

**AVALIAÇÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS DA CIDADE DE BRASÍLIA
(LOTE 3) PELA METODOLOGIA DO GRAU DE DETERIORAÇÃO
ESTRUTURAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

CAIO HENRIQUE SARAIVA DOS SANTOS

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

BRASÍLIA / DF, MAIO DE 2021

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS PELA METODOLOGIA
DO GRAU DE DETERIORAÇÃO ESTRUTURAL DESENVOLVIDA
PELA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

CAIO HENRIQUE SARAIVA DOS SANTOS

ORIENTADOR: MARCOS HONORATO DE OLIVEIRA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL
EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

BRASÍLIA / DF, MAIO DE 2021
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS PELA METODOLOGIA DO
GRAU DE DETERIORAÇÃO ESTRUTURAL DESENVOLVIDA PELA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

CAIO HENRIQUE SARAIVA DOS SANTOS

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

Prof. Marcos Honorato de Oliveira, D.Sc (UnB)
(Orientador)

Paulo Chaves de Rezende Martins, D.ECP (UnB)
(Examinador interno)

Rafael de Almeida Sobral, Eng. Civil (UnB)
(Examinador externo)

BRASÍLIA / DF, MAIO DE 2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, sem Ele nada seria possível.

Agradeço também a minha família, pai, mãe, irmão e irmã pelo apoio dado e por ser o meu principal alicerce em dias difíceis.

Por último agradeço a todos os meus amigos, colegas e pessoas que me ajudaram. Especialmente aos meus colegas de turma e ao grupo de amigos da 104 que sempre estiveram ao meu lado.

RESUMO

Viadutos e pontes em concreto armado são considerados Obras de Arte Especiais que têm por finalidade transpor obstáculos, tais como rodovias, ferrovias, lagos, rios etc. Quando construídas sobre cursos hídricos são denominadas pontes; sobre rodovias, ferrovias e locais secos são denominados viadutos.

A ação das intempéries ao longo do tempo impacta de forma significativa as estruturas, sendo assim o monitoramento e manutenção são essenciais para potencializar a durabilidade e estender a vida útil das Obras. No Brasil, o acompanhamento periódico das estruturas quase nunca é realizado, isso ao longo do tempo pode transformar pequenas patologias em prejuízos enormes; tanto econômico, no que se refere a reconstrução da estrutura, como também para os usuários, caso ocorra algum tipo de acidente.

Para o presente trabalho foi utilizada a metodologia do Grau de Deterioração Estrutural da Universidade de Brasília (GDE/UnB) para avaliar as condições de 34 viadutos/pontes espalhados nas principais regiões do Distrito Federal. A metodologia permite classificar o grau de deterioração estrutural utilizando formulações avaliadas com base em inspeções visuais.

O cálculo parte da estrutura mínima da OAE, elemento, até a estrutura global. A partir disso é feita a classificação pelo grau de deterioração que estrutural viabiliza um panorama técnico como ferramenta útil para intervenção de revitalização do desempenho estrutural das estruturas urbanas.

Os resultados obtidos foram coerentes com a realidade observada nas estruturas. Além disso, os valores obtidos devem ser usados pelos Órgãos Públicos responsáveis para organizar listas de prioridade para revitalização das Obras Especiais situadas no Distrito Federal.

ABSTRACT

Reinforced concrete viaducts are commonly used in cities around the world with great relevance in urban logistics promoting mobility and fluidity in the traffic of people, trucks and values.

It's natural that any structure can suffer from the action of the weather throughout its useful life. Monitoring and maintenance are essential to guarantee the durability of those structures reducing occurrence of pathologies and ensuring the correct and secure performance. However, periodic technical monitoring of structures is not always performed in the necessary periodicity by the responsible agencies. That bad practice favors the appearance and aggravation of pathologies leading to more severe conditions and greater risks to users.

The current study uses the Structural Deterioration Degree methodology of the University of Brasília – GDE/UnB – to evaluate the viaducts condition at Eixo Rodoviário Norte, Brasília – DF. This methodology allows the viaducts classification by the degree of structural deterioration using formulations evaluated based on visual inspections.

The results obtained with the methodology were representative as they can be the reflect of the current reality in the structures evaluated. Finally, classifying operating structures by the degree of structural deterioration makes possible a technical panorama that can be a useful tool for intervention and revitalization of the urban structures performance.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. MOTIVAÇÃO	2
1.2. JUSTIFICATIVA.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. Objetivos gerais	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM OAES	4
2.1.1. MANCHAS	5
2.1.2. FALHAS DE CONCRETAGEM.....	5
2.1.3. DESAGREGAÇÃO	6
2.1.4. FISSURAS	7
2.1.5. EFLORESCÊNCIA.....	7
2.1.6. CORROSÃO DAS ARMADURAS.....	8
2.1.7. ABRASÃO DO CONCRETO.....	9
2.1.8. DESPLACAMENTO	9
2.2. PESQUISAS EM DESTAQUE PARA O TEMA.....	10
2.2.1. KLEIN <i>et. al</i> (1991)	10
2.2.2. CASTRO (1994).....	12
2.2.3. EUQUERES (2011).....	18
2.2.4. SANTIAGO & AZEVEDO (2012)	19
2.2.5. VERLY (2015)	21

2.2.6. LAURIA (2018)	25
2.2.7. PAVONI (2019)	28
2.3. PESQUISAS RELACIONADAS AO TEMA	31
2.3.1. ANDRADE (1997).....	31
2.3.2. LOPES (1998)	31
2.3.3. BOLDO (2002).....	33
2.3.4. FONSECA (2007)	36
3. METODOLOGIA	41
3.1. CONSIDERAÇÕES FEITAS NA METODOLOGIA GDE/UNB	41
3.2. VIADUTOS SELECIONADOS PARA INSPEÇÃO	42
3.3. PROCEDIMENTO DE INSPEÇÃO.....	44
4. RESULTADOS PRELIMINARES.....	44
4.1. SISTEMA DE GESTÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS DO D.F.....	47
4.2. Viaduto de Saída do “Eixão” Trevo de Triagem Norte - 044_789_89_44_V	48
4.3. Viaduto sobre ferrovia sentido Taguatinga - 054_795_20_28_V	52
4.4. Viaduto 2 na DF-001 sobre a DF-095 - 053_805_18_96_V.....	57
5. CONCLUSÃO	62
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
7. ANEXOS	67
7.1. FICHAS DE INSPEÇÃO	67
7.2. RESULTADOS DETALHADOS	70
7.2.1. Viaduto 055_788_98_72_V	70
7.2.2. Viaduto 055_788_98_72_V	74

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 2-1: Classificação do grau de risco da estrutura (KLEIN et. al, 1991)	12
Tabela 2-2: Famílias, danos e fatores de ponderação respectivos (CASTRO, 1994)	14
Tabela 2-3: Exemplo de classificação de danos nos fatores de intensidade (CASTRO, 1994)	15
Tabela 2-4: Classificação de Níveis de Deterioração do Elemento (CASTRO, 1994)	16
Tabela 2-5: Classificação de níveis de deterioração da estrutura (CASTRO, 1994)	17
Tabela 1-6: Níveis de deterioração adaptado para pontes (EUQUERES, 2011)	19
Tabela 2-7: Resultados da aplicação da metodologia GDE/UnB – Eixo Rodoviário Norte (SANTIAGO & AZEVEDO, 2012)	20
Tabela 2-8: Fatores de intensidade por danos (VERLY, 2015)	21
Tabela 2-9: Fatores de intensidade por danos – Continuação (VERLY, 2015)	22
Tabela 2-10: Resultados das metodologias SGO/DNIT E GDE/UnB (VERLY, 2015)	23
Tabela 2-11: Resultados das metodologias SGO/DNIT E GDE/UnB com formulação modificada (VERLY, 2015)	24
Tabela 2-12: Tabela do Grau de Risco, GR (LAURIA, 2018)	27
Tabela 2-13: Resultados para metodologia GDE/UnB – Eixo Rodoviário Sul (LAURIA,2018)	27
Tabela 2-14: Resultados para metodologia GDE/UnB – Eixo Rodoviário Sul (LAURIA, 2018)	29
Tabela 2-15: Tabela comparativa entre SANTIAGO & AZEVEDO (2012) e PAVONI (2019)	30
Tabela 2-16: Resultados obtidos (ANDRADE, 1997)	31
Tabela 2-17: Proposição de Fatores de Ponderação de danos (LOPES, 1998)	32
Tabela 2-18: Resultados apresentados para os edifícios inspecionados (LOPES, 1998)	33
Tabela 2-19: Classificação dos níveis de deterioração de elemento (BOLDO, 2002)	35
Tabela 2-20: Classificação dos níveis de deterioração da estrutura (BOLDO, 2002)	35
Tabela 2-21: Prazos máximos para intervenção em função da classificação nos níveis de deterioração (BOLDO 2002)	35
Tabela 2-22: Reformulação de fatores de intensidade ligados à corrosão (FONSECA, 2007)	36

Tabela 2-23: Tipos de fissuras de concreto armado - Estado Plástico e Endurecido (FONSECA, 2007).....	39
Tabela 2-24: Tipologia de fissuras de concreto armado – Erros de projeto/execução ou cargas excessivas (FONSECA, 2007)	40
Tabela 2-25: Níveis de deterioração de elemento e estrutura (FONSECA, 2007)	39
Tabela 2-26: Resultados da metodologia GDE/UnB após alterações (FONSECA, 2007)	40
Tabela 4-1: Resultados preliminares da aplicação da metodologia GDE/UnB para as OAEs	44
Tabela 4-2: Guarda Rodas Oeste, Trevo de Triagem Norte.....	48
Tabela 4-3: Pilar 1, Trevo de Triagem Norte	48
Tabela 4-4: Tabuleiro centro sul, Trevo de Triagem Norte	49
Tabela 4-5: Resultado do G_{df} e G_d , Trevo de Triagem Norte	49
Tabela 4-6: Guarda Rodas Leste, Viaduto sobre Ferrovia Sentido Taguatinga.....	52
Tabela 4-7: Pilar 11, Viaduto sobre Ferrovia Sentido Taguatinga.....	52
Tabela 4-8: Tabuleiro centro sul, Viaduto sobre Ferrovia Sentido Taguatinga.....	53
Tabela 4-9: Resultado do G_{df} e G_d , Viaduto sobre Ferrovia Sentido Taguatinga.....	53
Tabela 4.10: Guarda Rodas Oeste, Viaduto 2 na DF-001 sobre a DF-095.....	57
Tabela 4.11: Pilar 1, Viaduto 2 na DF-001 sobre a DF-095.....	58
Tabela 4.12: Tabuleiro Centro Sul, Viaduto 2 na DF-001 sobre a DF-095.....	58
Tabela 4-13: Resultado do G_{df} e G_d , Viaduto sobre Ferrovia Sentido Taguatinga.....	59
Tabela 8-1: Ficha de Inspeção - Guarda-rodas.....	67
Tabela 8-2: Ficha de Inspeção – Cortina e Contenção.....	67
Tabela 8-3: Ficha de Inspeção – Pilar e Pilar-Parede.....	68
Tabela 8-4: Ficha de Inspeção - Tabuleiro.....	68
Tabela 8-5: Ficha de Inspeção – Transversina	69
Tabela 8-6: Ficha de Inspeção - Longarina.....	69

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 2.1: Mancha na superfície do concreto – 2ª Ponte Córrego do Tamanduá, Brasília – DF.	5
Figura 2.2: Falha de concretagem, Viaduto sobre a EPCL, Cidade do Automóvel, Brasília – DF	6
Figura 2.3: Desagregação – Viaduto 1 na DF-001 sobre a DF-095 – Brasília, DF	6
Figura 2.4: Fissura – Viaduto entrada do Lago Sul pela Ponte Costa e Silva, Brasília – DF	7
Figura 2.5: Eflorescência – Viaduto na entrada da L3 Norte – Brasília, DF	8
Figura 2.6: Corrosão das armaduras – Viaduto na EPLC, entrada da Estrutural – Brasília, DF	8
Figura 2.7: Abrasão com exposição de armaduras – Viaduto saída Ponte Costa e Silva, Brasília – DF.....	9
Figura 2.8: Deslocamento com exposição de armaduras – Viaduto na EPLC, Estrutural, Brasília – DF	9
Figura 2.9: Fluxograma da metodologia GDE/UnB (CASTRO, 1994).....	13
Figura 2.10: Formulação do Grau de dano de (CASTRO,1994)	15
Figura 2.11: Elementos dos viadutos dos Eixos L e W (LAURIA, 2018).....	26
Figura 2.12: Elementos dos viadutos do Eixão (LAURIA, 2018)	26
Figura 3.1: Mapa do Distrito Federal dividido em malha 10 x 10	42
Figura 3.2: Mapa do Distrito Federal com as 239 OAEs distribuídas	43
Figura 4.1: Fotografia do Viaduto 044_789_89_44_V	50
Figura 4.2: Fotografia interna do Viaduto 044_789_89_44_V	50
Figura 4.3: Guarda Rodas Oeste do Viaduto 044_789_89_44_V.....	51
Figura 4.4: Tabuleiro, Viaduto 044_789_89_44_V	51
Figura 4.5: Fotografia do Viaduto 054_795_20_28_V	55
Figura 4.6: Pilar 11, Viaduto 054_795_20_28_V	56
Figura 4.7: Tabuleiro centro sul, Viaduto 054_795_20_28_V	56
Figura 4.8: Tabuleiro centro norte, Viaduto 054_795_20_28_V.....	57
Figura 4.9: Guarda Rodas Leste, Viaduto 053_805_18_96_V.....	60
Figura 4.10: Pilar 2, Viaduto 053_805_18_96_V	60

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
FI	Fator de intensidade do dano;
FR	Fator de relevância estrutural;
FG	Fator de gravidade do problema;
GRE	Grau de risco do elemento;
GRF	Grau de risco da família de elementos;
n	Número de elementos componente da família;
δ	Coeficiente de majoração;
LIM	Valor do Grau de Risco do Elemento acima do qual um elemento está comprometido;
m	Número de elementos da família com $GRE > LIM$;
GR	Grau de risco da estrutura;
k	Número de famílias de elementos da obra;
F_p	Fator de ponderação;
F_i	Fator de intensidade do dano;
D	Grau do dano;
G_{de}	Grau de deterioração do elemento;
m	Número de danos detectados no elemento;
D_i	Grau do dano de ordem i ;
G_{df}	Grau de deterioração da família de elementos;
n	Número de elementos componentes da família com $G_{de} \geq 15$;
F_r	Fator de relevância estrutural;
G_d	Grau de deterioração estrutural;
$D_{m\acute{a}x}$	Maior grau de dano;
$G_{dem\acute{a}x}$	Maior grau de deterioração do elemento;
G_d^*	Grau de deterioração da estrutura, considerando todos os valores de G_{de}

- $G_{df,i}$ Grau de deterioração da família de elementos de ordem i ;
- K Produto do $G_{df,i}$ pelo respectivo F_r ;
- $K_{máx}$ Maior K ;
- $G_{d,mod}$ Grau de deterioração da estrutura modificado;
- $G_{d,mod}^*$ Grau de deterioração da estrutura modificado, considerando todos os valores de G_{de} .

1. INTRODUÇÃO

A construção de viadutos e pontes – Obras de Arte Especiais OAEs (DNIT, 2017) – são fundamentais para o bom funcionamento do transporte de cargas e pessoas. O principal ponto a se destacar é a economia de tempo em engarrafamentos e consequente redução de custos de mercadorias e valorização do bem estar dos cidadãos.

As OAEs são em geral estruturas feitas em concreto armado ou protendido, possui inúmeras variabilidades em função do tamanho, forma e demanda. A maleabilidade do concreto favorece a aplicação em projetos de viadutos e ponte já que isso abre um leque de possibilidades de formatos, além disso suas características de resistência à compressão são suficientes para atender os critérios de utilização e juntamente com o aço resistente à tração transformam essa combinação em uma das melhores matéria prima disponíveis para a construção.

O Distrito Federal, apesar de ser uma região metropolitana jovem, inaugurada em 1960 pelo Presidente Juscelino Kubitschek, já dá sinais de que a displicência com as manutenções pode acarretar prejuízos econômicos e humanos. Em 2018, dois anos atrás, parte do Viaduto do Eixão Sul cedeu, o que causou enorme prejuízo financeiro para o Estado e população, assim sendo a metodologia do Grau de Deterioração das Estruturas, GDE/UnB, é uma alternativa barata de aplicação no atual cenário.

As normas técnicas estabelecem requisitos mínimos para garantia de funcionamento, segurança e durabilidade da estrutura, levando em consideração qualidade do concreto, cobrimento das armaduras e a classe de resistência mecânica de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014). Ao longo do tempo as intempéries, que variam de acordo com a região, irão afetar as condições das estruturas, por isso o acompanhamento do desempenho é fundamental para minimizar possíveis futuras manifestações patologias e estender a vida útil das Obras de Arte Especiais.

Para a verificação das condições de viadutos e pontes a metodologia GDE/UnB possui baixo investimento, gastos apenas com mão de obra qualificada e precisão suficiente de avaliação atual em que o viaduto se encontra. A divisão em elementos da estrutura (guarda rodas, pilar, tabuleiro etc.), tipos e graus de dano permite uma padronização dos elementos analisados, o que torna a avaliação mais precisa e menos inconsistente.

1.1. MOTIVAÇÃO

O Distrito Federal criado a partir da concepção de Brasília completou seu 60º aniversário dia 21 de abril de 2020, trata-se de uma cidade bem planejada e moderna, principalmente na região central, mas que ainda apresenta inúmeras desigualdades de renda e infraestrutura. Ao longo dos sessenta anos de existência do Distrito Federal inúmeras obras de pontes e viadutos foram desenvolvidas, entretanto poucas receberam manutenção adequada no avançar dos anos.

Dois anos atrás os cidadãos brasilienses foram surpreendidos com o desabamento de parte do viaduto do Eixo Rodoviário Central de Brasília, mais conhecido como “Eixão Sul”, por sorte não houve mortes, entretanto os transtornos, prejuízos financeiros e emocionais são repercutidos até os dias de hoje. De acordo com o que foi informado pela imprensa e pela Universidade de Brasília o infortúnio ocorreu por falta de planejamento de conservação do viaduto em questão. O acontecimento reafirma a importância de se tomar ações preventivas de manutenção e prolongamento da vida útil dos viadutos e pontes.

O trabalho de inspeção na região de Brasília foi iniciado por Lauria (2018) começando pelas “tesourinhas” do Eixo Rodoviário Sul, posteriormente realizado por Pavoni (2019) nas “tesourinhas” do Eixo Rodoviário Norte, e no presente trabalho foi dado prosseguimento nas vistorias das OAEs em outras regiões espalhadas pelo Distrito Federal. Foram feitos ao todo cinco lotes de 50 viadutos divididos entre cinco alunos de Engenharia Civil a fim de se aferir os níveis de deterioração dessas estruturas.

1.2. JUSTIFICATIVA

Para qualquer tipo de infraestrutura de concreto armado ou protendido como viadutos e pontes as ações das intempéries e solicitações de esforços provocam manifestações patologias ao longo do período de vida útil. Diante disso é imprescindível que haja monitoramento periódico das Obras de Arte Especiais, cujo patrimônio é público e fundamental para a vida dos cidadãos de Brasília. Dessa forma, está sendo criado um banco de dados atualizado que servirá de suporte para uma avaliação mais profunda das OAEs. No presente trabalho foram feitas 34 vistorias em viadutos/pontes espalhados pelo Distrito Federal. Serão apresentados os viadutos com a melhor e a pior avaliação dentre os analisados.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivos gerais

Utilizar a metodologia GDE/UnB para avaliar as condições de 34 OAEs espalhadas pelo Distrito Federal. Verificar o grau de deterioração das estruturas e estimar um prazo de manutenção viadutos.

1.3.2. Objetivos específicos

Para obter os resultados da metodologia GDE/UnB em 34 Obras de Arte Especiais no Distrito Federal foi avaliado in situ e em fotos o grau das principais manifestações patológicas encontradas. A ponderação da gravidade e do tipo de manifestação patológica dentro dos elementos estruturais serão o ponto de entrada para obtenção do Grau de Deterioração. Esses resultados juntamente com o de outros 5 alunos de Engenharia Civil servirão para alimentar um banco de dados atualizado que funcionará como parâmetro para manutenção de viadutos e pontes em Brasília.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em 5 tópicos principais. O primeiro tópico servirá de parâmetro para o leitor entender o que será abordado no decorrer do trabalho.

O segundo tópico serve para entender todo o contexto temporal de avanço da metodologia GDE/UnB até o momento presente. Também serão apresentadas as manifestações patológicas que serão levadas em consideração para avaliar o estado de conservação das OAEs.

O terceiro tópico discorre sobre os procedimentos adotados para implementação da metodologia GDE/UnB no Viaduto EPCL sobre a Ferrovia e Viadutos de Triagem Norte, viadutos esses que tiveram pior e melhor condição inicial de inspeção respectivamente.

O quarto tópico traz a avaliação por meio da metodologia GDE/UnB das principais patologias flagradas nas OAEs, além das respectivas análises globais de vida útil e estado de conservação da estrutura.

O quinto tópico faz uma abordagem final dos resultados obtidos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM OAEs

As manifestações patológicas são comparadas a sintomas, e da mesma forma possuem causa e efeito. Dessa forma, uma inspeção rotineira, que se caracteriza por observações visuais, objetiva identificar os sintomas existentes na estrutura e relacioná-los com suas possíveis causas, mecanismos e origens (VERLY, 2015).

Os processos de deterioração podem ser originados de falhas humanas, causas naturais dos materiais ou ações externas, capazes de influenciar nas propriedades físicas e mecânicas dos materiais constituintes das estruturas. De forma simplificada as manifestações patológicas são oriundas de erros de projeto, execução ou uso indevido da estrutura.

Assim como todo efeito (patologia) advém de uma causa, então as manutenções servem de processos retardatários/preventivos contra os sintomas. LOURENÇO (2009) destaca isso, “Dada a tendência natural de deterioração das estruturas, a inexistência de um processo eficiente de manutenção acelera o surgimento dos problemas patológicos”.

Dessa forma é necessário que enumeremos as manifestações patológicas visuais mais importantes. Padronizar o nível e as características intrínsecas de cada patologia facilita o trabalho do vistoriador e diminui a sensibilidade da análise. Os parâmetros a seguir servirão de base para o cálculo do Grau de Deterioração das OAEs em análise e serão importantes para avaliarmos o desempenho e vida útil da estrutura.

2.1.1. MANCHAS

As manchas são oriundas da presença de matéria orgânica e de microrganismos como fungos e mofo. Esse é um dos primeiros sinais de degradação da estrutura. A Figura 2.1 exemplifica isso, o tabuleiro dessa ponte é uma estrutura relativamente nova, com pouco ou nenhum outro tipo de patologia que não seja a mancha.



Figura 2.1: Mancha na superfície do concreto – 2ª Ponte Córrego do Tamanduá, Brasília – DF.

2.1.2. FALHAS DE CONCRETAGEM

As falhas de concretagem, são manifestações patológicas causadas por erros humanos de execução. Conforme explicação da engenheira Luana Scheifer (2016), gerente técnica da Votorantim Cimentos, “As principais causas do surgimento das bicheiras são a má vedação das fôrmas, problemas no lançamento do concreto, traço de concreto incorreto para armaduras densas e, principalmente, mau adensamento do concreto no estado fresco”. Visualmente é possível ver as falhas de concretagem, trata-se da segregação de materiais presentes no concreto e de vazios na forma.



Figura 2.2: Falha de concretagem – Viaduto sobre a EPCL, Cidade do Automóvel, Brasília – DF

2.1.3. DESAGREGAÇÃO

Para Souza e Ripper (1998) a desagregação do concreto representa a separação física das partículas quando este perde sua propriedade aglomerante, o que afeta a capacidade de resistência a esforços na região que passou por essa desintegração. A causa para o sintoma dessa patologia segundo o trabalho de VERLY (2015), é a perda do efeito aglomerante do cimento, podendo ser oriunda de ataques químicos como sulfúrico, clorídrico, acético e nítrico.



Figura 2.3: Desagregação – Viaduto 1 na DF-001 sobre a DF-095 – Brasília, DF

2.1.4. FISSURAS

As fissuras são uma das manifestações patológicas mais comuns nas OAEs. O desafio principal é saber distinguir quando se trata de algo normal, que faz parte da trabalhabilidade do concreto armado, ou quando ultrapassa os limites prescritos em norma, fissuras patológicas. Para isso existem limites de aberturas máximas como parâmetro de normalidade prescrito pela ABNT NBR 6118:2014, além de métodos preventivos para controle de fissuração.



Figura 2.4: Fissura – Viaduto entrada do Lago Sul pela Ponte Costa e Silva, Brasília – DF

2.1.5. EFLORESCÊNCIA

A eflorescência é um sintoma que se apresenta como manchas brancas em revestimentos alvenaria, cerâmicos e concreto. A eflorescência ocorre quando os produtos da lixiviação interagem com o gás carbônico presente no ar. Em estados mais avançados as eflorescências formam estalactites como vemos na Figura 2.5.



Figura 2.5: Eflorescência – Viaduto na entrada da L3 Norte – Brasília, DF

2.1.6. CORROSÃO DAS ARMADURAS

É o processo de deterioração da armadura, por ação química ou físico-química, podendo estar associada a esforços mecânicos, pode ser definido como corrosão de armaduras. A intensidade de ocorrência de corrosão em estruturas de concreto está intimamente ligada com o cobrimento da peça além da condição ambiental e agentes agressivos atuantes. A corrosão de armaduras em alto teor de gravidade está entre as piores manifestações patológicas possíveis.



Figura 2.6: Corrosão das armaduras – Viaduto na EPLC, entrada da Estrutural – Brasília, DF

2.1.7. ABRASÃO DO CONCRETO

Os veículos que trafegam nas pistas de rolamento e o impacto constante das intempéries podem ser agentes que proporcionam o desenvolvimento desta manifestação patológica. (LAURIA, 2018). Os níveis de abrasão variam de marcas na superfície até a exposição de barras de aço internas do concreto.



Figura 2.7: Abrasão com exposição de armaduras – Viaduto saída Ponte Costa e Silva, Brasília – DF

2.1.8. DESPLACAMENTO

O deslocamento mais usual é o causado pela expansão da armadura presente no concreto devido a infiltração de água. Por isso é muito comum vermos essa patologia junto a corrosão de armadura como na Figura 2.8.



Figura 2.8: Deslocamento com exposição de armaduras – Viaduto na EPLC, Estrutural, Brasília – DF

2.2. PESQUISAS EM DESTAQUE PARA O TEMA

A criação de um projeto é composta de um histórico de desenvolvimento. E para isso, alguns trabalhos foram fundamentais para conseguir chegar na atual metodologia de cálculo do GDE/UnB para pontes e viadutos.

2.2.1. KLEIN *et. al* (1991)

O método Klein para realização das vistorias é bastante similar aos que são utilizados atualmente: inspeção visual das OAEs com uma lista de manifestações patológicas observadas dentro de cada componente estrutural. Segue os elementos:

- Instalações diversas;
- Encontros;
- Instalações pluviais;
- Pavimentos;
- Juntas de dilatação;
- Aparelhos de apoio;
- Pilares;
- Tabuleiros.

Cada patologia de cada componente estrutural possui uma intensidade de dano (*FI*), variando de 0 a 4 na escala definida pelos autores:

- Elemento em perfeitas condições, sem lesões $FI = 0$
- Elemento em bom estado, lesões leves $FI = 1$
- Elementos em estado razoável, lesões toleráveis $FI = 2$
- Elemento em más condições, lesões graves $FI = 3$
- Elemento em péssimas condições, estado crítico $FI = 4$

Os elementos estruturais seguem uma hierarquia de importância dentro das Obras de Arte Especiais - fator de relevância estrutural (*FR*). Pilares, vigas e tabuleiros mais importantes que juntas de dilatação, que são mais importantes que pista de rolamento e assim por diante.

O fator de intensidade (FI), juntamente com o fator de gravidade do problema (FG), que varia entre 0 e 10 de acordo com o comprometimento estrutural causado pelo dano no elemento singular, formam a avaliação do grau de risco do elemento (GRE):

$$GRE = \frac{\sum (FG \cdot FI)}{\sum FG} \cdot 100 \quad \text{Equação 2.1}$$

De forma resumida somatório representa o conjunto dos danos coletados no mesmo elemento estrutural. Esse valor será usado para definir o grau de risco da família de elementos (GRF):

$$GRF = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i \cdot GRE_i}{n} \quad \text{Equação 2.2}$$

Sendo,

n o número de elementos componentes da família;

δ o coeficiente de majoração.

O coeficiente de majoração, δ , funciona aumentando a influência do elemento no cálculo do risco da família do elemento, GRF . Para isso temos:

$$\delta = \sqrt{\frac{[(n-m)+2]}{2}} \quad \text{para } GRE > LIM \quad \text{Equação 2.3}$$

$$\delta = 1 \quad \text{para } GRE \leq LIM \quad \text{Equação 2.4}$$

Sendo,

m o número de elementos da família com $GRE > LIM$

LIM o valor do GRE acima do qual um elemento está comprometido.

- | | | | |
|----------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| ▪ Pilares | $LIM = 100$ | ▪ Juntas de dilatação | $LIM = 210$ |
| ▪ Aparelhos de apoio | $LIM = 200$ | ▪ Tabuleiros | $LIM = 100$ |
| ▪ Encontros | $LIM = 95$ | | |

Com isso chegamos no cálculo do grau de risco da estrutura (*GR*):

$$GR = \frac{\sum_{i=1}^k (FR_i \cdot GRF_i)}{\sum_{i=1}^k FR_i} \quad \text{Equação 2.5}$$

Sendo,

k o número de grupos de elementos da obra.

A partir do valor de *GR* pode-se classificar a estrutura de acordo com a *Tabela 2-1*:

Tabela 2-1: Classificação do grau de risco da estrutura (KLEIN et. al, 1991)

Grau de Risco	<i>GR</i>
Baixo	0 - 100
Médio	100 - 200
Alto	200 - 300
Crítico	> 300

2.2.2. CASTRO (1994)

Em 1994, CASTRO corroborou em seu mestrado na Universidade de Brasília para o desenvolvimento da metodologia GDE/UnB. O conteúdo destaca a importância do planejamento de manutenções periódicas para garantir o cumprimento da vida útil de projeto.

O trabalho desenvolvido por CASTRO (1994) foi uma adaptação da metodologia proposta por KLEIN (1991). Castro tornou mais prático e universal a metodologia que antes era aplicada apenas para Obras de Arte Especiais, OAEs, e passou a ser usada para edificações. Com isso foi possível quantificar a evolução dos danos ao longo da vida útil de uma maior quantidade de estruturas em concreto armado.

A metodologia GDE/UnB por CASTRO (1994) é explicada em um fluxograma reeditado na *Figura 2.9*.

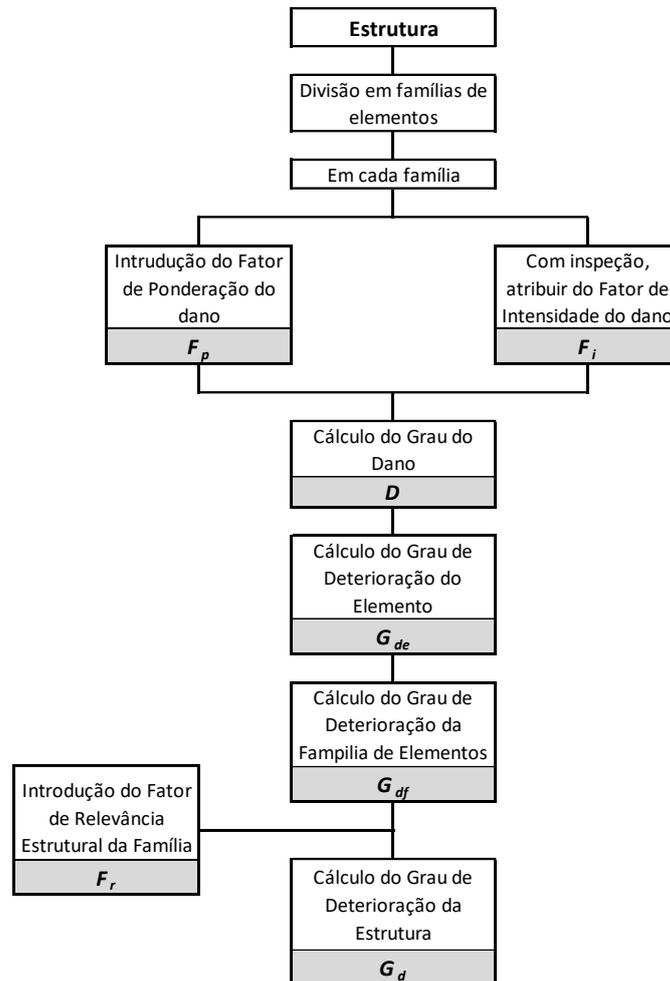


Figura 2.9: Fluxograma da metodologia GDE/UnB (CASTRO, 1994)

As edificações devem ser desmembradas, tomando como medida as características estruturais dos elementos. Para isso temos:

- Pilares;
- Vigas;
- Lajes;
- Cortinas;
- Escadas e rampas;
- Reservatório superior e inferior;
- Blocos;
- Juntas de dilatação;
- Elementos de composição arquitetônica.

O método estabelecido por Castro esclarece que os grupos de elementos podem ser diferentes dependendo de cada edificação ou até mesmo novos elementos podem ser adicionadas em função das particularidades de cada estrutura.

Cada grupo de elementos (família) possui danos específicos possíveis. O Fator de Ponderação do Dano (F_p) serve de balanço para diferenciar a importância de cada um dentro do elemento (estética, funcionalidade e segurança). A Tabela 2-2 apresenta os respectivos danos e ponderações por elemento.

Tabela 2-2: Famílias, danos e fatores de ponderação respectivos (CASTRO, 1994)

PILARES		CORTINAS		RESERVATÓRIOS	
Danos	F_p	Danos	F_p	Danos	F_p
Desvio de geometria	8	Sinais de esmagamento	10	Impermeabilização danificada	8
Recalque	10	Desvio de geometria	6	Vazamento	10
Infiltração na base	6	Infiltração	6	Segregação	5
Segregação	6	Segregação	5	Lixiviação	7
Lixiviação	5	Lixiviação	5	Esfoliação	10
Esfoliação	8	Esfoliação	8	Desagregação	7
Desagregação	7	Desagregação	7	Cobrimto deficiente	7
Sinais de esmagamento	10	Deslocamento por empuxo	10	Manchas de corrosão	9
Cobrimto deficiente	6	Cobrimto deficiente	6	Fissuras	10
Manchas de corrosão	7	Manchas de corrosão	7	Carbonatação	7
Fissuras	10	Fissuras	10	Presença de cloretos	10
Carbonatação	7	Carbonatação	7	Manchas	5
Presença de cloretos	10	Presença de cloretos	10		
Manchas	5	Manchas	5		

VIGAS		ESCADAS/RAMPAS		LAJES	
Danos	F_p	Danos	F_p	Danos	F_p
Segregação	4	Segregação	4	Segregação	5
Lixiviação	5	Lixiviação	5	Lixiviação	3
Esfoliação	8	Esfoliação	8	Esfoliação	8
Desagregação	7	Desagregação	7	Desagregação	7
Cobrimto deficiente	6	Cobrimto deficiente	6	Cobrimto deficiente	6
Manchas de corrosão	7	Manchas de corrosão	7	Manchas de corrosão	7
Flechas	10	Flechas	10	Flechas	10
Fissuras	10	Fissuras	10	Fissuras	10
Carbonatação	7	Carbonatação	7	Carbonatação	7
Infiltração	6	Infiltração	6	Infiltração	6
Presença de cloretos	10	Presença de cloretos	10	Presença de cloretos	10
Manchas	5	Manchas	5	Manchas	5

O grau do dano está dentro do Fator de Intensidade do Dano (F_i) classificando como:

- Sem lesões $F_i = 0$
- Lesões leves $F_i = 1$
- Lesões toleráveis $F_i = 2$
- Lesões graves $F_i = 3$
- Estado crítico $F_i = 4$

Para diminuir a subjetividade da análise das Obras de Arte Especiais, CASTRO (1994) estabeleceu exemplificações do grau de intensidade para cada tipo de dano. Segue *Tabela 2-3*:

Tabela 2-3: Exemplo de classificação de danos nos fatores de intensidade (CASTRO, 1994)

Tipos de danos	Fator de intensidade do dano (F_i) - Tipos de manifestação
Segregação	1- Superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça; 2- Significante em relação às dimensões da peça; 3- Profunda em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura; 4- Perda relevante da seção da peça.
Eflorescência	1- Início de manifestação; 2- Manchas de pequenas dimensões; 3- Manchas acentuadas, em grandes extensões.
Desagregação	2- Início de manifestação; 3- Manifestações leves; 4- Por perda acentuada de seção e esfrelamento do concreto.
Cobrimento	1- Menores que os previstos em norma sem, no entanto, permitir a localização da armadura; 2- Menor que o previsto em norma, permitindo a localização da armadura ou armadura exposta em pequenas extensões; 3- Deficiente com armaduras expostas em extensões significativas.
Manchas de corrosão ou Corrosão da armadura	2- Manifestações leves; 3- Grandes manchas e/ou fissuras de corrosão; 4- Corrosão acentuada na armadura principal, com perda relevante de seção.
Flechas	1- Não perceptíveis a olho nu; 2- Perceptíveis a olho nu, dentro dos limites previstos em norma; 3- Superiores em até 40% às previstas na norma; 4- Excessivas.
Fissuras	1- Aberturas menores do que as máximas previstas em norma; 2- Estabilizadas, com abertura até 40% acima dos limites de norma; 3- Aberturas excessivas, estabilizadas; 4- Aberturas excessivas, não estabilizadas.

Em seguida temos o Grau de Dano (D), introduzido no modelo para quantificar a intensidade de cada dano no elemento. O Grau de Dano é em função do fator de ponderação, F_p , e o fator de intensidade, F_i . O modelo do grau de dano (D) de CASTRO (1994), inspirada no modelo de TUUTTI (1982) pode ser visualizado a seguir na *Figura 2.10* considerando $F_p = 10$.

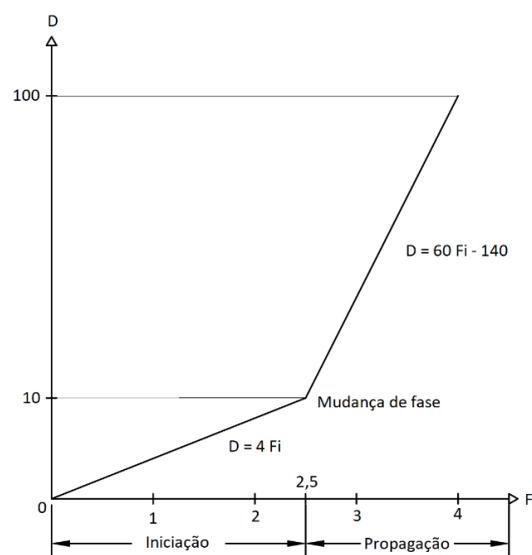


Figura 2.10: Formulação do Grau de dano de CASTRO, 1994

A formulação é dividida em duas fases, na primeira fase os elementos são analisados de forma isolada, sem necessidade de intervenção imediata. Na fase seguinte, fase de propagação, os danos são somados exigindo intervenção imediata para correção em alguns casos. É importante destacar que caso ocorra intervenção de manutenção próximo a mudança de fases podemos conseguir economias significativa de recursos.

$$D = 0,4 \cdot F_i \cdot F_p \quad \text{para } F_i \leq 2 \quad \text{Equação 2.6}$$

$$D = (6 \cdot F_i - 14) \cdot F_p \quad \text{para } F_i \geq 3 \quad \text{Equação 2.7}$$

Para tanto temos, Grau de Deterioração de um Elemento (G_{de}):

$$G_{de} = D_{m\acute{a}x} \quad \text{para } m \leq 2 \quad \text{Equação 2.8}$$

$$G_{de} = D_{m\acute{a}x} + \frac{\sum_{i=1}^{m-1} D_i}{m-1} \quad \text{para } m > 2 \quad \text{Equação 2.9}$$

Sendo,

m o número de danos detectados no elemento;

D_i o grau do dano de ordem (i).

A justificativa para o equacionamento é que, elementos com até dois danos prevalece o detentor de maior grau de dano. Para mais de dois danos a superposição considera soma do maior dano com a soma da média dos demais. Assim obtemos o Grau de Deterioração de um Elemento (CASTRO, 1994) segundo exposto na *Tabela 2-4*:

Tabela 2-4: Classificação de Níveis de Deterioração do Elemento (CASTRO, 1994)

Nível de deterioração	G_{de}	Medidas a serem adotadas
Baixo	0 - 15	Estado aceitável
Médio	15 - 50	Observação periódica e necessidade de intervenção a médio prazo
Alto	50 - 80	Observação periódica minuciosa e necessidade de intervenção a curto prazo
Crítico	> 80	Necessidade de intervenção imediata para restabelecer funcionalidade e/ou segurança

Seguindo do grupo mais específico para o mais amplo temos: Grau de Deterioração de uma Família (G_{df}). Para calculá-lo faremos a média aritmética do Grau de Deterioração de cada elemento. Valores menores que 15 são descartados pois não interferem de forma significativa no comportamento da estrutura. Caso os elementos apresentem apenas valores $G_{de} < 15$, o valor G_{df} de deve ser zero.

$$G_{df} = \frac{\sum_{i=1}^n G_{de(i)}}{n} \quad \text{Equação 2.10}$$

Sendo,

n o número de elementos componentes da família com $G_{de} \geq 15$.

Cada família de elementos na metodologia deve possuir um Fator de Relevância Estrutural (F_r) (CASTRO, 1994) de acordo com a importância da família de elementos dentro da estrutura como um todo. Assim sendo temos para as edificações:

- Elementos de composição arquitetônica $F_r = 1,0$
- Reservatório superior $F_r = 2,0$
- Escadas/rampas, reservatório inferior, cortinas e lajes secundárias $F_r = 3,0$
- Lajes, fundações, vigas secundárias e pilares secundários $F_r = 4,0$
- Vigas e pilares principais $F_r = 5,0$

Por último obtemos o Grau de Deterioração da Estrutura (G_d) formado pela ponderação do fator de relevância e o grau de deterioração do elemento dividido pelo somatório do fator de relevância total:

$$G_d = \frac{\sum_{i=1}^k F_{r(i)} \cdot G_{df(i)}}{\sum_{i=1}^k F_{r(i)}} \quad \text{Equação 2.11}$$

Sendo,

k o número de famílias de elementos presentes na edificação;

F_r o fator de relevância estrutural de cada família;

G_{df} o grau de deterioração da família de elementos.

Com o valor final, podemos classificar o nível de deterioração da estrutura de acordo com a *Tabela 2-5* proposta por Castro, 1994.

Tabela 2-5: Classificação de níveis de deterioração da estrutura (CASTRO, 1994)

Nível de deterioração	G_d	Medidas a serem adotadas
Baixo	0 - 15	Estado aceitável
Médio	15 - 40	Observação periódica e necessidade de intervenção a médio prazo
Alto	40 - 60	Observação periódica minuciosa e necessidade de intervenção a curto prazo
Crítico	> 60	Necessidade de intervenção imediata para restabelecer funcionalidade e/ou segurança

O resultado global da estrutura não indica danos pontuais não necessitem de intervenção imediata.

2.2.3. EUQUERES (2011)

EUQUERES (2011) aplicou a metodologia GDE/UnB para pontes de concreto armado. Para isso foram consideradas as adaptações propostas por FONSECA (2007) e algumas outras adequações para o uso da metodologia em pontes.

Os elementos considerados foram: pilares, vigas, laje, barreiras de defesa ou guarda-corpos, cortinas, blocos de fundação, pista de rolagem, juntas de dilatação e aparelhos de apoio.

No mesmo sentido os fatores de relevância empregados foram adaptados:

- Barreiras de defesa $F_r = 1,0$
- Pista de rolamento $F_r = 2,0$
- Cortinas e juntas de dilatação $F_r = 3,0$
- Lajes, fundações, aparelho de apoio e vigas secundárias $F_r = 4,0$
- Vigas principais e pilares $F_r = 5,0$

A classificação em níveis de deterioração estrutural foi modificada assim como os prazos de intervenção para alinhar com as necessidades de estruturas de pontes. A *Tabela 2-6* apresenta a classificação proposta.

Tabela 2-6: Níveis de deterioração adaptado para pontes (EUQUERES, 2011)

Nível de deterioração	G_{de} / G_d	Medidas a serem adotadas
Baixo	≤ 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	16 - 50	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máx. 2 anos).
Alto	51 - 80	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em médio prazo (máx. 18 meses).
Sofrível	81 - 100	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 1 ano).
Crítico	> 101	Inspeção especializada emergencial. Planejar intervenção imediata.

A metodologia GDE/UnB adaptada para pontes foi aplicada ao Rio Piracanjuba – GO. Os resultados foram 33,60 e 17,06 desconsiderando grau de deterioração dos elementos com valores inferiores a 15 e considerando todos os valores, respectivamente.

O trabalho foi desenvolvido para mais 11 pontes no estado de Goiás. Os resultados das OAEs variaram entre a classificação média e alta. EUQUERES (2011) mostrou que a metodologia pode ser adaptável a diferentes tipos de estruturas, as limitações só surgiram quando as pontes ultrapassavam 70 metros de extensão.

2.2.4. SANTIAGO & AZEVEDO (2012)

SANTIAGO & AZEVEDO (2012) fizeram avaliação dos viadutos do Eixo Rodoviário Norte de Brasília, que sete anos depois foram reavaliados por PAVONI (2019).

A metodologia GDE/UnB aplicada em Obras de Arte Especiais segundo o disposto por EUQUERES (2011), foi a base central para avaliação dos viadutos.

O fator de ponderação para pista de rolamento era anteriormente de $F_p = 5$. Nas análises propostas por SANTIAGO & AZEVEDO (2012) os danos no elemento pista de rolamento não

eram suficientemente relevantes para terem valor máximo no fator de ponderação. Assim, segue os valores para ponderação no elemento de pista de rolamento:

Danos:

- Descontinuidades – $F_p = 3$;
- Desgaste da Sinalização – $F_p = 3$;
- Desgaste Superficial – $F_p = 4$.

As famílias de elementos foram divididas por SANTIAGO & AZEVEDO (2012) em: barreiras de defesa, laje, pista e cortinas. Para cálculo do grau de deterioração seguiram a metodologia proposta por CASTRO (1994), ou seja, considerar apenas valores de $G_{de} \geq 15$. Essa opção resultou em valores nulos para alguns dos viadutos que tinham pouco dano, o que tornou a maior parte dos resultados imprecisos. Pelo lado positivo os danos mais graves tiveram bastante destaque e não foram amenizados pela existência de pequenos danos. Resumindo:

Tabela 2-7: Resultados da aplicação da metodologia GDE/UnB – Eixo Rodoviário Norte (SANTIAGO & AZEVEDO, 2012)

Quadra	Viaduto	G_d	Nível de Deterioração	Quadra	Viaduto	G_d	Nível de Deterioração
01/02	W	37,04	Médio	09/10	W	36,00	Médio
	C	29,64	Médio		Eixão	0,00	Baixo
	L	37,04	Médio		L	54,36	Alto
03/04	W	49,63	Médio	11/12	W	36,57	Médio
	Eixão	27,43	Médio		Eixão	57,13	Alto
	L	55,87	Alto		L	0,00	Baixo
05/06	W	61,49	Alto	13/14	W	28,71	Médio
	Eixão	50,06	Alto		Eixão	0,00	Baixo
	L	68,45	Alto		L	56,80	Alto
07/08	W	59,84	Alto	15/16	W	28,71	Médio
	Eixão	53,95	Alto		Eixão	0,00	Baixo
	L	54,36	Alto		L	56,80	Alto

No âmbito global, na visão de SANTIAGO & AZEVEDO (2012) os valores do Nível de Deterioração obtiveram resultados coerentes com o real estado do viaduto. O valor nulo de viadutos pouco danificados não torna inválido, pois eles ainda estariam classificados com nível de deterioração baixo caso todos os G_{des} fossem utilizados.

2.2.5. VERLY (2015)

O trabalho de VERLY (2015) comparou as metodologias GDE/UnB e SGO/DNIT na avaliação estrutural de 22 Obras de Arte Especiais na cidade de Brasília – DF.

Patologias como carbonatação e contaminação por cloretos foram desconsideradas pelas limitações nas avaliações visuais. As famílias de elementos feitas por EUQUERES (2011) incluíram travessas e transversinas que acompanham fator de relevância estrutural de 5 e 3, respectivamente. O cálculo do grau de deterioração dos elementos foi feito adotando valores acima de 15 e adotando todos os valores.

Segue nas *Tabelas 2-8 e 2-9* os fatores de intensidade considerados pelo autor.

Tabela 2-8: Fatores de intensidade por danos (VERLY, 2015)

Tipos de danos	Valores de F_i
Carbonatação	1 → localizada, com regiões com pH < 9, sem afetar as armaduras. 2 → localizada, atingindo a armadura, em ambiente seco. 3 → localizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido. 4 → generalizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido.
Cobrimento deficiente	1 → menores que os previstos em norma sem, no entanto, permitir a localização da armadura. 2 → menor que o previsto em norma, permitindo a localização visual da armadura ou armadura exposta em pequenas extensões. 3 → deficiente, com armaduras expostas em extensões significativas.
Contaminação por cloretos	2 → elementos abrigados sem umidade 3 → elementos no exterior sem umidade 4 → ambientes úmidos.
Corrosão de armaduras	2 → manifestações leves, pequenas manchas. 3 → grandes manchas e/ou fissuras de corrosão. 4 → corrosão acentuada da armadura principal, com perda relevante de seção (> 20% do diâmetro).
Desagregação	2 → início de manifestação. 3 → manifestações leves, início de estofamento do concreto. 4 → por perda acentuada de seção e esfrelamento do concreto.
Deslocamento por empuxo	3 → deslocamento lateral da cortina no sentido horizontal, estável. 4 → deslocamento lateral da cortina no sentido horizontal, instável.
Desplacamento	2 → pequenas escamações do concreto. 3 → lascamento de grandes proporções, com exposição da armadura. 4 → lascamento acentuado com perda relevante de seção.
Desvios de Geometria	2 → pilares e cortinas com excentricidade $e \leq h/100$ ($h = altura$). 3 → pilares e cortinas com excentricidade $h/100 \leq e < h/50$. 4 → pilares e cortinas com excentricidade $e \geq h/50$.
Eflorescência	1 → início de manifestações. 2 → manchas de pequenas dimensões. 3 → manchas acentuadas, em grandes extensões. 4 → grandes formações de crostas de carbonato de cálcio (estalactites).
Falha de concretagem	1 → superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça. 2 → significativa em relação às dimensões da peça. 3 → significativa em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura. 4 → perda relevante da seção transversal da peça (> 20% da área).
Fissuras	1 → abertura menores do que as máximas previstas em norma. 2 → estabilizadas, com abertura até 40% acima dos limites de norma. 3 → aberturas excessivas; estabilizadas. 4 → aberturas excessivas: não estabilizadas.

Tabela 2-9: Fatores de intensidade por danos – Continuação (VERLY, 2015)

Tipos de danos	Valores do Fator de Intensidade do Dano
Flechas	1 → não perceptíveis a olho nu. 2 → perceptíveis a olho nu, dentro dos limites previstos na norma. 3 → superiores em até 40% às previstas na norma. 4 → excessivas.
Impermeabilização deficiente	2 → danos na camada protetora e/ou perda de elasticidade do material da impermeabilização. 3 → descontinuada, degradada em alguns pontos (pontos de infiltração). 4 → degradação acentuada, com perda relevante da estanqueidade.
Infiltração de água	1 → indícios de umidade. 2 → pequenas manchas. 3 → grandes manchas. 4 → generalizada.
Manchas	2 → manchas escuras de pouca extensão, mas significativas (< 50% da área visível do elemento estrutural). 3 → manchas escuras de grande extensão (>50%). 4 → manchas escuras em todo o elemento estrutural (100%).
Obstrução de juntas de dilatação	2 → perda de elasticidade do material da junta; início de fissuras paralelas às juntas nas lajes e paredes adjacentes. 3 → presença de material não compressível na junta; incidência significativa de fissuras paralelas às juntas nas lajes e paredes adjacentes. 4 → fissuras em lajes e paredes adjacentes às juntas, com prolongamento em vigas e/ou pilares de suporte.
Recalques	2 → indícios de recalque pelas características das trincas na alvenaria; 3 → recalque estabilizado com fissuras em peças estruturais. 4 → recalque não estabilizado com fissuras em peças estruturais.
Sinais de esmagamento do concreto	3 → desintegração do concreto na extremidade superior do pilar, causada por sobrecarga ou movimentação da estrutura; fissuras diagonais isoladas. 4 → fissuras bi-diagonais, com lascamento e/ou esmagamento do concreto por cisalhamento-compressão, com perda substancial de material; exposição e início de flambagem de armaduras.

VERLY (2015) encabeçou o Roteiro de Inspeção de Pontes de Concreto Armado de EUQUERES (2011) como Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB em OAEs. A Tabela 2-10 a seguir apresenta os resultados obtidos:

Tabela 2-10: Resultados das metodologias SGO/DNIT E GDE/UnB (VERLY, 2015)

Obra	DNIT (Nota Técnica)	GDE/UnB	
		G_d	G_d^*
OAE-01	3	31,24	30,12
OAE-02	3	65,88	40,02
OAE-03	3	49,24	42,43
OAE-04	3	62,70	25,64
OAE-05	3	77,58	36,20
OAE-06	3	84,53	50,23
OAE-07	3	50,87	42,34
OAE-08	3	60,00	35,18
OAE-09	3	59,38	39,18
OAE-10	3	68,68	68,74
OAE-11	2	121,25	121,25
OAE-12	2	130,03	130,23
OAE-13	2	103,25	104,99
OAE-14	3	31,90	21,61
OAE-15	3	41,23	28,02
OAE-16	2	94,96	69,44
OAE-17	2	106,49	106,59
OAE-18	3	62,14	51,42
OAE-19	3	37,02	30,89
OAE-20	3	55,85	30,58
OAE-21	4	48,44	25,28
OAE-22	4	49,39	29,49

Os valores G_d^* e G_d não obtiveram resultados consistentes, alguns valores foram muito próximos, mas outros obtiveram resultados muito diferentes. Para tanto, VERLY (2015) achou mais coerente tomar como base o valor de G_d que não é influenciado para baixo pela influência dos baixos níveis de deterioração em alguns elementos.

Dada a inconsistência uma nova proposição para a formulação do grau de deterioração estrutural foi feita para solucionar esta interferência.

$$G_{d,mod} = \frac{K_{m\acute{a}x}}{7,07} \cdot \sqrt{1 + \frac{\left(\sum_{i=1}^k K_i\right) - K_{m\acute{a}x}}{\sum_{i=1}^k K_i}}$$

Equação 2.12

Sendo,

k o número de famílias da estrutura;

K o produto do $G_{df,i}$ pelo respectivo F_r ;

$K_{máx}$ o maior valor do produto do $G_{df,i}$ pelo respectivo F_r .

Os cálculos foram refeitos seguindo a nova equação. Segue *Tabela 2-11*:

Tabela 2-11: Resultados das metodologias SGO/DNIT E GDE/UnB com formulação modificada (VERLY, 2015)

Obra	DNIT (Nota Técnica)	GDE/UnB		
		$G_{d.mod}$	$G_{d.mod}^*$	G_d
OAE-01	3	29,54	29,96	31,24
OAE-02	3	64,22	64,58	65,88
OAE-03	3	57,22	58,44	49,24
OAE-04	3	32,17	34,96	62,7
OAE-05	3	54,85	59,56	77,58
OAE-06	3	59,76	62,83	84,53
OAE-07	3	46,74	47,75	50,87
OAE-08	3	33,94	37,82	60
OAE-09	3	41,98	49,29	59,38
OAE-10	3	68,62	68,70	68,68
OAE-11	2	134,32	134,32	121,25
OAE-12	2	133,07	133,34	130,03
OAE-13	2	107,45	109,76	103,25
OAE-14	3	34,08	36,29	31,9
OAE-15	3	38,53	39,88	41,23
OAE-16	2	109,35	111,44	94,96
OAE-17	2	114,99	115,03	106,49
OAE-18	3	35,15	35,73	62,14
OAE-19	3	41,49	43,97	37,02
OAE-20	3	46,33	47,63	55,85
OAE-21	4	39,94	43,45	48,44
OAE-22	4	42,83	55,74	49,93

Podemos observar que os valores de $G_{d.mod}^*$ foram maiores que os valores de $G_{d.mod}$, o que é coerente de acordo com a equação proposta. A equação é viável para estruturas com baixo nível de deterioração, pois os danos com baixa intensidade não são zerados. Na concepção de VERLY (2015) a metodologia GDE/UnB se mostrou mais eficiente por priorizar intervenções em função da escala e dispersão entre valores.

2.2.6. LAURIA (2018)

O trabalho realizado por LAURIA (2018) tomou como base Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB a Obras de Arte Especiais (VERLY, 2015) para o Eixo Rodoviário Sul da cidade de Brasília – DF, que ao todo totalizam 24 viadutos contando Eixo W, Eixo Central e Eixo L.

Para viabilizar a execução das análises foram propostas algumas simplificações, foram desconsiderados os efeitos causados pela carbonatação do concreto e contaminação por cloretos vide a dificuldade de serem analisados visualmente.

Outra mudança destacável no trabalho de LAURIA (2018) foi a adição de uma manifestação patológica que passou a ser considerada durante as inspeções, abrasão. Patologia essa que foi considerada no presente trabalho. A abrasão consiste em danos causados por choques mecânicos, seja por arrasto contínuo de vento ou de móveis contra a estrutura. O fator de ponderação atribuído para essa patologia foi $F_p = 3$ pelo fato de, dependendo da intensidade do dano, diminuir a cobertura de concreto da estrutura fragilizando-a, LAURIA (2018).

A divisão dos grupos de elementos (famílias) das OAEs para a análise dos viadutos por LAURIA (2018) ficou assim:

- Guarda-rodas $F_r = 1$
- Pista de Rolamento $F_r = 2$
- Cortina $F_r = 3$
- Tabuleiro $F_r = 4$
- Cortina Central $F_r = 5$

Cada família recebeu um fator de ponderação baseado na importância do elemento dentro da estrutura global.

Os elementos dentro da estrutura ficaram divididos assim:

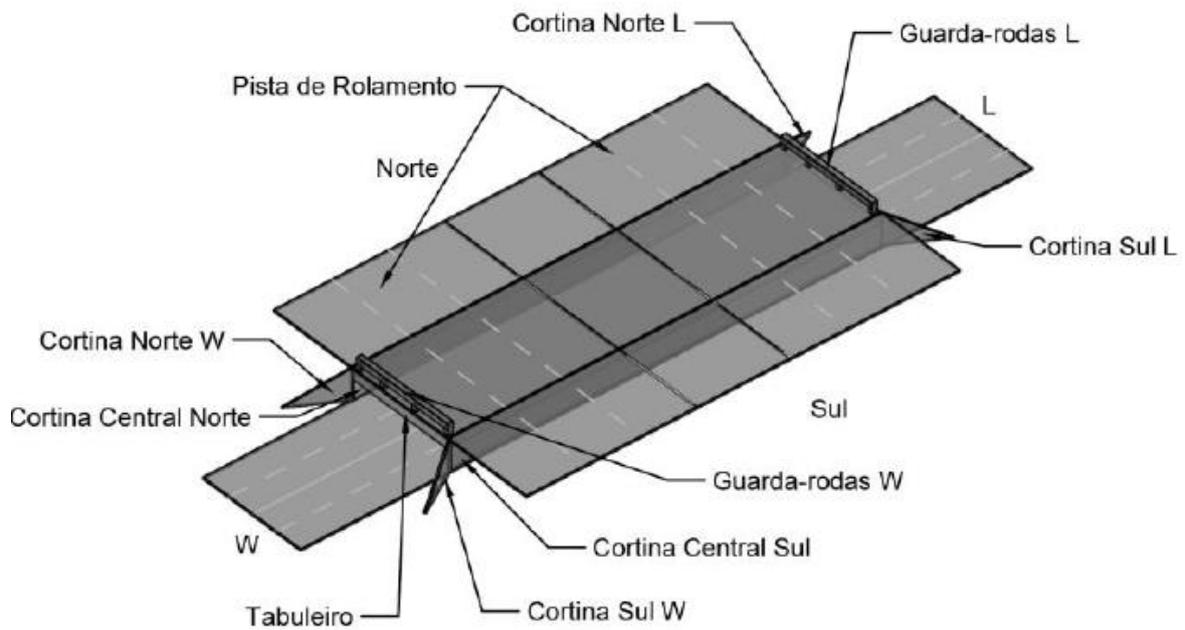


Figura 2.11: Elementos dos viadutos dos Eixos L e W (LAURIA, 2018)

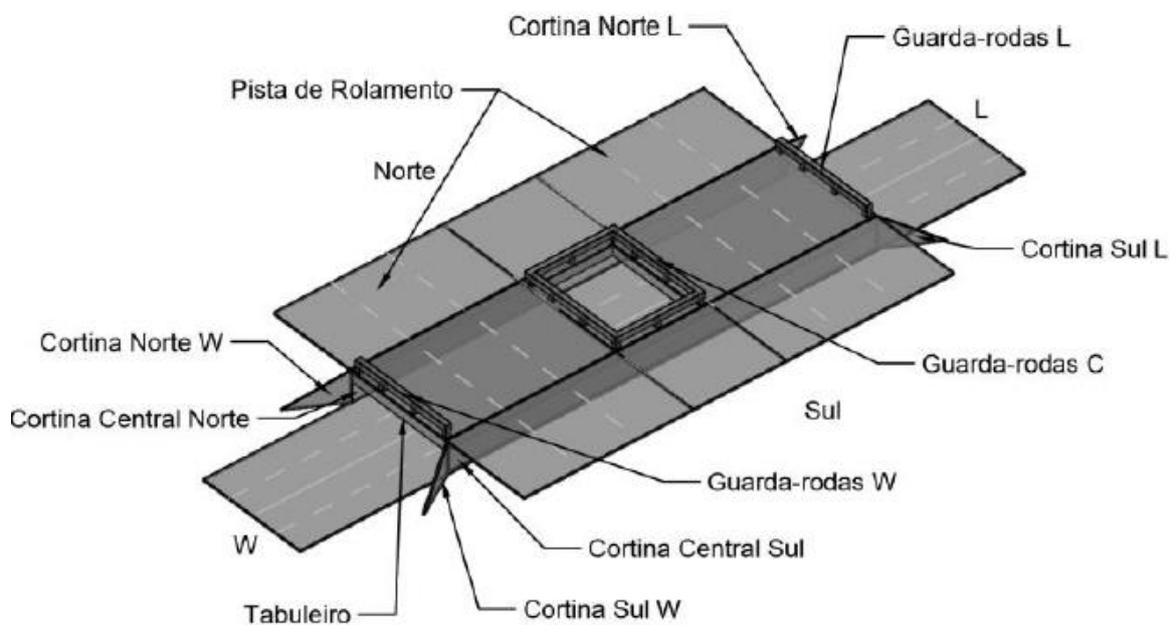


Figura 2.12: Elementos dos viadutos do Eixão (LAURIA, 2018)

A metodologia aplicada para obtenção dos resultados segue o prescrito no Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB para OAEs proposto por VERLY (2015). A avaliação foi feita para os dois casos, G_d^* e G_d , o primeiro considera apenas os graus de deterioração de elemento maiores que 15 de forma bastante similar ao SANTIAGO & AZEVEDO (2012) e o segundo considera todos os valores. A classificação do risco da estrutura (GR) segue a *Tabela 2-12*:

Tabela 2-12: Tabela do Grau de Risco, GR (LAURIA, 2018)

Grau de risco	GR
Baixo	0 – 100
Médio	100 – 200
Alto	200 – 300
Crítico	> 300

Segue *Tabela 2-13*:

Tabela 2-13: Resultados para metodologia GDE/UnB – Eixo Rodoviário Sul (LAURIA, 2018)

Quadra	Viaduto	G_d^*	Nível de Deterioração	G_d	Nível de Deterioração
01/02	W	43,44	Médio	44,34	Médio
	Eixão	23,17	Médio	24,08	Médio
	L	43,71	Médio	44,19	Médio
03/04	W	29,50	Médio	32,12	Médio
	Eixão	59,98	Alto	61,01	Alto
	L	69,62	Alto	70,46	Alto
05/06	W	97,65	Sofrível	97,91	Sofrível
	Eixão	27,07	Médio	27,07	Médio
	L	88,30	Sofrível	88,79	Sofrível
07/08	W	71,16	Alto	73,59	Alto
	Eixão	79,45	Alto	80,06	Sofrível
	L	79,86	Alto	82,10	Sofrível
09/10	W	47,09	Médio	47,09	Médio
	Eixão	23,87	Médio	23,87	Médio
	L	33,34	Médio	33,88	Médio
11/12	W	67,01	Alto	68,12	Alto
	Eixão	44,88	Médio	45,14	Médio
	L	27,40	Médio	31,71	Médio
13/14	W	47,27	Médio	48,05	Médio
	Eixão	28,10	Médio	31,49	Médio
	L	61,29	Alto	65,37	Alto
15/16	W	50,51	Alto	51,08	Alto
	Eixão	55,49	Alto	56,80	Alto
	L	88,52	Sofrível	89,65	Sofrível

A conclusão do trabalho é que a consideração de todos os G_{de} não tiveram interferência significativa nos resultados obtidos. O resultado geral foi satisfatório, coerente com a real situação dos viadutos. Os resultados preliminares obtidos servem de embasamento para tomadas de decisão relacionadas a intervenções e planos de manutenção, além de proporcionar o desenvolvimento da metodologia GDE/UnB, por meio de sua aplicação (LAURIA, 2018).

2.2.7. PAVONI (2019)

O trabalho em questão utilizou todas as adaptações feitas por LAURIA (2018) para o cálculo GDE/UnB das Obras de Arte Especiais. Foram calculados 24 viadutos referentes ao Eixo W, Eixo Central e Eixo L do setor Rodoviário Norte da cidade de Brasília – DF. O trabalho feito foi importante para servir de comparativo com os mesmos viadutos que foram analisados sete anos antes por SANTIAGO & AZEVEDO (2012).

Os fatores de relevância, F_r , adotados por PAVONI (2019) para cada família de elementos receberam as mesmas considerações que os propostos por LAURIA (2018). Segue os valores:

- Guarda-rodas $F_r = 1$
- Pista de Rolamento $F_r = 2$
- Cortina $F_r = 3$
- Tabuleiro $F_r = 4$
- Cortina Central $F_r = 5$

Seguindo as mesmas diretrizes adotadas por LAURIA (2018), foram calculados G_d^* e G_d , o primeiro desconsiderando os efeitos dos elementos G_{de} menores que 15 e o segundo considerando o efeito de todos os elementos. Segue *Tabela 2-14*:

Tabela 2-14: Resultados para metodologia GDE/UnB – Eixo Rodoviário Sul (LAURIA, 2018)

Quadra	Viaduto	G_d^*	G_d	Diferença G_d e G_d^*	Nível de Deterioração
01/02	W	40,44	40,67	0,23	Médio
	Central	41,37	43,60	2,24	Médio
	L	45,57	46,77	1,20	Médio
03/04	W	56,35	56,71	0,35	Alto
	Central	62,62	62,88	0,26	Alto
	L	43,41	44,95	1,55	Médio
05/06	W	59,99	60,35	0,35	Alto
	Central	23,75	23,86	0,10	Médio
	L	46,82	50,17	3,35	Alto
07/08	W	59,41	59,79	0,38	Alto
	Central	35,34	36,20	0,86	Médio
	L	48,81	49,65	0,84	Médio
09/10	W	5,12	12,82	7,70	Baixo
	Central	23,94	27,49	3,55	Médio
	L	33,22	36,93	3,71	Médio
11/12	W	68,86	69,38	0,51	Alto
	Central	52,59	57,35	4,76	Alto
	L	26,05	28,57	2,52	Médio
13/14	W	22,64	24,46	1,83	Médio
	Central	9,05	11,04	1,99	Baixo
	L	66,94	72,90	5,96	Alto
15/16	W	47,45	47,45	0,01	Médio
	Central	59,24	59,52	0,28	Alto
	L	44,53	44,82	0,28	Médio

O resultado, como já era previsto, não obteve grandes diferenças entre o G_d^* e G_d . A classe do Nível de Deterioração chegou ao mesmo resultado independente da inclusão ou não dos elementos com grau deterioração menores que 15. Portanto, para dar prosseguimento a mesma linha de raciocínio que LAURIA (2018) foram levados como resultados os valores G_d^* .

Ainda no mesmo trabalho o autor fez uma tabela comparativa entre os valores obtidos por ele e pelo resultado encontrado por SANTIAGO & AZEVEDO (2012).

Tabela 2-15: Tabela comparativa entre SANTIAGO & AZEVEDO (2012) e PAVONI (2019)

Quadra	Viaduto	G_d^*	G_d^*
		(Santiago & Azevedo, 2012)	(Pavoni, 2019)
01/02	W	37,04	36,88
	Central	29,64	43,20
	L	37,04	31,14
03/04	W	49,63	38,54
	Central	27,43	52,83
	L	55,87	43,40
05/06	W	61,49	51,20
	Central	59,06	24,88
	L	68,45	29,92
07/08	W	59,84	50,37
	Central	53,95	22,48
	L	54,36	28,99
09/10	W	36,00	2,78
	Central	0,00	7,81
	L	54,36	12,53
11/12	W	36,57	60,19
	Central	57,13	47,93
	L	0,00	23,98
13/14	W	28,71	17,14
	Central	0,00	4,92
	L	56,80	32,20
15/16	W	28,71	48,13
	Central	0,00	45,72
	L	56,80	43,04

PAVONI (2019) destaca as divergências entre os dois resultados obtidos, diferenças até mesmo na classificação de alguns níveis de deterioração das OAEs. Além da influência dos avaliadores e dos sete anos decorrentes entre uma análise e outra a metodologia adotada para cada um tornou os resultados altamente sensíveis.

Para ajudar na padronização dos trabalhos subsequentes o autor elaborou uma tabela com os fatores de intensidade proporcionais a cada dano. Isso serviu de auxílio para a elaboração do presente trabalho, e dos demais 5 lotes que fizeram parte da análise GDE/UnB para as OAEs.

2.3. PESQUISAS RELACIONADAS AO TEMA

As pesquisas a seguir foram fundamentais para o aperfeiçoamento da metodologia GDE/UnB. Cada uma teve seu papel para tornar o trabalho mais objetivo, menos sensível e mais abrangente para as Obras de Arte Especiais.

2.3.1. ANDRADE (1997)

O autor do trabalho, ANDRADE (1997), formou um banco de dados com as condições de um conjunto de edifícios situados no estado de Pernambuco. Um edifício foi selecionado para aplicação da metodologia GDE/UnB.

O edifício residência teve 44 elementos vistoriados, sendo eles: 16 vigas, 18 pilares e 10 aparelhos de apoio. Utilizando como ferramenta a metodologia de CASTRO (1994) o edifício foi classificado com grau de deterioração estrutural crítico, ou seja, intervenção imediata. A *Tabela 2-16* detalha os resultados obtidos por ANDRADE (1997):

Tabela 2-16: Resultados obtidos (ANDRADE, 1997)

Família de elementos	G_{df}	F_r	$G_{df} \cdot F_r$
Pilar	109,48	5	547,4
Viga	67,12	5	335,63
Aparelho de apoio	112,39	4	449,56
Total		14	1332,59
		$G_d =$	95,2

Os problemas destacados pelo autor são: falta de controle de qualidade na execução da obra, falhas na concepção de projeto e a falta de manutenção preventiva dos edifícios. Além disso as intempéries da região, altas temperaturas e umidades relativa, corroboram para depreciação da estrutura.

2.3.2. LOPES (1998)

Um ano após ANDRADE (1997) usar do sistema GDE/UnB, foi a vez de LOPES (1998) usar a metodologia para complementar a inspeção técnica e formar o banco de dados do sistema Siscop, sistema de manutenção predial adotado no Banco do Brasil S.A. As análises se

estenderam para prédios comerciais de propriedade do Banco do Brasil S.A. localizados em várias cidades espalhadas pelo Brasil.

Para simplificar a metodologia foram feitas algumas alterações, dentre elas retirada da família de juntas de dilatação já que o uso como família aumentaria a chance de erros na inspeção, com isso as juntas passaram a ser avaliadas dentro dos outros grupos de elementos, outra mudança foi a unificação de recalque/deslocamento, o dano de “mancha de corrosão” passou a ser apenas “corrosão”, foram acrescentados danos como deformação lenta/fluência, sobrecarga, agressão ambiental e junção de elementos. Com isso temos nova *Tabela 2-17*:

Tabela 2-17: Proposição de Fatores de Ponderação de danos (LOPES, 1998)

Dano estrutural	Fator de Ponderação - F _p							
	Pilar	Viga	Laje	Escada ou Rampa	Cortina	Reservatório	Bloco	Peça de Arquitetura
Segregação	6	4	5	4	5	5	6	4
Lixiviação/Eflorescência	5	5	3	5	5	7	5	3
Desagregação	7	7	7	7	7	7	7	7
Esfoliação	8	8	8	8	8	8	8	8
Carbonatação	7	7	7	7	7	7	7	7
Fissuração inaceitável	10	10	10	10	10	10	10	8
Flecha/Flambagem	10	10	10	10	10	10	10	10
Desvio de geometria	9	7	7	7	7	8	7	7
Cobrimto deficiente	6	6	6	6	6	7	6	6
Corrosão	7	7	7	7	7	9	7	7
Cloreto (presença)	10	10	10	10	10	10	10	10
Mancha	5	5	5	5	5	6	5	5
Deformação lenta	8	9	8	8	8	8	8	8
Carga acidental	10	10	10	10	10	10	10	10
Agressão ambiental	8	8	8	8	8	8	8	8
Infiltração/Vazamento	6	6	6	6	6	9	6	6
Recalque/Deslocamento	10	10	10	10	10	10	10	10
Ninho de concretagem	8	8	7	7	8	9	8	8
Esmagamento	10	9	7	7	10	9	10	7
Junta danificada	10	8	6	7	6	5	-	5
Junção de elementos	10	8	7	7	8	9	8	6

Para o cálculo do grau de deterioração do elemento (G_{de}) LOPES (1998) alterou o equacionamento matemático original de CASTRO (1994) que antes adotava o maior grau de dano em casos de até dois danos, caso passasse dessa quantidade, fazia-se a soma da média dos demais. Segue a nova formulação:

$$G_{de} = D_{m\acute{a}x} \cdot \left(1 + \frac{\sum_{i=1}^m D_{(i)} - D_{m\acute{a}x}}{\sum_{i=1}^m D_{(i)}} \right) \quad \text{Equação 2.13}$$

Sendo,

m o número de danos detectados no elemento;

D_i o grau do dano de ordem (i);

$D_{m\acute{a}x}$ o maior grau de dano

A nova equação ainda segue tendência máxima de aproximadamente 200, conforme equacionamento original da metodologia GDE/UnB. Porém o crescimento do grau de deterioração do elemento é dado de forma mais gradativa e proporcional, não sendo mais possível obter o maior valor de G_{de} com apenas três danos.

Segue tabela dos resultados enunciados para as edificações avaliadas por Lopes (1998), conforme *Tabela 2-18*:

Tabela 2-18: Resultados apresentados para os edifícios inspecionados (LOPES, 1998)

Prédio (UF)	RS	SP	RJ i	RJ ii	BA	DF
Área construída (m ²)	11.399	31.090	56.679	10.966	27.577	24.979
Índice de degradação	0,1513	0,1304	0,3081	0,3859	0,3831	0,2139
Grau de dano acumulado	2.032	2.224	6.738	1.144	8.706	2.753
Grau de deterioração da estrutura	48	39	59	42	120	50
Nível de deterioração da estrutura	Alto	Médio	Alto	Alto	Crítico	Alto

A aplicação do GDE/UnB com as devidas alterações feitas pelo autor trouxe mais coerência entre os resultados encontrados e a real situação das estruturas.

2.3.3. BOLDO (2002)

A metodologia GDE/UnB de CASTRO (1994) serviu de diretrizes para aplicação em 40 edificações do exército nacional. As inspeções foram feitas pela própria corporação sob a supervisão de BOLDO (2002). O resultado de forma geral foi positivo, além da metodologia apresentar conclusões coerentes com a realidade, também mostrou a boa condição das estruturas do exército brasileiro.

Algumas mudanças foram sugeridas para o aperfeiçoamento da metodologia: o nome inicial de “Caderno de Inspeção para Estruturas de Concreto” foi substituído por “Roteiro de Inspeção para Estruturas de Concreto” para enfatizar o modelo que deve ser seguido, definições normativas dos danos analisados e fatores de intensidade foram acrescentados e imagens ilustrativas das manifestações dos danos com respectivos fatores de intensidade foram incorporados.

Além disso, BOLDO (2002) propôs algumas mudanças com relação aos danos e fatores de ponderação, segue: acréscimo do dano de esmagamento para vigas e escadas/rampas com fator de ponderação de 8, elementos de blocos de fundação e elementos de composição arquitetônica tiveram o fator de ponderação atribuído de 10, o dano de eflorescência teve ser fator de ponderação incrementado para 5, dois danos passaram a ser considerados, infiltração e obstrução da junta, ambos com máximo fator de ponderação igual a 10, dano de ligação deficiente à estrutura foi retirado da metodologia, para manchas foram incorporados três fatores de intensidade.

O cálculo do grau de deterioração do elemento usado foi o mesmo do adotado por LOPES (1998). O grau de deterioração da família foi alterado seguindo a mesma linha de proposição de alteração de LOPES (1998), com o fim de ressaltar a importância do elemento em piores condições, promovendo resultado mais fidedigno.

Para o cálculo foram considerados apenas elementos com grau de deterioração do elemento maior ou igual a 15. Segue:

$$G_{df} = G_{demáx} \cdot \left(1 + \frac{\sum_{i=1}^m G_{de(i)} - G_{demáx}}{\sum_{i=1}^m G_{de(i)}} \right) \quad \text{Equação 2.14}$$

Sendo,

m o número de elementos com $G_{de} \geq 15$;

$G_{de(i)}$ o grau de deterioração do elemento de ordem (i);

$G_{demáx}$ o maior grau de deterioração do elemento, entre os elementos com $G_{de} \geq 15$.

BOLDO (2002) desenvolveu duas tabelas das medidas que devem ser adotadas com base no nível de deterioração dos elementos e da estrutura, respectivamente. *Tabelas 2-19 e 2-20:*

Tabela 2-19: Classificação dos níveis de deterioração de elemento (BOLDO, 2002)

Nível de deterioração	G_{de}	Medidas a serem adotadas
Baixo	0 - 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	15 - 50	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em médio prazo (máx. 2 anos).
Alto	50 - 80	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 1 ano).
Crítico	> 80	Inspeção especializada emergencial. Planejar intervenção imediata.

Tabela 2-20: Classificação dos níveis de deterioração da estrutura (BOLDO, 2002)

Nível de deterioração	G_d	Medidas a serem adotadas
Baixo	0 - 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	15 - 40	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em médio prazo (máx. 2 anos).
Alto	40 - 60	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 1 ano).
Crítico	> 60	Inspeção especializada emergencial. Planejar intervenção imediata.

A Tabela 2-21 também criada pelo autor destaca o prazo máximo de intervenção:

Tabela 2-21: Prazos máximos para intervenção em função da classificação nos níveis de deterioração (BOLDO 2002)

Nível de deterioração	Prazo máximo para intervenção
Baixo	-
Médio	2 anos
Alto	1 ano
Crítico	6 meses

As modificações propostas foram aplicadas na avaliação utilizando a metodologia GDE/UnB no Hospital Geral de São Paulo com o objetivo de comparar os resultados e visualizar os efeitos das modificações sugeridas. Assim como previsto, o objetivo da modificação é a obtenção de resultado indicando maior deterioração, fomentando intervenção mais rápida e levando a uma recuperação da estrutura a partir das correções.

2.3.4. FONSECA (2007)

FONSECA (2007) aplicou o método GDE/UnB para avaliação da estrutura física do Instituto Central de Ciências (ICC) na Universidade de Brasília. Foram acrescentados à metodologia trabalhos na linha de pesquisa de “Patologia, Manutenção e Recuperação de Estruturas” do PECC/UnB.

Foram propostos pelo autor alguns pontos para aperfeiçoamento da metodologia GDE/UnB, dentre eles: a carbonatação, contaminação por cloretos e cobrimento deficiente foram alterados de modo que seja possível o agravamento com o tempo levando a possíveis corrosões de armaduras, os conceitos de cobrimento deficiente, fissuração e flechas foram modificados de forma a seguir a NBR 6118/2003, o dano esfoliação passou a ser chamado de deslocamento (forma encontrada para distinguir melhor de desagregação), segregação passou a ser chamado de “falha de concretagem”, o dano de infiltração foi modificado para umidade.

No sentido de cálculo do método foram feitas modificações relacionadas ao dano de corrosão. Para facilitar o entendimento segue a *Tabela 2-22*:

Tabela 2-22: Reformulação de fatores de intensidade ligados à corrosão (FONSECA, 2007)

Dano	F_i
Carbonatação atingindo a armadura (presença de umidade)	3 e 4
Cobrimento deficiente com exposição de armadura	2 e 3
Contaminação por cloretos sem umidade - elementos interiores/exteriores	2 e 3
Contaminação por cloretos com presença de umidade	4
Deslocamento com exposição de armadura	3 e 4
Eflorescência em estágio avançado - estalactites ou crostas de carbonato de cálcio	4
Falha de concretagem	3 e 4

Os fatores de ponderação também ganharam revisão segundo FONSECA (2007) também revisou os fatores de ponderação empregados na última revisão da literatura por LOPES (1998). Reduziu a escala que era de 0 a 10 para a escala de 1 a 5, sendo 5 a pior situação. Para isso foi reformulado o equacionamento para o grau de dano (D):

$$D = 0,8 \cdot F_i \cdot F_p \quad \text{para } F_i \leq 2 \quad \text{Equação 2.15}$$

$$D = (12 \cdot F_i - 28) \cdot F_p \quad \text{para } F_i \geq 3 \quad \text{Equação 2.16}$$

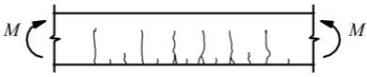
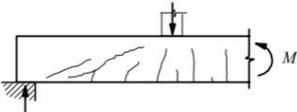
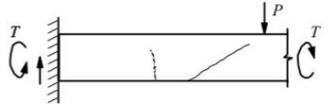
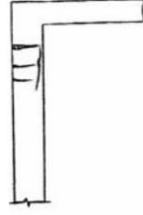
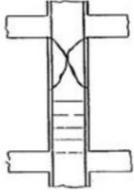
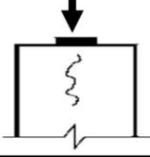
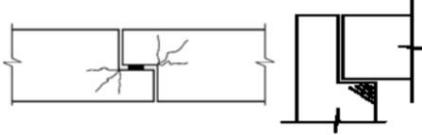
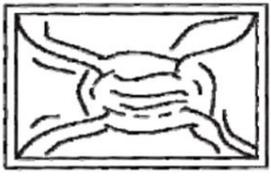
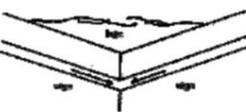
Os fatores de ponderação, F_p , de danos associados à corrosão de armaduras também foram modificados: Corrosão – $F_p = 5$; Contaminação por cloretos – $F_p = 4$; Carbonatação – $F_p = 3$.

A patologia ligada a fissuras também sofreu alteração. As ponderações das fissuras podem variar de 2 a 5, e para valores de 4 ou 5 pode representar ruptura frágil. As fissuras mais comuns foram reunidas para melhor esclarecimento. Segue *Tabelas 2-23 e 2-24*.

Tabela 2-23: Tipos de fissuras de concreto armado - Estado Plástico e Endurecido (FONSECA, 2007)

	Fissuras	Descrição	Croquis	F_p
ESTADO PLÁSTICO	de retração plástica do concreto	- comuns em lajes e paredes - paralelas, superficiais e afastadas de 0,3 a 1 m.		2
	de assentamento do concreto	- acompanham as armaduras - em pilares, ficam abaixo dos estribos; - interação com armaduras vizinhas		3
	de movimentação de fôrmas	- indicam mau posicionamento, má fixação ou resistência insuficiente de fôrmas e escoramentos		3
ESTADO ENDURECIDO	de retração do concreto por secagem	- vigas podem ocasionar fissuras nos pilares e vice-versa, por diferenças de rigidez (a) - aspecto de mosaico em lajes e paredes, podendo aparecer em ambas as faces (b) - indicam restrição de movimentos - profundidade reduzida - aberturas de 0,1 a 0,2 mm		3
	mapeadas	- mais visíveis em superfícies lisas de lajes e paredes - abertura e extensão reduzidas - indicam desempenho excessivo. - danos apenas estéticos, em geral		2
	de variações de temperatura	- em geral, normais ao eixo de elementos lineares - indicam restrição de movimento por mau funcionamento de juntas de dilatação e/ou sua inexistência		3

Tabela 2-24: Tipologia de fissuras de concreto armado – Erros de projeto/execução ou cargas excessivas (FONSECA, 2007)

	Fissuras	Descrição	Croquis	F_p
ERROS DE PROJETO/ EXECUÇÃO OU CARGAS EXCESSIVAS	de flexão em vigas	- normais ao eixo, em trechos de momento fletor elevado e com boa aderência aço-concreto		4
	de força cortante - flexão em vigas	- inclinadas nas duas faces - podem entrar na zona de compressão e se dirigir aos apoios		4
	de cortante, momentos de torção e flexão em vigas	- inclinadas em uma face - na face oposta: menor abertura e inclinação		4
	de flexo-tração em pilares	- normais ao eixo do pilar na face tracionada - paralelas ao eixo na face comprimida, podem indicar esmagamento do concreto - mais próximas de extremidade com maior momento		5
	de compressão	- paralelas ao eixo e convergindo para o centro nas proximidades de ruptura - indicam espaçamento excessivo ou deslocamento de estribos		5
	de carga concentrada em área reduzida	- comuns em apoios de pontes, estruturas pré-moldadas e apoios indiretos - indicam armadura deficiente de fretagem e mau detalhamento		3
	em apoios do tipo gerber (vigas e pilares)	- comuns em pontes e estruturas pré-moldadas - indicam deficiência de aparelhos de apoio e/ou detalhamento inadequado		3
	de flexão em lajes	- na face inferior, paralelas aos vãos com continuidade ou vãos maiores, se estendendo em direção aos cantos - na face superior, paralelas aos e bordos com continuidade		4
	de momentos volventes	- em cantos de lajes extremas, podendo abrir nas duas faces - influenciadas por variações de temperatura e retração		3
	de punção	- traçado circular e/ou radial em torno do pilar		5

Os níveis de deterioração passaram a ser divididos em cinco níveis, tal alteração tem base na norma DNIT 010 – PRO (2004). Segue *Tabela 2-25*:

Tabela 2-25: Níveis de deterioração de elemento e estrutura (FONSECA, 2007)

Nível de deterioração	G_{de} / G_d	Medidas a serem adotadas
Baixo	0 - 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	15 - 50	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máx. 2 anos).
Alto	50 - 80	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em médio prazo (máx. 1 ano).
Sofrível	80 - 100	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 6 meses).
Crítico	> 100	Inspeção especializada emergencial. Planejar intervenção imediata.

(FONSECA, 2007) percebeu que o valor crítico para algum elemento pontual tem uma influência muito grande sobre a deterioração da família de elementos. Dessa forma, para apresentarmos um resultado mais coerente para o grau de deterioração da família, foi proposto:

$$G_{df} = G_{demáx} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{\sum_{i=1}^m G_{de(i)} - G_{demáx}}{\sum_{i=1}^m G_{de(i)}}} \right) \quad \text{Equação 2.17}$$

Sendo,

m o número de elementos com $G_{de} \geq 15$;

$G_{de(i)}$ o grau de deterioração do elemento de ordem (i);

$G_{demáx}$ o maior grau de deterioração do elemento, entre os elementos com $G_{de} \geq 15$.

A Tabela 2-26 apresenta os resultados obtidos para o ICC:

Tabela 2-26: Resultados da metodologia GDE/UnB após alterações (FONSECA, 2007)

Famílias (fissuras com $F_p=3$)	G_{df}	F_r	$G_{df} \cdot F_r$
Pilares Bloco AL Ala Norte	137	5	688
Pilares Bloco AL Ala Central	65	5	327
Pilares Bloco AL Ala Sul	53	5	267
Pilares Bloco AO Ala Norte	60	5	303
Pilares Bloco AO Ala Central	114	5	573
Pilares Bloco AO Ala Sul	133	5	669
Pilares Bloco BL Ala Norte	130	5	651
Pilares Bloco BL Ala central	63	5	316
Pilares Bloco BL Ala Sul	63	5	317
Pilares Bloco BO Ala Norte	120	5	603
Pilares Bloco BO Ala Central	144	5	721
Pilares Bloco BO Ala Sul	116	5	581
Vigas Transversais de Cobertura Bloco A Ala Norte	144	5	722
Vigas Transversais de Cobertura Bloco A Ala Central	128	5	644
Vigas Transversais de Cobertura Bloco A Ala Sul	110	5	550
Vigas Transversais de Cobertura Bloco B Ala Norte	64	5	324
Vigas Transversais de Cobertura Bloco B Ala Central	122	5	611
Vigas Transversais de Cobertura Bloco B Ala Sul	110	5	554
Elementos Curvos Bloco A Ala Norte	101	2	202
Elementos Curvos Bloco A Ala Central	0	2	0
Elementos Curvos Bloco A Ala Sul	26	2	53
Elementos Curvos Bloco B Ala Norte	67	2	134
Elementos Curvos Bloco B Ala Central	132	2	264
Elementos Curvos Bloco B Ala Sul	15	2	30
Total		102	10114
$G_d=$		99	Sofrível

O resultado do grau de deterioração foi “sofrível”, segundo a metodologia tal classificação requer intervenção em até 6 meses. Segundo FONSECA (2007) tal classificação é condizente com a realidade da edificação. A metodologia GDE/UnB adaptada para pontes foi aplicada ao Rio Piracanjuba – GO. Os resultados foram 33,60 e 17,06 desconsiderando grau de deterioração dos elementos com valores inferiores a 15 e considerando todos os valores, respectivamente.

3. METODOLOGIA

No presente trabalho foi usado a metodologia GDE/UnB para vistoriar ao todo 36 Obras de Arte Especiais, sendo 26 espalhados na região central do Distrito Federal e 10 nas regiões periféricas. Na metodologia foi incorporada mudanças ao longo do tempo pelos autores citados ao longo do capítulo 2. Tais mudanças serviram para nortearmos as análises das OAEs.

3.1. CONSIDERAÇÕES FEITAS NA METODOLOGIA GDE/UNB

Para aplicação da metodologia foi tomado como diretrizes técnicas o Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB a Obras de Arte Especiais VERLY (2015), de forma que também foram acrescentados a patologia de abrasão proposta pela LAURIA (2018) e para minimizar a sensibilidade da análise foi usado a tabela do grau de dano no elemento proposta por PAVONI (2019). Por se tratar de inspeções visuais, somente com o uso de câmera fotográfica, os danos de carbonatação e contaminação do concreto por cloretos foram desconsiderados.

O cálculo global do grau de deterioração da estrutura segue com a mesma sequência de análise: grau de dano, grau de deterioração do elemento, grau de deterioração da família de elementos e por último o grau de deterioração estrutural da OAE. Para o grau de dano foi utilizado a tabela proposta por PAVONI (2019), como foi citado no parágrafo anterior; seguido pelo G_{de} da equação 2.13 proposto por LOPES (1998); para o G_{df} a equação 2.16 proposta por FONSECA (2017) e por último o G_d , formulado pelo VERLY (2015) com a equação 2.17. Para o G_{de} foram adotadas as duas hipóteses, considerando elementos apenas $G_{de} > 15$ e considerando todos os G_{de} . Por isso serão obtidos dois resultados, G_d^* e G_d .

Os fatores de ponderação adotados para as famílias de elementos foram os mesmos que LAURIA (2018) utilizou, entretanto como as OAEs vistoriadas pela autora não tinham elementos como pilares, pilares-parede, longarina, transversinas esses precisaram ser incluídos na análise. A pista de rolamento que antes era adotado por LAURIA (2018) foi retirada do cálculo do Grau de Deterioração da Estrutura, o principal motivo é sua composição pois como não é formado por concreto armado é necessária uma análise diferente do resto da estrutura. O resultado dos fatores adotados ficou assim:

- Guarda-rodas $F_r = 1$
- Pista de Rolamento $F_r = 2$
- Cortina, Contenção, Transversina $F_r = 3$
- Tabuleiro $F_r = 4$
- Pilar, Pilar-Parede, Longarina $F_r = 5$

3.2. VIADUTOS SELECIONADOS PARA INSPEÇÃO

Para o projeto foram selecionadas 239 Obras de Arte Especiais espalhadas pela região do Distrito Federal. Essas 239 OAEs foram divididas para 5 bacharéis em Engenharia Civil pela Universidade de Brasília. O Lote 3 contendo 51 estruturas foi escolhido para esse trabalho.

Para conseguirmos identificar com mais facilidade as OAEs dividimos o DF em uma malha de 10 x 10, conforme a *Figura 3.1*:

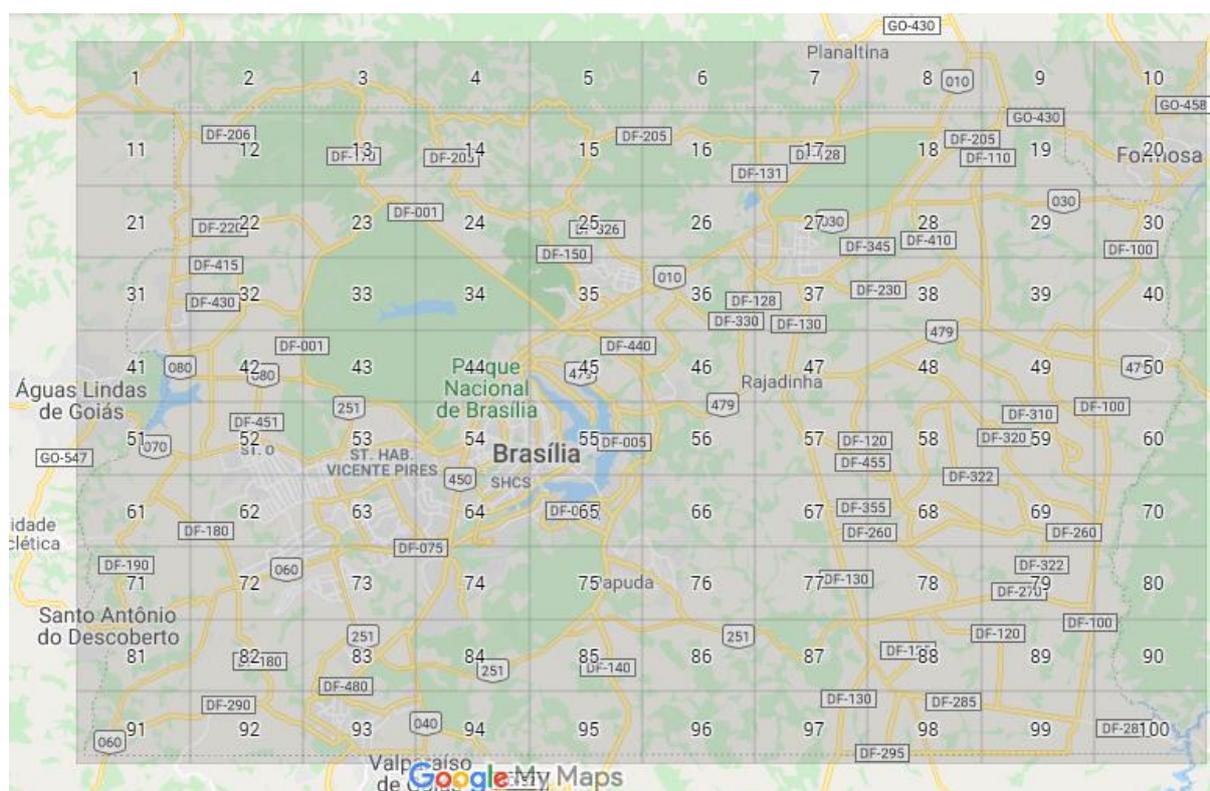


Figura 3.1: Mapa do Distrito Federal dividido em malha 10 x 10
(Retirado do *Google Maps*)

Para facilitar a identificação de cada viaduto ou ponte foi criado um código de rastreamento seguindo o mesmo padrão: AAA_BBB_CCC_DDD_E, sendo que:

- AAA = Número da Malha;
- BBB = São os 2º, 3º e 4º dígitos da longitude – para ordenar dentro da malha da esquerda para direita;
- CCC = São os 3 últimos dígitos da longitude – insere a precisão necessária para distinguir pontos próximos horizontalmente;
- DDD = São os 3 últimos dígitos da latitude – insere a precisão necessária para distinguir os pontos próximos verticalmente;
- E = Identifica o tipo de OAE, sendo “P” para Pontes e “V” para Viadutos.

Na *figura 3.2* estão representados no mapa as 250 OAEs que foram propostas para análise, em rosa são as que não foram selecionadas por nenhum dos bacharéis e poderão compor futuros trabalhos usando a metodologia. As 50 OAEs em verde mais claro e verde mais escuro foram propostas para o presente trabalho:

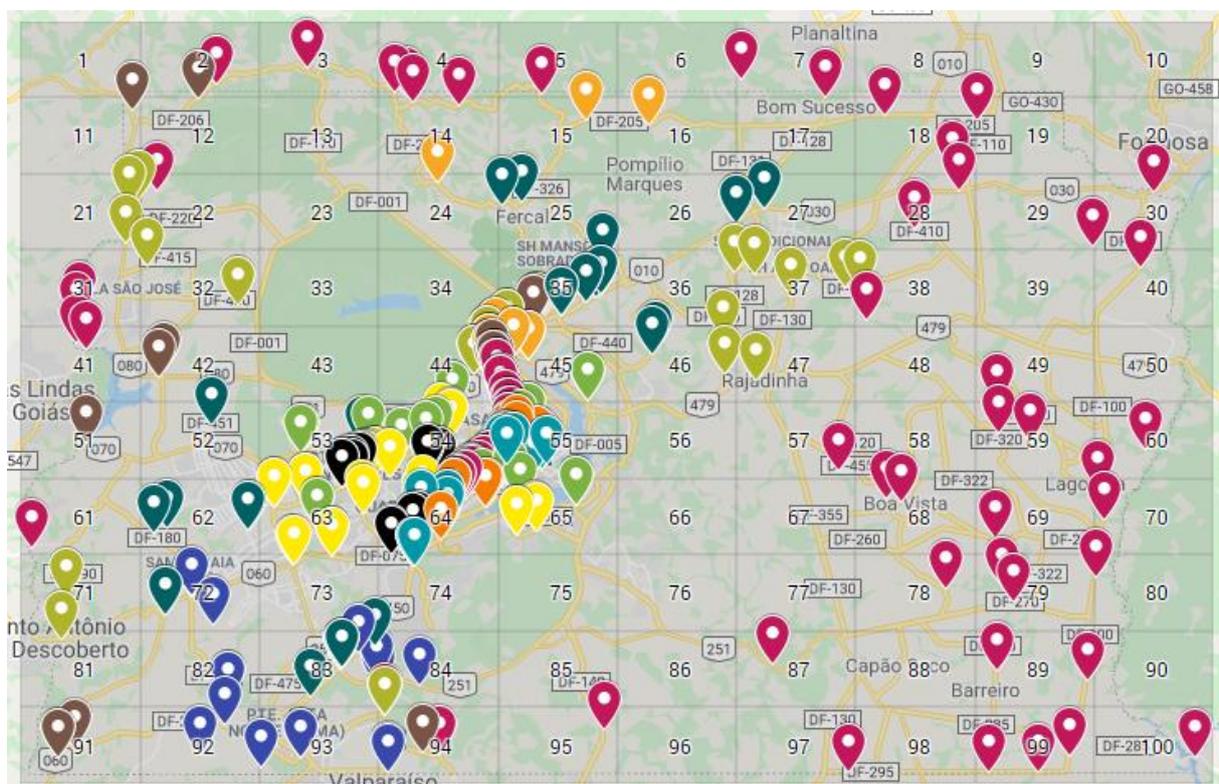


Figura 3.2: Mapa do Distrito Federal com as 239 OAEs distribuídas
(Retirado do *Google Maps*)

Dentre as 50 OAEs selecionadas, 16 não puderam ser vistoriadas pela periculosidade e logística. Além disso as estruturas não seguem um padrão arquitetônico, por isso as famílias de elementos não serão as mesmas para todos os viadutos e pontes analisados.

Para apresentação dos resultados no tópico 4 desse trabalho foram escolhidos 3 viadutos, o melhor, pior e o de valor médio do grau de deterioração, G_d , dentre as 34 estruturas analisadas.

3.3. PROCEDIMENTO DE INSPEÇÃO

Todas as inspeções visuais foram realizadas em dupla. Sendo que um dos indivíduos era responsável pelo preenchimento dos graus de deterioração do elemento enquanto o outro companheiro era responsável por fazer o registro fotográfico para incremento no banco de dados para posteriores reavaliações.

Os dias e horários de inspeção foram escolhidos para períodos pouco movimentados e que fossem condizentes com a disponibilidade da dupla responsável. Para que o fluxo de automóveis não atrapalhasse o procedimento de vistoria, foram prioritariamente escolhidos os finais de semana pela manhã ou início da tarde. Para segurança dos avaliadores as inspeções foram feitas com capacetes, botas e coletes refletivos. Foram utilizados ficha de inspeção para identificação do grau dos danos nos elementos, além de câmera fotográfica digital para acumulação dos registros.

4. RESULTADOS PRELIMINARES

Como já destacado no Tópico 3.2, foram selecionados 51 Obras de Arte Especiais para análise, entretanto por limitações logísticas só foi possível realizarmos as vistorias em 34 dessas estruturas. A *Tabela 4-1* apresenta o G_d e G_d^* para cada uma delas, sendo que o primeiro é calculado considerando o grau de deterioração de todos os elementos e o segundo considera apenas valores de grau de deterioração do elemento acima de 15, $G_{de} \geq 15$.

Segue *Tabela 4-1*:

Tabela 4-1: Resultados preliminares da aplicação da metodologia GDE/UnB para as OAEs

Código	Descrição	G_d	G_d^*	$G_d - G_d^*$	Avaliação
035_785_52_23_V	Viaduto 3 TTN EPCT	8,50	0,00	8,50	Baixo

035_785_67_08_V	Viaduto 4 TTN EPCT	7,89	0,00	7,89	Baixo
035_786_19_79_V	Viaduto 2 Colorado	8,97	0,00	8,97	Baixo
044_789_28_25_V	Viaduto 1 do Torto	16,33	11,14	5,19	Médio/Baixo
044_789_60_41_V	Viaduto 1 TTN Balão do Torto	7,33	0,00	7,33	Baixo
044_790_44_62_V	Viaduto 2 do Torto	14,25	0,00	14,25	Baixo
045_788_62_98_V	Viaduto 2 OAE 04 LTC	6,68	0,00	6,68	Baixo
046_770_04_24_P	Ponte sobre Capão da Erva	6,33	3,96	2,37	Baixo
046_770_17_07_P	Ponte sobre Córrego do Meio	10,10	0,00	10,10	Baixo
094_798_91_70_V	Viaduto 2 na BR040 saída Santa Maria	27,34	24,92	2,42	Médio
053_805_65_76_V	Viaduto 1 na DF-001 sobre a DF-095	47,04	36,65	10,39	Médio
053_805_18_96_V	Viaduto 2 na DF-001 sobre a DF-095	42,20	35,02	7,18	Médio
053_800_66_79_V	Viaduto na DF-095 acesso Estrutural	64,52	60,48	4,04	Alto
044_789_89_44_V	Viaduto de Saída Eixão TTN 2	3,81	0,00	3,81	Baixo
044_789_89_51_V	Viaduto 3 TTN sobre a DF 004	4,10	0,00	4,10	Baixo
054_792_20_70_V	Viaduto 1 na DF003 acesso ao Setor Militar	21,18	17,74	3,44	Médio
044_790_94_77_V	Viaduto 2 na DF003 acesso ao Setor Militar	19,94	17,21	2,73	Médio
054_794_23_02_V	Viaduto Ayrton Senna	11,57	0,00	11,57	Baixo
054_795_20_28_V	Viaduto sobre Ferrovia sentido Taguatinga	77,37	76,49	0,88	Alto
054_797_99_05_V	Viaduto sobre Rodovia e Ferrovia SCKIA	18,68	12,70	5,98	Médio/Baixo
064_791_45_50_V	Viaduto de acesso ao eixo L na DF-002 SQS 05 e 06	12,55	10,32	2,23	Baixo
064_790_32_34_V	Viaduto de acesso ao eixo L Sul	11,86	9,72	2,14	Baixo

064_790_01_33_V	Viaduto na L2 Sul acesso ao Ses Q610	31,33	29,33	2,00	Médio
045_781_89_82_P	Ponte 1 sobre Córrego Tamanduá	6,68	0	6,68	Baixo
045_781_76_06_P	Ponte 2 sobre Córrego Tamanduá	7,19	0	7,19	Baixo
055_786_54_10_V	Viaduto 1 na DF-004	12,37	0,00	12,37	Baixo
055_786_35_33_V	Viaduto 2 na DF-004	7,22	0,00	7,22	Baixo
055_787_05_94_V	Viaduto na L3 Norte Sentindo UnB	29,31	27,89	1,42	Médio
055_788_71_37_V	Viaduto de acesso a L2 Sul próximo à Casa do Candango	34,60	28,62	5,98	Médio
065_787_86_30_V	Viaduto 1 na DF-004 acesso a 2ª Ponte	67,41	61,46	5,95	Alto
065_787_40_95_V	Viaduto 2 na DF-004 acesso a 2ª Ponte	31,75	25,77	5,98	Médio
065_787_00_80_V	Viaduto sobre via de acesso ao Lago Sul pela 2ª Ponte	28,54	25,78	2,76	Médio
065_782_68_10_V	Viaduto 1 na DF-025 para acesso à Ponte JK	7,91	0,00	7,91	Baixo
065_782_92_28_V	Viaduto 1 na DF-025 para acesso à Ponte JK	8,60	0,00	8,60	Baixo

Pela tabela é notável que G_d e G_d^* apresentaram diferenças significativas apenas quando o grau de deterioração era muito baixo, como no caso da Viaduto 1 na DF-004 ou no Viaduto Ayrton Senna, onde ambos apresentaram diferenças de respectivamente 12,37 e 11,57, contudo, apesar de ser uma diferença expressiva, isso não alterou a avaliação final do grau de deterioração da estrutura. Já no caso do Viaduto sobre Rodovia e Ferrovia SCKIA, apesar da diferença entre G_d e G_d^* não ser tão significativa, 5,98, a avaliação do grau de deterioração da estrutura foi alterado, o primeiro apresentou avaliação de grau médio e o segundo de grau baixo, para última análise o G_d mostra de forma mais abrangente a situação da estrutura, por isso será adotado para ela grau médio.

Das 34 OAEs analisadas, 19 foram avaliadas com grau baixo de deterioração, isso porque muitas são estruturas ainda novas como no caso do Viaduto de Saída Eixao TTN 2 e Viaduto 3 TTN sobre a DF 004, as do segundo lote de avaliação em sua grande maioria tiveram resultado

baixo de deterioração. Em segundo lugar tivemos 12 estruturas em estado médio de deterioração, o que representou cerca de 35% dos viadutos analisados. Apenas 3 OAEs encontram-se em condições de alto grau de deterioração, com destaque para o Viaduto sobre Ferrovia sentido Taguatinga que quase entrou no estado sofrível de intervenção imediata. É claro que o resultado não é definitivo e precisamos de análises mais profundas para aferir com precisão a real condição das estruturas, mas as avaliações servem de parâmetro para nortear os estudos.

4.1. SISTEMA DE GESTÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS DO D.F.

A maior parte das OAEs são divididas em guarda-rodas, pilares e tabuleiros, por isso o estudo estatístico será focado nesses três tipos de elementos.

Dentre os 34 viadutos analisados, foram vistoriados 74 guardas rodas, 262 pilares e 34 tabuleiros, sendo ao todo 121 partes de tabuleiro. As manifestações patológicas mais comuns dentro dos guarda rodas foram deslocamento e fissura, cada um representou respectivamente 55,4% e 58,1% dos elementos, é importante ressaltar que comparativamente a abrasão, 15%, foi um dano bastante presente em relação aos pilares e tabuleiros, esse fato é coerente com a principal função que o guarda rodas possui bloquear fisicamente a saída dos veículos da pista de rolamento.

As manchas e falhas de concretagem foram as manifestações patológicas mais presentes nos pilares, representaram respectivamente 39,7% e 79% nos elementos. É plausível esse resultado já que os danos iniciais dentro da estrutura começam justamente com essas duas manifestações patológicas.

Dentro dos tabuleiros as manifestações mais recorrentes foram cobertura deficiente e manchas, essas representaram respectivamente 26,4% e 45,5% das 121 partes analisadas.

Os piores níveis de deterioração vistos para cada elemento foram: 5 guarda-rodas com nível acima de 50 (estado alto) em três viadutos diferentes, 4 pilares e 3 partes de tabuleiro igualmente com nível alto de deterioração e uma parte de um tabuleiro dos 34 viadutos analisados em estado sofrível (G_{de} acima de 80).

No próximo tópico será abordado o melhor, pior e um de grau médio de deterioração entre os 34 viadutos e pontes dos dois conjuntos analisados.

4.2. Viaduto de Saída do “Eixão” Trevo de Triagem Norte - 044_789_89_44_V

Para melhor análise desmembramos o Viaduto de Saída do “Eixão” Trevo de Triagem Norte em: guarda-rodas leste e oeste, seis pilares e quatro tabuleiros (sul, centro-sul, centro-norte e norte). As Tabelas 4-2, 4-3 e 4-4 traz de forma detalhada as patologias encontradas em alguns dos elementos analisados dentro da estrutura.

Tabela 4-2: Guarda Rodas Oeste, Trevo de Triagem Norte

Elemento	Fr	Dano	Fp	Fi	D	Gde
Guarda Rodas O	Fr = 1	Cobrimento deficiente	3		0	1,60
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Abrasão do Concreto	3		0	

Tabela 4-3: Pilar 1, Trevo de Triagem Norte

Pilar N1	Fr = 5	Cobrimento deficiente	3		0	3,20
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	2	3,2	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	

Tabela 4-4: Tabuleiro centro sul, Trevo de Triagem Norte

<i>Tabuleiro centro sul</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3	1	2,4	3,60
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3	1	2,4	
		Abrasão do concreto	3		0	

O resultado do grau de deterioração das famílias e da estrutura global considerando todos os G_{de} considerando todos os graus de deterioração dos elementos segue *Tabela 4-5*:

Tabela 4-5: Resultado do G_{df} e G_d , Trevo de Triagem Norte

Elemento	Grau de Deterioração do Elemento (Gde)	Grau de Deterioração da Família (Gdf)	Fator de Relevância (Fr)	Grau de Deterioração Estrutural (Gd)	Nível de Deterioração da Estrutura
<i>Guarda Rodas O</i>	1,60	3,86	1	3,81	Baixo
<i>Guarda Rodas L</i>	3,36				
<i>Pilar N1</i>	3,20	4,36	5		
<i>Pilar N2</i>	1,60				
<i>Pilar N3</i>	3,36				
<i>Pilar N4</i>	2,40				
<i>Pilar N5</i>	0,00				
<i>Pilar N6</i>	0,00				
<i>Tabuleiro sul</i>	3,36	5,13	4		
<i>Tabuleiro centro sul</i>	3,60				
<i>Tabuleiro centro norte</i>	3,60				
<i>Tabuleiro norte</i>	3,90				

O nível de deterioração é baixo conforme já comentado anteriormente e resultado está condizente com a realidade da estrutura como podemos ver pelas *figuras 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4*:



Figura 4.1: Fotografia do Viaduto 044_789_89_44_V
(Retirado do *Google Maps*)

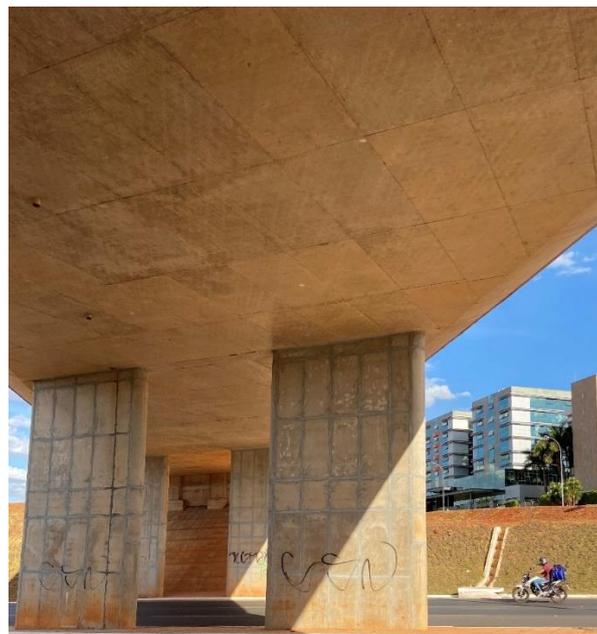


Figura 4.2: Fotografia interna do Viaduto 044_789_89_44_V



Figura 4.3: Guarda Rodas Oeste do Viaduto 044_789_89_44_V



Figura 4.4: Elemento tabuleiro – Viaduto Central – Quadra 13/14 norte

Por se tratar de uma obra bastante recente, finalizada em meados de 2019, podemos perceber que a grande maior parte dos elementos possui pouca ou nenhuma patologia, apenas algumas manchas ou pequenas falhas de concretagem.

4.3. Viaduto sobre ferrovia sentido Taguatinga - 054_795_20_28_V

O viaduto em análise possui dimensões muito maiores que a maioria das OAEs que foram analisadas, por isso foi necessário dividir em uma maior quantidade de elementos para conseguir representá-lo, ao todo foram: guarda-rodas leste, guarda-rodas centro leste, guarda-rodas centro oeste, guarda-rodas oeste, 24 pilares, tabuleiro sul, tabuleiro centro sul, tabuleiro centro norte e tabuleiro norte. As Tabelas 4-6, 4-7 e 4-8 trazem de forma detalhada as patologias encontradas em alguns dos elementos analisados dentro da estrutura:

Tabela 4-6: Guarda Rodas Leste, Viaduto sobre Ferrovia Sentido Taguatinga

Guarda Rodas L	ET = 1	Cobrimento deficiente	3		0	4,57
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	2	3,2	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Abrusão do Concreto	3	1	2,4	

Tabela 4-7: Pilar 11, Viaduto sobre Ferrovia Sentido Taguatinga

Pilar 11	ET = 5	Cobrimento deficiente	3	2	4,8	36,00
		Corrosão de armaduras	5	2	8	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3	3	24	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3	2	4,8	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrusão do concreto	3		0	

Tabela 4-8: Tabuleiro centro sul, Viaduto sobre Ferrovia Sentido Taguatinga

Tabuleiro centro sul	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3	4	60	90,2
		Corrosão de armaduras	5	3	40	
		Desagregação	3	2	4,8	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2	2	3,2	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	2	3,2	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3	2	4,8	
		Manchas	3	2	4,8	
		Abrasão do concreto	3		0	

Podemos ver através das tabelas que o principal motivo do grau de deterioração da estrutura estar tão elevado são as condições dos pilares e principalmente dos tabuleiros. Os pilares não tiveram um padrão de deterioração, alguns apresentaram desgaste baixo enquanto outros mostraram níveis de deterioração relativamente alto. Já os tabuleiros apresentaram maior uniformidade no nível de desgaste, todos apresentaram péssimo desempenho com destaque para a região centro sul e centro norte. Em todos existiam bastante patologias ligadas a cobrimento deficiente, corrosão de armadura, manchas e eflorescências.

Os guarda-rodas tiveram pouca ou nenhuma influência sobre o resultado da avaliação, além do baixo grau de deterioração, esse elemento apresenta Fator de Relevância 1 dentro da estrutura.

Para entendermos melhor o resultado do grau de deterioração das famílias e da estrutura global considerando todos os graus de deterioração dos elementos segue *Tabela 4-9*:

Tabela 4-9: Resultado do G_{df} e G_d , Viaduto sobre Ferrovia Sentido Taguatinga

Elemento	Grau de Deterioração do Elemento (Gde)	Grau de Deterioração da Família (Gdf)	Fator de Relevância (Fr)	Grau de Deterioração Estrutural (Gd)	Nível de Deterioração da Estrutura
Guarda Rodas L (1)	4,57	6,19	1	77,37	Alto
Guarda Rodas O (1)	4,80				
Guarda Rodas L (2)	4,80				

<i>Guarda Rodas O (2)</i>	0,00				
<i>Pilar N1</i>	7,54				
<i>Pilar N2</i>	7,54				
<i>Pilar N3</i>	7,54				
<i>Pilar N4</i>	13,50				
<i>Pilar 5</i>	12,36				
<i>Pilar 6</i>	7,54				
<i>Pilar 7</i>	11,56				
<i>Pilar 8</i>	8,16				
<i>Pilar 9</i>	7,54				
<i>Pilar 10</i>	7,54				
<i>Pilar 11</i>	36,00				
<i>Pilar 12</i>	13,14				
<i>Pilar 13</i>	35,59	49,27	5		
<i>Pilar 14</i>	13,65				
<i>Pilar 15</i>	12,36				
<i>Pilar 16</i>	12,80				
<i>Pilar 17</i>	12,36				
<i>Pilar 18</i>	6,98				
<i>Pilar 19</i>	7,91				
<i>Pilar 20</i>	6,98				
<i>Pilar 21</i>	7,68				
<i>Pilar 22</i>	6,40				
<i>Pilar 23</i>	7,38				
<i>Pilar 24</i>	13,04				
<i>Tabuleiro sul</i>	62,76				
<i>Tabuleiro centro sul</i>	90,20				
<i>Tabuleiro centro norte</i>	88,97	117,74	4		
<i>Tabuleiro norte</i>	62,76				

Como havia sido destacado o principal problema dessa estrutura são os tabuleiros, todos os elementos dessa família apresentaram grau alto de deterioração, principalmente na região central do viaduto nos tabuleiros centro sul e centro norte. O resultado do grau de deterioração da família foi de 117,5, esse resultado aliado a um Fator de Relevância de 4 impulsionou o resultado do grau de deterioração estrutural.

O grau de deterioração da família de pilares ficou no limite máximo para se enquadrar no nível médio de dano. Os destaques negativos ficaram para Pilar 11 e Pilar 13, ambos apresentaram valores bem maiores que o resto dos elementos da família.

O nível de deterioração é alto conforme mencionado anteriormente e o resultado está condizente com a realidade da estrutura como podemos ver pelas *figuras 4.5, 4.6, 4.7 e 4.8*:

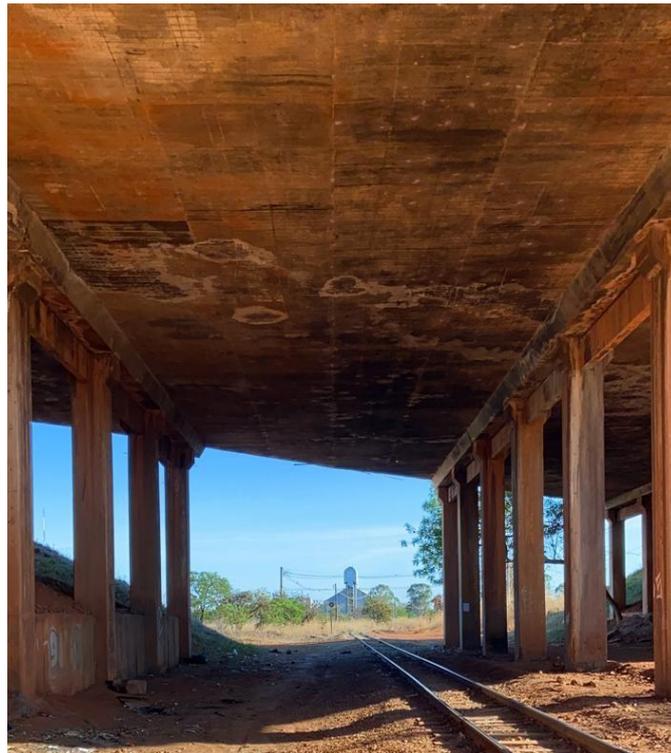


Figura 4.5: Fotografia do Viaduto 054_795_20_28_V

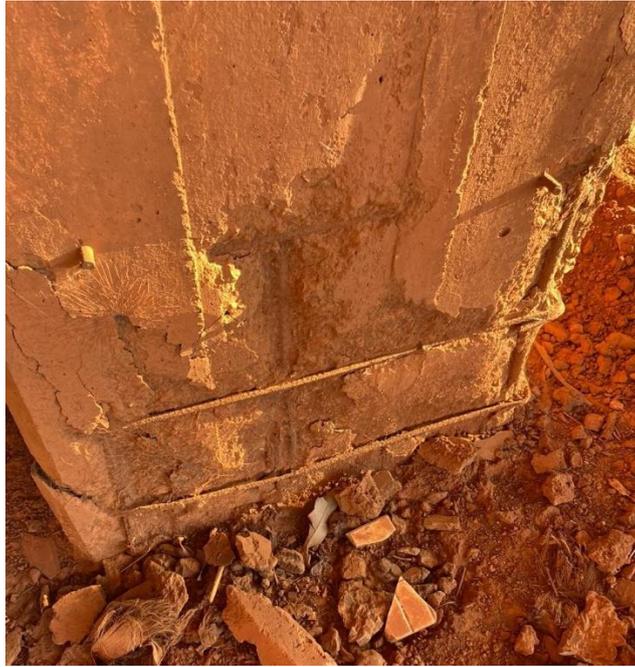


Figura 4.6: Pilar 11, Viaduto 054_795_20_28_V



Figura 4.7: Tabuleiro centro sul, Viaduto 054_795_20_28_V

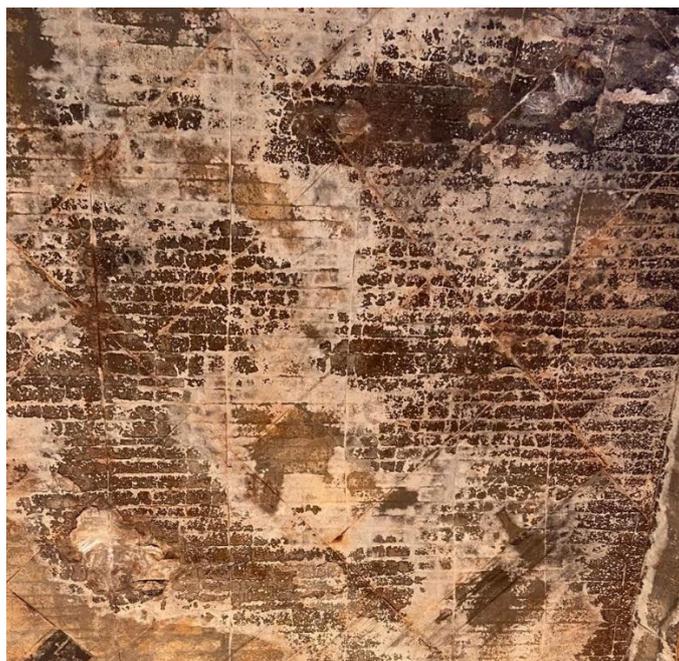


Figura 4.8: Tabuleiro centro norte, Viaduto 054_795_20_28_V

Por essas figuras podemos perceber o grau de deterioração de alguns dos elementos. O resultado obtido foi condizente com a realidade observada no viaduto. O Pilar 11 sofreu um deslocamento forte na parte de baixo da estrutura, o motivo pode ter sido algum tipo de infiltração que atingiu a armadura e após a expansão tracionou a parte inferior do concreto que não resistiu. Para os tabuleiros é bem visível as patologias de cobertura deficiente, corrosão de armadura, manchas e eflorescências.

4.4. Viaduto 2 na DF-001 sobre a DF-095 - 053_805_18_96_V

O último viaduto destacado possui Grau de Deterioração da Estrutura, G_{de} , médio. Seus elementos foram divididos em guarda rodas leste e oeste, 6 pilares, tabuleiro sul, tabuleiro centro sul, tabuleiro centro norte e tabuleiro norte. As Tabelas 4-10, 4-11 e 4-12 trazem de forma detalhada as patologias encontradas em alguns dos elementos analisados dentro da estrutura.

Tabela 4-10: Guarda Rodas Oeste, Viaduto 2 na DF-001 sobre a DF-095

<i>Guarda Rodas O</i>	$E_{t1} = 1$	Cobrimento deficiente	3		0	28,00
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento	3	3	24	

		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Abrasão do Concreto	3	2	4,8	

Tabela 4-11: Pilar 1, Viaduto 2 na DF-001 sobre a DF-095

<i>Pilar 1</i>	ET = 5	Cobrimento deficiente	3	0	0	36,00
		Corrosão de armaduras	5	2	8	
		Desagregação	3	2	4,8	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3	3	24	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	1	1,6	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	

Tabela 4-12: Tabuleiro Centro Sul, Viaduto 2 na DF-001 sobre a DF-095

<i>Tabuleiro centro sul</i>	ET = 4	Cobrimento deficiente	3	2	4,8	12,92
		Corrosão de armaduras	5	2	8	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	2	3,2	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3	2	4,8	

Os dois guarda rodas, oeste e leste do viaduto tiveram grau médio de deterioração devido ao alto nível de deslocamento e abrasão respectivamente. Os pilares não tiveram um padrão de

comportamento, os piores pilares foram o primeiro e segundo, com grau superior a 30, enquanto todos os outros tiveram deterioração inferior a 13. Os piores segmentos do tabuleiro concentraram-se na região centro norte e norte, a principal manifestação patológica foi o nível de manchas encontrado.

Para entendermos melhor o resultado do grau de deterioração das famílias e da estrutura global considerando todos os graus de deterioração dos elementos segue *Tabela 4-13*:

Tabela 4-13: Resultado do G_{df} e G_d , Viaduto sobre Ferrovia Sentido Taguatinga

Elemento	Grau de Deterioração do Elemento (Gde)	Grau de Deterioração da Família (Gdf)	Fator de Relevância (Fr)	Grau de Deterioração Estrutural (Gd)	Nível de Deterioração da Estrutura
<i>Guarda Rodas O</i>	28,00	39,86	1	42,20	Médio
<i>Guarda Rodas L</i>	33,00				
<i>Pilar N1</i>	33,00	42,16	5		
<i>Pilar N2</i>	33,00				
<i>Pilar N3</i>	6,72				
<i>Pilar N4</i>	12,92				
<i>Pilar N5</i>	2,40				
<i>Pilar N6</i>	1,60				
<i>Tabuleiro sul</i>	12,92	42,82	4		
<i>Tabuleiro centro sul</i>	12,92				
<i>Tabuleiro centro norte</i>	33,60				
<i>Tabuleiro norte</i>	30,00				

Existe equilíbrio no Grau de Deterioração de cada Família da estrutura, todas com um fator médio de deterioração. O resultado disso é um Grau de Deterioração médio da estrutura global. As Figuras 4.9, 4.10 e 4.11 são alguns dos destaques negativos encontrado em cada tipo de elemento da estrutura.



Figura 4.9: Guarda Rodas Leste, Viaduto 053_805_18_96_V



Figura 4.10: Pilar 2, Viaduto 053_805_18_96_V



Figura 4.11: Tabuleiro Norte, Viaduto 053_805_18_96

Na Figura 4.9 do Guarda Rodas Leste é visível a abrasão do concreto, inclusive com suas armaduras expostas. Essa foi a principal manifestação patológica encontrada no elemento. No Pilar 2 da Figura 4.10 é visível a desagregação presente no concreto, inclusive com exposição da armação do elemento, a manifestação patologia seria ainda mais grave caso tivesse composição maior dentro do pilar. A última foto é do Tabuleiro Norte, a cobertura deficiente permite a visualização da armadura sem grandes dificuldades além disso temos manchas em grandes extensões e falhas de concretagem.

5. CONCLUSÃO

Para o projeto desenvolvido em colaboração com mais 4 alunos de Engenharia Civil foi utilizado a metodologia do Grau de Deterioração Estrutural da Universidade de Brasília (GDE/UnB) para avaliar as condições de 239 viadutos/pontes espalhados pela região central do Distrito Federal. O conteúdo desse trabalho foi desenvolvido para o Lote 3, contendo 51 estruturas das quais 34 puderam ser analisadas sendo, portanto, 30 viadutos e 4 pontes ao todo.

Vimos por meio das revisões bibliográficas abordadas no tópico dois desse trabalho que a metodologia GDE/UnB sofreu inúmeras mudanças até chegar no nível atual de aperfeiçoamento. O processo ainda é muito longo, mas à medida que as avaliações estão sendo feitas percebemos uma melhora no padrão de vistoria. O roteiro de aplicação da metodologia foi feito com base na sua última modificação na bibliografia técnica relacionada a viadutos e pontes (VERLY, 2015), junto com a patologia de abrasão adicionada por LAURIA (2018), remoção das pistas de rolamento dos elementos a serem avaliados e usando o catálogo proposto por PAVONI (2019) como parâmetro para cálculo do fator de intensidade dos danos observados nos elementos.

A avaliação desconsiderou efeitos de carbonatação ou contaminação de cloretos no concreto por se tratar de avaliações apenas visuais. Apesar disso os resultados obtidos com a metodologia foram representativos já que refletem a realidade vigente nas Obras de Arte Especial avaliadas. Elas servirão de diretrizes para posteriores análises mais profundas acerca das patologias encontradas.

Para cada Obra de Arte Especial obtivemos dois resultados, o primeiro considerando o grau de deterioração de todos os elementos da estrutura e o segundo desconsiderando elementos com valores inferiores a 15, $G_{de} \geq 15$. Os resultados foram próximos principalmente para estruturas muito danificadas visto que a maioria dos elementos apresentaram grau de deterioração maiores que 15. Já no caso de viadutos/pontes com baixo grau de deterioração os resultados não foram similares, isso porque muitos elementos encontravam-se com grau de deterioração inferiores a 15, o que anulou inúmeros resultados. Pelos motivos apresentados para efeito de análise preliminar consideraremos o primeiro resultado, $G_{de} \geq 0$, para todas as estruturas.

O lote 3 teve 34 OAEs analisadas, sendo 3 obras com estado alto de dano, 12 em estado médio e 19 em estado baixo conforme *Tabela 4-1*. Nenhuma obra foi considerada em estado sofrível ou crítico de deterioração. Seguindo a metodologia GDE/UnB (VERLY, 2015), recomenda-se intervenção em até 6 meses para as Obras de Arte Especiais em estado sofrível, 1 ano para obras em estado alto, 2 anos para estado médio e manutenção preventiva para o estado baixo. O resultado mostra que 91,2% das estruturas analisadas só precisarão de manutenção depois de dois anos, enquanto 8,8% das obras precisam de manutenção dentro do período de 1 ano para continuar dentro dos padrões mínimos de utilização. Os três viadutos escolhidos para serem analisados de forma detalhada no presente trabalho foram os viadutos Saída do “Eixão” Trevo de Triagem Norte, código 044_789_89_44_V, viaduto sobre ferrovia sentido Taguatinga, código 054_795_20_28_V e Viaduto 2 na DF-001 sobre a DF-095, código 053_805_18_96_V. O primeiro apresentou um grau bem baixo do nível de deterioração, nenhum tipo de patologia se mostrou evidente por se tratar de uma obra bastante recente. Já para o viaduto sobre ferrovia sentido Taguatinga as condições de dano são negativas, o $G_d = 77,37$ mostra que a estrutura está com um nível alto de deterioração, próximo ao nível sofrível, para essa OAE é necessário que haja manutenções preventivas no período de 1 ano. O último viaduto em análise obteve padrão médio de deterioração, como conjunto global que ainda atende as necessidades dos usuários, é preciso apenas que se façam reformas pontuais para estender a vida útil da estrutura.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 6118 (2014). Projeto de Estruturas de Concreto – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ANDRADE, J. J. O.; 1997. Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado: Análise das Manifestações Patológicas nas Estruturas no Estado de Pernambuco. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, RS, 139 p.

BOLDO, P.; 2002. Avaliação Quantitativa de Estruturas de Concreto Armado de Edificações no Âmbito do Exército Brasileiro. Dissertação de Mestrado, Publicação E.DM-001A/02, 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, Publicação N°: E.DM-004A/94, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 155 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes, 1ª ed. Brasília, DF, 2017, 84 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias, 2. ed. Rio de Janeiro, 2004, 253 p.

EUQUERES, P.; 2011. Metodologia de Inspeção em Estruturas de Pontes de Concreto Armado. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 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, Publicação E.DM – 006 A/07, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 213p.

Há 30 anos, Brasília se tornava Patrimônio Cultural da Humanidade. CORREIO BRAZILIENSE, Cidades, Brasília, 7 de dezembro de 2017. Disponível em: <
https://www.correiobrasiliense.com.br/app/noticia/cidades/2017/12/07/interna_cidadesdf,646

122/ha-30-anos-brasilia-se-tornava-patrimonio-cultural-da-humanidade.shtml>. Acesso em: 03 de maio de 2019.

KLEIN, D., GASTAL, F., CAMPANOLO, J.L & SILVA FILHO, L. C.; 1991. “Critérios adotados na vistoria e avaliação de obras de arte”, XXV Jornada Sul Americana de Engenharia Estrutural, Porto Alegre, pp.185–196, Novembro.

Laudo da UnB contradiz governo e recomenda demolição completa de viaduto do Eixão. G1 DF, Brasília, 7 de fev. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/df/distrito-federal/noticia/viaduto-do-eixao-unb-contradiz-governo-e-recomenda-demolicao-do-que-restou.ghtml>>. Acesso em: 03 de maio de 2019.

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, Publicado Nº: E.DM-011A/98, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 308p.

LOURENÇO, L. C. *et al.* Parâmetros de Avaliação de Patologias em Obras-de-Arte Especiais. Revista de Engenharia Civil. Universidade de Minho, nº 34, 2009.

PESSOA, D. F.; 2002. A Estrutura da Catedral de Brasília: Aspectos Históricos, Científicos e Tecnológicos de Projeto, Execução, Intervenções e Proposta de Manutenção. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 243 p.

ROSA, F. B.; 2014. Comparação das Metodologias de Inspeção de Obras de Arte: Metodologia GDE/UnB e DNIT. Monografia de Projeto Final II, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 110p.

SANTIAGO, P. H. R.; AZEVEDO, V. V.; 2012. Aplicação da Metodologia GDE em Pontes e Viadutos. Monografia de Projeto Final II, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 77 p.

SEEGETH, 2019 – Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação – Mapa Índice Articulação SICAD – Escalas 1:10.000 – Folhas 103, 120, 121, 137 e 153. Disponível em: <<http://mapas.segeth.df.gov.br/index2.htm>>; Acesso em: 23 de maio de 2019.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. 1. ed. São Paulo: PINI, 1998. 250 p.

TRIBUNAL DE CONTAS DO DISTRITO FEDERAL – TCDF. Relatório de Auditoria: Avaliação da Destinação de Recursos para Obras em Andamento e os Procedimentos Afetos às Atividades de Manutenção dos Bens Públicos. Brasília, DF, 2012.

TUUTTI, K.; 1982. *Corrosion of Steel in Concrete. Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm*, 469 p.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB. Nota Técnica ENC/UNB – N°001-2018 de 07 de março de 2018. Análise Técnica das Causas do Desabamento Parcial da Estrutura do Viaduto Sobre a Galeria dos Estados – Brasília – DF.

VERLY, R. C.; 2015. Avaliação de Metodologias de Inspeção como Instrumento de Priorização de Intervenções em Obras de Arte Especiais. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM-015A/15, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 178p.

LAURIA, Maria Luisa Miranda. Avaliação dos Viadutos do Eixo Rodoviário Sul de Brasília pela Metodologia GDE/UnB. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade de Brasília, [S. 1.], 2018.

PAVONI, Felipe Barretto. Avaliação das Obras de Arte Especiais do Eixo Rodoviário Norte de Brasília pela Metodologia do Grau de Deterioração Estrutural da Universidade de Brasília. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade de Brasília, [S. 1.], 2019.

7. ANEXOS

7.1. FICHAS DE INSPEÇÃO

Tabela 7-1: Ficha de Inspeção - Guarda-rodas

Elemento	Fr	Dano	Fp	Fi
<i>Guarda Rodas</i>	Fr = 1	Cobrimento deficiente	3	
		Corrosão de armaduras	5	
		Desagregação	3	
		Desplacamento	3	
		Eflorescência	2	
		Falhas de concretagem	2	
		Fissuras (2 a 5)	2	
		Manchas	3	
		Sinais de Esmagamento	4	
		Infiltração de água	3	
		Abrasão do Concreto	3	

Tabela 7-2: Ficha de Inspeção – Cortina e Contenção

Elemento	Fr	Dano	Fp	Fi
<i>Cortina</i>	Fr = 3	Cobrimento deficiente	3	
		Corrosão de armaduras	5	
		Desagregação	3	
		Deslocamento por empuxo	5	
		Desplacamento	3	
		Desvio de geometria	3	
		Eflorescência	2	
		Falhas de concretagem	2	
		Fissuras (2 a 5)	2	
		Infiltração de água	3	
		Manchas	3	
		Sinais de Esmagamento	4	
		Abrasão do concreto	3	

Tabela 7-3: Ficha de Inspeção – Pilar e Pilar-Parede

Elemento	Fr	Dano	Fp	Fi
<i>Pilar</i>	Fr = 5	Cobrimento deficiente	3	
		Corrosão de armaduras	5	
		Desagregação	3	
		Deslocamento por empuxo	5	
		Desplacamento	3	
		Desvio de geometria	3	
		Eflorescência	2	
		Falhas de concretagem	2	
		Fissuras (2 a 5)	2	
		Infiltração de água	3	
		Manchas	3	
		Sinais de Esmagamento	4	
		Abrasão do concreto	3	

Tabela 7-4: Ficha de Inspeção - Tabuleiro

Elemento	Fr	Dano	Fp	Fi
<i>Tabuleiro</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3	
		Corrosão de armaduras	5	
		Desagregação	3	
		Desplacamento	3	
		Eflorescência	2	
		Falhas de concretagem	2	
		Fissuras (2 a 5)	2	
		Flechas	5	
		Infiltração de água	3	
		Manchas	3	
		Abrasão do concreto	3	

Tabela 7-5: Ficha de Inspeção – Transversina

Elemento	Fr	Dano	Fp	Fi
<i>Transversina</i>	Fr = 3	Cobrimento deficiente	3	
		Corrosão de armaduras	5	
		Desagregação	3	
		Desplacamento	3	
		Desvio de geometria	3	
		Eflorescência	2	
		Falhas de concretagem	2	
		Fissuras (2 a 5)	2	
		Infiltração de água	3	
		Manchas	3	
		Abrasão do concreto	3	

Tabela 7-6: Ficha de Inspeção - Longarina

Elemento	Fr	Dano	Fp	Fi
<i>Longarina</i>	Fr = 5	Cobrimento deficiente	3	
		Corrosão de armaduras	5	
		Desplacamento	3	
		Desvio de geometria	3	
		Eflorescência	2	
		Falhas de concretagem	2	
		Fissuras (2 a 5)	2	
		Infiltração de água	3	
		Manchas	3	
		Sinais de Esmagamento	4	
		Abrasão do concreto	3	

7.2. RESULTADOS DETALHADOS

7.2.1. Viaduto 055_788_98_72_V

Tabela 7-7: Danos avaliados do elemento tabuleiro

Elemento	Fr	Dano	Fp	Fi	D	Gde
<i>Guarda Rodas O</i>	Fr = 1	Cobrimento deficiente	3		0	1,60
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Abrasão do Concreto	3		0	
<i>Guarda Rodas L</i>	Fr = 1	Cobrimento deficiente	3		0	3,36
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Manchas	3	1	2,4	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Abrasão do Concreto	3		0	
<i>Pilar N1</i>	Fr = 5	Cobrimento deficiente	3		0	3,20
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	

		Falhas de concretagem	2	2	3,2	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
Pilar N2	Ft = 5	Cobrimento deficiente	3		0	1,60
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
Pilar N3	Ft = 5	Cobrimento deficiente	3		0	3,36
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3	1	2,4	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
Pilar N4	Ft = 5	Cobrimento deficiente	3		0	2,40
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	

		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3	1	2,4	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Pilar N5</i>	Fr = 5	Cobrimento deficiente	3		0	0,00
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
		<i>Pilar N6</i>	Fr = 5	Cobrimento deficiente	3	
Corrosão de armaduras	5				0	
Desagregação	3				0	
Deslocamento por empuxo	5				0	
Desplacamento	3				0	
Desvio de geometria	3				0	
Eflorescência	2				0	
Falhas de concretagem	2				0	
Fissuras (2 a 5)	2				0	
Infiltração de água	3				0	
Manchas	3				0	
Sinais de Esmagamento	4				0	
Abrasão do concreto	3				0	
<i>Tabuleiro sul</i>	Fr = 4			Cobrimento deficiente	3	1
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3		0	

		Manchas	3		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Tabuleiro centro sul</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3	1	2,4	3,60
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3	1	2,4	
		Abrasão do concreto	3		0	
		<i>Tabuleiro centro norte</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3	
Corrosão de armaduras	5				0	
Desagregação	3				0	
Desplacamento	3				0	
Eflorescência	2				0	
Falhas de concretagem	2				0	
Fissuras (2 a 5)	2				0	
Flechas	5				0	
Infiltração de água	3				0	
Manchas	3			1	2,4	
Abrasão do concreto	3				0	
<i>Tabuleiro norte</i>	Fr = 4			Cobrimento deficiente	3	1
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3	1	2,4	
		Abrasão do concreto	3		0	

7.2.2. Viaduto 055_788_98_72_V

Tabela 7-8: Danos avaliados do elemento cortina sul W

Elemento	Fr	Dano	Fp	Fi	D	Gde
<i>Guarda Rodas L (1)</i>	Fr = 1	Cobrimento deficiente	3		0	7,54
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	2	3,2	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Abrasão do Concreto	3	1	2,4	
<i>Guarda Rodas O (1)</i>	Fr = 1	Cobrimento deficiente	3		0	4,8
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3	2	4,8	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Abrasão do Concreto	3		0	
<i>Guarda Rodas L (2)</i>	Fr = 1	Cobrimento deficiente	3		0	4,8
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3	2	4,8	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Abrasão do Concreto	3		0	

Guarda Rodas O (2)	Fr = 1	Cobrimento deficiente	3		0	0
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Abrasão do Concreto	3		0	
Pilar N1	Fr = 5	Cobrimento deficiente	3		0	7,54
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3	2	4,8	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
Pilar N2	Fr = 5	Cobrimento deficiente	3		0	7,54
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3	2	4,8	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
Pilar N3	Fr = 5	Cobrimento deficiente	3		0	7,54
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	

		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3	2	4,8	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Pilar N4</i>	F _t = 5	Cobrimento deficiente	3		0	13,5
		Corrosão de armaduras	5	2	8	
		Desagregação	3	2	4,8	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2	1	1,6	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3	2	4,8	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Pilar 5</i>	F _t = 5	Cobrimento deficiente	3		0	12,36
		Corrosão de armaduras	5	2	8	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3	2	4,8	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Pilar 6</i>	F _t = 5	Cobrimento deficiente	3		0	7,54
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	

		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3	2	4,8	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Pilar 7</i>	F ₁ = 5	Cobrimento deficiente	3		0	11,56
		Corrosão de armaduras	5	2	8	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3	2	4,8	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Pilar 8</i>	F ₁ = 5	Cobrimento deficiente	3		0	8,16
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3	2	4,8	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3	2	4,8	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Pilar 9</i>	F ₁ = 5	Cobrimento deficiente	3		0	7,54
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	

		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3	2	4,8	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		24	
Pilar 10	F _r = 5	Cobrimento deficiente	3		0	7,54
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3	2	4,8	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
		Pilar 11	F _r = 5	Cobrimento deficiente	3	
Corrosão de armaduras	5			2	8	
Desagregação	3				0	
Deslocamento por empuxo	5				0	
Desplacamento	3			3	24	
Desvio de geometria	3				0	
Eflorescência	2				0	
Falhas de concretagem	2			1	1,6	
Fissuras (2 a 5)	2				0	
Infiltração de água	3			2	4,8	
Manchas	3			2	4,8	
Sinais de Esmagamento	4				0	
Abrasão do concreto	3				0	
Pilar 12	F _r = 5			Cobrimento deficiente	3	
		Corrosão de armaduras	5	2	8	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3	2	4,8	
		Desvio de geometria	3		0	

		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3	2	4,8	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
Pilar 13	Fr = 5	Cobrimento deficiente	3	2	4,8	35,59
		Corrosão de armaduras	5	2	8	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3	3	24	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3	2	4,8	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
Pilar 14	Fr = 5	Cobrimento deficiente	3	2	4,8	13,65
		Corrosão de armaduras	5	2	8	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3	2	4,8	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3	2	4,8	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
Pilar 15	Fr = 5	Cobrimento deficiente	3		0	12,36
		Corrosão de armaduras	5	2	8	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	

		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3	2	4,8	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		4,8	
Pilar 16	FL = 5	Cobrimento deficiente	3	2	4,8	12,80
		Corrosão de armaduras	5	2	8	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3	1	2,4	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
Pilar 17	FL = 5	Cobrimento deficiente	3		0	12,36
		Corrosão de armaduras	5	2	8	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3	2	4,8	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2	2	3,2	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
Pilar 18	FL = 5	Cobrimento deficiente	3		0	6,98
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	

		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3	1	2,4	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
Pilar 19	F _r = 5	Cobrimento deficiente	3		0	7,91
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3	2	4,8	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3	1	2,4	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
		Pilar 20	F _r = 5	Cobrimento deficiente	3	
Corrosão de armaduras	5				0	
Desagregação	3				0	
Deslocamento por empuxo	5				0	
Desplacamento	3				0	
Desvio de geometria	3				0	
Eflorescência	2				0	
Falhas de concretagem	2			1	1,6	
Fissuras (2 a 5)	2				0	
Infiltração de água	3			1	2,4	
Manchas	3			2	4,8	
Sinais de Esmagamento	4				0	
Abrasão do concreto	3				0	
Pilar 21	F _r = 5			Cobrimento deficiente	3	
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3	2	4,8	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	

		Infiltração de água	3	1	2,4	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
Pilar 22	F _r = 5	Cobrimento deficiente	3		0	6,40
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3	1	2,4	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
		Pilar 23	F _r = 5	Cobrimento deficiente	3	
Corrosão de armaduras	5				0	
Desagregação	3				0	
Deslocamento por empuxo	5				0	
Desplacamento	3				0	
Desvio de geometria	3				0	
Eflorescência	2				0	
Falhas de concretagem	2				0	
Fissuras (2 a 5)	2			2	3,2	
Infiltração de água	3			1	2,4	
Manchas	3			2	4,8	
Sinais de Esmagamento	4				0	
Abrasão do concreto	3				0	
Pilar 24	F _r = 5			Cobrimento deficiente	3	
		Corrosão de armaduras	5	2	8	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3	2	4,8	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3	1	2,4	

		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Tabuleiro sul</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3	3	24	62,76
		Corrosão de armaduras	5	3	40	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2	3	16	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	2	3,2	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3	2	4,8	
		Manchas	3	2	4,8	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Tabuleiro centro sul</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3	4	60	90,20
		Corrosão de armaduras	5	3	40	
		Desagregação	3	2	4,8	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2	2	3,2	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	2	3,2	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3	2	4,8	
		Manchas	3	2	4,8	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Tabuleiro centro norte</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3	4	60	88,97
		Corrosão de armaduras	5	3	40	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2	2	3,2	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	2	3,2	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3	2	4,8	
		Manchas	3	2	4,8	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Tabuleiro norte</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3	3	24	62,76
		Corrosão de armaduras	5	3	40	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	

	Eflorescência	2	3	16
	Falhas de concretagem	2		0
	Fissuras (2 a 5)	2	2	3,2
	Flechas	5		0
	Infiltração de água	3	2	4,8
	Manchas	3	2	4,8
	Abrasão do concreto	3		0

