau de deterioração da estrutura individual, associando-o aos dos demais componentes, que permitia como resultado num índice de degradação único para a edificação. Entretanto verificou-se a necessidade de realizar algumas alterações na metodologia proposta por Castro et al. (1995), visando melhorar a sua aplicabilidade. Neste estudo

foram feitas as alterações: nas famílias de elementos, na relação de danos, na definição de novos fatores de ponderação de danos e na formulação de cálculo do grau de deterioração de um elemento ( $G_{de}$ ). A investigação foi realizada em seis edifícios do Banco do Brasil e de forma geral mostrou-se eficiente para uso em aplicações de edificações.

Boldo (2002) relata os resultados de avaliações efetuadas em quarenta edificações de estruturas de concreto do Exército Brasileiro, referente à aplicação da metodologia, que permitiu quantificar o grau de deterioração de estruturas de concreto, mediante parâmetros que avaliam as manifestações de danos e sua evolução. Com a eficiência da metodologia GDE/UnB para o uso em edificações demonstrada, ele possibilitou o estabelecimento de programas de manutenção sistemáticos e mais eficazes em instalações do Exército.

Fonseca (2007) aplicou a metodologia GDE/UnB em estruturas de edificações no Instituto Central de Ciências da UnB – ICC e propôs alterações na formulação para o cálculo do Grau de deterioração de uma família ( $G_{df}$ ) e do Grau do Dano (D).

Euqueres (2011) fez um estudo com 11 inspeções em estruturas de pontes a fim de validar propostas de reformulação de cálculo de deterioração da estrutura segundo a metodologia GDE/UnB como forma de embasamento nas decisões referentes à reabilitação da obra inspecionada foi realizada inspeções visuais em todas as estruturas. O autor enfatizou a amostragem das incidências das manifestações patológicas pertinentes nas estruturas, dentre as quais pode-se relatar a corrosão das armaduras, fissuras por esmagamento da peça, esmagamento dos aparelhos de apoio, eflorescência com formação de estalactites, falhas de concretagem e manchas de umidade.

Medeiros (2015) avaliou as condições de durabilidade da Ponte sobre o Rio do Carmo em uma região de elevada classe de agressividade ambiental. No estudo foram realizados ensaios não destrutivos de esclerometria, ultrassom, ensaio de profundidade de carbonatação e o ensaio de presença de cloretos. As manifestações patológicas foram avaliadas utilizando as metodologias de inspeções: norma DNIT 010/2004 e a GDE/UnB. Segundo Medeiros pela análise dos resultados, comparativamente a metodologia GDE/UnB resultou em maior acurácia, devido a riqueza de detalhes em sua análise.

Verly (2015) assim como Medeiros (2015) avaliou duas metodologias de inspeção de estruturas quanto a avaliação de obras de arte especiais: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e a metodologia GDE/UnB. Verly realizou inspeções visuais em 22 viadutos localizadas em Brasília/DF. Inicialmente foi proposta alterações na formulação da metodologia GDE/UnB para uma melhor aplicação a obras de arte especiais. Pela incidência dos diferentes danos nas estruturas inspecionadas, novamente conclui-se que a metodologia GDE/UnB apresentou resultados com uma melhor escala de valores que facilitavam a priorização das estruturas quanto a tomada de decisão para intervenções.

### 3.1 Metodologia GDE/Unb

É feita uma série de inspeções no elemento a ser analisado e, após essa fase é realizado um relatório fotográfico das manifestações patológicas apresentadas que são comparadas com o quadro de referência para a atribuição de valores de danos. Com estes dados é possível desenvolver as rotinas da metodologia GDE/UNB.

A Figura 2 apresenta o diagrama de bloco com a sequência de análise do modelo de identificação do grau de deterioração dos elementos e os demais parâmetros utilizados na metodologia.

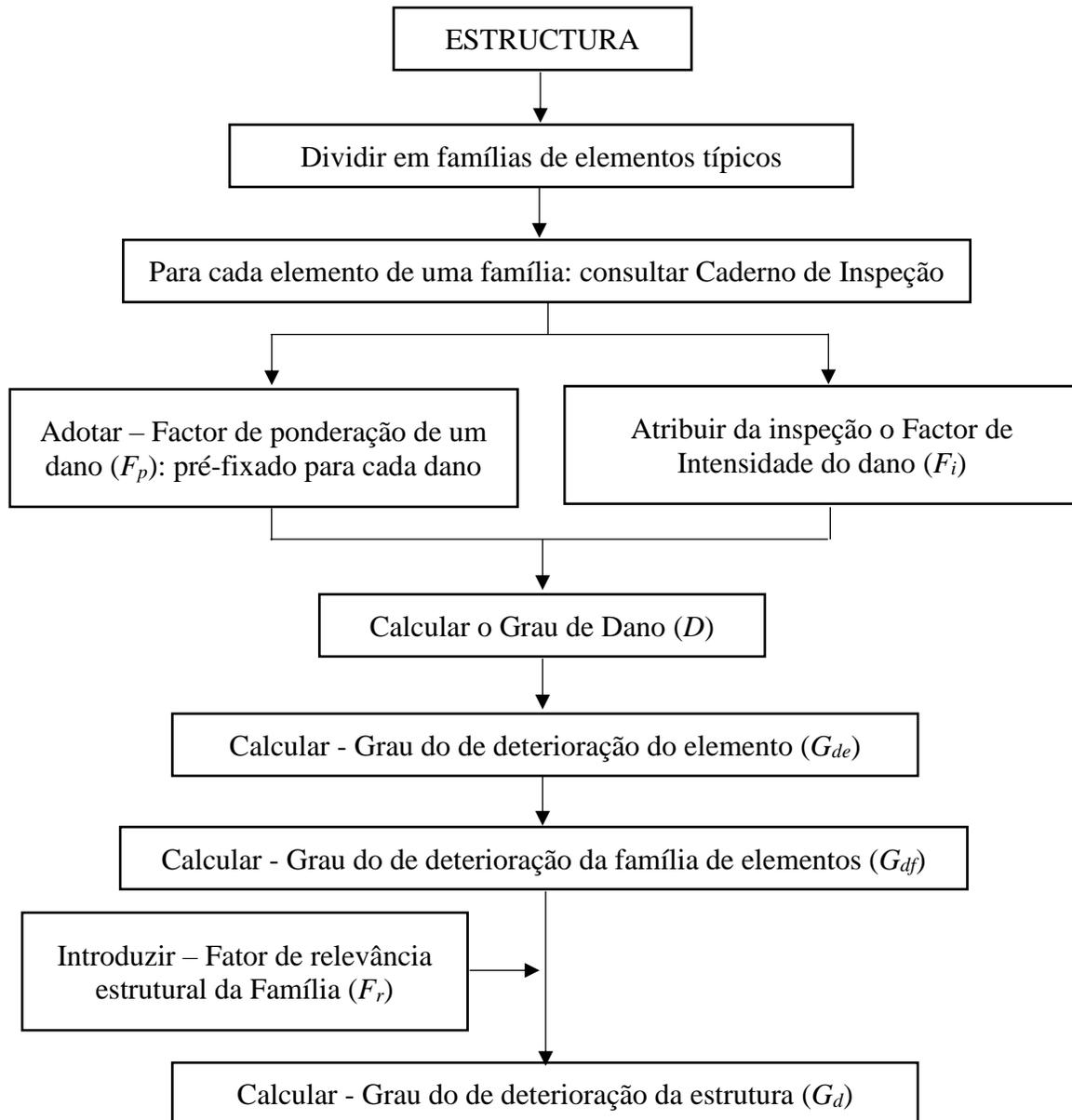


Figura 2. Estrutura da Metodologia GDE/UNB

Inicialmente é realizada a conceituação dos danos e degradações típicas. Com o auxílio das Tabelas de referência são atribuídos os valores dos fatores de ponderação dos danos ( $F_p$ ) conforme a família de elementos e os fatores de intensidade dos danos ( $F_i$ ) dos elementos. Depois com o uso das formulações é realizado o cálculo para a determinação dos graus dos danos existentes em cada elemento, das famílias de elementos e do grau de deterioração global da estrutura.

Vale ressaltar que a Norma Brasileira que versa sobre a inspeção das obras de arte é a ABNT NBT 9452 (2016) – Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento.

#### 4. ANALISE DOS RESULTADOS

Para a análise da metodologia e dos resultados foram realizadas inspeções em 03 viadutos, todos localizados na Avenida Eixo L, Eixo W e Eixão Norte. Os 03 estão localizados no sentido perpendicular às avenidas, entre as superquadras 103/104 e 203/204 Norte, conforme a Figura 3.



Figura 3. Localização dos 03 viadutos das superquadras 103/104 e 203/204 Norte.

Foram analisados apenas os elementos estruturais dos viadutos que estavam visíveis. Os elementos analisados são compostos por cortinas, laje, guarda-corpo e pista de rolamento. Como o comprimento entre os apoios do viaduto é relativamente curto, nenhuma estrutura apresentou pilares intermediários. A metodologia foi aplicada e utilizada para quantificar os danos estruturais, servindo assim de subsídio para uma tomada de decisão para intervenções.

Como já houveram muitas manutenções de recapeamento do pavimento da estrutura no decorrer dos anos, não foi possível verificar o estado das juntas de dilatação.

A seguir são apresentados os dados coletados de cada estrutura analisada.

#### 4.1 Viaduto 01

O Viaduto 01 fica localizado no Eixo L próximo as superquadras 103/104 Norte.

Foram identificadas manchas nos elementos estruturais de concreto armado em contato com o solo e intemperes, apresentadas na Figura 4. Elas podem causadas principalmente pela infiltração da água da chuva do solo adjacente a estrutura e pela infiltração de água do pavimento flexível da pista de rolamento para a laje. Esta situação poderia ser amenizada se houvesse uma pingadeira na lateral do piso de apoio do guarda corpo que fica sobre a laje e a impermeabilização da camada de concreto sobre a laje antes da camada de CBUQ da pavimentação. Estes fenômenos de impermeabilização deficiente também foram vistos nas Cortinas.

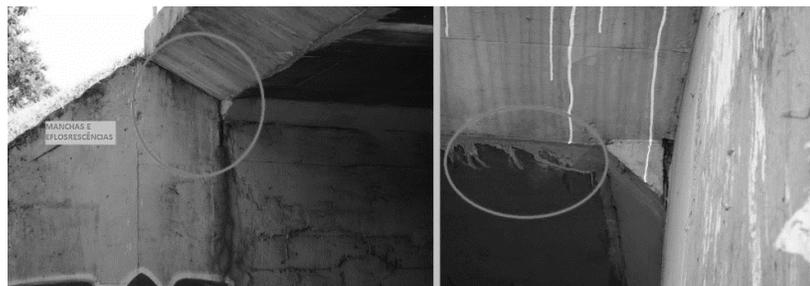


Figura 0. Manchas na estrutura da Laje

Pela análise da Figura 5 foi constatada, na região da Laje, grandes regiões com cobrimento insuficiente de concreto para a proteção da armadura de aço. Como resultado desse cobrimento insuficiente pode-se perceber que a durabilidade da armadura foi afetada de forma significativa, pelo nível de deterioração que o aço apresentou por estar exposto à umidade, observou-se uma redução de seção do aço.



Figura 5. Cobrimento insuficiente e deterioração da Armadura

Foram verificadas falhas na concretagem na superfície da laje assim como segregação do agregado, por lançamento do concreto e vibração. Pôde-se observar também o fenômeno de deterioração do aço principalmente sobre algumas armaduras longitudinais.

Verificou-se outro fator de dano, que apesar de interferir na integridade durabilidade da estrutura, não está incluso na Metodologia GDE/UnB que é o impacto de veículos na estrutura. Neste caso específico observa-se na Laje a grande quantidade de marcas de arrastamento da parte superior de caminhões de carga.

A pista de rolamento, quanto a metodologia, apresentou resultados de manutenção e conservação muito bons, aparentemente, não apresentou desgaste superficial excessivo e nem a presença de trincas e buracos.

#### 4.1.1 Análise do Grau de Deterioração da Estrutura (GD)

A partir da inspeção, foi calculado o Grau de Deterioração da Estrutura. O resultado final da deterioração global da estrutura é definido como sendo a média ponderada dos graus de deterioração das famílias de elementos ( $G_{df}$ ), tendo como pesos os respectivos fatores de relevância ( $F_r$ ) da Tabela 2. Sendo considerado o grau de deterioração para a cortina de contenção 7,8, para o guarda-corpo 6,0, para a laje do tabuleiro 34,67.

$$G_d = \left( \frac{\sum_{i=1}^n F_{ri} \cdot G_{df}}{\sum_{i=1}^n F_{ri}} \right) \quad (01)$$

$$G_d = \left[ \frac{(7,8 \cdot 3) + (6,0 \cdot 1) + (34,67 \cdot 4)}{3 + 1 + 4} \right] = \frac{168,08}{8} = 21,01 \quad (02)$$

Grau de deterioração da estrutura ( $G_d$ ) do Viaduto 01 = 21,01

Tabela 2. Fator de Relevância Estrutural das famílias de elementos ( $F_r$ )

Família	Fr
Barreiras, guarda-corpo, guarda rodas, pista de rolamento	1
Juntas de dilatação	2
Transversinas, cortinas, alas	3
Lajes, fundações, vigas secundárias, aparelhos de apoio	4
Vigas e pilares principais	5

A estrutura obteve um  $G_d$  final de 21,01 que segundo o nível de deterioração é considerado médio para valores da faixa de 15-50, portanto para o Viaduto 01 recomenda-se definir prazo e natureza

de uma nova inspeção e planejar uma intervenção a longo prazo de no máximo 2 anos. Vale ressaltar que esse prazo para inspeção/intervenção é de acordo com o método de análise adotado, os autores consideram que as intervenções devem ser imediatas e as inspeções serem periódicas.

#### 4.2 Viaduto 02

O viaduto 02 fica localizado sobre o Eixão entre as superquadras 103/104 e 203/204 Norte.

O viaduto apresentou uma grande quantidade de manchas em diversas partes da estrutura, a maioria na parte que fica exposta a chuva sem cobertura. Figura 6.



Figura 6. Manchas espalhadas pela estrutura

Na Figura 7 pode ser observado diferentes tipos de danos na guarda-corpo dentre ele falha na concretagem, deslocamento do cobrimento concreto nos pilares que resultaram na exposição do aço às chuvas e aos agentes corrosivos na armadura.

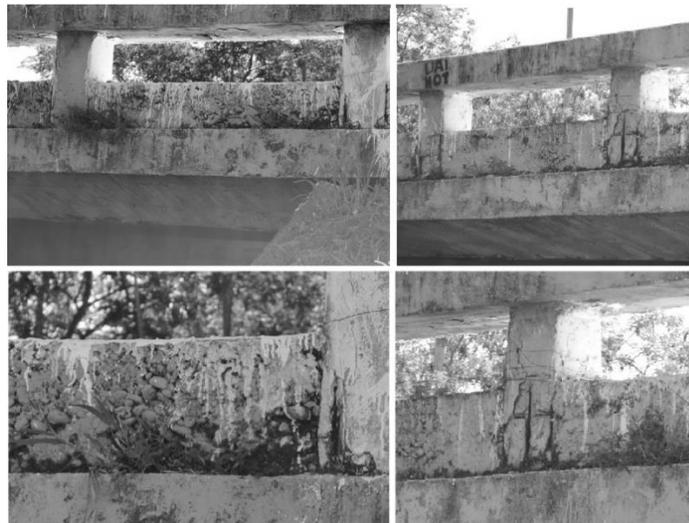


Figura 7. Falha na concretagem, deslocamento do concreto e manifestações patológicas da armadura (Guarda-corpo)

Nas lajes do tabuleiro, também foram observados vários danos como: falha da concretagem por falta de vibração do concreto após o lançamento; manifestações patológicas da armadura e, em alguns lugares, é possível notar um cobrimento deficiente pela visualização de trechos expostos da armadura em pequenas extensões. Na área das bordas da laje, onde fica a parte mais suscetível a ação da chuva, pode-se perceber manchas acentuadas de grande extensão. Também pode-se verificar que este fenômeno tem comprometido a armadura pela deterioração do aço e em algumas partes é possível, visualmente, notar a perda de seção.

Foram observados danos como cobrimento insuficiente, falha na concretagem, manchas e ataque à armadura. E na parte inferior da viga do guarda-corpo foram vistos sinais de falhas de concretagem, trincas, deslocamento do concreto e manifestações patológicas das armaduras nas regiões do aço exposto.

Na Figura 8 é possível visualizar uma trinca vertical e resto de formas de madeira na região da cortina, verifica-se também a condição do pavimento flexível sobre a laje do viaduto, pela figura nota-se um pequeno buraco e uma trinca perpendicular ao fluxo da pista, onde há indícios que tenha sido causada pelo desgaste do material da junta de dilatação do tabuleiro.

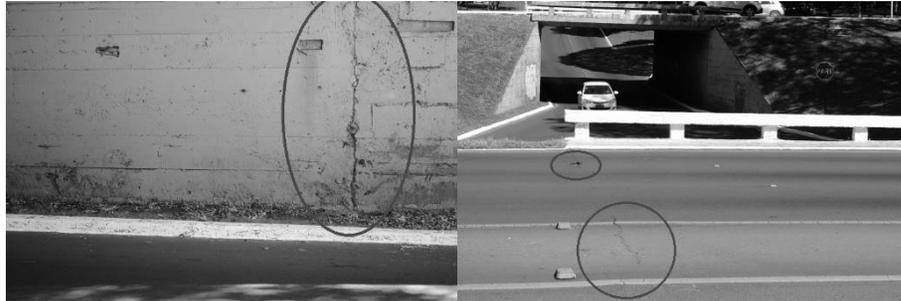


Figura 8. Trinca na Cortina e incidências patológicas na pista de Rolamento

#### 4.2.1 Análise do Grau de Deterioração da Estrutura ( GD )

O resultado final da deterioração global da estrutura (Gdf), tendo como pesos os respectivos fatores de relevância (Fr), foi de 37,25, que segundo o nível de deterioração é considerado médio para valores da faixa de 15-50, portanto para o Viaduto 01 recomenda-se definir prazo e natureza de uma nova inspeção e planejar uma intervenção a longo prazo de no máximo 2 anos. Vale ressaltar que esse prazo para inspeção/intervenção é de acordo com o método de análise adotado, os autores consideram que as intervenções devem ser imediatas e as inspeções devem ser periódicas.

#### 4.3 Viaduto 03

O viaduto 03 fica localizado no Eixo W próximo as superquadras 203/204 Norte.

Na Figura 9 observa-se dois tipos de danos frequentes causado pelo impacto de veículos neste tipo de viadutos, tanto relacionado ao impacto de um veículo no guarda-corpo de proteção quanto ao arrastamento da carroceria de caminhões de carga que trafegam na via com altura superior ao pé direito do viaduto, causando danos ao cobrimento da laje e em algumas ocasiões a própria armadura da estrutura.



Figura 9. Dano na estrutura do guarda-corpo e vista geral - dano na laje por arrastamento de veículos devido altura.

#### 4.3.1 Análise do Grau de Deterioração da Estrutura (GD)

Aplicando a metodologia encontrou-se um  $G_d$  final de 19,48 que segundo ao nível de deterioração é considerado médio para valores da faixa de 15-50, portanto para o Viaduto 03 recomenda-se definir prazo e natureza de uma nova inspeção e planejar uma intervenção a longo prazo de no máximo 2 anos. Vale ressaltar que esse prazo para inspeção/intervenção é de acordo com o método de análise adotado, os autores consideram que as intervenções devem ser imediatas e as inspeções devem ser periódicas.

### 5. CONCLUSÕES

A partir das informações obtidas na literatura técnica, inspeções de campo e do uso da metodologia GDE/UNB apresentam-se as conclusões a seguir, com a finalidade de servir de subsídio para tomadas de decisões quanto a priorização de intervenções de rotina, para que se amplie a vida útil dos seus elementos e da estrutura de forma global.

- No viaduto 01 o elemento que apresentou um maior grau de deterioração foi a Laje com o valor de 34,67, sendo recomendado para a mesma definir prazo e natureza de uma nova inspeção e planejar uma intervenção a longo prazo de no máximo 2 anos devido ao seu grau de dano Médio.
- No viaduto 01, o  $G_d$  apresentou um valor final de 21,01 que segundo ao nível de deterioração é considerado médio, portanto recomenda-se definir prazo e natureza de uma nova inspeção e planejar uma intervenção a longo prazo de no máximo 2 anos.
- No viaduto 02 o elemento que apresentou um maior grau de deterioração foi a Laje com o valor de 62,46 considerado alto, sendo recomendado definir prazo para inspeção especializada e planejar uma intervenção em médio prazo em um período de no máximo 1 ano.
- No viaduto 02, o  $G_d$  apresentou um valor final de 37,25 que segundo ao nível de deterioração é considerado médio, portanto recomenda-se definir prazo e natureza de uma nova inspeção e planejar uma intervenção a longo prazo de no máximo 2 anos.
- No viaduto 03 o elemento que apresentou um maior grau de deterioração foi a Guarda-corpo com o valor de 84,53 considerado um nível sofrível, recomenda-se definir prazo para inspeção especializada rigorosa e planejar uma intervenção a curto prazo de no máximo 6 meses.
- No viaduto 03, o  $G_d$  apresentou um valor final de 19,48 que segundo ao nível de deterioração é considerado médio, portanto recomenda-se definir prazo e natureza de uma nova inspeção e planejar uma intervenção a longo prazo de no máximo 2 anos.
- Sendo assim o Viaduto 02 foi o que apresentou o maior valor de deterioração de 37,25, uma vez que os viadutos são bem próximos, uma justificativa plausível para esta diferença de valores seria o fluxo de veículo que neste viaduto é bem mais intenso que os outros dois, causando a sua diminuição de durabilidade e vida útil da estrutura.
- Os elementos que também sofreram a maior incidência de danos foram as lajes que podem ser comprovados tanto visualmente pelos registros fotográficos de campo quanto pelos resultados da metodologia.

Diante do exposto, considera-se que a metodologia atende a suas premissas de auxiliar o engenheiro responsável à tomada de decisão de forma rápida sobre inspeções de viadutos e outras obras de arte especiais. Sugere-se que inspeções sejam feitas periodicamente e que a manutenção também seja periódica a fim de garantir a segurança e durabilidade estrutural dos elementos analisados.

O reparo e reforço dos elementos que necessitem de intervenção devem ser provenientes de projetos elaborados por profissionais especializados e executados por empresas com capacidade

técnica para atuação em recuperação e reforço de estrutura de pontes. Um ponto que deve ser levado em consideração é que devesse ser implementado um sistema de gestão para que sejam geridas as obras, inspeções, monitoramento e intervenções. O tráfego aumenta constantemente, o que evidencia a necessidade de controle do sistema viário.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq, à CAPES e à FAP-DF pelo apoio financeiro em todas as etapas desta pesquisa. Agradecem também ao Centro Universitário do Distrito Federal – UDF pelo apoio.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014), *ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto — Procedimento*, Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2016), *ABNT NBR 9452:2016 - Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento*. Rio de Janeiro.
- Boldo, P. (2002), *Avaliação quantitativa de estruturas de concreto armado de edificações no âmbito do Exército Brasileiro*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 295p.
- Castro, E. K. (1994), *Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 185 p.
- Castro, E. K., Clímaco, J. C. T. S., Nepomuceno, A. A. (1995), “*Desenvolvimento de uma metodologia de manutenção de estruturas de concreto armado*”, 37º. Congresso Brasileiro do Concreto, Instituto Brasileiro do Concreto - Ibracon, Anais, v.1, pp. 293-307, Goiânia.
- Euqeres, P. (2011), *Metodologia de inspeção em estruturas de pontes de concreto armado*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 168 p.
- Fonseca, R. P. (2007), *A estrutura do Instituto Central de Ciências: Aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e propostas de manutenção*. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 213 p.
- Helene, P. R. L. (1997), *Introdução da durabilidade no projeto das estruturas de concreto*. In: WORKSHOP DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES. São Leopoldo. Anais, São Leopoldo: ANTAC, 1997. p. 31-42.
- Klein, D. L., Gastal, F. P. S. L., Campagnolo, J. L. (1998), *Critérios adotados na vistoria e avaliação de obras de arte*. In: XXV Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, 1991, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: UFRGS, 1991, p. 185-197
- Lopes, B. A. R. (1998), “*Sistema de manutenção predial para grades estoques de edifícios: Estudo para inclusão do componente “Estrutura de Concreto”*”. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1998. 308 p.
- Mattos, Aldo Dórea (2010), *Planejamento e controle de obras*. Pini.
- Medeiros, A. G. (2015), *Análise de durabilidade da ponte do Rio do Carmo utilizando ensaios não destrutivos, norma DNIT e a metodologia GDE/UNB*. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. URI: <http://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/20496>
- Mehta, P. K; Monteiro, P. J. M. (2008), *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. 3º ed., IBRACON, São Paulo, p. 674.
- Ribeiro, D. V. et al. (2014), *Corrosão em estruturas de concreto armado: teoria, controle e*

*métodos de análise*. 1º ed., Campus / Elsevier, Rio de Janeiro, 2014. p. 272. ISBN:978-85-352-7547-6

Tuutti, K. (1982). *Corrosion of steel in concrete*. Stockholm - Swedish Cement and Concrete Research Institute.

Verly, R. C. (2015), *Avaliação de metodologias de inspeção como instrumento de priorização de intervenções em obras de arte especiais*. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil)—Universidade de Brasília, Brasília.