

**FATOR DE RELEVÂNCIA ESTRUTURAL
COMO CRITÉRIO NA TOMADA DE
DECISÃO DO GESTOR PÚBLICO PARA
REABILITAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS**

ANA CLARA MATOS DE CARVALHO

Orientador: Prof. Dr. Márcio Augusto Roma Buzar
Coorientador: Prof. Dr. Humberto Salazar Amorim Varum

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA, AMBIENTE E
SUSTENTABILIDADE**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ESTRUTURA E
REABILITAÇÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**

ANA CLARA MATOS DE CARVALHO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília como requisito parcial à obtenção do título de MESTRE em Arquitetura e Urbanismo.

Área de concentração: Tecnologia, ambiente e sustentabilidade

Linha de pesquisa: Estrutura e Reabilitação do Ambiente Construído

Orientador: Prof. Dr. Márcio Augusto Roma Buzar
Coorientador: Prof. Dr. Humberto Salazar Amorim Varum

Brasília, 2024

FICHA CATÁLOGRÁFICA

CARVALHO, A. C. M.

FATOR DE RELEVÂNCIA ESTRUTURAL COMO CRITÉRIO NA TOMADA DE DECISÃO DO GESTOR PÚBLICO PARA REABILITAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS. 2024.

xvii, 90 p., (PPG-FAU/UnB, Mestre, Arquitetura e Urbanismo, 2024).

Tese de Mestrado - Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo.

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.

1. Pontes e Viadutos;
2. Degradação Estrutural;
3. Manutenção Periódica;
4. Tomada de decisão;
5. Processo de Gestão

I. FAU/Universidade de Brasília.

II Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CARVALHO, A. C. M. **FATOR DE RELEVÂNCIA ESTRUTURAL COMO CRITÉRIO NA TOMADA DE DECISÃO DO GESTOR PÚBLICO PARA REABILITAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS. 2024.** Tese (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2024. 90 p.

A Universidade de Brasília é concedida permissão para reproduzir cópias desta tese, assim como é autorizado o empréstimo e a venda de tais cópias, apenas para fins acadêmicos e científicos. O autor reserva todos os outros direitos de publicação, e nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem sua autorização por escrito.

Assinatura

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO - PPG-FAU/UNB

ANA CLARA MATOS DE CARVALHO

Tese de Mestrado submetida a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração: Tecnologia, Ambiente e Sustentabilidade

Aprovado por:

Márcio Augusto Roma Buzar, Doutor (FAU, Unb)
(Orientador)

Humberto Salazar Amorim Varum, Doutor (FEUP)
(Coorientador)

Ana Luiza Alves de Oliveira, Doutora (FAU, Unb)
(Examinador Externo)

Joao da Costa Pantoja, Doutor (FAU, Unb)
(Examinador Externo)

Brasília, 2024

AGRADECIMENTOS

Em memória do meu avô, Paulo Roberto Matos, gostaria de dedicar este momento especial. Ele foi uma das primeiras pessoas com quem compartilhei minha conquista ao passar no mestrado. Embora não pôde estar aqui para celebrar essa vitória comigo, sempre me incentivou no crescimento acadêmico e profissional. Sinto-me profundamente honrada por ser sua neta!

Gostaria de expressar minha imensa gratidão à minha família. Especialmente à minha mãe, Olga Matos, e à minha madrinha, Marcia Matos, duas mulheres extraordinárias que sempre me apoiaram e inspiraram em minhas escolhas. Aos homens da minha vida — meu pai, Vanderlei Junior, meu irmão, Frederico Matos, e meu sobrinho, Léo Matos, que chegou durante esta jornada — vocês são verdadeiros amuletos da sorte.

Aos amigos que estiveram comigo, compartilhando dias incríveis e tornando essa jornada uma experiência enriquecedora e agradável, sou imensamente grata.

Essa e todas as outras caminhadas só têm sentido na presença de vocês ao meu lado!

Agradeço também aos meus professores e orientadores, Márcio Buzar e João Pantoja, pelo suporte e orientação essenciais no desenvolvimento deste trabalho. E ao professor Humberto Varum, pela recepção e pelo apoio durante as investigações do mestrado na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - FEUP.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	13
2. CONTEXTUALIZAÇÃO	19
2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO NO ÂMBITO DO BRASIL.....	21
2.2 CONTEXTUALIZAÇÃO NO ÂMBITO DO DISTRITO FEDERAL.....	22
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
3.1 OBRAS DE ARTE ESPECIAIS	25
3.1.1 Elementos Estruturais.....	28
3.1.2 Manutenção em Obra de Arte Especial.....	29
3.1.1 Gestão de Obra de Arte Especial	32
3.2 MÉTODO DE MULTICRITÉRIOS E FATORES DE PONDERAÇÃO	34
3.5 MÉTODOS ESTATÍSTICOS (MEDIDAS DE TENDÊNCIA CENTRAL)	34
3.5.1 Média aritmética ponderada.....	35
3.5.2 Média aritmética ponderada.....	35
3.6 BANCO DE DADOS	35
3.7 MATRIZ DE VULNERABILIDADE.....	36
4. METODOLOGIA.....	37
4.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS TOMADAS DE DECISÃO	37
4.2 FATOR DE RELEVÂNCIA	39
4.2.1 Fator de classificação geral (F_G)	39
4.2.2 Matriz de Vulnerabilidade (FG).....	40
4.2.3 Fator de classificação dos elementos da OAE (F_E).....	40
4.2.4 Matriz de Vulnerabilidade (FE)	42
4.3 CONCEPÇÃO DO BANCO DE DADOS	43
4.4 CALCULADORA ITERATIVA	44
5. ESTUDO DE CASO	46
5.1 RELATÓRIO Nº 001.....	47
5.1.1 Relatos fotográficos	47
5.1.2 Aplicação da metodologia.....	49
5.1.2.1 Fator de classificação geral (F_G).....	49
5.1.2.2 Fator de classificação dos elementos da OAE (FE).....	49
5.1.2.3 Fator de relevância.....	49
5.2 RELATÓRIO Nº 004.....	50
5.2.1 Relatos fotográficos	50
5.2.2 Aplicação da metodologia.....	52
5.2.2.1 Fator de classificação geral (F_G).....	52
5.2.2.2 Fator de classificação dos elementos da OAE (FE).....	52
5.2.2.3 Fator de relevância.....	52
5.3 RELATÓRIO Nº 010.....	53
5.3.1 Relatos fotográficos	53

5.3.2	Aplicação da metodologia.....	55
5.3.2.1	Fator de classificação geral (F _G).....	55
5.3.2.2	Fator de classificação dos elementos da OAE (FE).....	55
5.3.2.3	Fator de relevância.....	55
5.4	RELATÓRIO Nº 019.....	56
5.4.1	Relatos fotográficos	56
5.4.2	Aplicação da metodologia.....	58
5.4.2.1	Fator de classificação geral (F _G).....	58
5.4.2.2	Fator de classificação dos elementos da OAE (FE).....	58
5.4.2.3	Fator de relevância.....	58
5.5	RELATÓRIO Nº 020.....	59
5.5.1	Relatos fotográficos	60
5.5.2	Aplicação da metodologia.....	61
5.5.2.1	Fator de classificação geral (F _G).....	61
5.5.2.2	Fator de classificação dos elementos da OAE (FE).....	61
5.5.2.3	Fator de relevância.....	61
5.6	RELATÓRIO Nº 027.....	62
5.6.1	Relatos fotográficos	62
5.6.2	Aplicação da metodologia.....	64
5.6.2.1	Fator de classificação geral (F _G).....	64
5.6.2.2	Fator de classificação dos elementos da OAE (FE).....	64
5.6.2.3	Fator de relevância.....	64
5.7	RELATÓRIO Nº 100.....	65
5.7.1	Relatos fotográficos	66
5.7.2	Aplicação da metodologia.....	67
5.7.2.1	Fator de classificação geral (F _G).....	67
5.7.2.2	Fator de classificação dos elementos da OAE (FE).....	67
5.7.2.3	Fator de relevância.....	67
5.8	RELATÓRIO Nº 200.....	68
5.8.1	Relatos fotográficos	68
5.8.2	Aplicação da metodologia.....	69
5.8.2.1	Fator de classificação geral (F _G).....	70
5.8.2.2	Fator de classificação dos elementos da OAE (FE).....	70
5.8.2.3	Fator de relevância.....	70
5.9	RELATÓRIO Nº 631.....	71
5.9.1	Relatos fotográficos	72
5.9.2	Aplicação da metodologia.....	73
5.9.2.1	Fator de classificação geral (F _G).....	73
5.9.2.2	Fator de classificação dos elementos da OAE (FE).....	73
5.9.2.3	Fator de relevância.....	73
5.10	RELATÓRIO Nº 632.....	74
5.10.1	Relatos fotográficos	74
5.10.2	Aplicação da metodologia.....	76
5.10.2.1	Fator de classificação geral (F _G).....	76
5.10.2.2	Fator de classificação dos elementos da OAE (FE)	76

5.10.2.3	Fator de relevância.....	76
5.11	RELATÓRIO Nº 659.....	77
5.11.1	Relatos fotográficos	77
5.11.2	Aplicação da metodologia.....	79
5.11.2.1	Fator de classificação geral (FG).....	79
5.11.2.2	Fator de classificação dos elementos da OAE (FE)	79
5.11.2.3	Fator de relevância.....	79
6.	RESULTADOS	80
7.	CONCLUSÃO	83
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
9.	APÊNDICE A - CALCULADORA ITERATIVA	1

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição de publicações no tema por país	20
Figura 2 - Malha rodoviária brasileira	21
Figura 3 - Distrito Federal, vista satélite	23
Figura 4 - “Tesourinhas” de Brasília	24
Figura 5 - Exemplo da ponte D. Luís I, localizada na cidade de Porto (Portugal)	26
Figura 6 - Exemplo do viaduto Ayrton Senna, localizado na cidade de Brasília (Brasil)	26
Figura 7 - Exemplo da passarela do aeroporto de Congonhas, localizada na cidade de São Paulo (Brasil).....	27
Figura 8 - Exemplo do aqueduto de Segóvia, localizada na cidade de Segovia (Espanha)	27
Figura 9 - Exemplo estrutura para travessia da fauna silvestre, localizada o Parque Nacional Banff (Canadá)	28
Figura 10 - Representação dos elementos estruturais de uma ponte	29
Figura 11 - Relação custo/benefício de inspeções	32
Figura 12 - Manutenção preventiva	32
Figura 13 - Lei de evolução de custos / Lei de Sitter	33
Figura 14 - Exemplo de matriz de vulnerabilidade	36
Figura 15 - fluxograma com as etapas da metodologia	37
Figura 16 - Modelo de ficha de classificação da OAE	38
Figura 17 - Caracterização dos elementos estruturais segundo a relevância dos elementos	41
Figura 18 - Metodologia de extração de dados.....	43
Figura 19 - Calculadora Iterativa.....	45
Figura 20 - Relatório 001	47
Figura 21 - Relatório 001: Vista inferior	47
Figura 22 - Relatório 001: Viga longarina 5	48
Figura 23 - Relatório 001: Viga longarina 8	48
Figura 24 - Relatório 004	50
Figura 25 - Relatório 004: Pilares 3 e 8.....	50
Figura 26 Relatório 004: Laje.....	51
Figura 27 - Relatório 004: Guarda rodas	51
Figura 28 - Relatório 010	53
Figura 29 - Relatório 010: Vista inferior	53
Figura 30 - Relatório 010: Transversinas	54
Figura 31 - Relatório 010: Guarda rodas	54
Figura 32 - Relatório 019	56
Figura 33 - Relatório 019: defesa metálica.....	56
Figura 34 - Relatório 019: Viga travessa.....	57
Figura 35 - Relatório 019: Laje inferior	57
Figura 36 - Relatório 020	59

Figura 37 - Relatório 020: pilar com concreto desagregado e armadura exposta e oxidada	60
Figura 38 - Laje com sinais de impacto de veículos com ruptura das armaduras positivas	60
Figura 39 - Relatório 020: Guarda rodas com fissuras	60
Figura 40 - Relatório 027	62
Figura 41 - Relatório 027: Junta de dilatação encoberta por CBUQ com fissura e buraco	62
Figura 42 - Laje do tabuleiro com fissura e concreto disgregado	63
Figura 43 - Relatório 027: Aparelho de apoio fora de posição com rasgos	63
Figura 44 - Relatório 100	65
Figura 45 - Relatório 100: Laje do tabuleiro com fissuras	66
Figura 46 - Relatório 100: Guarda rodas com ausência do dispositivo refletivo	66
Figura 47 - Relatório 100: Cortina com manchas de umidade	66
Figura 48 - Relatório 200	68
Figura 49 - Relatório 200: Guarda rodas com ausência de dispositivo de sinalização refletiva.....	68
Figura 50 - Relatório 200: Vigas e longarinas com armadura exposta e corroídas com baixo cobrimento	69
Figura 51 - Relatório 200: Laje do tabuleiro com Concreto disgregado e armadura exposta	69
Figura 52 - Relatório 631	71
Figura 53 - Relatório 631: Laje da transição com fissuras	72
Figura 54 - Relatório 631: Cortina com marcas de infiltração	72
Figura 55 - Relatório 631: Guarda rodas com ausência de dispositivo de sinalização refletiva.....	72
Figura 56 - Relatório 632	74
Figura 57 - Relatório 632: Talude com erosão acentuada e ausência de revestimento..	74
Figura 58 - Relatório 632: Laje de transição com fissuras e vegetação	75
Figura 59 - Relatório 632: Guarda rodas com ausência de dispositivo de sinalização refletiva.....	75
Figura 60 - Relatório 659	77
Figura 61 - Relatório 659: Laje com concreto disgregado	77
Figura 62 - Relatório 659: Pilar 7 com concreto disgregado.....	78
Figura 63 - Relatório 659: Guarda rodas com ausência de dispositivo de sinalização refletiva.....	78
Figura 64 - Disposição das OAEs no mapa.....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - OAE atribuídas como “crítica” ou “problemática”	22
Tabela 2 - Classificação da condição de OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional e durabilidade	31
Tabela 3 - Fator de importância da classificação dos parâmetros definidos pela ABNT NBR 9452:2019	40
Tabela 4 - Matriz de Vulnerabilidade do fator global	40
Tabela 5 - Fator de importância dos sistemas estruturais	42
Tabela 6 - Matriz de Vulnerabilidade dos fator de classificação dos elementos.....	42
Tabela 7 - Exemplo da unificação textual	44
Tabela 8 - Relatórios analisados	46
Tabela 9 - Tabela de resultados	80

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Estudos publicados por ano tratando do tema de interesse.....	20
Gráfico 2 - Correlação dos fatores.....	80
Gráfico 3- Ordem de prioridade com base no fator de relevância.....	81

LISTA DE ABREVIACOES

DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CGU	Controladoria-Geral da União
DER/DF	Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal
DER/PR	Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
OAE	Obra de Arte Especial

RESUMO

A realização de manutenção periódica em pontes e viadutos, estruturas que se enquadram no contexto das Obras de Arte Especiais – OAEs, ajuda a identificar danos de forma antecipada, viabilizando a preservação e implementação imediata de medidas de prevenção, aprimorando o processo de gestão e diminuindo o custo ao longo de sua vida útil. Todavia, orçamentos limitados engendram em manutenções atrasadas e, acabam por atingir situações patológicas estruturais ruins, tornando-o mais dispendioso para o Sistema de Gestão Pública. Sob esse prisma, o trabalho tem como objetivo utilizar o método de multicritérios por meio da ponderação dos fatores, para propor a relevância de classificação segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade bem como dos sistemas estruturais, conforme os requisitos impostos pela norma ABNT NBR 9452:2019 - Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto - Procedimento. Analisar-se-á, posteriormente, a aplicação da metodologia proposta nas inspeções realizadas em treze OAEs no âmbito do Distrito Federal, visando balizar e correlacionar os parâmetros obtidos e sugeridos no estudo em epígrafe. Dentro da metodologia de gestão proposta nesse estudo, as inspeções nº 020, 027 e 100, localizadas em Taguatinga, Sobradinho e Candangolândia, respectivamente, foram identificadas como tendo maiores necessidades de manutenção, conforme corroborado por registros fotográficos e avaliação técnica. Assim, este estudo contribui para a inclusão da eficiência governamental e a melhoria social na pauta de decisões, auxiliando no processo de tomada de decisão do gestor público para reabilitação de pontes e viadutos.

Palavras-chave: Pontes e Viadutos, Degradação Estrutural, Manutenção Periódica, Tomada de decisão e Processo de Gestão.

ABSTRACT

The performance of periodic maintenance on bridges and viaducts helps to identify damages in advance, facilitating the preservation and immediate implementation of preventive measures, enhancing the management process, and reducing costs over their lifespan. However, limited budgets lead to delayed maintenance, ultimately resulting in poor structural pathological situations, making it more expensive for the Public Management System. From this perspective, the aim of this work is to utilize a multi-criteria method through factor weighting to propose the classification relevance according to structural, functional, and durability parameters, as well as structural systems, as required by the ABNT NBR 9452:2019 - Inspection of concrete bridges, viaducts, and walkways - Procedure. Subsequently, the application of the proposed methodology in the inspections conducted on thirteen bridges and viaducts in the Federal District will be analyzed to calibrate and correlate the parameters obtained and suggested in the aforementioned study. Within the management methodology proposed in this study, inspections N° 020, 027, and 100, located in Taguatinga, Sobradinho, and Candangolândia, respectively, were identified as having the greatest maintenance needs, as corroborated by photographic records and technical evaluation. Thus, this study contributes to integrating governmental efficiency and social improvement into decision-making, aiding public managers in making informed decisions regarding the rehabilitation of bridges and viaducts.

Keywords: Bridges and Viaducts, Structural Degradation, Periodic Maintenance, Decision Making, and Management Process.

1. INTRODUÇÃO

As obras de arte especiais (*e.g.*, pontes e viadutos) são essenciais para assegurar o desenvolvimento econômico nacional e funcionam como canais vitais de transporte (Zhang et al., 2022; Zhao et al., 2021). A Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2022) e o SEST SENAT divulgaram os resultados da 25ª edição da Pesquisa CNT de Rodovias. Os dados apontam que o Estado Geral da malha rodoviária brasileira piorou em 2022. Dos 110.333 quilômetros avaliados, 66,0% foram classificados como Regular, Ruim ou Péssimo. Dentre os parâmetros, enquadram-se as obras de arte especiais - OAEs.

No Distrito Federal as condições estruturais OAEs estão sendo monitoradas pelo Executivo local. Haja vista que muitas dessas construções são do período da inauguração de Brasília e algumas nunca passaram por manutenção. De acordo com o Governo do Distrito Federal (CB, 2021), a ação do tempo de mais de 60 anos começa a aparecer, tais como: rachaduras, guarda-corpos com deslocamento, estruturas com corrosões e infiltrações.

Além disso, orçamentos limitados engendram em manutenções atrasadas e, reparar OAEs que atingiram uma situação ruim é mais dispendioso do que realizar manutenção enquanto a deterioração está em seus estágios iniciais (ASCE 2020). Portanto, identificar esses danos de forma antecipada viabiliza a preservação e implementação imediata de medidas de manutenção, aprimorando o processo de gestão e diminuindo o custo ao longo de seu ciclo de vida. (Soliman et al. 2016).

Diante da necessidade crucial de avaliar a patologia dos sistemas estruturais e tendo em vista os possíveis riscos que podem afetar a sociedade devido à falta de atenção, pretende-se desenvolver por meio de um Fator de relevância que permite avaliar as condições das OAEs, ponderando-se os problemas patológicos e auxiliando nas tomadas de decisões sobre manutenção e planejamento dessas.

Sob esse prisma, utilizar-se-á o método de multicritérios e ponderação dos fatores, para propor a relevância de cada sistema (*e.g.*, infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura) de acordo com os normativos vigentes. Os quais serão aplicados ao estudo de caso em inspeções rotineiras das pontes e viadutos do Distrito Federal.

1.1 Objetivos

A ausência de premissas e parâmetros é um dos principais limitadores na gestão de tomadas de decisões quanto à manutenção das OAEs.

Nesse contexto, o objetivo geral desta pesquisa é propor um Fator de relevância utilizando dados de inspeções no âmbito do Distrito Federal realizado por meio de especialistas na área. Portanto, a pesquisa tem a intenção colaborar com a melhoria social, auxiliando a eficiência governamental e facilitando as tomadas de decisões.

Como objetivos específicos, destacam-se:

- coletar dados de inspeções em obra de artes especiais;
- compatibilizar e desenvolver análise estatística de ponderação dos dados;
- definir a metodologia que deriva em um Fator de relevância que representa a necessidade de manutenção da OAE;
- conferir a aplicabilidade.

1.2 Organização do trabalho

O capítulo 1 apresenta a introdução do tema abordado, delineando os pontos que serão discutidos ao longo do trabalho.

O capítulo 2 engloba a contextualização do tema em questão, explorando as circunstâncias tanto a nível internacional quanto nacional. Além disso, aborda a importância da busca por critérios que facilitam a orientação das tomadas de decisão no contexto das inspeções de OAE.

O capítulo 3 é a revisão bibliográfica, que reúne os conteúdos que permeiam a temática do trabalho proposto. Inicia-se com uma análise das OAEs, avançando para as orientações de inspeção com base nos normativos vigentes e discussão sobre a gestão dessas OAEs. Na sequência, são apresentadas as definições pertinentes ao método multicritério e à ponderação de fatores.

O capítulo 4 aborda a metodologia proposta nesse trabalho, com embasamento técnico dos normativos.

O capítulo 5 contém os resultados obtidos com a proposição do estudo em tela, com base no estudo de caso em inspeções rotineiras das pontes e viadutos do Distrito Federal.

O capítulo 6 apresenta os resultados obtidos, bem como o comparativo de todos os relatórios recepcionados.

O capítulo 7 concretiza as conclusões alcançadas a partir das análises e propostas elaboradas.

Por último, são fornecidas as referências bibliográficas utilizadas como consulta e embasamento dos temas abordados. Além disso, o Apêndice A, referente à memória de cálculo do estudo em questão.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

As pontes e viadutos são denominados tecnicamente como estruturas de obras de arte especiais - OAE. A maior parcela de obras de artes especiais pertence às redes viárias, as quais tem função de atravessar rios, vales ou até mesmo avenidas. Essas obras estão submetidas às mais variadas ações externas, como, por exemplo, cargas móveis de veículos, forças oriundas do vento, ações de águas dos rios e variação térmica, além de estarem arquitetadas em ambientes sujeitos a diversos tipos de classes de agressividade, conforme apresentadas na ABNT NBR 6118 (2014).

De acordo com Costa G. e Souza V. (2021), as manifestações patológicas detectadas nas OAEs variam com a incidência e intensidade das intempéries, do uso ou qualquer dano causado a ela, o que muitas vezes acarreta um custo muito elevado para suas correções. A preocupação estética da ponte é sempre levada em consideração, porém, em muitos casos, a falta de manutenção adequada compromete sua capacidade de resistência, podendo culminar em um colapso parcial ou mesmo total da estrutura.

O estudo "*Causes and Statistical Characteristics of Bridge Failures*" (Zhang et al., 2022) revela que a falha de pontes, geralmente associada a sérias perdas econômicas e humanas, é definida como a incapacidade de uma ponte construída ou de seus componentes de desempenharem conforme especificado nos requisitos de projeto e construção. Essas falhas estão intimamente relacionadas à economia regional, ao tipo estrutural, ao tipo de uso, ao tipo de material e à idade de serviço.

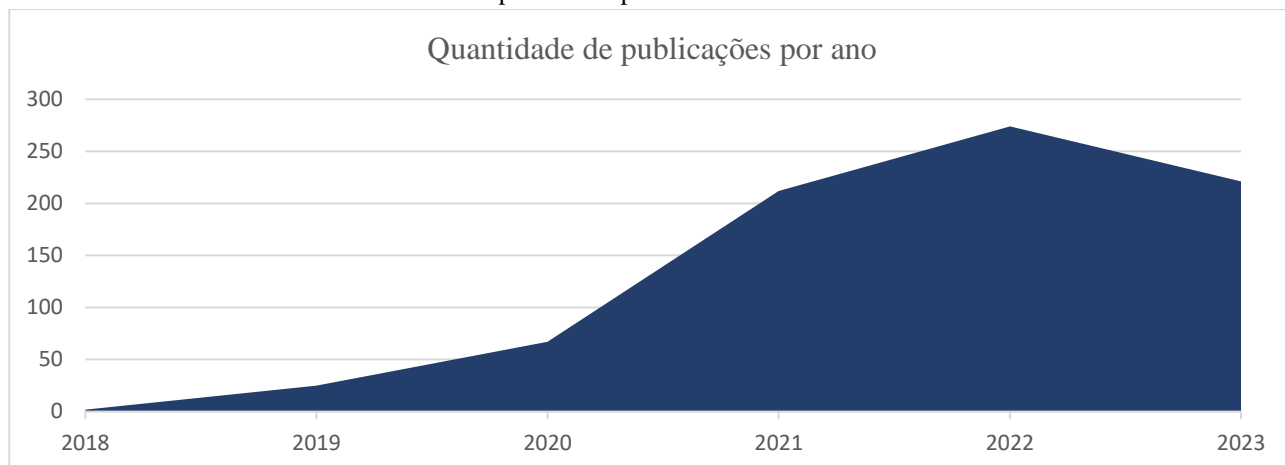
Ao analisar diferentes casos de colapsos de pontes evidencia-se consequências dramáticas no sistema de transporte de qualquer nação. Além das vítimas e perdas de vidas, a interrupção do serviço resulta em efeitos extremamente adversos no crescimento econômico (Cook et al., 2015; Diaz et al., 2009). Por exemplo, a falha da Ponte de Quebec em 1907 causou 75 mortes durante a construção (Pearson e Delatte, 2006), e a falha da Ponte Silver em 1967 matou 46 pessoas durante seu uso (Harik et al., 1990). Em 2007, a Ponte Tuojiang colapsou de forma catastrófica durante a construção, resultando em 64 mortes e 22 feridos, além de uma perda econômica direta de cerca de 39,747 milhões de yuan (Peng et al., 2019). Em 2018, o Viaduto Polcevera de Morandi na Itália desabou durante o uso, resultando em 43 mortes e 9 feridos, além de uma perda econômica direta de cerca de 100 milhões de yuan (Morgese et al., 2020). Entre 1980 e 2012, um total de 1062 falhas de pontes foram registradas nos Estados Unidos, causando enormes perdas para a nação (Lee et al., 2013).

Visando contextualizar o estado da arte, realizou-se um levantamento bibliométrico acerca do tema por meio da plataforma Web of Science. A *string* de busca definida foi:

- TITLE-ABS-KEY (inspection AND bridge* AND inspection OR maintenance inspection OR bridge maintenance).

Como resultado, 801 estudos foram relacionados pela plataforma. A distribuição dessas publicações por ano é apresentada na qual é possível notar que o tema se apresenta atual, uma vez que a quantidade de publicações por ano tem aumentado desde 2019. Para 2023, os valores captados refletem publicações feitas apenas até o mês de maio.

Gráfico 1 - Estudos publicados por ano tratando do tema de interesse

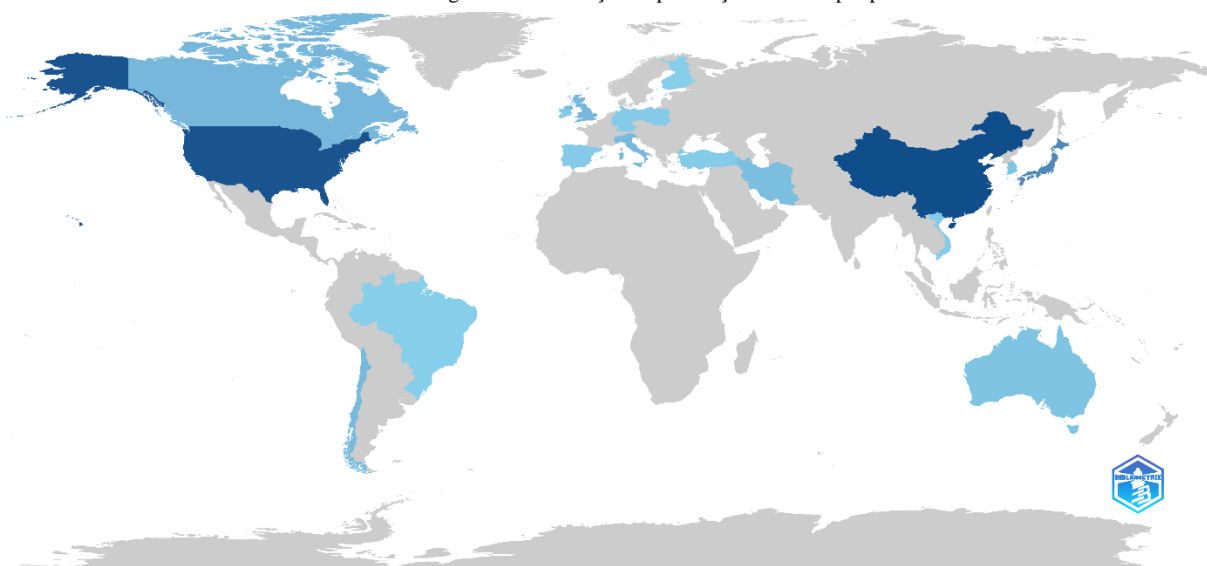


Fonte: Autora

Todavia, esses dados foram restringidos aos estudos com abordagem técnica sobre fatores de ponderação e proposição de modelagem em práticas de inspeção de OAE, os quais se apresentaram mais limitados, totalizando 57.

Observou-se que a tentativa de implementação das modelagens para orientar e monitorar as informações de danos e objetos para inspeção de pontes e viadutos tem sido abordada com maior dedicação nessa plataforma a partir do ano de 2021. Dentre essas, a figura 1 apresenta a distribuição das publicações por país, a qual demonstra que a maior parte dos artigos é produzida nos Estados Unidos e China, aparecendo com bastante destaque no mapa, que faz uso de tons mais escuros para indicar maior presença de publicações por país.

Figura 1 - Distribuição de publicações no tema por país

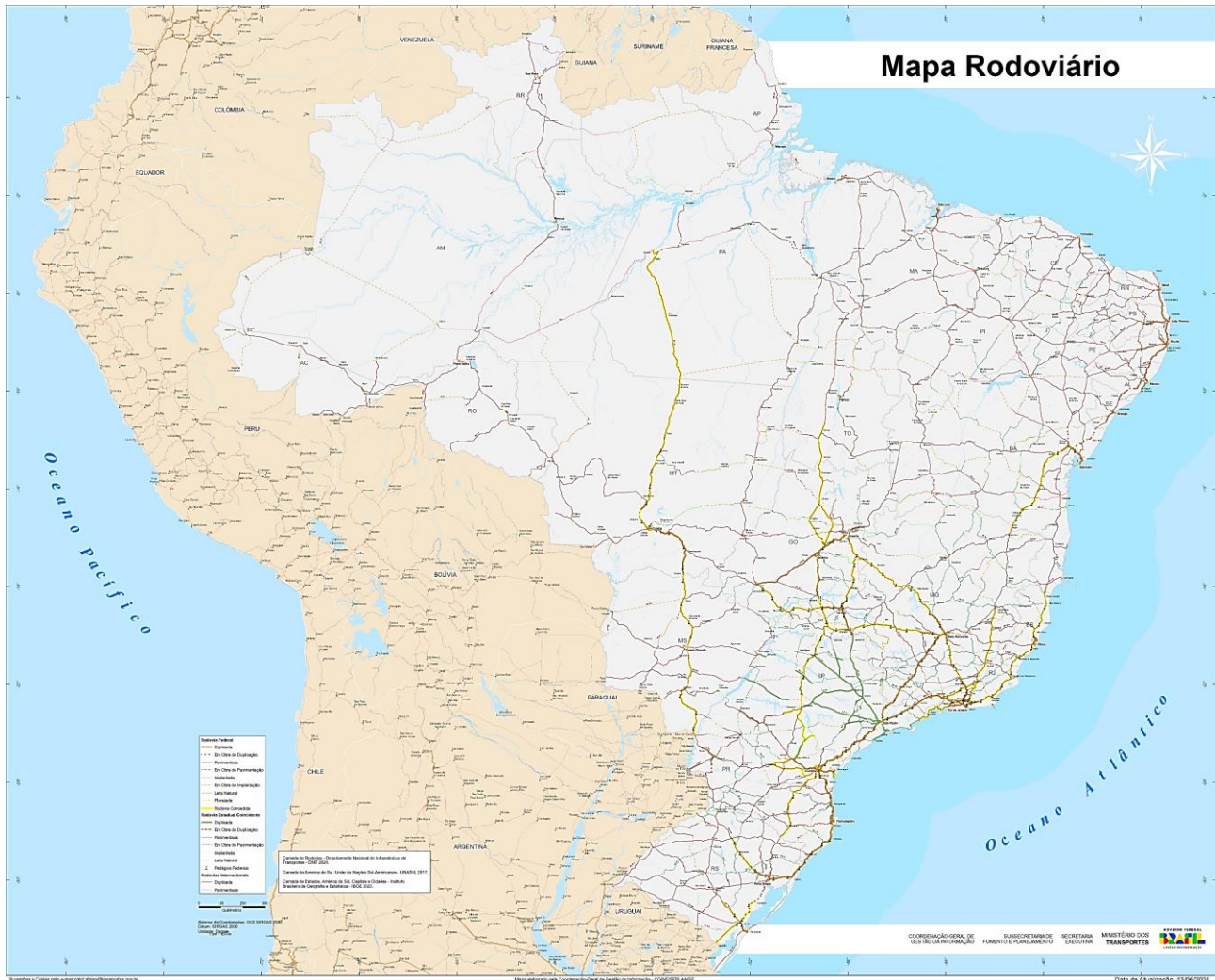


Fonte: Autora

2.1 Contextualização no âmbito do Brasil

De acordo com o boletim de logística sobre a importância do modo rodoviário para o Brasil (infra, 2024), esse modal é essencial para o sistema logístico do país, sendo responsável por mais de 60% do total de cargas movimentadas no território nacional. A figura 2, apresenta a distribuição da malha rodoviária brasileira.

Figura 2 - Malha rodoviária brasileira



Fonte: Brasil, 2024.

Essa importância do transporte rodoviário no Brasil remonta ao início da República, quando os governos decidiram priorizar essa modalidade em detrimento dos sistemas ferroviário e fluvial. Essa decisão histórica moldou o sistema de transporte nacional, tornando-o amplamente dependente da malha viária para a movimentação de pessoas e mercadorias. No entanto, essa dependência tem seus custos. Grande parte da infraestrutura viária do país enfrenta sérios problemas de manutenção, resultando em prejuízos significativos para o transporte, que vão desde o aumento dos custos operacionais até o risco elevado de acidentes e congestionamentos.

Nesse contexto, as Obras de Arte Especiais do sistema rodoviário destacam-se como um patrimônio de valor inestimável, essencial para o progresso econômico e social do Brasil. Essas estruturas, que incluem pontes, viadutos e passarelas, desempenham um papel crucial na conectividade e na eficiência do transporte rodoviário. O Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais (SGO) atualmente cadastra 6.833 OAEs, refletindo a extensão e a importância dessas infraestruturas.

Segundo o Relatório Geral do DNIT (2023), foram identificadas e classificadas estruturas como “obras críticas” e “obras problemáticas”, com o objetivo de destacar aquelas que necessitam de intervenção imediata. A tabela 1 fornece uma visão detalhada dessas classificações, evidenciando a necessidade urgente de ações corretivas e preventivas para garantir a segurança e a funcionalidade das OAEs.

Tabela 1 - OAE atribuídas como “crítica” ou “problemática”

Classificação	SGO	Sob Jurisdição do DNIT
Obra Críticas	178	162
Obras Problemáticas	758	725

Fonte: DNIT, 2023

Nesse ínterim, alguns autores como Galimi S., Buzar M. e Pantoja J. (2021) e Costa G. e Souza V. (2021), vêm avaliando e estudando os parâmetros para conservação, manutenção e requalificação de OAE.

Fica claro, portanto, que tais obras de infraestrutura necessitam das mais adequadas condições de segurança e funcionalidade para garantir a incolumidade dos usuários que por elas transitam e evitar os acidentes estruturais que têm acontecido com certa frequência, causando graves danos e colapsos em pontes, viadutos e passarelas de rodovias federais, estaduais e municipais (VITÓRIO J., 2021).

2.2 Contextualização no âmbito do Distrito Federal

O Distrito Federal - DF é uma unidade federativa do Brasil e abriga a capital do país, Brasília. Fundada em 1960, Brasília foi concebida como um centro administrativo e político, com o objetivo de substituir o Rio de Janeiro como a capital federal. A cidade é reconhecida como Patrimônio Mundial pela UNESCO, destacando-se por seu planejamento urbano inovador e arquitetura modernista, idealizados pelos arquitetos Lúcio Costa e Oscar Niemeyer. O projeto de Brasília é amplamente considerado um dos maiores marcos do planejamento urbano do século XX, refletindo um ideal de modernidade e funcionalidade. Com uma população atual de cerca de 3,2 milhões de habitantes, o Distrito Federal desempenha um papel crucial como centro administrativo e político do Brasil.

Além da cidade-sede, o Distrito Federal é composto por diversas cidades satélites, que são áreas urbanas ao redor de Brasília. Essas cidades desempenham um papel crucial em acomodar a população

que trabalha na capital, oferecendo residências e serviços diversos. Entre as principais cidades satélites estão Taguatinga, Ceilândia, e Samambaia. Essas localidades ajudam a distribuir a população e aliviar a pressão sobre o núcleo central de Brasília, contribuindo para a dinâmica regional e econômica do Distrito Federal,

Geograficamente, o Distrito Federal está situado no Planalto Central do Brasil, uma região caracterizada por seu relevo elevado e vastas áreas de cerrado. A localização central do Distrito Federal o coloca a uma distância relativamente próxima de outras grandes cidades brasileiras, como Goiânia, a aproximadamente 200 km a leste, e São Paulo e Rio de Janeiro, que estão a cerca de 1.000 km ao sul. As principais rodovias que atravessam o Distrito Federal incluem a BR-040, que liga Brasília a Belo Horizonte, e a BR-020, que conecta a capital federal a Fortaleza. Essas rodovias são fundamentais para a integração do Distrito Federal com outras partes do país e para o transporte de bens e pessoas.

A figura 3 apresenta a vista satélite do Distrito Federal, destacando as principais cidades satélites e a delimitação territorial.

Figura 3 - Distrito Federal, vista satélite



Fonte: Google Earth

No contexto das OAEs no Distrito Federal, a responsabilidade pela manutenção de pontes e viadutos é atribuída ao Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER), conforme estabelecido pelo Plano Rodoviário do Distrito Federal e regulamentado pelo decreto nº 9, de 30 de junho de 1960. Atualmente, há mais de 700 pontes e viadutos na região, a grande maioria construída durante a inauguração de Brasília, há cerca de 60 anos.

A título de exemplo, a figura 4, apresenta as “tesourinhas”, que consistem em estruturas viárias complexas, compostas por viadutos, projetadas para otimizar o fluxo de tráfego em Brasília.

Recebendo esse nome devido ao seu formato característico que lembra uma tesoura, essas interseções permitem que veículos se movimentem de maneira mais eficiente entre as principais vias da cidade, reduzindo congestionamentos e melhorando a conexão entre diferentes áreas urbanas.

Figura 4 - “Tesourinhas” de Brasília



Fonte: Flickr, 2017

Destaca-se que muitas dessas estruturas nunca passaram por reformas significativas, o que ressalta a urgência de ações para garantir sua integridade e funcionalidade.

De acordo com Galimi, Buzar e Pantoja (2021), a necessidade de requalificação de pontes e viadutos é frequentemente resultado de uma manutenção inadequada, que leva ao deterioramento e precariedade das infraestruturas urbanas. A falta de manutenção preventiva e corretiva pode comprometer a segurança e a eficiência das obras, impactando diretamente a qualidade de vida nas áreas circundantes e gerando custos elevados para reparos emergenciais. Assim, a situação atual demanda uma atenção especial para evitar a deterioração contínua dessas estruturas vitais.

Dada a importância das pontes e viadutos para a mobilidade e segurança no Distrito Federal, é crucial implementar medidas de manutenção sistemáticas e abrangentes. Isso inclui inspeções regulares, avaliações estruturais detalhadas e planos de reparo e reabilitação eficazes. A melhoria na gestão dessas obras não só elevará a segurança da população, mas também garantirá a durabilidade e a eficiência do sistema de transporte da capital. Investir em manutenção proativa e planejada é essencial para sustentar o crescimento urbano e assegurar que a infraestrutura continue a atender às necessidades da comunidade de forma segura e confiável.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nessa seção, busca-se aprofundar e fundamentar as questões relacionadas à infraestrutura urbana de Obras de Arte Especiais (OAE), destacando a relevância da concepção estrutural dessas construções. Serão explorados de maneira abrangente os conceitos fundamentais aplicáveis a pontes e viadutos, bem como a classificação detalhada e análise dos principais elementos que compõem os sistemas estruturais típicos dessas obras, tão cruciais para a infraestrutura urbana moderna.

Ademais, serão abordados os aspectos relacionados à manutenção e inspeção das OAE, com ênfase no processo de gestão dessas atividades. Através de uma análise criteriosa, pretende-se delinear os procedimentos envolvidos na preservação e conservação dessas estruturas, assegurando sua longevidade e funcionalidade dentro do ambiente urbano.

Por fim, será realizada uma revisão bibliográfica abrangente sobre métodos multicritério e os fatores de ponderação aplicados na gestão dessas obras, além da estruturação de um banco de dados eficiente e de outros mecanismos essenciais para o aprimoramento do processo de gestão. Este conjunto de ferramentas visa contribuir de forma significativa para a tomada de decisões estratégicas na preservação das OAE e na eficiência dos processos de manutenção da infraestrutura urbana.

3.1 Obras de Arte Especiais

O desenvolvimento urbano e a viabilização do transporte contínuo e em larga escala de pessoas e cargas experimentaram avanços notáveis ao longo da história, em grande parte devido à construção de pontes e viadutos. Essas estruturas, essenciais para a infraestrutura urbana moderna, possibilitaram a integração de regiões anteriormente isoladas por barreiras naturais, como vales, rios e montanhas, promovendo conexões antes inimagináveis. Ao vencer esses obstáculos, pontes e viadutos não apenas tornaram a travessia mais rápida e segura, mas também impulsionaram o crescimento econômico, facilitando o fluxo contínuo de mercadorias e pessoas entre diferentes áreas geográficas.

Essa transformação na mobilidade e conectividade urbana desempenhou um papel central na expansão das cidades, estimulando o desenvolvimento de novas áreas e consolidando a infraestrutura necessária para sustentar o crescimento populacional e econômico.

o DNIT (2004) define o conceito de ponte como “*Estrutura, inclusive apoios, construídos sobre uma depressão ou uma obstrução, tais como água, rodovia ou ferrovia, que sustenta uma pista para passagem de veículos e outras cargas móveis, e que tem um vão livre, medido ao longo do eixo, de mais de seis metros*”.

Segundo Valeriano (2021), é fundamental estabelecer uma diferenciação conceitual entre as estruturas de passagem presentes na infraestrutura urbana, com base no obstáculo a ser superado e na função específica do projeto, a saber:

- Ponte: transposição de obstáculo com massa de água em sua maior parte. Como exemplo, tem-se a Ponte Luís I, símbolo da cidade do Porto (Portugal), serve como uma ligação fundamental entre as cidades do Porto e Vila Nova de Gaia, que são separadas pelo rio Douro.

Figura 5 - Exemplo da ponte D. Luís I, localizada na cidade de Porto (Portugal)



Fonte: Douro Cruzeiros, 2024

- Viaduto: transposição de obstáculo sem massa de água em sua maior parte (vales, vias). Como exemplo o viaduto Ayrton Senna, principal ponto de ligação do Plano Piloto com a Estrada Parque Ceilândia (EPCL/DF-095);

Figura 6 - Exemplo do viaduto Ayrton Senna, localizado na cidade de Brasília (Brasil)



Fonte: Agência Brasília, 2020

- Passarela: estrutura destinada à transposição de obstáculo, visando a passagem de pedestre. Como exemplo, a passarela do aeroporto de Congonhas, localizada na cidade de São Paulo.

Figura 7 - Exemplo da passarela do aeroporto de Congonhas, localizada na cidade de São Paulo (Brasil)



Fonte: ArchDaily Brasil, 2018

- Aqueduto: estrutura destinada à transposição de obstáculo para adução de água. Como exemplo, o aqueduto da cidade espanhola de Segóvia é uma construção do século 1º d.c, feito para transportar água das montanhas até a cidade e foi utilizado até o final do século XIX.

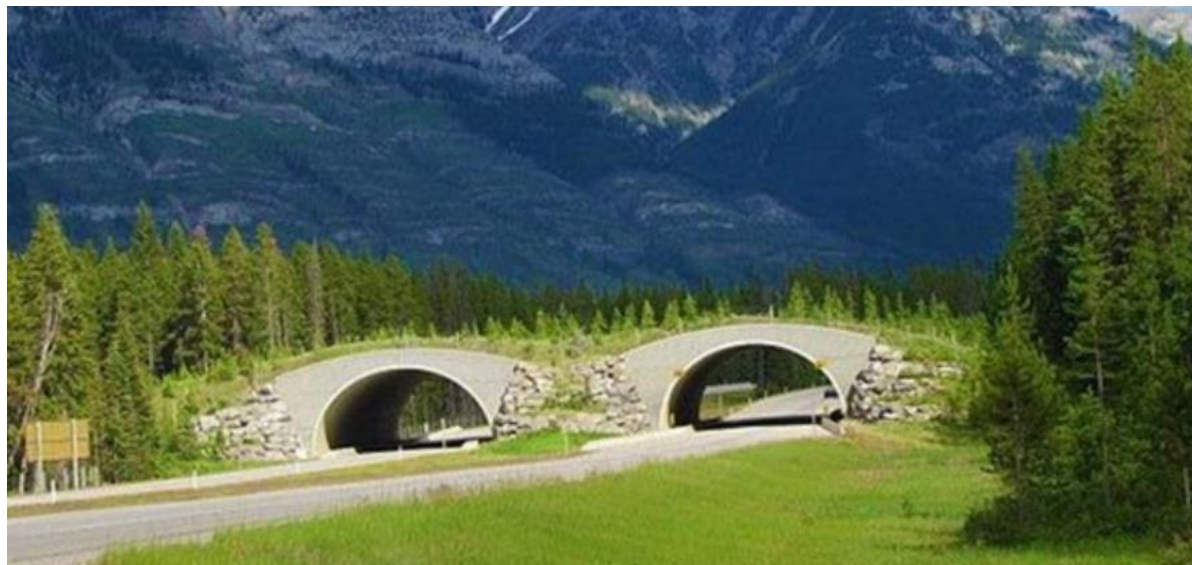
Figura 8 - Exemplo do aqueduto de Segóvia, localizada na cidade de Segovia (Espanha)



Fonte: Off to Travel, 2019

- Ponte verde: estrutura para travessia da fauna silvestre. Como exemplo, o Parque Nacional Banff, no Canadá, que conseguiu reduzir significativamente as mortes de mais de dez espécies de mamíferos de grande porte através da construção de uma estrutura sobre a rodovia TransCanada.

Figura 9 - Exemplo estrutura para travessia da fauna silvestre, localizada o Parque Nacional Banff (Canadá)



Fonte: Noctula, 2022

No âmbito da tipologia construtiva de pontes e viadutos é um aspecto fundamental na engenharia civil, envolvendo uma variedade de métodos e materiais, escolhidos com base em fatores como a natureza do terreno, a extensão do vão a ser coberto, a carga esperada e as condições ambientais. As pontes podem ser classificadas em várias categorias, como pontes em arco, que distribuem o peso uniformemente, e pontes suspensas, que utilizam cabos para suportar o tabuleiro. Viadutos, por sua vez, são frequentemente construídos com estruturas de vigas ou treliças, proporcionando suporte firme para longos vãos sobre terrenos irregulares ou outras infraestruturas.

Cada tipologia oferece vantagens específicas que influenciam não apenas o custo e a durabilidade, mas também o impacto estético e ambiental da obra, tornando a escolha da tipologia uma decisão crucial no processo de planejamento e execução de pontes e viadutos.

3.1.1 Elementos Estruturais

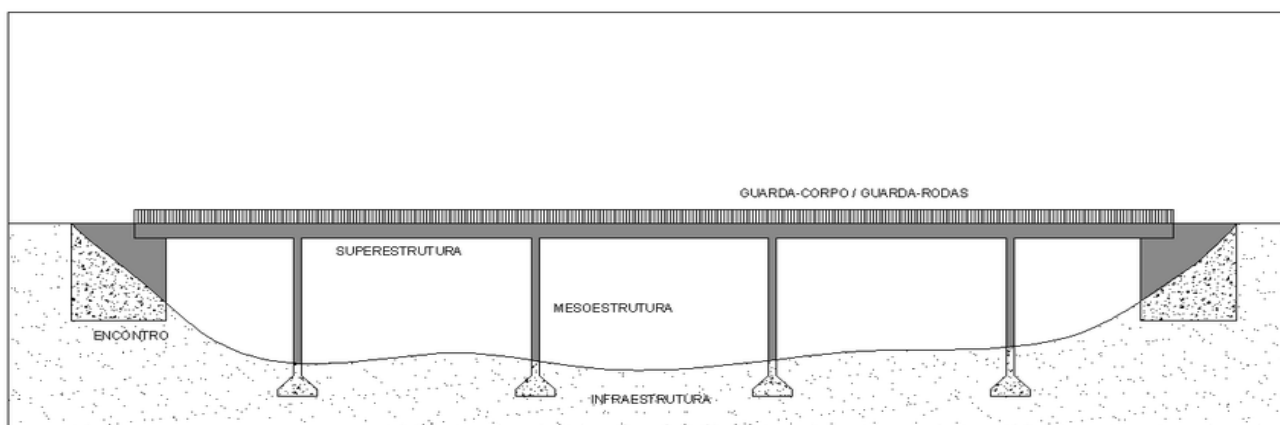
De acordo com Valeriano (2021), podemos subdividir os elementos estruturais das OAE's em quatro macros categorias, sendo elas:

- Elementos estruturais principais: Compreendem a superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura, cada uma composta por diferentes elementos estruturais que desempenham funções essenciais na sustentação e distribuição de cargas;
- Elementos estruturais de extremidade: São formados principalmente por cortinas de contenção e alas, que garantem a estabilidade das extremidades da estrutura;

- Elementos e sistemas de apoio: Construídos com materiais como concreto armado, aço ou elastômeros, são responsáveis por transmitir as cargas da superestrutura para a fundação;
- Elementos de proteção e segurança: Incluem guarda-rodas, barreiras de concreto armado, defensas metálicas (*guard-rails*) e guarda-corpos, destinados a proteger os usuários e garantir a segurança da estrutura.

Nesse aspecto, Amorim D. (2012), destaca que estrutura de uma ponte é, de maneira geral, subdividida em três sistemas que interagem entre si: a superestrutura, a mesoestrutura e a infraestrutura, conforme apresentado na figura 10.

Figura 10 - Representação dos elementos estruturais de uma ponte



Fonte: Amorim D. (2012)

A norma NBR 9452:2023 define os componentes principais de uma estrutura, dividindo-os em três categorias: superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura.

- Superestrutura: Inclui todos os elementos que suportam as cargas verticais e as transferem para a mesoestrutura. Isso abrange o tabuleiro, vigas, arcos, e outros componentes que formam o corpo principal da ponte ou viaduto, por onde passam veículos, pedestres ou trens.
- Mesoestrutura: Refere-se aos componentes que sustentam a superestrutura e transmitem suas cargas para a infraestrutura. Esse grupo é composto por pilares, colunas, e outros elementos de apoio intermediários que conectam a superestrutura à infraestrutura.
- Infraestrutura: Envolve os elementos que fazem a fundação da estrutura, transmitindo as cargas para o solo. Isso inclui sapatas, estacas, blocos de fundação e outros elementos que garantem a estabilidade e a segurança da estrutura, ancorando-a ao terreno.

3.1.2 Manutenção em Obra de Arte Especial

De acordo com a FHWA (2011), a manutenção de Obras de Arte Especiais (OAEs) é uma atividade crucial para a conservação dessas estruturas. O DNIT (2016) define a manutenção de pontes como um conjunto de atividades destinadas a preservar a integridade estrutural e garantir um nível adequado de uso.

Pontes e viadutos, sendo OAEs, estão constantemente sujeitos a intempéries e ao desgaste decorrente do uso contínuo. A ausência de programas preventivos de manutenção agrava esses problemas, acelerando a degradação das estruturas. Fatores como a idade, condições de projeto, exposição ambiental e, especialmente, a falta de manutenção preventiva, contribuem significativamente para esse processo. Assim, inspeções regulares e especiais são essenciais para preservar a integridade estrutural, a durabilidade e a funcionalidade dessas obras (ARAÚJO C., 2014).

Conforme apontado por Ferreira (2018), a vida útil de uma OAE está diretamente relacionada à condição de uso e à preservação da estrutura, sendo o monitoramento contínuo um dos métodos mais eficazes para garantir a realização de manutenções planejadas e a extensão da vida útil projetada. A norma NBR 15575:2013 discute a vida útil de uma estrutura, destacando a importância desses aspectos:

“...o período de tempo em que o edifício e seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos, com atendimento aos níveis de desempenho previstos, considerando-se a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção”.

O Manual de Manutenção de Obras de Arte Especiais (DNIT, 2016) ressalta que a manutenção de pontes consiste em um conjunto de atividades voltadas à preservação da integridade estrutural e do uso adequado. A conservação dessas OAEs é uma das tarefas mais críticas a serem realizadas pelos órgãos responsáveis pela administração das rodovias, sejam elas públicas ou privadas.

De forma geral, as inspeções devem ser realizadas periodicamente em pontes e viadutos durante sua vida útil para detectar e avaliar defeitos e rupturas que afetam seus componentes estruturais e, portanto, sua integridade estrutural dependendo da tipologia e entidade do defeito (Zanini et al., 2017).

A Norma ABNT NBR 9452:2019 define três tipos de vistorias para obras de arte especiais: cadastrais, rotineiras e especial/extraordinária. No caso das inspeções rotineiras, a norma descreve-as como inspeções periódicas de acompanhamento, realizadas visualmente com ou sem o uso de equipamentos e/ou recursos especiais para análise ou acesso, com frequência não superior a um ano. Durante a inspeção, devem ser verificadas a evolução de anomalias identificadas em inspeções anteriores, bem como novas ocorrências, reparos e/ou recuperações realizadas no período.

Em complementação, as inspeções visuais são comumente processadas por meio de julgamentos de especialistas ou prescrições fornecidas por um determinado padrão selecionado, para atribuir um nível de defeito a cada ativo sob exame que expressa concisamente seu estado de condição (Santarsiero, Masi, Picciano e Digrisolo, 2021).

De acordo com a ABNT NBR 9452:2019, as OAEs devem ser classificadas segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade, a saber:

- Parâmetro estrutural: relacionados à segurança estrutural da OAE, ou seja, referente à sua estabilidade e capacidade portante, sob o critério de seus estados-limite últimos de utilização;
- Parâmetro funcional: aspectos da OAE relacionados diretamente aos fins a que ela se destina, devendo possuir requisitos geométricos adequados, como: visibilidade, gabaritos verticais e horizontais;
- Parâmetro de durabilidade: características das OAEs diretamente associadas à sua vida útil, ou seja, com o tempo estimado em que a estrutura deve cumprir suas funções em serviço.

Outro critério, no âmbito das inspeções, é a classificação da condição de OAE, que pode ser excelente, boa, regular, ruim ou crítica, associando notas aos parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade, conforme apresentado na tabela 2 a seguir:

Tabela 2 - Classificação da condição de OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional e durabilidade

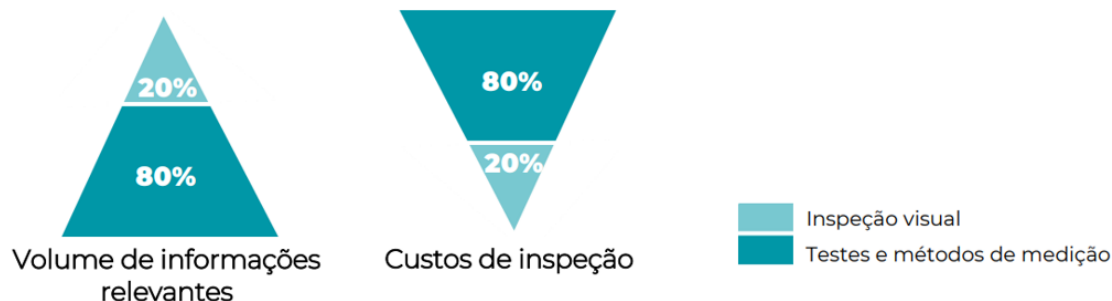
Nota de classificação	Condição	Caracterização estrutural	Caracterização funcional	Caracterização de durabilidade
5	Excelente	A estrutura se encontra em condições satisfatórias, com defeitos irrelevantes e isolados	A OAE apresenta segurança e conforto aos usuários	A OAE apresenta-se em perfeitas condições, devendo ser prevista manutenção rotineira
4	Boa	A estrutura apresenta danos pequenos e em áreas, sem comprometer a segurança estrutural	A OAE apresenta danos pequenos que não chegam a causar desconforto ou insegurança ao usuário	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.
3	Regular	Há danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, mas que não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra.	A OAE apresenta desconforto ao usuário, com defeitos que requerem ações de médio prazo.	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região moderada a alta agressividade ambiental.
2	Ruim	Há danos que comprometem a segurança estrutural da OAE, sem risco eminente.	OAE com funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança ao usuário.	A OAE apresenta anomalias moderadas e abundantes, que comprometem sua vida útil, em região de alta agressividade ambiental.
1	Crítica	Há danos que geram grave insuficiência estrutural da OAE. Há elementos estruturais em estado crítico, com risco tangível de colapso estrutural.	OAE não apresenta condições funcionais de utilização.	OAE encontra-se num grau elevado de deterioração, apontando problema já de risco estrutural e/ou funcional.

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 9452 (2023)

Como observado, as notas variam de 1 a 5, refletindo a maior ou menor gravidade dos problemas detectados.

De acordo com Manual Técnico de Recuperação de Estruturas de Obras de Arte Especiais (DER-PR, 2021) a inspeção visual é o método de melhor relação custo/benefício, conforme apresentado na figura 11.

Figura 11 - Relação custo/benefício de inspeções



Fonte: DER-PR (2021)

Ainda segundo o referido Manual (DER-PR, 2021), A preservação das OAEs é definida como ação ou estratégias de prevenção, retardo ou redução da deterioração das pontes e viadutos ou dos elementos constituintes. Realizada também para manter em boas condições pontes existentes, e prolongar a vida útil. Podem ser ações de caráter preventivo ou orientado, dependendo da condição na qual se encontre a OAEs, conforme apresentado na figura 12.

Figura 12 - Manutenção preventiva



Fonte: DER-PR (2021)

Estas ações têm como objetivo retardar a necessidade de ações de reconstrução ou de substituição, fazendo uso de estratégias e ações de preservação nas pontes e viadutos, enquanto eles ainda estão em boas ou razoável condição, e antes do início de deterioração grave, prolongando a sua vida útil.

3.1.1 Gestão de Obra de Arte Especial

Na década de 1980, o aumento significativo de casos de degradação acelerada em estruturas de concreto armado e protendido despertou uma preocupação crescente com a segurança e os altos custos de manutenção, direcionando o foco para a importância não apenas dos procedimentos de construção, mas também da conservação ao longo da vida útil das estruturas (BERTOLINI, 2010).

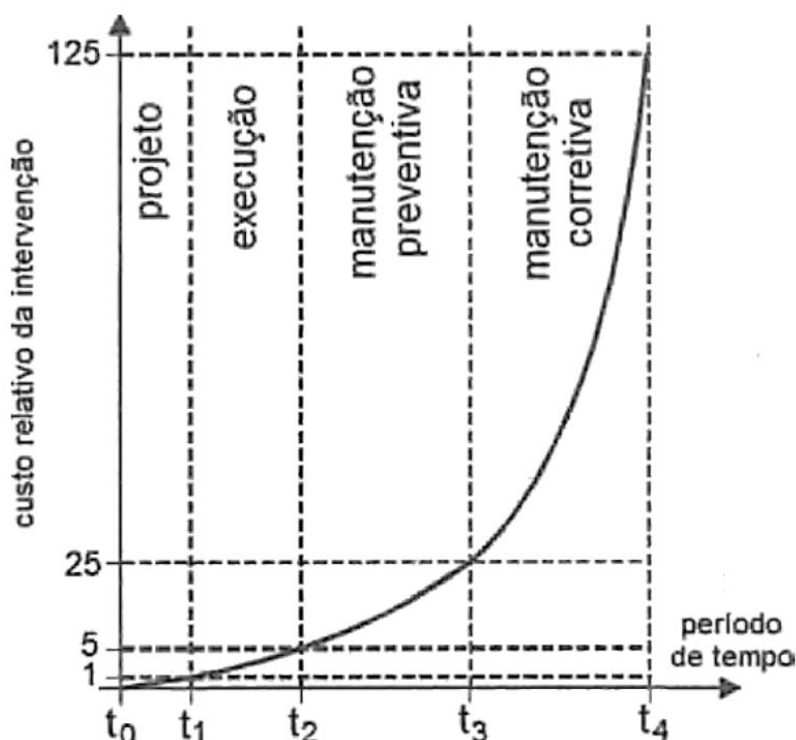
Zhang et al. (2022) ressaltaram que as causas dos colapsos de pontes estão fortemente ligadas a fatores como a economia regional, o tipo estrutural, o uso, o material empregado e a idade das construções. De maneira semelhante, Vitório (2007), ao analisar diversos casos de colapso de pontes no Brasil entre 1990 e 2005, concluiu que a falta de monitoramento contínuo e a ausência de manutenções periódicas foram determinantes nos acidentes.

A falta de uma cultura de manutenção, especialmente preventiva, faz com que os órgãos responsáveis por obras públicas, em níveis federal, estadual e municipal, priorizem a execução de novas construções, sem a devida atenção à conservação. Esse comportamento reflete-se na deterioração visível de infraestruturas como pontes e viadutos, também conhecidas como Obras de Arte Especiais (OAEs).

A ausência de políticas de conservação estruturadas traz sérias consequências, não apenas em termos de segurança, ao expor os usuários a riscos de acidentes estruturais, mas também no impacto financeiro sobre o setor produtivo, o setor público e a sociedade em geral, que acaba arcando com os altos custos dos reparos.

Adiar a manutenção torna os reparos progressivamente mais complexos e onerosos. A Lei de Sitter, conforme apresenta a figura 13, aborda que a evolução dos custos de manutenção, mostra que esses custos aumentam exponencialmente, seguindo uma progressão geométrica com razão cinco. Portanto, atrasos nas intervenções preventivas podem resultar em despesas significativamente maiores e na deterioração acelerada das estruturas.

Figura 13 - Lei de evolução de custos / Lei de Sitter



Fonte: SITTE, 1984 apud Guia de Engenharia, 2024.

Assim, a gestão das OAEs vai além do momento em que a estrutura é colocada em operação, e requer a manipulação de muitas informações simultaneamente. A implementação de um programa de inspeções tornou possível o conhecimento das necessidades de cada estrutura da malha, mostrando a necessidade do aumento dos recursos financeiros alocados para a manutenção, reparo e a reabilitação das OAEs (VERLY R., 2015)

3.2 Método de multicritérios e Fatores de ponderação

Dada a importância dos diagnósticos por meio de inspeções, realizado por especialistas da área, e da necessidade de tomadas de decisões mais céleres e assertivas para realização das manutenções preventivas das OAEs, os métodos multicritérios de tomada de decisão surgiram como métodos de apoio que são vistos como ferramentas matemáticas, eficazes para resolução de problemas em que existem critérios conflitantes (BRANS & MARESCHAL, 2005).

Para Vincke (1992), A utilização de métodos multicritérios apresenta uma vantagem significativa, uma vez que, em geral, não existem decisões que possam ser consideradas ótimas em todos os aspectos de análise simultaneamente. Dessa forma, isso leva à seleção da alternativa mais adequada possível, considerando a ponderação de dados, por exemplo.

A distinção entre os métodos multicritérios de tomada de decisão e outras abordagens reside no fato de que os métodos multicritérios levam em consideração vários aspectos, avaliando as ações com base em um conjunto de critérios, derivando de cada conjunto uma função matemática que serve para medir o desempenho de cada ação (ENSSLIN, 2001).

Dentre a metodologia de multicritérios, tem-se a ponderação de fatores, utilizado para atribuir importâncias aos critérios definidos. Esses critérios são padrões de julgamento ou regras com base nas quais, soluções alternativas podem ser avaliadas, comparadas, ordenadas e escolhidas de acordo com a sua conveniência ou com as suas consequências (PEDRYCZ; EKEL; PARREIRAS, 2011), (EKEL; PEDRYCZ; PEREIRA, 2020).

Na estatística, o termo "fator" tem uma aplicação relacionada à análise de variáveis que influenciam um resultado. Por exemplo, na análise de regressão, os fatores podem ser variáveis independentes que impactam a variável dependente. Da mesma forma, na análise de fator (ou *factor analysis*), o objetivo é identificar um conjunto de variáveis subjacentes, ou fatores, que explicam as correlações entre variáveis observadas.

3.5 Métodos estatísticos (medidas de tendência central)

As medidas de tendência central são típicas ou representativas de um conjunto de dados com o objetivo de indicar o valor típico ou prevalente de uma distribuição de frequência.

3.5.1 Média aritmética ponderada

A média aritmética representa o “centro de gravidade” da distribuição, isto é, o ponto de qualquer distribuição em torno do qual se equilibram as discrepâncias positivas e negativas (FEIJOO, AMLC, 2010). O valor resultante consiste no resumo de todos os valores da distribuição. Dessa forma, pode vir a ser um valor não presente na distribuição. No cálculo do valor da média aritmética faz-se a soma dos valores e divide-se esta pelo número de observações da série, conforme a equação a seguir:

$$X_a = \frac{X_1 + X_2 + X_3 \dots + X_n}{N} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

X_a representa a média aritmética;

$X_{(1,2,3\dots n)}$ representam valores particulares que as variáveis assumem naquela série de observações;

N representa o número total de notas

3.5.2 Média aritmética ponderada

A média aritmética ponderada é empregada quando os dados do conjunto possuem pesos atribuídos. Quanto maior o peso associado a um valor específico, maior será o seu impacto sobre a média, tornando-o mais relevante. Para calcular a média ponderada de um conjunto de valores, multiplicamos cada valor pelo seu peso correspondente, somamos os produtos obtidos e, por fim, dividimos essa soma pela soma total dos pesos, conforme apresentado na equação a seguir:

$$X_p = \frac{X_1 \times P_1 + X_2 \times P_2 + X_3 \times P_3 \dots + X_n \times P_n}{P_1 + P_2 + P_3 \dots + P_n} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

X_p representa a média aritmética ponderada;

$X_{(1,2,3\dots n)}$ representam valores particulares que as variáveis assumem naquela série de observações;

$P_{(1,2,3\dots n)}$ representam os pesos atribuídos a cada valor;

3.6 Banco de Dados

Banco de dados, em sua essência, é uma reunião de dados interconectados, nos quais as informações se manifestam como fatos organizados e dotados de significado. Nesse contexto, um banco de dados exibe atributos específicos: ele espelha aspectos tangíveis do mundo real, formando uma coleção lógica e coesa de dados, sendo elaborado e configurado com uma finalidade específica (ELMASRI; NAVATHE, 2005).

Para se obter a maior parte dos conjuntos de dados, os usuários necessitam de ferramentas que simplifiquem a tarefa de gerenciamento dos dados (ROMAKRISHNAN; GEHRKE, 2008).

Dentro dessa simplificação, a automação de dados utilizando ferramentas específicas (e.g., Excel, VBA e Python) proporciona uma abordagem eficiente, precisa e adaptável para a elaboração e gestão de bancos de dados, melhorando a qualidade dos dados, reduzindo erros e otimizando os processos.

3.7 Matriz de Vulnerabilidade

A matriz de vulnerabilidade pode adotar duas abordagens principais: qualitativa e quantitativa. A abordagem qualitativa é mais básica e se concentra em conceitos gerais para avaliar as vulnerabilidades, enquanto a abordagem quantitativa atribui pesos específicos às classes de probabilidade de exploração e impacto potencial. Essa segunda abordagem permite uma análise mais detalhada e precisa, refletindo a gravidade e a probabilidade de cada vulnerabilidade com maior rigor.

Um exemplo prático do uso de uma matriz de vulnerabilidade é encontrado na Controladoria-Geral da União (CGU). No contexto do Programa de Fiscalização em Entes Federativos, a CGU utiliza essa ferramenta para identificar possíveis fragilidades na aplicação dos recursos públicos federais transferidos a estados, municípios e ao Distrito Federal (CGU, 2015). A matriz ajuda a detectar áreas onde os controles e processos podem estar insuficientemente robustos, facilitando a identificação e mitigação de riscos associados à gestão de recursos públicos.

Na prática, cada vulnerabilidade é avaliada em termos de probabilidade de exploração e impacto potencial. Esses aspectos são convertidos em valores ou pontuações específicas. A combinação dessas pontuações resulta em uma classificação visual das vulnerabilidades, muitas vezes representada por uma paleta de cores. Tal como apresenta Oliveira A.L (2021), a utilização de gráficos e cores facilita a visualização das vulnerabilidades, tornando mais fácil priorizar quais fragilidades devem ser tratadas com maior urgência. Essa representação gráfica é particularmente útil quando se enfrenta uma grande quantidade de dados e múltiplos critérios, pois proporciona uma compreensão rápida e clara das complexidades envolvidas.

A matriz de vulnerabilidade ilustra como as fraquezas podem ser priorizadas e geridas de maneira eficaz, conforme demonstrado na figura 14.

Figura 14 - Exemplo de matriz de vulnerabilidade

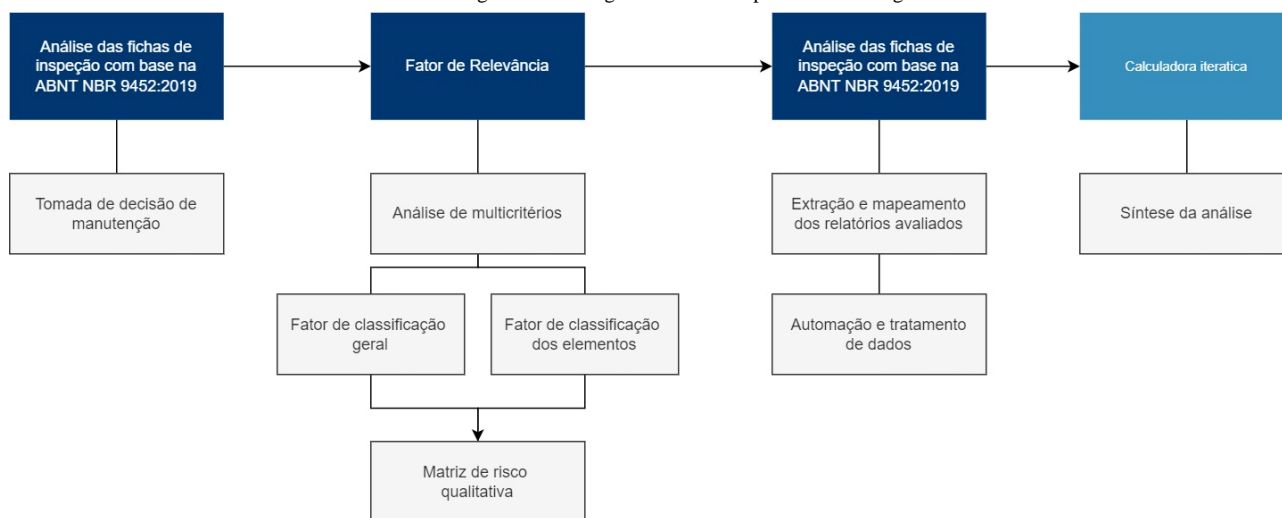
Probabilidade	90%	Média	Média	Alta	Alta	Alta
	70%	Baixa	Média	Média	Alta	Alta
	50%	Baixa	Baixa	Média	Alta	Alta
	30%	Baixa	Baixa	Média	Média	Alta
	10%	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Média
		Muito Baixo	Baixo	Moderado	Alto	Muito Alto
		Impacto				

Fonte: Bianca M. N., 2019

4. METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida abrange as etapas do processo de inspeção rotineira, seguindo o passo a passo estabelecido pela ABNT NBR 9452:2019. Essa abordagem está integrada à definição dos fatores de relevância, à concepção do banco de dados e ao desenvolvimento da calculadora iterativa, conforme ilustrado no fluxograma apresentado por meio da figura 15.

Figura 15 - fluxograma com as etapas da metodologia



Fonte: Autora

4.1 Considerações sobre as tomadas de decisão

Para o desenvolvimento acerca da metodologia de desenvolvimentos de fatores que auxiliem nas tomadas de decisões, foi necessário a experiência nas práticas do cotidiano. Essa imersão incluiu o contato direto com os responsáveis, buscando a compreensão detalhada de todas as etapas do processo de inspeção, bem como a identificação de obstáculos e desafios.

Em suma, o processo de inspeção rotineira deve seguir o passo a passo orientado pela ABNT NBR 9452:2019, a saber:

- Introdução contendo informações básicas, como rodovia e trecho inspecionado no caso de um lote de OAEs;
- A classificação da OAE;
- Comentários quanto a eventuais alterações do estado geral da OAE detectadas em relação à inspeção anterior;
- Ficha de inspeção rotineira contendo registro de anomalias;
- Registro fotográfico;
- Demais informações consideradas importantes para a inspeção.

A figura 16 representa o modelo de ficha de classificação da OAE.

Figura 16 - Modelo de ficha de classificação da OAE

Parâmetro	Elemento						
	Super estrutura	Meso estrutura	Infra estrutura	Elementos complementares		Pista	Nota final
				Estrutura	Encontro		
Estrutural							
Funcional		NA	NA				
Durabilidade							

Fonte: ABNT NBR 9452:2019

Essa ficha de inspeção deve apresentar a classificação segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade bem como a classificação da condição de OAE, que pode ser excelente, boa, regular, ruim ou crítica, conforme apresentado no item 3.1.2 do presente documento.

Em contato com os especialistas da área, a tomada de decisão de manutenção das OAEs é feita com base nas observações desses parâmetros, classificados por meio das fichas, sem muito critério direcionador. Tal processo se torna lento, dada a quantidade de laudos técnicos.

Em contrapartida, existe uma cobrança de celeridade pelo Executivo local em estabelecer as prioridades e, conseqüentemente, um cronograma de obra de manutenção, com base nas necessidades previamente evidenciadas.

A título de exemplificação, a Secretaria Especial de Comunicação (Capital SP, 2023) apresentou que a Prefeitura de São Paulo tem investido de forma inédita no maior programa de recuperação e manutenção de OAE da capital. Com investimento de R\$ 1,64 bilhão, a administração está trabalhando na recuperação de grandes estruturas por onde circulam diariamente 7 milhões de veículos.

Neste ínterim, é visível que a demanda extensiva pode acarretar um gargalo quanto às tomadas de decisões, isto é, na definição de priorização de manutenção de OAE. Portanto, a otimização dos processos de tomada de decisão, aliada a um planejamento estratégico sólido, torna-se fundamental para enfrentar os desafios inerentes à gestão das obras de arte especiais, garantindo assim a segurança e a eficiência dessas estruturas essenciais para a mobilidade urbana.

4.2 Fator de relevância

Visando dirimir essa problemática, que muitas vezes pode acarretar distorções de resultados, considerando que não existe uma métrica de avaliação, propõe-se a aplicação do método de multicritério com ênfase na ponderação de fatores, os quais utilizarão as médias aritméticas e ponderadas, conforme a seguinte equação:

$$F = \frac{(F_G + F_E)}{2} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

F representa o fator de relevância;

F_G representa o fator de classificação geral da OAE;

F_E representa o fator de classificação dos elementos da OAE.

4.2.1 Fator de classificação geral (F_G)

O fator de classificação global consiste na média aritmética ponderada dos parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade, definidos na ABNT NBR 9452:2019, conforme apresentado na equação a seguir:

$$F_G = \frac{N_E \times P_E + N_D \times P_D + N_F \times P_F}{P_E + P_D + P_F} \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

F_G representa o fator de classificação geral da OAE;

N_E representa a nota de classificação para o parâmetro estrutural;

N_D representa a nota de classificação para o parâmetro de durabilidade;

N_F representa a nota de classificação para o parâmetro funcional;

P_E representa o peso atribuído para o parâmetro estrutural;

P_D representa o peso atribuído para o parâmetro de durabilidade;

P_F representa o peso atribuído para o parâmetro funcional.

A ponderação dos pesos atribuídos foi estabelecida em conformidade com a norma de Inspeção de Pontes, Viadutos e Passarelas (ABNT NBR, 2019) a qual estabelece uma hierarquia entre os fatores estrutural, de durabilidade e funcional. De acordo com o referido normativo, atribui-se a maior relevância ao fator estrutural, considerando a integridade e segurança como aspectos fundamentais.

Assim, a avaliação e intervenção nas condições estruturais do viaduto devem ser priorizadas. Posteriormente, o fator de durabilidade assume importância, buscando assegurar a longevidade da estrutura ao longo do tempo. Por fim, o fator funcional é considerado para garantir que o viaduto atenda de forma adequada às suas funções operacionais.

Destaca-se que as notas devem seguir os mesmos critérios de classificação da condição de OAE, ou seja, pode ser excelente, boa, regular, ruim ou crítica (variando de 1 a 5).

Com base na explanação acima, a tabela 3 apresenta a proposição dos pesos, em nível de importância dos fatores, para cada classificação definida no supracitado normativo.

Tabela 3 - Fator de importância da classificação dos parâmetros definidos pela ABNT NBR 9452:2019

Estrutura	Peso
Estrutural	1,00
Durabilidade	0,75
Funcionalidade	0,50

Fonte: Autora

4.2.2 Matriz de Vulnerabilidade (FG)

Uma matriz de vulnerabilidade é uma ferramenta visual poderosa usada para avaliar e classificar as fraquezas associadas a uma situação específica. Ela utiliza um esquema de cores para representar a probabilidade e o impacto dos eventos de forma clara e intuitiva. Esse método facilita a identificação e a gestão das vulnerabilidades, permitindo uma análise mais eficaz dos riscos.

Aplicando essa ferramenta nos parâmetros propostos no fator de classificação global do trabalho em epígrafe, tem-se o apresentado na tabela 4.

Tabela 4 - Matriz de Vulnerabilidade do fator global

Matriz de Risco FG	Estrutural	Durabilidade	Funcionalidade
Notas	1,00	0,75	0,50
1,00	1,00	1,33	2,00
2,00	2,00	2,67	4,00
3,00	3,00	4,00	6,00
4,00	4,00	5,33	8,00
5,00	5,00	6,67	10,00

Fonte: Autora

4.2.3 Fator de classificação dos elementos da OAE (F_E)

O fator de classificação dos elementos consiste na média aritmética ponderada dos elementos estruturais avaliados (*e.g.*, Superestrutura, Mesoestrutura, Infraestrutura, Encontros, Elementos e Acessórios de Segurança e Drenagem), definidos na ABNT NBR 9452:2019, conforme apresentado na equação a seguir:

$$F_E = \frac{N_1 \times P_1 + N_2 \times P_2 + N_3 \times P_3 \dots + N_n \times P_n}{P_1 + P_2 + P_3 \dots + P_n} \quad \text{Equação (5)}$$

Onde:

F_E o fator de classificação dos elementos da OAE;

$N_{(1,2,3\dots n)}$ representam as notas de classificação de cada elemento;

$P_{(1,2,3\dots n)}$ representam os pesos atribuídos a cada elemento;

A ponderação dos dados foi analisada com base na caracterização de importância dos elementos na segurança estrutural da OAE definida na ABNT NBR 9452:2019, sendo elas:

- Elemento principal (P): cujo dano pode ocasionar colapso parcial ou total da obra;
- Elemento secundário (S): cujo dano pode ocasionar ruptura localizada;
- Elemento complementar (C): cujo dano não causa nenhum comprometimento estrutural, apenas funcional na OAE.

A referida norma identifica essa caracterização dos tipos de elementos nas estruturas convencionais, conforme a figura 17.

Figura 17 - Caracterização dos elementos estruturais segundo a relevância dos elementos

Elemento			Sistema estrutural				
			Duas vigas	Grelha	Caixão	Laje	Galeria
Superestrutura	Viga	Longarina	P	P	—	—	—
		Transversina	S	S	S	S	S
	Laje		S	S	P	P	P
Mesoestrutura		Travessas	P	P	P	P	—
		Pilares	P	P	P	P	—
		Aparelho de apoio	P	P	P	P	—
Encontros		Cortina	S	S	S	S	—
		Laje de transição	S	S	S	S	S
		Muros de ala	S	S	S	S	S
Infraestrutura		Blocos	P	P	P	P	P
		Sapatas	P	P	P	P	P
		Estacas, tubulões	P	P	P	P	P
Complementares		Barreira rígida	C	C	C	C	C
		Guarda-corpo	C	C	C	C	C

Fonte: ABNT NBR 9452:2019

Cabe destacar que as notas atribuídas aos elementos são definidas pela agregação de todas as estruturas vinculadas a cada elemento avaliado. Por exemplo, conforme ilustrado na tabela acima, as notas das travessas, pilares e aparelhos de apoio foram ponderadas para calcular a média da mesoestrutura, já que os elementos compõem a estrutura.

De acordo com esse conceito, a infraestrutura e a mesoestrutura recebem o nível máximo de importância, enquanto os elementos complementares são atribuídos ao nível mínimo. O peso foi determinado com base na análise de sensibilidade estabelecida pela ABNT NBR 9452:2019. Assim, a tabela 5 apresenta a definição dos fatores de importância, considerando a distribuição dos elementos.

Tabela 5 - Fator de importância dos sistemas estruturais

Estrutura	Peso
Infraestrutura	1,00
Mesoestrutura	1,00
Superestrutura	0,75
Encontros	0,50
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25
Drenagem	0,25

Fonte: Autora

4.2.4 Matriz de Vulnerabilidade (FE)

Análogo à explanação da importância da matriz de vulnerabilidade (vide item 3.7), e aplicando essa ferramenta nos parâmetros propostos no fator de classificação dos elementos, tem-se o apresentado na tabela 6.

Tabela 6 - Matriz de Vulnerabilidade dos fator de classificação dos elementos

Matriz de Risco FE	Infraestrutura	Mesoestrutura	Superestrutura	Encontros	Ac. Segurança	Drenagem	
Notas	1,00	1,00	0,75	0,50	0,25	0,25	
1,00	1,00	1,00	1,33	2,00	4,00	4,00	Matriz de Risco ■ Crítica ■ Ruim ■ Regular ■ Boa ■ Excelente
2,00	2,00	2,00	2,67	4,00	8,00	8,00	
3,00	3,00	3,00	4,00	6,00	12,00	12,00	
4,00	4,00	4,00	5,33	8,00	16,00	16,00	
5,00	5,00	5,00	6,67	10,00	20,00	20,00	

Fonte: Autora

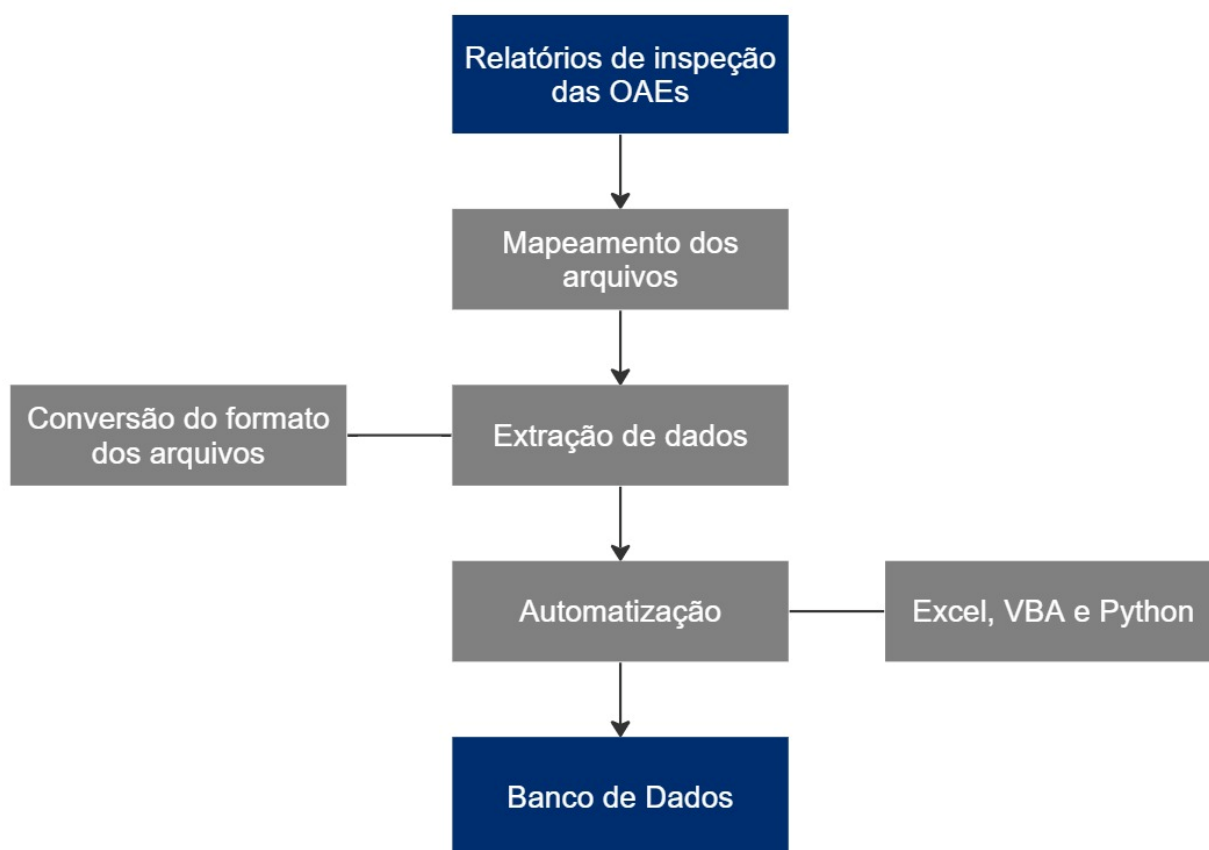
É importante destacar que a análise de Matriz de Vulnerabilidade é uma abordagem eficaz para identificar quais aspectos requerem maior atenção. Neste caso específico, a matriz ilustra que, após a atribuição de pesos aos elementos, existe uma relação direta entre esses pesos e a importância relativa dos elementos. Por exemplo, ao atribuir um peso de um à infraestrutura, essa se torna o componente de maior relevância em uma avaliação crítica, especialmente quando comparada a outros elementos, como os encontros, que recebem um peso inferior. Isso evidencia a prioridade dada à infraestrutura dentro do contexto analisado.

4.3 Concepção do Banco de Dados

De modo a conceber o banco de dados a ser utilizado no desenvolvimento do estudo em epígrafe, foi realizado um levantamento junto ao Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER/DF). A busca abrangeu os relatórios de inspeções realizadas até o momento, adotando as diretrizes estabelecidas na Norma de Inspeção de Pontes, Viadutos e Passarelas - Procedimento (ABNT NBR, 2019).

Assim, foram mapeados e extraídos os dados dos arquivos recebidos. Posteriormente, com o intuito de organizar e estruturar verticalmente esses serviços, foi desenvolvido um banco de dados preliminar. De acordo com Theo U. G. Sene (2022), um banco de dados torna o trabalho mais eficiente, viabilizando acesso rápido e fácil a qualquer informação necessária, mesmo em meio a grandes volumes de dados. A figura 18 apresenta o fluxograma desse tratamento de dados.

Figura 18 - Metodologia de extração de dados



Fonte: Autora

Observou-se que os relatórios apresentavam variações textuais entre os elementos com a mesma finalidade. Nesse contexto, a fim de otimizar as verificações essenciais para uma análise de dados, realizou-se a unificação das nomenclaturas.

A título de exemplificação, a tabela 7 demonstra o procedimento realizado na matriz dos relatórios recebidos.

Tabela 7 - Exemplo da unificação textual

Estrutura	
(Sem tratamento de nomenclatura)	(com tratamento de nomenclatura)
Guarda-rodas	Guarda-rodas
Guarda rodas	
Guarda Rodas	
Descida d'água	Descida d'água
Descida d'água	
Descida de água	

Fonte: Autora

Essa unificação de nomenclaturas não apenas melhora a organização e a eficiência no gerenciamento de dados, mas também contribui significativamente para a qualidade, consistência e integridade do banco de dados como um todo.

4.4 Calculadora iterativa





A calculadora iterativa consiste em uma estratégia para otimizar processos, melhorar a precisão dos cálculos e facilitar a análise que apresenta uma variedade de contextos, no caso do estudo em tela, os fatores. O referido produto encontra-se apenas a este documento (vide Apêndice A).

Ao criar uma calculadora iterativa, ocorre a automação de processos que englobam diversos cálculos interdependentes. Este procedimento não apenas poupa tempo, mas também minimiza falhas humanas, uma vez que as fórmulas são executadas de forma automática.

No escopo do trabalho, o desenvolvimento desse produto simplifica o processo decisório ao proporcionar resultados instantâneos baseados em variadas entradas. Consequentemente, ao automatizar cálculos repetitivos, há um incremento na eficiência e produtividade, permitindo uma obtenção ágil de resultados. Essa abordagem não apenas otimiza a rotina de trabalho, mas também contribui para a precisão e confiabilidade dos resultados obtidos.

A título de exemplificação, a figura 19 apresenta o layout do referido produto, com os campos de dados de entrada sinalizados de modo a facilitar o entendimento.

Figura 19 - Calculadora Iterativa

Relatório	OAE	Data
Nº do Relatório	Descrição do tipo e localização da OAE	Data da inspeção
Fator global	Consiste na média aritmética ponderada dos parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade. A ponderação dos pesos atribuídos foi estabelecida em conformidade com a norma ABNT NBR 9452:2019 a qual estabelece uma hierarquia entre os referidos fatores.	FG
Parâmetros	Peso	Nota
Estrutural	1,00	 Dados de entrada
Durabilidade	0,75	
Funcionalidade	0,50	
Fator global		Cálculo Automatizado 
Fe (Fator estrutural)	Consiste na média aritmética ponderada dos elementos estruturais avaliados. A ponderação dos pesos atribuídos foi estabelecida em conformidade com a norma ABNT NBR 9452:2019 a qual estabelece uma hierarquia entre os elementos estruturais.	FE
Estrutura	Peso	Nota
Superestrutura	0,75	 Dados de entrada
Mesoestrutura	1,00	
Infraestrutura	1,00	
Encontros	0,50	
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	
Drenagem	0,25	
Fator de ponderação	F = (Fg + Fe)/2	F
		Cálculo Automatizado 

Fonte: Autora

A utilização da calculadora iterativa envolve a inserção dos dados de entrada, que correspondem às notas obtidas nas inspeções. Com base nesses dados e conforme os parâmetros metodológicos estabelecidos, a calculadora realiza automaticamente o processamento e cálculo das informações na base de dados.

5. ESTUDO DE CASO

Para balizar a aplicabilidade da metodologia proposta, foram avaliados 13 relatórios de inspeção de OAE no Distrito Federal, cuja responsabilidade é do Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER/DF). A tabela 8 apresenta de forma resumida os relatórios que serão detalhados nos tópicos subsequentes.

Tabela 8 - Relatórios analisados

Relatório nº	Tipologia OAE	Localização	Data de inspeção
001	Ponte	Ponte sobre Rio Urubu	24/11/2022
004	Viaduto	Viaduto 1 na DF003 sobre rodovia de acesso ao SMU	28/09/2022
010	Ponte	Ponte 2 sobre Ribeirão do Torto (Ampliada)	07/12/2022
019	Viaduto	Viaduto 1 sobre a DF-003 na DF-085 (Sentido Brasília)	06/09/2022
020	Viaduto	Viaduto 2 sobre a DF-003 na DF-085	06/09/2022
027	Ponte	Ponte 2 sobre Ribeirão Sobradinho	09/09/2022
029	Ponte	Ponte 2 sobre Ribeirão Mestre d'Armas	09/09/2022
031	Ponte	Ponte 1 sobre Córrego Fumal	10/09/2022
100	Viaduto	Viaduto de acesso a Candangolândia	08/11/2022
200	Ponte	Ponte sobre Rio Jardim na DF-260	01/12/2022
631	Ponte	Ponte do Bragueto Eixo W	14/12/2022
632	Ponte	Ponte do Bragueto Eixo L	14/12/2022
659	Ponte	Ponte Central do Bragueto	19/12/2022

Fonte: Autora

Cabe destacar que os relatórios 029 e 031 não foram submetidos a uma avaliação geral da estrutura durante as referidas inspeções. Com o intuito de preservar a integridade da análise de dados, essas amostras serão excluídas do escopo. Conseqüentemente, os tópicos subsequentes apresentam os resultados provenientes dos 11 relatórios que forneceram dados consistentes para a análise em questão.

5.1 Relatório nº 001

O Relatório nº 001 diz respeito à inspeção rotineira, realizada em 24 de novembro de 2022, de uma ponte, localizada na DF005. A figura 20 apresenta a avaliação obtida por especialistas à época da inspeção.

Figura 20 - Relatório 001

Nota estrutural	3	Regular
Nota durabilidade	3	Regular
Nota funcionalidade	2	Ruim

DF005 005EDF0012 ENTR. DF-006 (EPCA) - ENTR. DF-442 DF005 Km 2,558

Tipo estrutural Histórico
 Concreto Armado 24/11/2022 | Inspeção Rotineira

Observações
 Defensas metálicas e guarda rodas com ausência de dispositivo de sinalização refletiva.

Estruturais/Situação					
Superestrutura:			Mesoestrutura:		
Regular			Regular		
Infraestrutura:			Encontros:		
			Regular		
Elementos e Acessórios de Segurança:			Drenagem:		
			Regular		
Nota	Estrutura	Elemento	Nota durabilidade	Nota estrutural	Nota funcionalidade
4	Superestrutura	Alas	4 - Boa	4 - Boa	0 - A classificar
0	Superestrutura	Juntas	0 - A classificar	4 - Boa	4 - Boa
4	Superestrutura	Transversinas	4 - Boa	4 - Boa	0 - A classificar
3	Superestrutura	Longarinas	3 - Regular	3 - Regular	0 - A classificar
0	Mesoestrutura	Aparelhos de Apoio	0 - A classificar	4 - Boa	0 - A classificar
4	Mesoestrutura	Pilares	4 - Boa	4 - Boa	0 - A classificar
3	Mesoestrutura	Travessas	3 - Regular	3 - Regular	0 - A classificar
0	Encontros	Laje de Transição	0 - A classificar	4 - Boa	4 - Boa
3	Encontros	Taludes	3 - Regular	4 - Boa	4 - Boa
4	Encontros	Cortinas	4 - Boa	4 - Boa	0 - A classificar
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Defensa	0 - A classificar	0 - A classificar	2 - Ruim
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-corpo	0 - A classificar	0 - A classificar	4 - Boa
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-rodas	0 - A classificar	0 - A classificar	2 - Ruim
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Passeio	0 - A classificar	0 - A classificar	3 - Regular
3	Drenagem	Buzinote	3 - Regular	0 - A classificar	3 - Regular
4	Drenagem	Descida d'água	4 - Boa	0 - A classificar	4 - Boa

Fonte: DER-DF, 2022

5.1.1 Relatos fotográficos

Figura 21 - Relatório 001: Vista inferior



Fonte: DER-DF, 2022

Figura 22 - Relatório 001: Viga longarina 5



Fonte: DER-DF, 2022

Figura 23 - Relatório 001: Viga longarina 8



Fonte: DER-DF, 2022

5.1.2 Aplicação da metodologia

5.1.2.1 Fator de classificação geral (F_G)

Os dados obtidos apresentação os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Parâmetro	Peso	Nota
Estrutural	1,00	3,00
Durabilidade	0,75	3,00
Funcionalidade	0,50	2,00

Dessa forma, aplicando a equação (4), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_G = \frac{3,00 \times 1,00 + 3,00 \times 0,75 + 2,00 \times 0,50}{1,00 + 0,75 + 0,50} = 2,78$$

5.1.2.2 Fator de classificação dos elementos da OAE (F_E)

Os dados obtidos apresentação os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Estrutura	Peso	Nota
Superestrutura	0,75	3,75
Mesoestrutura	1,00	3,60
Infraestrutura*	1,00	0,00
Encontros	0,50	3,86
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	2,75
Drenagem	0,25	3,50

*As notas iguais a "zero" indicam que a estrutura não pôde ser avaliada, devendo, portanto, ser excluídas do cálculo para evitar distorções na média aritmética ponderada.

Dessa forma, aplicando a equação (5), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_E = \frac{3,75 \times 0,75 + 3,60 \times 1,00 + 3,86 \times 0,50 + 2,75 \times 0,25 + 3,50 \times 0,25}{0,75 + 1,00 + 0,50 + 0,25 + 0,25} = 3,60$$

5.1.2.3 Fator de relevância

Por fim, aplicando a equação (3), compreendendo valores truncados de modo a simplificar a apresentação dos dados, é possível obter o seguinte resultado:

$$F = \frac{2,7 + 3,6}{2} = 3,19$$

5.2 Relatório nº 004

O Relatório nº 004 diz respeito à inspeção rotineira, realizada em 28 de outubro de 2022, de uma ponte, localizada na DF010. A figura 24 apresenta a avaliação obtida por especialistas à época da inspeção.

Figura 24 - Relatório 004

Nota estrutural 3 Regular					
Nota durabilidade 3 Regular					
Nota funcionalidade 2 Ruim					
DF010 010EDF0050 ACESSO AO SMU - ENTR. DF-003 (EPIA) DF010 Km 4,059					
Tipo estrutural		Histórico			
Concreto		28/09/2022 Inspeção Rotineira			
Observações					
Defensa metálica com ausência de sinalização.					
Defensa metálica ausente.					
Guarda rodas com ausência de sinalização.					
Pilares de 3 a 8 com ausência de dispositivo de proteção.					
Estruturais/Situação					
Superestrutura:		Regular		Mesoestrutura:	
Infraestrutura:		Regular		Encontros:	
Elementos e Acessórios de Segurança:				Drenagem:	
				Boa	
Nota	Estrutura	Elemento	Nota durabilidade	Nota estrutural	Nota funcionalidade
0	Superestrutura	Juntas	0 - A classificar	4 - Boa	4 - Boa
3	Superestrutura	Lajes	3 - Regular	3 - Regular	0 - A classificar
0	Superestrutura	Vigas	0 - A classificar	0 - A classificar	0 - A classificar
0	Superestrutura	Longarinas	0 - A classificar	0 - A classificar	
3	Mesoestrutura	Pilares	3 - Regular	3 - Regular	2 - Ruim
0	Mesoestrutura	Travessas	0 - A classificar	0 - A classificar	
3	Infraestrutura	Infraestrutura	3 - Regular	3 - Regular	0 - A classificar
0	Encontros	Laje de Transição	0 - A classificar	0 - A classificar	
3	Encontros	Taludes	3 - Regular	4 - Boa	0 - A classificar
4	Encontros	Cortinas	4 - Boa	4 - Boa	
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Defensa	0 - A classificar	0 - A classificar	2 - Ruim
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-corpo	0 - A classificar	0 - A classificar	
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-rodas	0 - A classificar	0 - A classificar	2 - Ruim
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Passeio	0 - A classificar	0 - A classificar	
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Pavimento	0 - A classificar	0 - A classificar	
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Outros	0 - A classificar	0 - A classificar	
4	Drenagem	Buzinote	4 - Boa	3 - Regular	4 - Boa
0	Drenagem	Descida d'água	0 - A classificar	0 - A classificar	
0	Drenagem	Outros	0 - A classificar	0 - A classificar	
4	Drenagem	Pingadeira	4 - Boa	3 - Regular	4 - Boa

Fonte: DER-DF, 2022

5.2.1 Relatos fotográficos

Figura 25 - Relatório 004: Pilares 3 e 8



Fonte: DER-DF, 2022

Figura 26 Relatório 004: Laje



Fonte: DER-DF, 2022

Figura 27 - Relatório 004: Guarda rodas



Fonte: DER-DF, 2022

5.2.2 Aplicação da metodologia

5.2.2.1 Fator de classificação geral (F_G)

Os dados obtidos apresentação os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Parâmetro	Peso	Nota
Estrutural	1,00	3,00
Durabilidade	0,75	3,00
Funcionalidade	0,50	2,00

Dessa forma, aplicando a equação (4), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_G = \frac{3,00 \times 1,00 + 3,00 \times 0,75 + 2,00 \times 0,50}{1,00 + 0,75 + 0,50} = 2,78$$

5.2.2.2 Fator de classificação dos elementos da OAE (F_E)

Os dados obtidos apresentação os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Estrutura	Peso	Nota
Superestrutura	0,75	3,5
Mesoestrutura	1,00	2,67
Infraestrutura	1,00	3,00
Encontros	0,5	3,75
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	2,00
Drenagem	0,25	3,67

Dessa forma, aplicando a equação (5), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_E = \frac{3,50 \times 0,75 + 2,67 \times 1,00 + 3,00 \times 1,00 + 3,75 \times 0,50 + 3,75 \times 0,50 + 2,00 \times 0,25}{0,75 + 1,00 + 1,00 + 0,50 + 0,25 + 0,25} = 3,09$$

5.2.2.3 Fator de relevância

Por fim, aplicando a equação (3), compreendendo valores truncados de modo a simplificar a apresentação dos dados, é possível obter o seguinte resultado:

$$F = \frac{2,78 + 3,09}{2} = 2,94$$

5.3 Relatório nº 010

O Relatório nº 010 diz respeito à inspeção rotineira, realizada em 28 de outubro de 2022, de uma ponte, localizada na DF010. A figura 28 apresenta a avaliação obtida por especialistas à época da inspeção.

Figura 28 - Relatório 010

Nota estrutural	4	Boa
Nota durabilidade	3	Regular
Nota funcionalidade	2	Ruim

DF003 003EDF0010 ENTR. BR-010/020/030/DF-001/DF-150 (PARQUE ROD. DER-DF) - ENTR. DF-007(EPTT) (GRANJA DO TORTO) DF003 Km 4,150

Tipo estrutural Histórico
Concreto 07/12/2022 | Inspeção Rotineira
Observações
 Nota 2 para o parâmetro funcional refere-se aos sinais de impactos de veículos da defesa metálica
 Nota 2 para o parâmetro funcional refere-se a ausência do dispositivo refletivo na defesa metálica
 Nota 2 para o parâmetro funciona refere-se a ausência do dispositivo refletivo no guarda rodas
 Nota 2 para o parâmetro funcional refere-se as poças de agua observadas no passeio

Estruturais/Situação					
Superestrutura:		Mesoestrutura:		Boa	
Infraestrutura:		Encontros:		Regular	
Elementos e Acessórios de Segurança:		Drenagem:		Regular	
Nota	Estrutura	Elemento	Nota durabilidade	Nota estrutural	Nota funcionalidade
4	Superestrutura	Alas	4 - Boa	4 - Boa	
4	Superestrutura	Contenção	4 - Boa	4 - Boa	
0	Superestrutura	Juntas	0 - A classificar	4 - Boa	4 - Boa
3	Superestrutura	Lajes	3 - Regular	4 - Boa	
4	Superestrutura	Transversinas	4 - Boa	4 - Boa	
3	Superestrutura	Longarinas	3 - Regular	4 - Boa	
0	Mesoestrutura	Aparelhos de Apoio	0 - A classificar	0 - A classificar	
0	Mesoestrutura	Pilares	0 - A classificar	0 - A classificar	
4	Mesoestrutura	Travessas	4 - Boa	4 - Boa	
4	Encontros	Laje de Transição	4 - Boa	0 - A classificar	4 - Boa
3	Encontros	Taludes	3 - Regular	3 - Regular	
4	Encontros	Cortinas	4 - Boa	4 - Boa	
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Defensa	0 - A classificar	0 - A classificar	2 - Ruim
3	Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-corpo	3 - Regular	0 - A classificar	4 - Boa
4	Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-rodas	4 - Boa	0 - A classificar	2 - Ruim
4	Elementos e Acessórios de Segurança	Passeio	4 - Boa	0 - A classificar	2 - Ruim
3	Elementos e Acessórios de Segurança	Pavimento	3 - Regular	0 - A classificar	4 - Boa
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Outros	0 - A classificar	0 - A classificar	
3	Drenagem	Buzinote	3 - Regular	0 - A classificar	3 - Regular
0	Drenagem	Outros	0 - A classificar	0 - A classificar	

Fonte: DER-DF, 2022

5.3.1 Relatos fotográficos

Figura 29 - Relatório 010: Vista inferior



Fonte: DER-DF, 2022

Figura 30 - Relatório 010: Transversinas



Fonte: DER-DF, 2022

Figura 31 - Relatório 010: Guarda rodas



Fonte: DER-DF, 2022

5.3.2 Aplicação da metodologia

5.3.2.1 Fator de classificação geral (F_G)

Os dados obtidos apresentação os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Parâmetro	Peso	Nota
Estrutural	1,00	4,00
Durabilidade	0,75	3,00
Funcionalidade	0,50	2,00

Dessa forma, aplicando a equação (4), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_G = \frac{4,00 \times 1,00 + 3,00 \times 0,75 + 2,00 \times 0,50}{1,00 + 0,75 + 0,50} = 3,22$$

5.3.2.2 Fator de classificação dos elementos da OAE (F_E)

Os dados obtidos apresentação os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Estrutura	Peso	Nota
Superestrutura	0,75	3,83
Mesoestrutura	1,00	4,00
Infraestrutura*	1,00	0,00
Encontros	0,50	3,67
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	3,11
Drenagem	0,25	3,00

*As notas iguais a "zero" indicam que a estrutura não pôde ser avaliada, devendo, portanto, ser excluídas do cálculo para evitar distorções na média aritmética ponderada.

Dessa forma, aplicando a equação (5), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_E = \frac{3,83 \times 0,75 + 4,00 \times 1,00 + 3,67 \times 0,50 + 3,11 \times 0,25 + 3,0 \times 0,25}{0,75 + 1,00 + 0,50 + 0,25 + 0,25} = 3,72$$

5.3.2.3 Fator de relevância

Por fim, aplicando a equação (3), compreendendo valores truncados de modo a simplificar a apresentação dos dados, é possível obter o seguinte resultado:

$$F = \frac{3,22 + 3,72}{2} = 3,47$$

5.4 Relatório nº 019

O Relatório nº 019 diz respeito à inspeção rotineira, realizada em 06 de setembro de 2022, de uma ponte, localizada na DF010. A figura 32 apresenta a avaliação obtida por especialistas à época da inspeção.

Figura 32 - Relatório 019

Nota estrutural 2 Ruim Nota durabilidade 2 Ruim Nota funcionalidade 2 Ruim					
DF085 085EDF0010 ENTR. DF-003 (EPIA) - ENTR. DF-087 (EPVL) DF085 Km 0,044					
Tipo estrutural Histórico Concreto 06/09/2022 Inspeção Rotineira Observações Pilar 11 apresentando concreto disgregado com armadura exposta e corroída com ruptura de barra de aço. Pilar 7 com inexistência de dispositivo de segurança para proteção contra impacto.					
Estruturais/Situação					
Superestrutura:		Regular		Mesoestrutura:	
Infraestrutura:		Regular		Ruim	
Elementos e Acessórios de Segurança:		Regular		Encontros:	
				Regular	
				Drenagem:	
				Boa	
Nota	Estrutura	Elemento	Nota durabilidade	Nota estrutural	Nota funcionalidade
4	Superestrutura	Juntas	4 - Boa	4 - Boa	4 - Boa
3	Superestrutura	Lajes	3 - Regular	3 - Regular	4 - Boa
3	Superestrutura	Longarinas	3 - Regular	3 - Regular	0 - A classificar
3	Mesoestrutura	Aparelhos de Apoio	3 - Regular	3 - Regular	0 - A classificar
2	Mesoestrutura	Pilares	2 - Ruim	2 - Ruim	2 - Ruim
3	Mesoestrutura	Travessas	3 - Regular	4 - Boa	0 - A classificar
3	Encontros	Taludes	3 - Regular	3 - Regular	0 - A classificar
0	Encontros	Cortinas	0 - A classificar	0 - A classificar	
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Defensa	0 - A classificar	0 - A classificar	3 - Regular
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-corpo	0 - A classificar	0 - A classificar	4 - Boa
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-rodas	0 - A classificar	0 - A classificar	
4	Elementos e Acessórios de Segurança	Passeio	4 - Boa	4 - Boa	4 - Boa
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Pavimento	0 - A classificar	0 - A classificar	
3	Elementos e Acessórios de Segurança	Outros	3 - Regular	3 - Regular	0 - A classificar
0	Drenagem	Buzinote	0 - A classificar	0 - A classificar	
4	Drenagem	Pingadeira	4 - Boa	4 - Boa	

Fonte: DER-DF, 2022

5.4.1 Relatos fotográficos

Figura 33 - Relatório 019: defesa metálica



Fonte: DER-DF, 2022

Figura 34 - Relatório 019: Viga travessa



Fonte: DER-DF, 2022

Figura 35 - Relatório 019: Laje inferior



Fonte: DER-DF, 2022

5.4.2 Aplicação da metodologia

5.4.2.1 Fator de classificação geral (F_G)

Os dados obtidos apresentam os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Parâmetro	Peso	Nota
Estrutural	1,00	2,00
Durabilidade	0,75	2,00
Funcionalidade	0,50	2,00

Dessa forma, aplicando a equação (4), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_G = \frac{2,00 \times 1,00 + 2,00 \times 0,75 + 2,00 \times 0,50}{1,00 + 0,75 + 0,50} = 2,00$$

5.4.2.2 Fator de classificação dos elementos da OAE (F_E)

Os dados obtidos apresentam os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Estrutura	Peso	Nota
Superestrutura	0,75	3,5
Mesoestrutura	1,00	2,71
Infraestrutura*	1,00	0,00
Encontros	0,50	3,00
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	3,57
Drenagem	0,25	4,00

*As notas iguais a "zero" indicam que a estrutura não pôde ser avaliada, devendo, portanto, ser excluídas do cálculo para evitar distorções na média aritmética ponderada.

Dessa forma, aplicando a equação (5), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_E = \frac{3,50 \times 0,75 + 2,71 \times 1,00 + 3,00 \times 0,50 + 3,57 \times 0,25 + 4,00 \times 0,25}{0,75 + 1,00 + 0,50 + 0,25 + 0,25} = 3,17$$

5.4.2.3 Fator de relevância

Por fim, aplicando a equação (3), compreendendo valores truncados de modo a simplificar a apresentação dos dados, é possível obter o seguinte resultado:

$$F = \frac{2,00 + 3,17}{2} = 2,50$$

5.5 Relatório nº 020

O Relatório nº 020 diz respeito à inspeção rotineira, realizada em 06 de setembro de 2022, de um viaduto, localizado na DF003. A figura 36 apresenta a avaliação obtida por especialistas à época da inspeção.

Figura 36 - Relatório 020

Nota estrutural	2	Ruim
Nota durabilidade	1	Crítica
Nota funcionalidade	2	Ruim

DF085 085EDF0010 ENTR. DF-003 (EPIA) - ENTR. DF-087 (EPVL) DF085 Km 0,041

Tipo estrutural Histórico
 Concreto 06/09/2022 | Inspeção Rotineira

Observações

Nota 01 para o parâmetro de durabilidade refere-se as anomalias observadas nos pilares apresentando calcinação do concreto com exposição das armaduras.

Nota 02 para o parâmetro estrutural refere-se as anomalias observadas nos pilares com concreto disgregado e armadura exposta corroída em regiões de tensões de compressão.

Nota 02 para o parâmetro funcional refere-se a ausência do dispositivo de proteção de pilares peças estruturais sujeitas a impactos

Nota 02 para o parâmetro estrutural refere-se as fissuras diagonais observadas na laje com abertura superior a NBR 6118

Estruturais/Situação					
Superestrutura:			Crítica	Mesoestrutura:	
Infraestrutura:			Regular	Encontros:	
Elementos e Acessórios de Segurança:			Regular	Drenagem:	
Nota	Estrutura	Elemento	Nota durabilidade	Nota estrutural	Nota funcionalidade
3	Superestrutura	Juntas	3 - Regular	3 - Regular	
1	Superestrutura	Lajes	1 - Crítica	2 - Ruim	
3	Superestrutura	Vigas	3 - Regular	4 - Boa	
1	Mesoestrutura	Pilares	1 - Crítica	2 - Ruim	2 - Ruim
3	Encontros	Taludes	3 - Regular	3 - Regular	
0	Encontros	Cortinas	0 - A classificar	0 - A classificar	
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Defensa	0 - A classificar	0 - A classificar	2 - Ruim
3	Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-corpo	3 - Regular	4 - Boa	
3	Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-rodas	3 - Regular	4 - Boa	
3	Elementos e Acessórios de Segurança	Passeio	3 - Regular	4 - Boa	
3	Elementos e Acessórios de Segurança	Pavimento	3 - Regular	4 - Boa	
3	Drenagem	Buzinote	3 - Regular	4 - Boa	3 - Regular
3	Drenagem	Pingadeira	3 - Regular	4 - Boa	

Fonte: DER-DF, 2022

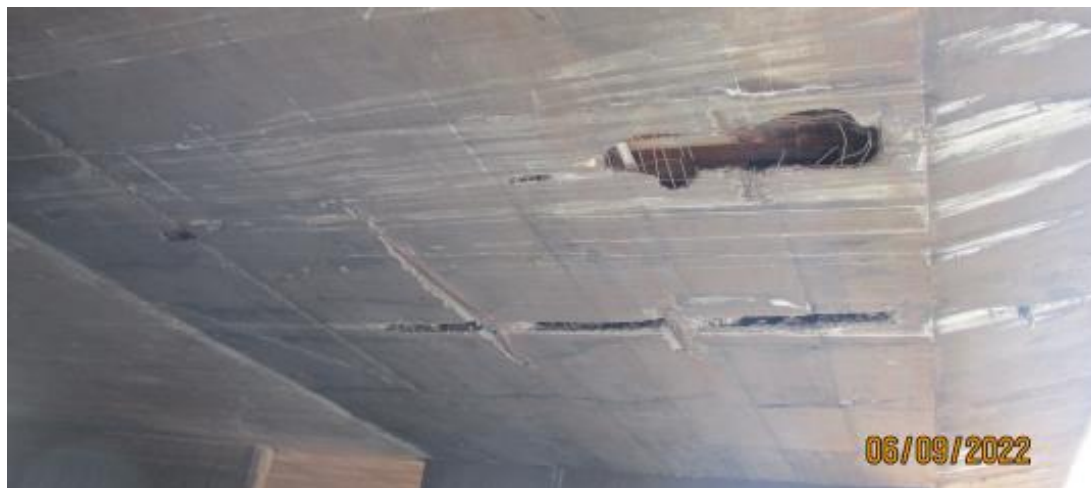
5.5.1 Relatos fotográficos

Figura 37 - Relatório 020: pilar com concreto desagregado e armadura exposta e oxidada



Fonte: DER-DF, 2022

Figura 38 - Laje com sinais de impacto de veículos com ruptura das armaduras positivas



Fonte: DER-DF, 2022

Figura 39 - Relatório 020: Guarda rodas com fissuras



Fonte: DER-DF, 2022

5.5.2 Aplicação da metodologia

5.5.2.1 Fator de classificação geral (F_G)

Os dados obtidos apresentação os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Parâmetro	Peso	Nota
Estrutural	1,00	2,00
Durabilidade	0,75	1,00
Funcionalidade	0,50	2,00

Dessa forma, aplicando a equação (4), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_G = \frac{2,00 \times 1,00 + 1,00 \times 0,75 + 2,00 \times 0,50}{1,00 + 0,75 + 0,50} = 1,67$$

5.5.2.2 Fator de classificação dos elementos da OAE (F_E)

Os dados obtidos apresentação os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Estrutura	Peso	Nota
Superestrutura	0,75	2,67
Mesoestrutura	1,00	1,67
Infraestrutura	1,00	0,00
Encontros	0,50	3,00
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	3,33
Drenagem	0,25	3,40

*As notas iguais a "zero" indicam que a estrutura não pôde ser avaliada, devendo, portanto, ser excluídas do cálculo para evitar distorções na média aritmética ponderada.

Dessa forma, aplicando a equação (5), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_E = \frac{2,67 \times 0,75 + 1,67 \times 1,00 + 3,00 \times 0,50 + 3,33 \times 0,25 + 3,40 \times 0,25}{0,75 + 1,00 + 0,50 + 0,25 + 0,25} = 2,49$$

5.5.2.3 Fator de relevância

Por fim, aplicando a equação (3), compreendendo valores truncados de modo a simplificar a apresentação dos dados, é possível obter o seguinte resultado:

$$F = \frac{1,67 + 2,49}{2} = 2,08$$

5.6 Relatório nº 027

O Relatório nº 027 diz respeito à inspeção rotineira, realizada em 09 de setembro de 2022, de uma ponte, localizada na DF-440. A figura 40 apresenta a avaliação obtida por especialistas à época da inspeção.

Figura 40 - Relatório 027

Nota estrutural 2 Ruim					
Nota durabilidade 1 Crítica					
Nota funcionalidade 2 Ruim					
BR020 020BDF0015 ENTR. DF-440 - ACESSO I A SOBRADINHO BR020 Km 5,539					
Tipo estrutural		Histórico			
Concreto		09/09/2022 Inspeção Rotineira			
Observações					
Talude dos encontros 1 e 2 com erosão significativa.					
Cortina dos encontros 1 e 2 apresentando calcinação, concreto disgregado com armadura exposta e corroída com perda de seção.					
Laje do tabuleiro apresentando calcinação com concreto disgregado e armadura exposta e corroída.					
Pingadeiras deterioradas permitindo a passagem da água para a região inferior do tabuleiro.					
Pilar 2 apresentando concreto disgregado acima de 0,5m ² , com armadura exposta e corroída > 20%.					
Defensas metálicas com ausência de sinalização.					
Estruturais/Situação					
Superestrutura:		Crítica		Mesoestrutura:	
Infraestrutura:		Regular		Encontros:	
Elementos e Acessórios de Segurança:		Regular		Drenagem:	
				Ruim	
				Ruim	
				Ruim	
Nota	Estrutura	Elemento	Nota durabilidade	Nota estrutural	Nota funcionalidade
4	Superestrutura	Alas	4 - Boa	4 - Boa	0 - A classificar
0	Superestrutura	Juntas	0 - A classificar	4 - Boa	3 - Regular
1	Superestrutura	Lajes	1 - Crítica	2 - Ruim	0 - A classificar
3	Superestrutura	Transversinas	3 - Regular	3 - Regular	0 - A classificar
4	Superestrutura	Vigas	4 - Boa	4 - Boa	0 - A classificar
3	Superestrutura	Longarinas	3 - Regular	3 - Regular	
0	Mesoestrutura	Aparelhos de Apoio	0 - A classificar	4 - Boa	0 - A classificar
2	Mesoestrutura	Pilares	2 - Ruim	2 - Ruim	0 - A classificar
0	Encontros	Laje de Transição	0 - A classificar	0 - A classificar	
2	Encontros	Taludes	2 - Ruim	2 - Ruim	
3	Encontros	Cortinas	3 - Regular	3 - Regular	
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Defensa	0 - A classificar	0 - A classificar	2 - Ruim
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-rodas	0 - A classificar	0 - A classificar	
3	Elementos e Acessórios de Segurança	Pavimento	3 - Regular	3 - Regular	3 - Regular
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Outros	0 - A classificar	0 - A classificar	
3	Drenagem	Buzinote	3 - Regular	0 - A classificar	4 - Boa
2	Drenagem	Outros	2 - Ruim	2 - Ruim	
0	Drenagem	Pingadeira	0 - A classificar	0 - A classificar	2 - Ruim

Fonte: DER-DF, 2022

5.6.1 Relatos fotográficos

Figura 41 - Relatório 027: Junta de dilatação encoberta por CBUQ com fissura e buraco



Fonte: DER-DF, 2022

Figura 42 - Laje do tabuleiro com fissura e concreto disgregado



Fonte: DER-DF, 2022

Figura 43 - Relatório 027: Aparelho de apoio fora de posição com rasgos



Fonte: DER-DF, 2022

5.6.2 Aplicação da metodologia

5.6.2.1 Fator de classificação geral (F_G)

Os dados obtidos apresentação os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Parâmetro	Peso	Nota
Estrutural	1,00	2,00
Durabilidade	0,75	1,00
Funcionalidade	0,50	2,00

Dessa forma, aplicando a equação (4), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_G = \frac{2,00 \times 1,00 + 1,00 \times 0,75 + 2,00 \times 0,50}{1,00 + 0,75 + 0,50} = 1,67$$

5.6.2.2 Fator de classificação dos elementos da OAE (F_E)

Os dados obtidos apresentação os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Estrutura	Peso	Nota
Superestrutura	0,75	3,17
Mesoestrutura	1,00	2,67
Infraestrutura*	1,00	0,00
Encontros	0,50	2,50
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	2,75
Drenagem	0,25	2,60

*As notas iguais a "zero" indicam que a estrutura não pôde ser avaliada, devendo, portanto, ser excluídas do cálculo para evitar distorções na média aritmética ponderada.

Dessa forma, aplicando a equação (5), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_E = \frac{3,17 \times 0,75 + 2,67 \times 1,00 + 2,50 \times 0,50 + 2,75 \times 0,25 + 2,60 \times 0,25}{0,75 + 1,00 + 0,50 + 0,25 + 0,25} = 2,78$$

5.6.2.3 Fator de relevância

Por fim, aplicando a equação (3), compreendendo valores truncados de modo a simplificar a apresentação dos dados, é possível obter o seguinte resultado:

$$F = \frac{1,67 + 2,78}{2} = 2,23$$

5.7 Relatório nº 100

O Relatório nº 100 diz respeito à inspeção rotineira, realizada em 08 de novembro de 2022, de um viaduto, localizado na DF-017. A figura 44 apresenta a avaliação obtida por especialistas à época da inspeção.

Figura 44 - Relatório 100

Nota estrutural	2	Ruim
Nota durabilidade	2	Ruim
Nota funcionalidade	1	Crítica

DF003 003EDF0170 ENTR. DF-051 (EPGU) - ENTR. DF-075 (EPNB) DF003 Km 21,491

Tipo estrutural Histórico
 Concreto 08/11/2022 | Inspeção Rotineira
 Observações

Nota 1 para o parâmetro funcional refere-se a ausência parcial do guarda corpo

Nota 2 para o parâmetro de durabilidade e estrutural refere-se as fissuras observadas na laje do tabuleiro.

Nota 2 para o parâmetro funcional refere-se aos guarda rodas com ausência de dispositivo de sinalização refletiva.

Nota 2 para o parâmetro funcional refere-se aos pilares com ausência de dispositivo de proteção apresentando marcas de colisão.

Estruturais/Situação					
Superestrutura:		Ruim	Mesoestrutura:		Regular
Infraestrutura:			Encontros:		Regular
Elementos e Acessórios de Segurança:		Regular	Drenagem:		
Nota	Estrutura	Elemento	Nota durabilidade	Nota estrutural	Nota funcionalidade
0	Superestrutura	Alas	0 - A classificar	0 - A classificar	
0	Superestrutura	Contenção	0 - A classificar	0 - A classificar	
3	Superestrutura	Juntas	3 - Regular	4 - Boa	
2	Superestrutura	Lajes	2 - Ruim	2 - Ruim	3 - Regular
4	Mesoestrutura	Aparelhos de Apoio	4 - Boa	0 - A classificar	
3	Mesoestrutura	Pilares	3 - Regular	3 - Regular	2 - Ruim
0	Infraestrutura	Infraestrutura	0 - A classificar	0 - A classificar	
3	Encontros	Taludes	3 - Regular	0 - A classificar	
0	Encontros	Cortinas	0 - A classificar	0 - A classificar	
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Defensa	0 - A classificar	0 - A classificar	
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-corpo	0 - A classificar	0 - A classificar	1 - Crítica
4	Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-rodas	4 - Boa	4 - Boa	2 - Ruim
3	Elementos e Acessórios de Segurança	Passeio	3 - Regular	3 - Regular	3 - Regular
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Pavimento	0 - A classificar	0 - A classificar	3 - Regular
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Outros	0 - A classificar	0 - A classificar	
0	Drenagem	Buzinote	0 - A classificar	0 - A classificar	3 - Regular
0	Drenagem	Descida d'água	0 - A classificar	0 - A classificar	
0	Drenagem	Dissipador	0 - A classificar	0 - A classificar	
0	Drenagem	Outros	0 - A classificar	0 - A classificar	

Fonte: DER-DF, 2022

5.7.1 Relatos fotográficos

Figura 45 - Relatório 100: Laje do tabuleiro com fissuras



Fonte: DER-DF, 2022

Figura 46 - Relatório 100: Guarda rodas com ausência do dispositivo refletivo



Fonte: DER-DF, 2022

Figura 47 - Relatório 100: Cortina com manchas de umidade



Fonte: DER-DF, 2022

5.7.2 Aplicação da metodologia

5.7.2.1 Fator de classificação geral (F_G)

Os dados obtidos apresentam os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Parâmetro	Peso	Nota
Estrutural	1,00	2,00
Durabilidade	0,75	2,00
Funcionalidade	0,50	1,00

Dessa forma, aplicando a equação (4), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_G = \frac{2,00 \times 1,00 + 2,00 \times 0,75 + 1,00 \times 0,50}{1,00 + 0,75 + 0,50} = 1,78$$

5.7.2.2 Fator de classificação dos elementos da OAE (F_E)

Os dados obtidos apresentam os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Estrutura	Peso	Nota
Superestrutura	0,75	3,60
Mesoestrutura	1,00	3,60
Infraestrutura*	1,00	0,00
Encontros	0,50	3,75
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	2,00
Drenagem	0,25	3,50

*As notas iguais a "zero" indicam que a estrutura não pôde ser avaliada, devendo, portanto, ser excluídas do cálculo para evitar distorções na média aritmética ponderada.

Dessa forma, aplicando a equação (5), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_E = \frac{2,80 \times 0,75 + 3,00 \times 1,00 + 3,00 \times 0,50 + 2,88 \times 0,25 + 3,00 \times 0,25}{0,75 + 1,00 + 0,50 + 0,25 + 0,25} = 2,93$$

5.7.2.3 Fator de relevância

Por fim, aplicando a equação (3), compreendendo valores truncados de modo a simplificar a apresentação dos dados, é possível obter o seguinte resultado:

$$F = \frac{1,78 + 2,93}{2} = 2,36$$

5.8 Relatório nº 200

O Relatório nº 200 diz respeito à inspeção rotineira, realizada em 01 de dezembro de 2022, de uma ponte, localizada na DF-090. A figura 48 apresenta a avaliação obtida por especialistas à época da inspeção.

Figura 48 - Relatório 200

Nota estrutural	3	Regular
Nota durabilidade	3	Regular
Nota funcionalidade	1	Crítica

DF260 260EDF0090 ENTR. VC-419 - ENTR. VC-423 DF260 Km 15,388

Tipo estrutural: Histórico
 Concreto: 01/12/2022 | Inspeção Rotineira

Observações:
 Dispositivo de segurança inexistentes, comprometendo a segurança dos usuários.
 Guarda rodas com ausência de dispositivo de sinalização refletiva.

Estruturais/Situação					
Superestrutura:		Regular	Mesoestrutura:		Regular
Infraestrutura:			Encontros:		Regular
Elementos e Acessórios de Segurança:			Drenagem:		Regular
Nota	Estrutura	Elemento	Nota durabilidade	Nota estrutural	Nota funcionalidade
4	Superestrutura	Alas	4 - Boa	4 - Boa	0 - A classificar
0	Superestrutura	Juntas	0 - A classificar	3 - Regular	3 - Regular
4	Superestrutura	Lajes	4 - Boa	4 - Boa	0 - A classificar
4	Superestrutura	Transversinas	4 - Boa	4 - Boa	0 - A classificar
3	Superestrutura	Longarinas	3 - Regular	3 - Regular	0 - A classificar
0	Mesoestrutura	Aparelhos de Apoio	0 - A classificar	4 - Boa	0 - A classificar
3	Mesoestrutura	Pilares	3 - Regular	3 - Regular	0 - A classificar
4	Mesoestrutura	Travessas	4 - Boa	4 - Boa	0 - A classificar
3	Encontros	Taludes	3 - Regular	4 - Boa	0 - A classificar
4	Encontros	Cortinas	4 - Boa	4 - Boa	0 - A classificar
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Defensa	0 - A classificar	0 - A classificar	1 - Crítica
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-rodas	0 - A classificar	0 - A classificar	2 - Ruim
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Pavimento	0 - A classificar	0 - A classificar	3 - Regular
3	Drenagem	Buzinote	3 - Regular	4 - Boa	3 - Regular
0	Drenagem	Pingadeira	0 - A classificar	0 - A classificar	4 - Boa

Fonte: DER-DF, 2022

5.8.1 Relatos fotográficos

Figura 49 - Relatório 200: Guarda rodas com ausência de dispositivo de sinalização refletiva



Fonte: DER-DF, 2022

Figura 50 - Relatório 200: Vigas e longarinas com armadura exposta e corroídas com baixo cobrimento



Fonte: DER-DF, 2022

Figura 51 - Relatório 200: Laje do tabuleiro com Concreto disgregado e armadura exposta



Fonte: DER-DF, 2022

5.8.2 Aplicação da metodologia

5.8.2.1 Fator de classificação geral (F_G)

Os dados obtidos apresentam os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Parâmetro	Peso	Nota
Estrutural	1,00	3,00
Durabilidade	0,75	3,00
Funcionalidade	0,50	1,00

Dessa forma, aplicando a equação (4), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_G = \frac{3,00 \times 1,00 + 3,00 \times 0,75 + 1,00 \times 0,50}{1,00 + 0,75 + 0,50} = 2,56$$

5.8.2.2 Fator de classificação dos elementos da OAE (F_E)

Os dados obtidos apresentam os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Estrutura	Peso	Nota
Superestrutura	0,75	3,60
Mesoestrutura	1,00	3,60
Infraestrutura*	1,00	0,00
Encontros	0,50	3,75
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	2,00
Drenagem	0,25	3,50

*As notas iguais a "zero" indicam que a estrutura não pôde ser avaliada, devendo, portanto, ser excluídas do cálculo para evitar distorções na média aritmética ponderada.

Dessa forma, aplicando a equação (5), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_E = \frac{3,60 \times 0,75 + 3,60 \times 1,00 + 3,75 \times 0,50 + 2,00 \times 0,25 + 3,50 \times 0,25}{0,75 + 1,00 + 0,50 + 0,25 + 0,25} = 3,47$$

5.8.2.3 Fator de relevância

Por fim, aplicando a equação (3), compreendendo valores truncados de modo a simplificar a apresentação dos dados, é possível obter o seguinte resultado:

$$F = \frac{2,56 + 3,47}{2} = 3,02$$

5.9 Relatório nº 631

O Relatório nº 631 diz respeito à inspeção rotineira, realizada em 14 de dezembro de 2022, de uma ponte, localizada na DF-009. A figura 52 apresenta a avaliação obtida por especialistas à época da inspeção.

Figura 52 - Relatório 631

Nota estrutural	4	Boa
Nota durabilidade	4	Boa
Nota funcionalidade	2	Ruim

DF007 007EDF0030 ENTR. DF-009 (EPPN) - ENTR. DF-002 (PONTE DO BRAGHETTO) DF007 Km 1,970

Tipo estrutural Histórico

Concreto Protendido 14/12/2022 | Inspeção Rotineira

Observações

Nota 2 para o parâmetro funcional refere-se a ausência dos dispositivos refletivos no guarda rodas

Estruturais/Situação							
Superestrutura:		Boa		Mesoestrutura:		Boa	
Infraestrutura:		Boa		Encontros:		Regular	
Elementos e Acessórios de Segurança:		Boa		Drenagem:			
Nota	Estrutura	Elemento	Nota durabilidade	Nota estrutural	Nota funcionalidade		
4	Superestrutura	Alas	4 - Boa	4 - Boa			
0	Superestrutura	Juntas	0 - A classificar	4 - Boa	4 - Boa		
4	Superestrutura	Lajes	4 - Boa	4 - Boa			
4	Mesoestrutura	Pilares	4 - Boa	4 - Boa			
4	Infraestrutura	Infraestrutura	4 - Boa	4 - Boa			
0	Encontros	Encabeçamentos	0 - A classificar	0 - A classificar			
3	Encontros	Laje de Transição	3 - Regular	0 - A classificar	4 - Boa		
4	Encontros	Taludes	4 - Boa	4 - Boa			
4	Encontros	Cortinas	4 - Boa	4 - Boa			
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Defensa	0 - A classificar	0 - A classificar	4 - Boa		
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-corpo	0 - A classificar	0 - A classificar	4 - Boa		
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-rodas	0 - A classificar	0 - A classificar	2 - Ruim		
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Passeio	0 - A classificar	0 - A classificar	3 - Regular		
4	Elementos e Acessórios de Segurança	Pavimento	4 - Boa	0 - A classificar	4 - Boa		
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Outros	0 - A classificar	0 - A classificar			
0	Drenagem	Buzinote	0 - A classificar	0 - A classificar	3 - Regular		
0	Drenagem	Outros	0 - A classificar	0 - A classificar			
0	Drenagem	Pingadeira	0 - A classificar	0 - A classificar			

Fonte: DER-DF, 2022

5.9.1 Relatos fotográficos

Figura 53 - Relatório 631: Laje da transição com fissuras



Fonte: DER-DF, 2022

Figura 54 - Relatório 631: Cortina com marcas de infiltração



Fonte: DER-DF, 2022

Figura 55 - Relatório 631: Guarda rodas com ausência de dispositivo de sinalização refletiva



Fonte: DER-DF, 2022

5.9.2 Aplicação da metodologia

5.9.2.1 Fator de classificação geral (F_G)

Os dados obtidos apresentam os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Parâmetro	Peso	Nota
Estrutural	1,00	4,00
Durabilidade	0,75	4,00
Funcionalidade	0,50	2,00

Dessa forma, aplicando a equação (4), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_G = \frac{4,00 \times 1,00 + 4,00 \times 0,75 + 2,00 \times 0,50}{1,00 + 0,75 + 0,50} = 3,56$$

5.9.2.2 Fator de classificação dos elementos da OAE (F_E)

Os dados obtidos apresentam os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Estrutura	Peso	Nota
Superestrutura	0,75	4,00
Mesoestrutura	1,00	4,00
Infraestrutura	1,00	4,00
Encontros	0,50	3,83
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	3,50
Drenagem	0,25	3,00

Dessa forma, aplicando a equação (5), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_E = \frac{4,00 \times 0,75 + 4,00 \times 1,00 + 4,00 \times 1,00 + 3,83 \times 0,50 + 3,50 \times 0,25 + 3,00 \times 0,25}{0,75 + 1,00 + 1,00 + 0,25 + 0,25} = 3,88$$

5.9.2.3 Fator de relevância

Por fim, aplicando a equação (3), compreendendo valores truncados de modo a simplificar a apresentação dos dados, é possível obter o seguinte resultado:

$$F = \frac{2,56 + 3,88}{2} = 3,72$$

5.10 Relatório nº 632

O Relatório nº 632 diz respeito à inspeção rotineira, realizada em 14 de dezembro de 2022, de uma ponte, localizada na DF-009. A figura 56 apresenta a avaliação obtida por especialistas à época da inspeção.

Figura 56 - Relatório 632

Nota estrutural 3 Regular					
Nota durabilidade 3 Regular					
Nota funcionalidade 2 Ruim					
DF007 007EDF0030 ENTR. DF-009 (EPPN) - ENTR. DF-002 (PONTE DO BRAGHETTO) DF007 Km 2,003					
Tipo estrutural Histórico					
Concreto Protendido 14/12/2022 Inspeção Rotineira					
Observações					
Defensa metálicas e guarda rodas com ausência de dispositivo de sinalização refletiva.					
Estruturais/Situação					
Superestrutura: Regular			Mesoestrutura: Boa		
Infraestrutura: Boa			Encontros: Regular		
Elementos e Acessórios de Segurança: Boa			Drenagem: Boa		
Nota	Estrutura	Elemento	Nota durabilidade	Nota estrutural	Nota funcionalidade
4	Superestrutura	Alas	4 - Boa	4 - Boa	4 - Boa
4	Superestrutura	Juntas	4 - Boa	4 - Boa	4 - Boa
3	Superestrutura	Lajes	3 - Regular	3 - Regular	4 - Boa
4	Mesoestrutura	Aparelhos de Apoio	4 - Boa	4 - Boa	
4	Mesoestrutura	Pilares	4 - Boa	4 - Boa	
4	Infraestrutura	Infraestrutura	4 - Boa	4 - Boa	
4	Encontros	Laje de Transição	4 - Boa	4 - Boa	4 - Boa
3	Encontros	Taludes	3 - Regular	4 - Boa	4 - Boa
4	Elementos e Acessórios de Segurança	Defensa	4 - Boa	4 - Boa	2 - Ruim
4	Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-corpo	4 - Boa	4 - Boa	4 - Boa
4	Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-rodas	4 - Boa	4 - Boa	2 - Ruim
4	Elementos e Acessórios de Segurança	Passeio	4 - Boa	4 - Boa	4 - Boa
4	Elementos e Acessórios de Segurança	Pavimento	4 - Boa	4 - Boa	4 - Boa
4	Drenagem	Buzinote	4 - Boa	4 - Boa	4 - Boa
4	Drenagem	Descida d'água	4 - Boa	4 - Boa	4 - Boa
4	Drenagem	Pingadeira	4 - Boa	4 - Boa	4 - Boa

Fonte: DER-DF, 2022

5.10.1 Relatos fotográficos

Figura 57 - Relatório 632: Talude com erosão acentuada e ausência de revestimento



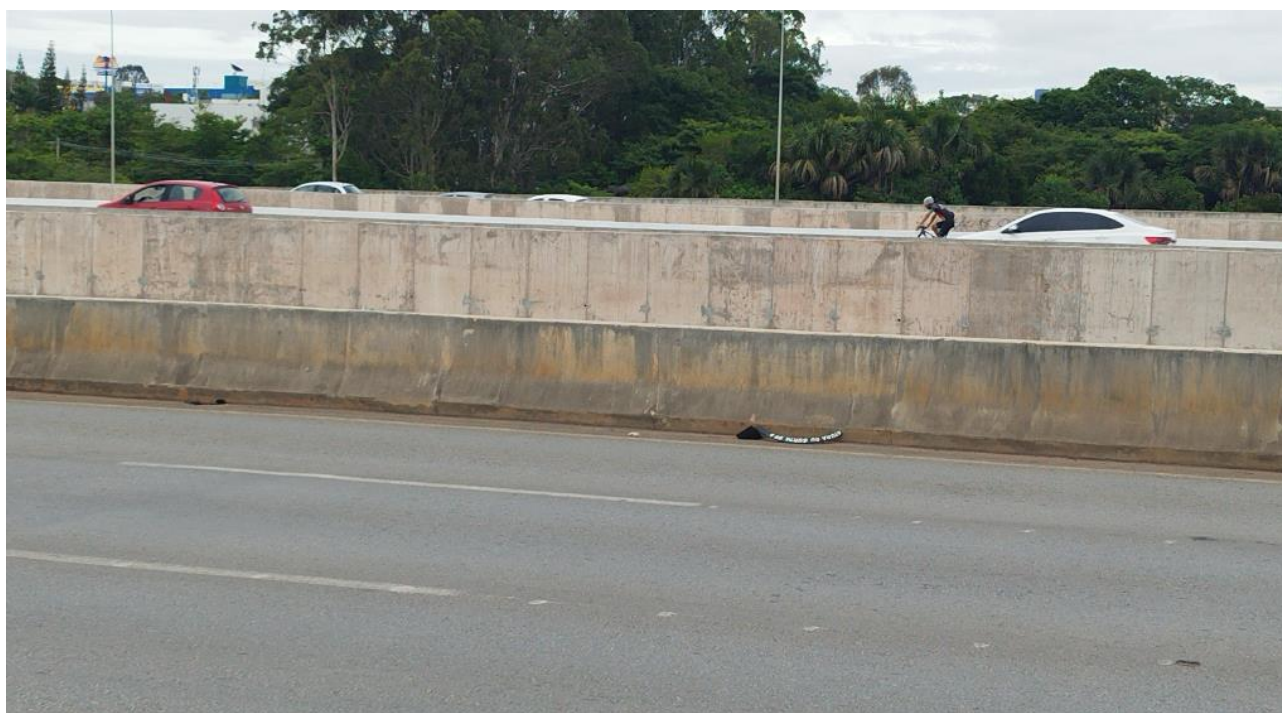
Fonte: DER-DF, 2022

Figura 58 - Relatório 632: Laje de transição com fissuras e vegetação



Fonte: DER-DF, 2022

Figura 59 - Relatório 632: Guarda rodas com ausência de dispositivo de sinalização refletiva



Fonte: DER-DF, 2022

5.10.2 Aplicação da metodologia

5.10.2.1 Fator de classificação geral (F_G)

Os dados obtidos apresentação os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Parâmetro	Peso	Nota
Estrutural	1,00	3,00
Durabilidade	0,75	3,00
Funcionalidade	0,50	2,00

Dessa forma, aplicando a equação (4), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_G = \frac{3,00 \times 1,00 + 3,00 \times 0,75 + 2,00 \times 0,50}{1,00 + 0,75 + 0,50} = 2,78$$

5.10.2.2 Fator de classificação dos elementos da OAE (F_E)

Os dados obtidos apresentação os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Estrutura	Peso	Nota
Superestrutura	0,75	3,78
Mesoestrutura	1,00	4,00
Infraestrutura	1,00	4,00
Encontros	0,50	3,83
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	3,73
Drenagem	0,25	4,00

Dessa forma, aplicando a equação (5), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_E = \frac{3,78 \times 0,75 + 4,00 \times 1,00 + 4,00 \times 1,00 + 3,83 \times 0,50 + 3,73 \times 0,25 + 4,00 \times 0,25}{0,75 + 1,00 + 0,50 + 0,25 + 0,25} = 3,92$$

5.10.2.3 Fator de relevância

Por fim, aplicando a equação (3), compreendendo valores truncados de modo a simplificar a apresentação dos dados, é possível obter o seguinte resultado:

$$F = \frac{2,78 + 3,92}{2} = 3,35$$

5.11 Relatório nº 659

O Relatório nº 659 diz respeito à inspeção rotineira, realizada em 14 de dezembro de 2022, de uma ponte, localizada na DF-007. A figura 60 apresenta a avaliação obtida por especialistas à época da inspeção.

Figura 60 - Relatório 659

Nota estrutural	4	Boa
Nota durabilidade	2	Ruim
Nota funcionalidade	1	Crítica

DF007 007EDF0030 ENTR. DF-009 (EPPN) - ENTR. DF-002 (PONTE DO BRAGHETTO) DF007 Km 1,996

Tipo estrutural Histórico
 Concreto Protendido 19/12/2022 | Inspeção Rotineira
 Observações

Nota 2 para o parâmetro funcional refere-se a ausência da defesa metálica

Nota 1 para o parâmetro funcional refere-se aos empoçamentos de água observados no pavimento

Nota 2 para o parâmetro funcional e estrutural refere-se as fissuras observadas no pilar 1 com abertura superior o limite especificado por norma

Estruturais/Situação					
Superestrutura:			Mesoestrutura:	Ruim	
Infraestrutura:			Encontros:	Regular	
Elementos e Acessórios de Segurança:			Drenagem:	Regular	
Nota	Estrutura	Elemento	Nota durabilidade	Nota estrutural	Nota funcionalidade
4	Superestrutura	Alas	4 - Boa	4 - Boa	
0	Superestrutura	Juntas	0 - A classificar	4 - Boa	4 - Boa
3	Superestrutura	Lajes	3 - Regular	4 - Boa	
0	Mesoestrutura	Aparelhos de Apoio	0 - A classificar	4 - Boa	
2	Mesoestrutura	Pilares	2 - Ruim	2 - Ruim	
4	Infraestrutura	Infraestrutura	4 - Boa	4 - Boa	
3	Encontros	Laje de Transição	3 - Regular	0 - A classificar	3 - Regular
3	Encontros	Taludes	3 - Regular	4 - Boa	
0	Elementos e Acessórios de Segurança	Defensa	0 - A classificar	0 - A classificar	2 - Ruim
4	Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-corpo	4 - Boa	0 - A classificar	4 - Boa
4	Elementos e Acessórios de Segurança	Guarda-rodas	4 - Boa	0 - A classificar	2 - Ruim
3	Elementos e Acessórios de Segurança	Passeio	3 - Regular	0 - A classificar	3 - Regular
3	Elementos e Acessórios de Segurança	Pavimento	3 - Regular	0 - A classificar	1 - Crítica
3	Drenagem	Buzinote	3 - Regular	0 - A classificar	3 - Regular
4	Drenagem	Descida d'água	4 - Boa	0 - A classificar	3 - Regular

Fonte: DER-DF, 2022

5.11.1 Relatos fotográficos

Figura 61 - Relatório 659: Laje com concreto disgregado



Fonte: DER-DF, 2022

Figura 62 - Relatório 659: Pilar 7 com concreto disgregado



Fonte: DER-DF, 2022

Figura 63 - Relatório 659: Guarda rodas com ausência de dispositivo de sinalização refletiva



Fonte: DER-DF, 2022

5.11.2 Aplicação da metodologia

5.11.2.1 Fator de classificação geral (F_G)

Os dados obtidos apresentação os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Parâmetro	Peso	Nota
Estrutural	1,00	4,00
Durabilidade	0,75	2,00
Funcionalidade	0,50	1,00

Dessa forma, aplicando a equação (4), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_G = \frac{4,00 \times 1,00 + 2,00 \times 0,75 + 1,00 \times 0,50}{1,00 + 0,75 + 0,50} = 2,67$$

5.11.2.2 Fator de classificação dos elementos da OAE (F_E)

Os dados obtidos apresentação os seguintes parâmetros para definir o fator de classificação geral:

Estrutura	Peso	Nota
Superestrutura	0,75	3,83
Mesoestrutura	1,00	2,67
Infraestrutura	1,00	4,00
Encontros	0,50	3,25
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	2,89
Drenagem	0,25	3,25

Dessa forma, aplicando a equação (5), é possível obter o seguinte resultado:

$$F_E = \frac{3,83 \times 0,75 + 2,67 \times 1,00 + 4,00 \times 1,00 + 3,25 \times 0,50 + 2,89 \times 0,25 + 3,25 \times 0,25}{0,75 + 1,00 + 0,50 + 0,25 + 0,25} = 3,39$$

5.11.2.3 Fator de relevância

Por fim, aplicando a equação (3), compreendendo valores truncados de modo a simplificar a apresentação dos dados, é possível obter o seguinte resultado:

$$F = \frac{2,67 + 3,39}{2} = 3,03$$

6. RESULTADOS

Finalmente, adotou-se o método proposto para avaliar o desempenho do Fator de relevância na tomada de decisões. Os resultados para os onze relatórios de inspeção, apresentado no item 5 do presente relatório, estão detalhados na tabela 9.

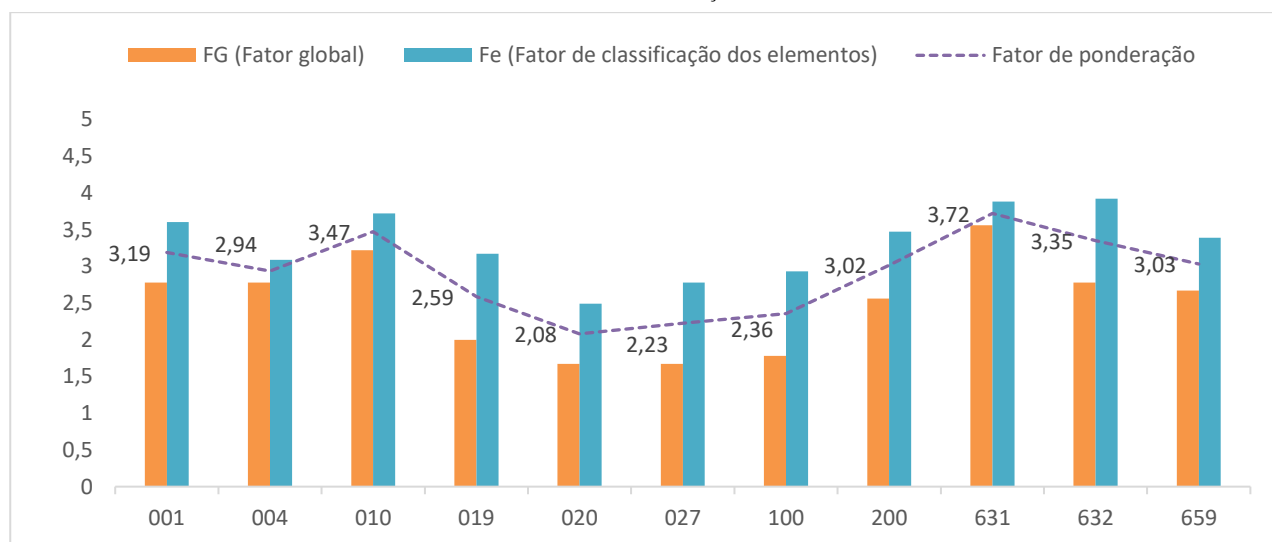
Tabela 9 - Tabela de resultados

Relatório	Localização	Fg (Fator global)	Fe (Fator estrutural)	Fator de relevância
001	Ponte sobre Rio Urubu	2,78	3,60	3,19
004	Viaduto 1 na DF003	2,78	3,09	2,94
010	Ponte 2 sobre Ribeirão do Torto	3,22	3,72	3,47
019	Viaduto 1 sobre a DF-003 na DF-085	2,00	3,17	2,59
020	Viaduto 2 sobre a DF-003 na DF-085	1,67	2,49	2,08
027	Ponte 2 sobre Ribeirão Sobradinho	1,67	2,78	2,23
100	Viaduto de acesso a Candangolandia	1,78	2,93	2,36
200	Ponte sobre Rio Jardim na DF-260	2,56	3,47	3,02
631	Ponte do Braghetto Eixo W	3,56	3,88	3,72
632	Ponte do Braghetto Eixo L	2,78	3,92	3,35
659	Ponte Central do Braghetto	2,67	3,39	3,03

Fonte: Autora

De modo complementar o gráfico 2 apresenta a correlação dos fatores propostos.

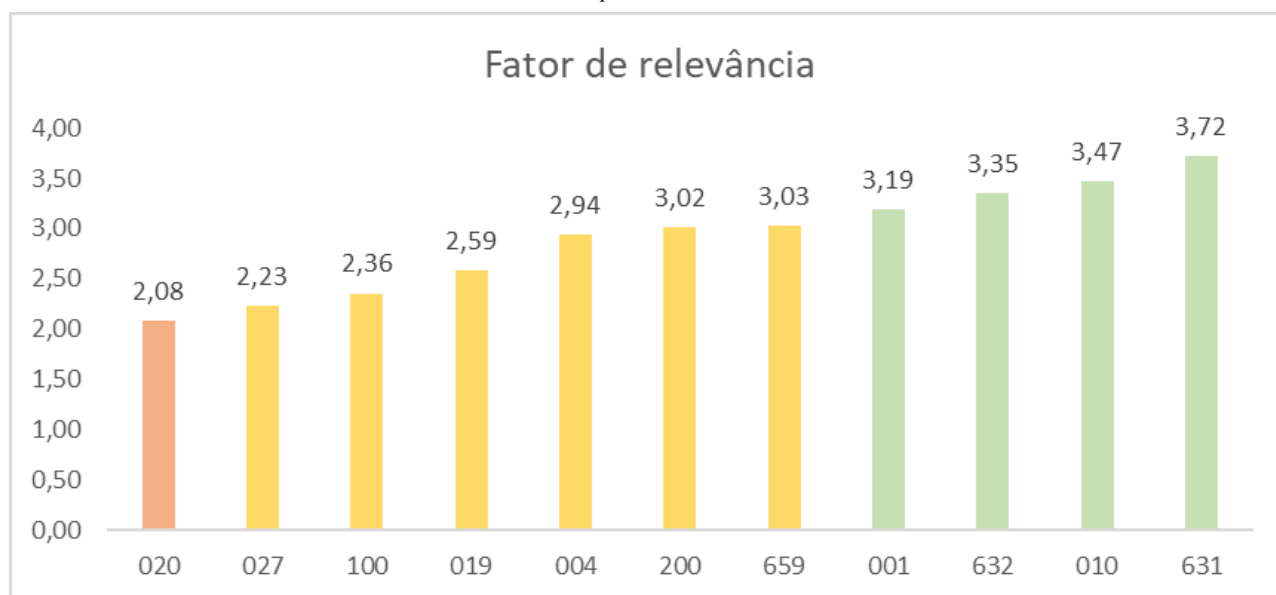
Gráfico 2 - Correlação dos fatores



Fonte: Autora

Com base nos dados apresentados, seguindo a lógica da análise de criticidade estabelecida na norma ABNT NBR 9452:2019, observa-se que quanto menor o Fator de relevância, maior é a necessidade de intervenção para manutenção. Nesse contexto, o gráfico 3 representa essa tomada de decisão, destacando a ordem de prioridade para a manutenção das pontes e viadutos inspecionados.

Gráfico 3- Ordem de prioridade com base no fator de relevância



Fonte: Autora

Além disso, para esclarecer a disposição das OAEs seguindo o mesmo critério da matriz de vulnerabilidade no âmbito do Distrito Federal, a figura 64 apresenta essa configuração.

Figura 64 - Disposição das OAEs no mapa



Fonte: Google Earth

Com o objetivo de verificar a consistência dos resultados, nota-se que nos registros fotográficos das inspeções classificadas como mais críticas (*i.e.*, relatório 020, 027 e 100), localizadas em Taguatinga, Sobradinho e Candangolândia, respectivamente, evidências de pilares com concreto desagregado e armadura exposta, lajes exibindo sinais de impacto de veículos e ruptura das armaduras positivas, além de guarda-corpos apresentando fissuras.

Taguatinga, por exemplo, é uma das áreas mais movimentadas do Distrito Federal, com uma população de aproximadamente 210.000 habitantes e um intenso tráfego de veículos devido à presença de centros comerciais e a uma densa rede de transporte público. O fluxo elevado aumenta a demanda sobre a infraestrutura, tornando ainda mais crítica a necessidade de manutenção e reparo das estruturas viárias. Em Sobradinho, com cerca de 140.000 habitantes, a BR-020 é uma rota vital que conecta a região a outras partes do Distrito Federal, contribuindo para um tráfego substancial e, conseqüentemente, para o desgaste acelerado das estruturas. Por sua vez, Candangolândia, apesar de ter uma população menor, com cerca de 40.000 habitantes, está situada em uma localização estratégica que influencia o tráfego de acesso a áreas vizinhas e à capital, exacerbando o impacto sobre suas infraestruturas. Os referidos dados foram embasados por meio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022).

O elevado volume de tráfego nessas regiões não só aumenta o desgaste das estruturas, como também eleva os riscos associados à segurança dos usuários. Portanto, a necessidade de inspeções regulares e de intervenções de manutenção é crucial para garantir a segurança e a funcionalidade contínua dessas importantes vias. A gestão proativa da infraestrutura, considerando o intenso fluxo de pessoas e veículos, é fundamental para prevenir acidentes e assegurar a integridade das estruturas viárias.

É fundamental destacar que todos os fatores de ponderação abordados neste estudo foram rigorosamente fundamentados nas normas vigentes, com ênfase especial na ABNT NBR 9452:2019.

Esta norma é indiscutivelmente relevante no campo da engenharia e manutenção de infraestruturas, estabelecendo uma hierarquia clara nos critérios de classificação das condições das Obras de Arte Especiais (OAE). No entanto, durante a condução deste estudo, houve uma atualização para a ABNT NBR 9452:2023. Vale ressaltar que, metodologicamente, os fatores propostos mantiveram os pesos estabelecidos, e as inspeções foram realizadas com base no normativo vigente na época, ou seja, ABNT NBR 9452:2019. Portanto, para o estudo em tela, preservou-se a coerência das informações.

O Fator de relevância apresentado nos resultados tem como objetivo principal alinhar de maneira eficiente a abordagem dos parâmetros e premissas definidos na referida norma, facilitando assim a tomada de decisões. No entanto, é crucial salientar que isso não exime a necessidade da atuação de um profissional qualificado para conduzir as vistorias e inspeções nas OAEs. Este profissional desempenha um papel fundamental, mantendo a responsabilidade e a relevância necessárias para garantir a precisão e a integridade das avaliações realizadas.

7. CONCLUSÃO

As obras de arte especiais (*e.g.*, pontes e viadutos) são essenciais para assegurar o desenvolvimento econômico nacional e funcionam como canais vitais de transporte (Zhang et al., 2022; Zhao et al., 2021). A manutenção adequada desses elementos é essencial para garantir a segurança e durabilidade dessas estruturas fundamentais para a infraestrutura urbana. No âmbito da gestão pública, a implementação do Fator de relevância, proposto neste estudo, emerge como uma ferramenta crucial na orientação das decisões relacionadas à manutenção dessas construções.

Ao considerar os desafios significativos enfrentados pelos gestores públicos na conservação de pontes e viadutos, o Fator de relevância se destaca como um aliado estratégico na tomada de decisões. Essa abordagem possibilita uma avaliação ponderada e objetiva das condições das estruturas, oferecendo uma metodologia sólida fundamentada nas premissas dos normativos vigentes. Isso proporciona uma base robusta para priorizar intervenções e alocar recursos de maneira eficiente, alinhando-se com os requisitos estabelecidos pelas normativas aplicáveis.

A coerência metodológica foi claramente evidenciada nos resultados, os quais mantiveram congruência com os relatórios encaminhados pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER/DF). Tal consistência reforça a validade e eficácia do Fator de relevância proposto, contribuindo para a confiança na aplicação da metodologia.

Os resultados obtidos por meio do Fator de relevância oferecem *insights* valiosos sobre a criticidade das diversas OAEs, especialmente quando vinculado à matriz de risco, destacando aquelas que requerem atenção imediata.

Especificamente em relação ao DER-DF, sugere-se considerar a importância de cada elemento, conforme sugere a ABNT NBR 9452:2023, dentro dos relatórios de inspeção, visando melhorar a assertividade das tomadas de decisão.

Em última análise, a implementação do Fator de relevância para orientar a manutenção das OAEs não apenas ressalta a importância da gestão eficaz dessas estruturas, mas também evidencia o compromisso com a segurança pública e a sustentabilidade de longo prazo da infraestrutura urbana. Ao investir em práticas de manutenção fundamentadas em dados estatísticos e normativos vigentes, o gestor público não apenas preserva o patrimônio público, mas também garante um ambiente seguro e funcional para os cidadãos que dependem diariamente dessas estruturas essenciais.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASÍLIA. Viaduto Ayrton Sena. 2020 Disponível em: <https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2020/12/21/guarda-corpo-do-viaduto-ayrton-senna-ganha-nova-estrutura/>. Acesso em 6 de setembro de 2023.

AMERICA SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS - ASCE. **Report Card of America's Infrastructure**. 2021.

AMORIM D. Técnica de analogia de grelha associada a um modelo de pórtico para análise do comportamento de sistemas estruturais de pontes. 2012.

ARAÚJO C. **Vistoriando obras de arte especiais**. Revista notícias da construção. 2014. Disponível em: https://issuu.com/sind_issuu/docs/revista_ed_138_web. Acesso em 05 de agosto de 2023.

ARCHDAILY BRASIL. Passarela do Aeroporto de Congonhas. 2018. ArchDaily Brasil. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/901291/passarela-do-aeroporto-de-congonhas-estudio-artigas-plus-h2c-arquitetura>. Acesso em 05 de setembro de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 9452. **Vistoria de pontes e viadutos de concreto**, Rio de Janeiro, 2019.

_____. NBR 16747: Inspeção Predial: Diretrizes, conceitos, terminologias e procedimento. Rio de Janeiro (RJ). 2020.

_____. ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento, Rio de Janeiro. 2014.

_____. ABNT NBR 15575. **Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.

BERTOLINI, L. **Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 414 p

Bianca M. N. Ferramentas da qualidade - matriz de risco de probabilidade e impacto

BRANS, J. P., & MARESCHAL, B. **Multiple criteria decision analysis - state of the art**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 2005.

Brasil. Ministério dos Transportes. **Mapas nacionais e Bases georreferenciadas. 2024**. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/dados-de-transportes/bit/bit-mapas>. Acesso em: 2 de agosto de 2024.

CAPITAL SP. Secretaria Especial de Comunicação. Prefeitura investe R\$ 1,64 bilhão no maior programa de reforma e manutenção de pontes e viadutos da cidade. 2023. Disponível em: <https://www.capital.sp.gov.br/noticia/prefeitura-investe-r-1-64-bilhao-no-maior-programa-de-reforma-e-manutencao-de-pontes-e-viadutos-da-cidade-1>. Acesso em 05 de agosto de 2023.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE - CNT. **Rodovias brasileiras apresentam piora de qualidade**. 2022. Disponível em: <https://cnt.org.br/agencia-cnt/rodovias-brasileiras-apresentam-piora-de-qualidade>. Acesso em: 17 de maio de 2023.

CORREIO BRAZILIENSE - CB. **Atenção aos viadutos do DF**. 2021. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/cidades-df/2021/10/4957173-atencao-aos-viadutos-do-df.html>. Acesso em: 18 de maio de 2023.

COSTA G. e SOUZA V. **Conservação e manutenção de pontes e de obras de arte especiais**. 2021. Disponível em: https://www.opet.com.br/faculdade/revista-engenharias/pdf/v2n2/ConservacaoEManutencaoDePontesEDeObrasDeArteEspeciais_v2n2-7.pdf. Acesso em: 18 de abril de 2023.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO PARANÁ - DER/PR. Manual técnico de recuperação de estruturas de obras de arte especiais. 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - DNER. **Manual de manutenção de obras de arte especiais - OAEs**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), 2016.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Relatório de gestão**. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/aceso-a-informacao/auditorias-antiga/relatorio-de-gestao/copy_of_RelatriodeGesto2023.pdf. Acessado em 08 de agosto de 2024.

_____. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários**. 159p. (IPR. Publicacao, 744). Rio de Janeiro, 2004.

DISTRITO FEDERAL. **Plano Rodoviário do Distrito Federal. Decreto nº 9, de 30 de junho de 1960**. Disponível em: https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/14/Decreto_9_09_06_1960.html. Acesso em 10 de agosto de 2023.

DOURO CRUZEIROS. Pontes do Porto. Disponível em: <https://www.cruzeiros-douro.pt/pt/blog/historia-e-curiosidades/factos-e-mitos-sobre-as-6-pontes-do-porto>. Acesso em 6 de setembro de 2023.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. **Sistemas de Banco de Dados**. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2005.

E.E.M. Diaz, F.N. Moreno, J. Mohammadi. **Investigation of common causes of bridge collapse in Colombia**. Practice Periodical on Structural Design and Construction, 2009.

FEIJOO, AMLC. **Medidas de tendência central**. In: A pesquisa e a estatística na psicologia e na educação [online]. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2010.

FERREIRA. **Inspeção e monitoramento de obras de arte especiais com vista a manutenção preditiva**. 2018. 117 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica.

FLICKR. **Ícones de Brasília -Tesourinhas**. 2017. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/secretariadeturismododf/36855796495>. Acessado em 10 de agosto de 2024.

FHWA - FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. 2011. **Bridge Preservation Guide: Maintaining a State of Good Repair Using Cost Effective Investment Strategies**. U.S. Department of transportation.

GALIMI S. BUZAR M e PANTOJA J. **Índice de Requalificação da Infraestrutura Urbana: o viaduto central em Brasília**. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cm/a/bbXvjK8Yt5jbNbvntLVVZ8H/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 de abril de 2023.

HARIK, A.M. SHAABAN, H. GESUND, et al. **United States bridge failures, 1951-1988**. Journal of Performance of Constructed Facilities.1990.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Cidades e Estados**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/df.html>. Acessado em 28 de agosto de 2024.

INFRA S.A. **A importância do modo rodoviário para o brasil**. Brasília, DF: Infra S.A., 2022. Disponível em: <https://www.infrasa.gov.br/wp-content/uploads/2024/04/A-Importancia-do-Modo-Rodoviario-para-o-Brasil.pdf>. Acesso em: 2 de agosto de 2024.

LEE, S.B. MOHAN, C. HUANG, et al. **A Study of U.S. Bridge Failures (1980-2012)**. State University of New York at Buffalo, New York, 2013.

MORGESE, F. ANSARI, M. DOMANESCHI, et al. **Post-collapse analysis of Morandi's Polcevera viaduct in Genoa Italy**. Journal of Civil Structural Health Monitoring, 2020.

NOCTULA. **Passagens Verdes**. 2022. Disponível em: <https://noctula.pt/passagens-verdes-como-ajudar-os-animais-a-atravesar-a-estrada/>. Acesso em: 28 de agosto de 2023.

OFF TO TRAVEL. **Segóvia: A cidade de pedras de Castilha**. 2019. Disponível em: <https://www.offtotravel.com.br/espanha-segovia/>. Acesso em: 20 de abril de 2023.

OLIVEIRA, A. L. A. **Método Acoplado Integridade e Segurança - Mais para a Avaliação de Patrimônios Históricos em Estruturas de Concreto Armado.** 2021.

PEDRYCZ, W.; EKEL, P. Y.; PARREIRAS, R. O. **Fuzzy Multicriteria Decision-Making: Models, Methods and Applications.** First. [S.l.]: Wiley, 2011.

PEARSON, N. DELATTE. **Collapse of the Quebec bridge, 1907.** Journal of Performance of Constructed Facilities. 2006.

PENG, J. SHEN, X. TANG, et al. **Review, analysis, and insights on recent typical bridge failures.** China Journal of Highway and Transport, 2019.

ROMAKRISHNAN, R.; GEHRKE, J. **Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados.** 3. ed. Porto Alegre: AMGH Editora, 2008.

SANTARSIERO, G., MASI, A., PICCIANO, V., e DIGRISOLO, A. **The Italian guidelines on risk classification and management of bridges:** Applications and remarks on large scale risk assessments. Infrastructures. 2021.

SOLIMAN et. al. **Life-cycle of structural systems: recent achievements and future directions.** Structure and Infrastructure Engineering. 2016.

SITTER. **Lei da Evolução de Custos ou Lei de Sitter.** 2024. . Disponível em: <https://www.guiadaengenharia.com/lei-custos-sitter/>. Acesso em 6 de setembro de 2023.

THEO U. G. SENE. O que é um Banco de Dados e qual sua importância. 2021. Disponível em: <https://icmcjunior.com.br/o-que-e-um-banco-de-dados-e-qual-sua-importancia/>.

VALERIANO ALVES, R. **Pontes.** In: Oficina de Textos - 1a Edicao. ISBN:9786586235173. 2021.

VERLY, R. C. Avaliação de Metodologias de Inspeção como Instrumento de Priorização de Intervenções em Obras de Arte Especiais.198p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil). Universidade de Brasília. 2015.

VINCKE, P. Multicriteria decision-aid. Chichester: John Wiley & Sons. 1992.

VITÓRIO J. **Uma análise das Falhas Estruturais em Obras de Arte Especiais.** 2021. Disponível em: http://www.abpe.org.br/trabalhos2021/ID_002.pdf. Acesso em: 12 de abril de 2023.

VITÓRIO, J. **Vitorias, Conservação e Gestão de Pontes e Viadutos de Concreto.** 48º Congresso Brasileiro do Concreto. Rio de Janeiro, IBRACON, 2006.

W. COOK, P.J. BARR, M.W. HALLING. Bridge failure rate. Journal of Performance of Constructed Facilities, 2015.

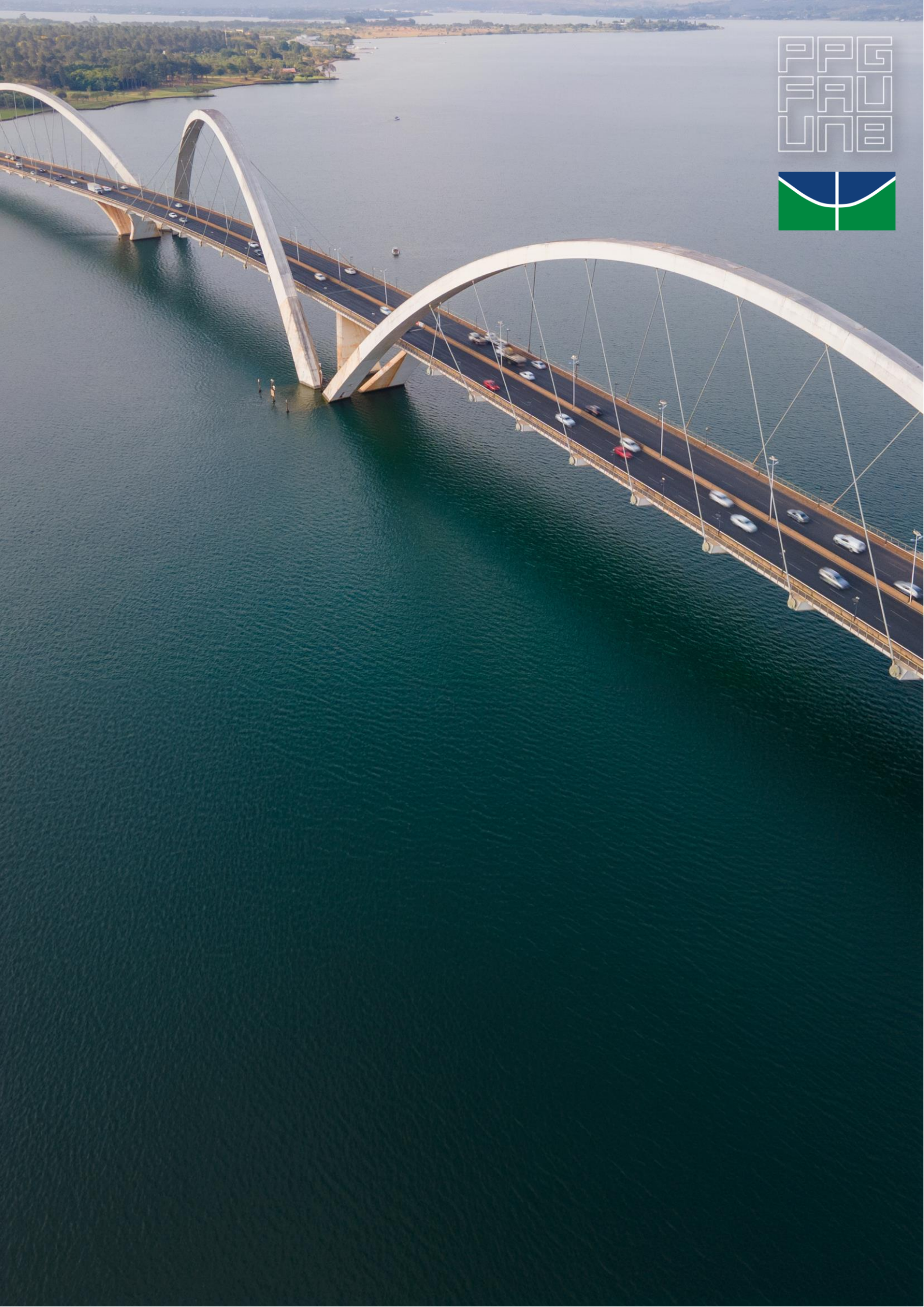
ZHANG, G., LIU, Y., LIU, J., et al., 2022. **Causes and statistical characteristics of bridge failures: a review.** Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition) 9 (3), 388e406.

ZHAO, T., GOU, H., CHEN, X., ET AL., 2021. **State-of-the-art review of bridge informatization and intelligent bridge in 2020.** Journal of Civil and Environmental Engineering 43 (S1), 268e279.

ZANINI ET AL. Bridge residual service-life prediction through Bayesian visual inspection and data updating. Structure and Infrastructure Engineering. 2017.

9. APÊNDICE A - CALCULADORA ITERATIVA

O arquivo constando a calculadora iterativa com a metodologia proposta no estudo em epígrafe, encontra-se apenso a este documento, nomeado “I.01 Calculadora_Iterativa.xlsx”.



PPG
FAU
UNA

