



**FATOR DE RELEVÂNCIA ESTRUTURAL COMO CRITÉRIO NA
TOMADA DE DECISÃO DO GESTOR PÚBLICO PARA
INTERVENÇÕES NAS OAs CONTEMPLADAS PELO
PROGRAMA DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DE
ESTRUTURAS-PROARTE**

Neil Armstrong Sousa Barbosa

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

Coorientador: Joao da Costa Pantoja, Doutor (FAU- Unb)

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO – FAU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO –
PPG-FAU

**FATOR DE RELEVÂNCIA ESTRUTURAL COMO CRITÉRIO NA TOMADA DE DECISÃO DO
GESTOR PÚBLICO PARA INTERVENÇÕES NAS OAEs CONTEMPLADAS PELO PROGRAMA DE
MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS-PROARTE.**

Neil Armstrong Sousa Barbosa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília como requisito 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

Brasília, 2025

BARBOSA, N. A. S.

FATOR DE RELEVÂNCIA ESTRUTURAL COMO CRITÉRIO NA TOMADA DE DECISÃO DO GESTOR PÚBLICO PARA INTERVENÇÕES NAS OAEs CONTEMPLADAS PELO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS-PROARTE.

Neil Armstrong Sousa Barbosa;

Márcio Augusto Roma Buzar - Brasília, 2024. 158 p.

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

Universidade de Brasília, 2025

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

**FATOR DE RELEVÂNCIA ESTRUTURAL COMO CRITÉRIO NA TOMADA DE DECISÃO
DO GESTOR PÚBLICO PARA INTERVENÇÕES NAS OAEs CONTEMPLADAS PELO
PROGRAMA DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS-PROARTE.**

NEIL ARMSTRONG SOUSA BARBOSA

Dissertação 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.

Comissão Examinadora:

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

Joao da Costa Pantoja, Doutor (FAU- Unb) (Coorientador)

Marco Aurélio Souza Bessa, Doutor (UniCEUB) (Examinador Externo)

Brasília, 2025

AGRADECIMENTOS

Em memória do meu pai, Antônio dos Santos Barbosa, que, na sua imensa sabedoria, nos incutiu que a herança a ser deixada é o conhecimento.

Agradeço à minha família. Especialmente à minha esposa, Ana Paula de Oliveira Fernandes, que sempre apoiou minhas escolhas. As Marias da minha vida: Maria de Jesus Sousa (in memori), minha vó; Maria José Sousa Barbosa, minha mãe; e Maria Luisa Fernandes Barbosa, minha filha. Além do meu filho, Lucas Yuri Fernandes Barbosa.

A Barbosada: Soraya, Jack, Yona, Winston, Roosevelt, Jeferson, cunhado, cunhadas e os sobrinhos.

Aos amigos que nunca saíram do meu lado e continuam na minha jornada.

Ao engenheiro Davi Santos Ribeiro, pelo apoio no uso do Excel e aferição dos gráficos gerados.

Aos professores e orientadores Márcio Augusto Roma Buzar — que, sem seu incentivo, não teria conseguido terminar este trabalho — e João da Costa Pantoja, pelas críticas pertinentes.

À sociedade brasileira, que, apesar dos percalços, resiste em manter um sistema de educação público e gratuito.

RESUMO

As pontes e os viadutos são de fundamental importância para o desenvolvimento da sociedade, pois integram as ruas urbanas e as rodovias, viabilizando o transporte de mercadorias e de pessoas. Um sistema de gestão de OAEs, entendido como um sistema organizacional auxiliar e de apoio à decisão, é constituído por um conjunto de atividades inter-relacionadas, voltadas ao registro e à análise de todas as informações que possam contribuir para a redução do custo total de administração dessas obras, considerando todos os aspectos envolvidos — desde o planejamento, a execução e a manutenção, até as intercorrências que eventualmente ocorram. Este trabalho apresenta a contextualização do problema, com uma retrospectiva histórica e considerações gerais sobre as principais preocupações inerentes à concepção de um sistema de gestão de pontes, bem como a forma como essas preocupações são abordadas em alguns países do mundo. São também apresentados dados sobre a situação das pontes nas rodovias federais do Brasil e do estado do Maranhão, com base em informações fornecidas pelo DNIT — Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes —, órgão responsável pelas rodovias federais no estado. Esses dados compõem um cadastro que reúne níveis variados de informação, abrangendo desde localização e dimensões em planta até resultados de inspeções, croquis, fotos, coordenadas geográficas e outras fontes complementares. A análise desses dados proporciona um maior conhecimento sobre a realidade das OAEs das rodovias federais no estado, fornece subsídios para o planejamento de um sistema de gestão de pontes mais compatível com essa realidade e direciona para a compreensão dos principais aspectos que norteiam as avaliações sobre o estado das mesmas, a partir de critérios que consideram os efeitos dos veículos, da fissuração, da corrosão das armaduras e da fadiga sobre a capacidade resistente do concreto e da armadura. A presente análise emprega-se da Norma ABNT NBR 9452:2023, que estabelece diretrizes para a inspeção, avaliação e classificação das condições das obras de arte especiais no Brasil. As técnicas modernas de engenharia oferecem soluções promissoras, incluindo modelagem computacional avançada e o uso de materiais inovadores, como fibras de carbono e resinas epóxi, que permitem reforçar as estruturas sem comprometer sua aparência ou função. No entanto, a implementação dessas soluções esbarra em desafios práticos, como a escassez de recursos e a complexidade das intervenções em estruturas em uso. Como proposta de melhoria, sugere-se a adoção de um Fator de Relevância (F), que consideraria a gravidade das patologias identificadas, a durabilidade das estruturas e os aspectos funcionais das OAEs. Essa abordagem permitiria uma alocação mais eficiente de recursos, direcionando esforços para as estruturas mais críticas. A preservação adequada dessas obras exige não apenas avanços tecnológicos, mas também um compromisso permanente com a manutenção preventiva e a gestão responsável do patrimônio infraestrutural do país.

Palavras-chave: Infraestrutura; Pontes; Segurança Viária; Gestão de Riscos.

ABSTRACT

Bridges and overpasses are of fundamental importance to the development of society, as they connect urban streets and highways, enabling the transport of goods and people. A bridge management system (BMS), understood as an auxiliary organizational and decision-support system, consists of a set of interrelated activities aimed at recording and analyzing all information that may contribute to reducing the total administrative cost of these structures, considering all involved aspects — from planning, execution, and maintenance to eventual incidents that may arise. This work presents a contextualization of the problem, offering a historical overview and general considerations about the main concerns inherent to the design of a bridge management system, as well as how these concerns are addressed in some countries around the world. Data on the condition of bridges on federal highways in Brazil and in the state of Maranhão are also presented, based on information provided by DNIT — the National Department of Transport Infrastructure — the agency responsible for federal highways in the state. These data form a registry that gathers various levels of information, ranging from location and layout dimensions to inspection results, sketches, photographs, geographic coordinates, and other complementary sources. The analysis of these data provides greater knowledge about the current condition of bridge structures (OAEs) on federal highways in the state, offers subsidies for planning a bridge management system that is more compatible with this reality, and guides the understanding of the main aspects that underpin evaluations of their condition. These evaluations are based on criteria that consider the effects of vehicular loads, cracking, reinforcement corrosion, and fatigue on the load-bearing capacity of concrete and reinforcement. This analysis is based on ABNT NBR 9452:2023, which establishes guidelines for the inspection, evaluation, and classification of the condition of special engineering structures in Brazil. Modern engineering techniques offer promising solutions, including advanced computational modeling and the use of innovative materials such as carbon fibers and epoxy resins, which allow for structural reinforcement without compromising the appearance or function of the structures. However, the implementation of these solutions faces practical challenges, such as limited resources and the complexity of interventions on structures that remain in service. As a proposal for improvement, the adoption of a Relevance Factor (F) is suggested, which would consider the severity of identified pathologies, structural durability, and the functional aspects of bridge structures. This approach would allow for a more efficient allocation of resources, directing efforts toward the most critical structures. The proper preservation of these structures requires not only technological advances but also a permanent commitment to preventive maintenance and the responsible management of the country's infrastructure assets.

Keywords: Infrastructure; Bridges; Road Safety; Risk Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ponte temporária do exército Brasileiro	17
Figura 2 - Ponte Juscelino Kubitschek de Oliveira após desabamento	17
Figura 3 - Ranking de competitividade para a qualidade da infraestrutura rodoviária	22
Figura 4 - Extensão da Malha Rodoviária Brasileira 2021	25
Figura 5 - Distribuição geográfica das pontes - OSM	26
Figura 6 - Mapa de obras de arte especiais - março 2023.	28
Figura 7 - Legenda do Mapa de obras de arte especiais	28
Figura 8 - Trecho estudado.....	29
Figura 9 - Implantação da BR 135	30
Figura 10 - Implantação da BR 135	31
Figura 11 -Etapas na vida de uma ponte	32
Figura 12 - Relação da vida útil da estrutura com e sem manutenção	32
Figura 13 - Foto e ilustração da Ponte de Arcádico, Grécia, construída em torno de 1300 a.C.....	34
Figura 14 - Esquema Ilustrativa de Ponte	35
Figura 15 - Ponte Sobre o Rio Mearim (São Luís Gonzaga – MA).....	36
Figura 17 – Viaduto do Café (São Luís – MA).....	36
Figura 18 – Elementos constituintes das pontes.....	38
Figura 19 - Ponte com encontro nas extremidades	39
Figura 20 - Cortina extrema, alas e placas de transição	39
Figura 21 - Cortina extrema, alas e placas de transição	40
Figura 22 - Denominações dos elementos relativos à seção longitudinal.....	41
Figura 23 - Ponte Storseisundet – Rodovia Atlântica (Noruega).....	43
Figura 24 - Ponte ferroviária – Estrada de Ferro Vitória/Minas (Minas Gerais)	43
Figura 25 - Passarelas para pedestres – Shanghai (China).....	44
Figura 26 - Ponte aeroviária – Schkeuditz (Alemanha)	44
Figura 27 - canal sobre o Rio Elba (Alemanha).....	45
Figura 28 - canal sobre o Rio Elba (Alemanha).....	46
Figura 30 - Ponte esconsa (Ponte Governador Orestes Quércia – São Paulo)	47
Figura 31 - Altimetria das pontes e viadutos	47
Figura 32 - Ponte em rampa e com tabuleiro convexo (Ponte Eshima Ohashi – Japão).....	48
Figura 33 - Contexto do SGO v3 (DNIT, 2004a)	53
Figura 34 -Lei de evolução de custos / Lei de Sitter	60
Figura 35 - Fluxograma de gerenciamento de uma OAE.....	61
Figura 36 - Fluxograma com as etapas da metodologia.....	65
Figura 37 - Metodologia de extração de dados	72
Figura 38 – Ficha de Dados Cadastrais Km 13,65.....	74
Figura 39 - Ficha de Inspeção Rotineira, realizada em 2013, Km 13,65	75
Figura 40 - Ficha de Inspeção Rotineira, realizada em 2018, Km 13,65	77
Figura 41 - Ficha de Inspeção Rotineira, realizada em 2020, Km 13,65	79
Figura 42 – Ficha de Dados Inspeção Rotineira, Km 24,39	82
Figura 43 – Ficha de Dados Inspeção Rotineira, Km 24,39	83
Figura 44 - Ficha Inspeção Rotineira, realizada 2018, Km 24,39.....	85
Figura 45 -Ficha Inspeção Rotineira, realizada 2018, Km 24,39.....	85
Figura 46 -Ficha de Inspeção Rotineira, realizada 2018, Km 24,39.....	86
Figura 47 -Ficha de Inspeção Rotineira, realizada 2020, Km 24,39.....	88
Figura 48 -Ficha de Inspeção Rotineira, realizada 2020, Km 24,39	88
Figura 49 –Ficha de Inspeção Rotineira, realizada 2020, Km 24,39	89
Figura 50 – Ficha de Dados Cadastrais, Km 45,02	92
Figura 51 – Ficha de Inspeção Rotineira, Km 45,02.....	93
Figura 52 – Ficha de Inspeção Rotineira, realizada 2018	95
Figura 53 - Ficha de Inspeção Rotineira, realizada em 2020, Km 45,02	97

Figura 54 – Ficha de Dados Cadastrais, Km 45,67	100
Figura 55 - Ficha Inspeção Rotineira, realizada em 2013, Km 45,67	101
Figura 56 -Ficha de Inspeção Rotineira, realizada 2018, Km 45,67	102
Figura 57 - Ficha Inspeção Rotineira, realizada 2018, Km 45,67.....	103
Figura 58 - Ficha de Inspeção Rotineira, realizada em 2020, Km 45,67	105
Figura 59 – Ficha de Dados Cadastrais, Km 50,02	108
Figura 60 – Ficha de Inspeção Rotineira, realizada em 2013, Km 50,02	109
Figura 61 - Ficha de Inspeção Rotineira, realizada 2018, Km 50,02	111
Figura 62 - Ficha de Inspeção Rotineira, realizada 2018, Km 50,02	112
Figura 63 - Ficha de Inspeção Rotineira, realizada em 2020, Km 50,02	114
Figura 64 - Ficha de Inspeção Rotineira, realizada em 2020, Km 50,02	115
Figura 65 – Distribuição Espacial das OAEs 2013	121
Figura 66 - Distribuição Espacial das OAEs 2018.....	121
Figura 67 - Distribuição Espacial das OAEs 2020.....	122
Figura 68 – OAEs contemplados pelo PROARTE no Maranhão - janeiro 2025(Ampliado).	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da condição de OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional e durabilidade	54
Tabela 2 - Classificação da condição de OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional e durabilidade.....	56
Tabela 3 - Classificação da condição de OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional e durabilidade.....	57
Tabela 4 - Exemplo de matriz de vulnerabilidade.....	64
Tabela 5 - Modelo de ficha de classificação da OAE	66
Tabela 6 - Fator de importância da classificação dos parâmetros/ABNT NBR 9452:2023	68
Tabela 7 - Matriz de Vulnerabilidade do fator global	70
Tabela 8 - Caracterização dos elementos estruturais segundo a relevância dos elementos.....	70
Tabela 9 - Fator de importância dos sistemas estruturais	70
Tabela 10 - Matriz de Vulnerabilidade dos fator de classificação dos elementos.....	71
Tabela 11 - Relatórios analisados.....	73
Tabela 12 – Fator Global.....	75
Tabela 13 – Fator Estrutural.....	76
Tabela 14 – Fator Global.....	77
Tabela 15 – Fator Estrutural.....	78
Tabela 16 – Fator Global.....	80
Tabela 17 – Fator Estrutural.....	80
Tabela 18 – Resumo	81
Tabela 19 – Fator Global.....	83
Tabela 20 – Fator Estrutural.....	84
Tabela 21 – Fator Global.....	86
Tabela 22 – Fator Estrutural.....	87
Tabela 23 – Fator Global.....	89
Tabela 24 – Fator Estrutural.....	90
Tabela 25 – Fator Global.....	91
Tabela 26 – Fator Global.....	93
Tabela 27 – Fator Estrutural.....	94
Tabela 28 – Fator Global.....	95
Tabela 29 – Fator Estrutural.....	96
Tabela 30 – Fator Global.....	97
Tabela 31 – Fator Estrutural.....	98
Tabela 32 – Resumo	99
Tabela 33 – Fator Global.....	100
Tabela 34 – Fator Estrutural.....	102
Tabela 35 – Fator Global.....	103
Tabela 36 – Fator Estrutural.....	104
Tabela 37 – Fator Global.....	105
Tabela 38 – Fator Estrutural.....	106
Tabela 39 – Resumo	107
Tabela 40 – Fator Estrutural.....	110
Tabela 41 – Fator Global.....	112
Tabela 42 – Fator Estrutural.....	113
Tabela 43 – Fator Gobal.....	115
Tabela 44 – Fator Estrutural.....	116
Tabela 45 – Resumo	117
Tabela 46 - Tabela de resultados.....	118
Tabela 47 - Tabela de resultados.....	118

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Ranking de competitividade para a qualidade da infraestrutura de rodoviária.....	21
Gráfico 2 – Distribuição da matriz de transporte de cargas	22
Gráfico 3 - Cenário futuro no âmbito federal.....	23
Gráfico 4 - Evolução dos investimentos federais no setor de Transporte	23
Gráfico 5 - A evolução dos investimentos federais no setor de Transporte e em Rodovias em porcentagem do PIB – 2006	24
Gráfico 6 - Investimentos públicos federal em rodovias no Brasil por tipo de intervenção 2006 a 2021 (%).....	24
Gráfico 7 – OAEs Cadastradas na Malha Rodoviária Federal pelo DNIT.....	27
Gráfico 8 – Classificação das OAEs - março 2023.	29
Gráfico 9 – Fator de Ponderação F.....	81
Gráfico 10 – Fator de Ponderação F.....	91
Gráfico 11 – Fator de Ponderação F.....	99
Gráfico 12 – Fator de Ponderação F.....	107
Gráfico 13 – Fator de Ponderação F.....	117
Gráfico 14 - Correlação dos Fatores 2013.....	119
Gráfico 15 - Correlação dos Fatores 2018.....	119
Gráfico 16 - Correlação dos Fatores 2020.....	119
Gráfico 17 – Fator de Relevância 2013.....	120
Gráfico 18 – Fator de Relevância 2018.....	120
Gráfico 19 – Fator de Relevância 2020.....	121

LISTA DE ABREVIACÕES

DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CGU	Controladoria-Geral da União
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
SINFRA/MA	Secretaria de Estado de Infraestrutura do Maranhão
OAEs	Obras de Artes Especiais
VMD	Volume Médio Diário
F	Fator de Relevância
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
SGO	Sistema de Gerenciamento de Obras de Artes Especiais
PROARTE	Programa de Manutenção e Reabilitação de Estruturas
PNMR	Plano Nacional de Manutenção Rodoviária

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Objetivos.....	18
1.2	Organização do Trabalho.....	19
2	CONTEXTUALIZAÇÃO	20
2.1	Contextualização no Ambito do Brasil.....	21
2.2	Contextualização no âmbito do estado do Maranhão	27
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	32
3.1	Considerações sobre sistema de gestão de Obras de Artes.....	32
3.2	Obras de Arte Especiais.....	34
3.3	Conceitos gerais.....	35
3.4	Particularidades das pontes.....	37
3.5	Elementos constituintes das pontes.....	37
3.6	Classificação das pontes	41
3.7	Material da superestrutura	41
3.8	Comprimento	42
3.9	Natureza do tráfego.....	42
3.10	Desenvolvimento planimétrico	46
3.11	Desenvolvimento altimétrico.....	47
3.11.1	<i>Principais Causas de Problemas das OAEs</i>	<i>48</i>
3.12	Sistemas de gestão de Obra de Arte Especial.....	48
3.13	Principais sistemas de gestão de pontes desenvolvidas no mundo.....	49
3.13.1	<i>Estados Unidos da América</i>	<i>49</i>
3.13.2	<i>Alemanha.....</i>	<i>51</i>
3.13.3	<i>Reino Unido.....</i>	<i>51</i>
3.13.4	<i>França.....</i>	<i>51</i>
3.13.5	<i>Brasil.....</i>	<i>52</i>
3.14	Inspeções em Obra de Arte Especial	52
3.15	CrITÉRIOS de Classificação das OAEs	55
3.16	Tipos de Inspeções das OAEs.....	57
3.16.1	<i>Inspeção Rotineira</i>	<i>58</i>
3.16.2	<i>Inspeção Especial.....</i>	<i>58</i>
3.17	Gerenciamento das OAEs.....	59
3.18	Método de Multicritérios e Fatores de Ponderação	61
3.19	Métodos estatísticos (Medidas de Tendência Central)	62
3.19.1	<i>Média Aritmética.....</i>	<i>62</i>
3.20	Banco de Dados	63
3.21	Matriz de Vulnerabilidade	63
4	METODOLOGIA PROPOSTA	65
4.1	Considerações Sobre as Tomadas de Decisão	65

4.2	Fator de Relevância	66
4.3	Matriz de Vulnerabilidade (FG)	68
4.4	Fator de Classificação dos Elementos da OAE (FE)	69
4.5	Matriz de Vulnerabilidade (FE).....	71
4.6	Concepção do banco de dados	71
5	ESTUDO DE CASO	73
5.1	Análise Nº1 (Viaduto KM 13,65).....	74
5.1.1	<i>Relatório referente ao ano de 2013.....</i>	<i>74</i>
5.1.2	<i>Relatório referente ao ano de 2018.....</i>	<i>77</i>
5.1.3	<i>Relatório referente ao ano de 2020.....</i>	<i>79</i>
5.1.4	<i>Resumo Viaduto - Km 13,65</i>	<i>81</i>
5.2	Análise nº2 (Estreito dos Mosquitos-le-Km:24,39).....	82
5.2.1	<i>Relatório referente ao ano de 2018.....</i>	<i>85</i>
5.2.2	<i>Relatório referente ao ano 2020.....</i>	<i>88</i>
5.2.3	<i>Resumo do Viaduto - Km 24,39</i>	<i>91</i>
5.3	Análise Nº03 (Viaduto Km 45,02).....	92
5.3.1	<i>Relatório referente ao ano de 2013.....</i>	<i>92</i>
5.3.2	<i>Relatório referente ao ano de 2018.....</i>	<i>95</i>
5.3.3	<i>Relatório referente ao ano de 2020.....</i>	<i>97</i>
5.3.4	<i>Resumo Viaduto - Km 45,02</i>	<i>99</i>
5.4	Análise Nº04 (Viaduto Km 45,67).....	100
5.4.1	<i>Relatório referente ao ano de 2013.....</i>	<i>100</i>
5.4.2	<i>Relatório referente ao ano de 2018.....</i>	<i>102</i>
5.4.3	<i>Relatório referente ao ano 2020.....</i>	<i>105</i>
5.4.4	<i>Resumo do Viaduto - Km 45,67</i>	<i>107</i>
5.5	Análise Nº05 (Ponte Km 50,02)	108
5.5.1	<i>Relatório referente ao ano de 2013.....</i>	<i>108</i>
5.5.2	<i>Relatório referente ao ano de 2018.....</i>	<i>111</i>
5.5.3	<i>Relatório referente ao ano de 2020.....</i>	<i>114</i>
5.5.4	<i>Resumo do Viaduto - KM 50,02.....</i>	<i>117</i>
6	RESULTADOS	118
6.1	Apresentação dos resultados.....	118
7	CONCLUSÃO.....	124
7.1	Direcionamentos para Estudos e Aplicações Futuras	125
	REFERÊNCIAS	126
	APÊNDICE – Exemplo de Inspeção Cadastral e Rotineira.....	130

1 INTRODUÇÃO

A preservação das infraestruturas urbanas, estaduais e nacionais representa um desafio crescente em um mundo que valoriza fortemente a inovação e a tecnologia, mas que, por vezes, negligencia o patrimônio edificado. As Obras de Arte Especiais (OAEs), que incluem pontes, viadutos, passarelas e outros elementos essenciais à infraestrutura viária, desempenham um papel crucial no funcionamento das sociedades modernas. Essas estruturas não apenas asseguram a mobilidade urbana, como também são fundamentais para a logística econômica.

No entanto, muitas OAEs enfrentam desafios significativos de manutenção e recuperação, demandando soluções técnicas que preservem sua integridade estrutural e funcionalidade. Nesse contexto, a recuperação dessas obras é essencial para garantir que continuem a atender, de forma segura e eficiente, às necessidades da população. A engenharia contemporânea tem desenvolvido técnicas inovadoras de restauração e reforço estrutural, permitindo que essas infraestruturas respondam às exigências atuais sem comprometer sua autenticidade e desempenho.

Um dos maiores desafios em projetos de recuperação de Obras de Arte Especiais (OAEs) é o conhecimento preciso de suas propriedades geométricas e dos materiais empregados, a fim de determinar sua real capacidade de carga. Por isso, a prospecção de informações detalhadas sobre a estrutura existente constitui uma etapa fundamental. Com esses dados em mãos, torna-se possível estudar e selecionar soluções que sejam tecnicamente seguras e economicamente viáveis, considerando fatores como consumo de materiais, métodos de execução e logística.

As técnicas modernas de restauração têm se mostrado eficazes na preservação da autenticidade das OAEs. Atualmente, é possível restaurar e aumentar a capacidade de carga de uma estrutura com segurança, graças ao uso de modelagens numéricas mais precisas. Essas modelagens permitem estimativas mais confiáveis, mesmo com coeficientes de segurança reduzidos, além de viabilizar o uso de materiais desenvolvidos especificamente para intervenções estruturais. Entre esses materiais, destacam-se os adesivos estruturais à base de epóxi e os reforços em fibra de carbono, que representam avanços significativos no setor. Eles possibilitam o reforço das estruturas sem alterações relevantes em sua aparência ou dimensões, contribuindo para a preservação dos aspectos arquitetônicos e da paisagem urbana já consolidada.

A informação sobre o estado atual da estrutura é o que possibilita o desenvolvimento de soluções que preservem suas características fundamentais, utilizando os materiais e as técnicas executivas mais apropriadas de forma segura. Com base em dados históricos e atuais da obra, bem como no detalhamento dos materiais e das metodologias de execução, torna-se viável iniciar o processo de recuperação. Portanto, para garantir a preservação das Obras de Arte Especiais (OAEs), é essencial dispor de informações precisas e completas sobre a estrutura existente, assegurando que as intervenções sejam realizadas de maneira eficiente e duradoura.

A vida útil das OAEs está diretamente relacionada à realização de manutenções periódicas, conforme destacado por Possan e Demoliner (2013). Considerando a grande quantidade de OAEs distribuídas na malha rodoviária de um país, tornou-se necessário o desenvolvimento de sistemas de gerenciamento que possibilitem aos gestores identificar, com maior assertividade, o momento adequado para intervir — antes que essas estruturas se deterioreem a ponto de perder sua capacidade de resistir às cargas atuantes. Tal perda pode ocorrer em razão de terem sido construídas segundo normas antigas, com coeficientes de segurança inferiores aos atualmente exigidos, ou ainda por apresentarem deficiência em algum elemento estrutural.

As inspeções realizadas periodicamente são a base de todo sistema de gerenciamento de OAEs, permitindo o registro de suas características e a avaliação das manifestações patológicas visíveis. As informações coletadas são armazenadas em um banco de dados estruturado, que fornece suporte à tomada de decisões quanto às intervenções necessárias, contribuindo para a conservação e segurança das estruturas ao longo do tempo.

No Brasil, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) é o órgão responsável pela administração do Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais (SGO). Atualmente, os critérios utilizados para a priorização das OAEs estão contemplados no PROARTE (Programa de Manutenção e Reabilitação de Estruturas), que coordena os serviços de manutenção e reabilitação de Obras de Arte Especiais — como pontes, túneis, viadutos, passarelas e estruturas de contenção — integrantes da malha rodoviária federal, conforme descrito no Plano Nacional de Manutenção Rodoviária (PNMR).

Apesar da existência de um sistema de gerenciamento como o SGO, nos últimos anos foram registrados diversos colapsos em OAEs de concreto armado e/ou protendido. Entre os exemplos, destaca-se o colapso da ponte localizada na BR-222, nas proximidades da cidade de Santa Inês, no Maranhão (Figura 01), amplamente noticiado na imprensa local. Outro caso emblemático foi o desmoronamento da Ponte Juscelino Kubitschek de Oliveira, situada na BR-

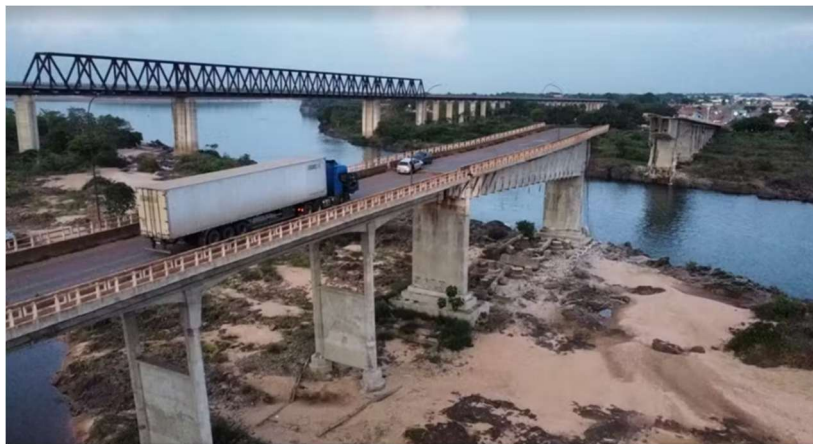
226, na divisa entre os estados do Maranhão (MA) e Tocantins (TO), conforme ilustrado na Figura 02.

Figura 1 - Ponte temporária do exército Brasileiro



Fonte: Gima (2023).

Figura 2 - Ponte Juscelino Kubitschek de Oliveira após desabamento



Fonte: Francisco Sirianno/Grupo Mirante.

O colapso ocorrido em 22 de dezembro de 2024 acendeu um alerta sobre o estado de conservação das pontes em todo o país. Milhões de carros e caminhões trafegam diariamente pelas pontes brasileiras, e o desabamento de uma delas pode causar enormes prejuízos econômicos e sociais. No caso citado, além das perdas materiais, o acidente resultou em 14 mortes confirmadas e 3 pessoas ainda estão desaparecidas.

Diante da importância de se analisar as patologias que afetam os sistemas estruturais e dos riscos que a negligência dessas questões representa para a sociedade, propõe-se a adoção de um **Fator de Relevância (F)** como metodologia de hierarquização das intervenções no

âmbito do Programa PROARTE, que atua nas rodovias federais. Esse indicador visa avaliar o estado das Obras de Arte Especiais (OAEs), com base nas inspeções realizadas ao longo do tempo, considerando os danos patológicos identificados. A proposta é que o Fator de Relevância sirva como suporte técnico para decisões estratégicas sobre manutenção, reabilitação e gestão dessas estruturas.

1.1 Objetivos

A falta de critérios definidos e parâmetros claros nas normas representa um dos maiores obstáculos para a gestão eficiente das decisões relacionadas à manutenção das Obras de Arte Especiais (OAEs), deixando os gestores sem a salvaguarda técnica e jurídica. Diante desse cenário, o objetivo central desta pesquisa é elaborar uma série histórica com base no Fator de Relevância, desenvolvido por Carvalho (2024), utilizando dados obtidos por meio de inspeções realizadas no Sistema de Gestão de Obras (SGO) por especialistas do setor, em 05 OAEs na BR-135, no trecho do Km 0 ao Km 52. A iniciativa busca consolidar o Fator de Relevância (F) como um indicador confiável para a hierarquização das intervenções de manutenção em OAEs, ampliando a eficiência da gestão pública e oferecendo subsídios para decisões mais assertivas e embasadas em estatísticas.

Como objetivos específicos, destacam-se:

- Coletar dados de inspeções em obra de artes especiais (OAEs);
- Compatibilizar e desenvolver análise estatística de ponderação dos dados;
- Utilizar a metodologia que deriva em um fator de relevância com ponderação de multicritérios que representa a necessidade de manutenção da OAE.

1.2 Organização do Trabalho

Capítulo 1: Introdução

Este capítulo introduz o tema central da pesquisa, apresentando os principais tópicos que serão explorados e discutidos ao longo do trabalho.

Capítulo 2: Contextualização do Tema

O Capítulo 2 contextualiza o tema em discussão, analisando as circunstâncias relacionadas tanto no âmbito internacional quanto no nacional. Além disso, destaca a importância de estabelecer critérios que possam orientar e agilizar o processo de tomada de decisões de intervenções nas Obras de Arte Especiais (OAEs), utilizando o banco de dados de inspeções dessas obras.

Capítulo 3: Revisão Bibliográfica

O Capítulo 3 consiste na revisão bibliográfica, reunindo os fundamentos teóricos que embasam a temática proposta no trabalho. Inicia-se com uma análise das Obras de Arte Especiais (OAEs), seguida de uma discussão sobre as diretrizes de inspeção estabelecidas pelos normativos vigentes e a gestão dessas estruturas. Posteriormente, são apresentados os conceitos relacionados ao método multicritério e à ponderação de fatores.

Capítulo 4: Metodologia

O Capítulo 4 descreve a metodologia proposta neste trabalho, fundamentada nas diretrizes e normativos técnicos pertinentes à área de estudo.

Capítulo 5: Estudo de Casos Práticos

O Capítulo 5 apresenta o estudo com base na análise de casos práticos envolvendo inspeções cadastrais e rotineiras de pontes e viadutos.

Capítulo 6: Resultados e Conclusões

O Capítulo 6 expõe os resultados alcançados, realizando uma análise comparativa entre todos os relatórios analisados. Além disso, apresenta as conclusões obtidas a partir das análises realizadas e das propostas desenvolvidas ao longo do estudo.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

Fundamental para o desenvolvimento econômico e social das nações, a infraestrutura engloba diversos setores e, mais recentemente, tem sido apontada como essencial para a sustentabilidade ambiental e inclusão social. É também um tema central para o desenvolvimento mundial e para o fomento do ambiente de negócios. No entanto, um estudo do Fórum Econômico Mundial, o *Global Competitiveness Report*, demonstra a dificuldade dos países em desenvolvimento em manter altos investimentos públicos na área. O relatório, que avalia e ranqueia a competitividade de 141 economias do mundo, posicionou o Brasil em 68º lugar em termos de qualidade e disponibilidade de infraestrutura.

Os países se dedicam a enfrentar os principais desafios nacionais e globais para viabilizar uma infraestrutura inclusiva, resiliente e sustentável, promovendo o desenvolvimento social e econômico. Para o ministro Vital do Rêgo, do TCU, a infraestrutura é um tema central para o desenvolvimento. “Não há nação competitiva sem rodovias, ferrovias, hidrovias, aeroportos e portos de qualidade. Sem energia segura e com preços módicos, serviços de telecomunicações e internet rápida, mobilidade urbana ágil e saneamento básico para o provimento da saúde aos seus cidadãos.”

Existe a necessidade de grandes investimentos para o desenvolvimento da infraestrutura nos países. Segundo estimativas de organismos internacionais, é considerado ideal um investimento mínimo de 4% do Produto Interno Bruto (PIB) para países em desenvolvimento. A China investe cerca de 9% de seu PIB em infraestrutura, a Índia aproximadamente 5%, e a África do Sul, 4%. O Brasil, por sua vez, investe apenas 2%, o que reforça a dificuldade de várias nações em manter altos investimentos com recursos públicos. Manter patamares elevados de investimentos com recursos públicos é um desafio, especialmente em cenários de restrição fiscal e elevado endividamento público, como ocorre no Brasil atualmente.

É sabido que as deficiências na infraestrutura do Brasil estão entre os principais entraves que o país precisa superar com urgência. O tema da infraestrutura como vetor de transição para uma economia de baixo carbono, e a importância que envolve a vida das pessoas e das empresas, é fundamental para que possamos direcionar investimentos em infraestruturas sustentáveis. Materiais como concreto e aço, embora menos visíveis, são essenciais e precisam ser compreendidos à luz dos serviços que prestam para o desenvolvimento do país.

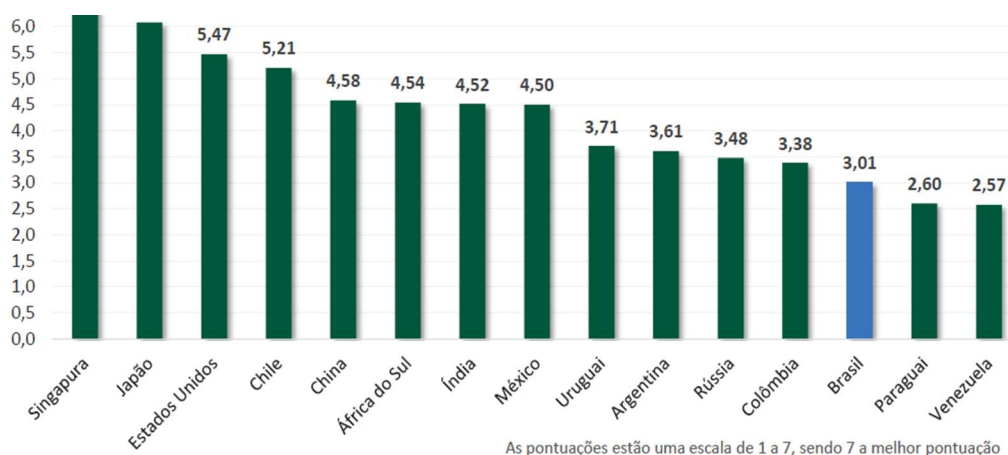
É fundamental ter em mente a necessidade de financiamento em larga escala para projetos de infraestrutura, assim como as perspectivas do setor financeiro, tanto público quanto privado, para apoiar investimentos sociais e econômicos. A dimensão continental do Brasil proporciona inúmeras oportunidades, mas os desafios são grandes, principalmente com o

aumento dos gastos públicos após a pandemia de Covid-19, e a falta de recursos para investir, o que representa um entrave considerável para a conciliação entre os setores público e privado.

2.1 Contextualização no Ambito do Brasil

As pontes desempenham um papel fundamental no desenvolvimento de uma cidade, uma região ou um país, pois fazem parte de uma rede vital conhecida como malha rodoviária. É por meio dessa malha que circula grande parte das riquezas produzidas, comercializadas e distribuídas. Segundo estudos do Fórum Econômico Mundial, a infraestrutura inadequada no Brasil é atualmente considerada um dos principais obstáculos para fazer negócios, prejudicando a competitividade global do país (Gráfico 1).

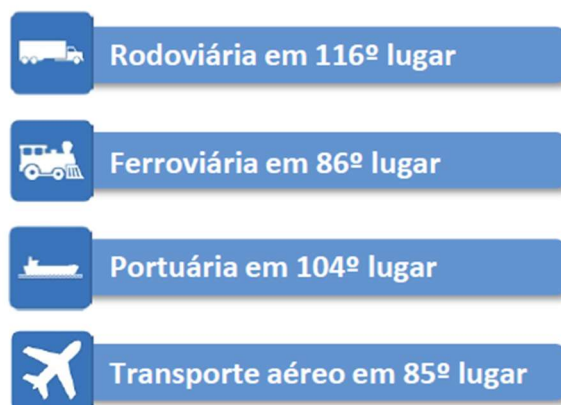
Gráfico 1 - Ranking de competitividade para a qualidade da infraestrutura de rodoviária



Fonte: Fórum Econômico Mundial 'The Global Competitiveness Report' (2019).

Ainda segundo este estudo, entre 137 países, o Brasil ocupa a 85ª posição em relação à qualidade da infraestrutura de transporte (Figura 03). A competitividade do país está abaixo da média dos BRICS e de alguns países latino-americanos, como México, Chile e Equador.

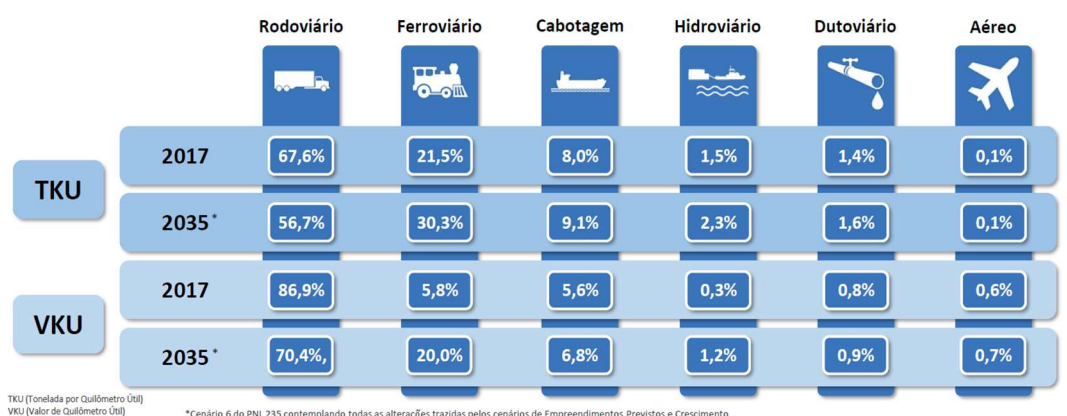
Figura 3 - Ranking de competitividade para a qualidade da infraestrutura rodoviária



Fonte: Fórum Econômico Mundial 'The Global Competitiveness Report (2019).

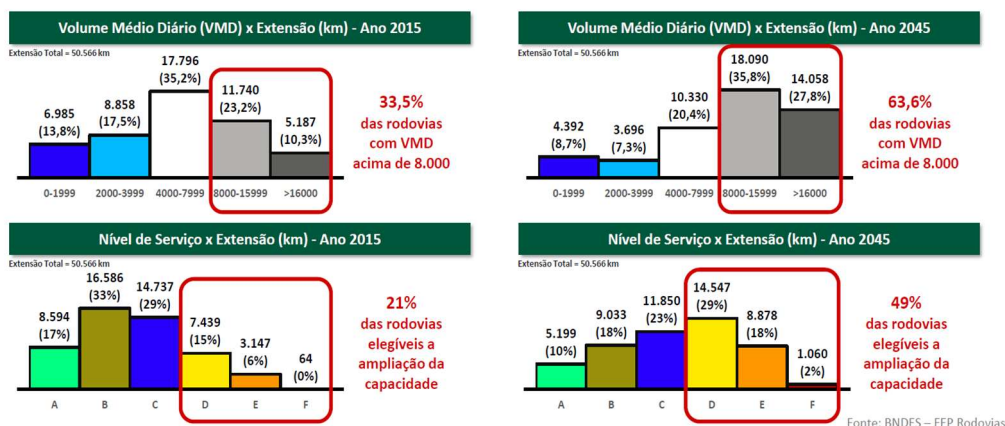
Com base na informação acima, torna-se ainda mais importante a criação de mecanismos para manter, melhorar e ampliar este patrimônio da sociedade brasileira. A partir dos anos 60, os governos diminuíram os investimentos no modal ferroviário, determinando que o modal rodoviário fosse a base da integração nacional, ligando norte a sul e leste a oeste do Brasil. Com isso, esse modal se tornou o de maior peso em nossa matriz de transportes de carga. Segundo o Plano Nacional de Logística (Gráfico 2), o setor terá um peso acima de 70% na matriz de transporte de carga até 2035.

Gráfico 2 – Distribuição da matriz de transporte de cargas



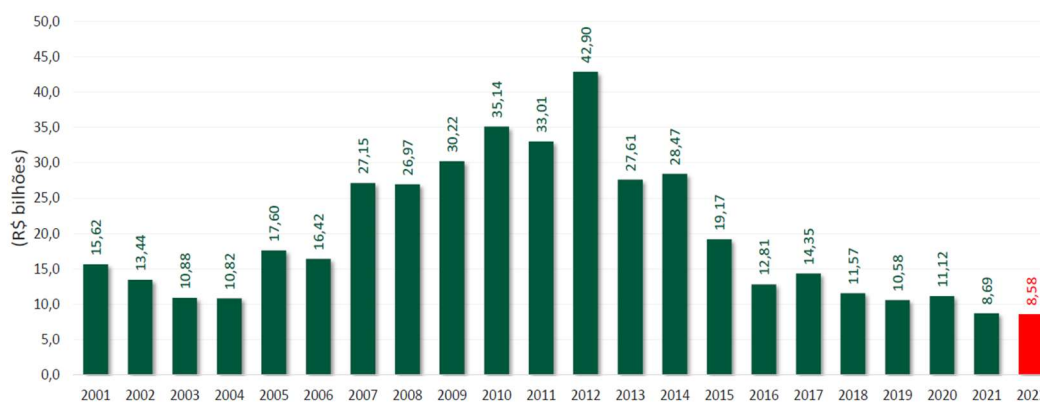
Fonte: Dados do autor (2025).

Outro indicador que chama atenção é o aumento da demanda de veículos nos próximos 20 anos. Tais projeções reforçam a necessidade de manutenção, melhoria e ampliação da malha de rodovias existentes, principalmente nas de VMD elevado, forçando as autoridades a se prepararem para tal cenário (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Cenário futuro no âmbito federal

Fonte: Dados do autor (2025).

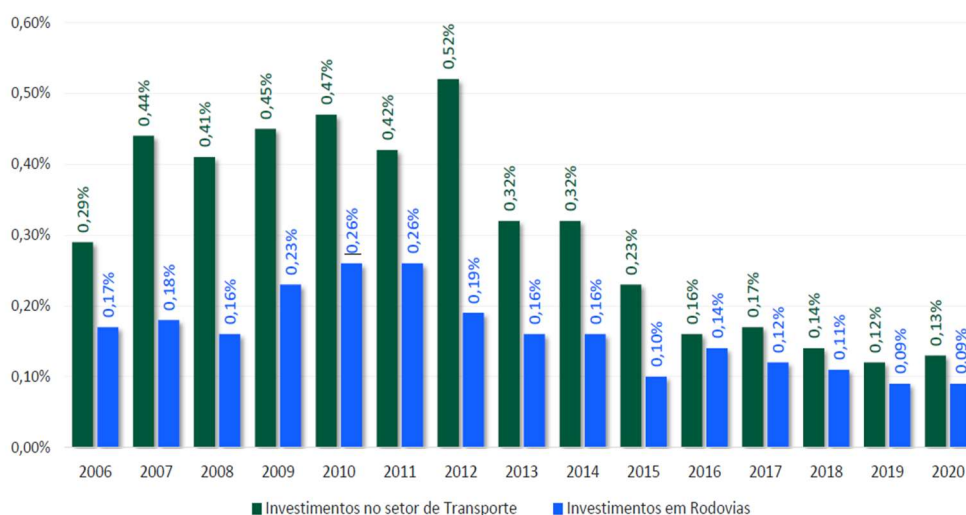
Na contramão da demanda, os investimentos federais em transporte sofreram uma nova queda em 2022, sendo o menor valor da série histórica (Gráfico 4). Percebe-se que a tendência de queda observada a partir de 2012 se mantém, com uma diferença de 80% entre os anos de 2001 e 2022.

Gráfico 4 - Evolução dos investimentos federais no setor de Transporte

Fonte: Elaboração CNT, com dados do Siga Brasil(2022).

Apesar dessa queda nos investimentos, entre 2016 e 2020, o modal rodoviário teve uma participação superior a 70% dos desembolsos totais da União, conforme demonstra o Gráfico 5.

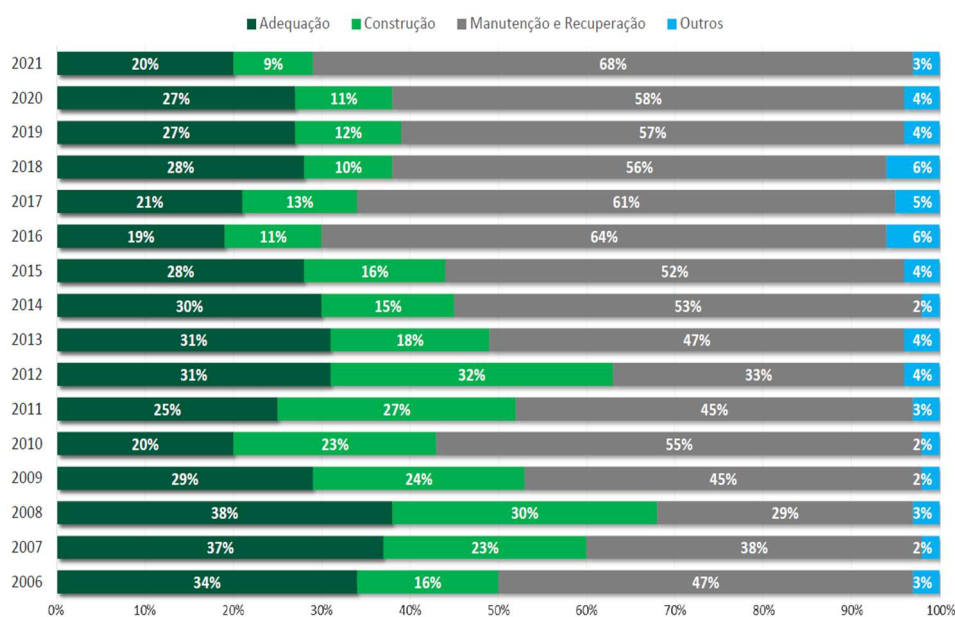
Gráfico 5 - A evolução dos investimentos federais no setor de Transporte e em Rodovias em porcentagem do PIB – 2006



Fonte: Via Brasil, CNT e Orçamento Fiscal da União (2021).

Ou seja, o modal rodoviário impacta significativamente o orçamento da infraestrutura, sendo primordial a eficácia no emprego do dinheiro público. Aprofundando mais esse tema, observa-se no Gráfico 6 que a maior parcela dos investimentos públicos federais é destinada a intervenções de manutenção e recuperação de rodovias.

Gráfico 6 - Investimentos públicos federal em rodovias no Brasil por tipo de intervenção 2006 a 2021 (%)



Fonte: Dados do autor (2025).

Na Figura 04, encontram-se as estimativas da extensão da malha rodoviária brasileira, dividida em pavimentadas, não pavimentadas e planejadas.

Figura 4 - Extensão da Malha Rodoviária Brasileira 2021

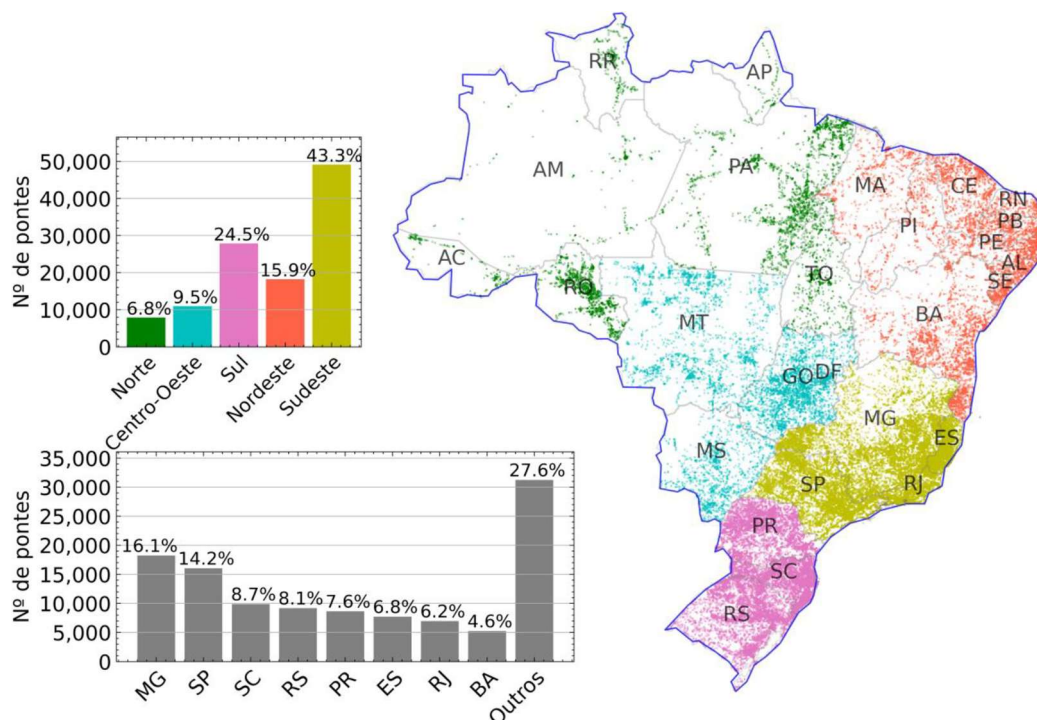


Fonte: Pesquisa CNT de Rodovias 2021

Fonte: Dados do autor (2025).

Existe um preocupante desconhecimento sobre o número e o estado de conservação das pontes no Brasil. O OpenStreetMap (OSM) é um projeto colaborativo que visa criar um mapa mundial livremente editável (OpenStreetMap, 2017). O OSM permite que qualquer pessoa contribua com dados geográficos, incluindo estradas, trilhas, cafés, estações de trem e, claro, pontes. Esses dados são disponibilizados sob uma licença aberta, permitindo que sejam utilizados por desenvolvedores, pesquisadores e empresas para diversos fins (Santos, Bonatte M, Wu J, Sousa H, Bittencourt T, Matos J. Panorama geral das pontes rodoviárias brasileiras. Nome do Periódico. 2024;15(3):123-35). O levantamento inicial das pontes no OSM resultou em um total de 113.168 pontes no Brasil, corroborando com o número de 120.000 pontes proposto por Timerman (TIMERMAN, 2018 apud MACIEL et al., 2021). A distribuição das pontes pelo Brasil pode ser verificada na Figura 03. Observa-se uma maior concentração de pontes nas regiões Sudeste (43,3%) e Sul (24,5%) do Brasil, totalizando 68% das pontes. Os estados que se destacam com o maior número de pontes são Minas Gerais (MG) e São Paulo (SP), com 16,4% e 14,2%, respectivamente, totalizando 30% das pontes.

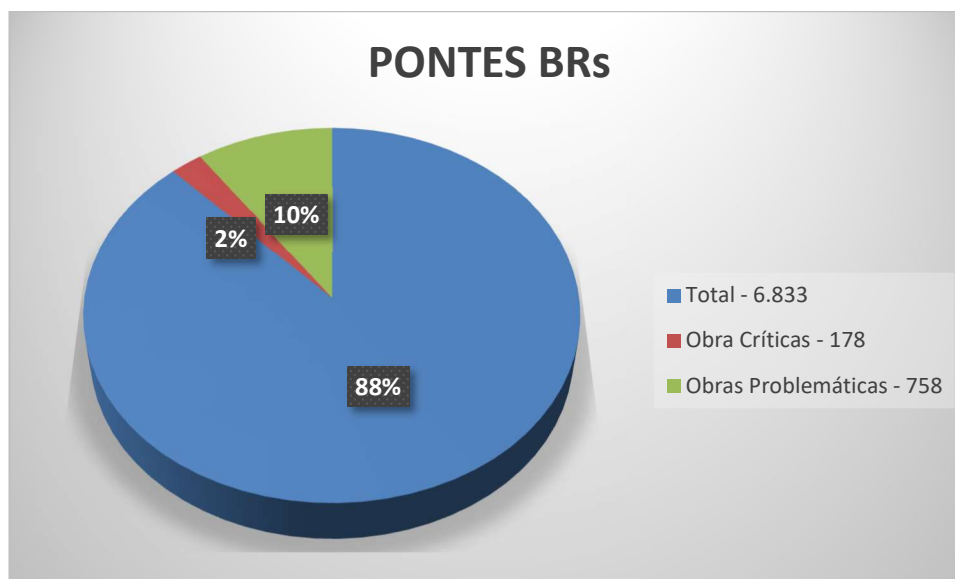
Figura 5 – Distribuição geográfica das pontes - OSM.



Fonte: OpenStreetMap (OSM). Levantamento das pontes no Brasil. Disponível em: <https://www.openstreetmap.org>. Acesso em: 2025.

Dados de 2023, conforme exposto no Relatório Geral do DNIT (Gráfico 7), indicam que existem 6.833 **OAEs** cadastradas. Dentre as 5.827 pontes federais administradas pelo DNIT, 758 estão em estado problemático, sendo que 178 delas estão na situação mais crítica possível. Extrapolando esses dados, pode-se afirmar que uma a cada oito pontes no país encontra-se comprometida, conforme explanado pelo Prof. Enio Pazine em recente conferência sobre o assunto, realizada em São Luís, no dia 25/02/2025. O Prof. Enio, no mesmo evento, destacou que outro levantamento estimou a existência de 113.168 pontes rodoviárias no Brasil, das quais 14.874 estão inventariadas e 12.142 possuem registro de inspeção. Os dados discordantes e alarmantes divulgados aumentam a pressão social sobre a forma como o Ministério dos Transportes tem tratado, ao longo dos anos, esse tipo de obra tão crucial para o fluxo econômico e social brasileiro.

Gráfico 7 – OAEs Cadastradas na Malha Rodoviária Federal pelo DNIT



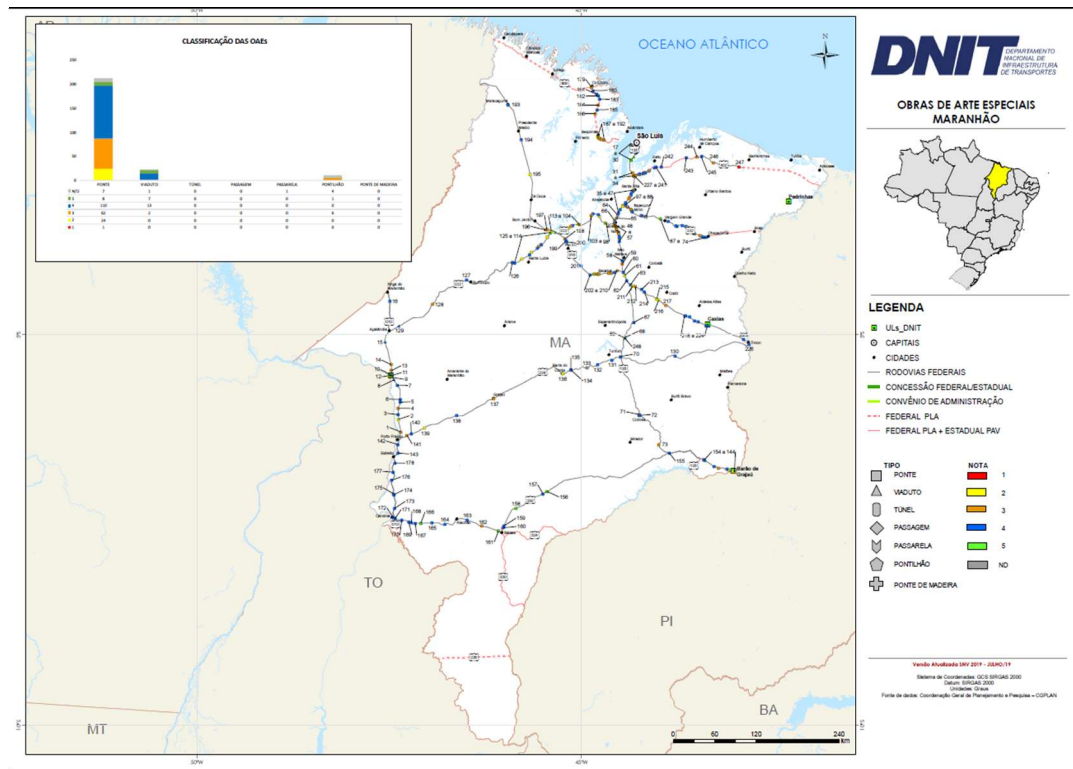
Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Relatório Geral de Obras de Arte Especiais (OAEs) Cadastradas na Malha Rodoviária Federal. 2023.

O número de Obras de Arte Especiais (OAEs) cadastradas, especialmente a quantidade daquelas classificadas como críticas ou problemáticas, destaca a urgência na adoção de medidas imediatas, tanto preventivas quanto corretivas. Essas ações são essenciais para preservar a integridade estrutural das OAEs, garantir a segurança dos usuários e assegurar a operacionalidade da malha viária. A falta de intervenções adequadas e tempestivas pode resultar em consequências graves, como colapsos estruturais, aumento significativo dos custos de reparação e interrupções prolongadas no tráfego, impactando diretamente a eficiência logística, a economia regional e nacional e, por fim, o bem-estar da população.

2.2 Contextualização no âmbito do estado do Maranhão

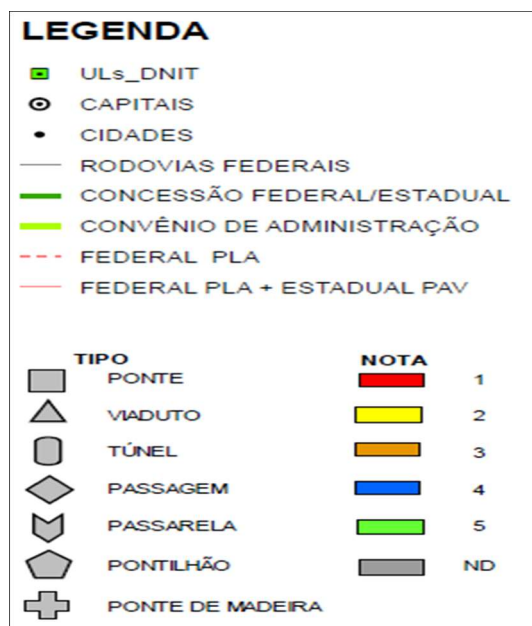
No Maranhão, o SGO/DNIT disponibiliza o **Mapa de Obras de Arte Especiais** (Figura 06), acessível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/rodovias/mapa-de-gerenciamento/maranhao>, contendo informações sobre a localização, quantidade e notas das OAEs.

Figura 6 – Mapa de obras de arte especiais - março 2023.

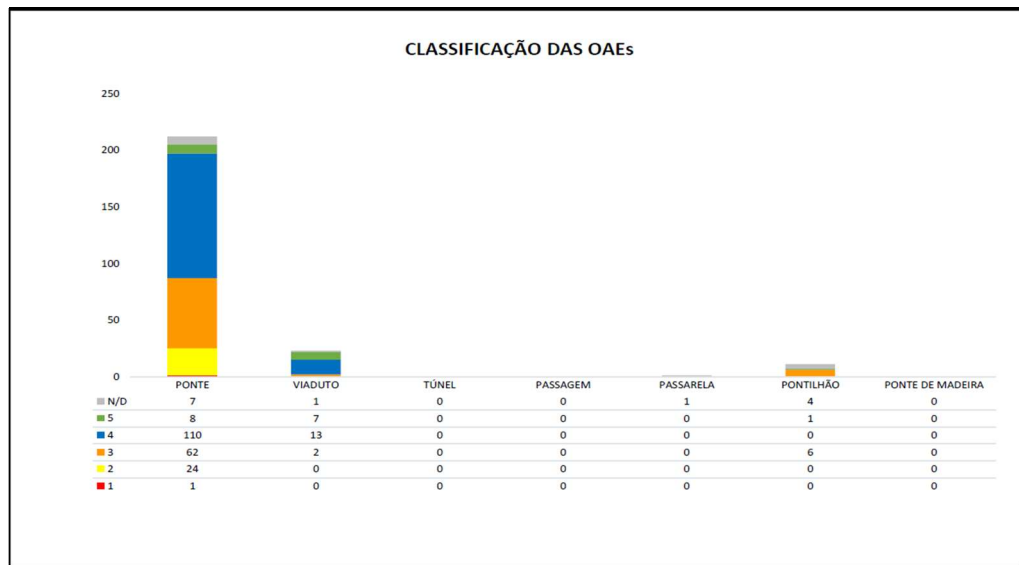


Fonte: DNIT (2025). Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/rodovias/mapa-de-gerenciamento/maranhao>. Acesso em: 22 mar. 2023.

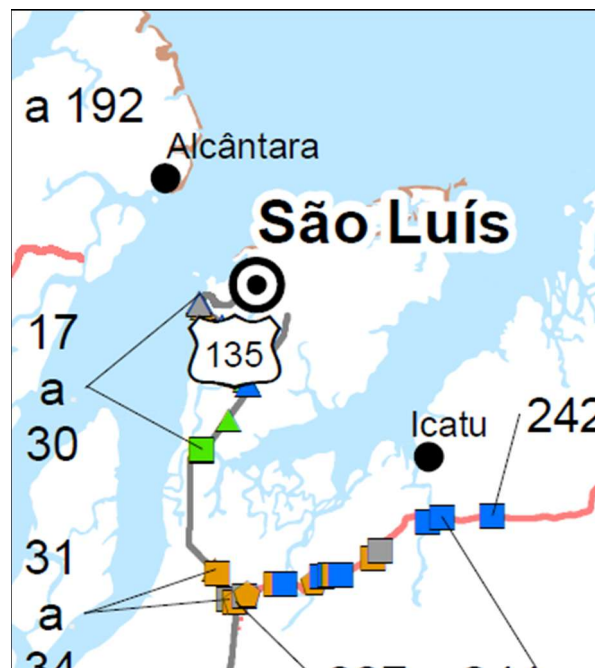
Figura 7 – Legenda do Mapa de obras de arte especiais



Fonte: DNIT (2025). Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/rodovias/mapa-de-gerenciamento/maranhao>. Acesso em: 22 mar. 2023.

Gráfico 8 – Classificação das OAEs - março 2023.

Fonte: DNIT (2025). Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/rodovias/mapa-de-gerenciamento/maranhao>. Acesso em: 22 mar. 2023.

Figura 8 – Trecho estudado.

Fonte: Dados do autor (2025).

A Figura 08 apresenta o trecho estudado. Observa-se que a BR-135 é a rodovia que liga a capital, São Luís, ao restante do estado do Maranhão e ao Sudeste brasileiro. Com 2.529 km de extensão, a BR-135 atravessa quatro estados no sentido Norte-Sul, iniciando em São Luís (MA) e finalizando em Belo Horizonte (MG), sendo a principal via de ligação do Maranhão com o Sudeste do país. Trata-se de uma rota estratégica para a economia regional, essencial

para o transporte de mercadorias e pessoas. Já a Figura 09 apresenta a BR-135 listada como a nona maior rodovia do Brasil.

Figura 9 – Implantação da BR 135



Fonte: Google (2025).

Dada a importância econômica da BR-135, o colapso de estruturas de Obras de Arte Especiais (OAEs) nas proximidades de São Luís poderia acarretar perdas financeiras incalculáveis e prejuízos catastróficos para as economias local e nacional. Um exemplo marcante ocorreu em 2004, com a interdição da Ponte Marcelino Machado (popularmente conhecida como Ponte do Estreito dos Mosquitos), localizada na BR-135, responsável por ligar a ilha de Upaon-Açu (São Luís) ao continente, atravessando o canal do Estreito dos Mosquitos. Inaugurada em 1970, a ponte possui 456 metros de extensão. A interdição, que se estendeu de 2004 a 2006, foi motivada pela descoberta de fissuras na base de concreto e por um deslocamento localizado no dente Gerber, provocado pelo relaxamento dos cabos de protensão. A situação exigiu intervenções emergenciais para garantir a segurança estrutural e a continuidade do tráfego na principal via de acesso à capital maranhense.

Figura 10 – Implantação da BR 135



Fonte: Google (2025).

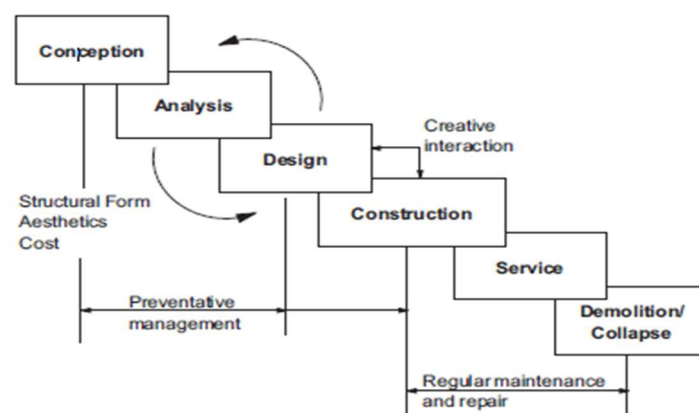
Para a realização do presente trabalho, foram revisitadas 05 estruturas na pista principal ao longo do trecho de levantamento. Estas vistorias foram realizadas à luz da norma DNIT-010/2004-PRO, de 20/01/2004 - Inspeção em Pontes e Viadutos de Concreto Armado e Protendido – Procedimento, a Norma NBR-9452/2023 - Inspeções de Pontes e Viadutos de Concreto e abrangeu exames visuais de todas as Obras de Arte Especiais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Considerações sobre sistema de gestão de Obras de Artes

Qualquer que seja a forma de construção utilizada e quaisquer que sejam os materiais adotados, mais cedo ou mais tarde os efeitos da degradação começaram a aparecer. É necessário que as OAEs mantenham suas características e condições de uso durante o tempo para que foram projetadas e as inspeções, é a forma de acompanhar o desempenho dessas estruturas, como demonstrado na Figura 11.

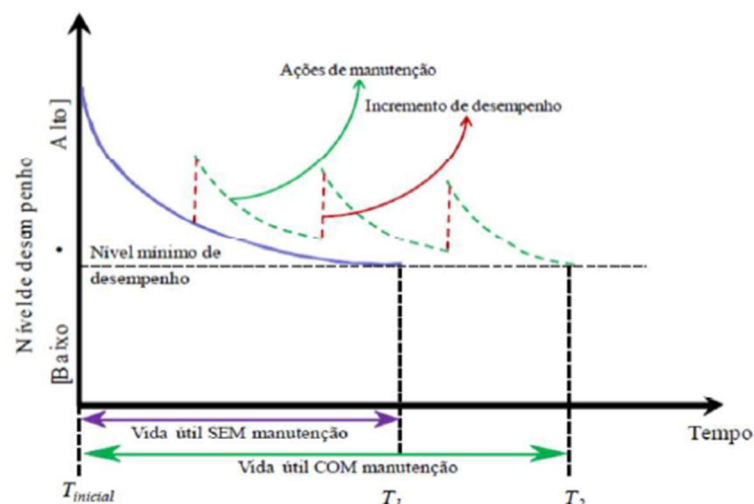
Figura 11 -Etapas na vida de uma ponte



Fonte: Ryall (2001).

A vida útil de uma estrutura está relacionada à realização de manutenções periódicas, conforme Possan e Demoliner (2013), na Figura 12.

Figura 12 - Relação da vida útil da estrutura com e sem manutenção



Fonte: Possan e Demoliner (2013).

De acordo com a NBR 6118:2014, a vida útil de projeto (VUP) refere-se ao período em que uma estrutura de concreto consegue manter suas propriedades e funcionalidades sem a necessidade de reparos ou intervenções significativas, desde que sejam seguidas as orientações de uso e manutenção fornecidas pelo projetista e pelo construtor. Esse conceito aplica-se tanto à estrutura como um todo quanto às suas partes, que podem ter durações de vida distintas. Embora a NBR 6118:2014 seja uma norma prescritiva e a NBR 15575-1:2013 tenha foco em desempenho, ambas definem vida útil de forma que, em essência, têm o mesmo significado.

Segundo Hyall (2010), o grau de degradação de uma estrutura ao longo de sua vida útil é influenciado por uma série de fatores inter-relacionados, que podem acelerar ou atenuar o processo de deterioração. Esses fatores incluem:

- **Geometria da estrutura:** O formato e o design da estrutura influenciam diretamente a distribuição de tensões e deformações, podendo criar pontos de concentração de esforços que aceleram o processo de degradação;
- **Materiais empregados na construção:** A escolha dos materiais, suas propriedades mecânicas e sua resistência a agentes externos, como corrosão e intempéries, são determinantes para a durabilidade da estrutura;
- **Qualidade da construção:** A execução do projeto, o cumprimento das normas técnicas e o controle de qualidade durante a construção são essenciais para garantir que a estrutura atinja sua vida útil projetada;
- **Concepção e detalhamento da estrutura:** Um projeto bem elaborado, com detalhamento adequado e consideração de cargas e condições ambientais, é fundamental para minimizar falhas e garantir a resistência da estrutura ao longo do tempo;
- **Ação do fogo:** Incêndios podem causar danos irreversíveis, alterando as propriedades dos materiais e comprometendo a integridade estrutural, especialmente em casos onde não há proteção contra fogo;
- **Terremotos:** Eventos sísmicos podem gerar fissuras, deslocamentos e outros danos que, mesmo que não sejam aparentes imediatamente, podem reduzir a capacidade da estrutura de suportar cargas futuras;
- **Natureza e intensidade do tráfego:** Em estruturas como pontes, viadutos e pavimentos, o tráfego intenso e contínuo pode levar à fadiga dos materiais, causando fissuras e desgaste prematuro.

Além desses fatores, outros elementos, como a exposição a agentes climáticos (chuva, vento, variações térmicas), a ação de produtos químicos e a falta de manutenção adequada,

também contribuem para a degradação. Portanto, é essencial considerar todos esses aspectos desde a fase de projeto, durante a construção e ao longo da vida útil da estrutura, adotando medidas preventivas e corretivas para garantir sua segurança e funcionalidade.

3.2 Obras de Arte Especiais

O desenvolvimento urbano e a facilidade do transporte contínuo e em larga escala de pessoas e cargas experimentaram avanços notáveis ao longo da história, em grande parte impulsionados pela 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 superar 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, conforme Carvalho (2024).

Figura 13 – Foto e ilustração da Ponte de Arcádico, Grécia, construída em torno de 1300 a.C.



Fonte: PORTELA, Enson.

Como definição clássica, as Obras de Arte Especiais (OAEs) são estruturas destinadas a manter a continuidade de uma via de comunicação sobre um obstáculo, seja ele natural ou artificial. As vias de comunicação podem ser exemplificadas por rodovias, ferrovias, passarelas, rios, lagos e mares. Segundo o DNIT (2004), ponte é definida como “estrutura, inclusive apoios, construída 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,

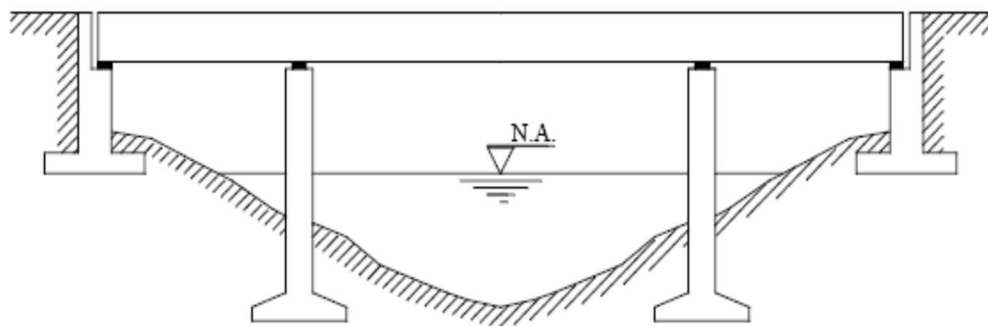
medido ao longo do eixo, de mais de seis metros”. De acordo com Valeriano (2021), é fundamental estabelecer uma diferenciação conceitual entre as estruturas de passagem presentes na infraestrutura urbana, considerando o obstáculo a ser superado e a função específica do projeto, a saber:

3.3 Conceitos gerais

Ponte é uma estrutura projetada para transpor um obstáculo, geralmente uma massa de água com a finalidade de garantir a continuidade de uma via, seja ela rodoviária, ferroviária ou destinada a pedestres. Ao longo deste texto, trataremos principalmente dessas três aplicações. O tipo de obstáculo a ser superado pode variar, e, conforme sua natureza, diferentes denominações são atribuídas à estrutura:

- **Ponte (propriamente dita):** termo utilizado quando o obstáculo consiste em um curso d’água ou outra superfície líquida, como um lago ou um braço de mar (ver Figuras 14,15).
- **Viaduto** - quando o obstáculo é um vale ou uma via (ver Figura 16 e 17).

Figura 14 - Esquema Ilustrativa de Ponte



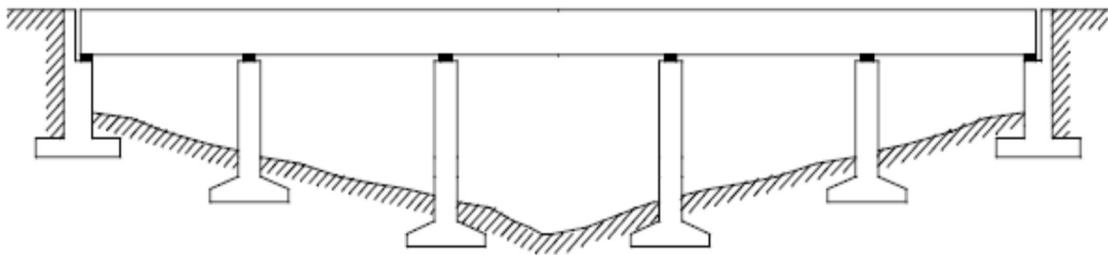
Fonte: Notas de Aula – Google (2025).

Figura 15 - Ponte Sobre o Rio Mearim (São Luís Gonzaga – MA)



Fonte: Dados do autor (2023).

Figura 16 - Esquema Ilustrativa de Ponte



Fonte: Notas de Aula – Google (2025).

Figura 16 – Viaduto do Café (São Luís – MA)



Fonte: Dados do autor (2025).

3.4 Particularidades das pontes

Ao se comparar pontes e edifícios, é possível identificar particularidades específicas das pontes em relação às edificações. Essas particularidades podem ser agrupadas da seguinte forma:

a) Ações:

Devido à natureza das cargas atuantes nas pontes, torna-se necessário considerar aspectos que normalmente não são relevantes em edifícios. Nas pontes, em geral, é essencial levar em conta os efeitos dinâmicos das cargas. Além disso, por serem cargas móveis, deve-se determinar a envoltória dos esforços solicitantes e verificar a possibilidade de fadiga dos materiais.

b) Processos construtivos:

Em função das adversidades comuns ao local de implantação, os métodos construtivos empregados na construção de pontes são, em muitos casos, específicos para esse tipo de obra ou assumem papel fundamental no projeto.

c) Composição estrutural:

A composição estrutural das pontes difere daquela adotada em edifícios, sobretudo em função das cargas de utilização, dos vãos a serem vencidos e das particularidades dos processos construtivos.

d) Análise estrutural:

Na análise estrutural de pontes, aplicam-se simplificações e recomendações específicas em função da configuração estrutural. Um exemplo é o uso de modelos em grelha, considerando elementos indeformáveis na direção transversal.

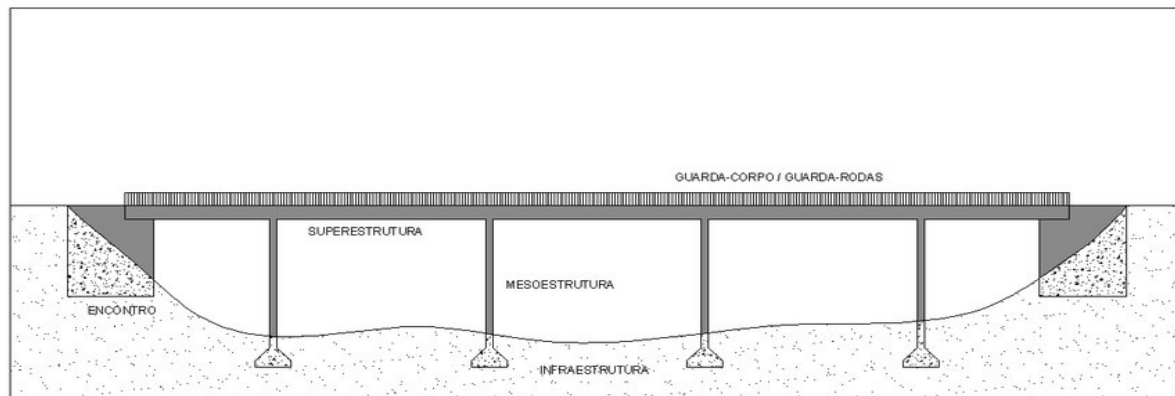
3.5 Elementos constituintes das pontes

Do ponto de vista funcional, a maioria das pontes pode ser dividida em três partes principais: infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura. A infraestrutura, ou fundação, é o componente responsável por transmitir ao terreno de implantação da obra, seja ele composto por rocha ou solo, os esforços provenientes da mesoestrutura. Fazem parte da infraestrutura os blocos, sapatas, estacas, tubulões, entre outros elementos, assim como as peças de ligação entre esses componentes e a mesoestrutura, como os blocos de cabeça de estacas e as vigas de enrijecimento associadas.

A mesoestrutura, composta pelos pilares, tem a função de receber os esforços da superestrutura e transmiti-los à infraestrutura. Além disso, é responsável por suportar esforços diretamente provenientes de ações externas, como as pressões do vento e da água em movimento.

A superestrutura, composta geralmente por lajes e vigas principais e secundárias, é o elemento de suporte imediato do estrado, que constitui a parte útil da obra do ponto de vista de sua finalidade.

Figura 17– Elementos constituintes das pontes



Fonte: Amorim, D. (2012).

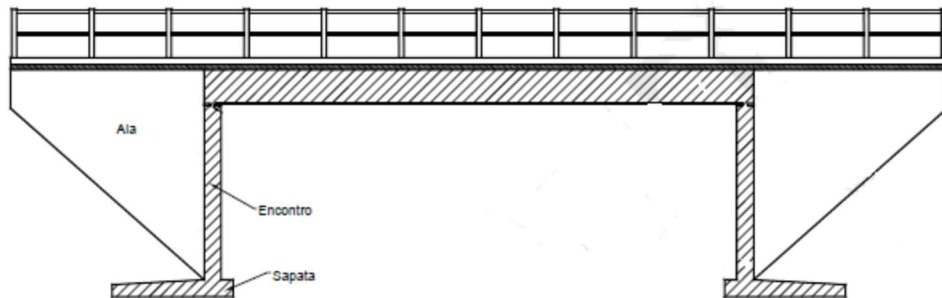
Existem obras complementares e elementos acessórios que, embora não se enquadrem na classificação anterior, desempenham um papel importante na integração da ponte como um todo. Entre eles, destacam-se:

a) Encontros:

Os encontros são elementos de transição entre a estrutura da ponte e o terrapleno, cumprindo a função dupla de suportar a ponte e proteger o aterro contra a erosão. Devem, portanto, ser dimensionados para resistir às reações verticais e horizontais da superestrutura, além do empuxo do aterro.

Esses elementos são especialmente utilizados quando há risco de destruição da saia do aterro pela erosão provocada pelas cheias.

Figura 18 - Ponte com encontro nas extremidades



Fonte: Notas de Aula -Google (2025).

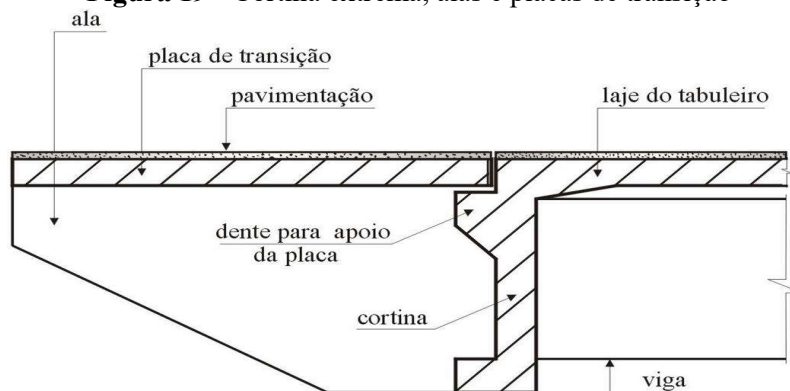
Os **encontros** possuem um paramento frontal e alas laterais longitudinais, que podem ser inclinadas ou transversais. As alas laterais podem ser isoladas do paramento frontal ou conectadas a ele, formando uma estrutura monolítica.

b) Placas de transição ou laje de transição:

A função das placas de transição é acompanhar o assentamento do terreno quando este for altamente recalçável. A declividade da placa não pode ultrapassar a razão de 1:200.

Uma extremidade da placa apoia-se em um console curto linear, ao longo da transversina extrema ou cortina, enquanto a outra extremidade apoia-se no terrapleno.

Figura 19 - Cortina extrema, alas e placas de transição



Fonte: Notas de Aula -Google (2025).

Figura 20 - Cortina extrema, alas e placas de transição

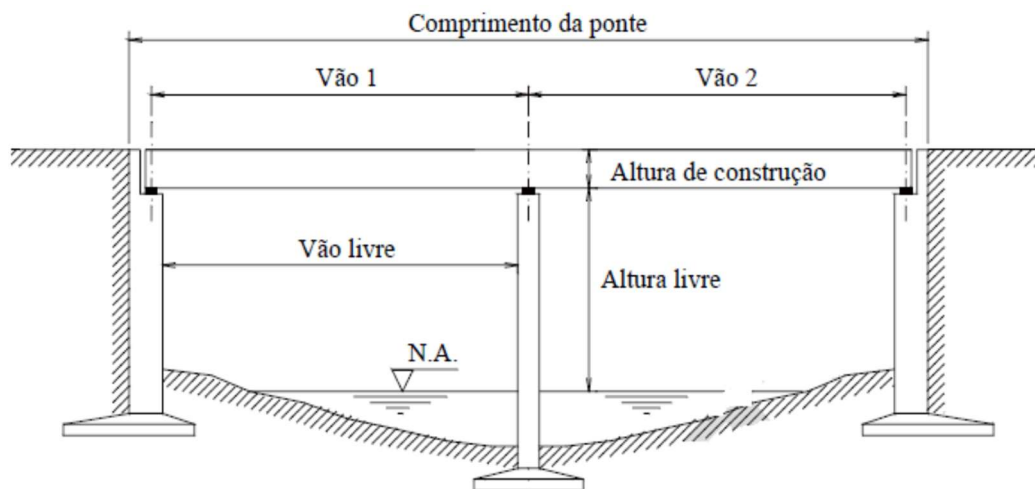


Fonte: Notas de Aula -Google (2025).

Com relação à seção longitudinal, apresentada na Figura 21, têm-se as seguintes denominações:

- **Comprimento da ponte** (também denominado de *vão total*): distância, medida horizontalmente segundo o eixo longitudinal, entre as seções extremas da ponte.
- **Vão** (também denominado de *vão teórico* ou *tramo*): distância, medida horizontalmente, entre os eixos de dois suportes consecutivos.
- **Vão livre**: distância entre as faces de dois suportes consecutivos.
- **Altura de construção**: distância entre o ponto mais baixo e o mais alto da superestrutura.
- **Altura livre**: distância entre o ponto mais baixo da superestrutura e o ponto mais alto do obstáculo.

Figura 21 - Denominações dos elementos relativos à seção longitudinal.



Fonte: Notas de Aula -Google (2025).

3.6 Classificação das pontes

As pontes podem ser classificadas segundo diferentes critérios, que abrangem aspectos estruturais, funcionais e construtivos. A seguir, apresentam-se as principais formas de classificação:

- Material da superestrutura;
- Comprimento;
- Natureza do tráfego;
- Desenvolvimento planimétrico;
- Desenvolvimento altimétrico;
- Sistema estrutural da superestrutura;
- Processo de execução.

Cada um desses critérios será detalhado nas seções seguintes.

3.7 Material da superestrutura

De acordo com o material empregado na superestrutura, as pontes podem ser classificadas em:

- Pontes de madeira;
- Pontes de alvenaria;
- Pontes de concreto simples;
- Pontes de concreto armado;
- Pontes de concreto protendido;

- Pontes de aço;
- Pontes mistas (concreto e aço).

3.8 Comprimento

Segundo seu comprimento, as pontes recebem denominações distintas:

- **Galerias (bueiros):** de 2 a 3 metros;
- **Pontilhões:** de 3 a 10 metros;
- **Pontes:** acima de 10 metros.

Essa classificação é usada principalmente para nomeação, não havendo consenso rigoroso sobre os limites indicados, tampouco grande relevância técnica. No caso das pontes de concreto, há ainda uma subdivisão, também com valores aproximados:

- **Pontes de pequenos vãos:** até 30 metros;
- **Pontes de médios vãos:** de 30 a 60–80 metros;
- **Pontes de grandes vãos:** acima de 60–80 metros.

3.9 Natureza do tráfego

Quanto à natureza do tráfego que suportam, as pontes classificam-se em:

- Pontes rodoviárias;
- Pontes ferroviárias;
- Passarelas (para pedestres);
- Pontes aeroviárias;
- Pontes navegáveis;
- Pontes mistas.

Essas denominações referem-se ao tipo principal de tráfego a que a ponte se destina. As pontes mistas são aquelas projetadas para atender a mais de um tipo de tráfego simultaneamente. Um exemplo típico é a ponte rodoferroviária, que permite a continuidade tanto de uma rodovia quanto de uma ferrovia.

Figura 22 - Ponte Storseisundet – Rodovia Atlântica (Noruega)



Fonte: Notas de Aula -Google (2025).

Figura 23 - Ponte ferroviária – Estrada de Ferro Vitória/Minas (Minas Gerais)



Fonte: Notas de Aula -Google (2025).

Figura 24- Passarelas para pedestres – Shangai (China)



Fonte: Notas de Aula -Google (2025).

Figura 25 - Ponte aeroviária – Schkeuditz (Alemanha)



Fonte: Notas de Aula -Google (2025).

Um exemplo de ponte navegável é o canal-ponte sobre o Rio Elba que une a rede de canais da ex-Alemanha Oriental com a da Alemanha Ocidental, como parte do projeto de reunificação de ambas desde a caída do muro de Berlim.

Figura 26 - canal sobre o Rio Elba (Alemanha)



Fonte: Notas de Aula -Google (2025).

Com seus 918 metros de extensão, a ponte-canal sobre o rio Elba é considerada uma obra-prima da engenharia moderna. Para sua construção, foram utilizados 68.000 m³ de concreto e 24.000 toneladas de aço. A estrutura abriga uma calha com 34 metros de largura e 4,25 metros de profundidade, comportando cerca de 132 mil toneladas de água. Projetada para suportar até mesmo terremotos, a ponte garante segurança e funcionalidade em qualquer estação.

Antes dessa grandiosa obra, os navios precisavam contornar o trecho do rio Elba em um desvio de 12 quilômetros, passando por eclusas antigas, o que resultava em longas horas de viagem. Em situações de nível baixo do rio, embarcações mais carregadas eram obrigadas a descarregar parte da carga em Magdeburg para continuar o trajeto.

Hoje, com a nova ponte-canal, embarcações com até 1.350 toneladas de carga podem navegar ininterruptamente entre as bacias dos rios Weser e Ruhr, no oeste da Alemanha, até Berlim, e vice-versa.

A construção levou cinco anos para ser concluída. O complexo é composto por uma ponte principal com 228 metros de comprimento, dividida em três seções — 57,1 m, 106,2 m e 57,1 m —, além de um extenso canal de aproximação com 690 metros, segmentado em 16 partes. Atualmente, a estrutura é utilizada durante todo o ano por embarcações motorizadas e manuais, tanto de carga quanto de passageiros.

Figura 27 - canal sobre o Rio Elba (Alemanha)



Fonte: Notas de Aula -Google (2025).

3.10 Desenvolvimento planimétrico

Segundo o desenvolvimento em planta do traçado, as pontes podem ser classificadas em:

- **Pontes retas:** caracterizadas por um alinhamento linear, podem ser subdivididas em:
- **Pontes ortogonais:** aquelas cujo eixo é perpendicular ao curso d'água ou obstáculo transposto;
- **Pontes esconsas:** apresentam um ângulo oblíquo em relação ao curso d'água ou à via inferior;
- **Pontes curvas:** apresentam um traçado curvo em planta, geralmente adotado em situações que exigem continuidade com curvas horizontais da via ou para atender restrições topográficas e geotécnicas.

As pontes podem ser classificadas, quanto ao desenvolvimento do eixo em planta, em **retas** e **curvas**.

- **Pontes retas** são aquelas cujo eixo longitudinal apresenta alinhamento retilíneo. De acordo com o ângulo formado entre o eixo da ponte e a linha de apoio da superestrutura, subdividem-se em:
 - **Pontes ortogonais:** quando esse ângulo é de 90° , ou seja, o eixo da ponte é perpendicular ao obstáculo transposto.

- **Pontes esconsas:** quando o ângulo difere de 90° , caracterizando uma travessia oblíqua.
- **Pontes curvas** são aquelas cujo eixo, em planta, apresenta um traçado curvilíneo. Esse tipo de solução é adotado geralmente para acompanhar a geometria da via ou contornar limitações topográficas.

Figura 28 - Ponte esconsa (Ponte Governador Orestes Quércia – São Paulo)



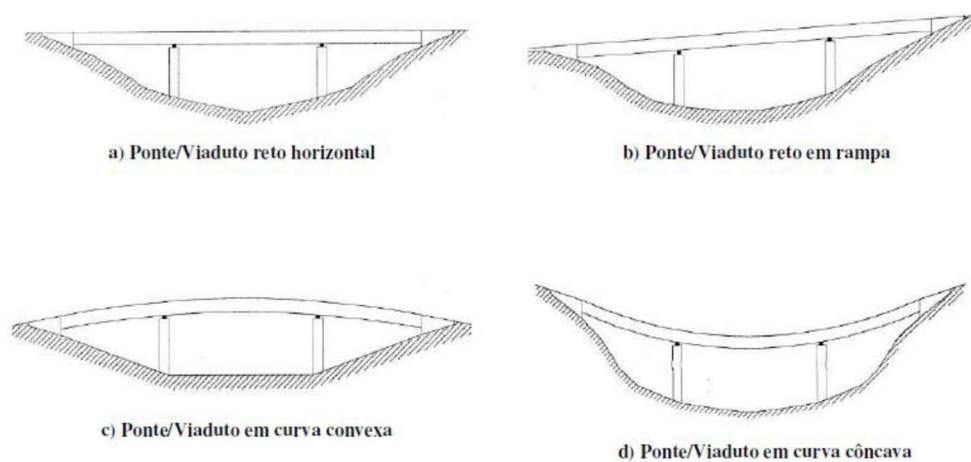
Fonte: Notas de Aula -Google (2025).

3.11 Desenvolvimento altimétrico

As pontes se classificam, segundo o seu desenvolvimento altimétrico, em:

- **Retas:** horizontal e em rampas;
- **Curvas:** tabuleiro convexo e tabuleiro côncavo.

Figura 29 - Altimetria das pontes e viadutos



Fonte: Dados do autor (2025).

Figura 30 - Ponte em rampa e com tabuleiro convexo (Ponte Eshima Ohashi – Japão)



Fonte: Notas de Aula -Google (2025).

3.11.1 Principais Causas de Problemas das OAEs

A concepção equivocada do projeto, o subdimensionamento e a falta de detalhamento adequado muitas vezes serão as causas das patologias da estrutura. Da mesma forma, a má execução ou o desrespeito de um projeto bem concebido, dimensionado adequadamente e bem detalhado com certeza terá como consequência uma estrutura comprometida com o tempo. Outra forma de aparecimento de problemas nas OAEs é o descomprimento das técnicas construtivas adequada a concepção de projeto e utilização de materiais não especificados. Ademais, resta as interferências externas como choques (colisão de veículos) ou incêndios.

3.12 Sistemas de gestão de Obra de Arte Especial

Um sistema de gestão de pontes é uma estrutura organizacional e de apoio à decisão, composta por um conjunto de atividades inter-relacionadas. Este sistema abrange normas e diretrizes para todas as suas operações, uma estrutura organizacional responsável pela gestão e execução dessas atividades, um banco de dados centralizado que armazena informações relevantes e um conjunto de ferramentas computacionais que permitem processar um inventário detalhado das condições atuais das pontes (Mendes, 2009). Além disso, o sistema possibilita o desenvolvimento de modelos para determinar e prever as condições futuras dos elementos e componentes das pontes, levando em consideração aspectos como durabilidade, capacidade de carga e condições de tráfego (Mendes, 2009). Assim, torna-se uma ferramenta essencial para a manutenção e otimização da infraestrutura viária.

3.13 Principais sistemas de gestão de pontes desenvolvidas no mundo

Os sistemas de gestão de pontes existentes em todo o mundo, embora compartilhem uma concepção geral semelhante, diferem devido a peculiaridades locais, como o clima, as condições econômicas, as características da malha rodoviária e até mesmo a cultura regional. Em uma região de clima frio, por exemplo, onde o uso de sais para degelo é comum, a atenção aos detalhes construtivos e às consequências desse uso na durabilidade das pontes se torna de extrema importância, ao contrário de regiões onde essa prática não é necessária.

3.13.1 Estados Unidos da América

Desde sempre, as atenções dos pesquisadores foram voltadas para a concepção, o projeto e a construção das estruturas, geralmente consideradas, em princípio, como se fossem eternas. O avanço da idade das estruturas, com as variações nas características mecânicas dos materiais, os carregamentos que mudam ao longo do tempo e suas consequências para o comportamento e a segurança, só começaram a ser considerados como fatores importantes, no caso das pontes, após o colapso da Silver Bridge, construída em 1928 sobre o rio Ohio, entre Point Pleasant, West Virginia, e Kanauga, Ohio, nos Estados Unidos. O acidente ocorreu em 15 de dezembro de 1967 e resultou na morte de 46 pessoas e em 9 feridos graves.

A Silver Bridge era uma ponte pênsil metálica, com 681 metros de extensão (com um vão central de 213 metros), suspensa por barras metálicas com olhais, em forma de corrente, interligadas por pinos metálicos. Após 39 anos de operação, fenômenos como a corrosão sob tensão combinada com fadiga em um ambiente agressivo provocaram o rompimento de um dos olhais, levando à ruína da estrutura. A comoção provocada por esse colapso, suas consequências econômicas e as perdas humanas despertaram o interesse nacional para a necessidade de inspeções de manutenção e segurança das pontes, resultando em uma série de ações que culminaram nos atuais sistemas de gestão de pontes.

A partir de 1991, foi desenvolvido o sistema de gestão PONTIS, sob patrocínio da FHWA (Federal Highway Administration), com o objetivo de auxiliar as agências de transporte na tomada de decisões relacionadas à manutenção, recuperação e substituição de estruturas. Atualmente, o sistema é licenciado pela AASHTO e adotado em 90% dos estados americanos, além de ser utilizado em outros países.

O sistema conta com um banco de dados relacional, baseado em diversas plataformas, como Microsoft SQL Server e ORACLE®, e armazena informações sobre o inventário, as avaliações e as condições dos elementos de cada ponte. Ele subsidia a formulação de estratégias

de conservação e otimiza a aplicação de recursos orçamentários, que, em geral, são inferiores às reais necessidades da malha rodoviária.

Simultaneamente o National Cooperative Highway Research Program – NCHRP, do Transportation Research Board – TRB desenvolveu o BRIDGIT, a partir de 1992. Inicialmente projetado para pequenos inventários, é coerente com as especificações da FHWA. Trata-se de um sistema com vários módulos que permitem armazenar e alterar dados dos inventários, das inspeções e de informações sobre manutenção.

- ✓ Em 1991 foram providenciados recursos financeiros para manutenção, reparos e recuperação de pontes através do International Surface Transportation Efficiency Act – ISTEA, que exigiu de cada estado um BMS até outubro de 1995 (esta exigência foi revogada posteriormente).
- ✓ Em 1994 foi revisado o “Manual for Condition Evaluation of Bridges – AASHTO”.
- ✓ Em 1995 foi revisado o “Coding Guide – FHWA”.
- ✓ Em 1995 foi revisado o “Manual 70” que passou a ser denominado “Manual 90”.
- ✓ Em 1995 o National Highway System (NHS) Act revogou a exigência do BMS para cada estado. Entretanto, muitos estados continuaram a implementar o PONTIS.

Em 2002 foi divulgado o “Bridge Inspector’s Reference Manual (BIRM) – FHWA”, versão revista e ampliada do Manual 90. Atualmente está sendo implementado o Bridge Inspection Training Program. A tecnologia usada para inspecionar e avaliar os elementos e os materiais das pontes foi significativamente aprimorada. As áreas de ênfase do programa de inspeção de pontes estão mudando e expandindo à medida que novos problemas aparecem. Os guias de inspeção têm sido aperfeiçoados para aumentar a uniformidade e a consistência das inspeções. Os dados das inspeções têm sido fundamentais numa variedade de análises e decisões das agências.

Todo o sistema de gestão de pontes dos Estados Unidos da América está fortemente baseado em leis nacionais para o estabelecimento de um padrão nacional de inspeção e avaliação das pontes e das fontes de financiamento para sua viabilização de forma contínua, bem como na elaboração de manuais de inspeção e avaliação e de manuais de treinamento de pessoal voltados para a uniformização de procedimentos.

3.13.2 Alemanha

A Alemanha, com uma superfície de 357.000 km², possui 626.248 km de rodovias. Deste total, 53.014 km são rodovias federais, nas quais estão localizadas 37.110 pontes, com um total de 24,79 milhões de m² de tabuleiro.

O sistema de gestão de pontes da Alemanha é supervisionado pelo Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), o Instituto Federal de Pesquisas Rodoviárias.

As informações relativas à malha rodoviária, às estruturas, aos danos existentes nas pontes, às necessidades de manutenção, às condições de tráfego, aos acidentes e aos custos são armazenadas em um banco de dados. O sistema estabelece um programa de intervenções, com requisitos e opções possíveis, a partir da análise de 166 restrições impostas (orçamentárias, ambientais), dos custos para proprietários e usuários, da avaliação das condições das estruturas, das previsões de deterioração das estruturas ao longo do tempo e das diversas alternativas disponíveis.

O grande diferencial do sistema alemão é o alto nível de importância atribuído à infraestrutura rodoviária como indutora do desenvolvimento, aliado a uma cultura voltada para o registro de todos os fatos que possam contribuir para a avaliação do comportamento das pontes e de seus componentes ao longo do tempo.

3.13.3 Reino Unido

O primeiro programa de avaliação de pontes do Reino Unido, denominado Operation Bridgeguard, foi criado na década de 1960 com o objetivo de identificar os pontos de maior risco para reforço e substituição. Em meados dos anos 1970, o Departamento de Transportes desenvolveu o “National Structures Database (NATS)”. Posteriormente, em 1987, foi lançado um programa quinquenal para recuperar e colocar em boas condições as pontes do Reino Unido. Em 1994, foi criada a agência executiva Highways Agency (HA).

Em 1998, foi publicado o “BA79 – The Management of Sub-standard Highway Structures”, um guia para a avaliação da capacidade de carga das pontes, com cinco níveis de avaliação, em ordem crescente de sofisticação. O NATS foi substituído pelo “SNIS - Structures Management Information System”, que fornece informações sobre o inventário e as inspeções on-line, além de gerenciar todas as atividades necessárias à manutenção das pontes ao longo de sua vida útil.

3.13.4 França

Na França, existem 235.000 pontes (com vão superior a 2 m) distribuídas ao longo de 900.000 km de rodovias. Deste total, 22.492 pontes, com 8.078.693 m² de tabuleiro, estão localizadas em 36.000 km de rodovias controladas pelo Estado.

A preocupação com a situação das pontes francesas começou a repercutir a partir do “Cycles d’Études des Ouvrages d’Art”, organizado em 1976, o qual resultou, em 1978, no primeiro inventário de estruturas construídas entre 1971 e 1976 e, posteriormente, no programa de inventário anual de novas pontes. Desde então, destacam-se as seguintes ações:

- Criação da seção responsável pela gestão das estruturas nas Directions Départementales de l’Équipement;
- Publicação de um instrumento-chave: “L’instruction Technique pour la Surveillance et l’Entretien des Ouvrages d’Art”, em 1979;
- Desenvolvimento do “Image Qualité des Ouvrages d’Art – IQOA – Ponts”, em 1994, com a criação de catálogos de defeitos e informações sobre cada tipo de estrutura.

3.13.5 Brasil

O Programa de Manutenção e Reabilitação de Estruturas – PROARTE é responsável pelo gerenciamento dos serviços de manutenção e reabilitação em Obras de Arte Especiais (OAEs) – pontes, túneis, viadutos, passarelas e estruturas de contenção – que integram a malha rodoviária federal em todo o país.

Desenvolvido pela Coordenação-Geral de Manutenção e Restauração Rodoviária – CGMRR/DIR, o programa prevê intervenções nas OAEs por meio da avaliação dos critérios técnicos estabelecidos no Plano Nacional de Manutenção Rodoviária – PNMR. O objetivo é atender às necessidades imediatas de restauração, reforço estrutural e alargamento nas Obras de Arte Especiais da malha rodoviária federal.

A metodologia do programa define as intervenções necessárias para a recuperação, reforço e alargamento das OAEs por meio de diagnóstico de campo (inspeções), baseado em procedimentos-padrão de cadastro e avaliação. As OAEs com larguras inferiores a 13,0 metros estão sendo reforçadas e alargadas.

Com os dados de campo, é gerada a documentação de licitação (planilhas de quantidades e orçamento) por meio de um sistema específico desenvolvido para o programa.

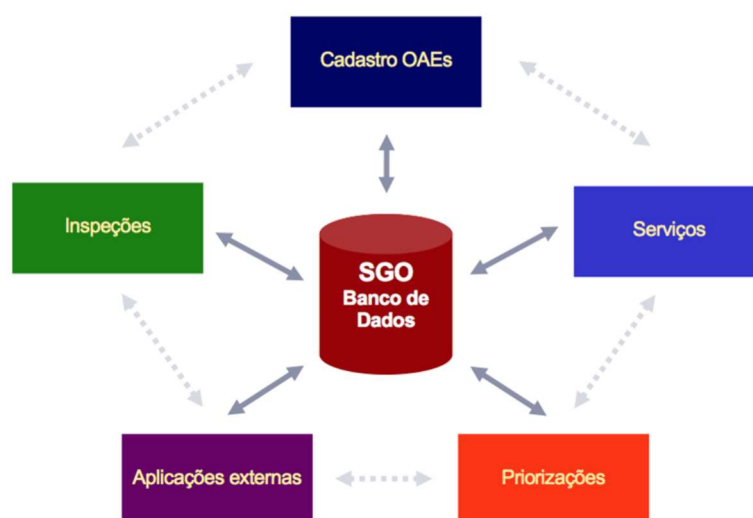
3.14 Inspeções em Obra de Arte Especial

As inspeções nas obras ao longo do tempo é a base de todo sistema de gerenciamento de OAE’s que registra as características e avalia manifestações patológicas visíveis,

armazenando num banco de dados e permita extrair as informações necessárias para as tomadas de decisão.

Na maioria dos estados brasileiros, a falta de um programa de vistoria sistemática nas OAEs da malha rodoviária estadual, resulta na maioria das vezes, em intervenções quando a estrutura já apresenta inúmeras patologias em estado crítico ou infelizmente quando entra em colapso. No Brasil, a NBR 9452:2023 e o Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias são os documentos que guiam as inspeções realizadas nas OAEs brasileiras. O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) administra o Sistema de Gerenciamento de Obras de Artes Especiais (SGO), Figura 30, que depois de um período sem atualizações, voltou à atividade nos últimos anos, recebendo novas vistorias periódicas das OAEs localizadas em rodovias federais (MOSCOSO, 2017). Atualmente, os critérios utilizados para a priorização das OAEs contempladas pelo PROARTE estão descritos no Plano Nacional de Manutenção Rodoviária (PNMR). Entre as principais informações analisadas estão as características funcionais, estratégicas e operacionais das rodovias onde as estruturas estão situadas.

Figura 31 - Contexto do SGO v3



Fonte: (DNIT, 2004a).

O *Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias* é um documento disponibilizado pelo DNIT, cujo objetivo é padronizar os procedimentos de inspeção em Obras de Arte Especiais (OAEs) no Brasil. O manual estabelece responsabilidades e deveres do inspetor de pontes, além de descrever detalhadamente os parâmetros que devem ser observados durante as inspeções, como a identificação dos elementos e do sistema construtivo.

De forma geral, as inspeções devem ser realizadas periodicamente em pontes e viadutos ao longo de sua vida útil, com o intuito de detectar e avaliar defeitos e rupturas que possam

comprometer seus componentes estruturais e, conseqüentemente, sua integridade, dependendo da tipologia e da gravidade dos danos (Zanini et al., 2017).

Na Tabela 1, a seguir, apresenta-se a classificação das pontes por meio da atribuição de notas, conforme os critérios estabelecidos na norma DNIT 010/2004 – PRO.

Tabela 1- Classificação da condição de OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional e durabilidade

NOTA	DANOS NO ELEMENTO / INSUFICIÊNCIA ESTRUTURAL	AÇÃO CORRETIVA	CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE	CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA PONTE
5	Não há danos nem insuficiência estrutural.	Nada a fazer.	Boa	Obra sem problemas
4	Há alguns danos, mas não há sinais de que estejam gerando insuficiência estrutural.	Nada a fazer; apenas serviços de manutenção.	Boa	Obra sem problemas importantes
3	Há danos gerando alguma insuficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra.	A recuperação da obra pode ser postergada, devendo-se, porém, neste caso, colocar-se o problema em observação sistemática.	Boa aparentemente	Obra potencialmente problemática Recomenda-se acompanhar a evolução dos problemas através das inspeções rotineiras, para detectar, em tempo hábil, um eventual agravamento da insuficiência estrutural.
2	Há danos gerando significativa insuficiência estrutural na ponte, porém não há ainda, aparentemente, um risco tangível de colapso estrutural.	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) da obra deve ser feita no curto prazo.	Sofrível	Obra problemática Postergar demais a recuperação da obra pode levá-la a um estado crítico, implicando também sério comprometimento da vida útil da estrutura. Inspeções intermediárias ¹ são recomendáveis para monitorar os problemas.
1	Há danos gerando grave insuficiência estrutural na ponte; o elemento em questão encontra-se em estado crítico, havendo um risco tangível de colapso estrutural.	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) - ou substituição da obra - deve ser feita sem tardar.	Precária	Obra crítica Em alguns casos, pode configurar uma situação de emergência, podendo a recuperação da obra ser acompanhada de medidas preventivas especiais, tais como: restrição de carga na ponte, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramentos provisórios, instrumentação com leituras contínuas de deslocamentos e deformações etc.

(1) Inspeções Intermediárias, no presente contexto, significa novas Inspeções a intervalos de tempo inferiores aos normais.

Obs.: A nota final da ponte corresponde a menor dentre as notas recebidas pelos seus elementos com função estrutural.

Fonte: DNIT 010(2004)

Segundo a ABNT NBR 9452:2023 – *Inspeção de pontes, viadutos e passarelas – Procedimento* (5ª edição, publicada em 20 de dezembro de 2023), são especificados os requisitos exigíveis para a realização de inspeções em obras de arte especiais (OAEs) de concreto, aço e estruturas mistas (aço e concreto), bem como para a apresentação dos respectivos resultados.

As OAEs devem ser classificadas a partir de três parâmetros principais: estrutural, funcional e de durabilidade, conforme descrito a seguir:

- **Parâmetro estrutural:** Refere-se à segurança estrutural da OAE, ou seja, à sua estabilidade e capacidade portante. Essa avaliação deve ser feita com base nos estados limites últimos e de utilização, conforme estabelecido pela ABNT NBR 6118:2023 e demais normas aplicáveis à engenharia de estruturas. Esse parâmetro, geralmente, recebe maior atenção, especialmente quando há sintomatologia visível de desempenho estrutural anômalo.
- **Parâmetro funcional:** Diz respeito aos aspectos relacionados à finalidade de uso da OAE, os quais exigem requisitos geométricos adequados, tais como visibilidade, gabaritos verticais e horizontais, além do conforto e da segurança aos seus usuários. Entre os elementos considerados estão:
 - Guarda-corpos íntegros;
 - Ausência de depressões e/ou buracos na pista de rolamento;
 - Sinalização adequada.
- **Parâmetro de durabilidade:** Avalia características que impactam diretamente na vida útil da estrutura, compreendendo o tempo estimado para que a OAE cumpra suas funções em condições de serviço. Os principais aspectos observados são:
 - Resistência da estrutura a agentes ambientais agressivos;
 - Presença de anomalias associadas à durabilidade;
 - Ausência de cobrimento da armadura;
 - Corrosão;
 - Fissuração que permita infiltrações;
 - Erosões nos taludes dos encontros, entre outros.

A relevância dos problemas identificados no parâmetro de durabilidade deve ser analisada em conjunto com o grau de agressividade do meio em que a estrutura está inserida, a fim de se inferir a velocidade de deterioração potencial.

3.15 Critérios de Classificação das OAEs

A classificação das OAEs consiste na atribuição de uma condição estrutural, funcional e de durabilidade, com base nas avaliações realizadas. Essa condição pode ser categorizada como: excelente, boa, regular, ruim, crítica **ou** emergencial.

Cada parâmetro recebe uma nota de 0 a 5, a qual reflete a gravidade dos problemas detectados — sendo 0 correspondente à condição mais crítica, e 5, à mais satisfatória. A correlação entre as notas atribuídas e a condição geral da OAE deve seguir a Tabela 2 da norma, que define os critérios de avaliação e a caracterização dos problemas.

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

Classificação nota	Condição	Caracterização estrutural	Caracterização funcional	Caracterização de durabilidade
5	Excelente	A estrutura se encontra em condições satisfatórias, apresentando defeitos irrelevantes e isolados	A OAE apresenta segurança e conforto aos usuários	A OAE se encontra em condições satisfatórias, apresentando defeitos irrelevantes e isolados
4	Boa	A estrutura apresenta danos de baixa gravidade, localizados e em pequenas áreas, sem comprometer a segurança estrutural	A OAE apresenta pequenos danos que não chegam a causar desconforto ou insegurança ao usuário	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que não comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental
3	Regular	Há danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra. Recomenda-se acompanhamento dos problemas	A OAE apresenta desconforto ao usuário, com defeitos que requerem ações	A OAE apresenta anomalias de moderada gravidade, que comprometem sua vida útil, em região de moderada a alta agressividade ambiental A OAE apresenta de moderadas a muitas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental
2	Ruim	Há danos comprometendo a segurança estrutural da OAE sem aparente risco iminente de colapso. Sua evolução pode levar ao colapso estrutural. A OAE necessita de intervenções significativas	A OAE possui funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança ao usuário	A OAE apresenta de moderadas a muitas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de alta agressividade ambiental A OAE apresenta muitas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental

Fonte: ABNT NBR 9452 (2023).

Tabela 3 - Classificação da condição de OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional e durabilidade

Classificação nota	Condição	Caracterização estrutural	Caracterização funcional	Caracterização de durabilidade
1	Crítica	Há danos gerando grave insuficiência estrutural na OAE. Há elementos estruturais em estado crítico, com risco tangível de colapso estrutural localizado. A OAE necessita de intervenção imediata, podendo ser necessária restrição de carga, interdição parcial, escoramento provisório, instrumentação, associadas ou não	A OAE apresenta condições funcionais limitadas de utilização em regiões localizadas	A OAE se encontra em elevado grau de deterioração em regiões localizadas, apontando problema já de risco estrutural e/ou funcional, requerendo intervenção imediata, podendo ser necessárias restrição de carga e interdição parcial ao tráfego
0	Emergencial	Há elementos estruturais principais colapsados, evoluindo para instabilidade da estrutura. É necessária a interdição total, até que haja avaliação e reclassificação por consultoria especializada ou intervenção	A OAE não apresenta condições funcionais de utilização. A OAE deve ser interditada	A OAE se encontra em elevado grau de deterioração, gerando grave insuficiência estrutural e/ou funcional, requerendo intervenção emergencial e interdição total

Fonte: ABNT NBR 9452 (2023).

3.16 Tipos de Inspeções das OAEs

A A ABNT NBR 9452:2023 estabelece três tipos principais de inspeções para obras de arte especiais: cadastrais, rotineiras e especial/extraordinária. Cada uma possui objetivos, periodicidade e requisitos específicos.

Inspeção Cadastral

Corresponde à primeira inspeção realizada na obra, com o objetivo de levantar informações iniciais para registro e acompanhamento. Deve conter:

- Roteiro básico (conforme Anexo A da norma);
- Registro fotográfico;
- Desenhos esquemáticos;
- Classificação da OAE;
- Demais informações consideradas relevantes.

3.16.1 Inspeção Rotineira

Trata-se de uma inspeção visual periódica de acompanhamento, realizada com ou sem o uso de equipamentos ou recursos especiais para análise e acesso. A periodicidade máxima recomendada é de um ano. Deve incluir:

- Informações básicas da estrutura;
- Classificação atual da OAE;
- Comparação com inspeções anteriores, com comentários sobre a evolução de anomalias, reparos ou recuperações realizadas;
- Ficha de inspeção rotineira (conforme Anexo B);
- Registro fotográfico atualizado;
- Demais informações pertinentes.

Durante a inspeção rotineira, além das verificações visuais, é essencial observar a evolução de anomalias anteriormente identificadas e a detecção de novas ocorrências. Esse tipo de vistoria é geralmente conduzido com base no julgamento técnico de especialistas ou por meio de padrões preestabelecidos que possibilitam atribuir um nível de defeito ao ativo inspecionado, expressando de forma sintética sua condição atual (Santarsiero et al., 2021).

3.16.2 Inspeção Especial

A inspeção especial é realizada com periodicidade de cinco anos, podendo ser prorrogada para até oito anos nos seguintes casos:

- Quando a OAE obteve nota 4 ou 5 na inspeção rotineira anterior;
- Quando a obra apresenta total acesso aos seus elementos constituintes nas inspeções periódicas.

Essa inspeção pode ser antecipada se:

- A estrutura tiver obtido nota 1 ou 2 na avaliação anterior, especialmente nos parâmetros de desempenho estrutural e de durabilidade;
- Estiverem previstas intervenções de grande porte, como alargamentos, prolongamentos, reforços ou elevação de classe portante.

A inspeção especial caracteriza-se por ser pormenorizada, incluindo o mapeamento gráfico e quantitativo das anomalias em todos os elementos aparentes e acessíveis da OAE. Seu objetivo é subsidiar um diagnóstico técnico e um prognóstico da estrutura, podendo exigir:

- Equipamentos especiais de acesso (lateral, inferior e, se necessário, interno — no caso de estruturas celulares);

- Inspeção subaquática, conforme orientações do Anexo F da norma.

Inspeção Extraordinária

Este tipo de inspeção ocorre de forma não programada, motivada por situações específicas que demandam avaliação criteriosa de um ou mais elementos da OAE. As causas podem incluir:

- Ocorrência de impacto de veículos, trens ou embarcações;
- Eventos naturais extremos, como inundações, vendavais, sismos, entre outros;
- Necessidade de reavaliação detalhada, mesmo que não originada de inspeção anterior.

A inspeção extraordinária deve ser registrada em relatório específico, contendo:

- Descrição da obra;
- Identificação e caracterização das anomalias observadas;
- Mapeamento fotográfico;
- Terapia recomendada para a estrutura.

3.17 Gerenciamento das OAEs

Na década de 1980, o aumento expressivo de casos de degradação acelerada em estruturas de concreto armado e protendido despertou uma preocupação crescente com a segurança das construções e os elevados custos de manutenção. Essa realidade redirecionou a atenção não apenas para os procedimentos construtivos, mas também para a necessidade de ações sistemáticas de conservação ao longo da vida útil das estruturas (BERTOLINI, 2010).

Segundo Zhang et al. (2022), os colapsos em pontes estão fortemente relacionados a variáveis como condições econômicas regionais, tipo estrutural, uso, material empregado e idade da construção. De forma convergente, Vítório (2007), ao estudar diversos casos de colapso de pontes no Brasil entre 1990 e 2005, identificou que a ausência de monitoramento contínuo e de manutenções periódicas foi um dos fatores determinantes para a ocorrência dos acidentes.

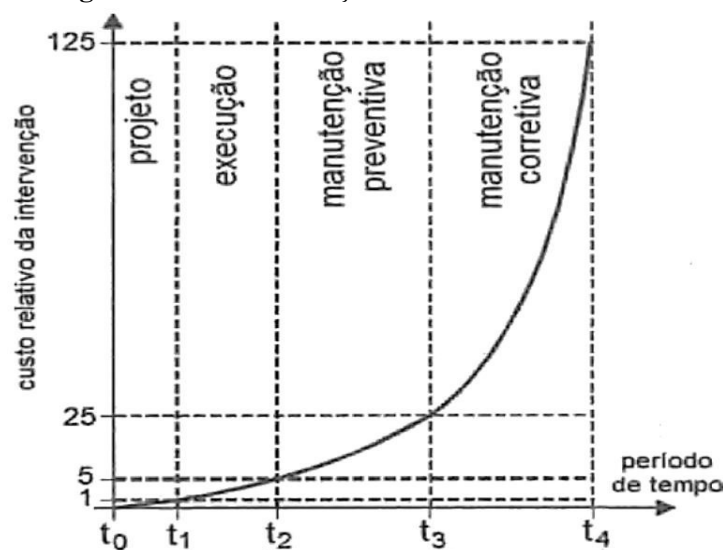
A carência de uma cultura voltada à manutenção preventiva leva os órgãos públicos – em diferentes esferas administrativas (federal, estadual e municipal) – a priorizarem a execução de novas obras, muitas vezes em detrimento da conservação de estruturas existentes. Essa negligência se reflete na visível deterioração de infraestruturas essenciais, como pontes e viadutos, que compõem o conjunto de Obras de Arte Especiais (OAEs).

A inexistência de políticas públicas estruturadas de conservação acarreta consequências significativas. Além de comprometer a segurança dos usuários, ao expô-los a riscos de falhas

estruturais, impacta negativamente as finanças públicas e privadas. Os altos custos dos reparos, geralmente emergenciais, acabam sendo suportados pela sociedade de forma direta ou indireta.

Nesse contexto, destaca-se a Lei de Sitter, que ilustra de forma didática a evolução dos custos de manutenção. Representada na Figura 34, essa lei demonstra que tais custos crescem exponencialmente à medida que as intervenções são postergadas, seguindo uma progressão geométrica com razão cinco. Assim, o adiamento das manutenções preventivas não apenas agrava o processo de deterioração, mas também torna as intervenções futuras progressivamente mais complexas e dispendiosas.

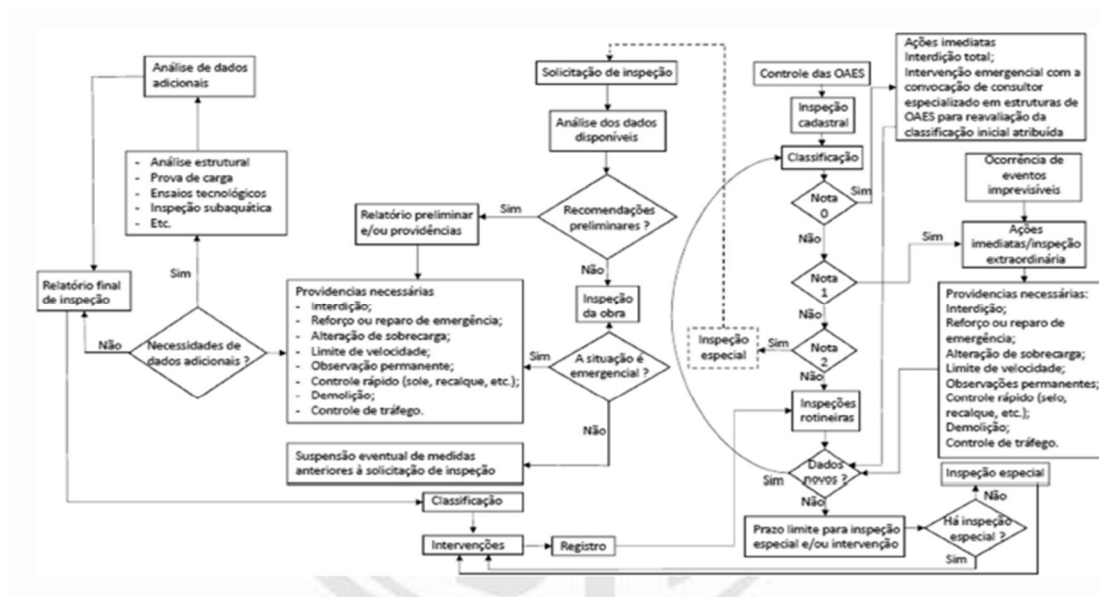
Figura 32 -Lei de evolução de custos / Lei de Sitter



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

A norma ABNT NBR 9452:2023 (5ª edição, de 20 de dezembro de 2023), intitulada *Inspeção de pontes, viadutos e passarelas – Procedimento*, apresenta, conforme a Figura 35, um fluxograma que representa o processo de gerenciamento de uma Obra de Arte Especial (OAE).

Figura 33 - Fluxograma de gerenciamento de uma OAE



Fonte: NBR 9452:2003.

Apesar de o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) dispor do Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais (SGO), nos últimos anos têm-se registrado, em todo o território nacional, diversas ocorrências de interdição e colapso de OAEs. Tal cenário indica que os critérios atualmente utilizados para a priorização das intervenções nas estruturas contempladas pelo Programa de Reabilitação de Obras de Arte Especiais (PROARTE) podem não estar adequados às demandas contemporâneas.

Nesse sentido, propõe-se como sugestão metodológica a ser aplicada no processo decisório de reabilitação de OAEs, a metodologia desenvolvida por Ana Clara Matos de Carvalho em sua dissertação de mestrado, intitulada *Fator de Relevância Estrutural como Critério na Tomada de Decisão do Gestor Público para Reabilitação de Pontes e Viadutos*, apresentada à Universidade de Brasília (UnB). Para fins de análise, adota-se essa abordagem na avaliação de cinco OAEs localizadas na BR-135, no trecho compreendido entre o km 0,0 e o km 55, no estado do Maranhão, como estudo de caso.

3.18 Método de Multicritérios e Fatores de Ponderação

A tomada de decisão sobre a intervenção nas Obras de Arte Especiais (OAEs), com base nos diagnósticos das inspeções, não é uma tarefa simples, pois envolve uma grande quantidade de informações que precisam ser tratadas de forma adequada. Para enfrentar esse desafio, propõe-se o uso do método multicritério de tomada de decisão, que surgiu como uma ferramenta matemática de apoio para a resolução de problemas nos quais há critérios conflitantes.

Vincke (1992) afirma que a utilização de métodos multicritérios apresenta uma vantagem significativa, pois, em geral, não existem decisões que possam ser consideradas ótimas em todos os aspectos de análise simultaneamente. Dessa forma, o método permite a seleção da alternativa mais adequada, considerando a ponderação dos dados, por exemplo.

A distinção entre os métodos multicritério de tomada de decisão e outras abordagens reside no fato de que os métodos multicritério consideram múltiplos aspectos, avaliando as alternativas com base em um conjunto de critérios. A partir desse conjunto, é derivada uma função matemática que serve para medir o desempenho de cada alternativa (Ensslin, 2001).

Dentro da metodologia de métodos multicritério, destaca-se a ponderação de fatores, utilizada para atribuir importância aos critérios definidos. Esses critérios funcionam como padrões de julgamento ou regras, com base nas quais as soluções alternativas podem ser avaliadas, comparadas, ordenadas e escolhidas, de acordo com a sua conveniência ou consequências (PEDRYCZ; EKEL; PARREIRAS, 2011; EKEL; PEDRYCZ; PEREIRA, 2020).

3.19 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.

3.19.1 Média Aritmética

A média aritmética representa o “centro de gravidade” de uma distribuição, ou seja, o ponto em torno do qual se equilibram as discrepâncias positivas e negativas (FEIJOO; AMLC, 2010). O valor resultante consiste em um resumo de todos os valores da distribuição. Dessa forma, pode ser um valor que não está presente na própria distribuição. Para calcular a média aritmética, soma-se os valores e divide-se o total pelo número de observações da série, conforme a equação a seguir:

$$X_a = \frac{X_1 + X_2 + X_3 \dots + X_n}{N}$$

Equação (1)

Onde:

X_a representa a média aritmética;

X (1,2,3...n) representam valores particulares que as variáveis assumem naquela série de observações;

N' representa o número total de notas

3.19.1.1 Média Aritmética Ponderada

A média aritmética ponderada é utilizada quando os dados de um conjunto possuem pesos atribuídos. Quanto maior o peso associado a um valor específico, maior será o seu impacto na 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, em seguida, 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...n) representam valores particulares que as variáveis assumem naquela série de observações; P (1,2,3...n) representam os pesos atribuídos a cada valor;

3.20 Banco de Dados

Banco de dados, em sua essência, é uma coleção de dados interconectados, nos quais as informações são organizadas de forma significativa. Nesse contexto, um banco de dados apresenta atributos específicos: ele reflete aspectos tangíveis do mundo real, formando uma coleção lógica e coesa de dados, elaborada e configurada para uma finalidade específica (ELMASRI; NAVATHE, 2005).

Para acessar a maioria dos conjuntos de dados, os usuários necessitam de ferramentas que simplifiquem o gerenciamento dessas informações (ROMAKRISHNAN; GEHRKE, 2008).

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

3.21 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 (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.

Tabela 4- 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						

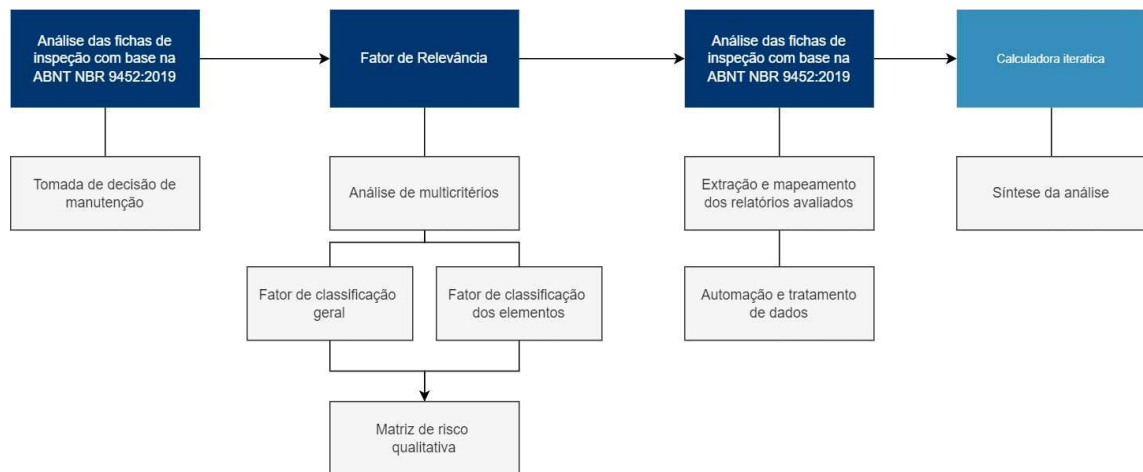
Fonte: Bianca M. N., (2019).

A matriz de vulnerabilidade ilustra como as fraquezas podem ser priorizadas e geridas de maneira eficaz, conforme demonstrado na Tabela 4. Na sequência, será apresentada a metodologia proposta.

4 METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia desenvolvida por Carvalho (2024) abrange as etapas do processo de inspeção rotineira, seguindo o passo a passo estabelecido pela ABNT NBR 9452:2023. 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 na Figura 36.

Figura 34 - Fluxograma com as etapas da metodologia



Fonte: Carvalho (2024).

4.1 Considerações Sobre as Tomadas de Decisão

Para o desenvolvimento da metodologia voltada à criação de fatores que auxiliem nas tomadas de decisão, foi indispensável a experiência prática obtida por meio da observação e vivência do cotidiano técnico. Essa imersão incluiu o contato direto com os profissionais responsáveis pelas inspeções, com o objetivo de compreender detalhadamente todas as etapas do processo, bem como identificar obstáculos e desafios recorrentes.

De forma geral, o processo de inspeção rotineira deve seguir o roteiro estabelecido pela ABNT NBR 9452:2019, contemplando os seguintes elementos:

- Introdução com informações básicas, como a rodovia e o trecho inspecionado, especialmente no caso de um lote de Obras de Arte Especiais (OAEs);
- Classificação da OAE;

- Comentários sobre eventuais alterações no estado geral da OAE em relação à inspeção anterior;
- Ficha de inspeção rotineira com o registro de anomalias observadas;
- Registro fotográfico;
- Outras informações consideradas relevantes para a inspeção.

A Tabela 5 representa o modelo de ficha de classificação da OAE.

Tabela 5 - 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 9452:2023.

Essa ficha de inspeção deve apresentar a classificação da OAE segundo três parâmetros principais: estrutural, funcional e de durabilidade, bem como a condição geral da estrutura, que pode ser classificada como *excelente*, *boa*, *regular*, *ruim* ou *crítica*, conforme apresentado no item 3.1.2 deste documento.

Entre os especialistas da área, é consenso que a tomada de decisão referente à manutenção das OAEs é, em geral, baseada nas observações desses parâmetros registrados nas fichas de inspeção. No entanto, esse processo frequentemente carece de critérios bem definidos que orientem a priorização das intervenções, o que contribui para a lentidão na análise, especialmente diante do elevado volume de laudos técnicos a serem processados. Por outro lado, há uma crescente cobrança, por parte do Poder Executivo local, por maior celeridade na definição das prioridades de manutenção e, consequentemente, na elaboração de um cronograma de obras baseado nas necessidades previamente identificadas.

4.2 Fato de Relevância

Carvalho (2024), com o objetivo de dirimir essa problemática — que, por vezes, pode acarretar distorções nos resultados, especialmente diante da ausência de uma métrica padronizada de avaliação — propõe a aplicação do método multicritério com ênfase na ponderação de fatores. Esses fatores são avaliados por meio das médias aritmética e ponderada, conforme a equação a seguir:

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

Onde:

F representa o fator de relevância;

FG representa o fator de classificação geral da OAE;

FE representa o fator de classificação dos elementos da OAE.

Fator de classificação geral (FG)

O fator de classificação global consiste na média aritmética ponderada dos parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade, definidos na ABNT NBR 9452:2023, 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:

FG representa o fator de classificação geral da OAE;

NE representa a nota de classificação para o parâmetro estrutural;

ND representa a nota de classificação para o parâmetro de durabilidade; NF representa a nota de classificação para o parâmetro funcional;

PE representa o peso atribuído para o parâmetro estrutural;

PD representa o peso atribuído para o parâmetro de durabilidade; PF 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, 2023) 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, crítica ou emergencial (variando de 0 a 5). Aqui se faz uma adaptação, levando em conta as vistorias do DNIT terem sido feitas anterior a 2023, onde a norma não apresentava o valor 0 (zero) para classificar o OAE como estado EMERGENCIAL.

Com base na explanação acima, a Tabela 6 apresenta a proposição dos pesos, em nível de importância dos fatores, para cada classificação definida no supracitado normativo.

Tabela 6 - Fator de importância da classificação dos parâmetros/ABNT NBR 9452:2023

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

Fonte: Carvalho (2024).

4.3 Matriz de Vulnerabilidade (FG)

Uma matriz de vulnerabilidade constitui uma ferramenta visual eficaz, utilizada para avaliar e classificar as fraquezas associadas a uma situação específica. Por meio de um esquema de cores, representa de maneira clara e intuitiva a relação entre a probabilidade de ocorrência e o impacto dos eventos analisados. Esse recurso facilita tanto a identificação quanto a gestão das vulnerabilidades, contribuindo para uma análise mais precisa dos riscos envolvidos.

No contexto desta pesquisa, ao aplicar a matriz de vulnerabilidade aos parâmetros definidos para o fator de classificação global, conforme metodologia proposta, obtém-se a sistematização apresentada na Tabela 7.

Tabela 7- 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: Carvalho (2024).

4.4 Fator de Classificação dos Elementos da OAE (FE)

O fator de classificação dos elementos corresponde à média aritmética ponderada dos elementos estruturais avaliados como superestrutura, mesoestrutura, infraestrutura, encontros, elementos e acessórios de segurança e drenagem, conforme definidos na ABNT NBR 9452:2019. A seguir, apresenta-se a equação utilizada para esse cálculo:

$$FE = \frac{N1 \times P1 + N2 \times P2 + N3 \dots + Nn \times Pn}{P1 + P2 + P3 \dots + Pn}$$

Equação (5)

Onde:

Fe o fator de classificação dos elementos da OAE;

N (1,2,3...n) representam as notas de classificação de cada elemento; P (1,2,3...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 Tabela 8.

Tabela 8 - 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 9452:2023

Cabe destacar que as notas atribuídas aos elementos são definidas pela agregação das avaliações de todas as estruturas vinculadas a cada componente analisado. Por exemplo, conforme ilustrado na tabela acima, as notas das travessas, pilares e aparelhos de apoio são ponderadas para calcular a média da mesoestrutura, uma vez que esses elementos compõem a estrutura.

De acordo com esse conceito, tanto a infraestrutura quanto a mesoestrutura recebem o maior peso, enquanto os elementos complementares são atribuídos ao peso mínimo. O peso foi determinado com base na análise de sensibilidade estabelecida pela ABNT NBR 9452:2023. Assim, a Tabela 9 apresenta a definição dos fatores de importância, considerando a distribuição dos elementos.

Tabela 9 - 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: Carvalho (2024)

4.5 Matriz de Vulnerabilidade (FE)

Análogo à explanação sobre a importância da matriz de vulnerabilidade (vide item 3.7) e aplicando essa ferramenta aos parâmetros propostos no fator de classificação dos elementos, tem-se o apresentado na Tabela 10.

Tabela 10- 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: Carvalho (2024).

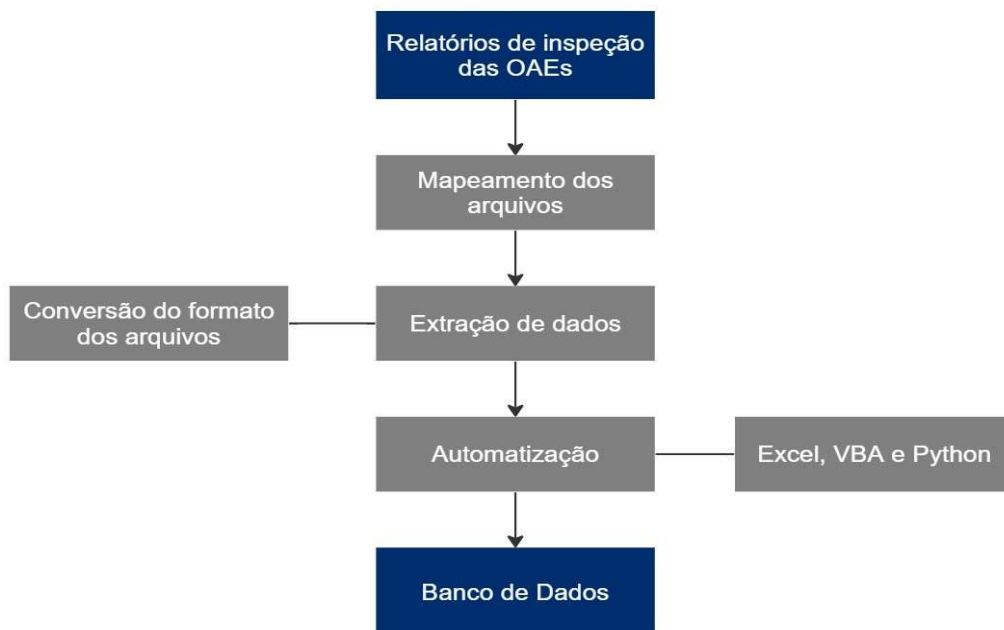
É importante destacar que a análise da matriz de vulnerabilidade é uma abordagem eficaz para identificar os aspectos que requerem maior atenção. Neste caso específico, a matriz ilustra que, após a atribuição de pesos aos elementos, existe uma relação direta entre esses pesos e a importância relativa dos elementos. Por exemplo, ao atribuir um peso de 1 à infraestrutura, ela 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.

4.6 Concepção do banco de dados

Foi utilizado o banco de dados do SGO/DNIT/Maranhão no desenvolvimento do estudo em epígrafe. Realizou-se um levantamento junto ao DNIT/MA, abrangendo os relatórios de inspeções realizadas até 2020, adotando as diretrizes estabelecidas na Norma de Inspeção de Pontes, Viadutos e Passarelas - Procedimento (ABNT NBR 9452, 2023).

Assim, foram mapeados e extraídos os dados dos arquivos recepcionados. Posteriormente, com o intuito de organizar e estruturar verticalmente esses serviços, foi desenvolvido um banco de dados preliminar. De acordo com Sene (2022), um banco de dados torna o trabalho mais eficiente, viabilizando o acesso rápido e fácil a qualquer informação necessária, mesmo em meio a grandes volumes de dados. A Figura 37 apresenta o fluxograma desse tratamento de dados.

Figura 35 - Metodologia de extração de dados



Fonte: Carvalho (2024).

5 ESTUDO DE CASO

Para verificar a aplicabilidade da metodologia proposta, foram avaliados 05 relatórios com três inspeções de OAEs, do Km 0 ao Km 51 da BR 135, cuja responsabilidade é do DENIT, superintendência do Maranhão. A Tabela 11 apresenta de forma resumida os relatórios que serão detalhados nos tópicos subsequentes.

Tabela 11 - Relatórios analisados

OAEs	Relatório nº	Tipologia OAE	Localização	Data Inspeção
1	01	Viaduto	km 13,65	20/07/2013
	02	Viaduto	km 13,65	01/12/2018
	03	Viaduto	km 13,65	23/09/2020
	01	Ponte	Estreito dos Mosquitos Km 24,39	03/11/2015
	02	Ponte	Estreito dos Mosquitos Km 24,39	28/11/2018
	03	Ponte	Estreito dos Mosquitos Km 24,39	22/09/2020
3	01	Ponte	km 45,02	29/01/2013
	02	Ponte	km 45,02	27/11/2018
	03	Ponte	km 45,02	21/09/2020
4	01	Viaduto	km 45,67	09/09/2022
	02	Viaduto	km 45,67	10/09/2022
	03	Viaduto	km 45,67	08/11/2022
5	01	Ponte	Km 50,02	04/02/2013
	02	Ponte	Km 50,02	25/11/2018
	03	Ponte	Km 50,02	21/09/2020

Fonte: Dados do autor (2025).

O trecho analisado será confrontado com os contemplados pelo PROARTE 2025. Ressaltamos que os relatórios 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. Consequentemente, os tópicos subsequentes apresentam os resultados provenientes dos 15 relatórios que forneceram dados para a análise em questão. tópicos subsequentes apresentam os resultados provenientes dos 15 relatórios que

forneeceram dados para a análise em questão.

5.1 Análise N°1 (Viaduto KM 13,65)

O Relatório 1 diz respeito à Ficha de Dados Cadastrais e Fichas de Inspeções Rotineiras, realizada 20/07/2013, 01/12/2018 e 23/09/2020 de um Viaduto, localizada no Km 13,65 na BR 135.

5.1.1 Relatório referente ao ano de 2013

Figura 36 – Ficha de Dados Cadastrais Km 13,65

DNIT - Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes IPR - Instituto de Pesquisas Rodoviárias Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais - SGO				Ficha de Dados Cadastrais Emissão: 12/04/2013	
1. DADOS BÁSICOS					
Código: -	Viaduto 1 km 13,655		BR-135/ MA	Km: 13,655	São Luis
Viaduto s/ Ferrov	Vig Conc Prot	/ Premol Prot Pré	Comentários		
Extensão (m):	39,00	Administrador:	DNIT		
Largura (m):	11,93	Doc. Projetos:	Não Localizado		
Trem-Tipo:	-	Doc. Construção:			
Projetista:	-	Doc. Diversos:			
Construtor:	-	Trecho PNV:	135BMA9070		
Ano Construção	-	Coordenadas (GPS):	02° 40,148 / 44° 17,943 / 24		
Data de Cadastramento:	20/07/2013				
2. CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS			7. ELEMENTOS PADRÕES COMPONENTES DA OAE		
Largura total da pista (m):	7,20	VMD	-	1 Laje de concreto armado	
Nº de Faixas / Largura da Faixa (m):	2 / 3,60	Região	Plana	105 Viga T ou I de concreto protendido	
Largura Acostamento Esq / Dir (m):	1,10 / 2,83	Traçado / Raio (m)	Tangente / 0,00	112 Transversina de ligação de concreto armado	
Largura Calçada Esq / Dir. (m):	0,00 / 0,00	Rampa Máxima (%)	0	115 Cortina de concreto armado	
Número de Vãos:	3	Gabarito Horizontal / Vertical (m)	23,35 / 7,50	202 Pilar em colunas de concreto armado	
Descrição dos Vãos:	1 vão de 23,95m; 2 vãos de 7,53m.		204 Travessa de apoio de concreto armado		
3. PROGRAMAÇÃO DE INSPEÇÕES			5. ROTAS ALTERNATIVAS		
Periodicidade da inspeção rotineira (anos):	2	Não informado		301 Aparelho de apoio neoprene fretado	
Equipamento Complementar:				801 Pavimento asfáltico	
Não				803 Barreira New Jersey	
Meior época do ano para vistoria:				810 Laje de aproximação	
Qualquer				811 Aterro de Acesso	
4. DEFICIÊNCIAS FUNCIONAIS			6. ASPECTOS ESPECIAIS		
			815 Junta Metálica de dilatação		
Consórcio Strata/ Dynatest					

Fonte: DNIT (2013).

Figura 37 - Ficha de Inspeção Rotineira, realizada em 2013, Km 13,65

DNIT - Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes IPR - Instituto de Pesquisas Rodoviárias Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais - SGO						Ficha de Inspeção Rotineira Emissão: 12/04/2013	
1. IDENTIFICAÇÃO							
Código: -	Viaduto 1 km 13,655	BR-135/ MA	Km: 13,655	Unit: 15	Resid: 3		
Data da Inspeção: 20/07/2013		Inspetor: Tatiana Coelho Costa					
2. CONDIÇÕES							
Condições de Estabilidade: Boa Condições de Conservação: Boa Observações:							
3. DANOS NOS ELEMENTOS							
Elemento	Nota	Dano	Unid	Quantidade	Ext Relativa	Localização	
Junta metálica de dilatação	3	Junta danificada ou inexistente ou expelida				P1/P2/P3/P4	
4. INSUFICIÊNCIAS ESTRUTURAIS NOS ELEMENTOS							
Elemento	Nota	Insuficiência	Causa provável		Comentários		
Consórcio Strata/ Dynatest							

Fonte: DNIT (2013).

Fator de Classificação Geral (FG):

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

Tabela 12 – Fator Global

Fator Global		
Parâmetros	Peso	Nota 2018
Estrutural	1,00	4,00
Durabilidade	0,75	4,00
Funcionalidade	0,50	-

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (x), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{G_{2013}} = \frac{4,00 \times 1 + 4,00 \times 0,75}{1,00 + 0,75} = 4,00$$

Fator de Classificação dos elementos da OAE (FE):

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

Tabela 13 – Fator Estrutural

Fe (Fator Estrutural)		
Estrutura	Peso	Nota 2018
Superestrutura	0,75	4,00
Mesoeestrutura	1,00	4,00
Infraestrutura	1,00	4,00
Encontros	0,50	4,00
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	4,00
Drenagem	0,25	4,00

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (z), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{E_{2013}} = \frac{4,00 \times 0,75 + 4,00 \times 1,00 + 4,00 \times 1,00 + 4,00 \times 0,50 + 4,00 \times 0,25 + 4,00 \times 0,25}{0,75 + 1,00 + 1,00 + 0,50 + 0,25 + 0,25} = 4,00$$

Fator de Relevância (F):

Por fim, aplicando a equação (y), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{2013} = \frac{4,00 + 4,00}{2} = 4,00$$

5.1.2 Relatório referente ao ano de 2018

Figura 38 - Ficha de Inspeção Rotineira, realizada em 2018, Km 13,65

DNIT DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DPP - DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
CGDESP - COORDENAÇÃO GERAL DE DESENVOLVIMENTO E PROJETOS
COORDENAÇÃO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS

INSPEÇÃO ROTINEIRA

1. IDENTIFICAÇÃO DA OBRA

Código:	150154	Viaduto km 14,71 sobre Ferrovia (LE)	Via / UF:	BR-135 / MA	Superint. Regional:	S.R.E - MA
Data da Inspeção:	01/12/2018	Inspetor: PAULA CARVALHO TORRES	Km:	14.71	UL:	ULMA03 - PEDRINHAS

2. CONDIÇÕES

Condição de Estabilidade:	Boa	<table border="1"> <tr> <td>Nota Técnica</td> </tr> <tr> <td>4 - Boa</td> </tr> </table>	Nota Técnica	4 - Boa
Nota Técnica				
4 - Boa				
Condição de Conservação:	Boa			

Observações:
Ausência de Sinalização Horizontal e Vertical;
Manutenção inadequada do pavimento danificando a junta de dilatação;
Dispositivos de drenagem danificados (buzinotes);
Viga I ou T de concreto protendido - Infiltração - Face Externa dos Elementos, próximo aos Buzinotes;
Travessa de apoio de concreto armado - Infiltração no Concreto - Pontos Distribuídos ao longo dos Elementos. Armadura sem cobrimento (Foto 196);

3. DANOS NOS ELEMENTOS

Elemento	Nota	Dano	Unid	Quantidade	Ext. Relativa	Localização
Laje de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	13	<=20%	Balanços Transversais, próximo aos Buzinotes e pontos Localizados no Centro
Laje de concreto armado	4 - Boa	Lixiviação e mancha de carbonatação	M2	1.5	<=20%	Balanços Transversais, próximo aos Buzinotes
Laje de concreto armado	4 - Boa	Infiltração no concreto	M2	12	<=20%	Balanços Transversais, próximo aos Buzinotes
Viga I ou T de concreto protendido	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	10	<=20%	Face Externa dos elementos, próximo aos buzínos
Viga I ou T de concreto protendido	4 - Boa	Lixiviação e mancha de carbonatação	M2	1.2	<=20%	Face Externa dos elementos, próximo aos buzínos
Viga I ou T de concreto protendido	4 - Boa	Concreto desagregado com armadura exposta e oxidada	M2	0.5	<=20%	Viga 3, próximo à Transversina 3
Transversina de ligação de concreto armado	4 - Boa	Concreto desagregado com armadura exposta e oxidada	M2	0.1	<=20%	T3, Próximo à Viga 3
Cortina de concreto armado	4 - Boa	Rachadura ou trinca muito aberta	M	1	<=20%	Ponto Localizado do 2º Encontro
Cortina de concreto armado	4 - Boa	Concreto desagregado com armadura exposta e oxidada	M2	1.5	<=20%	Pontos Localizados de ambos os Encontros
Travessa de apoio de concreto armado	4 - Boa	Lixiviação e mancha de carbonatação	M2	2	<=20%	Pontos Distribuídos dos Elementos
Travessa de apoio de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	20	>20% e <=40%	Pontos Distribuídos de todos os Elementos
Pavimento asfáltico	4 - Boa	Pavimento asfáltico danificado	M2	0.5	<=20%	Próximo ao segundo encontro

Solicitado por WALLACE ALAN BLOIS LOPES em 31/10/2024 às 19:32 Página 1 / 2

Fonte: DNIT (2018).

Fator de Classificação Geral (FG):

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

Tabela 14 – Fator Global

Fator Global		
Parâmetros	Peso	Nota 2018
Estrutural	1,00	4,00
Durabilidade	0,75	4,00
Funcionalidade	0,50	-

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (x), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{G_{2018}} = \frac{4,00 \times 1 + 4,00 \times 0,75}{1,00 + 0,75} = 4,00$$

Fator de Classificação dos elementos da OAE (FE):

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

Tabela 15 – Fator Estrutural

Fe (Fator Estrutural)		
Estrutura	Peso	Nota 2018
Superestrutura	0,75	4,00
Mesoestrutura	1,00	4,00
Infraestrutura	1,00	4,00
Encontros	0,50	4,00
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	4,00
Drenagem	0,25	4,00

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (z), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{E_{2018}} = \frac{4,00 \times 0,75 + 4,00 \times 1,00 + 4,00 \times 1,00 + 4,00 \times 0,50 + 4,00 \times 0,25 + 4,00 \times 0,25}{0,75 + 1,00 + 1,00 + 0,50 + 0,25 + 0,25} = 4,00$$

Fator de Relevância (F):

Por fim, aplicando a equação (y), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{2018} = \frac{4,00 + 4,00}{2} = 4,00$$

5.1.3 Relatório referente ao ano de 2020

Figura 39 - Ficha de Inspeção Rotineira, realizada em 2020, Km 13,65

 DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES DPP – DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA CGDESP – COORDENAÇÃO GERAL DE DESENVOLVIMENTO E PROJETOS COORDENAÇÃO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS								
INSPEÇÃO ROTINEIRA								
1. IDENTIFICAÇÃO DA OBRA								
Código:	150071	Viaduto km 45,00 sobre Ferrovia (LE)	Via / UF:	BR-135 / MA	Superint. Regional:	S.R.E - MA		
Data da Inspeção:	21/09/2020	Inspetor:	REINALDO PRADO FILHO	Km:	45	ULMA03 - PEDRINHAS		
2. CONDIÇÕES								
Condição de Estabilidade:	Boa					<table border="1"> <tr> <td>Nota Técnica</td> </tr> <tr> <td>4 - Boa</td> </tr> </table>	Nota Técnica	4 - Boa
Nota Técnica								
4 - Boa								
Condição de Conservação:	Boa							
Observações:	Travessa de apoio - manchas de umidade; Ancoragem inadequada do dispositivo de segurança (Defensa metálica)							
3. DANOS NOS ELEMENTOS								
Elemento	Nota	Dano	Unid	Quantidade	Ext. Relativa	Localização		
Junta de dilatação	4 - Boa	Junta danificada ou inexistente ou expelida	M	31.8	>80%	1ª e 2ª encontro		
Pilar em colunas de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	1	<=20%	Pontos Localizados		
Cortina de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	6	<=20%	1ª e 2ª encontro		
Viga I ou T de concreto protendido	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	4	<=20%	Pontos Localizados		
4. INSUFICIÊNCIAS ESTRUTURAIS NOS ELEMENTOS								
Elemento	Nota	Insuficiência	Causa Provável	Comentários				
5. LAUDO ESPECIALIZADO								
Data do Laudo:	Consultor:							
Observações:								
6. MONITORAMENTO								
Período:	a	Tipo de Monitoramento:	Executor:		Custo:			
Objeto:								
Técnicas:								
Solicitado por: WALLACE ALAN BLOIS LOPES em 31/10/2024 às 19:35								
Página 1 / 2								

Fonte: DNIT (2020).

Fator de Classificação Geral (FG):

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

Tabela 16 – Fator Global

Fator Global		
Parâmetros	Peso	Nota 2020
Estrutural	1,00	4,00
Durabilidade	0,75	2,00
Funcionalidade	0,50	-

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (x), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{G_{2020}} = \frac{4,00 \times 1 + 2,00 \times 0,75}{1,00 + 0,75} = 3,14$$

Fator de Classificação dos elementos da OAE (FE):

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

Tabela 17 – Fator Estrutural

Fe (Fator Estrutural)		
Estrutura	Peso	Nota 2020
Superestrutura	0,75	4,00
Mesoestrutura	1,00	4,00
Infraestrutura	1,00	4,00
Encontros	0,50	4,00
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	4,00
Drenagem	0,25	4,00

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (z), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{E_{2020}} = \frac{4,00 \times 0,75 + 4,00 \times 1,00 + 4,00 \times 1,00 + 4,00 \times 0,50 + 4,00 \times 0,25 + 4,00 \times 0,25}{0,75 + 1,00 + 1,00 + 0,50 + 0,25 + 0,25} = 4,00$$

Fator de Relevância (F):

Por fim, aplicando a equação (y), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{2020} = \frac{3,14 + 4,00}{2} = 3,57$$

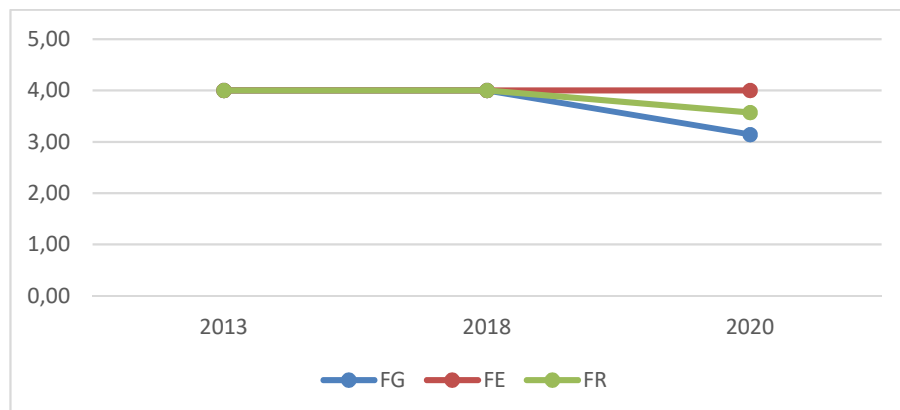
5.1.4 Resumo Viaduto - Km 13,65

Tabela 18 – Resumo

VIADUTO_KM 13,655				
Fator Global				
Parâmetros	Peso	Nota 2013	Nota 2018	Nota 2020
Estrutural	1,00	4,00	4,00	4,00
Durabilidade	0,75	4,00	4,00	2,00
Funcionalidade	0,50			
	FG	4,00	4,00	3,14
Fe (Fator Estrutural)				
Estrutura	Peso	Nota 2013	Nota 2018	Nota 2020
Superestrutura	0,75	4,00	4,00	4,00
Mesoestrutura	1,00	4,00	4,00	4,00
Infraestrutura	1,00	4,00	4,00	4,00
Encontros	0,50	4,00	4,00	4,00
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	4,00	4,00	4,00
Drenagem	0,25	4,00	4,00	4,00
	FE	4,00	4,00	4,00
Fator de Relevância (F)				
		F	F	F
		2013	2018	2020
		4,00	4,00	3,57
		2013	2018	2020
	FG	4,00	4,00	3,14
	FE	4,00	4,00	4,00
	R	4,00	4,00	3,57

Fonte: Dados do autor (2025).

Gráfico 9 – Fator de Ponderação F



Fonte: Dados do autor (2025).

5.2 Análise nº2 (Estreito dos Mosquitos-le-Km:24,39)

O Relatório nº 2 refere-se à Ficha de Dados Cadastrais e às Fichas de Inspeções Rotineiras realizadas em 03/11/2015, 28/11/2018 e 22/09/2020, relativas à ponte localizada no km 24,39 da BR-135. Relatório referente ao ano de 2013/2015.

Figura 40 – Ficha de Dados Inspeção Rotineira, Km 24,39



DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
 DPP – DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
 CGDESP – COORDENAÇÃO GERAL DE DESENVOLVIMENTO E PROJETOS
 COORDENAÇÃO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS

INSPEÇÃO ROTINEIRA

1. IDENTIFICAÇÃO DA OBRA

Código:	150128	Ponte sobre o Estreito dos Coqueiros (LE)	Via / UF:	BR-135 / MA	Superint. Regional:	S.R.E. - MA	
Data da Inspeção:	03/11/2015	Inspetor:	Gallieu Silva Santos	Km:	24.4	UL:	ULMAD3 - PEDRINHAS

2. CONDIÇÕES

Condição de Estabilidade: Satisfável Condição de Conservação: Boa Observações:	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>Nota Técnica</td> </tr> <tr> <td>2 - Problemática</td> </tr> </table>	Nota Técnica	2 - Problemática
Nota Técnica			
2 - Problemática			

3. DANOS NOS ELEMENTOS

Elemento	Nota	Dano	Unid.	Quantidade	Ext. Relativa	Localização
Laje de concreto armado	3 - Em observação	Lixiviação e mancha de carbonatação	M2	0	Não quantificado	Face interior da laje
Laje de concreto armado	3 - Em observação	Infiltração no concreto	M2	0	Não quantificado	No balanço lateral
Viga caído de concreto protendido	2 - Problemática	Fissura profunda aberta (w > 0,3 mm)	M	0	Não quantificado	3°, 5° e 6° vão
Viga caído de concreto protendido	2 - Problemática	Deslocamento de concreto com armadura exposta	M2	0	Não quantificado	3°, 5° e 6° vão
Pavimento de concreto	3 - Em observação	Pavimento de concreto danificado	M2	0	Não quantificado	Na pista de rolamento em geral (pontos localizados)
Guarda rodas qualquer	3 - Em observação	Guarda-rodas ou barreira destruídos	M	0	Não quantificado	No guarda rodas do lado esquerdo
Guarda corpo de concreto armado	4 - Boa	Guarda-corpo destruído	M	0	Não quantificado	No guarda corpo direito e esquerdo.
Junta elástica de dilatação	3 - Em observação	Junta danificada ou inexistente ou expelida	M	0	Não quantificado	No encontro E-1 e E-2

4. INSUFICIÊNCIAS ESTRUTURAIS NOS ELEMENTOS

Elemento	Nota	Insuficiência	Causa Provável	Comentários
----------	------	---------------	----------------	-------------

5. LAUDO ESPECIALIZADO

Data do Laudo:	Consultor:
Observações:	

Solicitado por: WALLACE ALAN BLOIS LOPES em: 31/10/2024 às 19:33 Página: 1 / 2

Fonte: DNIT (2015).

Figura 41 – Ficha de Dados Inspeção Rotineira, Km 24,39


DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
 DPP – DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
 CGDESP – COORDENAÇÃO GERAL DE DESENVOLVIMENTO E PROJETOS
 COORDENAÇÃO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS

INSPEÇÃO ROTINEIRA

6. MONITORAMENTO

Período: _____ a _____ Tipo de Monitoramento: _____ Executor: _____ Custo: _____

Objeto: _____

Técnicos: _____

Relatório: _____

Obs: A nota final da Obra de Arte Especial corresponde a menor dentre as notas recebidas pelos seus elementos com função estrutural.

Solicitado por WALLACE ALAN BLOIS LOPES em 31/10/2024 às 19:33 Página 2 / 2

Fonte: DNIT (2015).

Fator de Classificação Geral (FG):

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

Tabela 19 – Fator Global

Fator Global		
Parâmetros	Peso	Nota 2015
Estrutural	1,00	2,00
Durabilidade	0,75	4,00
Funcionalidade	0,50	-

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (x), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{G_{2015}} = \frac{2,00 \times 1 + 4,00 \times 0,75}{1,00 + 0,75} = 2,86$$

Fator de Classificação dos elementos da OAE (FE):

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

Tabela 20 – Fator Estrutural

Fe (Fator Estrutural)		
Estrutura	Peso	Nota 2015
Superestrutura	0,75	2,50
Mesoestrutura	1,00	4,00
Infraestrutura	1,00	4,00
Encontros	0,50	4,00
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	3,50
Drenagem	0,25	4,00

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (z), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{E_{2015}} = \frac{2,50 \times 0,75 + 4,00 \times 1,00 + 4,00 \times 1,00 + 4,00 \times 0,50 + 3,50 \times 0,25 + 4,00 \times 0,25}{0,75 + 1,00 + 1,00 + 0,50 + 0,25 + 0,25} = 3,67$$

Fator de Relevância (F):

Por fim, aplicando a equação (y), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{2015} = \frac{2,86 + 3,67}{2} = 3,26$$

5.2.1 Relatório referente ao ano de 2018

Figura 42 - Ficha Inspeção Rotineira, realizada 2018, Km 24,39

DNIT DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DPP - DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
CGDESP - COORDENAÇÃO GERAL DE DESENVOLVIMENTO E PROJETOS
COORDENAÇÃO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS

INSPEÇÃO ROTINEIRA

1. IDENTIFICAÇÃO DA OBRA

Código:	150128	Ponte sobre o Estreito dos Coqueiros (LE)	Via / UF:	BR-135 / MA	Superint. Regional:	S.R.E - MA
Data da Inspeção:	28/11/2018	Inspetor: PAULA CARVALHO TORRES	Km:	24.4	UL:	ULMA03 - PEDRINHAS

2. CONDIÇÕES

Condição de Estabilidade:	Bom	Nota Técnica 3 - Em observação
Condição de Conservação:	Satisfatória	
Observações:	Anomalia inadequada do dispositivo de segurança (Defensa metálica); Ausência de dispositivos de drenagem nos aterros de acesso; Ausência de Sinalização Horizontal e Vertical; Obras recuperadas no passado (serviço de qualidade duvidosa): 102 - Vigas caixão de concreto protendido - Infiltração - Próximo a P2; 115 - Cortina de concreto armado - 1º Encontro - Fissura Profunda Fina 802 - Pavimento de concreto - Buraco na Pista. 805 - Guarda rodas qualquer - Rachadura ou trinca muito aberta (Foto 159);	

3. DANOS NOS ELEMENTOS

Elemento	Nota	Dano	Unid	Quantidade	Ext. Relativa	Localização
Laje de concreto armado	4 - Boa	Fissura profunda fina	M	0.5	<=20%	Próximo ao Pilar 7
Laje de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	5	<=20%	Pontos localizados
Laje de concreto armado	4 - Boa	Lixiviação e mancha de carbonatação	M2	15	<=20%	Pontos localizados
Laje de concreto armado	4 - Boa	Infiltração no concreto	M2	5	<=20%	Pontos localizados
Laje de concreto armado	4 - Boa	Concreto desagregado com armadura exposta e oxidada	M2	15	<=20%	Pontos localizados
Viga caixão de concreto protendido	3 - Em observação	Fissura profunda fina	M	0.5	<=20%	Próximo ao Pilar 9
Viga caixão de concreto protendido	3 - Em observação	Fissura profunda aberta (w > 0,3 mm)	M	3	<=20%	Pontos localizados
Viga caixão de concreto protendido	3 - Em observação	Manchas de umidade	M2	7	<=20%	Pontos localizados
Viga caixão de concreto protendido	3 - Em observação	Manchas de fogo	M2	0.5	<=20%	Próximo a P7
Viga caixão de concreto protendido	3 - Em observação	Lixiviação e mancha de carbonatação	M2	10	<=20%	Pontos localizados
Viga caixão de concreto protendido	3 - Em observação	Concreto desagregado com armadura exposta e oxidada	M2	5	<=20%	Pontos localizados
Cortina de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	5	<=20%	1º Encontro
Cortina de concreto armado	4 - Boa	Lixiviação e mancha de carbonatação	M2	4	<=20%	1º encontro

Solicitado por: WALLACE ALAN BLOIS LOPES em: 31/10/2024 às 19:33 Página: 1 / 3

Fonte: DNIT (2018).

Figura 43 -Ficha Inspeção Rotineira, realizada 2018, Km 24,39

DNIT DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DPP - DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
CGDESP - COORDENAÇÃO GERAL DE DESENVOLVIMENTO E PROJETOS
COORDENAÇÃO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS

INSPEÇÃO ROTINEIRA

Cortina de concreto armado	4 - Boa	Infiltração no concreto	M2	5	<=20%	1º encontro
Pilar parede de concreto armado	4 - Boa	Lixiviação e mancha de carbonatação	M2	6	<=20%	Pontos localizados
Pilar parede de concreto armado	4 - Boa	Concreto desagregado com armadura exposta e oxidada	M2	5	<=20%	Pontos localizados
Pilar parede de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	6	<=20%	Pontos localizados
Pavimento de concreto	4 - Boa	Pavimento de concreto danificado	M2	8	<=20%	Pontos localizados
Guarda rodas qualquer	4 - Boa	Deslocamento de concreto com armadura exposta	M2	2	<=20%	1º encontro
Guarda corpo de concreto armado	3 - Em observação	Guarda-corpo destruído	M	6	<=20%	Pontos localizados
Aterro de acesso	4 - Boa	Erosão do talude de aterro	M3	5	<=20%	1º encontro
Junta elastomérica de dilatação	2 - Problemática	Junta danificada ou inexistente ou expelida	M	27	>80%	1º e 2º encontros e região central da OAE

4. INSUFICIÊNCIAS ESTRUTURAIS NOS ELEMENTOS

Elemento	Nota	Insuficiência	Causa Provável	Comentários
Viga caixão de concreto protendido	3 - Em observação	Quadro fissuratório intenso	Infiltração de águas	Os danos podem significar sério comprometimento da vida útil da OAE

5. LAUDO ESPECIALIZADO

Data do Laudo: 28/11/2018 Consultor: PAULA CARVALHO TORRES

Observações:

- 1 - Descrição sucinta da obra
- 2 - Problemas principais observados
- 3 - Diagnóstico
- 4 - Recomendações
- 4.1 - Estético e Funcional
- 4.2 - Estrutural - Preventivos e Corretivos
- 4.3 - Recomendações Complementares

Os problemas observados podem comprometer a capacidade de resistência da ponte, pois os elementos citados se encontram deteriorados, necessitando de recuperação à curto prazo.

No estado atual, a obra de arte se encontra em condições de utilização, entretanto, apresenta patologias, que requerem serviços de recuperação em curto prazo.

No caso de se ter acesso a um possível projeto estrutural original existente da obra de arte, este relatório poderá ser, oportunamente, revisado e/ou complementado, diante de informações e dados contidos nos desenhos, que não tenham sido possíveis de identificar durante a inspeção visual.

Solicitado por: WALLACE ALAN BLOIS LOPES em: 31/10/2024 às 19:33 Página: 2 / 3

Fonte: DNIT (2018) - continuação.

Figura 44 -Ficha de Inspeção Rotineira, realizada 2018, Km 24,39


DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DPP - DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
CGDESP - COORDENAÇÃO GERAL DE DESENVOLVIMENTO E PROJETOS
COORDENAÇÃO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS

INSPEÇÃO ROTINEIRA

6. MONITORAMENTO

Período: a Tipo de Monitoramento: Executor: Custo:

Objeto:

Técnicas:

Relatório:

Obs: A nota final da Obra de Arte Especial corresponde a menor dentre as notas recebidas pelos seus elementos com função estrutural.

Solicitado por WALLACE ALAN BLOIS LOPES em 31/10/2024 às 19:33 Página 3 / 3

Fonte: DNIT (2018) - Continuação.

Fator de Classificação Geral (FG):

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

Tabela 21 – Fator Global

Fator Global		
Parâmetros	Peso	Nota 2018
Estrutural	1,00	3,00
Durabilidade	0,75	2,00
Funcionalidade	0,50	-

Fonte: Elaboração do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (x), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{G_{2020}} = \frac{4,00 \times 1 + 2,00 \times 0,75}{1,00 + 0,75} = 3,14$$

Fator de Classificação dos elementos da OAE (FE):

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

Tabela 22 – Fator Estrutural

Fe (Fator Estrutural)		
Estrutura	Peso	Nota 2018
Superestrutura	0,75	3,45
Mesoestrutura	1,00	4,00
Infraestrutura	1,00	4,00
Encontros	0,50	4,00
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	3,50
Drenagem	0,25	4,00

Fonte: Elaboração do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (z), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{E_{2018}} = \frac{3,45 \times 0,75 + 4,00 \times 1,00 + 4,00 \times 1,00 + 4,00 \times 0,50 + 3,50 \times 0,25 + 4,00 \times 0,25}{0,75 + 1,00 + 1,00 + 0,50 + 0,25 + 0,25} = 3,86$$

Fator de Relevância (F):

Por fim, aplicando a equação (y), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{2018} = \frac{2,57 + 3,86}{2} = 3,21$$

5.2.2 Relatório referente ao ano 2020

Figura 45 -Ficha de Inspeção Rotineira, realizada 2020, Km 24,39



DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
 DPP – DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
 CGDESP – COORDENAÇÃO GERAL DE DESENVOLVIMENTO E PROJETOS
 COORDENAÇÃO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS

INSPEÇÃO ROTINEIRA

1. IDENTIFICAÇÃO DA OBRA

Código:	150128	Ponte sobre o Estreito dos Coqueiros (LE)	Via / UF:	BR-135 / MA	Superint. Regional:	S.R.E - MA	
Data da Inspeção:	22/09/2020	Inspetor:	REINALDO PRADO FILHO	Km:	24.4	UL:	ULMA03 - PEDRINHAS

2. CONDIÇÕES

Condição de Estabilidade: Boa Aparentemente Condição de Conservação: Precária Observações: Ausência de Sinalização Horizontal e Vertical; Ausência de delineadores e marcadores de sinalização; Ancoragem inadequada do dispositivo de segurança (Defensa metálica); Ausência de dispositivos de drenagem nos aterros de acesso; Instalação de tubulação inadequada na estrutura; Viga caixão - laje - Degradação no concreto devido ação biológica (Morreco); Dispositivos de drenagem danificados (buzinotes); Guarda rodas qualquer - rachadura ou trinca muito aberta; Viga caixão - infiltração no concreto; Pavimento asfáltico - buraco no pavimento asfáltico; Cortina de concreto - fissura profunda fina; Reforço na viga caixão - fissura - nota 4;	Nota Técnica 3 - Em observação
--	-----------------------------------

3. DANOS NOS ELEMENTOS

Elemento	Nota	Dano	Unid	Quantidade	Ext. Relativa	Localização
Laje de concreto armado	4 - Boa	Fissura profunda fina	M	0.5	<=20%	Próximo ao P7
Laje de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	7	<=20%	Pontos localizados
Laje de concreto armado	4 - Boa	Lixiviação e mancha de carbonatação	M2	15	<=20%	Pontos localizados
Laje de concreto armado	4 - Boa	Infiltração no concreto	M2	7	<=20%	Pontos localizados
Laje de concreto armado	4 - Boa	Concreto desagregado com armadura exposta e oxidada	M2	15	<=20%	Pontos localizados
Viga caixão de concreto protendido	3 - Em observação	Fissura profunda fina	M	0.5	<=20%	Próximo ao P9
Viga caixão de concreto protendido	3 - Em observação	Fissura profunda aberta (w > 0,3 mm)	M	3	<=20%	Pontos localizados
Viga caixão de concreto protendido	3 - Em observação	Manchas de umidade	M2	7	<=20%	Pontos localizados
Viga caixão de concreto protendido	3 - Em observação	Lixiviação e mancha de carbonatação	M2	10	<=20%	Pontos localizados
Viga caixão de concreto protendido	3 - Em observação	Concreto desagregado com armadura exposta e oxidada	M2	5	<=20%	Pontos localizados
Cortina de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	5	<=20%	Pontos localizados

Solicitado por: WALLACE ALAN BLOIS LOPES em: 31/10/2024 às 19:34 Página: 1 / 3

Fonte: DNIT (2020).

Figura 46 -Ficha de Inspeção Rotineira, realizada 2020, Km 24,39



DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
 DPP – DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
 CGDESP – COORDENAÇÃO GERAL DE DESENVOLVIMENTO E PROJETOS
 COORDENAÇÃO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS

INSPEÇÃO ROTINEIRA

Cortina de concreto armado	4 - Boa	Lixiviação e mancha de carbonatação	M2	4	<=20%	Pontos localizados
Cortina de concreto armado	4 - Boa	Infiltração no concreto	M2	5	<=20%	Pontos localizados
Cortina de concreto armado	4 - Boa	Concreto desagregado com armadura exposta e oxidada	M2	1.5	<=20%	Pontos localizados
Pilar parede de concreto armado	4 - Boa	Lixiviação e mancha de carbonatação	M2	8	<=20%	Pontos localizados
Pilar parede de concreto armado	4 - Boa	Concreto desagregado com armadura exposta e oxidada	M2	5	<=20%	Pontos localizados
Pilar parede de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	8	<=20%	Pontos localizados
Pavimento de concreto	4 - Boa	Pavimento de concreto danificado	M2	8	<=20%	Pontos localizados
Guarda corpo de concreto armado	1 - Crítica	Guarda-corpo destruído	M	8	<=20%	Pontos localizados
Aterro de acesso	4 - Boa	Erosão do talude de aterro	M3	5	<=20%	Pontos localizados
Junta elastomérica de dilatação	2 - Problemática	Junta danificada ou inexistente ou expelida	M	27	>80%	1ª e 2ª encontro e região central da OAE

4. INSUFICIÊNCIAS ESTRUTURAIS NOS ELEMENTOS

Elemento	Nota	Insuficiência	Causa Provável	Comentários
Viga caixão de concreto protendido	3 - Em observação	Quadro fissuratório intenso	Infiltração de águas	

5. LAUDO ESPECIALIZADO

Data do Laudo: 22/09/2020 Consultor: REINALDO PRADO FILHO

Observações:

1 - Descrição sucinta da obra
 - A ponte apresenta seção transversal com largura total de 9,85 (m) e extensão 459,00 (m).

2 - Problemas principais observados
 Juntas de dilatação danificadas, causando a percolação de águas nos elementos principais da Superestrutura. Guarda corpo destruído

3 - Diagnóstico
 Os problemas observados podem comprometer a capacidade de resistência da ponte, pois os elementos citados se encontram deteriorados, necessitando de recuperação.

4 - Recomendações

4.1 - Estético e Funcional
 - Pintura geral da OAE.
 - Implantação de delineadores e marcadores de sinalização.
 - Implantação de Barreiras New Jersey.

4.2 - Estrutural - Preventivos e Corretivos
 - Junta de dilatação
 - Prover adequada recuperação e operação do sistema de juntas e segurança ao tráfego, mantendo a impermeabilidade da OAE.
 - Guarda corpo
 - Recuperação do guarda corpo

4.3 - Recomendações Complementares.

Solicitado por: WALLACE ALAN BLOIS LOPES em: 31/10/2024 às 19:34 Página: 2 / 3

Fonte: DNIT (2020) – Continuação.

Figura 47 –Ficha de Inspeção Rotineira, realizada 2020, Km 24,39


DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DPP – DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
CGDESP – COORDENAÇÃO GERAL DE DESENVOLVIMENTO E PROJETOS
COORDENAÇÃO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS

INSPEÇÃO ROTINEIRA

Diante das informações descritas, recomendamos a elaboração de um projeto de reforço estrutural, para adequação da obra às novas diretrizes do DNIT, que preconiza a adoção do Trem-tipo Classe 45 tf, largura total de 12,80 m, largura de pista de 12,00 m e duas barreiras tipo New Jersey de 0,40m, para as obras rodoviárias federais.
No caso de se ter acesso a um possível projeto estrutural original existente da obra de arte, este relatório poderá ser, oportunamente, revisado e/ou complementado, diante de informações e dados contidos nos desenhos, que não tenham sido possíveis de identificar durante a inspeção visual.

6. MONITORAMENTO

Período:	a	Tipo de Monitoramento:	Executor:	Custo:
Objeto:				
Técnicas:				
Relatório:				

Obs: A nota final da Obra de Arte Especial corresponde a menor dentre as notas recebidas pelos seus elementos com função estrutural.

Solicitado por: WALLACE ALAN BLOIS LOPES em: 31/10/2024 às 19:34 Página: 3 / 3

Fonte: DNIT, 2020 - Continuação.

Fator de Classificação Geral (FG):

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

Tabela 23 – Fator Global

Fator Global		
Parâmetros	Peso	Nota 2020
Estrutural	1,00	4,00
Durabilidade	0,75	1,00
Funcionalidade	0,50	-

Fonte: Elaboração do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (x), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{G_{2020}} = \frac{4,00 \times 1 + 2,00 \times 0,75}{1,00 + 0,75} = 3,14$$

Fator de Classificação dos elementos da OAE (FE):

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

Tabela 24 – Fator Estrutural

Fe (Fator Estrutural)		
Estrutura	Peso	Nota 2020
Superestrutura	0,75	3,50
Mesoestrutura	1,00	4,00
Infraestrutura	1,00	4,00
Encontros	0,50	4,00
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	1,00
Drenagem	0,25	4,00

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (z), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{E_{2020}} = \frac{3,50 \times 0,75 + 4,00 \times 1,00 + 4,00 \times 1,00 + 4,00 \times 0,50 + 1,00 \times 0,25 + 4,00 \times 0,25}{0,75 + 1,00 + 1,00 + 0,50 + 0,25 + 0,25} = 3,70$$

Fator de Relevância (F):

Por fim, aplicando a equação (y), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{2020} = \frac{3,14 + 4,00}{2} = 3,57$$

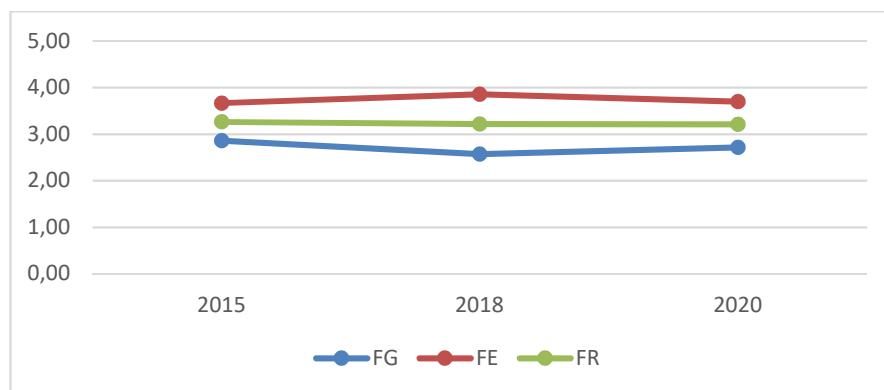
5.2.3 Resumo do Viaduto - Km 24,39

Tabela 25 – Fator Global

Fator Global				
Parâmetros	Peso	Nota 2015	Nota 2018	Nota 2020
Estrutural	1,00	2,00	3,00	4,00
Durabilidade	0,75	4,00	2,00	1,00
Funcionalidade	0,50			
	FG	2,86	2,57	2,71
Fe (Fator Estrutural)				
Estrutura	Peso	Nota 2015	Nota 2018	Nota 2020
Superestrutura	0,75	2,50	3,45	3,50
Mesoestrutura	1,00	4,00	4,00	4,00
Infraestrutura	1,00	4,00	4,00	4,00
Encontros	0,50	4,00	4,00	4,00
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	3,50	3,50	1,00
Drenagem	0,25	4,00	4,00	4,00
	FE	3,67	3,86	3,70
Fator de Relevância (F)				
		F	F	F
		2015	2018	2020
		3,26	3,21	3,21
		2015	2018	2020
	FG	2,86	2,57	2,71
	FE	3,67	3,86	3,70
	F	3,26	3,21	3,21

Fonte: Dados do autor (2025).

Gráfico 10 – Fator de Ponderação F



Fonte: Elaboração do autor (2025).

5.3 Análise Nº03 (Viaduto Km 45,02)

O Relatório nº 1 refere-se à Ficha de Dados Cadastrais e às Fichas de Inspeções Rotineiras realizadas em 29/01/2013, 27/11/2018 e 21/09/2020, relativas à ponte localizada no km 45,02 da BR-135.

5.3.1 Relatório referente ao ano de 2013

Figura 48 – Ficha de Dados Cadastrais, Km 45,02

DNIT - Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes IPR - Instituto de Pesquisas Rodoviárias Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais - SGO				Ficha de Dados Cadastrais Emissão: 29/04/2013	
1. DADOS BÁSICOS					
Código: -	Viaduto km 45,023	BR-135 / MA	Km: 45,023	Bacabeira	Unit: 15 Resid: 3
Viaduto s/ Ferrov	Vg Conc Arm / Moldado Local	Comentários			
Extensão (m):	30,00	Administrador:	DNIT		
Largura (m):	8,40	Doc. Projetos:	Não Localizado		
Trem-Tipo:	-	Doc. Construção:			
Projetista:	-	Doc. Diversos:			
Construtor:	-	Trecho PNV:	1358MA0050		
Ano Construção	-	Coordenadas (GPS):	2° 55.423'/44° 20.411'/21		
Data de Cadastramento:	29/01/2013				
2. CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS				7. ELEMENTOS PADRÕES COMPONENTES DA OAE	
Largura total da pista (m):	6,80	VMD	-	1 Laje de concreto armado	
Nº de Faixas / Largura da Faixa (m):	2 / 3,40	Região	Plana	104 Viga T ou I de concreto armado	
Largura Acostamento Esq / Dir (m):	0,20 / 0,20	Traçado / Raio (m)	Tangente / 0,00	112 Transversina de ligação de concreto armado	
Largura Calçada Esq / Dir. (m):	0,00 / 0,00	Rampa Máxima (%)	0	115 Cortina de concreto armado	
Número de Vãos:	6	Gabarito Horizontal / Vertical (m)	5,60 / 5,45	202 Pilar em colunas de concreto armado	
Descrição dos Vãos:	4 vãos de 6,20m, 2 vãos de 2,60m.			801 Pavimento asfáltico	
3. PROGRAMAÇÃO DE INSPEÇÕES		5. ROTAS ALTERNATIVAS		805 Guarda rodas qualquer	
Periodicidade da inspeção rotineira (anos):	2	Não Informado		806 Guarda corpo de concreto armado	
Equipamento Complementar:				811 Aterro de Acesso	
Não				814 Junta de dilatação	
Melhor época do ano para vistoria:					
Qualquer					
4. DEFICIÊNCIAS FUNCIONAIS		6. ASPECTOS ESPECIAIS			
3 Calçada para pedestres inexistente		Frequência Elevada de carga pesada			
4 Pingadeira inexistente					
5 Drenagem insuficiente					
26 Aparelho de apoio não identificado					
Consórcio Strata/ Dynatest					

Fonte: DNIT (2013).

Figura 49 – Ficha de Inspeção Rotineira, Km 45,02

DNIT - Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes
IPR - Instituto de Pesquisas Rodoviárias
Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais - SGO

Ficha de Inspeção Rotineira
Emissão: 29/04/2013

1. IDENTIFICAÇÃO						
Código: -	Viaduto km 45,023	BR-135 / MA	Km: 45,023	Unit: 15	Resid: 3	
Data da Inspeção: 29/01/2013	Inspetor: Tatiana Coêlho Costa					
2. CONDIÇÕES						
Condições de Estabilidade: Boa Aparentemente						
Condições de Conservação: Boa						
Observações: O referido trecho da Br-135 encontra-se em obras para a duplicação e a Ponte será reforçada e alargada nos dois sentidos da pista; Drenos inexistentes; Aparelho de Apoio não foi identificado visualmente. (ver imagens); Viaduto encontra-se esconso.						
3. DANOS NOS ELEMENTOS						
Elemento	Nota	Dano	Unid	Quantidade	Ext Relativa	Localização
Laje de concreto armado	4	lixiviação e manchas de carbonatação (Manchas escuras)				Face inferior da laje abaixo do guarda-corpo
Viga T ou I de concreto armado	3	Deslocamento de concreto c/ armaduras expostas				Face inferior das vigas principais
Aterro de Acesso	4	Desnível na pista				Início e fim da pista
4. INSUFICIÊNCIAS ESTRUTURAIS NOS ELEMENTOS						
Elemento	Nota	Insuficiência	Causa provável	Comentários		
Consórcio Strata/ Dynatest						

Fonte: DNIT (2013).

Fator de Classificação Geral (FG):

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

Tabela 26 – Fator Global

Fator Global		
Parâmetros	Peso	Nota 2013
Estrutural	1,00	3,00
Durabilidade	0,75	4,00
Funcionalidade	0,50	-

Fonte: Elaboração do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (x), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{G_{2013}} = \frac{3,00 \times 1 + 4,00 \times 0,75}{1,00 + 0,75} = 3,43$$

Fator de Classificação dos elementos da OAE (FE):

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

Tabela 27 – Fator Estrutural

Fe (Fator Estrutural)		
Estrutura	Peso	Nota 2013
Superestrutura	0,75	3,50
Mesoestrutura	1,00	4,00
Infraestrutura	1,00	-
Encontros	0,50	4,00
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	-
Drenagem	0,25	-

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (z), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{2013} = \frac{3,43 + 3,83}{2} = 3,63$$

Fator de Relevância (F):

Por fim, aplicando a equação (y), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{2013} = \frac{4,00 + 4,00}{2} = 4,00$$

5.3.2 Relatório referente ao ano de 2018

Figura 50 – Ficha de Inspeção Rotineira, realizada 2018

DNIT DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DPP – DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
CGDESP – COORDENAÇÃO GERAL DE DESENVOLVIMENTO E PROJETOS
COORDENAÇÃO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS

INSPEÇÃO ROTINEIRA

1. IDENTIFICAÇÃO DA OBRA

Código:	150071	Viaduto km 45,00 sobre Ferrovia (LE)	Via / UF:	BR-135 / MA	Superint. Regional:	S.R.E - MA
Data da Inspeção:	27/11/2018	Inspetor: PAULA CARVALHO TORRES	Km:	45	UL:	ULMA03 - PEDRINHAS

2. CONDIÇÕES

Condição de Estabilidade:	Boa	<table border="1"> <tr> <td>Nota Técnica</td> </tr> <tr> <td>4 - Boa</td> </tr> </table>	Nota Técnica	4 - Boa
Nota Técnica				
4 - Boa				
Condição de Conservação:	Boa			
Observações:				

Travessa de apoio de concreto armado - manchas de umidade;
Ancoragem inadequada do dispositivo de segurança (Defensa metálica);

3. DANOS NOS ELEMENTOS

Elemento	Nota	Dano	Unid	Quantidade	Ext. Relativa	Localização
Junta de dilatação	4 - Boa	Junta danificada ou inexistente ou expelida	M	30	>80%	1ª e 2ª encontros
Pilar em colunas de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	1	<=20%	Pontos Localizados em todos os elementos
Cortina de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	6	<=20%	Pontos localizados
Viga I ou T de concreto protendido	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	4	<=20%	Pontos Localizados

4. INSUFICIÊNCIAS ESTRUTURAIS NOS ELEMENTOS

Elemento	Nota	Insuficiência	Causa Provável	Comentários

5. LAUDO ESPECIALIZADO

Data do Laudo:	Consultor:
Observações:	

6. MONITORAMENTO

Período:	a	Tipo de Monitoramento:	Executor:	Custo:
Objeto:				
Técnicas:				

Solicitado por WALLACE ALAN BLOIS LOPES em 31/10/2024 às 19:35 Página 1 / 2

Fonte: DNIT (2018)

Fator de Classificação Geral (FG):

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

Tabela 28 – Fator Global

Fator Global		
Parâmetros	Peso	Nota 2018
Estrutural	1,00	4,00
Durabilidade	0,75	4,00
Funcionalidade	0,50	-

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (x), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{G_{2018}} = \frac{4,00 \times 1 + 4,00 \times 0,75}{1,00 + 0,75} = 4,00$$

Fator de Classificação dos elementos da OAE (FE):

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

Tabela 29 – Fator Estrutural

Fe (Fator Estrutural)		
Estrutura	Peso	Nota 2018
Superestrutura	0,75	4,00
Mesoestrutura	1,00	4,00
Infraestrutura	1,00	-
Encontros	0,50	4,00
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	-
Drenagem	0,25	-

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (z), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{E_{2018}} = \frac{4,00 \times 0,75 + 4,00 \times 1,00 + 4,00 \times 0,50}{0,75 + 1,00 + 0,50} = 4,00$$

Fator de Relevância (F):

Por fim, aplicando a equação (y), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{2018} = \frac{4,00 + 4,00}{2} = 4,00$$

5.3.3 Relatório referente ao ano de 2020

Figura 51 - Ficha de Inspeção Rotineira, realizada em 2020, Km 45,02



DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
 DPP – DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
 CGDESP – COORDENAÇÃO GERAL DE DESENVOLVIMENTO E PROJETOS
 COORDENAÇÃO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS

INSPEÇÃO ROTINEIRA

1. IDENTIFICAÇÃO DA OBRA

Código: 150071	Viaduto km 45,00 sobre Ferrovia (LE)	Via / UF: BR-135 / MA	Superint. Regional: S.R.E - MA
Data da Inspeção: 21/09/2020	Inspetor: REINALDO PRADO FILHO	Km: 45	UL: ULMA03 - PEDRINHAS

2. CONDIÇÕES

Condição de Estabilidade: Boa	Nota Técnica 4 - Boa
Condição de Conservação: Boa	
Observações:	
Travessa de apoio - manchas de umidade; Ancoragem inadequada do dispositivo de segurança (Defensa metálica)	

3. DANOS NOS ELEMENTOS

Elemento	Nota	Dano	Unid	Quantidade	Ext. Relativa	Localização
Junta de dilatação	4 - Boa	Junta danificada ou inexistente ou expelida	M	31,8	>80%	1ª e 2ª encontro
Pilar em colunas de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	1	<=20%	Pontos Localizados
Cortina de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	6	<=20%	1ª e 2ª encontro
Viga I ou T de concreto protendido	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	4	<=20%	Pontos Localizados

4. INSUFICIÊNCIAS ESTRUTURAIS NOS ELEMENTOS

Elemento	Nota	Insuficiência	Causa Provável	Comentários

5. LAUDO ESPECIALIZADO

Data do Laudo:	Consultor:
Observações:	

6. MONITORAMENTO

Período: a	Tipo de Monitoramento:	Executor:	Custo:
Objeto:			
Técnicas:			

Solicitado por: WALLACE ALAN BLOIS LOPES em: 31/10/2024 às 19:35 Página: 1 / 2

Fonte: DNIT/SGO (2020).

Fator de Classificação Geral (FG):

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

Tabela 30 – Fator Global

Fator Global		
Parâmetros	Peso	Nota 2020
Estrutural	1,00	4,00
Durabilidade	0,75	2,00
Funcionalidade	0,50	-

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (x), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{G2020} = \frac{4,00 \times 1 + 2,00 \times 0,75}{1,00 + 0,75} = 3,14$$

Fator de Classificação dos elementos da OAE (FE):

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

Tabela 31 – Fator Estrutural

Fe (Fator Estrutural)		
Estrutura	Peso	Nota 2020
Superestrutura	0,75	4,00
Mesoestrutura	1,00	4,00
Infraestrutura	1,00	4,00
Encontros	0,50	4,00
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	4,00
Drenagem	0,25	4,00

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (z), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{E_{2020}} = \frac{4,00 \times 0,75 + 4,00 \times 1,00 + 4,00 \times 1,00 + 4,00 \times 0,50 + 4,00 \times 0,25 + 4,00 \times 0,25}{0,75 + 1,00 + 1,00 + 0,50 + 0,25 + 0,25} = 4,00$$

Fator de Relevância (F):

Por fim, aplicando a equação (y), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{2020} = \frac{3,14 + 4,00}{2} = 3,57$$

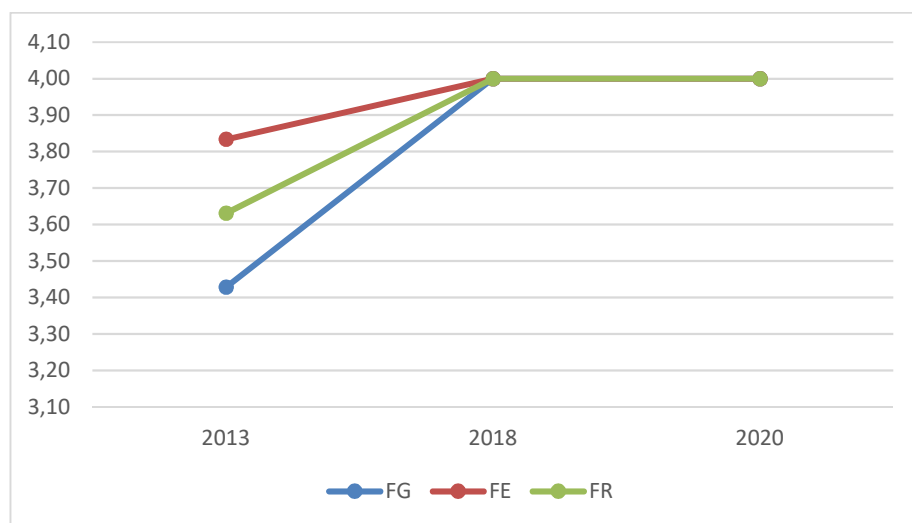
5.3.4 Resumo Viaduto - Km 45,02

Tabela 32 – Resumo

VIADUTO_KM 45,023				
Fator Global				
Parâmetros	Peso	Nota 2013	Nota 2018	Nota 2020
Estrutural	1,00	3,00	4,00	4,00
Durabilidade	0,75	4,00	4,00	4,00
Funcionalidade	0,50	-	-	-
	FG	3,43	4,00	4,00
Fe (Fator Estrutural)				
Estrutura	Peso	Nota 2013	Nota 2018	Nota 2020
Superestrutura	0,75	3,50	4,00	4,00
Mesoestrutura	1,00	4,00	4,00	4,00
Infraestrutura	1,00	-	-	-
Encontros	0,50	4,00	4,00	4,00
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	-	-	-
Drenagem	0,25	-	-	-
	FE	3,83	4,00	4,00
Fator de Relevância (F)				
		F	F	F
		2013	2018	2020
		3,63	4,00	4,00
		2013	2018	2020
	FG	3,43	4,00	4,00
	FE	3,83	4,00	4,00
	F	3,63	4,00	4,00

Fonte: Dados do autor (2025).

Gráfico 11 – Fator de Ponderação F



Fonte: Dados do autor (2025).

5.4 Análise Nº04 (Viaduto Km 45,67)

O Relatório nº 1 refere-se à Ficha de Dados Cadastrais e às Fichas de Inspeções Rotineiras realizadas em 09/09/2013, 10/09/2018 e 08/11/2020, relativas à ponte localizada no km 45,67 da BR-135.

5.4.1 Relatório referente ao ano de 2013

Figura 52 – Ficha de Dados Cadastrais, Km 45,67

DNIT - Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes										Ficha de Dados Cadastrais	
IPR - Instituto de Pesquisas Rodoviárias										Emissão: 29/04/2013	
Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais - SGO											
1. DADOS BÁSICOS											
Código:	150140	Ponte km 45,673		BR-135 / MA	Km: 45,673	Bacabeira	Unit: 15	Resid: 3			
Ponte	Vg Conc Arm / Moldado Local			Comentários							
Extensão (m):	6,90	Administrador:	DNIT								
Largura (m):	8,00	Doc. Projeto:	Não Localizado								
Trem-Tipo:	24	Doc. Construção:									
Projetista:	-	Doc. Diversos:									
Construtor:	2º BEC	Trecho PNV:	135BMA0050								
Ano Construção	1947	Coordenadas (GPS):	2° 55.691'44" 20.176'10"								
Data de Cadastramento:	30/01/2013										
2. CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS										7. ELEMENTOS PADRÕES COMPONENTES DA OAE	
Largura total da pista (m):	7,10	VMD	-	1		Laje de concreto armado					
Nº de Faixas / Largura da Faixa (m):	2 / 3,30	Região	Plana	104		Viga T ou I de concreto armado					
Largura Acostamento Esq / Dir (m):	0,25 / 0,25	Traçado / Raio (m)	Tangente / 0,00	112		Transversina de ligação de concreto armado					
Largura Calçada Esq / Dir. (m):	0,00 / 0,00	Rampa Máxima (%)	0	252		Encontro-Parede frontal portante de alv. Pedra					
Número de Vãos:	1	Gabarito Horizontal / Vertical (m)	0,00 / 0,00	801		Pavimento asfáltico					
Descrição dos Vãos:	1 vão de 5,91m.			804		Guarda rodas antigo DNER					
3. PROGRAMAÇÃO DE INSPEÇÕES				5. ROTAS ALTERNATIVAS							
Periodicidade da inspeção rotineira (anos):	2	Não Informado						806 Guarda corpo de concreto armado			
Equipamento Complementar:								811 Aterro de Acesso			
Não								814 Junta de dilatação			
Melhor época do ano para vistoria:											
Qualquer											
4. DEFICIÊNCIAS FUNCIONAIS				6. ASPECTOS ESPECIAIS							
1 Ponte estreita				Frequência elevada de carga pesada							
2 Ponte sem acostamento											
3 Calçada para pedestres inexistente											
4 Pingadeira inexistente											
5 Drenagem de pista insuficiente											
6 Guarda-rodas obsoleto											
22 Trem tipo de cálculo TB 24tf											
26 Aparelho de apoio não identificado											
Consórcio Strata/ Dynatest											

Fonte: DNIT (2013).

Figura 53 - Ficha Inspeção Rotineira, realizada em 2013, Km 45,67

DNIT - Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes						Ficha de Inspeção Rotineira	
IPR - Instituto de Pesquisas Rodoviárias						Emissão: 29/04/2013	
Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais - SGO							
1. IDENTIFICAÇÃO							
Código: 150140	Ponte km 45,673	BR-135 / MA	Km: 45,673	Unit: 15	Resid: 3		
Data da Inspeção: 04/02/2013	Inspetor: Tatiana Coêlho Costa						
2. CONDIÇÕES							
Condições de Estabilidade: Boa Aparentemente							
Condições de Conservação: Sofrível							
Observações: O referido trecho da Br-135 encontra-se em obras para a duplicação e a Ponte será reforçada e alargada nos dois sentidos da pista; Drenos inexistentes; Embora a obra não apresente patologias que comprometem a estabilidade geral, os Encontros apresentam muitas trincas, necessitando de medidas corretivas.							
3. DANOS NOS ELEMENTOS							
Elemento	Nota	Dano	Unid	Quantidade	Ext Relativa	Localização	
Laje de concreto armado	4	Lixiviação e manchas de carbonatação (manchas escuras)				Face inferior abaixo dos Guarda-corpo	
Viga T ou I de concreto armado	3	Armadura sem cobrimento				Face inferior das vigas principais	
Viga T ou I de concreto armado	3	Desplacamento de concreto c/ armaduras expostas				Face inferior das vigas principais	
Encontro Parede Frontal Portante de Alv. de Pedr	3	Rachadura ou trinca muito aberta				1º e 2º Encontro	
Aterro de acesso	4	Desnível na pista				Início da ponte	
4. INSUFICIÊNCIAS ESTRUTURAIS NOS ELEMENTOS							
Elemento	Nota	Insuficiência	Causa provável		Comentários		
Consórcio Strata/ Dynatest							

Fonte: DNIT (2013).

Fator de Classificação Geral (FG):

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

Tabela 33 – Fator Global

Fator Global		
Parâmetros	Peso	Nota 2013
Estrutural	1,00	3,00
Durabilidade	0,75	2,00
Funcionalidade	0,50	-

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (x), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{G_{2013}} = \frac{3,00 \times 1 + 2,00 \times 0,75}{1,00 + 0,75} = 2,57$$

Fator de Classificação dos elementos da OAE (FE):

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

Tabela 34 – Fator Estrutural

Fe (Fator Estrutural)		
Estrutura	Peso	Nota 2013
Superestrutura	0,75	3,33
Mesoestrutura	1,00	-
Infraestrutura	1,00	-
Encontros	0,50	3,50
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	-
Drenagem	0,25	-

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (z), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{E_{2013}} = \frac{3,33 \times 0,75 + 3,50 \times 0,50}{0,75 + 0,50} = 3,40$$

Fator de Relevância (F):

Por fim, aplicando a equação (y), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{2013} = \frac{2,57 + 3,40}{2} = 2,99$$

5.4.2 Relatório referente ao ano de 2018

Figura 54 -Ficha de Inspeção Rotineira, realizada 2018, Km 45,67



DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DPP – DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
CGDESP – COORDENAÇÃO GERAL DE DESENVOLVIMENTO E PROJETOS
COORDENAÇÃO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS

INSPEÇÃO ROTINEIRA

1. IDENTIFICAÇÃO DA OBRA

Código:	150071	Viaduto km 45,00 sobre Ferrovia (LE)	Via / UF:	BR-135 / MA	Superint. Regional:	S.R.E - MA
Data da Inspeção:	27/11/2018	Inspetor: PAULA CARVALHO TORRES	Km:	45	UL:	ULMA03 - PEDRINHAS

2. CONDIÇÕES

Condição de Estabilidade:	Boa	<table border="1"> <tr> <td>Nota Técnica</td> </tr> <tr> <td>4 - Boa</td> </tr> </table>	Nota Técnica	4 - Boa
Nota Técnica				
4 - Boa				
Condição de Conservação:	Boa			

Observações:
Travessa de apoio de concreto armado - manchas de umidade;
Ancoragem inadequada do dispositivo de segurança (Defensa metálica);

3. DANOS NOS ELEMENTOS

Elemento	Nota	Dano	Unid	Quantidade	Ext. Relativa	Localização
Junta de dilatação	4 - Boa	Junta danificada ou inexistente ou expelida	M	30	>80%	1ª e 2ª encontros
Pilar em colunas de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	1	<=20%	Pontos Localizados em todos os elementos
Cortina de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	6	<=20%	Pontos localizados
Viga I ou T de concreto protendido	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	4	<=20%	Pontos Localizados

4. INSUFICIÊNCIAS ESTRUTURAIS NOS ELEMENTOS

Elemento	Nota	Insuficiência	Causa Provável	Comentários
----------	------	---------------	----------------	-------------

5. LAUDO ESPECIALIZADO

Data do Laudo: _____ Consultor: _____

Observações: _____

6. MONITORAMENTO

Período: _____ a _____ Tipo de Monitoramento: _____ Executor: _____ Custo: _____

Objeto: _____

Técnicas: _____

Solicitado por WALLACE ALAN BLOIS LOPES em 31/10/2024 às 19:35 Página 1 / 2

Fonte: DNIT (2018).

Figura 55 - Ficha Inspeção Rotineira, realizada 2018, Km 45,67


DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
 DPP – DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
 GGDESP – COORDENAÇÃO GERAL DE DESENVOLVIMENTO E PROJETOS
 COORDENAÇÃO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS

INSPEÇÃO ROTINEIRA

Técnicas:

Relatório:

Obs: A nota final da Obra de Arte Especial corresponde a menor dentre as notas recebidas pelos seus elementos com função estrutural.

Solicitado por WALLACE ALAN BLOIS LOPES

em 31/10/2024 às 19:27

Página 2 / 2

Fonte: DNIT (2018) – Continuação.

Fator de Classificação Geral (FG):

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

Tabela 35 – Fator Global

Fator Global		
Parâmetros	Peso	Nota 2018
Estrutural	1,00	4,00
Durabilidade	0,75	4,00
Funcionalidade	0,50	-

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (x), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{G_{2018}} = \frac{4,00 \times 1 + 4,00 \times 0,75}{1,00 + 0,75} = 4,00$$

Fator de Classificação dos elementos da OAE (FE):

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

Tabela 36 – Fator Estrutural

Fe (Fator Estrutural)		
Estrutura	Peso	Nota 2018
Superestrutura	0,75	4,00
Mesoestrutura	1,00	-
Infraestrutura	1,00	-
Encontros	0,50	4,00
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	-
Drenagem	0,25	-

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (z), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{E_{2018}} = \frac{4,00 \times 0,75 + 4,00 \times 0,50}{0,75 + 0,50} = 4,00$$

Fator de Relevância (F):

Por fim, aplicando a equação (y), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{2018} = \frac{4,00 + 4,00}{2} = 4,00$$

5.4.3 Relatório referente ao ano 2020

Figura 56 - Ficha de Inspeção Rotineira, realizada em 2020, Km 45,67

DNIT DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DPP – DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
CGDESP – COORDENAÇÃO GERAL DE DESENVOLVIMENTO E PROJETOS
COORDENAÇÃO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS

INSPEÇÃO ROTINEIRA

1. IDENTIFICAÇÃO DA OBRA

Código: 150071	Viaduto km 45,00 sobre Ferrovia (LE)	Via / UF: BR-135 / MA	Superint. Regional: S.R.E - MA
Data da Inspeção: 21/09/2020	Inspetor: REINALDO PRADO FILHO	Km: 45	UL: ULMA03 - PEDRINHAS

2. CONDIÇÕES

Condição de Estabilidade: Boa	Nota Técnica 4 - Boa
Condição de Conservação: Boa	
Observações:	
Travessa de apoio - manchas de umidade; Ancoragem inadequada do dispositivo de segurança (Defensa metálica)	

3. DANOS NOS ELEMENTOS

Elemento	Nota	Dano	Unid	Quantidade	Ext. Relativa	Localização
Junta de dilatação	4 - Boa	Junta danificada ou inexistente ou expelida	M	31,8	>80%	1ª e 2ª encontro
Pilar em colunas de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	1	<=20%	Pontos Localizados
Cortina de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	6	<=20%	1ª e 2ª encontro
Viga I ou T de concreto protendido	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	4	<=20%	Pontos Localizados

4. INSUFICIÊNCIAS ESTRUTURAIS NOS ELEMENTOS

Elemento	Nota	Insuficiência	Causa Provável	Comentários

5. LAUDO ESPECIALIZADO

Data do Laudo: Consultor:

Observações:

6. MONITORAMENTO

Período: a Tipo de Monitoramento: Executor: Custo:

Objeto:

Técnicas:

Solicitado por: WALLACE ALAN BLOIS LOPES em: 31/10/2024 às 19:35 Página: 1 / 2

Fonte: DNIT/SGO (2020).

Fator de Classificação Geral (FG):

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

Tabela 37 – Fator Global

Fator Global		
Parâmetros	Peso	Nota 2020
Estrutural	1,00	4,00
Durabilidade	0,75	4,00
Funcionalidade	0,50	-

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (x), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{G2020} = \frac{4,00 \times 1 + 4,00 \times 0,75}{1,00 + 0,75} = 4,00$$

Fator de Classificação dos elementos da OAE (FE):

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

Tabela 38 – Fator Estrutural

Fe (Fator Estrutural)		
Estrutura	Peso	Nota 2020
Superestrutura	0,75	4,00
Mesoestrutura	1,00	-
Infraestrutura	1,00	-
Encontros	0,50	4,00
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	-
Drenagem	0,25	-

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (z), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{E_{2020}} = \frac{4,00 \times 0,75 + 4,00 \times 0,50}{0,75 + 0,50} = 4,00$$

Fator de Relevância (F):

Por fim, aplicando a equação (y), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{2020} = \frac{4,00 + 4,00}{2} = 4,00$$

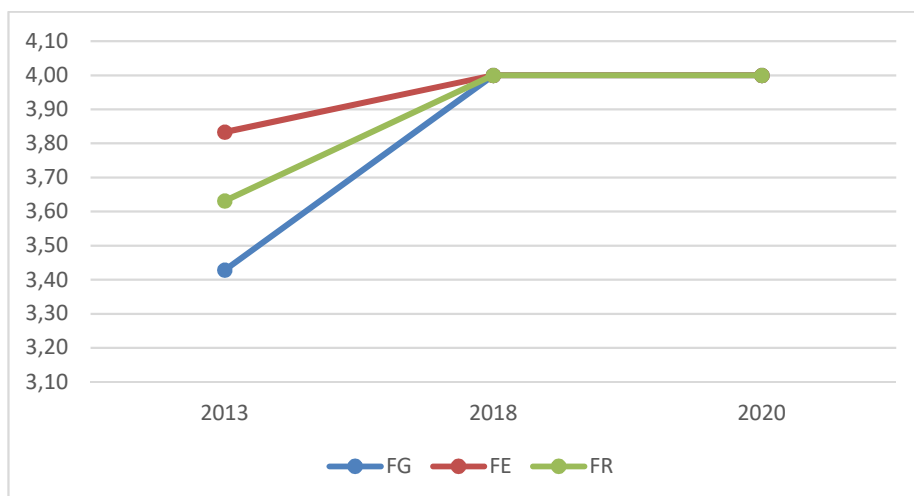
5.4.4 Resumo do Viaduto - Km 45,67

Tabela 39 – Resumo

PONTE_KM 45,673				
Fator Global				
Parâmetros	Peso	Nota 2013	Nota 2018	Nota 2020
Estrutural	1,00	3,00	4,00	4,00
Durabilidade	0,75	2,00	4,00	4,00
Funcionalidade	0,50			
	FG	2,57	4,00	4,00
Fe (Fator Estrutural)				
Estrutura	Peso	Nota 2013	Nota 2018	Nota 2020
Superestrutura	0,75	3,33	4,00	4,00
Mesoestrutura	1,00			
Infraestrutura	1,00			
Encontros	0,50	3,50	4,00	4,00
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25			
Drenagem	0,25			
	FE	3,40	4,00	4,00
Fator de Relevância (F)				
		F	F	F
		2013	2018	2020
		2,99	4,00	4,00
		2013	2018	2020
	FG	2,57	4,00	4,00
	FE	3,40	4,00	4,00
	F	2,99	4,00	4,00

Fonte: Dados do autor (2025).

Gráfico 12 – Fator de Ponderação F



Fonte: Elaboração do autor (2025).

5.5 Análise N°05 (Ponte Km 50,02)

O Relatório 1 refere-se à Ficha de Dados Cadastrais e às Fichas de Inspeções Rotineiras realizadas em 04/02/2013, 25/09/2018 e 21/09/2020, referentes à ponte localizada no km 50,02 da BR-135.

5.5.1 Relatório referente ao ano de 2013

Figura 57 – Ficha de Dados Cadastrais, Km 50,02

DNIT - Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes IPR - Instituto de Pesquisas Rodoviárias Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais - SGO				Ficha de Dados Cadastrais Emissão: 29/04/2013	
1. DADOS BÁSICOS					
Código: 150089	Ponte km 50,029	BR-135 / MA	Km: 50,029	Bacabeira	Unit: 15 Resid: 3
Ponte	Vg Conc Arm / Moldado Local	Comentários			
Extensão (m):	12,00	Administrador:	DNIT		
Largura (m):	8,16	Doc. Projetos:	Não Localizado		
Trem-Tipo:	24	Doc. Construção:			
Projetista:	-	Doc. Diversos:			
Construtor:	2º BEC	Trecho PNV:	135BMA0050		
Ano Construção	1947	Coordenadas (GPS):	2° 57.836'/44° 19.236'/11		
Data de Cadastramento:	30/01/2013				
2. CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS				7. ELEMENTOS PADRÕES COMPONENTES DA OAE	
Largura total da pista (m):	7,24	VMD	-		
Nº de Faixas / Largura da Faixa (m):	2 / 3,30	Região	Plana		
Largura Acostamento Esq / Dir (m):	0,32 / 0,32	Traçado / Raio (m)	Tangente / 0,00		
Largura Calçada Esq / Dir. (m):	0,00 / 0,00	Rampa Máxima (%)	0		
Número de Vãos:	3	Gabarito Horizontal / Vertical (m)	0,00 / 0,00		
Descrição dos Vãos:	2 vãos de 3,00m, 1 vão de 6,00m.				
3. PROGRAMAÇÃO DE INSPEÇÕES		5. ROTAS ALTERNATIVAS			
Periodicidade da inspeção rotineira (anos):	2	Não Informado			
Equipamento Complementar:	Não				
Melhor época do ano para vistoria:					
Qualquer					
4. DEFICIÊNCIAS FUNCIONAIS		6. ASPECTOS ESPECIAIS			
5 drenagem insuficiente		Frequência elevada de carga pesada			
2 Ponte sem acostamento					
3 Calçada para pedestres inexistente					
4 Pingadeira inexistente					
6 Guarda-rodas obsoleto					
22 Trem tipo de cálculo TB 24tf					
Consórcio Strata/ Dynatest					

Fonte: DNIT (2013).

Figura 58 – Ficha de Inspeção Rotineira, realizada em 2013, Km 50,02

DNIT - Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes
IPR - Instituto de Pesquisas Rodoviárias
Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais - SGO

Ficha de Inspeção Rotineira
Emissão: 29/04/2013

1. IDENTIFICAÇÃO						
Código: 150089	Ponte km 50,029	BR-135 / MA	Km: 50,029	Unit: 15	Resid: 3	
Data da Inspeção: 04/02/2013		Inspetor: Tatiana Coêlho Costa				
2. CONDIÇÕES						
Condições de Estabilidade: Sofrível						
Condições de Conservação: Boa						
Observações: O referido trecho da Br-135 encontra-se em obras para a duplicação e a Ponte será reforçada e alargada nos dois sentidos da pista; Drenos inexistentes.						
3. DANOS NOS ELEMENTOS						
Elemento	Nota	Dano	Unid	Quantidade	Ext Relativa	Localização
Laje de concreto armado	4	Lixiviação e manchas de carbonatação (manchas escuras)				Face inferior abaixo dos Guarda-corpo
Laje de concreto armado	4	Armadura sem cobrimento				Face inferior/Geral
Viga T ou I de concreto armado	2	Deslocamento de concreto c/ armaduras expostas				Face inferior das vigas principais
Viga T ou I de concreto armado	2	Região com concreto esmagado ou rompido				P2/P3/P4/P5/P6
Aterro de acesso	4	Desnível na pista				Início e final da pista
4. INSUFICIÊNCIAS ESTRUTURAIS NOS ELEMENTOS						
Elemento	Nota	Insuficiência	Causa provável		Comentários	
Viga T ou I de concreto armado	2	Deterioração acentuada dos materiais de construção	Desgaste por envelhecimento		Armaduras principal exposta. (ver imagens)	
Consórcio Strata/ Dynatest						

Fonte: DNIT (2013).

Fator de Classificação Geral (FG):

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

Tabela 40– Fator Global

Fator Global		
Parâmetros	Peso	Nota 2013
Estrutural	1,00	2,00
Durabilidade	0,75	4,00
Funcionalidade	0,50	-

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (x), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{G_{2013}} = \frac{2,00 \times 1 + 4,00 \times 0,75}{1,00 + 0,75} = 2,86$$

Fator de Classificação dos elementos da OAE (FE):

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

Tabela 41 – Fator Estrutural

Fe (Fator Estrutural)		
Estrutura	Peso	Nota 2013
Superestrutura	0,75	3,00
Mesoestrutura	1,00	-
Infraestrutura	1,00	-
Encontros	0,50	4,00
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	-
Drenagem	0,25	-

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (z), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{E_{2013}} = \frac{3,00 \times 0,75 + 4,00 \times 0,50}{0,75 + 0,50} = 3,40$$

Fator de Relevância (F):

Por fim, aplicando a equação (y), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{2013} = \frac{2,86 + 3,40}{2} = 3,13$$

5.5.2 Relatório referente ao ano de 2018

Figura 59 - Ficha de Inspeção Rotineira, realizada 2018, Km 50,02



DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DPP - DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
CGDESP - COORDENAÇÃO GERAL DE DESENVOLVIMENTO E PROJETOS
COORDENAÇÃO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS

INSPEÇÃO ROTINEIRA

1. IDENTIFICAÇÃO DA OBRA

Código: 150046 Ponte km 50,02 (LE) Via / UF: BR-135 / MA Superint. Regional: S.R.E - MA
Data da Inspeção: 26/11/2018 Inspetor: PAULA CARVALHO TORRES Km: 50.02 UL: ULMA03 - PEDRINHAS

2. CONDIÇÕES

Condição de Estabilidade: Boa
Condição de Conservação: Suficiente
Observações:

Nota Técnica
4 - Boa

Ausência de sinalização horizontal e vertical; Ancoragem inadequada do dispositivo de segurança (defensa metálica).

3. DANOS NOS ELEMENTOS

Elemento	Nota	Dano	Unid	Quantidade	Ext. Relativa	Localização
Junta de dilatação	2 - Problemática	Junta danificada ou inexistente ou expelida	M	27.2	>80%	Nas Extremidades da OAE
Pavimento asfáltico	4 - Boa	Pavimento asfáltico danificado	M2	10	<=20%	Nas Extremidades da OAE
Encontro - Parede frontal portante de concreto armado	4 - Boa	Lixiviação e mancha de carbonatação	M2	5	<=20%	Pontos Distribuídos em Ambos os Encontros
Encontro - Parede frontal portante de concreto armado	4 - Boa	Infiltração no concreto	M2	8	<=20%	Pontos Distribuídos em Ambos os Encontros
Encontro - Parede frontal portante de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	8	<=20%	Pontos Distribuídos em Ambos os Encontros
Ponte em laje de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	15	<=20%	Pontos Localizados ao longo do elemento

4. INSUFICIÊNCIAS ESTRUTURAIS NOS ELEMENTOS

Elemento	Nota	Insuficiência	Causa Provável	Comentários
----------	------	---------------	----------------	-------------

5. LAUDO ESPECIALIZADO

Data do Laudo: 26/11/2018 Consultor: PAULA CARVALHO TORRES

Observações:

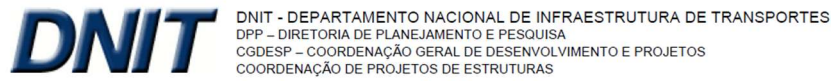
1 - Descrição sucinta da obra 1.1 - O sistema estrutural longitudinal do tabuleiro é constituído por um vão de 12,00 (m); 1.2 - A ponte apresenta seção transversal com largura total de 13,60 (m) e extensão 12,00 (m). 2 - Problemas principais observados Junta de dilatação danificada causando percolação de águas na estrutura junto a infiltração no concreto. 3 - Diagnóstico Os problemas observados podem comprometer a capacidade de resistência da ponte, pois os elementos citados se encontram deteriorados, necessitando de recuperação à curto prazo. 4 - Recomendações 4.1 - Estético e Funcional - Pintura geral da OAE - Implantação de delineadores e marcadores de sinalização. 4.2 - Estrutural - Preventivos e Corretivos - Prover adequada recuperação e operação do sistema de juntas e segurança ao tráfego, mantendo a impermeabilidade da OAE 4.3 - Recomendações Complementares. No estado atual, a obra de arte apresenta patologias que requerem serviços de recuperação em curto prazo.

Solicitado por WALLACE ALAN BLOIS LOPES

em 31/10/2024 às 19:28

Página 1 / 2

Fonte: DNIT (2018).

Figura 60 - Ficha de Inspeção Rotineira, realizada 2018, Km 50,02**INSPEÇÃO ROTINEIRA****6. MONITORAMENTO**

Período: a Tipo de Monitoramento: Executor: Custo:

Objeto:

Técnicas:

Relatório:

Obs: A nota final da Obra de Arte Especial corresponde a menor dentre as notas recebidas pelos seus elementos com função estrutural.

Solicitado por WALLACE ALAN BLOIS LOPES

em 31/10/2024 às 19:28

Página 2 / 2

Fonte: DNIT (2018) - Continuação.

Fator de Classificação Geral (FG):

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

Tabela 42 – Fator Global

Fator Global		
Parâmetros	Peso	Nota 2018
Estrutural	1,00	4,00
Durabilidade	0,75	2,00
Funcionalidade	0,50	-

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (x), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{G_{2018}} = \frac{4,00 \times 1 + 2,00 \times 0,75}{1,00 + 0,75} = 3,14$$

Fator de Classificação dos elementos da OAE (FE):

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

Tabela 43 – Fator Estrutural

Fe (Fator Estrutural)		
Estrutura	Peso	Nota 2018
Superestrutura	0,75	4,00
Mesoestrutura	1,00	-
Infraestrutura	1,00	-
Encontros	0,50	4,00
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	-
Drenagem	0,25	-

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (z), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{E_{2018}} = \frac{4,00 \times 0,75 + 4,00 \times 0,50}{0,75 + 0,50} = 4,00$$

Fator de Relevância (F):

Por fim, aplicando a equação (y), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{2018} = \frac{3,14 + 4,00}{2} = 3,57$$

5.5.3 Relatório referente ao ano de 2020

Figura 61 - Ficha de Inspeção Rotineira, realizada em 2020, Km 50,02



DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
 DPP – DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
 CGDESP – COORDENAÇÃO GERAL DE DESENVOLVIMENTO E PROJETOS
 COORDENAÇÃO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS

INSPEÇÃO ROTINEIRA

1. IDENTIFICAÇÃO DA OBRA

Código:	150046	Ponte km 50,02 (LE)	Via / UF:	BR-135 / MA	Superint. Regional:	S.R.E - MA
Data da Inspeção:	21/09/2020	Inspeção:	Km:	50,02	UL:	ULMA03 - PEDRINHAS

2. CONDIÇÕES

Condição de Estabilidade:	Boa	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td style="padding: 2px;">Nota Técnica</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">4 - Boa</td></tr> </table>	Nota Técnica	4 - Boa
Nota Técnica				
4 - Boa				
Condição de Conservação:	Suficiente			
Observações:				

Ausência de sinalização horizontal e vertical;
 Ancoragem inadequada do dispositivo de segurança (defensa metálica).

3. DANOS NOS ELEMENTOS

Elemento	Nota	Dano	Unid	Quantidade	Ext. Relativa	Localização
Ponte em laje de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	15	<=20%	Pontos Localizados
Encontro - Parede frontal portante de concreto armado	4 - Boa	Lixiviação e mancha de carbonatação	M2	5	<=20%	1ª e 2ª encontro
Encontro - Parede frontal portante de concreto armado	4 - Boa	Infiltração no concreto	M2	8	<=20%	1ª e 2ª encontro
Encontro - Parede frontal portante de concreto armado	4 - Boa	Manchas de umidade	M2	8	<=20%	1ª e 2ª encontro
Pavimento asfáltico	4 - Boa	Pavimento asfáltico danificado	M2	10	<=20%	1ª e 2ª encontro
Junta de dilatação	2 - Problemática	Junta danificada ou inexistente ou expelida	M	27,2	>80%	1ª e 2ª encontro

4. INSUFICIÊNCIAS ESTRUTURAIS NOS ELEMENTOS

Elemento	Nota	Insuficiência	Causa Provável	Comentários

5. LAUDO ESPECIALIZADO

Data do Laudo: 21/09/2020 Consultor: REINALDO PRADO FILHO

Observações:

1 - Descrição sucinta da obra
 - A ponte apresenta seção transversal com largura total de 13,60 (m) e extensão 12,00 (m).
 2 - Problemas principais observados
 Juntas de dilatação danificadas, causando a percolação de águas nos elementos principais da Superestrutura.
 3 - Diagnóstico
 Os problemas observados podem comprometer a capacidade de resistência da ponte, pois os elementos citados se encontram deteriorados, necessitando de recuperação.

Solicitado por: WALLACE ALAN BLOIS LOPES em: 31/10/2024 às 19:28 Página: 1 / 2

Fonte: DNIT/SGO (2020).

Figura 62 - Ficha de Inspeção Rotineira, realizada em 2020, Km 50,02

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
 DPP - DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
 CGDESP - COORDENAÇÃO GERAL DE DESENVOLVIMENTO E PROJETOS
 COORDENAÇÃO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS

INSPEÇÃO ROTINEIRA

4 - Recomendações

4.1 - Estético e Funcional

- Pintura geral da OAE.
- Implantação de delineadores e marcadores de sinalização.
- Implantação de pingadeiras (Laje em balanço).

4.2 - Estrutural - Preventivos e Corretivos

- Junta de dilatação

Prover adequada recuperação e operação do sistema de juntas e segurança ao tráfego, mantendo a impermeabilidade da OAE.

4.3 - Recomendações Complementares.

No estado atual, apresenta patologias, que requerem serviços de recuperação.

No caso de se ter acesso a um possível projeto estrutural original existente da obra de arte, este relatório poderá ser, oportunamente, revisado e/ou complementado, diante de informações e dados contidos nos desenhos, que não tenham sido possíveis de identificar durante a inspeção visual.

6. MONITORAMENTO

Período:

a

Tipo de Monitoramento:

Executor:

Custo:

Objeto:

Técnicas:

Relatório:

Obs: A nota final da Obra de Arte Especial corresponde a menor dentre as notas recebidas pelos seus elementos com função estrutural.

Solicitado por WALLACE ALAN BLOIS LOPES

em 31/10/2024 às 19:28

Página 2 / 2

Fonte: DNIT/SGO (2020) - Continuação.

Fator de Classificação Geral (FG):

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

Tabela 44 – Fator Global

Fator Global		
Parâmetros	Peso	Nota 2020
Estrutural	1,00	4,00
Durabilidade	0,75	2,00
Funcionalidade	0,50	-

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (x), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{G_{2020}} = \frac{4,00 \times 1 + 2,00 \times 0,75}{1,00 + 0,75} = 3,14$$

Fator de Classificação dos elementos da OAE (FE):

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

Tabela 45 – Fator Estrutural

Fe (Fator Estrutural)		
Estrutura	Peso	Nota 2020
Superestrutura	0,75	4,00
Mesoestrutura	1,00	-
Infraestrutura	1,00	-
Encontros	0,50	4,00
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25	-
Drenagem	0,25	-

Fonte: Dados do autor (2025).

Dessa forma, aplicando a equação (z), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{E_{2020}} = \frac{4,00 \times 0,75 + 4,00 \times 0,50}{0,75 + 0,50} = 4,00$$

Fator de Relevância (F):

Por fim, aplicando a equação (y), é possível obter os seguintes resultados:

$$F_{2020} = \frac{3,14 + 4,00}{2} = 3,57$$

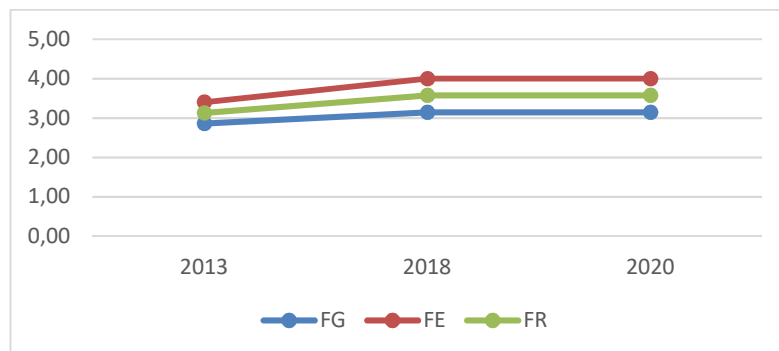
5.5.4 Resumo do Viaduto - KM 50,02

Tabela 40 – Resumo

PONTE_KM 50,029				
Fator Global				
Parâmetros	Peso	Nota 2013	Nota 2018	Nota 2020
Estrutural	1,00	2,00	4,00	4,00
Durabilidade	0,75	4,00	2,00	2,00
Funcionalidade	0,50			
	FG	2,86	3,14	3,14
Fe (Fator Estrutural)				
Estrutura	Peso	Nota 2013	Nota 2018	Nota 2020
Superestrutura	0,75	3,00	4,00	4,00
Mesoestrutura	1,00			
Infraestrutura	1,00			
Encontros	0,50	4,00	4,00	4,00
Elementos e Acessórios de Segurança	0,25			
Drenagem	0,25			
	FE	3,40	4,00	4,00
Fator de Relevância (F)				
		F	F	F
		2013	2018	2020
		3,13	3,57	3,57
		2013	2018	2020
	FG	2,86	3,14	3,14
	FE	3,40	4,00	4,00
	F	3,13	3,57	3,57

Fonte: Dados do autor (2025).

Gráfico 13 – Fator de Ponderação F



Fonte: Dados do autor (2025).

6 RESULTADOS

6.1 Apresentação dos resultados

Apresentam-se, a seguir, os resultados obtidos por meio da aplicação do método proposto, com o objetivo de avaliar a eficácia do Fator de Relevância no processo de tomada de decisão. Os dados analisados referem-se aos quinze relatórios de inspeção considerados (conforme descrito no Item 5) e encontram-se sistematizados na Tabela 47.

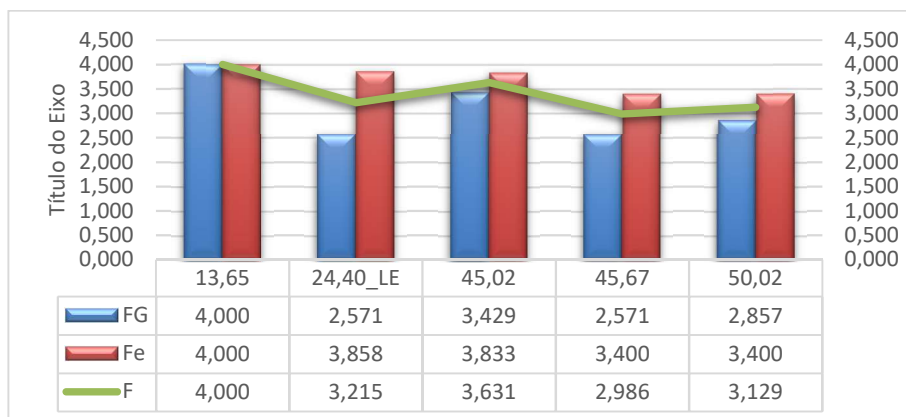
Tabela 41 - Tabela de resultados

FATORES 2013				
ITEM	KM	FG	Fe	F
1	13,65	4,000	4,000	4,000
2	24,40 LE	2,571	3,858	3,215
3	45,02	3,429	3,833	3,631
4	45,67	2,571	3,400	2,986
5	50,02	2,857	3,400	3,129
FATORES 2018				
ITEM	KM	FG	Fe	F
1	13,65	4,000	4,000	4,000
2	24,40 LE	2,571	3,858	3,215
3	45,02	4,000	4,000	4,000
4	45,67	4,000	4,000	4,000
5	50,02	3,143	4,000	3,571
FATORES 2020				
ITEM	KM	FG	Fe	F
1	13,65	3,143	4,000	3,571
2	24,40 LE	2,714	3,700	3,207
3	45,02	4,000	4,000	4,000
4	45,67	4,000	4,000	4,000
5	50,02	3,143	4,000	3,571

Fonte: Dados do autor (2025).

De maneira complementar, os Gráficos 14, 15 e 16 ilustram as correlações entre os fatores propostos, proporcionando uma visualização mais clara e detalhada das interações e influências desses elementos no processo de avaliação.

Gráfico 14 - Correlação dos Fatores 2013



Fonte: Dados do autor (2025).

Gráfico 15 - Correlação dos Fatores 2018



Fonte: Dados do autor (2025).

Gráfico 16 - Correlação dos Fatores 2020



Fonte: Dados do autor (2025).

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, os gráficos 01, 02 e 03 representam essa possível tomada de decisão, destacando a ordem de prioridade para a manutenção das pontes e viadutos inspecionados, nos respectivos anos das inspeções.

Ou seja, em 2013, a ponte que apresentou os maiores danos foi a localizada no Km 45,67, sendo, portanto, indicada como prioritária para intervenção. Essa medida foi efetivada, com a realização de reforços estruturais ao longo dos anos de 2014 e 2015, o que se refletiu na melhoria da avaliação obtida em 2018, passando da condição "ruim" para "boa", conforme indicado pela nota (F).

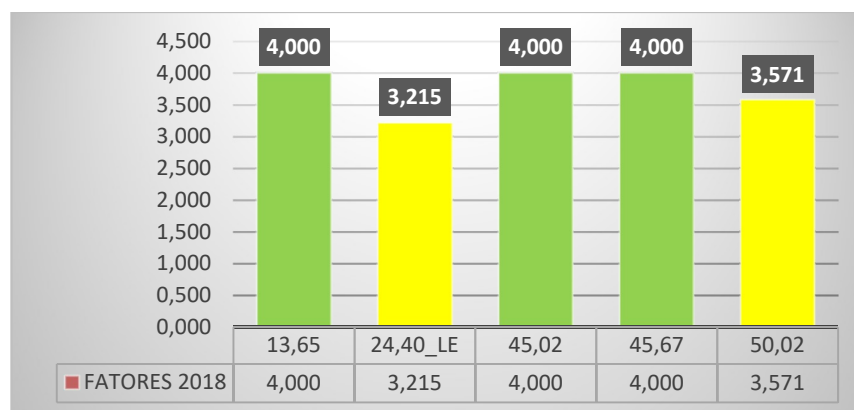
Ademais, as Figuras 65, 66 e 67 apresentam a distribuição espacial das OAEs, com base nos mesmos critérios metodológicos aplicados na Matriz de Vulnerabilidade da BR 135, para os diferentes anos analisados. Essa abordagem garante a padronização analítica do estudo ao longo do tempo.

Gráfico 17 – Fator de Relevância 2013

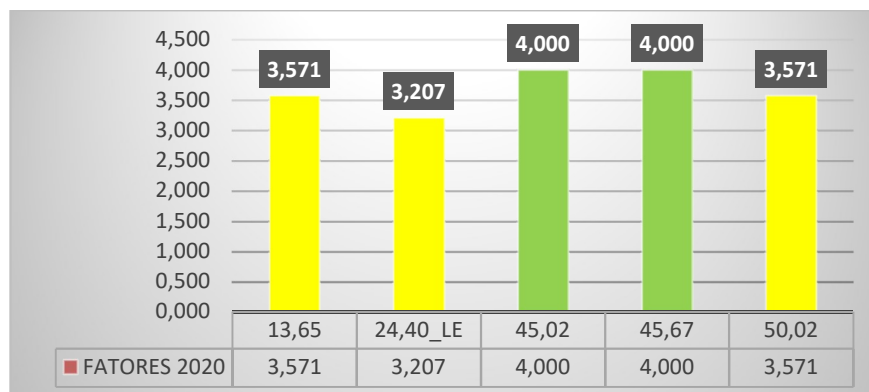


Fonte: Dados do autor (2025).

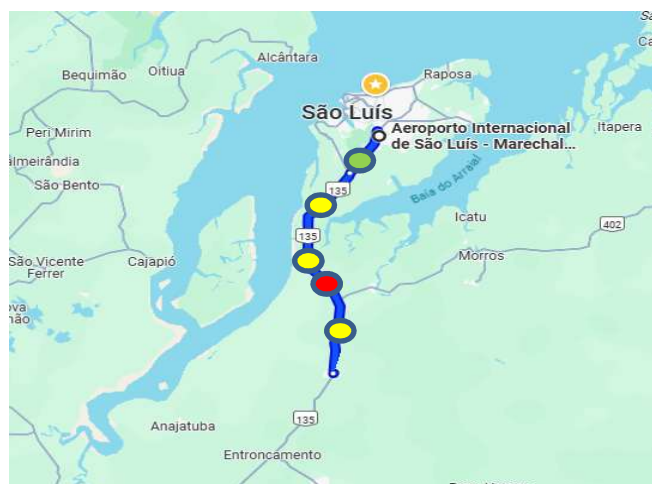
Gráfico 18 – Fator de Relevância 2018



Fonte: Dados do autor (2025).

Gráfico 19 – Fator de Relevância 2020

Fonte: Dados do autor (2025).

Figura 63 – Distribuição Espacial das OAEs 2013

Fonte: Dados do autor (2025).

Figura 64 - Distribuição Espacial das OAEs 2018

Fonte: Dados do autor (2025).

Figura 65 - Distribuição Espacial das OAEs 2020

Fonte: Dados do autor (2025).

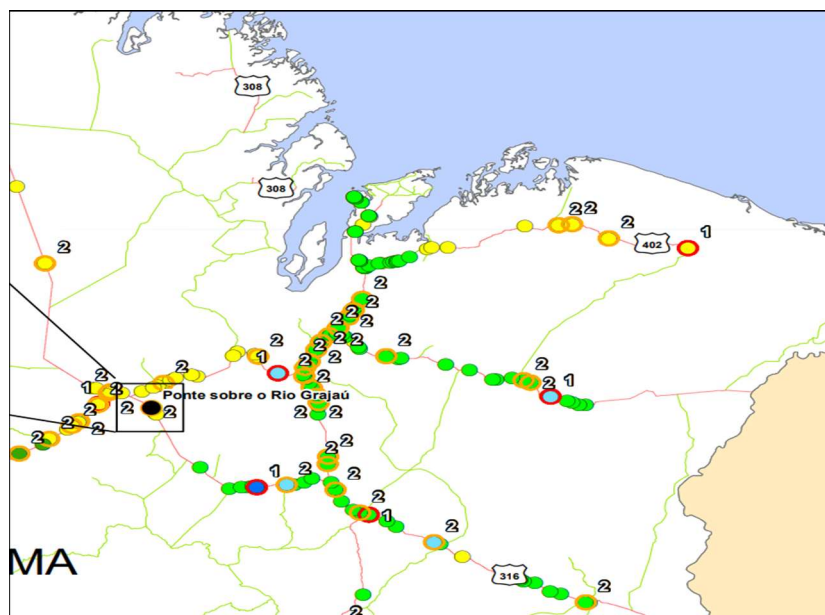
Na verificação da consistência dos resultados, constatou-se que os casos mais críticos identificados em 2013 — especificamente as estruturas localizadas nos Km 45,02 e Km 45,67 — passaram por intervenções de reparo e reforço estrutural ao longo de 2015. Nas inspeções subsequentes, essas OAEs já apresentavam classificações superiores, enquadrando-se nas categorias "boa" e "ótima".

É fundamental destacar que todos os fatores de ponderação adotados neste estudo foram rigorosamente fundamentados nas normas técnicas vigentes, com ênfase na ABNT NBR 9452:2023. A classificação da condição das OAEs considerou os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade, adotando uma escala de um a cinco, em consonância com os critérios estabelecidos no Manual DNIT 010/2004-PRO. Essa abordagem se justifica pelo fato de as inspeções analisadas terem sido realizadas antes da atualização da norma, ou seja, sob a vigência da ABNT NBR 9452:2019, que ainda não incluía a nota 0 (emergencial). Assim, optou-se por preservar a coerência metodológica e assegurar a comparabilidade dos dados.

A incorporação do Fator de Relevância aos resultados visou garantir a aderência estrita aos parâmetros e premissas normativos, conferindo maior robustez técnica e confiabilidade ao processo decisório.

Cabe ainda mencionar que o DNIT disponibiliza, em seu portal institucional, mapas das Obras de Arte Especiais por estado, com informações atualizadas sobre a cobertura de manutenção na malha rodoviária federal sob sua gestão. Esses mapas indicam, inclusive, a localização das OAEs contempladas pelo Programa de Obras de Arte Especiais (PROARTE), conforme ilustrado na Figura 68.

Figura 66 – OAEs contemplados pelo PROARTE no Maranhão - janeiro 2025(Ampliado).



Fonte: DNIT (2025).

7 CONCLUSÃO

A manutenção adequada dos componentes das Obras de Arte Especiais (OAEs) é essencial para garantir a segurança e a durabilidade dessas estruturas, que desempenham papel estratégico na infraestrutura logística de qualquer sociedade. No âmbito da gestão pública, o Fator de Relevância, proposto neste estudo, revela-se como uma ferramenta valiosa para orientar a priorização de intervenções, contribuindo diretamente para a conservação eficaz dessas obras.

Diante dos desafios enfrentados pelos gestores públicos, inclusive, os riscos de responsabilização civil e criminal em casos de falhas estruturais, o Fator de Relevância emerge como um aliado estratégico, ao oferecer critérios técnicos e objetivos que subsidiam decisões de forma transparente e fundamentada. Tal abordagem permite ao gestor público respaldar suas ações em uma metodologia robusta, baseada nas premissas dos normativos vigentes, o que contribui para mitigar eventuais implicações jurídicas decorrentes de colapsos estruturais.

Ao proporcionar uma avaliação criteriosa das condições das OAEs, essa metodologia fortalece a alocação eficiente de recursos públicos e o planejamento racional das intervenções. A integração do Fator de Relevância à matriz de risco amplia sua aplicabilidade, permitindo a identificação precisa das estruturas mais críticas e que demandam ações imediatas, o que qualifica ainda mais o processo decisório.

Em síntese, a adoção do Fator de Relevância como diretriz técnica para a gestão de OAEs reforça não apenas o compromisso com a conservação de um patrimônio público essencial, mas também com a segurança da população e a sustentabilidade da infraestrutura urbana e rodoviária. Ao ancorar as decisões em análises estatísticas e na conformidade com as normativas técnicas, o poder público fortalece sua atuação enquanto garante à sociedade um sistema viário mais seguro, durável e funcional.

7.1 Direcionamentos para Estudos e Aplicações Futuras

Diante da relevância da metodologia proposta com base no Fator de Relevância para a gestão de Obras de Arte Especiais (OAEs), diversas frentes de aprofundamento podem ser exploradas em estudos futuros:

- **Validação ampliada da metodologia:** Aplicar o Fator de Relevância em um número maior de OAEs, em diferentes regiões do país, para testar sua adaptabilidade a distintos contextos geográficos, estruturais e operacionais.
- **Integração com tecnologias emergentes:** Estudar a incorporação de tecnologias como drones, sensores de monitoramento em tempo real e inteligência artificial na coleta e análise dos dados das OAEs, de forma a automatizar e tornar mais precisa a avaliação do Fator de Relevância.
- **Desenvolvimento de sistema de apoio à decisão:** Criar uma plataforma digital que utilize os dados gerados pelo Fator de Relevância para apoiar tecnicamente os gestores públicos na tomada de decisões sobre manutenção, reabilitação e alocação de recursos.
- **Análise de custo-benefício da aplicação do Fator de Relevância:** Investigar os impactos econômicos e operacionais da adoção da metodologia na redução de colapsos estruturais, no aumento da vida útil das obras e na eficiência da gestão pública.
- **Capacitação técnica:** Propor programas de capacitação e formação para técnicos e gestores com foco na aplicação prática da metodologia proposta, incluindo o uso de ferramentas estatísticas e de gestão.
- **Articulação com políticas públicas:** Por fim, recomenda-se a articulação da metodologia com políticas e programas institucionais, como o PROARTE, visando à sua institucionalização como ferramenta de gestão estruturada em nível federal.

REFERÊNCIAS

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

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, 2020.

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

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 ago. 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 set. 2023.

G1. Queda de ponte entre Maranhão e Tocantins deixa um morto e oito desaparecidos. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2024/12/22/ponte-entre-maranhao-e-tocatins-desaba-sobre-rio.ghtml>. Acesso em: 22 dez. 2024.

SANTOS, Ademir; BONATTE, Maurício; WU, Jieying; SOUSA, Hélder; BITTENCOURT, Túlio; MATOS, José. Panorama geral das pontes rodoviárias brasileiras. In: *Anais do 65º Congresso Brasileiro do Concreto – CBC2024*. IBRACON, 2024. p. 1-16.

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

ABNT NBR 9452. Inspeção de pontes, viadutos e passarelas — Procedimento. Rio de Janeiro, 2023.

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

Mendes, Paulo de Tarso Cronemberger. Contribuições para um modelo de gestão de pontes de concreto aplicado à rede de rodovias brasileiras / P.T.C. Mendes. São Paulo, 2009. 235 p.

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 ago. 2024.

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 maio 2023.

Fórum Econômico Mundial ‘The Global Competitiveness Report (2019).

COSTA, G.; 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 abr. 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/acesso-a-informacao/auditorias-antiga/relatorio-de-gestao/copy_of_RelatriodeGesto2023.pdf. Acessado em: 08 ago. 2024.

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

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 set. 2023.

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

DIAZ, E.E.M.; MORENO, F.N.; MOHAMMADI, J. Investigation of common causes of bridge collapse in Colombia. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 2009.

FEIJOO, A.M.L.C. 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/secretariadeturismomodf/36855796495>. Acesso em: 10 ago. 2024.

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

- GALIMI, S.; BUZAR, M.; 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 abr. 2023.
- HARIK, A.M.; SHAABAN, H.; GESUND, et al. United States bridge failures, 1951-1988. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 1990.
- 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 ago. 2023.
- OFF TO TRAVEL. Segóvia: A cidade de pedras de Castilha. 2019. Disponível em: <https://www.offtotravel.com.br/espanha-segovia/>. Acesso em: 20 abr. 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.
- POSSAN, F.; DEMOLINER, L. A importância da manutenção preventiva em obras de arte especiais. *Revista Brasileira de Engenharia de Estruturas*, v. 4, n. 2, p. 33–48, 2013.
- ROMAKRISHNAN, R.; GEHRKE, J. Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados. 3. ed. Porto Alegre: AMGH Editora, 2008.
- SANTARSIERO, G.; MASI, A.; PICCIANO, V.; 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 set. 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 Edição. ISBN:9786586235173. 2021.

VERLY, R. C. Avaliação de Metodologias de Inspeção como Instrumento de Priorização de Intervenções em Obras de Arte Especiais. 198 p. 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 abr. 2023.

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

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

ZHANG, Y.; LI, W.; XU, J.; WANG, H. *Application of Deep Learning in Structural Health Monitoring: A Review*. Engineering Structures, v. 251, 2022.

ZHANG, G.; LIU, Y.; LIU, J.; et al. Causes and statistical characteristics of bridge failures: a review. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, v. 9, n. 3, p. 388-406, 2022.

ZHAO, T.; GOU, H.; CHEN, X.; et al. State-of-the-art review of bridge informatization and intelligent bridge in 2020. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, v. 43, S1, p. 268-279, 2021.

ZANINI, et al. Bridge residual service-life prediction through Bayesian visual inspection and data updating. *Structure and Infrastructure Engineering*, 2017.

APÊNDICE – Exemplo de Inspeção Cadastral e Rotineira

Ficha de Dados Cadastrais e Fichas de Inspeções Rotineiras (Viaduto 1 km 13,65).

Ficha de dados cadastrais realizada em 2013.

DNIT - Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes
IPR - Instituto de Pesquisas Rodoviárias
Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais - SGO

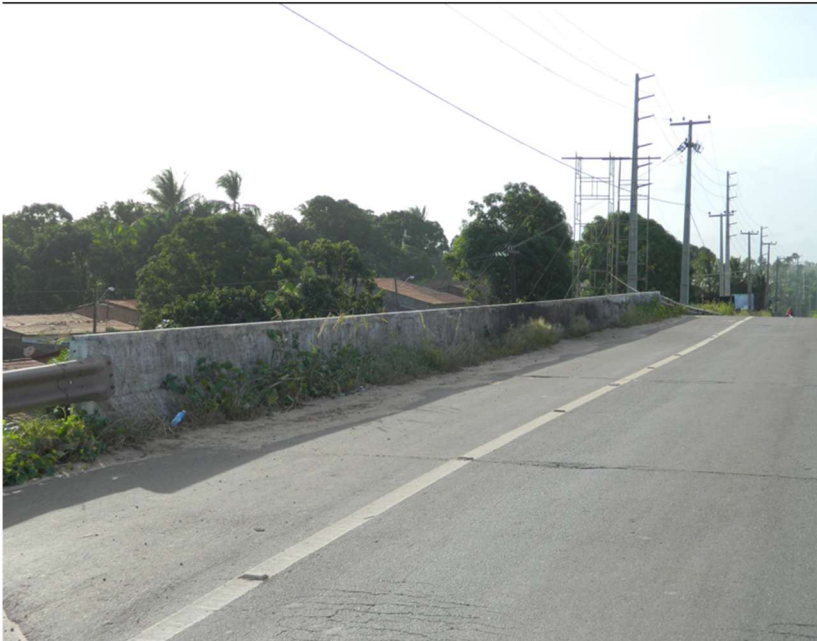
Ficha de Dados Cadastrais
Emissão: 12/04/2013

1. DADOS BÁSICOS			
Código: -	Viaduto 1 km 13,655	BR-135/ MA	Km: 13,655
Viaduto s/ Ferrov	Vg Conc Prot	/ Premol Prot Pré	São Luis
Extensão (m):	39,00	Administrador:	DNIT
Largura (m):	11,93	Doc. Projetos:	Não Localizado
Trem-Tipo:	-	Doc. Construção:	
Projetista:	-	Doc. Diversos:	
Construtor:	-	Trecho PNV:	135BMA9070
Ano Construção:	-	Coordenadas (GPS):	02° 40,148' / 44° 17,943' / 24
Data de Cadastramento:	20/07/2013		
2. CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS		7. ELEMENTOS PADRÕES COMPONENTES DA OAE	
Largura total da pista (m):	7,20	VMD	-
Nº de Faixas / Largura da Faixa (m):	2 / 3,60	Região	Plana
Largura Acostamento Esq / Dir (m):	1,10 / 2,83	Traçado / Raio (m)	Tangente / 0,00
Largura Calçada Esq / Dir. (m):	0,00 / 0,00	Rampa Máxima (%)	0
Número de Vãos:	3	Gabarito Horizontal / Vertical (m)	23,35/7,50
Descrição dos Vãos:	1 vão de 23,95m; 2 vãos de 7,53m.		
3. PROGRAMAÇÃO DE INSPEÇÕES		5. ROTAS ALTERNATIVAS	
Periodicidade da inspeção rotineira (anos):	2	Não informado	
Equipamento Complementar:	Não		
Meio período do ano para vistoria:	Qualquer		
4. DEFICIÊNCIAS FUNCIONAIS		6. ASPECTOS ESPECIAIS	
Consórcio Strata/ Dynatest			

Fotos cadastrais realizada em 2013.

[illegible]

FOTO Nº	DESCRIÇÃO	
1	Vista Geral Superior (Sentido Porto de Itaquí)	
2	Vista Lateral direita Superior (Sentido Porto de Itaquí)	

3	Vista Lateral esquerda Superior (Sentido Porto de Itaquí)	
4	Junta Danificada	

5	Junta Danificada	
6	Junta Danificada	

7	Junta Danificada	
8	Vista Geral Superior (Sentido Pedrinhas)	

9	Vista Lateral direita Superior (Sentido Pedrinhas)	 A photograph showing a paved road curving to the right. On the right side of the road, there is a concrete retaining wall topped with a metal guardrail. Behind the wall is a dense line of tropical vegetation, including several palm trees. In the background, utility poles with power lines are visible against a clear blue sky.
10	Vista Lateral esquerda Superior (Sentido Pedrinhas)	 A photograph showing a paved road curving to the left. On the left side of the road, there is a concrete retaining wall with some vegetation growing along its base. Behind the wall, there is a line of trees and a utility pole. In the background, a blue sky with some clouds is visible.

11	Vista Geral Inferior	
12	Aparelho de Neoprene Fretado	

13	Vista da Laje em Balanço	
14	Vista da junta	

15	Vista da estrutura	
16	Vista Geral da Estrutura	

17	Vista Geral da Estrutura	
18	Vista Geral da Estrutura	

19	Aparelho de Neoprene Fretado	
20	Aparelho de Neoprene Fretado	

19	Aparelho de Neoprene Fretado	
20	Aparelho de Neoprene Fretado	

21	Vista da Laje em Balanço	
22	Vista da Estrutura	

23	Vista da Estrutura	
24	Vista da Estrutura	

25	Vista da Estrutura	
26	Vista da Estrutura	

27	Vista geral da Estrutura Inferior	
28	Vista geral da Estrutura Inferior	 Seleção do zoom

29	Vista geral da Estrutura Inferior	
30	Vista geral da Estrutura Inferior	

31	Vista geral da Estrutura Inferior	
32	Vista da Estrutura	

33	Vista da Estrutura	
34	Aparelho de Neoprene Fretado	

35	Vista da estrutura	
36	Aparelho de Neoprene Fretado	

37	Vista da Laje em Balanço	
38	Vista da Laje em Balanço	

39	Vista da estrutura	
40	Aparelho de Neoprene Fretado	

41	Aparelho de Neoprene Fretado	
42	Vista da Laje em Balanço	

43	Vista da Laje em Balanço	
44	Vista da estrutura	

Ficha Inspeção Rotineira, realizada em 2013.

DNIT - Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes

IPR - Instituto de Pesquisas Rodoviárias

Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais - SGO

Ficha de Inspeção Rotineira

Emissão: 12/04/2013

1. IDENTIFICAÇÃO

Código: -	Viaduto 1 km 13,655	BR-135/ MA	Km: 13,655	Unit: 15	Resid: 3
Data da Inspeção: 20/07/2013	Inspeção: Tatiana Coêlho Costa				

2. CONDIÇÕES

Condições de Estabilidade: Boa

Condições de Conservação: Boa

Observações:

3. DANOS NOS ELEMENTOS

Elemento	Nota	Dano	Unid	Quantidade	Ext Relativa	Localização
Junta metálica de dilatação	3	Junta danificada ou inexistente ou expelida				P1/P2/P3/P4

4. INSUFICIÊNCIAS ESTRUTURAIS NOS ELEMENTOS

Elemento	Nota	Insuficiência	Causa provável	Comentários

Consórcio Strata/ Dynatest