

INSTITUTO FEDERAL
GOIÁS
Câmpus Anápolis

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
GOIÁS CÂMPUS ANÁPOLIS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA
MOBILIDADE

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM VIADUTOS –
ESTUDO DE CASO

Raíza Nayara Soares Ferreira

ORIENTADOR (A): Prof.^a Dra. Valéria Conceição Mouro Costa

PUBLICAÇÃO:

ANÁPOLIS

2021

Raíza Nayara Soares Ferreira

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM VIADUTOS –
ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil da Mobilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Anápolis, como requisito parcial para conclusão de curso.

Orientador (a): Prof.^a Dra. Valéria Conceição Mouro Costa

ANÁPOLIS, 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Ferreira, Raíza Nayara Soares

F383a Análise das manifestações patológicas em viadutos: estudo de caso. / Raíza Nayara Soares Ferreira. – Anápolis: IFG, 2021.
98 f. : il. color.

Orientador: Prof. Dra. Valéria Conceição Mouro Costa.

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás: Câmpus Anápolis – Bacharelado em Engenharia Civil da Mobilidade, 2021.

1. Viadutos. 2. patologias. 3. diagnóstico 4. ensaios. 5. durabilidade. 6. inspeção. I. Costa, Valéria Conceição Mouro orient. II. Título.

CDD 624



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ANÁPOLIS

ATA Nº 03/ 2021

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ao 5º dia do mês de março do ano de dois mil e vinte e um, às 15:30 horas, do Instituto Federal de Goiás, Câmpus Anápolis, situado à Av. Pedro Ludovico, S/N - Residencial Reny Cury, s/n da cidade de Anápolis, Estado de Goiás, foi realizada a sessão pública de apresentação e defesa do Trabalho de Conclusão de Curso da Graduando/Graduanda Raíza Nayara Soares Ferreira (matrícula 20161060130242) do curso de Engenharia Civil da Mobilidade, no segundo semestre do ano de dois mil e 2020. A banca foi composta pelos seguintes membros: Valéria Conceição Mouro Costa, Juliano Rodrigues da Silva e Angela Custodia Guimarães Queiroz, sob a presidência da primeira(o). O trabalho de conclusão de curso tem como título "Análise das manifestações patológicas em viadutos – estudo de caso", da área de Construção Civil, sob orientação da Profa. Valéria Conceição Mouro Costa. Após a apresentação do Trabalho de Conclusão de Curso, tendo sido a autora arguida pela Banca Examinadora, a nota obtida foi 7,8.

Encerra-se a presente sessão às 16 horas e 32 minutos. Eu, Prof.ª Valéria Conceição Mouro Costa, dato e assino a presente ata que segue assinada por todos os membros da Banca e pelo graduando.

Prof.ª Valéria Conceição Mouro Costa

Prof. Juliano Rodrigues da Silva

Prof. Angela Custodia Queiroz

Raíza Nayara Soares Ferreira
(Graduanda)

Documento assinado eletronicamente por:

- Angela Custodia Guimaraes Queiroz, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 05/03/2021 17:20:04.
- Valeria Conceicao Mouro Costa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 05/03/2021 17:05:21.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 04/03/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 137391

Código de Autenticação: df21137d38

JULIANO RODRIGUES
DA SILVA:80748929134

Assinado de forma digital por JULIANO RODRIGUES DASILVA:80748929134

DN: c=BR, o=ICP-Brasil, ou=000001009937050, ou=Secretaria da Receita Federal do Brasil - RFB, ou=RFB e-CPF A1, ou=AC SERASA RFB v5, ou=03208618000130, ou=PRESENCIAL, cn=JULIANO RODRIGUES DA SILVA:80748929134
Dados: 2021.03.09 16:50:52 -03'00'





INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Raíza Nayara Soares Ferreira

Matrícula: 20161060130242

Título do Trabalho: Análise das manifestações patológicas em viadutos – Estudo de caso

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2** ou **3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Anápolis, 05/04/2021.
Local Data

Raíza Nayara Soares Ferreira
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Dedico esse trabalho a minha família,
em especial a minha avó Maelita Clara Soares
(*in memorian*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e forças para superar todas as adversidades que encontrei. E por ter me dado sabedoria para concluir esse trabalho.

Aos meus pais por estarem presentes na minha vida e terem me ensinado princípios que levarei para o resto da vida e que ninguém poderá tirar de mim. Além do apoio, incentivo, carinho e compreensão durante o desenvolvimento do trabalho.

Ao meu irmão e a minha sobrinha que transformou os momentos de tristeza e tensão em momentos de alegria. As minhas tias Darcy e Gessi pela intercessão realizada por meio das orações.

A todos servidores do Instituto Federal de Goiás e os colegas de turma, em especial a minha amiga Tatiane Guedert, que de alguma forma contribui para a minha formação acadêmica.

Ao Professor Jacques que doou um notebook para mim, visto que eu não tinha, para que fosse possível a realização do presente trabalho.

As minhas amigas Marta e Marillya, pela companhia nas noites mal dormidas, pelo apoio e compreensão e por estarem comigo nos momentos tristes oferecendo o seu ombro amigo e nos momentos felizes se alegrando comigo.

Muito obrigada!

“O conhecimento da Patologia das Edificações é indispensável, em maior ou menor grau, para todos que trabalham na construção, desde o operário até o engenheiro e o arquiteto.”

(VERÇOZA, 1991, p. 7.)

RESUMO

Os viadutos são equipamentos urbanos de grande importância para o crescimento social e econômico das cidades, assim como para atividade cotidiana, interferindo no dia a dia da população, viabilizando o tráfego, diminuindo caminhos e ocasionando melhorias na mobilidade urbana. A ausência dos viadutos acaba modificando a vida nas cidades, tornando-se um verdadeiro caos. O presente trabalho trata-se da análise das manifestações patológicas no viaduto, por meio da execução de um estudo de caso. Os viadutos adotados para o estudo foram os viadutos Valterci de Melo e Deocleciano Moreira Alves, localizados na Avenida Brasil, uma via de grande fluxo do município de Anápolis. Tais viadutos foram escolhidos por causa da sua localização e por apresentarem visualmente manifestações patológicas, mesmo sendo obras recentemente construídas. Os viadutos em estudo são na verdade um único viaduto, que foi dividido em dois, somente para homenagear duas pessoas distintas, e por isso no presente trabalho será tratado como um único viaduto. O estudo de caso contou-se com a realização de inspeção visual no viaduto e o mapeamento das anomalias. A partir disso, identificaram-se no viaduto as seguintes manifestações patológicas: corrosão e exposição das armaduras, destacamento, pite, irregularidade no concreto, eflorescência, fissuração no concreto, falhas na drenagem, desgaste das juntas de dilatação, irregularidade no pavimento, fissuração no pavimento e desgaste no pavimento. Realizou-se a análise de cada manifestação patológica e determinou suas possíveis causas. Através das informações obtidas no diagnóstico, apresentou o prognóstico e por último foram recomendadas terapias adequadas para cada manifestação patológica encontrada no viaduto. Conclui-se que o viaduto apresenta o término da sua vida útil, devido à presença de manifestações patológicas. Diante disso torna-se de suma importância a realização imediata de intervenções no viaduto por parte do órgão responsável. Com o intuito de corrigir as anomalias e restabelecer as condições de desempenho e durabilidade do viaduto. Vale ressaltar que após a correção das anomalias, torna-se ideal a execução de manutenções, com a finalidade de preservar o viaduto.

Palavras-chave: Diagnóstico; Durabilidade; Ensaios; Inspeção; Patologia.

ABSTRACT

Viaducts are urban equipment of great importance for the social and economic growth of cities, as well as for daily activity, interfering in the daily life of the population, enabling traffic, reducing paths and causing improvements in urban mobility. The absence of viaducts ends up changing life in the cities, becoming a real chaos. The present work deals with the analysis of pathological manifestations in the viaduct, through the execution of a case study. The viaducts adopted for the study were the Valterci de Melo and Deocleciano Moreira Alves viaducts, located on Avenida Brasil, a high-flow road in the municipality of Anápolis. Such viaducts were chosen because of their location and because they visually present pathological manifestations, even though they were recently built. The viaducts under study are actually a single viaduct, which was divided into two, just to honor two different people, and for this reason, in the present work, it will be treated as a single viaduct. The case study included visual inspection of the viaduct and mapping of anomalies. From this, the following pathological manifestations were identified in the viaduct: corrosion and reinforcement exposure, detachment, pitting, irregularity in the concrete, efflorescence, cracking in the concrete, drainage failures, wear of the expansion joints, irregularity in the pavement, cracking in the pavement and pavement wear. An analysis of each pathological manifestation was carried out and its possible causes were determined. Through the information obtained in the diagnosis, he presented the prognosis and, lastly, appropriate therapies were recommended for each pathological manifestation found in the viaduct. It is concluded that the viaduct has the end of its useful life, due to the presence of pathological manifestations. In view of this, it is of paramount importance to carry out immediate interventions on the viaduct by the responsible agency. In order to correct anomalies and restore the viaduct's performance and durability conditions. It is worth mentioning that after the correction of anomalies, it is ideal to carry out maintenance, in order to preserve the viaduct.

Keywords: Diagnosis; Durability; Trials; Inspection; Pathology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Elementos componentes do viaduto.....	23
Figura 2 – Esquema do tabuleiro, das longarinas e da transversina de um viaduto	23
Figura 3 – Junta de dilatação	24
Figura 4 – Esquema da laje de transição	25
Figura 5 – Guarda corpo.....	25
Figura 6 – Esquema do guarda roda	26
Figura 7 – Esquema da barreira.....	26
Figura 8 – Divisão das faixas da seção transversal de pontes e viadutos.....	27
Figura 9 – Sistema de sinalização da Ponte Anita Garibaldi.....	27
Figura 10 – Sistema de iluminação do viaduto de Ji-Paraná.....	28
Figura 11 – Orifícios de drenagem ou barbacãs	28
Figura 12 – Travessa	29
Figura 13 – Esquema ilustrativo do pilar, dos encontros e das alas de um viaduto	30
Figura 14 – Esquema da cortina	30
Figura 15 – Tipos de aparelho de apoio: a) Aparelho fixo; b) Aparelho móvel em pêndulo de concreto; c) Aparelho móvel em rolo metálico; d) Aparelho elastomérico	31
Figura 16 – Elementos constituintes da infraestrutura	32
Figura 17 – Recuperação do desempenho e aumento da vida útil com ações de manutenção.....	35
Figura 18 – Abrasão em estrutura de concreto	39
Figura 19 – Longarina com armadura exposta em situação avançada de corrosão	41
Figura 20 – Desagregação na base do pilar da ponte	42
Figura 21 – Eflorescência na cortina	43
Figura 22 – Vazios de concretagem em pilar da Ponte sobre o Riacho Frio.....	45
Figura 23 – Acúmulo de água no tabuleiro provocada pela falta de orifício de drenagem.....	45
Figura 24 – Defeitos na junta de dilatação	46
Figura 25 – Fissuras, trincas e rachaduras	47
Figura 26 – Ensaio de resistência a compressão.....	51
Figura 27 – Ensaio de carbonatação	51
Figura 28 – Equipamentos utilizados no ensaio de ultrassom.....	52
Figura 29 – Pacometria em uma longarina.....	53
Figura 30 – Esclerometria em uma longarina.....	54

Figura 31 – Locação do viaduto	55
Figura 32 – Vista lateral do viaduto	56
Figura 33 – Seção caixão.....	56
Figura 34 – Vista lateral do apoio P20 e P40	57
Figura 35 – Metodologia de inspeção.....	58
Figura 36 – Panorama 3D do viaduto	59
Figura 37 – Legenda do mapeamento empregado	60
Figura 38 – Divisão do viaduto	60
Figura 39 – Vista lateral direita (Parte I).....	61
Figura 40 – Vista lateral direita (Parte II).....	61
Figura 41 – Vista lateral direita (Parte III)	61
Figura 42 – Vista lateral direita (Parte IV)	62
Figura 43 – Vista lateral esquerda (Parte I).....	62
Figura 44 – Vista lateral esquerda (Parte II).....	62
Figura 45 – Vista lateral esquerda (Parte III)	63
Figura 46 – Vista lateral esquerda (Parte IV)	63
Figura 47 – Vista inferior (Parte II).....	63
Figura 48 – Vista inferior (Parte III)	64
Figura 49 – Vista superior (Parte I)	64
Figura 50 – Vista superior (Parte II).....	64
Figura 51 – Vista superior (Parte III)	65
Figura 52 – Vista superior (Parte IV)	65
Figura 53 – Fissura entre drenos	65
Figura 54 – Corrosão e exposição da armadura juntamente com desagregação e fissuração do concreto	66
Figura 55 – Fissuração no muro de contenção causado por retração	67
Figura 56 – Fissuração causada pela aplicação de argamassa na abertura.....	67
Figura 57 – Destacamento no muro de contenção.....	68
Figura 58 – Presença de pites no muro de contenção.....	68
Figura 59 – Contração térmica da estrutura ou expansão térmica do piso	69
Figura 60 – Manchas esbranquiçadas e avermelhadas na travessa do P20	70
Figura 61 – Fissuração e eflorescências no P30	71

Figura 62 – Eflorescências na travessa do P40.....	71
Figura 63 – Manchas avermelhadas na travessa e no P40.....	72
Figura 64 – Fissuração no topo da travessa e manchas avermelhadas	73
Figura 65 – Eflorescências nas longarinas	73
Figura 66 – Drenos e poço de vista aberto na seção caixão	74
Figura 67 – Eflorescências na superfície inferior da laje em balanço e da seção caixão	75
Figura 68 – Corrosão das armaduras na superfície inferior da laje	75
Figura 69 – Falhas no pavimento	76
Figura 70 – Fissuração na laje de transição	76
Figura 71 – Fissuras na junta de dilatação.....	76
Figura 72 – Fissuras por punção no mastro.....	77
Figura 73 – Presença de vegetação no tabuleiro.....	77
Figura 74 – Presença de vegetação no orifício de drenagem	78
Figura 75 – Presença de resíduos sólidos no tabuleiro.....	78
Figura 76 – Prognóstico.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação de fissura, trinca e rachadura	47
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACI – American Concrete Institute

CaCO_3 – Carbonato de Cálcio

Ca(OH)_2 – Hidróxido de Cálcio

CO_2 – Dióxido de Carbono

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

GO – Goiás

MFD – Magnetic Field Disturbance system

MPa – Mega Pascal

NBR – Norma Brasileira

OAEs – Obras de Arte Especiais

pH – Potencial Hidrogeniônico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Objetivo geral.....	18
1.1.1	Objetivos específicos.....	18
1.2	Justificativa	18
1.3	Metodologia da pesquisa	19
1.4	Limitações da pesquisa.....	20
1.5	Estruturação do trabalho.....	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1	Viadutos.....	22
2.2	Elementos componentes dos viadutos.....	22
2.2.1	Superestrutura.....	23
2.2.2	Mesoestrutura	29
2.2.3	Infraestrutura	31
2.3	Vida útil, durabilidade e desempenho em viadutos.....	32
2.4	Manifestações patológicas.....	35
2.4.1	Diagnóstico.....	36
2.4.2	Prognóstico	37
2.4.3	Terapia.....	37
2.5	Principais manifestações patológicas que ocorrem em viadutos.....	39
2.5.1	Abrasão.....	39
2.5.2	Carbonatação	40
2.5.3	Corrosão	40
2.5.4	Desagregação.....	42
2.5.5	Eflorescência	43
2.5.6	Falhas na concretagem.....	44
2.5.7	Falhas nas instalações de drenagem	45
2.5.8	Falhas sobre a pista de rolamento.....	46

2.5.9	Fissuras	46
2.6	Métodos de inspeção	48
2.7	Ensaaios complementares	50
3	METODOLOGIA.....	55
3.1	Locação do viaduto.....	55
3.2	Características do viaduto	55
3.3	Metodologia de inspeção	57
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	59
4.1	Diagnóstico	59
4.2	Prognóstico.....	78
4.3	Terapia.....	80
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	83
	REFERÊNCIAS	84
	ANEXO A - Modelo de ficha de inspeção especial.....	88
	ANEXO B - Preenchimento da ficha de inspeção especial	90
	APÊNDICE A - Relatório fotográfico	92

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Norma de Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto, a NBR 9452 (ABNT, 2019), viaduto consiste em uma obra que possibilita a transposição de um obstáculo, podendo ser uma via qualquer, além de permitir a continuidade do leito da via.

A utilização dos viadutos torna-se de suma importância nas cidades, visto que interfere no dia a dia da população, além de diminuir caminhos, compensando os acidentes geográficos, facilitando o fluxo de veículos e, por consequência, ocasionando melhorias na mobilidade urbana, a ausência dos viadutos acaba tornando a vida nas cidades em um verdadeiro caos (LANER, 2001).

Segundo Mitre (2005) as Obras de Arte Especiais, como são conhecidos às pontes e viadutos no meio técnico, podem apresentar manifestações patológicas, visto que as estruturas possuem uma duração limitada, por causa da influência do meio ambiente e dos usuários, acarretando em degradação de tais obras.

Por essa razão em 2010, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) elaborou um Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários, com o intuito de mostrar os tratamentos que devem ser empregados para a correção dos problemas patológicos presentes em Obras de Arte Especiais de concreto armado ou protendido.

Conforme a NBR 9452 (ABNT, 2019) a inspeção torna-se importante para a análise dos viadutos, proporcionando a conservação e o restabelecimento das condições de utilização, tais como, funcionalidade, segurança estrutural e durabilidade, por meio de processos técnicos, que compreendem o levantamento de informações para a elaboração do diagnóstico e do prognóstico, além de auxiliar na escolha da terapia a ser empregada.

Para o estudo de caso foi adotado os viadutos Valterci de Melo e Deocleciano Moreira Alves, localizados em uma via principal da cidade de Anápolis, a Avenida Brasil. Sendo os viadutos citados um único viaduto, que foi dividido em dois, permitindo homenagear duas pessoas distintas. Por causa disso no presente trabalho será tratado como um único viaduto. O viaduto em estudo corresponde a uma obra construída recentemente, que possui três anos de existência, apresentando visualmente manifestações patológicas.

1.1 Objetivo geral

O objetivo principal deste trabalho consiste em realizar o levantamento das manifestações patológicas, presentes no viaduto, analisando as causas, prognósticos e possíveis terapias.

1.1.1 Objetivos específicos

São considerados objetivos específicos:

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre o tema, enfatizando as características gerais do viaduto, as principais manifestações patológicas encontradas em viadutos de concreto e suas possíveis soluções, bem como os tipos e métodos de inspeção, mostrando os principais ensaios complementares que podem ser realizados;
- Realizar as inspeções no viaduto conforme recomendações da NBR 9452 (ABNT, 2019), observando visualmente a ocorrência de manifestações patológicas, que serão registradas por meio de um relatório fotográfico;
- Analisar as principais causas, prognósticos e propor terapias das manifestações patológicas encontradas no viaduto em estudo.

1.2 Justificativa

Conforme Nince (1996), nos anos 70 iniciou-se uma discussão, principalmente pelos norte-americanos e os nórdicos, sobre o fato das estruturas de concreto não serem perenes, alterando a crença existente na época.

As estruturas de concreto possuem uma vida limitada, devido às ações ambientais e de utilização, relacionada aos fatores intrínsecos a concepção e ao projeto de estruturas, às condições da execução e aos seus materiais que inserem processos de degradação, que são acentuados por falta de inspeção e manutenção, diminuindo a capacidade das obras de artes especiais (OAEs) atenderem as condições de utilização, ou seja, durabilidade, funcionalidade e segurança estrutural (MITRE, 2005).

Segundo Vitório (2006), mesmo com o conhecimento que as OAEs sofrem de deterioração, no Brasil há inexistência de uma cultura de manutenção, principalmente a preventiva, assim os órgãos responsáveis pelas obras de arte especiais priorizam somente a fase de execução, não se preocupando com a conservação.

De acordo com Mitre (2005), os processos de deterioração que ocorrem em viadutos, desenvolvem de forma gradual, resultando em manifestações patológicas visíveis ou detectáveis por ensaios complementares, sendo de suma importância identificar, diagnosticar e solucionar os problemas antes que alcancem proporções graves, ocasionando danos materiais e financeiros, e até mesmo risco ao usuário, mediante acidentes estruturais.

Vários acidentes decorrentes de falhas estruturais em pontes e viadutos ocorreram nas últimas décadas no Brasil, um exemplo mais recente consiste no desabamento de um trecho de 30 metros do tabuleiro do viaduto Eixão Sul em Brasília, próximo a Galeria dos Estados e a rodoviária do plano piloto, no dia 6 de fevereiro de 2018, sendo a causa à ausência de manutenção (CAMPOREZ; MARIZ, 2018).

Portanto, este trabalho se justifica, sendo de suma importância, visto que a obra em estudo é de grande relevância econômica, onde ocorrerá inspeção no viaduto, onde serão analisadas as manifestações patológicas encontradas, resultando em propostas de possíveis terapias, ou seja, medidas de tratamento para as manifestações patológicas encontrada no viaduto.

O viaduto foi escolhido devido a sua localização em uma via de grande fluxo na cidade, a Avenida Brasil, e por ser obra recentemente construída, apresentando três anos de existência, mostrando visualmente manifestações patológicas.

1.3 Metodologia da pesquisa

Este trabalho trata-se de uma pesquisa com finalidade exploratória, por se tratar de um estudo de caso, sendo verificadas e analisadas cada manifestação patológica existente em Obras de Arte Especiais, especificamente, em viaduto. Tendo uma abordagem qualitativa, buscando resolver cada patologia encontrada, conforme o diagnóstico, e caso haja prognóstico, colocando a terapia correta para a recuperação dos viadutos. Sendo utilizadas as técnicas de revisão da bibliografia, análise dos projetos dos viadutos e pesquisa de campo, onde será verificada a existência da patologia.

1.4 Limitações da pesquisa

O presente trabalho está limitado pelo mapeamento, diagnóstico, prognóstico e recomendação terapêutica das manifestações patológicas encontradas no viaduto em estudo, que está localizado em uma via importante da cidade de Anápolis. Tal viaduto está sob a responsabilidade da prefeitura municipal.

Neste trabalho a análise das manifestações patológicas realizadas no viaduto, está limitada aos resultados da inspeção visual, pois não foi realizado nenhum tipo de ensaio complementar. O trabalho não tem o propósito de classificar a OAE em questão, com relação aos parâmetros de durabilidade, de funcionalidade e estrutural, conforme sugere a NBR 9452 (ABNT, 2019).

O método empregado no trabalho pode ser utilizado como ferramenta para a avaliação das manifestações patológicas em outros viadutos, no entanto deve ser levado em consideração que a pesquisa está limitada a viadutos que usam técnicas iguais ou semelhantes às normas brasileiras.

1.5 Estruturação do trabalho

O presente trabalho de conclusão de curso será estruturado em 5 capítulos. O capítulo 1 realiza uma introdução ao tema, mostrando os objetivos, a justificativa para a elaboração do trabalho, a metodologia da pesquisa, a limitação da pesquisa e a estruturação do presente trabalho.

O capítulo 2 apresenta os conceitos de durabilidade, vida útil, desempenho das estruturas, manifestações patológicas, diagnóstico, prognóstico e possíveis terapias utilizadas para o tratamento das manifestações patológicas, sendo apresentados os principais ensaios complementares realizados em estrutura de concreto.

Ainda no capítulo 2 foi realizada uma explanação sobre os conceitos de obras de arte especiais (OAEs), ressaltando os viadutos, apresentando os seus elementos constituintes, bem como as principais patologias ocorridas, enfatizando as causas dessas patologias, os tipos e métodos de inspeção.

O capítulo 3 mostra como será a metodologia da pesquisa, apresentando a descrição das principais características do viaduto em estudo e os procedimentos usados na inspeção.

O capítulo 4 apresenta os resultados obtidos visualmente nas inspeções, ressaltando as manifestações patológicas encontradas nos viadutos, analisando os prognósticos e possíveis terapias.

O capítulo 5 mostra uma conclusão da análise realizada sobre as manifestações patológicas encontradas no viaduto.

No Anexo A tem um modelo de ficha de inspeção que será utilizada durante as vistorias.

O Anexo B apresenta a ficha de inspeção especial preenchida, de acordo com a inspeção no viaduto.

No Apêndice A tem o relatório fotográfico realizado durante a inspeção do viaduto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Viadutos

Segundo a Norma de Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto, NBR 9452 (ABNT, 2019, p.1), viaduto é uma “estrutura destinada à transposição de obstáculo à continuidade do leito normal de uma via, e cujo obstáculo é constituído por rodovia, ferrovia, vale, grotas, contorno de encosta”.

Conforme Vitorio (2002), as pontes e os viadutos têm outra função além de transpor obstáculos de qualquer natureza, que é proporcionar um efeito visual agradável e harmonioso no local onde foram implantados mediante a integração na paisagem, alcançado por projetos que considere também, a beleza e a leveza das formas.

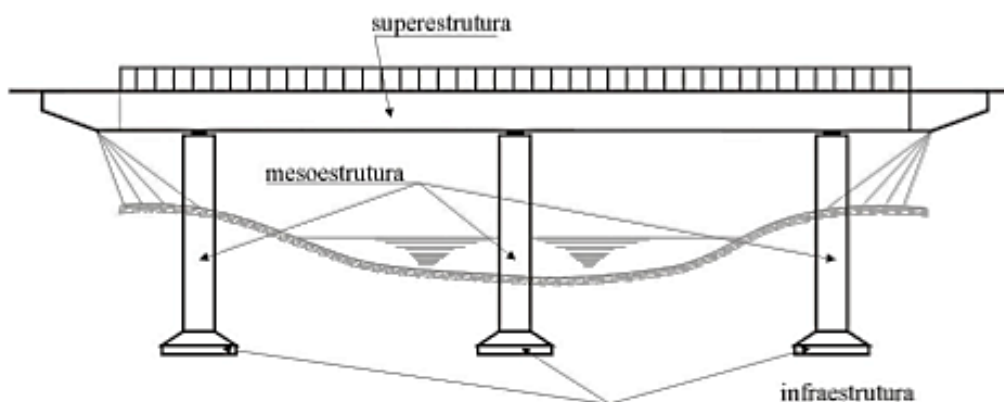
As Obras de Arte Especiais são monumentos notáveis na região em que estão construídas e no meio técnico, apresentando características específicas no âmbito estrutural, funcional e construtivo, necessitando-se de habilidades técnicas e criativas relevantes para o seu projeto, execução e manutenção (MITRE, 2005).

Consideram-se as Obras de Arte Especiais nas cidades como equipamentos urbanos essenciais para a atividade cotidiana, influenciando no dia a dia da população, além de definir os principais escoamentos das vias, viabilizando o tráfego e causando melhorias na mobilidade urbana, articulando cruzamentos nas grandes avenidas, encurtando caminhos, compensando os acidentes geográficos, porém, a ausência destes equipamentos urbanos acaba transformando a vida nas cidades em um verdadeiro caos (LANER, 2001).

2.2 Elementos componentes dos viadutos

Será utilizada a divisão dos elementos componentes dos viadutos presente no Manual de Manutenção de Obras de Arte Especiais – OAEs (DNIT, 2016), reunindo os elementos do viaduto com funções específicas em três grupos: superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura, como mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Elementos componentes do viaduto



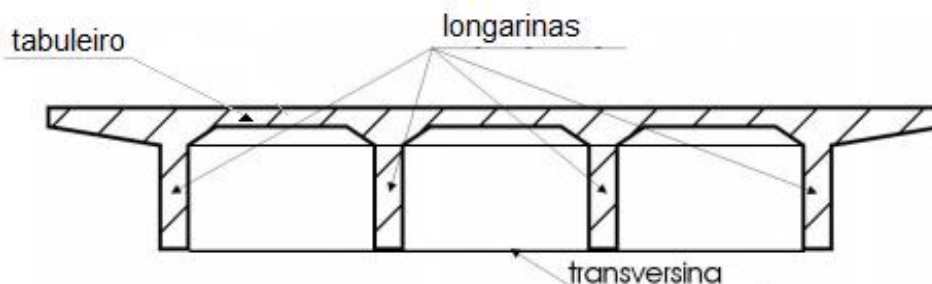
Fonte: Vitório (2002).

2.2.1 Superestrutura

De acordo com o Manual de Manutenção de Obras de Arte Especiais – OAEs (DNIT, 2016), a superestrutura consiste na parte que vence o vão a ser transposto pelo viaduto, tendo função estrutural de transmitir as cargas provenientes do tráfego e do próprio peso para a mesoestrutura. Constitui-se a superestrutura pelos seguintes elementos:

- **Tabuleiro:** segundo o Manual de Manutenção de Obras de Arte Especiais – OAEs (DNIT, 2016), o tabuleiro trata-se de uma laje de concreto armado, convencional ou protendido, ou de aço, que suporta diretamente a estrutura do pavimento e as cargas de veículos e pedestres, através da Figura 2 pode observar um esquema do tabuleiro de um viaduto, juntamente com as longarinas e a transversina.

Figura 2 – Esquema do tabuleiro, das longarinas e da transversina de um viaduto



Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de Vitório (2002).

- **Vigamento do tabuleiro:** consiste em um conjunto de elementos estruturais compostos por vigas longitudinais (longarinas ou principais) e vigas transversais (transversinas ou secundárias), sendo as longarinas designadas a vencer o obstáculo e suportar as cargas operantes sobre a superestrutura, transferindo para a mesoestrutura,

e as transversinas, podendo-se estar juntas ou separadas do tabuleiro, contribuindo para a distribuição da carga da laje para as longarinas, tendo função de contraventamento (VITÓRIO, 2002).

- **Juntas de dilatação:** segundo Vitório (2015), as juntas consistem em separações estruturais no tabuleiro, geralmente entre tabuleiro e encontros, ou entre tabuleiros, como mostrado na Figura 3, permitindo os movimentos provocados pela variação de temperatura, retração e fluência do concreto, evitando tensões que podem comprometer a estrutura do viaduto.
 - De acordo com o Manual de Manutenção de Obras de Arte Especiais – OAEs (DNIT, 2016), classificam-se as juntas de dilatação em abertas e fechadas, não sendo as juntas abertas uma boa solução, pois não ocorre o preenchimento do espaço da junta, possibilitando a passagem da água e de detritos, que aceleram a degradação dos elementos do viaduto. As juntas fechadas são preenchidas por dispositivos que impedem a passagem da água e de detritos, permitindo à continuidade da superfície do tabuleiro.
 - As juntas de dilatação e os aparelhos de apoio consistem nas partes do viaduto que ocorrem anomalias com maior frequência, no decorrer das vistorias realizadas nas OAEs (ARAÚJO, 2014).

Figura 3 – Junta de dilatação



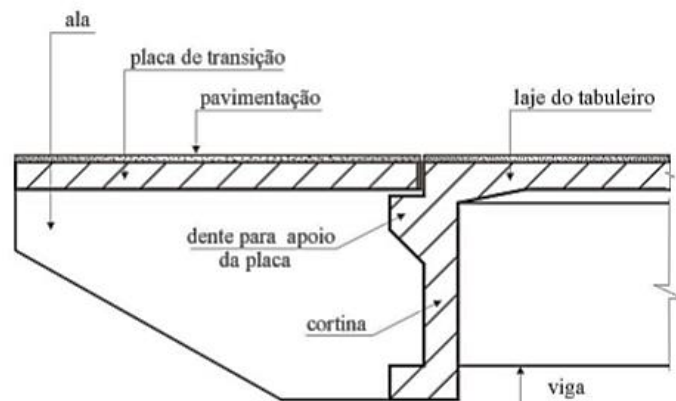
Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de DNIT (2016).

- **Laje de transição:** de acordo com a NBR 7187 (ABNT, 2003), trata-se de uma laje de concreto armado, sustentada de um lado, por uma das extremidades do viaduto e do outro lado, pelo aterro de acesso, como mostrado na Figura 4, tendo a função de

diminuir a diferença de nível entre o aterro da cabeceira e o tabuleiro, causado por recalques no terrapleno no decorrer do tempo.

- Segundo DNER (1996), a laje de transição ou placa de transição resulta em um elemento obrigatório para pontes e viadutos, devendo dispor de um comprimento igual a 4 metros e de uma espessura mínima de 25 centímetros.

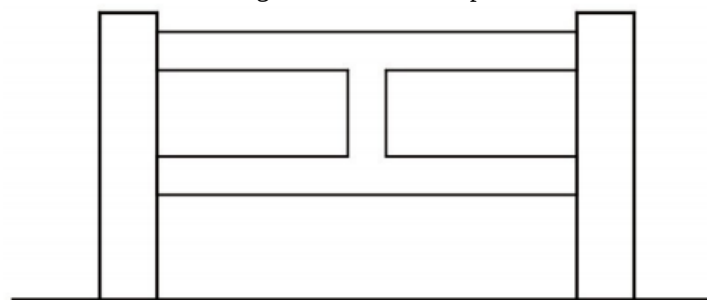
Figura 4 – Esquema da laje de transição



Fonte: Vitório (2002).

- **Guarda Corpo:** a Figura 5 apresenta um guarda corpo, que consiste em elementos colocados nas laterais dos passeios das OAEs, com largura mínima de 60 cm, podendo ser de concreto, metal ou misto, tendo a função de proteger os pedestres e ciclistas, devendo ser econômicas, proporcionando leveza à obra (DNIT, 2016).

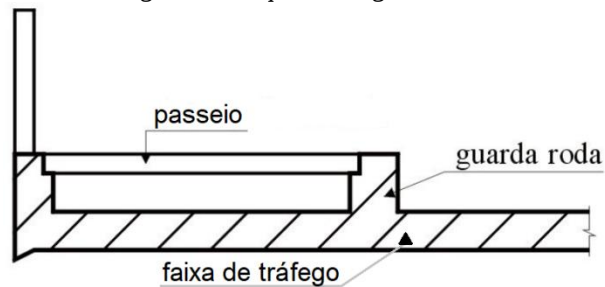
Figura 5 – Guarda corpo



Fonte: Vitório (2002).

- **Guarda Roda:** possuem a finalidade de conduzir o tráfego e impedir a invasão dos veículos nos passeios, como apresentado na Figura 6, vem sendo substituído pelas barreiras de concreto, sendo considerados simples balizadores de tráfego e não proporcionando segurança adequada aos pedestres (DNER, 1996).

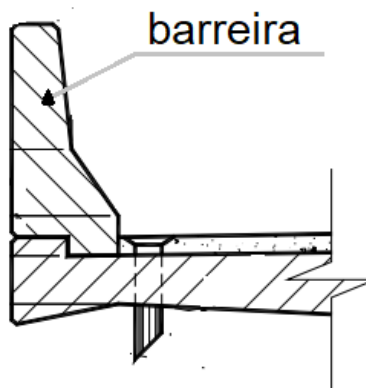
Figura 6 – Esquema do guarda roda



Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de Vitório (2002).

- **Barreira:** segundo o Manual de Projeto de Obras-de-Arte Especiais (DNER, 1996), as barreiras, como mostrado na Figura 7, consistem em dispositivos rígidos de concreto armado, localizados nas extremidades da pista de rolamento das OAEs, tendo como finalidade evitar a queda de veículos desgovernados, absorvendo o choque lateral e proporcionando o seu retorno a faixa de tráfego, sendo mais usual o modelo *New Jersey*.

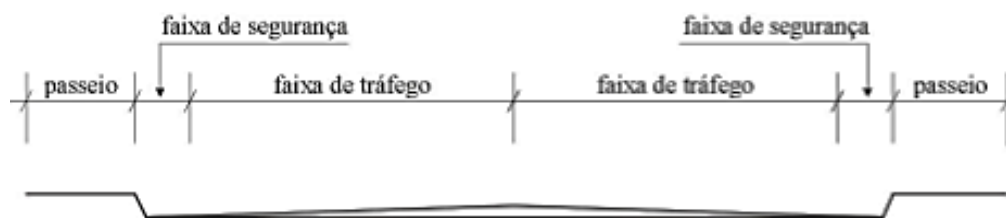
Figura 7 – Esquema da barreira



Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de DNIT (2004).

- **Faixas:** consistem na seção transversal de pontes e viadutos que garantem a divisão dos fluxos, impedindo a interferência nos percursos específicos de cada usuário das OAEs, sendo dividida em três faixas distintas, como mostrado na Figura 8, consistindo em faixa de tráfego exclusiva para o tráfego de veículos, faixa de segurança e faixa especial, sendo chamada de passeio, destinada para pedestres e ciclistas (DNIT, 2016).

Figura 8 – Divisão das faixas da seção transversal de pontes e viadutos



Fonte: Vitório (2002).

- **Sistema de sinalização:** observa-se na Figura 9 o sistema de sinalização da Ponte Anita Garibaldi localizada no estado de Santa Catarina, segundo o Manual de Manutenção de Obras de Arte Especiais – OAEs (DNIT, 2016) esse sistema consiste no conjunto de elementos, com a finalidade de identificar a obra, direcionando o tráfego, dividindo os fluxos e informando sobre a carga máxima permitida, o gabarito vertical, o gabarito horizontal e a velocidade máxima da via.

Figura 9 – Sistema de sinalização da Ponte Anita Garibaldi



Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de Google Maps (2019).

- **Sistema de iluminação:** a Figura 10 mostra o sistema de iluminação do viaduto localizado na cidade de Ji-Paraná em Rondônia, de acordo com o Manual de Manutenção de Obras de Arte Especiais – OAEs (DNIT, 2016) esse sistema consiste em elementos que buscam garantir a segurança e a visibilidade do usuário, em qualquer período do dia.

Figura 10 – Sistema de iluminação do viaduto de Ji-Paraná



Fonte: Gutierrez (2013).

- **Sistema de drenagem:** de acordo com o Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (DNIT, 2004), o sistema de drenagem tem a função de retirar as águas pluviais do tabuleiro, conduzindo ao ponto de descarga, evitando a infiltração dos elementos de concreto e acidentes de trânsito.
 - Ainda segundo o Manual (DNIT, 2004), a seção transversal da pista necessita de inclinação mínima de 2%, sendo possível a condução das águas para os orifícios de drenagem ou barbacãs, localizados nas bordas como apresentado na Figura 11, espaçados a cada 4 metros, com diâmetro usual de 100 mm. Nas pontes em caixão celular, buscando impedir a concentração de águas no interior das células, deve colocar tubos de drenagem na laje inferior.

Figura 11 – Orifícios de drenagem ou barbacãs



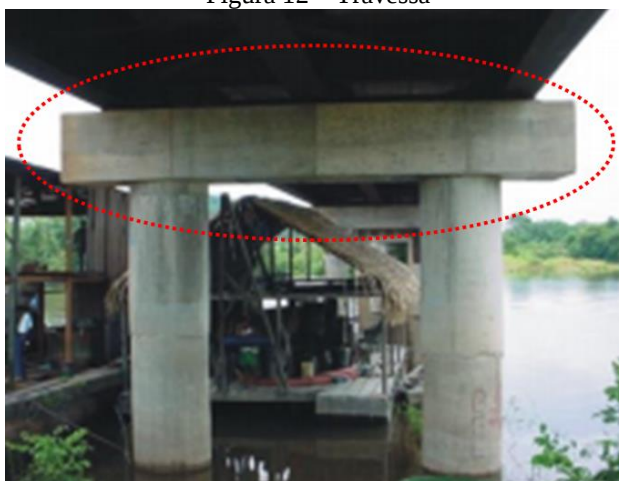
Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de DNIT (2016).

2.2.2 Mesoestrutura

Segundo o Manual de Manutenção de Obras de Arte Especiais – OAEs (DNIT, 2016), a mesoestrutura tem a finalidade de suportar as cargas provenientes da superestrutura, transferindo-as para a infraestrutura, em conjunto com o seu peso próprio e os esforços obtidos diretamente de outras forças solicitantes, por exemplo, a pressão do vento. Sendo formada pelos seguintes elementos:

- **Travessa:** trata-se de um elemento estrutural que tem o comprimento maior que a largura do tabuleiro, e juntamente com os pilares, formam um sistema tipo pórtico, tendo uma ligação da travessa com a cabeça dos pilares, como mostrado na Figura 12, possibilitando a transferência dos esforços que recebem das vigas (DNIT, 2016).

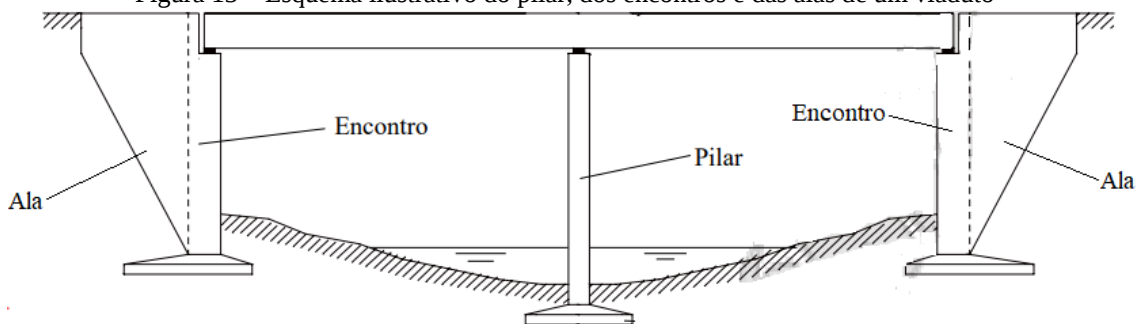
Figura 12 – Travessa



Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de DNIT (2016).

- **Pilar:** de acordo com o Manual de Manutenção de Obras de Arte Especiais – OAEs (DNIT, 2016) o pilar consiste num elemento de suporte localizado na região intermediária das OAEs, tendo função de receber as cargas da superestrutura e os esforços obtidos por outras forças solicitantes, e transmitindo-os para a infraestrutura. Observa-se na Figura 13 o esquema ilustrativo do pilar, juntamente com os encontros e alas de um viaduto.

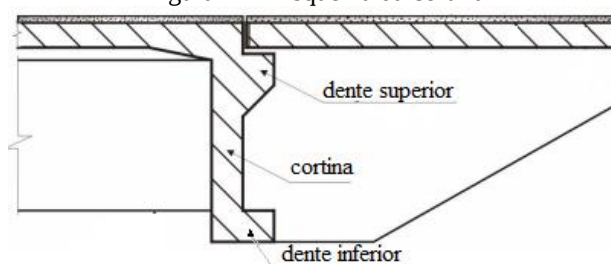
Figura 13 – Esquema ilustrativo do pilar, dos encontros e das alas de um viaduto



Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de Debs e Takeya (2007).

- **Encontro:** geralmente definido como elemento empregado em alguns tipos de OAEs, estando situado na extremidade e estabelecendo a ligação entre o viaduto e o aterro de acesso, tendo a mesma função do pilar, fazendo-se a contenção e estabilização do aterro (DNIT, 2016).
- **Alas:** Trata-se de elementos laminares apoiados na cortina, com a geometria apropriada para a contenção das laterais dos aterros (DNIT, 2016).
- **Cortinas:** conforme define o Manual de Manutenção de Obras de Arte Especiais – OAEs (DNIT, 2016), as cortinas consistem em vigas transversais, localizadas nos extremos dos viadutos, como mostrado na Figura 14, possuindo dois dentes ao longo de toda a sua extensão: dente superior, sendo obrigatório, suporta a laje de transição, e dente inferior, tendo finalidade de estabelecer melhor contenção do aterro de acesso e armaduras das cortinas.

Figura 14 – Esquema da cortina

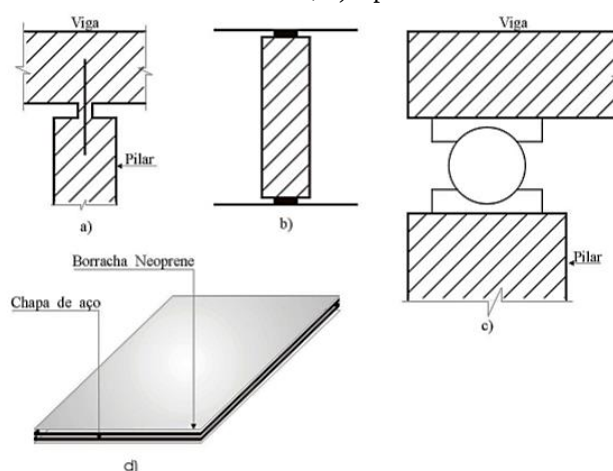


Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de Vitório (2002).

- **Aparelho de apoio:** segundo o Manual de Manutenção de Obras de Arte Especiais – OAEs (DNIT, 2016), o aparelho de apoio consiste num dispositivo de conexão situado no topo do pilar e do encontro, com finalidade de transmitir as cargas do tabuleiro para o pilar ou o encontro, proporcionando o deslocamento longitudinal da superestrutura, causado pelos efeitos da temperatura, expansão e retração, e permitindo os movimentos de rotação da superestrutura gerados pelas cargas permanente e móvel.

- Observa-se na Figura 15, que os aparelhos de apoio podem ser classificados em: 1- fixos, sendo mais simples, possibilitando a rotação e impedindo a translação da superestrutura; 2 – móveis, permitindo tanto a rotação como a translação horizontal, sendo exemplos, o pêndulo de concreto e o rolo metálico; e 3 – aparelhos elastoméricos, sendo constituídos por camadas de borracha Neoprene, intercalando com chapas de aço e proporcionando pequenos deslocamentos longitudinais e rotações (VITÓRIO, 2015).

Figura 15 – Tipos de aparelho de apoio: a) Aparelho fixo; b) Aparelho móvel em pêndulo de concreto; c) Aparelho móvel em rolo metálico; d) Aparelho elastomérico



Fonte: Vitório (2002).

2.2.3 Infraestrutura

Conforme o Manual de Manutenção de Obras de Arte Especiais – OAEs (DNIT, 2016), a infraestrutura consiste no componente do viaduto responsável por receber os esforços provenientes da mesoestrutura e dos aterros de acesso, e transmitindo-os juntamente com o seu próprio peso, para o terreno de implantação da obra, seja rocha ou solo, devendo ter uma resistência adequada para suportar as cargas sem sofrer rupturas e deformações exageradas ou diferenciais. A Figura 16 apresenta os elementos constituintes da infraestrutura e em seguida serão descritos cada elemento.

Figura 16 – Elementos constituintes da infraestrutura



Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de Vitório e Barros (2012).

- **Fundação:** equivalente aos elementos estruturais com o propósito de transferir as solicitações da mesoestrutura para o local onde elas são apoiadas, e sendo classificadas em superficial (bloco e sapata) e profunda (estaca e tubulão) (DNIT, 2016).
- **Peças de ligação:** representam os dispositivos que realizam a ligação de vários elementos da fundação, tendo como exemplo, a viga de enrijecimento de blocos (SANTOS; SILVA, 2017).

2.3 Vida útil, durabilidade e desempenho em viadutos

Segundo Vitório (2015), acredita-se que os viadutos possuem uma vida extremamente longa, quase infinita, devido esse tipo de obra está sempre relacionada com a ideia de robustez e solidez. No entanto, a realidade demonstra que as estruturas dos viadutos sofrem ao longo do tempo, males congênitos e adquiridos, sendo esse último ocasionado pela ação do meio ambiente e dos usuários, são suscetíveis a acidentes e necessitando de cuidados especiais, para não se deteriorarem e debilitarem (FRANÇA *et al.*, 2011).

Portanto de acordo com Cursio (2008), no meio técnico se tornaram cada vez mais frequente o uso dos seguintes conceitos: desempenho, vida útil, durabilidade e manutenção. O conhecimento desses termos, assim como o dos elementos constituintes, é de suma importância para uma boa análise dos viadutos.

Com relação a desempenho, a NBR 15575 (ABNT, 2013) define como o comportamento e as propriedades de qualquer estrutura ao longo da vida útil, sendo que a sua medida relativa apresenta o resultado dos serviços desenvolvidos nas fases de projeto, execução e manutenção.

Ao afirmar que o viaduto possui um desempenho satisfatório, indica que as propriedades e o comportamento de cada elemento constituinte estão acima dos limites mínimos especificados em projeto (ROCHA; OLIVEIRA, 2017).

A NBR 15575 (ABNT, 2013), entende-se por vida útil, um intervalo de tempo no qual a estrutura desempenha as funções para as quais foram projetadas, apresentando um desempenho igual ou maior ao previsto nessa mesma norma, obedecendo à frequência e a execução apropriada dos procedimentos de manutenção previstos, e não sendo confundida com o período de garantia legal.

De acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013) a vida útil de projeto representa uma estimativa teórica de tempo para uma estrutura, estabelecida pelo projetista, com o propósito de satisfazer as condições de desempenho apresentadas na norma, desde que seja realizada conforme a periodicidade e a execução de todas as ações de manutenção especificadas.

Segundo a Norma de Desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013), a diferença entre vida útil de projeto e vida útil, expressa-se que o primeiro termo está relacionado com um período de tempo estimado que nem sempre é alcançado, por causa de vários fatores tais como, o uso da estrutura, as propriedades dos materiais, as intempéries, a frequência e a eficiência das manutenções, a qualidade da construção e as modificações no entorno da obra. O ideal reside que a vida útil de uma estrutura seja maior ou igual à vida útil de projeto.

Vitório (2015) comenta que, a vida útil de uma estrutura depende do desempenho dos elementos estruturais e complementares, ficando claro no caso das estruturas dos viadutos, que geralmente tem as vidas úteis reduzidas por causa do mau funcionamento dos elementos complementares, como aparelhos de apoio, drenos e juntas de dilatação. Pode-se afirmar que, de maneira geral, esses componentes apresentam vida útil menor que a vida útil das estruturas do viaduto, passando a serem elementos causadores de problemas patológicos, que aceleram o processo de degradação das estruturas do viaduto, diminuindo a durabilidade e a vida útil.

A durabilidade e a vida útil da estrutura estão diretamente relacionadas, pode-se considerar que a durabilidade é uma qualidade da estrutura e a vida útil é a quantificação dessa qualidade, como comentado por Roque e Moreno Junior (2005).

A Norma de Desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013), em conjunto com a Norma de Projeto de Estruturas de Concreto NBR 6118 (ABNT, 2014), definem durabilidade como a capacidade da estrutura de suportar as ações do meio onde está inserida, sendo previstas pelo

projetista estrutural no início da criação do projeto, preservando o desempenho desejado ao longo da vida útil e considerando as condições de uso, operação e manutenção indicadas.

Para garantir a durabilidade de um viaduto torna-se necessário o conhecimento do material e do meio ambiente onde ele será inserido, um projeto estrutural apropriado e boas técnicas de execução e manutenção (DNIT, 2010).

De acordo com Moscoso (2017), visto que as estruturas podem ser afetadas pelo envelhecimento e pelos processos de deterioração, torna-se necessário a execução de manutenção no viaduto.

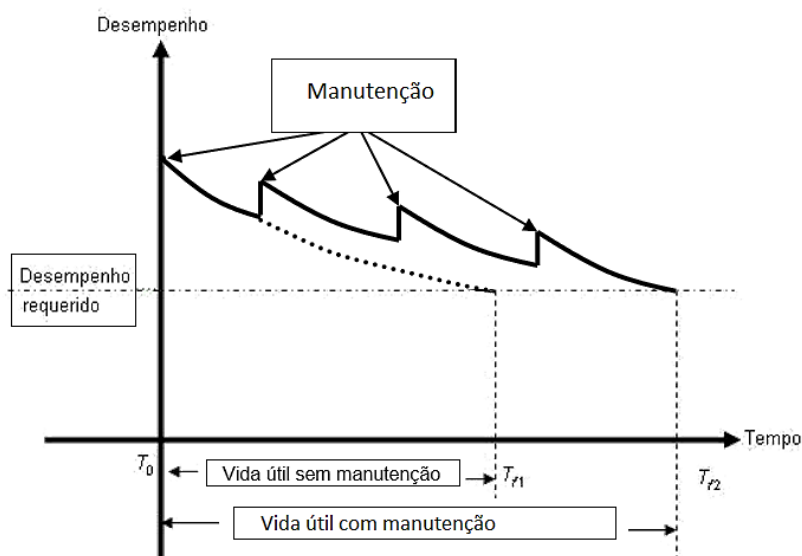
Araújo (2017) define a manutenção em viadutos como um conjunto de atividades realizadas com a finalidade de manter ou elevar os aspectos estruturais, funcionais e de durabilidade da estrutura a níveis aceitáveis, retardando as manifestações patológicas que venham aparecer e cuidando das que se desenvolverão ao longo da vida útil. As atividades de manutenção nos viadutos podem ser categorizadas em preventiva e corretiva (DNIT, 2010).

Conforme especifica o Manual de Manutenção de Obras de Arte Especiais – OAEs (DNIT, 2016), manutenção preventiva consiste no conjunto de atividades básicas previstas no programa de manutenção, tendo como objetivo conservar os elementos do viaduto, com um desempenho satisfatório ao longo da sua vida útil, evitando o desenvolvimento de uma deficiência estrutural, podendo citar como exemplo, a limpeza das juntas de dilatação e dos dispositivos de drenagem.

A manutenção corretiva pode ser definida como os serviços específicos de consertos menores, realizados nos componentes dos viadutos, que apresentam anomalias evidentes, sendo identificados nos procedimentos de inspeção, com custo maior que a manutenção preventiva, colocando ou substituindo drenos, por exemplo (DNIT, 2016).

Araújo (2017) ressalta a importância da realização de manutenções adequadas e periódicas nos viadutos, pois acabam proporcionando o aumento da durabilidade, e por consequência, o aumento da vida útil, garantindo um satisfatório desempenho, como mostrado na Figura 17.

Figura 17 – Recuperação do desempenho e aumento da vida útil com ações de manutenção



Fonte: Adaptado pela Autora (2020), de ABNT (2013).

Vitório (2015) comenta que, no Brasil não existe a consciência pelo poder público, responsável pelas OAEs, de realizar manutenções buscando preservar tais obras com um bom estado de funcionamento, sendo comum observar o acontecimento de acidentes nos viadutos, trazendo prejuízos financeiros, e principalmente, riscos de vida aos usuários.

2.4 Manifestações patológicas

De acordo com Tutikian e Pacheco (2013) quando o viaduto apresenta um desempenho insatisfatório, ou seja, o desempenho de cada componente está abaixo dos limites mínimos de projeto, implica que está “doente”. Assim nessa condição ocorre nos viadutos o surgimento das manifestações patológicas, ou sintomas por analogia a medicina, que são definidas por sinais visíveis ou reconhecidas por intermédio de ensaios de laboratório com a função de mostrar que alguma coisa não está certa.

Banduk (2008) ressalta a importância de analisar em qual das etapas da construção do viaduto foi originada a manifestação patológica, com a finalidade de retirar um aprendizado de quais cautelas precisariam ter sido tomadas para evitar o aparecimento das anomalias e assim não repetir o mesmo erro em obras futuras. Da mesma forma o conhecimento das causas das manifestações patológicas é de vital importância, diante disso se torna viável a recomendação de uma terapia eficiente, que trate não somente os sintomas, mas também as causas, eliminando o processo de deterioração.

O Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários (DNIT, 2010) afirma que as principais causas das manifestações patológicas encontradas nas OAEs são as seguintes: a composição dos materiais de forma incorreta, a falta de qualidade no projeto e na execução, o aumento dos esforços provenientes do tráfego, a agressividade do ambiente onde a estrutura está inserida e a ausência ou a insuficiência de manutenções. Se algum dos fatores apresentados anteriormente estiver associado à atividade humana, ocorrerá o agravamento das manifestações.

Assim torna-se, indispensável averiguar as condições na qual se encontra o viaduto e cumprir uma série de atividades, que incluem o levantamento de informações das manifestações patológicas, por meio da realização de inspeções e ensaios de laboratório, o diagnóstico, o prognóstico e por fim propor uma terapia adequada, garantindo um desempenho satisfatório no viaduto conforme as normas vigentes (DNIT, 2010).

2.4.1 Diagnóstico

Segundo Scheidegger e Calenzani (2019), antes da realização do diagnóstico, torna-se necessário o levantamento dos subsídios, que consiste na obtenção de dados essenciais, para a compreensão do problema patológico, através de quatro métodos: inspeção no viaduto, ensaios complementares, pesquisas tecnológicas ou bibliográficas e anamnese.

A palavra anamnese vem do grego e significa trazer de novo a memória, corresponde ao ponto inicial do diagnóstico com a finalidade de obter o histórico do paciente, a edificação no caso da Engenharia, por meio de entrevistas realizadas com o usuário, o proprietário e o construtor, e a análise dos documentos da obra (FRANÇA *et al.*, 2011).

Tutikian e Pacheco (2013) recomenda que os dados sejam coletados de maneira ordenada, a fim de que seja viável a realização de um diagnóstico adequado, visto que a coleta de dados desordenados e excessivos pode dificultar o trabalho do patologista, confundindo e até o desviando do caminho correto para o tratamento.

De acordo com Tutikian e Pacheco (2013) o diagnóstico pode ser definido como a análise realizada em cada dado obtido, a identificação e a explicação da origem, das causas, dos mecanismos, da localização e da gravidade das manifestações patológicas. Com a finalidade de determinar o estado de conservação do viaduto, e assim prescrever uma terapia adequada para solucionar o problema patológico existente.

Scheidegger e Calenzani (2019) destaca a importância da realização de um diagnóstico correto e precoce, uma vez que resulta no sucesso, na simplificação e na redução dos custos da terapia adotada. Além de apresentar uma solução eficiente para o problema, evitando o acréscimo de falhas causadas e de perda de desempenho nos viadutos.

2.4.2 Prognóstico

Conforme Tutikian e Pacheco (2013) depois da determinação do diagnóstico a próxima atividade a ser realizada corresponde ao prognóstico, que pode ser entendido como o levantamento das hipóteses com relação ao desenvolvimento do problema patológico ao longo do tempo e a análise das alternativas de intervenção. Com a finalidade de esclarecer as possíveis consequências no caso de não ser executada nenhuma intervenção para solucionar o problema patológico, além de indicar a terapia mais adequada para cada situação.

A produção do prognóstico torna-se uma atividade muito complexa, uma vez que deve ser baseado nos seguintes dados, que se modificam no decorrer do tempo: as características do viaduto e do terreno onde está implantado, o tipo e o estágio de evolução do problema patológico, e as condições de exposição no qual o viaduto está submetido (TUKITIAN; PACHECO, 2013).

Com o prognóstico determinado, o patologista possui o objetivo de estabelecer qual o método a ser adotado para o viaduto, que pode ser: não realizar uma intervenção, estimar o período de vida útil, restringir seu uso, eliminar o problema patológico, impossibilitar ou monitorar o desenvolvimento da doença, e por último, caso não tenha outra possibilidade, sugerir a demolição (TUKITIAN; PACHECO, 2013).

Segundo Oliveira (2013) para a escolha correta da terapia a ser aplicada, dentre as analisadas no prognóstico, deve ser considerado três critérios básicos: a compatibilidade e a disponibilidade dos recursos tecnológicos estabelecidos para a realização do tratamento; o grau de incerteza que está relacionado com os possíveis erros encontrados na elaboração do diagnóstico; e a relação custo e benefício que está diretamente associada com o custo da intervenção a ser executada e o benefício adquirido na recuperação do desempenho exigido.

2.4.3 Terapia

Oliveira (2013) comenta que caso seja viável a realização de uma intervenção no problema patológico, com base na conclusão das etapas de diagnóstico e prognóstico, deve

definir a terapia a ser adotada para curar a “enfermidade” de forma rápida e por consequência evitar a ruína do viaduto.

De acordo com França *et al* (2011) no ramo da engenharia civil a terapia corresponde as medidas de tratamento utilizadas para solução e correção dos problemas patológicos, a fim de restituir ou aumentar o desempenho e por consequência ampliar a vida útil da estrutura. Se porventura não for empregada uma terapia apropriada, ocorrerá o desenvolvimento do problema patológico e o aparecimento de outros problemas que diminuirão ainda mais a expectativa de vida do viaduto (CURSIO, 2008).

Segundo Scheidegger e Calenzani (2019) dependendo da situação o patologista deve optar por um dos quatro tipos de terapia, que serão descritos a seguir:

- **Reparo:** consiste em serviços, como a selagem de fissuras, a fim de consertar pequenas falhas que provocam, de maneira pouco relevante, a redução do desempenho.
- **Recuperação:** está relacionada com as atividades que visam restituir a capacidade resistente inicial da estrutura mediante a eliminação da anomalia, tendo como exemplo o lixamento das armaduras oxidadas.
- **Reforço:** corresponde a procedimentos, por exemplo, a aplicação de protensão externa na estrutura, com a intenção de ampliar o desempenho ao um grau superior do que o determinado no projeto ou corrigir os prováveis danos que fazem acreditar na redução da capacidade de carga inicial.
- **Substituição:** consiste na demolição da estrutura danificada e a substituição por um novo elemento, esse tipo de terapia só será aplicado em último caso, quando se torna inviável a utilização das outras terapias apresentadas anteriormente.

França *et al* (2011) comenta que em todo caso a prevenção se torna uma alternativa melhor do que a remediação, por esse motivo recomenda-se a aplicação da profilaxia na estrutura, que corresponde as ações preventivas utilizadas com o objetivo de evitar o surgimento dos problemas patológicos e a sua disseminação nas construções.

A manutenção preventiva consiste em um exemplo de profilaxia visto que possui a finalidade de conservar a estrutura e prolongar a sua vida útil, por consequência evitar ou adiar a necessidade de executar um tratamento, e pode ser utilizada em duas situações: a

primeira quando a estrutura nunca apresentou um problema patológico e a outra depois da realização de qualquer terapia, garantindo a proteção do elemento estrutural (CURSIO, 2008).

2.5 Principais manifestações patológicas que ocorrem em viadutos

O viaduto apresenta sintomas, no momento em que está “doente”, que são chamados de manifestações patológicas. Visto que, o conhecimento das manifestações patológicas torna-se de suma importância para a correta compreensão do problema, uma vez que proporciona a solução por meio das terapias. Assim serão mostradas e descritas a seguir as principais manifestações patológicas encontradas nos viadutos.

2.5.1 Abrasão

A abrasão trata-se de um processo de desgaste, como mostrado na Figura 18, além de ser uma das razões da deterioração das estruturas de concreto, que causa a perda contínua e gradativa do material da superfície do concreto, em virtude da fricção provocada pelos agentes abrasivos, tais como o tráfego e as partículas transportadas pelo vento ou pela água (DNIT, 2006).

Figura 18 – Abrasão em estrutura de concreto



Fonte: Mazer (2008).

De acordo com o Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários (DNIT, 2010) o desgaste superficial das estruturas de concreto, por meio da abrasão, acontece porque o concreto possui uma resistência baixa ao atrito, e para evitar a *American Concrete Institute* (ACI) sugere que a superfície do concreto tenha uma resistência à compressão maior do que 28 MPa, além de apresentar cura, adensamento e granulometria apropriados, e uma relação água e cimento baixa. A abrasão traz algumas consequências para a estrutura como a demolição do cobrimento e contribui para a oxidação das armaduras.

2.5.2 Carbonatação

Segundo Trindade (2015) o concreto consiste em um material que apresenta uma alcalinidade bastante elevada, por causa principalmente da presença do hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2), oriundo das reações de hidratação da pasta de cimento. Este meio alcalino produz uma película em torno da superfície do aço, denominada camada passivadora, impossibilitando que a água e o oxigênio tenham contato com o aço, protegendo a armadura da corrosão e ampliando a sua durabilidade.

O Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários (DNIT, 2010), afirma que a carbonatação do concreto corresponde ao processo de produção do carbonato de cálcio (CaCO_3) em um ambiente úmido, mediante a reação do Ca(OH)_2 encontrado no cimento com o dióxido de carbono (CO_2) presente na atmosfera, causando a redução do Potencial Hidrogeniônico (pH) do concreto, de um valor igual a 13 para 9, e por consequência modifica o meio que inicialmente era alcalino para um meio mais neutro

Assim, conforme Rocha e Oliveira (2017) quanto maior a quantidade de CO_2 existente no local, menor será o pH, resultando em uma seção maior de concreto carbonatado. Em torno do viaduto possui uma elevada emissão de CO_2 , por causa principalmente dos veículos, ocasionando um grande caso de carbonatação, e consequentemente de corrosão na estrutura.

De acordo com o Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (DNIT, 2004), embora produza uma pequena retração, a carbonatação não danifica o concreto em si, ao contrário acrescenta resistência mecânica e química, e reduz a permeabilidade. No entanto se a carbonatação alcançar a superfície da armadura, causará a eliminação da camada passivadora, por meio da diminuição do pH do concreto, gerando um meio favorável a corrosão.

Para evitar a carbonatação do concreto e de modo consequente a corrosão das armaduras, a estrutura de concreto deve apresentar uma pequena porosidade e um cobrimento das armaduras apropriado, além de ter o monitoramento da fissuração (DNIT, 2010).

2.5.3 Corrosão

A corrosão consiste em um processo de destruição de qualquer material, devido ao ataque químico ou eletroquímico do ambiente, podendo estar ou não associado à presença de esforços mecânicos (DNIT, 2010).

No concreto a corrosão acontece por meio de uma ação química, ou seja, a reação entre alguns componentes químicos do ambiente com o cimento, resultando na criação de elementos expansivos e na dissolução dos ligantes. Os principais fatores que provocam a corrosão nesse tipo de material são: a alta porosidade do concreto, a presença de água, marinha ou subterrânea, os gases existentes na atmosfera e elementos orgânicos como o combustível e o óleo (DNIT, 2010).

De acordo com Souza e Ripper (1998), a corrosão no aço consiste em um processo eletroquímico, gerado através de uma diferença de potencial, na presença de oxigênio e um eletrólito, no caso do concreto armado corresponde à solução aquosa nos poros do concreto, em contato com a barra de aço, o condutor metálico. A corrosão se inicia quando os íons de ferro se movem, por meio do eletrólito, do anodo para o catodo, criando uma corrente elétrica.

Segundo o Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (DNIT, 2004) a corrosão nas barras de aço causa duas consequências, a primeira corresponde ao acréscimo de volume, devido ao acúmulo de óxidos e hidróxidos, ao redor das barras, produzidos através da corrosão, acarretando em fissuras, desagregação, manchas vermelhas ou pretas no concreto, e a exposição da armadura como apresentado na Figura 19. A segunda consiste na redução da seção da barra, ou até mesmo a sua ruptura, ocasionando a diminuição da capacidade resistente do elemento e a perda da aderência entre o aço e o concreto.

Figura 19 – Longarina com armadura exposta em situação avançada de corrosão



Fonte: Adaptado pela Autora, de Cursio (2008).

Os fatores fundamentais que causam a corrosão das armaduras são os seguintes: o atrito, a corrente elétrica externa, o ataque de cloretos e sulfatos, a carbonatação, e por último a alta tensão, também conhecida por *stress corrosion*, bastante comum em cabos de protensão, sendo capaz de conduzir a estrutura a uma ruptura frágil (DNIT, 2010).

Conforme o Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários (DNIT, 2010) o tratamento da estrutura devido à corrosão no concreto consiste na extração da parte deteriorada, recomposição por um concreto de ótima qualidade e a utilização de revestimento de proteção contra a corrosão na superfície do concreto recuperado.

No caso das armaduras ou dos cabos de protensão que demonstram indícios de corrosão, deve-se primeiramente remover o concreto contaminado e depois realizar uma limpeza na superfície do aço, por meio de jatos de areia. Torna-se necessário a aplicação de uma armadura suplementar ancorada, quando ocorrer uma redução maior que 10% na seção das armaduras. Por fim, deve-se colocar uma proteção contra a corrosão nas armaduras tratadas e restabelecer a geometria da peça com um novo concreto (DNIT, 2010).

2.5.4 Desagregação

Segundo o Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (DNIT, 2004) a desagregação no concreto consiste em um fenômeno químico, onde o cimento perde sua propriedade aglomerante, deixando livre o agregado, como mostrado na Figura 20. Inicialmente provoca a alteração da cor na superfície do concreto, em seguida o acréscimo na abertura das fissuras, o empolamento das partes externas da peça, e por fim a desintegração do concreto, perdendo a aderência entre os seus componentes e a resistência do elemento.

Figura 20 – Desagregação na base do pilar da ponte



Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de DNIT (2010).

Os principais agentes causadores da desagregação são: a corrosão do concreto e das armaduras, a fissuração, o ataque biológico, a presença de cloretos e de sulfatos, o processo de calcinação e o deslocamento das fôrmas (TRINDADE, 2015).

O tratamento do concreto desagregado corresponde à remoção da parte atacada, com o elemento devidamente escorado, em seguida a preparação, a limpeza e a reconstituição da seção por um concreto que apresenta baixa permeabilidade e resistência apropriada ao meio agressivo, e por último a colocação de proteção na superfície da peça (MAZER, 2008).

2.5.5 Eflorescência

A reação da água com o cimento causa a hidrólise, ou seja, a dissolução dos produtos de cálcio da pasta, processo conhecido por lixiviação do concreto. No momento em que o produto da lixiviação interage com o CO_2 presente no ambiente, gera a eflorescência, como apresentado na Figura 21, que consiste em uma crosta da cor branca de carbonato de cálcio na superfície, provocando uma aparência indesejável do concreto, além de reduzir a resistência do elemento (DNIT, 2006).

Figura 21 – Eflorescência na cortina



Fonte: Adaptado pela Autora, de DNIT (2010).

Segundo a Norma 090 (DNIT, 2006) o tratamento das eflorescências consiste em procedimentos simples, como o jateamento leve de areia ou a escovação com escova e água. No entanto alguns sais, depois de terem contato com a atmosfera transformam-se insolúveis na presença de água, e por essa razão torna-se necessário a remoção desses sais, por meio de soluções diluídas de ácidos, com os devidos cuidados.

Para a precaução da ocorrência de novas eflorescências, deve-se evitar a absorção da água no concreto, através da aplicação de pinturas hidrofugantes na superfície do elemento, bem como o tratamento das fissuras e trincas na peça (DNIT, 2006).

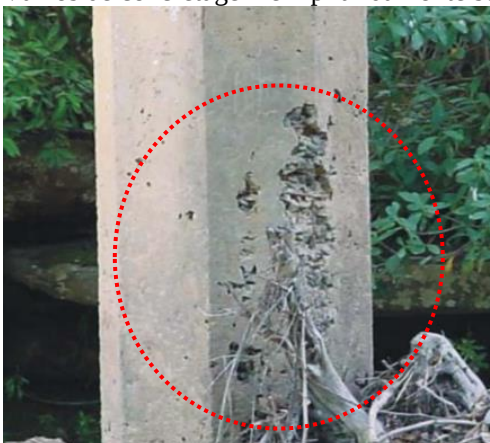
2.5.6 Falhas na concretagem

De acordo com Trindade (2015) para evitar falhas na concretagem e por consequência obter os resultados desejados, devem-se considerar os seguintes fatores:

- **Adensamento:** deve ser executado de maneira correta, logo após o lançamento do concreto, com a finalidade de diminuir os vazios do concreto, dificultando a entrada dos agentes causadores, além de acomodar de forma adequada o concreto na fôrma e no meio das armaduras.
- **Cura:** a umidade nesse processo tem que ser monitorada com o objetivo de impedir a evaporação da água antes que sejam realizadas as reações de hidratação do cimento.
- **Juntas de Concretagem:** torna-se essencial a presença de juntas de concretagem nas estruturas, por causa do lançamento ser executado em partes, e para não ocorrer futuros transtornos as juntas devem estar localizadas em uma seção de baixa tensão tangencial e que não apresente perigo de deslizamento entre as faces.
- **Lançamento:** o concreto precisa ser lançado próximo ao seu destino e de forma delicada, para impedir a movimentação das fôrmas e das armaduras.
- **Transporte:** deve ser realizado de forma rápida com o intuito de não permitir a diminuição da trabalhabilidade do concreto, e também não deve deixar períodos longos entre uma camada de concretagem e a camada posterior, a fim de que não seja gerada uma superfície sem aderência e por consequência uma junta indesejada.

Segundo Mazer (2008) caso não sejam realizados procedimentos corretos na concretagem, surgirão falhas no concreto, que podem causar: deformidade, fissuração, falta de regularidade na superfície, cavidades, separação entre o agregado graúdo e a argamassa, acréscimo da deformação específica, e a diminuição da resistência mecânica e da vida útil do elemento. Outros problemas podem aparecer decorrentes das falhas na concretagem, como por exemplo, os vazios nos pilares como mostrado na Figura 22.

Figura 22 – Vazios de concretagem em pilar da Ponte sobre o Riacho Frio



Fonte: Adaptado pela Autora, de DNIT (2010).

2.5.7 Falhas nas instalações de drenagem

Conforme Laner (2001) as falhas nas instalações de drenagem contribui para a geração das manifestações patológicas nos viadutos, e por essa razão se torna necessário evitar tais falhas, a fim de que não ocorra o acúmulo de água em locais críticos, por exemplo, nos aparelhos de apoio, nos muros de contenção, nas juntas de dilatação, na pista de rolamento e nos encontros do tabuleiro, das vigas e dos apoios.

De acordo com Laner (2001) as principais falhas que ocorrem nas instalações de drenagem dos viadutos são a diminuição da espessura da pista de rolamento em um local, a inclinação inadequada da pista, a obstrução e a deficiência nas quantidades dos orifícios de drenagem. Na Figura 23 apresenta a principal consequência das falhas de drenagem nos viadutos.

Figura 23 – Acúmulo de água no tabuleiro provocada pela falta de orifício de drenagem



Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de Vitório (2002).

Assim precisa adotar algumas precauções para evitar tais falhas nos viadutos como: disponibilizar uma quantidade suficiente de orifícios de drenagem para o escoamento da água

nos muros de contenção, executar limpeza nos dispositivos de drenagem de maneira frequente, os drenos deve possuir um tamanho adequado e está posicionado de forma que a estrutura de concreto não receba diretamente a água e a pista de rolamento tem que apresentar uma inclinação transversal mínima de escoamento (LANER, 2001).

2.5.8 Falhas sobre a pista de rolamento

Segundo o Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários (DNIT, 2010) as principais falhas encontradas na pista de rolamento dos viadutos são: trincas, defeitos nas juntas de dilatação como mostrado na Figura 24, deformação do pavimento, vazamento próximo às barreiras, degradação das barreiras e do pavimento, diferença de nível entre a laje de transição e o tabuleiro, ausência de laje de transição e irregularidades do pavimento no local de transição entre o tabuleiro e o aterro.

Figura 24 – Defeitos na junta de dilatação



Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de DNIT (2010).

As falhas na pista de rolamento provocam os efeitos de impacto que consiste no aumento das cargas móveis, colaborando para a degradação do tabuleiro. Além de interferir no tráfego e causar perigos iminentes aos usuários (VITÓRIO, 2002).

De acordo com Vitório (2002) tais falhas são normalmente geradas através de infiltração da água, desagregação das juntas de dilatação, fluxo de veículos, deterioração na superfície do pavimento e retração dos elementos de concreto.

2.5.9 Fissuras

Conforme Cursio (2008) as fissuras correspondem às aberturas que surgem nas estruturas, são comuns em elementos de concreto por causa da baixa resistência a tração do

material. Passam a serem consideradas manifestações patológicas, no momento em que apresentam aberturas maiores do que os valores estabelecidos pelas normas vigentes.

De acordo com Mazer (2008) as fissuras nos elementos de concreto são causadas principalmente pelos seguintes fatores: recalque nas fundações, corrosão das armaduras, variação térmica, perda de protensão, retração e expansão do concreto, carga excessiva, ataque químico, desagregação, movimentação das fôrmas e cura insuficiente. As fissuras prejudicam a estética, a durabilidade e a resistência das estruturas, além de contribuir para a penetração dos agentes agressivos nos elementos de concreto (ROCHA; OLIVEIRA, 2017).

Como apresentado na Figura 25, as aberturas que aparecem nos elementos de concreto são classificadas como: fissura, trinca e rachadura. A NBR 9573 (ABNT, 2003) classifica fissura, trinca e rachadura por meio da dimensão da abertura, como mostrado na Tabela 1.

Figura 25 – Fissuras, trincas e rachaduras



Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de Neves (2019).

Tabela 1 – Classificação de fissura, trinca e rachadura

Classificação	Abertura – e (mm)
Fissura	$< 0,50$
Trinca	$0,50 \leq e < 1,00$
Rachadura	$1,00 \leq e < 1,50$

Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de ABNT (2012).

Segundo o Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários (DNIT, 2010) as fissuras são classificadas em ativas e inativas. As fissuras ativas são aquelas onde as causas

que as geraram continuam influenciando nas estruturas e por essa razão as suas medidas alteram no decorrer do tempo. As fissuras inativas são aquelas onde as causas que as originaram deixaram de atuar nas estruturas e por consequência não ocorre o aumento e nem a redução das suas dimensões com o passar do tempo.

Conforme o Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários (DNIT, 2010) o tratamento das fissuras depende do seu tipo e por essa razão antes de começar o tratamento torna-se necessário identificar o tipo de fissura e as suas causas. Para o tratamento de fissuras inativas deve primeiro realizar o alargamento da fissura em formato V, em seguida limpar o local e por fim reconstituir a superfície com a aplicação de resina epóxica ou de argamassa de cimento e areia.

De acordo com Mazer (2008) torna-se impossível a eliminação das fissuras ativas, nesse caso deve-se realizar o tratamento através da vedação das fissuras, que consiste na aplicação de poliuretanos ou de compostos à base de betume, impossibilitando a entrada dos agentes agressivos. No entanto o ideal seria a eliminação das causas das fissuras, transformando as fissuras ativas em inativas, e dessa forma possibilitando a eliminação e o tratamento das fissuras.

2.6 Métodos de inspeção

Conforme Cursio (2008) as manifestações patológicas estudadas anteriormente, influenciam nas estruturas causando sérios danos e por essa razão se torna necessário à realização periódica de inspeções, visto que indicam atividades de manutenção para impedir o desenvolvimento da manifestação patológica e por consequência impossibilita a redução da vida útil da estrutura.

Segundo a NBR 9452 (ABNT, 2019) a inspeção consiste em procedimentos técnicos e específicos que envolvem a coleta de informações para a elaboração adequada do diagnóstico e prognóstico, além de oferecer subsídios para a escolha da terapia a ser utilizada, visando conservar ou restabelecer as condições de durabilidade, de segurança estrutural e de funcionalidade nas estruturas.

De acordo com a NBR 9452 (ABNT, 2019) as inspeções realizadas em viadutos são divididas em quatro tipos:

- **Inspeção Cadastral:** consiste na primeira inspeção executada no viaduto, logo depois da sua construção ou no momento em que ocorrer modificações na obra como exemplo um reforço estrutural, e apresenta a finalidade de registrar as características das estruturas por meio da inspeção visual.
- **Inspeção Rotineira:** corresponde às atividades de monitoramento através da inspeção visual, podendo ser acrescentado o uso de instrumentos especiais, realizadas em um intervalo máximo de um ano, com o intuito de analisar o desenvolvimento das anomalias encontradas nas inspeções anteriores, assim como o surgimento das novas.
- **Inspeção Especial:** deve apresentar uma periodicidade de cinco anos, com o propósito de elaborar o diagnóstico e o prognóstico da estrutura, assim como determinar a terapia, mediante uma análise detalhada incluindo o mapeamento das manifestações patológicas, ensaios e a utilização de instrumentos especiais para o acesso.
- **Inspeção Extraordinária:** consiste em atividades não programadas, realizadas no momento em que houver a necessidade de analisar com maior rigor as estruturas do viaduto ou quando ocorrer colisão de veículo na obra ou eventos da natureza.

Segundo o Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (DNIT, 2004) a inspeção no viaduto deve ser realizada de maneira organizada a fim de examinar toda a estrutura, e também precisa considerar uma sequência, dos elementos a serem inspecionados, apresentada a seguir: primeiro a superestrutura, em seguida a mesoestrutura e por último a infraestrutura.

De acordo com Tukitlan e Pacheco (2013) a inspeção no viaduto está dividida em etapas, que variam conforme a localização e as dimensões da estrutura. No entanto, as etapas adotadas na inspeção geralmente são: produção de um formulário de antecedentes do viaduto embasado em projetos e documentos existentes, realização de inspeção visual, separação das áreas para a execução de ensaios e medições, escolha dos métodos de ensaio e dos equipamentos usados, realização dos ensaios e das medições, e elaboração dos relatórios.

Conforme o Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (DNIT, 2004), a inspeção realizada no viaduto abrange dois métodos: a inspeção visual e a inspeção física. A inspeção visual consiste no método mais viável, com a finalidade de analisar as estruturas e reconhecer as regiões afetadas pelas anomalias, sendo o registro fotográfico e croquis de suma importância para essa etapa, possibilitando a caracterização do viaduto (PIERI *et al*, 2018).

De acordo com Souza e Ripper (1998) no decorrer da inspeção visual deve ser realizado a quantificação e o mapeamento das manifestações patológicas presentes no viaduto, por meio de representação gráfica, que contribuirá para a determinação das causas das anomalias.

Na inspeção visual muitas vezes o inspetor se depara com a dificuldade de acesso em algumas estruturas, e por essa razão utiliza equipamentos especiais como drones, fibras ópticas ligadas em microcâmaras de alta definição e caminhão com dispositivo mecânico articulado (ARAÚJO, 2017).

O Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (DNIT, 2004) define inspeção física no viaduto como a avaliação das manifestações patológicas ainda não visíveis, por esse motivo não são detectadas na inspeção visual, e devem ser analisadas por meio de ensaios e de procedimentos físicos rudimentares.

2.7 Ensaios complementares

Segundo Vítório (2002) em alguns casos se torna essencial à execução de ensaios complementares depois da inspeção visual, com o propósito de proporcionar informações sobre a ruptura e a resistência da estrutura, contribuindo para uma caracterização mais detalhada do viaduto.

O Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários (DNIT, 2010) define ensaio como a atividade realizada para demonstrar as características físicas do material, por meio de processos padronizados e de equipamentos adequados.

Conforme o Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (DNIT, 2004) os ensaios são classificados em duas técnicas principais: ensaios destrutivos e ensaios não-destrutivos. Os ensaios destrutivos consistem em ensaios que durante a análise prejudicam a integridade estrutural da peça. Ao contrário dos ensaios destrutivos, os ensaios não-destrutivos não ocasionam danos nos elementos que estão sendo avaliados.

As principais técnicas de ensaios destrutivos são:

- **Medição da umidade interna:** a quantidade de umidade presente no interior das estruturas de concreto revela o processo de corrosão, a medição da umidade deve ser

realizada, por meio da extração de testemunhos e colocada na estufa, a fim de eliminar a umidade (DNIT, 2004).

- **Resistência do concreto:** consiste na determinação da resistência do concreto por meio da retirada de testemunhos e a execução no laboratório dos seguintes ensaios: quantidade de vazios, resistência a tração, resistência a compressão, quantidade de cimento, resistência ao cisalhamento e módulo de elasticidade (DNIT, 2004). A Figura 26 apresenta o ensaio de resistência a compressão realizado em um corpo de prova de concreto.

Figura 26 – Ensaio de resistência a compressão



Fonte: Ismael (2016).

- **Carbonatação:** como apresentado na Figura 27, o ensaio de carbonatação consiste na colocação de fenolftaleína na superfície do concreto, se o concreto apresentar coloração magenta indica que não está carbonatado, se o concreto ficar incolor mostra que está carbonatado (DNIT, 2010). Para a medição da profundidade da carbonatação deve extrair um testemunho da estrutura, aplicar fenolftaleína e medir com um paquímetro a profundidade da frente de carbonatação (DNIT, 2004).

Figura 27 – Ensaio de carbonatação



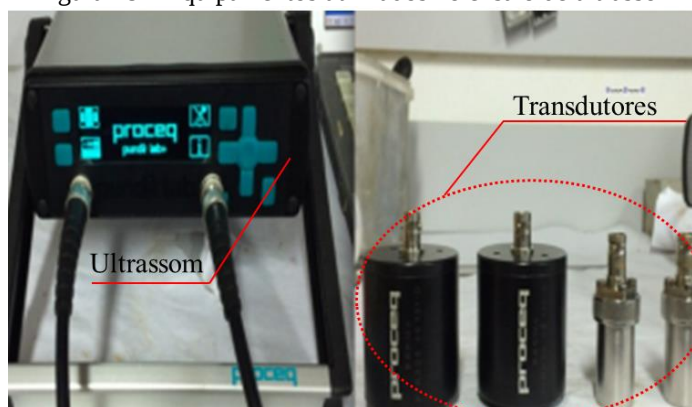
Fonte: Mitre (2005).

- **Resistência das armaduras:** no ensaio de determinação das características do aço torna-se necessário a retirada de amostras da armadura, no entanto o ensaio deve ser realizado somente quando existir a necessidade de analisar as propriedades da armadura, uma vez que a extração de amostras de aço enfraquece o elemento estrutural (DNIT, 2004).
- **Endoscópios:** corresponde a um método visual e destrutivo onde colocam tubos em orifícios perfurados nas estruturas do viaduto, com a finalidade de inspecionar bainhas de cabos protendidos e seção caixão sem acesso (DNIT, 2004).

Serão apresentadas a seguir as principais técnicas de ensaios não-destrutivos:

- **Ultrassom:** segundo Votorantim (2016) o ensaio serve para identificar as discontinuidades presente nos elementos de concreto, por meio da emissão de ondas sonoras com frequência ultrassônica nas estruturas, a fim de estabelecer a velocidade de propagação das ondas e mostrar as propriedades do concreto, visto que o aumento da velocidade indica um material de melhor qualidade. A Figura 28 apresenta os equipamentos utilizados no ensaio que são: o ultrassom e os transdutores.

Figura 28 – Equipamentos utilizados no ensaio de ultrassom



Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de Ismael (2016).

- **Método Elétrico:** consiste na medição da condutividade elétrica do concreto mediante a utilização de eletrodo de sulfato de cobre, quando o concreto apresenta baixa resistência elétrica aponta a existência de cloretos, possibilitando a análise de corrosão nas armaduras (DNIT, 2004).
- **Deteção de cloretos no concreto:** por meio de uma fonte pequena transmite nêutrons no concreto, em seguida realiza a mensuração dos raios gama refletido, proporcionando um espectro do material onde se encontram os elementos constituintes, sendo um deles o cloreto (DNIT, 2004).

- **Termografia:** através de um dispositivo que emite radiação infravermelha examina as modificações térmicas da estrutura, assim torna-se viável a identificação de vazios, delaminação e grandes falhas no interior do concreto (VOTORANTIM, 2016).
- **Pacometria:** de acordo com o Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (DNIT, 2004) o ensaio consiste na utilização de um equipamento magnético, o pacômetro, para estabelecer a dimensão, a posição e a condição da armadura, o ensaio não possibilita o reconhecimento direto das manifestações patológicas, no entanto permite identificar regiões com cobrimento inapropriado, sendo locais prováveis de degradação do concreto por meio de corrosão das armaduras. Observa-se na Figura 29 a realização do ensaio de pacometria em uma longarina de uma ponte, com o intuito de localizar as armaduras.

Figura 29 – Pacometria em uma longarina



Fonte: Mitre (2005).

- **Medição da velocidade de ondas de som e ondas de ultrassom:** o ensaio corresponde à análise do tabuleiro, mediante a medição da velocidade de propagação das ondas de som e de ultrassom, com o propósito de identificar a resistência do concreto, assim como regiões internas fissuradas ou deterioradas (DNIT, 2004).
- **Esclerometria:** de acordo com a NBR 7584 (ABNT, 2012) a esclerometria consiste na medição *in loco*, da dureza na superfície do elemento de concreto, mediante o uso do equipamento designado esclerômetro de reflexão que fornece o índice esclerométrico, e por consequência possibilita avaliar a resistência a compressão da superfície do concreto. Observa-se na Figura 30 o ensaio de esclerometria realizado na longarina de uma ponte.

Figura 30 – Esclerometria em uma longarina



Fonte: Mitre (2005).

- **Avaliação de fadiga das armaduras:** segundo o Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (DNIT, 2004), o ensaio possibilita a avaliação dos impactos da fadiga nas barras das armaduras das estruturas de concreto armado, protendido ou convencional, mediante a utilização do equipamento denominado de *Magnetic Field Disturbance system* (MFD).

3 METODOLOGIA

3.1 Locação do viaduto

O viaduto selecionado para o estudo está locado entre a Avenida Brasil, uma via principal de grande fluxo do município de Anápolis (GO), a Avenida Goiás e a Rua Barão do Rio Branco, como mostrado na Figura 31.

Figura 31 – Locação do viaduto



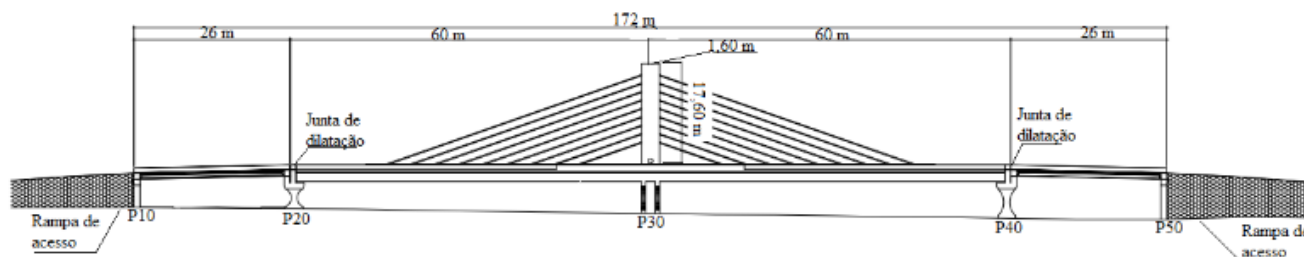
Fonte: Adaptado pela Autora (2020), de Google Maps (2019).

3.2 Características do viaduto

Vale ressaltar que, as informações a respeito das características do viaduto em estudo, foram retiradas do projeto estrutural disponibilizado por meio da Prefeitura Municipal de Anápolis.

O viaduto foi inaugurado no ano de 2017, sendo constituído de estruturas de concreto armado e concreto protendido, com valores de resistência entre 30 a 40 MPa. Apresentando tipologia estrutural estaiada e por essa razão, possui 36 cabos de protensão, fixados em um único mastro localizado na região central do viaduto. O mastro foi constituído por concreto protendido e contém 17,60 metros de altura a partir do tabuleiro e 1,60 metros de largura, como mostrado na vista lateral do viaduto, Figura 32.

Figura 32 – Vista lateral do viaduto

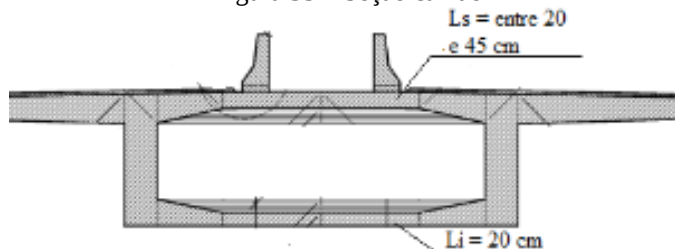


Fonte: Adaptado pela Autora (2020), de Prefeitura Municipal de Anápolis (2016).

Trata-se de um viaduto de sentido duplo formado de quatro faixas de tráfego, cada uma com 3,50 metros de comprimento, barreiras laterais e um pavimento com espessura de 5 centímetros e inclinação de 2%, auxiliando no escoamento das águas pluviais. Apresenta uma largura variável entre 17,20 metros, próximo ao mastro, e 14,80 metros nas extremidades.

O comprimento total do viaduto equivale a 172 metros divididos em quatro vãos. Os dois vãos próximo do mastro possuem 60 metros de comprimento cada e os dois vãos da extremidade apresentam 26 metros de comprimento. A superestrutura do viaduto possui seção transversal do tipo caixão como mostrado na Figura 33, com espessura da laje superior variando entre 20 e 45 centímetros e da laje inferior com 20 centímetros. Assim como apresentam longarinas com 80 centímetros de altura e 79 centímetros de largura.

Figura 33 – Seção caixão



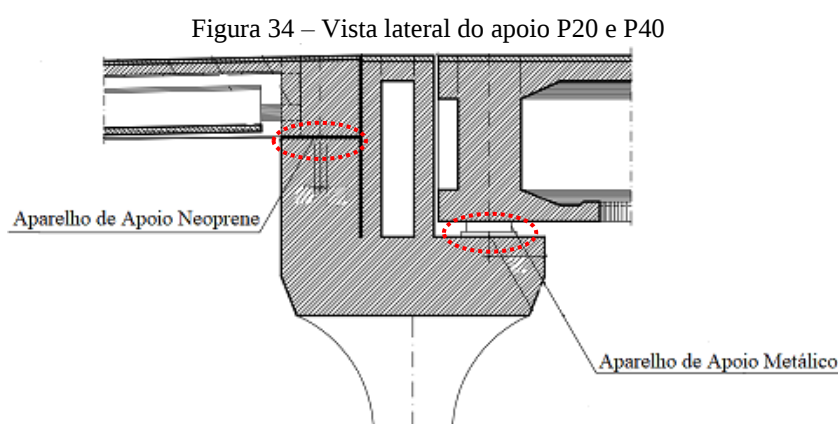
Fonte: Adaptado pela Autora (2020), de Prefeitura Municipal de Anápolis (2016).

No tabuleiro do viaduto dispõe de quatro juntas de dilatação tipo Jeene em cima dos apoios P20 e P40, sendo que cada apoio tem duas juntas, uma com abertura igual a 2,5 centímetros e a outra com abertura de 6 centímetros, com distância entre si de 91,5 centímetros. O sistema de drenagem do tabuleiro consiste em drenos de PVC com diâmetro igual a 10,16 centímetros, a cada 4 metros da via.

De acordo com o projeto o viaduto não possui tubos de drenagem na seção caixão, impedindo o escoamento da água nessa região e por consequência provocando manifestações patológicas. No entanto foi verificado na inspeção, a presença de orifícios de drenagem na

seção caixão, provavelmente colocados durante a execução do viaduto com o intuito de solucionar o problema.

A mesoestrutura do viaduto apresenta travessa de 1 metro de altura e 20 pilares de cinco tipos diferentes, que no estudo será designado como: P10, P20, P30, P40 e P50. Em todos os apoios, exceto o P30, possuem aparelhos do tipo Neoprene com as seguintes dimensões 15 x 1440 x 2,5 centímetros. Nos apoios P20 e P40, além do aparelho de apoio tipo Neoprene, também possuem aparelho metálico, como apresentado na Figura 34. Os pilares descarregam as cargas em estacas metálicas cravadas.



Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de Prefeitura Municipal de Anápolis (2016).

Nas extremidades do viaduto foram executados muros de contenção para o aterro, utilizando o método de terra armada, resultando em rampas de acesso. Foram empregadas, nas rampas, fundações do tipo estaca hélice contínua. Na região entre a rampa e o viaduto apresenta laje de transição com 4 metros de comprimento e 30 centímetros de espessura.

3.3 Metodologia de inspeção

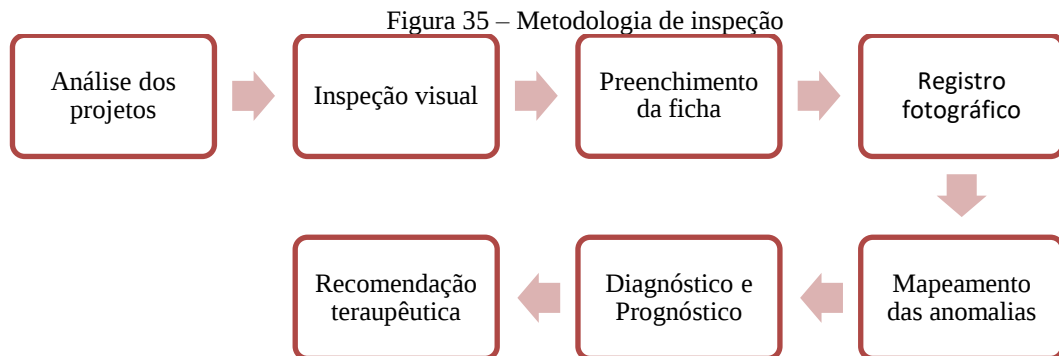
A análise realizada nos elementos do viaduto foi de cima para baixo, no entanto não foi possível examinar a infraestrutura por não ter acesso. Assim, a infraestrutura não será examinada de forma direta, mas por meio da repercussão que gera nos demais elementos do viaduto.

Para o levantamento e identificação das manifestações patológicas do viaduto foi escolhido o método de inspeção visual, que foi realizado mediante observações, registros fotográficos das estruturas e mapeamento das anomalias presente no viaduto.

Dentre os tipos de inspeção apresentados na NBR 9452 (2019) adotou-se para o presente estudo a inspeção especial. Visto que corresponde a inspeção mais detalhada e por

ser o único tipo que apresenta o intuito de elaborar o diagnóstico e o prognóstico, assim como de estabelecer a terapia a ser utilizada.

Na análise das estruturas foi utilizado o modelo de ficha de inspeção especial como proposto pela NBR 9452 (2019) e apresentado no anexo A. Contudo a Figura 35 apresenta as etapas que serão realizadas na inspeção do viaduto.



Fonte: Autoria Própria (2020).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Diagnóstico

A elaboração do diagnóstico das manifestações patológicas presentes no viaduto foi feito baseado em alguns fatores: na análise dos projetos, na realização da inspeção visual *in loco*, no preenchimento da ficha de inspeção, conforme a NBR 9452 (2019), apresentada no anexo B e no mapeamento das anomalias encontradas na inspeção.

Não houve a necessidade de executar ensaios complementares para a caracterização do viaduto, em razão de ter a possibilidade de compreender os fenômenos e desenvolver hipóteses por meio dos fatores anteriormente citados. Além de ser comum a realização somente da inspeção visual por ser mais viável, e a execução de ensaios complementares apenas em casos especiais.

As estruturas do viaduto em estudo apresentam anomalias em vários pontos, por essa razão foi realizado o mapeamento das manifestações patológicas, com o intuito de facilitar a visualização através da representação gráfica dos locais dessas manifestações, além de contribuir para a determinação das causas e das terapias a serem utilizadas.

Para facilitar o mapeamento das manifestações patológicas o viaduto foi dividido em vistas: superior, inferior, lateral direita e lateral esquerda. Tais vistas serão apresentadas na Figura 36, por meio de um panorama 3D.

Figura 36 – Panorama 3D do viaduto



Fonte: Adaptado pela Autora (2020), de Prefeitura Municipal de Anápolis (2017).

A seguir será mostrado o mapeamento das manifestações patológicas detectadas no viaduto, mediante a inspeção visual. Mas antes, a Figura 37 apresenta a legenda empregada na representação de tais manifestações.

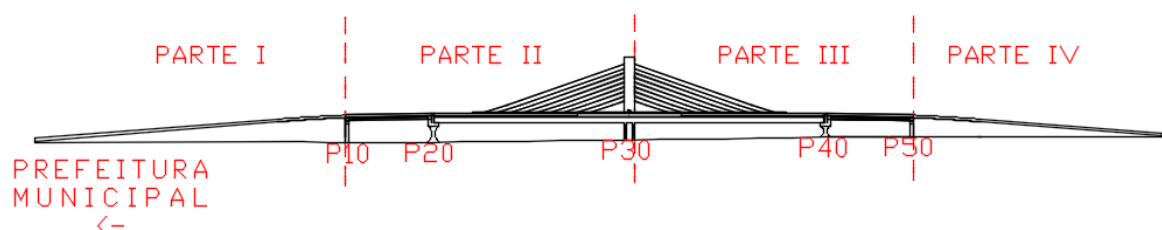
Figura 37 – Legenda do mapeamento empregado

LEGENDA:	
DE	Desagregação
EF	Eflorescência
O	Obstrução de dreno
VE	Presença de vegetação
CO	Corrosão de armaduras
AE	Armadura exposta
IR	Irregularidade no concreto
FI	Fissuração no concreto
IRP	Irregularidade no pavimento
DEP	Degradação do pavimento
FIP	Fissuração no pavimento
DES	Destacamento
PI	Pites

Fonte: Autoria Própria (2021).

Além da divisão em vistas, o mapeamento das manifestações patológicas foi dividido em quatro partes como mostra a Figura 38, devido a grande extensão do viaduto, com o intuito de facilitar a visualização dos locais das anomalias.

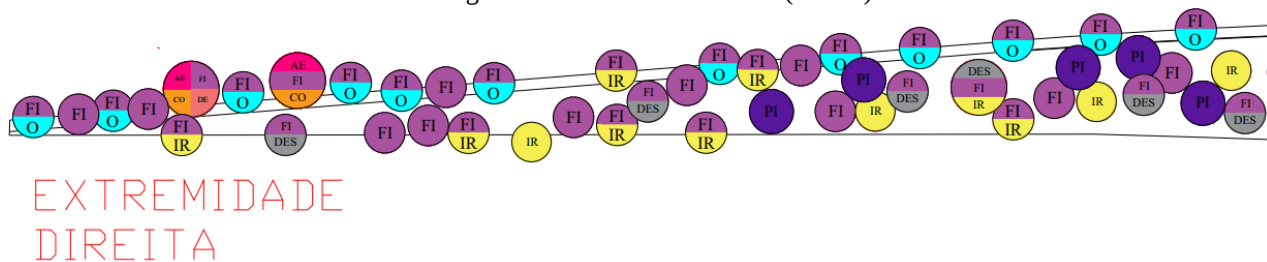
Figura 38 – Divisão do viaduto



Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de Prefeitura Municipal de Anápolis (2016).

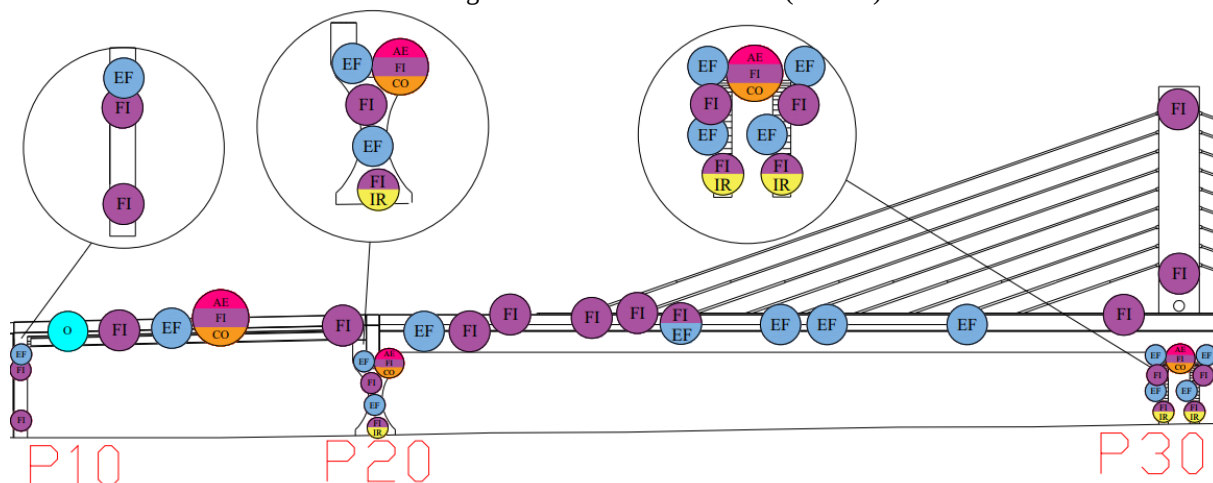
As Figuras 39 a 52 apresentam as vistas lateral direita, lateral esquerda, inferior e superior do viaduto, respectivamente. Cada vista será mostrada em quatro partes, como comentado anteriormente. Exceto a vista inferior que apresenta somente a parte II e III, visto que as demais partes constituem de aterros, impossibilitando a visualização na vista inferior.

Figura 39 – Vista lateral direita (Parte I)



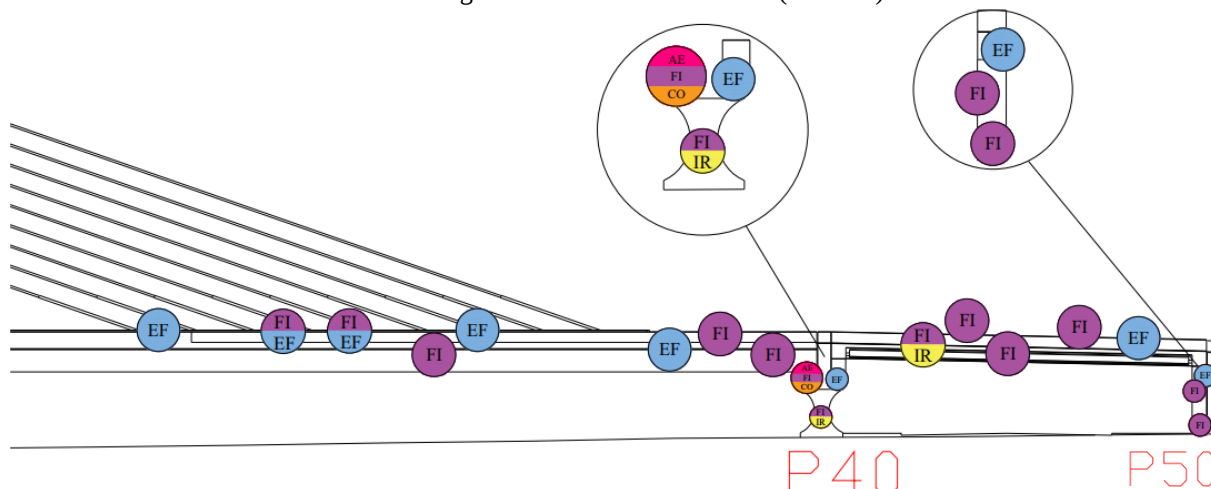
Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de Prefeitura Municipal de Anápolis (2016).

Figura 40 – Vista lateral direita (Parte II)



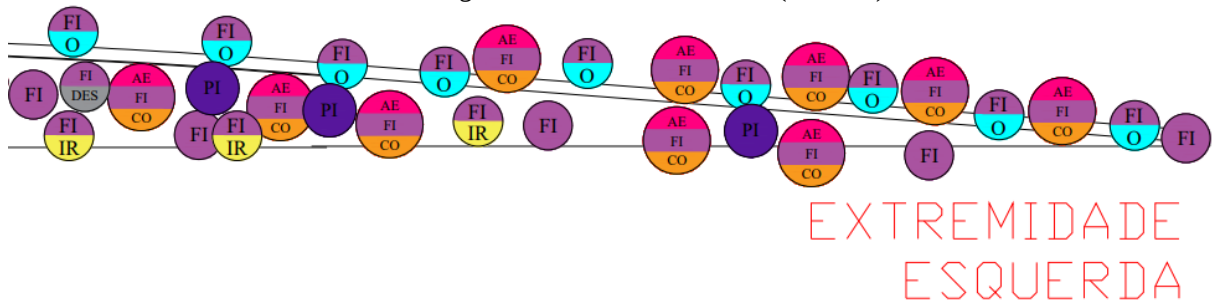
Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de Prefeitura Municipal de Anápolis (2016).

Figura 41 – Vista lateral direita (Parte III)



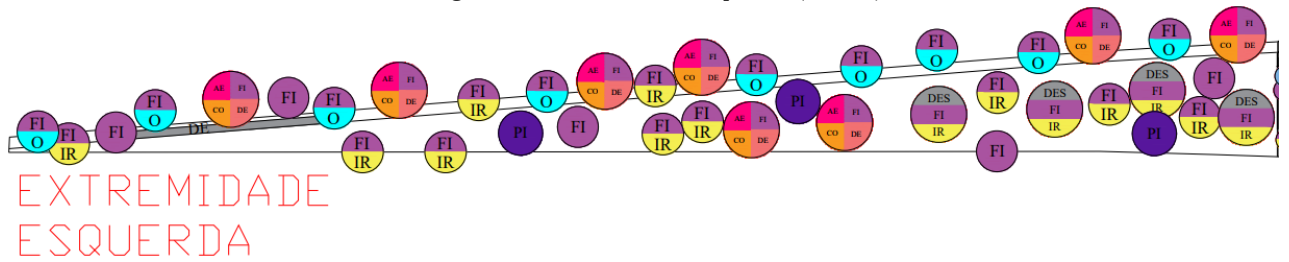
Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de Prefeitura Municipal de Anápolis (2016).

Figura 42 – Vista lateral direita (Parte IV)



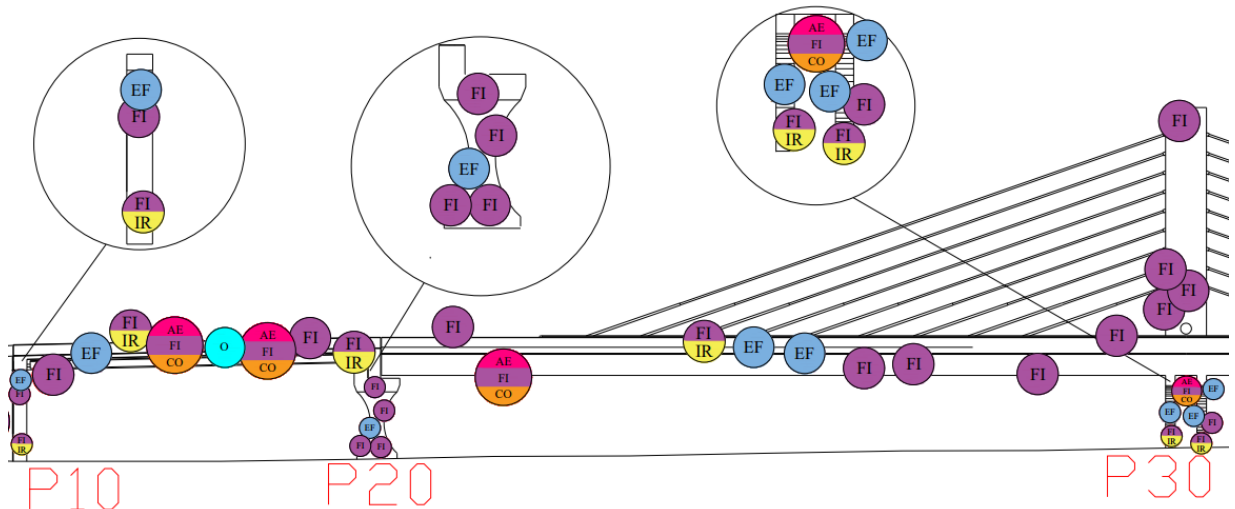
Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de Prefeitura Municipal de Anápolis (2016).

Figura 43 – Vista lateral esquerda (Parte I)



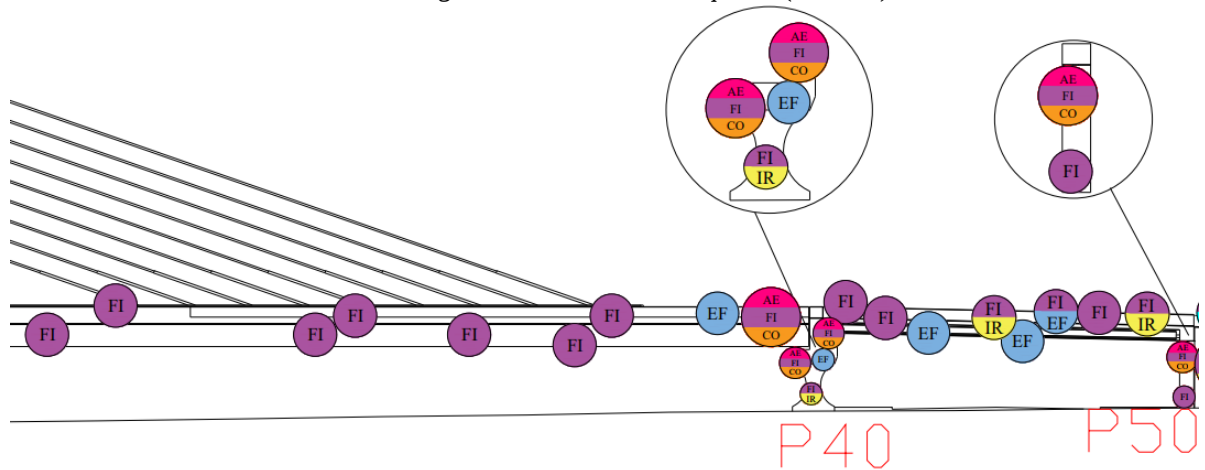
Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de Prefeitura Municipal de Anápolis (2016).

Figura 44 – Vista lateral esquerda (Parte II)



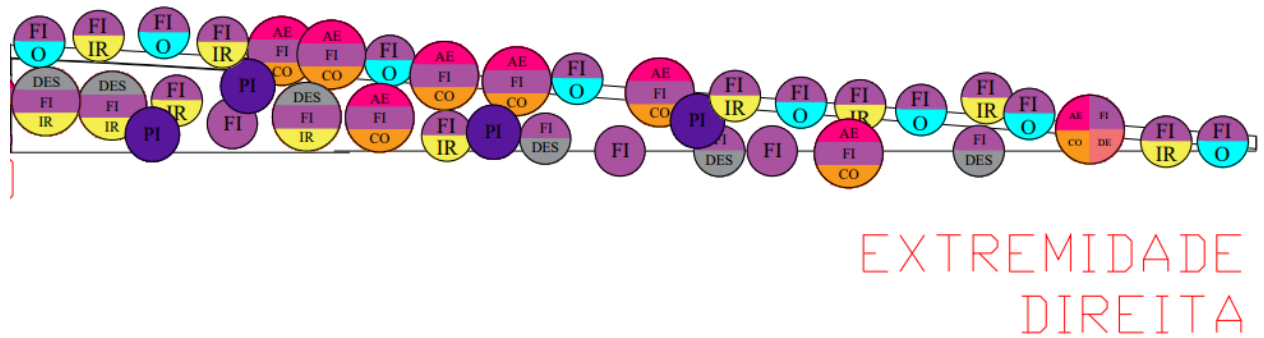
Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de Prefeitura Municipal de Anápolis (2016).

Figura 45 – Vista lateral esquerda (Parte III)



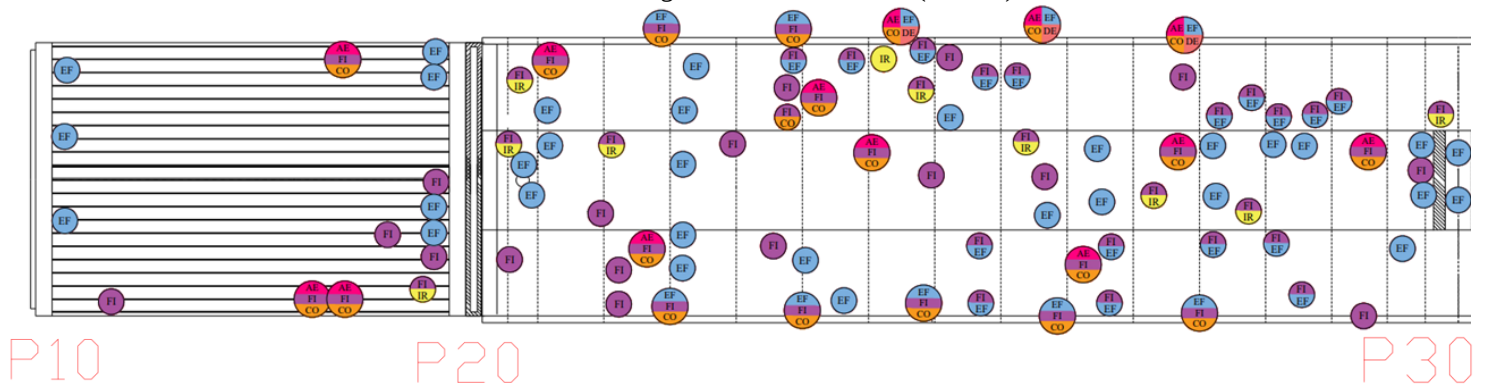
Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de Prefeitura Municipal de Anápolis (2016).

Figura 46 – Vista lateral esquerda (Parte IV)



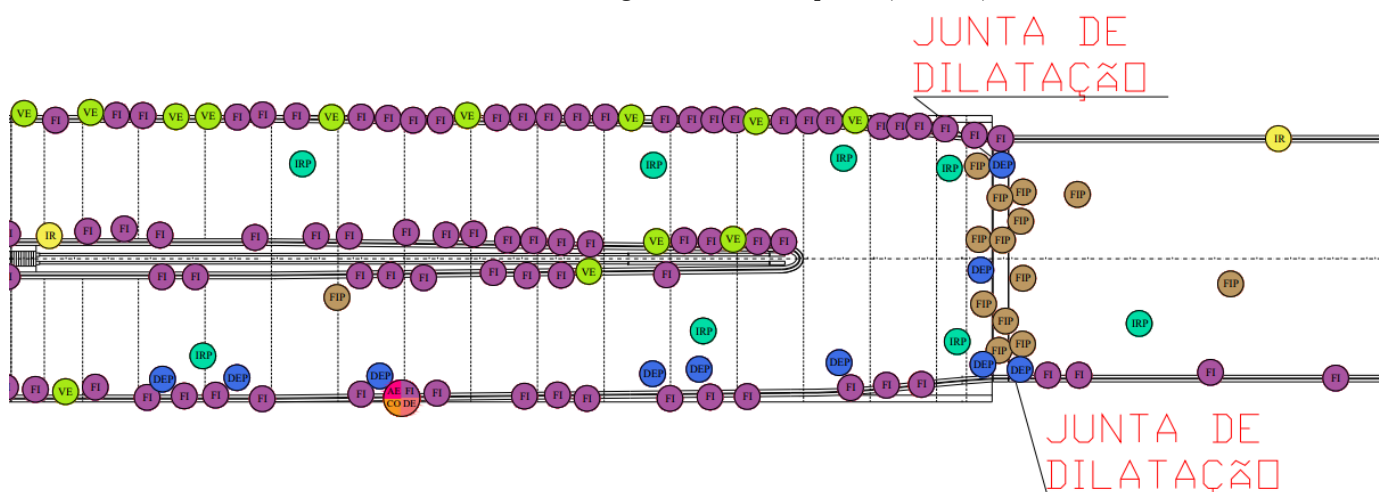
Fonte: Adaptado pela Autora, de Prefeitura Municipal de Anápolis (2016).

Figura 47 – Vista inferior (Parte II)



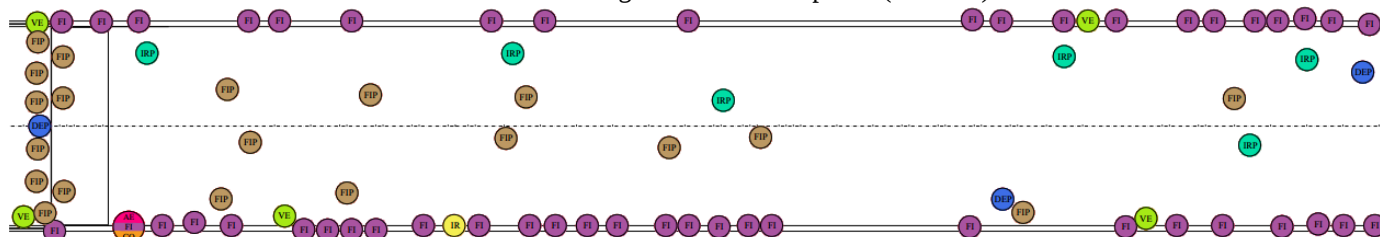
Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de Prefeitura Municipal de Anápolis (2016).

Figura 51 – Vista superior (Parte III)



Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de Prefeitura Municipal de Anápolis (2016).

Figura 52 – Vista superior (Parte IV)



Fonte: Adaptado pela Autora (2021), de Prefeitura Municipal de Anápolis (2016).

Como observado no mapeamento os guarda corpos apresentam obstrução de drenos, fissuração, armadura exposta, corrosão, desagregação e irregularidades no concreto. Na etapa de construção obstruíram os drenos por meio do preenchimento com concreto, gerando uma drenagem ineficiente no tabuleiro e fissuras entre os drenos como mostrado na Figura 53.

Figura 53 – Fissura entre drenos

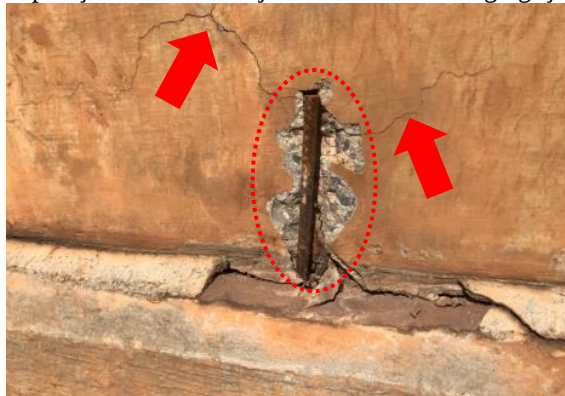


Fonte: Autoria Própria (2021).

A corrosão das armaduras, como apresentado na Figura 54, causou em alguns pontos dos guarda corpos fissuração e desagregação, devido o aumento no volume das armaduras,

acarretando na sua exposição. A falta de cobrimento adequado nas armaduras facilitou o surgimento dessas manifestações patológicas.

Figura 54 – Corrosão e exposição da armadura juntamente com desagregação e fissuração do concreto



Fonte: Autoria Própria (2021).

Outro motivo para a fissuração nos guarda corpos corresponde à retração do concreto em algumas regiões, causada pela cura ineficiente. O adensamento inadequado na etapa de construção ocasiona a falta de regularidade na superfície do concreto.

Notam-se nos muros de contenção as seguintes manifestações patológicas: irregularidade na superfície, fissuração no concreto, desagregação, armadura exposta, corrosão, destacamento e pite.

Os muros de contenção correspondem a placas de pré-moldados que apresentam irregularidades na superfície, originado por um inadequado adensamento do concreto na etapa de construção. Essas irregularidades transmitem um aspecto estético ruim aos usuários e por conta disso na execução do viaduto, em algumas regiões foi aplicada uma camada de argamassa sobre as placas, com o intuito de camuflar tais irregularidades.

A fissuração apresentada nos muros de contenção foi causada por dois motivos. O primeiro trata-se da retração da camada de argamassa originado pela cura inadequada, visto que as fissuras se cruzam em ângulo próximo a 90°, como mostra a Figura 55. O segundo corresponde ao fechamento das aberturas entre as placas de pré-moldados, através da aplicação de argamassa, como observado na Figura 56.

Figura 55 – Fissuração no muro de contenção causado por retração



Fonte: Autoria Própria (2021).

Figura 56 – Fissuração causada pela aplicação de argamassa na abertura



Fonte: Autoria Própria (2021).

Da mesma forma que ocorre nos guarda corpos, os muros de contenção apresentam corrosão das armaduras, no entanto causa somente fissuração. A Figura 57 mostra a presença de destacamento no muro de contenção, ocasionado pela contração térmica das placas que nesse caso se torna maior do que a tensão de aderência entre a argamassa de assentamento e a placa de revestimento.

Figura 57 – Destacamento no muro de contenção



Fonte: Autoria Própria (2021).

Identificou-se no muro de contenção a presença de pites como mostrado na Figura 58, que consiste em buracos pequenos no revestimento de argamassa, causado pela hidratação retardada dos óxidos livres existentes na cal.

Figura 58 – Presença de pites no muro de contenção



Fonte: Autoria Própria (2021).

Durante a inspeção observou-se no muro de contenção uma abertura, que consiste na contração térmica da estrutura ou na expansão térmica do piso, causado por uma ação de compressão do plano do revestimento, como apresentado na Figura 59.

Figura 59 – Contração térmica da estrutura ou expansão térmica do piso



Fonte: Autoria Própria (2021).

Como observado durante a inspeção à travessa do P10 possui pequenas eflorescências e fissuração no topo da travessa. A eflorescência se originou da percolação da água, indicando a ausência de uma drenagem adequada no local. A fissuração no topo da travessa foi causada pelo acúmulo de forças tangenciais e normais na região, resultante da ineficácia do aparelho de apoio.

Identificou-se no P10 a presença de fissuração e irregularidades no concreto. A causa da fissuração corresponde à retração do concreto gerado pela cura ineficiente. A superfície apresenta irregularidades por causa do adensamento inapropriado do concreto na fase de construção.

A travessa do P20 apresenta manchas esbranquiçadas e avermelhadas, armaduras expostas e fissuração. As manchas esbranquiçadas na superfície revela a presença de eflorescência, causado pela percolação de água no local por meio do desgaste das juntas de dilatação. A existência de manchas avermelhadas na travessa indica a corrosão das armaduras ocasionando a fissuração no concreto e a exposição das armaduras. Assim, a Figura 60 mostra a presença de manchas esbranquiçadas e avermelhadas na travessa do P20.

Figura 60 – Manchas esbranquiçadas e avermelhadas na travessa do P20



Fonte: Autoria Própria (2021).

Durante a inspeção observou-se fissuração no topo da travessa ocasionado pelo acúmulo de forças tangenciais e normais na área, consequência da ineficácia do aparelho de apoio.

No P20 detectaram-se as seguintes manifestações patológicas: eflorescência, irregularidade na superfície e fissuração. A eflorescência no pilar foi causada pela percolação da água através do desgaste das juntas de dilatação. O motivo para a existência de irregularidades na superfície do pilar ocorreu na fase de construção, mediante a execução errada do processo de adensamento do concreto.

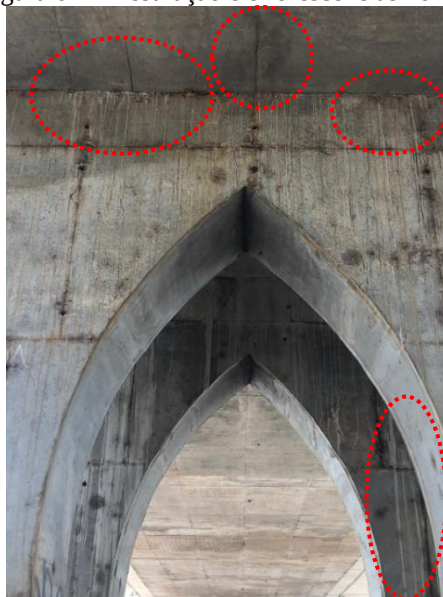
O P20 apresenta fissuras horizontais ou levemente inclinadas resultante da flexo-compressão, indicando a ocorrência de flambagem no pilar. O P20 possui também em outras regiões, a presença de fissuras que se originou da retração do concreto causado pela cura ineficiente.

Identificou-se no P30 a presença de corrosão, armadura exposta, falta de regularidade na superfície, fissuração e pequenas manchas esbranquiçadas. A corrosão indica a falta de cobrimento adequado na região, que ocasiona outras manifestações patológicas como a fissuração no concreto e a exposição da armadura, devido ao aumento do volume das armaduras.

Na etapa de construção faltou um processo adequado de adensamento do concreto originando a irregularidade da superfície. Observou-se no P30 a presença de fissuras horizontais ou levemente inclinadas, causadas pela flexo-compressão, apontando a ocorrência de flambagem no pilar. Da mesma forma encontraram-se no P30 fissuras causadas pela retração do concreto, resultante da cura ineficiente.

No topo do P30 apresenta fissuração gerada pela concentração de forças tangenciais e normais na região, resultante da inexistência do aparelho de apoio. As manchas esbranquiçadas indica a existência de eflorescência no pilar originado pela percolação de água na região. A Figura 61 mostra a fissuração no topo do P30 e as eflorescências presentes no pilar.

Figura 61 – Fissuração e eflorescências no P30



Fonte: Autoria Própria (2021).

A travessa do P40 apresenta fissuração do concreto, manchas esbranquiçadas e avermelhadas e exposição das armaduras. Observou-se no topo da travessa a presença de pequenas fissuras indicando o acúmulo de forças tangenciais e normais na área, consequência da ineficácia do aparelho de apoio. As manchas esbranquiçadas apontam para a presença de eflorescência no local como mostrado na Figura 62, ocasionado pela percolação das águas da chuva, através do desgaste da junta de dilatação do tabuleiro.

Figura 62 – Eflorescências na travessa do P40



Fonte: Autoria Própria (2021).

As manchas avermelhadas na superfície da travessa revela a presença de corrosão das armaduras, causado pela falta de cobrimento apropriado. A grande extensão dessas manchas indica a elevada corrosão. Essa manifestação ocasiona a exposição das armaduras e a fissuração do concreto. Observa-se na Figura 63 a presença de manchas avermelhadas tanto na travessa quanto no pilar.

Figura 63 – Manchas avermelhadas na travessa e no P40



Fonte: Autoria Própria (2021).

Notou-se no P40 a presença de manchas avermelhadas, exposição das armaduras, fissuração e irregularidades no concreto. As manchas avermelhadas apresentam em várias regiões do P40, mas principalmente no pilar da lateral direita, indicando a existência de corrosão das armaduras no local. A corrosão causa a fissuração da superfície de concreto e a exposição das armaduras.

Durante a inspeção observou a presença de fissuras horizontais ou levemente inclinadas no P40, causadas pela flexo-compressão, indicando a ocorrência de flambagem no pilar. A causa da falta de regularidade do concreto corresponde a um processo de adensamento inadequado.

Identificaram-se na travessa do P50 pequenas eflorescências, manchas avermelhadas, exposição das armaduras e fissuração. As eflorescências se originaram da percolação da água, apontando para a ausência de uma drenagem apropriada no local.

As manchas avermelhadas na travessa do P50 indicam a presença de corrosão ocasionada pela falta de cobrimento adequado, resultando na exposição das armaduras. No topo da travessa apresenta fissuração, gerada pela concentração de forças normais e

tangenciais na região, consequência da inexistência do aparelho de apoio. Observam-se na Figura 64, fissuração no topo da travessa e manchas avermelhadas.

Figura 64 – Fissuração no topo da travessa e manchas avermelhadas



Fonte: Autoria Própria (2021).

Durante a inspeção observou-se no pilar P50 a presença de fissuração gerada pela retração do concreto, resultante da cura ineficiente. Encontrou-se também no pilar, fissuras horizontais ou levemente inclinadas, geradas pela flexo-compressão, revelando a ocorrência de flambagem.

As longarinas apresentam manchas esbranquiçadas e avermelhadas, fissuração, armadura exposta e irregularidades na superfície. As pequenas manchas esbranquiçadas estão localizadas nas extremidades das longarinas próximos aos pilares, como mostrado na Figura 65, indicando a presença de eflorescência causada pela drenagem inadequada na região.

Figura 65 – Eflorescências nas longarinas



Fonte: Autoria Própria (2021).

As manchas avermelhadas apresentadas nas longarinas estão situadas nas laterais do viaduto revelando a existência de corrosão, originada pela falta de cobrimento apropriado nas armaduras. A corrosão das armaduras provoca outras manifestações patológicas como a exposição das armaduras e a fissuração do concreto.

Pode observar em vários locais das longarinas a presença de irregularidades na superfície causada pelo adensamento ineficiente do concreto na fase de construção das longarinas.

Como observado no mapeamento, à superfície inferior da laje do viaduto apresenta as seguintes manifestações patológicas: eflorescências, ausência de regularidades no concreto, corrosão, exposição de armaduras e fissuração.

Verificou-se na seção caixão a presença de drenos colocados na fase de execução do viaduto, visto que não estavam previsto nos projetos. Apesar da presença de drenos, e do poço de visita está aberto como mostrado na Figura 66, possibilitando a percolação da água das chuvas, tanto a seção caixão como a laje em balanço apresenta eflorescências, como pode ser visto na Figura 67, detectadas pelas manchas esbranquiçadas, indicando a drenagem ineficiente no local.

Figura 66 – Drenos e poço de vista aberto na seção caixão



Fonte: Autoria Própria (2021).

Figura 67 – Eflorescências na superfície inferior da laje em balanço e da seção caixão



Fonte: Aatoria Própria (2021).

Como mostrado na Figura 68, a superfície inferior da laje apresenta em alguns pontos, manchas avermelhadas revelando a presença de corrosão das armaduras, causadas pela falta de cobrimento adequado. Tal manifestação patológica ocasiona a exposição da armadura e fissuração. Além das anomalias já comentadas, o viaduto apresenta irregularidades na superfície, originada por um processo inadequado de adensamento do concreto.

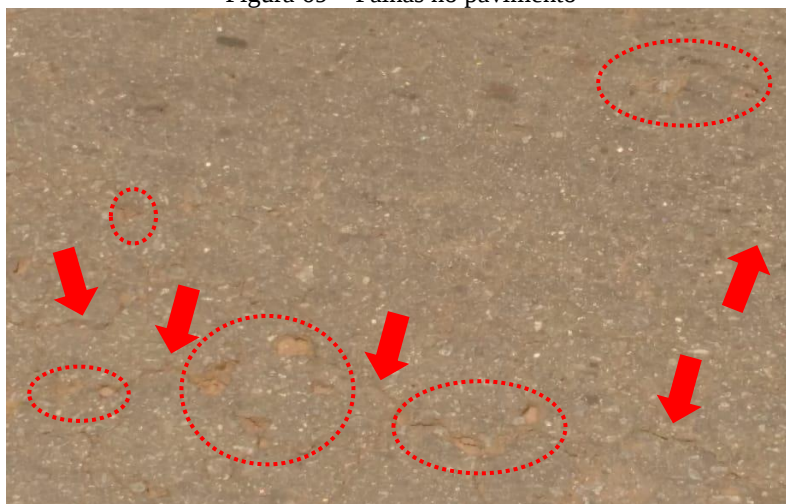
Figura 68 – Corrosão das armaduras na superfície inferior da laje



Fonte: Aatoria Própria (2021).

Observa-se na Figura 69 a presença de fissuras, desgastes e irregularidades na superfície do pavimento. Tais manifestações patológicas provêm da falta de manutenção, do atrito gerado pelos veículos e da percolação da água das chuvas indicando uma drenagem ineficiente do tabuleiro.

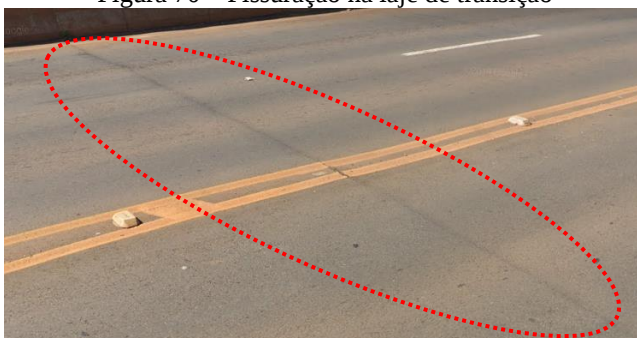
Figura 69 – Falhas no pavimento



Fonte: Autoria Própria (2021).

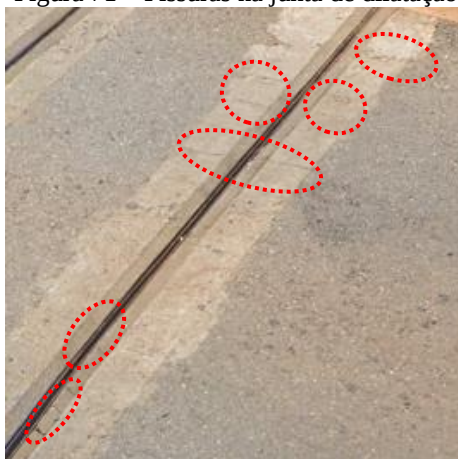
No decorrer da inspeção observou-se a concentração de fissuras em certos locais, originados por dois motivos. O primeiro trata-se da deficiência da laje de transição, como apresentado na Figura 70. O outro motivo refere-se o desgaste das juntas de dilatação, como mostrado na Figura 71.

Figura 70 – Fissuração na laje de transição



Fonte: Autoria Própria (2021).

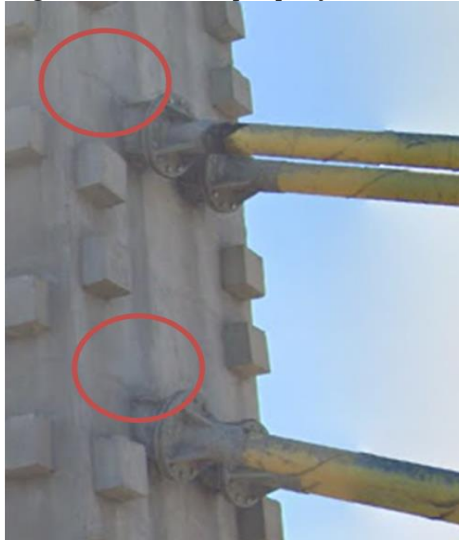
Figura 71 – Fissuras na junta de dilatação



Fonte: Autoria Própria (2021).

Como mostrado na Figura 72 o mastro possui fissuras por punção, localizado próximo dos cabos de protensão, causados por falta de folga nos cabos.

Figura 72 – Fissuras por punção no mastro



Fonte: Autoria Própria (2021).

Como mostra as Figuras 73, 74 e 75 o viaduto apresenta vegetação no tabuleiro e em alguns orifícios de drenagem que não foram preenchidos por concreto, além da presença de resíduos sólidos nas laterais do tabuleiro, indicando a falta de manutenção preventiva no viaduto. A presença de vegetação nos orifícios de drenagem causa a obstrução, impossibilitando a passagem da água, e por consequência gerando uma drenagem ineficiente no tabuleiro.

Figura 73 – Presença de vegetação no tabuleiro



Fonte: Autoria Própria (2021).

Figura 74 – Presença de vegetação no orifício de drenagem



Fonte: Autoria Própria (2021).

Figura 75 – Presença de resíduos sólidos no tabuleiro

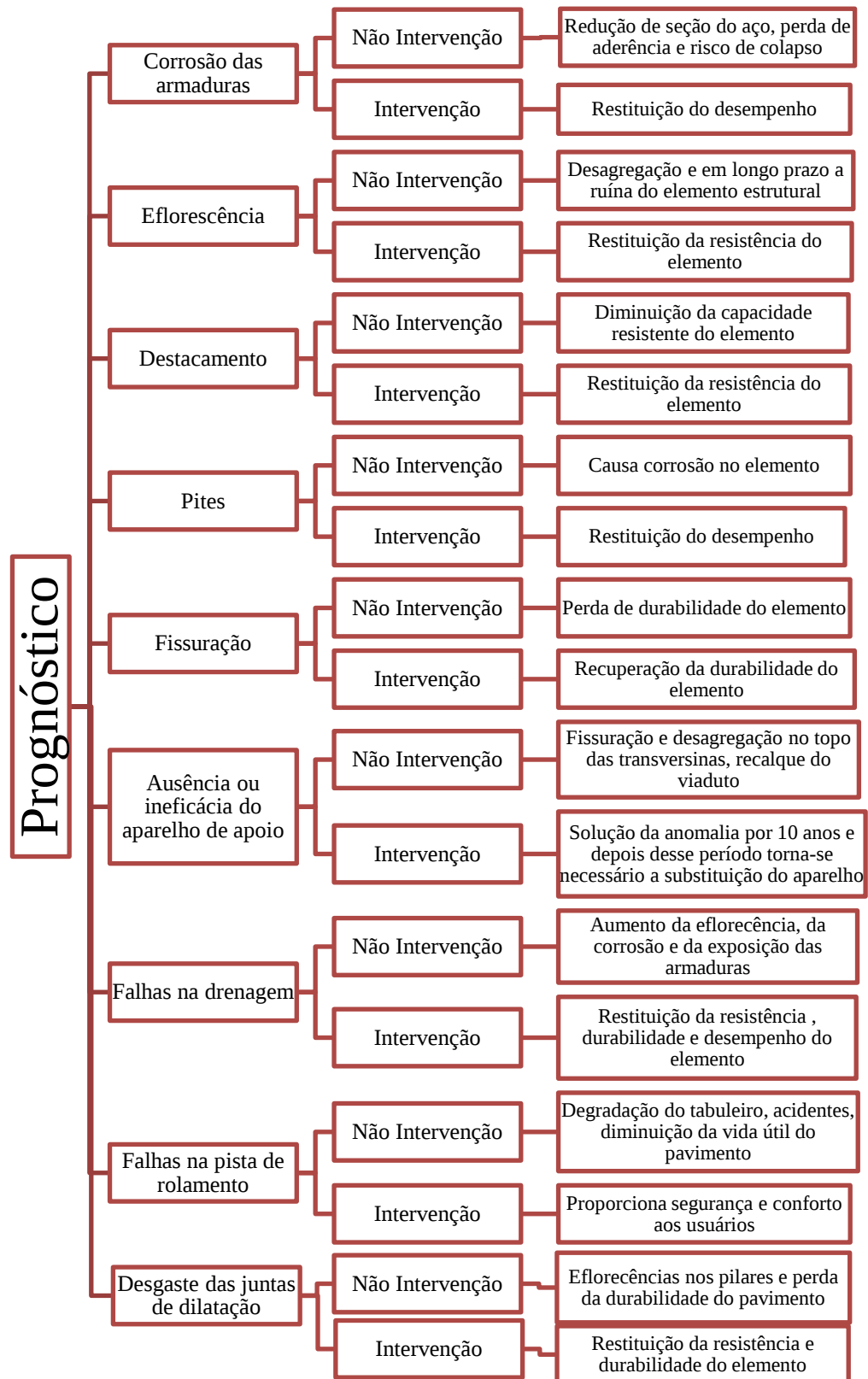


Fonte: Autoria Própria (2021).

4.2 Prognóstico

A partir das informações obtidas no diagnóstico, desenvolveu-se o prognóstico das manifestações presentes no viaduto. A Figura 76 apresenta as hipóteses de evolução a médio e em longo prazo, de cada manifestação patológica em dois tipos de cenários. O primeiro corresponde à execução de nenhuma intervenção no viaduto. E o segundo consiste na realização de uma intervenção apropriada em cada anomalia.

Figura 76 – Prognóstico



Fonte: Autoria Própria (2021).

Assim com base no desenvolvimento, a médio e em longo prazo, das manifestações patológicas presentes, será adotado o método de erradicação do problema, por meio de terapias de reparo e recuperação, indicando intervenção no viaduto.

4.3 Terapia

As manifestações patológicas identificadas no viaduto foram as seguintes: corrosão e exposição das armaduras, destacamento, irregularidade no concreto, eflorescência, fissuração no concreto, falhas na drenagem, irregularidade no pavimento, fissuração no pavimento e desgaste no pavimento.

Para as falhas diagnosticadas no viaduto recomendam-se terapias de reparo ou recuperação que serão apresentadas a seguir. As terapias sugeridas no presente trabalho poderão ser empregadas pelo órgão responsável, com o intuito de solucionar tais falhas e evitar a repetição das mesmas.

Para o tratamento da corrosão e da exposição das armaduras, primeiramente recomenda-se a retirada do concreto desagregado em torno da armadura, por meio de um jateamento abrasivo. Depois executa a limpeza das armaduras através de escova de aço, até que alcance o metal são. Com um jato de ar retira-se a poeira das armaduras e do concreto. Em seguida aplica na superfície da barra de aço um revestimento com o intuito de proteger contra a corrosão e por fim realiza a reconstrução do concreto.

Sugere para a solução do destacamento, a extração do concreto deteriorado e uma limpeza cautelosa no local. Em seguida a colocação de um concreto com a resistência apropriada e de baixa permeabilidade. E por último, a aplicação de um produto na superfície a fim de proteger o concreto contra a água.

A irregularidade na superfície do concreto não causa problema estrutural no viaduto, apenas problemas estéticos. Por essa razão não será sugerido nenhuma terapia para essa manifestação patológica.

Para a remoção das eflorescências encontradas recomendam-se dois métodos. O primeiro consiste na limpeza do local utilizando água e escova, para eflorescência de pequena intensidade. E o segundo corresponde à limpeza da área através de soluções diluídas de ácidos, para eflorescência de grande intensidade.

Para a solução das fissuras presentes no viaduto deve-se primeiramente classificar as fissuras em ativas ou passivas, visto que o tratamento se torna diferente para cada caso. A classificação será realizada por meio do monitoramento das fissuras e a análise da evolução das mesmas.

O tratamento para as fissuras passivas correspondem à execução de uma abertura em V nas fissuras, em seguida uma limpeza no local e por último a aplicação de material selante na abertura. Para as fissuras ativas recomenda-se primeiro solucionar as causas para depois realizar o tratamento como se fosse fissura passiva. Enquanto as causas não são resolvidas, pode vedar tais fissuras com aplicação de material selante.

Para o tratamento das falhas de drenagem encontradas no viaduto sugere atividades de reparo, como o desentupimento dos drenos existentes por meio de uma limpeza, a execução de novos drenos no tabuleiro e a colocação de pingadeiras nas laterais do viaduto, impossibilitando a percolação de água na superfície do concreto e impedindo o surgimento de outras manifestações patológicas.

Como o viaduto apresenta vegetação no tabuleiro recomenda-se a retirada do material por meio de instrumentos manuais ou mecânicos, com cuidado para não danificar outros componentes da ponte. Da mesma forma recomenda-se a remoção dos resíduos sólidos presentes no viaduto, através de uma limpeza no tabuleiro.

Identificou-se a ineficácia dos aparelhos de apoio no P10, P20 e P40 e a ausência de aparelhos de apoio no P30 e P50. Assim, para a solução do problema sugere o levantamento da superestrutura do viaduto através de um macaco hidráulico, para realizar atividades de recuperação no topo das travessas, e para a colocação ou a troca dos aparelhos de apoio, de acordo com cada caso.

Para o tratamento das manifestações patológicas presentes na pista de rolamento recomenda-se a realização de atividades de reparo. Como a aplicação de uma fina camada de asfalto na superfície com o intuito de tratar as irregularidades existentes na superfície do pavimento.

Como solução para a fissuração do pavimento indica primeiramente a limpeza das fissuras por meio de ar comprimido, depois a preparação com a utilização de jateamento abrasivo, em seguida realiza novamente a limpeza e por último a aplicação do material selante

nas fissuras. Por fim, para a presença de pequenos desgastes na superfície da pista de rolamento sugere para o tratamento do problema, a aplicação de lama asfáltica no local.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Levando em consideração o objetivo proposto do presente trabalho, que se tratou da realização do diagnóstico, do prognóstico e das recomendações terapêuticas, mediante a execução da inspeção especial no viaduto, segundo a NBR 9452 (2019), localizado em uma via de elevado fluxo de tráfego na cidade de Anápolis. Identificaram-se várias manifestações patológicas no viaduto em estudo, indicando o término da vida útil da OAE.

Ressalta-se entre as anomalias presentes no viaduto, a eflorescência, a fissuração do concreto, a obstrução dos drenos, a corrosão e a exposição das armaduras com elevada ocorrência, e a irregularidade do concreto, o pite, o destacamento, a fissuração no pavimento, a degradação do pavimento e a irregularidade do pavimento com menor ocorrência.

As manifestações patológicas presentes no viaduto podem surgir em qualquer uma das três etapas de construção do viaduto: projeto, execução e manutenção. Observou-se que a condição atual do viaduto originou-se principalmente da fase de manutenção, visto a ausência de um planejamento de conservação do viaduto, por meio de manutenções preventivas.

Apesar de o viaduto possuir apenas três anos de existência, neste momento apresenta o término da sua vida útil, devido à presença de manifestações patológicas. Diante disso torna-se de suma importância a realização imediata de intervenções no viaduto por parte do órgão responsável. Com o intuito de corrigir as anomalias e restabelecer as condições de desempenho e durabilidade do viaduto.

Vale ressaltar que após a correção das anomalias, torna-se ideal a execução de manutenção preventiva no viaduto, com o intuito de conservar a vida útil e de evitar o aparecimento de manifestações patológicas.

Para trabalhos futuros sugere a classificação da OAE em estudo segundo a NBR 9452 (2019), a fim de apresentar o estado do viaduto em relação aos parâmetros funcional, estrutural e de durabilidade.

Recomenda-se também a realização de um trabalho com o intuito de elaborar um programa de gerenciamento dos viadutos urbanos de Anápolis, com o propósito de viabilizar uma organização e controle em relação a inspeção e a manutenção. Por fim, sugere um trabalho com o propósito de realizar uma análise estatística das manifestações patológicas encontradas no viaduto em estudo.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, C. J. R. V. Principais aspectos abordados na ABNT NBR 9452:2016, a importância das atividades de manutenção em pontes e viadutos e as dificuldades das condições de acesso às inspeções. **Revista IPT: Tecnologia e inovação**, São Paulo, v. 1, n. 5, p. 17-40, ago. 2017.
- ARAÚJO, C. J. R. V. Vistoriando Obras de Arte Especiais. **Notícias da construção**, p. 60-62, out. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. 3.ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7187**: Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7584**: Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio. 2.ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9452**: Inspeção de ponte, viaduto e passarela de concreto – Procedimento. 4.ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9573**: Vermiculita expandida – Temperaturas final e inicial de amolecimento – Método de ensaio. 2.ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- BANDUK, Ragueb Chauki. Ensino das técnicas de recuperação. **Revista Concreto e Construções**, São Paulo, ano 35, n. 49, p. 49-51, jan./fev./mar. 2008.
- CAMPOREZ, Patrik; MARIZ, Renata. Queda de viaduto em Brasília é ‘tragédia anunciada’, diz CREA. **O Globo**, Rio de Janeiro, 6 fev. 2018. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/queda-de-viaduto-em-brasilia-tragedia-anunciada-diz-crea-22370424>. Acesso em: 15 jun. 2020.
- CURSIO, Ronald Cristhian de Lima. **Pontes rodoviárias**: Levantamento das principais patologias estruturais. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade de São Francisco, Itatiba, 2008. Disponível em: <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1271.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2020.
- DEBS, Mounir Khalil El; TAKEYA, Toshiaki. **Introdução às pontes de concreto**. 2007. Texto Provisório de Apoio à Disciplina SET-412 – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. Disponível em: <https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/pontes/Apost.%20Pontes%20-%20Mounir-Takeya.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de inspeção de pontes rodoviárias**. 2. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2004.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de manutenção de Obras de Arte Especiais – OAEs**. 1. ed. Brasília: DNIT, 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de projetos de Obras-de-Arte especiais**. Rio de Janeiro: DNER, 1996.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários**. 1. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 090/2006 – ES: Patologias do concreto – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

FRANÇA, Alessandra A. V; MARCONDES, Carlos Gustavo N.; ROCHA, Francielle C. da; MEDEIROS, Marcelo H. F.; HELENE, Paulo. Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. **Téchne**, São Paulo, v. 19, n. 174, ed. 174, p. 72-77, set. 2011.

GOOGLE MAPS. **Localização dos viadutos**. Anápolis: [s. n.], 2019. Escala 1:100. Disponível em: <https://www.google.com/maps/@-16.3306956,-48.9536463,752m/data=!3m1!1e3>. Acesso em: 22 out. 2020.

GOOGLE MAPS. **[Sem título]**. 2019. 1 fotografia. Disponível em: https://www.google.com.br/maps/@-28.4275971,-48.8516964,3a,75y,127.85h,98.74t/data=!3m6!1e1!3m4!1s2749F10BT_n3dOr9YnCaQg!2e0!7i16384!8i8192. Acesso em: 27 mar. 2021.

GUTIRREZ, Roberto. Viaduto de Ji-Paraná. **Folha de Rondônia News**, Rondônia, 4 mai. 2013. Disponível em: <https://folhaderondonianews.com/news/2013/05/04/viaduto-de-ji-parana/>. Acesso em: 27 mar. 2021.

ISMAEL, Jorge Alle Sadalla. **Utilização de ensaios não-destrutivos no controle tecnológico de execução de elementos pré-fabricados**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/171350/TCC_Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 27 mar. 2021.

LANER, Felice José. **Manifestações patológicas nos viadutos, pontes e passarelas do município de Porta Alegre**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2475/000320305.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 19 jun. 2020.

MAZER, Welligton. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 2008. (Curso de Engenharia Civil) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

MITRE, Marcos Pedrosa. **Metodologia de inspeção e diagnóstico de pontes e viadutos de concreto**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MOSCOSO, Yina Fernanda Munõz. **Modelos de degradação para aplicação em sistemas de gerenciamento de Obras de Arte Especiais – OAEs**. 2017. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

NEVES, Antônio. Saiba tudo sobre fissuras e trincas em reboco. **Blok**. Sorocaba, 8 ago. 2019. Disponível em: <https://www.blok.com.br/blog/fissuras-e-trincas-em-reboco>. Acesso em: 26 mar. 2021.

NINCE, Andréia Azeredo. **Levantamento de dados sobre a deterioração de estruturas na região Centro-Oeste**. 1996. Dissertação (Mestrado em estruturas) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 1996.

OLIVEIRA, Daniel Ferreira. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

PIERI, Roger; BARICHELO, Vinicius; ABIZ, Felipe; QUADROS, Helena Szortika. **Métodos de verificação para verificação de pontes ferroviárias de aço**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS, 10, 2018, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.abpe.org.br/trabalhos2018/251.pdf>. Acesso em: 10 set. 2020.

ROCHA, Gabriel Saraiva da; OLIVEIRA, Henrique Guilherme Leite de. **Inspeção e avaliação de patologias em pontes de concreto armado sob a ótica da NBR 9452: 2016 – Estudo de caso em viaduto da BR 376**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9014/1/CT_COECI_2017_1_09.pdf. Acesso em: 12 jul. 2020.

ROQUE, J. A.; MORENO JUNIOR, A. L. **Considerações sobre a vida útil do concreto**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, 1., 2005, São Carlos. Disponível em: http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/125.pdf. Acesso em: 15 jul. 2020.

SANTOS, Bruno dos; SILVA, Jean Carlos da. **Patologia em pontes – Estudo de caso em patologias da Ponte Pedro Ivo Campos e orientação de reforma**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017.

SCHEIDEGGER, Guilherme Marchiori; CALENZANI, Carla Lorencini. Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, São Paulo, ano 4, v. 5, ed. 3, p. 68-92, mar. 2019.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1998.

TRINDADE, Diego dos Santos da. **Patologia em estruturas de concreto armado**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

TUTIKIAN, Bernardo; PACHECO, Marcelo. **Boletín Técnico: Inspección, Diagnóstico y Pronóstico en la Construcción Civil**. Mérida: ALCONPAT, 2013.

VERÇOZA, Ênio José. **Patologia das edificações**. 1. ed. Porto Alegre: Sagra, 1991.

VITÓRIO, José Afonso Pereira. **Pontes e viadutos rodoviários: conceituação, conservação, segurança e reforço estrutural**. 2015. Curso de especialização e inspeção, manutenção e recuperação de estruturas – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Escola Politécnica de Pernambuco, Recife, 2015.

VITÓRIO, José Afonso Pereira. **Pontes rodoviárias: Fundamentos, Conservação e Gestão**. 1. ed. Recife: Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco – CREA-PE, 2002.

VITÓRIO, José Afonso Pereira; BARROS, Rui Manuel Meneses Carneiro de. Reforço de fundações de pontes e viadutos – Três casos reais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS, 5., 2012, Rio de Janeiro. **Anais**. [...]. Rio de Janeiro: [s. n.], 2012.

VITÓRIO, José Afonso Pereira. Vistorias, conservação e gestão de pontes e viadutos de concreto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 48., 2006, Rio de Janeiro, **Anais** [...]. Rio de Janeiro: IBRACON, 2006. p. 1-16.

VOTORANTIM. **Veja como funcionam ensaios não destrutivos como o ensaio de esclerometria**. [S. l.: s. n.], 2016. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/veja-como-funciona-ensaio-de-esclerometria/>. Acesso em: 03 out. 2020.

ANEXO A - Modelo de ficha de inspeção especial

Inspeção especial (ano):		OAE Código:
Jurisdição (DNIT, Concessão ou outro):		
Data da inspeção:	Início:	Término:
PARTE I - Síntese do relatório de patologia		
1 - Localização		
Rodovia ou município:	Sentido:	
Obra:	Localização (km ou endereço):	
2 - Descrição da obra		
Quantidade de vãos:	Comprimento total:	
Pilares:	Vigas:	
Largura total:	Juntas de dilatação:	
Tipologia transversal da superestrutura:	Tipologia longitudinal da superestrutura:	
Classe:		
Observações:		
3 - Ensaios realizados		
4 - Classificação da OAE (Ver Seção 5)		
Estrutural:	Funcional:	
Durabilidade:		
5 – Vistoria		
Data da vistoria:		
Recursos de aproximação empregados:		
6 - Descrição das anomalias		
Superestrutura		
Laje superior:		
Vigas longarinas:		
Vigas transversinas:		
Mesoestrutura		
Vigas travessas:		
Aparelho de apoio:		
Pilares:		
Infraestrutura		
Blocos:		
Fundações:		

Encontro
Estruturas de encontro:
Elementos complementares
Pavimento, sinalização e gabaritos:
Passeios e guarda-corpo:
Barreiras rígidas/defensas metálicas:
Juntas:
Drenagem:
PARTE II - Síntese do relatório de terapia
1 - Parecer técnico
Informar as conclusões da inspeção:
2 - Resumo da análise estrutural (caso necessário)
3 - Proposição de restauração e/ou reforço
A considerar: Informar as medidas necessárias para a restauração ou reforço.

ANEXO B - Preenchimento da ficha de inspeção especial

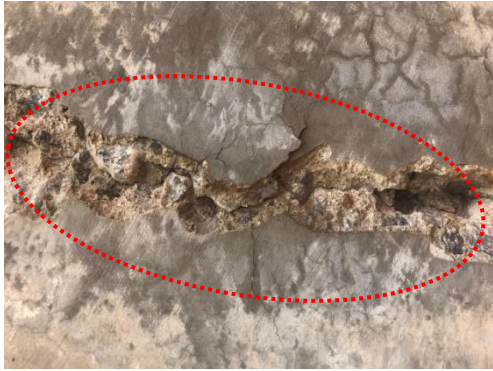
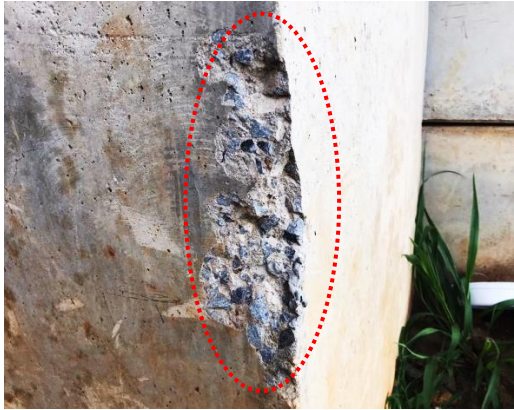
Inspeção especial (ano): 2021		OAE Código: Sem código
Jurisdição (DNIT, Concessão ou outro): Municipal		
Data da inspeção: 02/ 01 e 31/01	Início: 07:00	Término: 14:00
PARTE I - Síntese do relatório de patologia		
1 - Localização		
Rodovia ou município: Anápolis	Sentido: Duplo	
Obra: Viaduto Valterci de Melo/Deocleciano Moreira Alves	Localização (km ou endereço): Av. Brasil	
2 - Descrição da obra		
Quantidade de vãos: Quatro	Comprimento total: 172 m	
Pilares: Vinte	Vigas: 0,79X0,80 m	
Largura total: Variável de 17,20 a 14,80 m	Juntas de dilatação: Quatro (duas em cada apoio)	
Tipologia transversal da superestrutura: Seção caixão	Tipologia longitudinal da superestrutura: Estaiada	
Classe: Sem classe		
Observações: Não se trata de um viaduto rodoviário, logo não tem definição de classe e código OAE.		
3 - Ensaios realizados		
Não foram realizados.		
4 - Classificação da OAE (Ver seção 5)		
Estrutural: -	Funcional: -	
Durabilidade: -		
Observações: Não foi realizado a classificação da OAE		
5 - Vistoria		
Data da vistoria: 02/01/2021 e 31/01/2021		
Recursos de aproximação empregados: Visual e fotográfico.		
6 - Descrição das anomalias		
Superestrutura		
Laje superior: Eflorecência, irregularidade do concreto, fissuração, corrosão e exposição das armaduras.		
Vigas longarinas: Eflorecência, irregularidade do concreto, fissuração, corrosão e exposição das armaduras.		
Mesoestrutura		
Vigas travessas: Eflorecência, fissuração, corrosão e exposição das armaduras.		
Aparelho de apoio: Ineficácia no P10, P20 e P40 e inexistência no P30 e P50.		
Pilares: Eflorecência, irregularidade do concreto, fissuração, corrosão e exposição das armaduras.		
Infraestrutura		
Blocos: -		
Fundações: -		
Observações: Não foi vistoriado a infraestrutura por não possuir acesso.		

Encontro
Estruturas de encontro: <i>Irregularidade do concreto, fissuração, destacamento, pite, corrosão e exposição das armaduras.</i>
Elementos complementares
Pavimento, sinalização e gabaritos: <i>Degradação, Irregularidades e Fissuração.</i>
Passeios e guarda-corpo: <i>Irregularidade do concreto, fissuração, corrosão e exposição das armaduras.</i>
Barreiras rígidas/defensas metálicas: <i>O viaduto não apresenta esses elementos.</i>
Juntas: <i>Desgaste e fissuração.</i>
Drenagem: <i>Obstrução dos drenos.</i>
PARTE II - Síntese do relatório de terapia
1 - Parecer técnico
<i>O viaduto apresenta as seguintes manifestações patológicas: eflorescência, irregularidade do concreto, fissuração, destacamento, corrosão e exposição das armaduras, pite, degradação do pavimento, irregularidade do pavimento, fissuração no pavimento, desgaste das juntas de dilatação e falhas na drenagem.</i>
2 - Resumo da análise estrutural (caso necessário)
<i>O viaduto apresenta o término de vida útil devido as manifestações patológicas presentes e torna-se necessário a realização imediata de intervenções.</i>
3 - Proposição de restauração e/ou reforço
<i>Tratamento da corrosão, limpeza do tabuleiro, desobstrução dos drenos, tratamento das eflorescências, acompanhamento das fissuras, colocação ou troca de aparelho de apoio conforme cada caso e tratamento das falhas no pavimento</i>

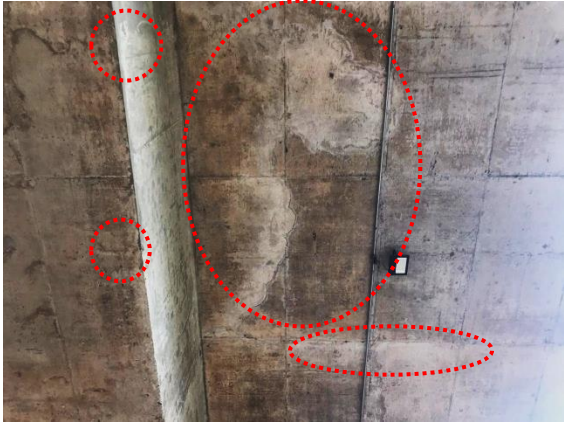
APÊNDICE A - Relatório fotográfico

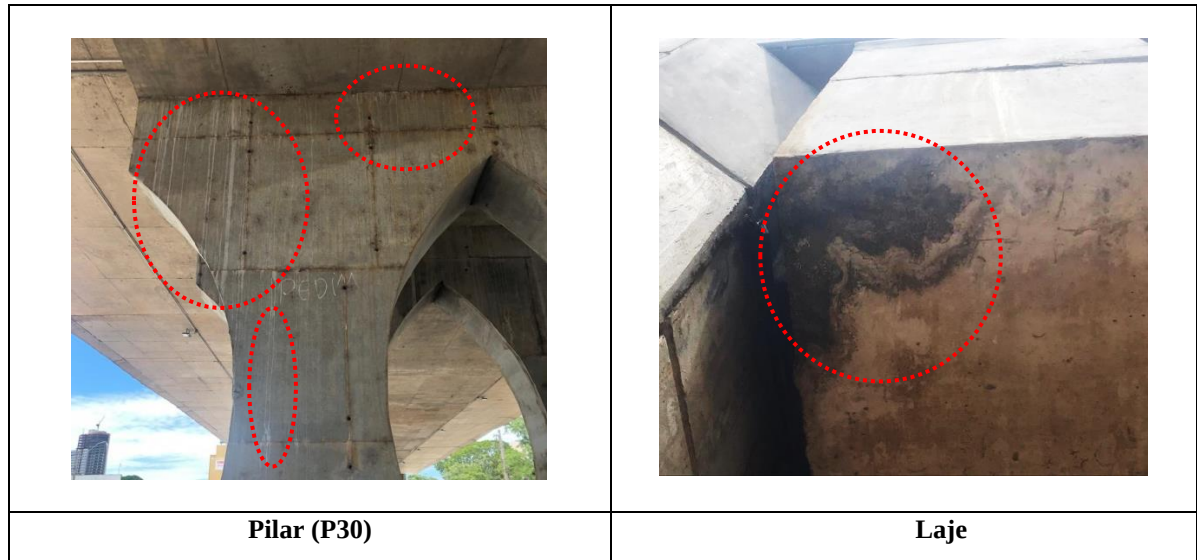
1. DESTACAMENTO

	
Encontro de Elementos	Encontro de Elementos
	
Muro de Contenção	Muro de Contenção

	
Guarda Corpo	Pilar (P20)

2. EFLORESCÊNCIA

	
Laje	Travessa do P40



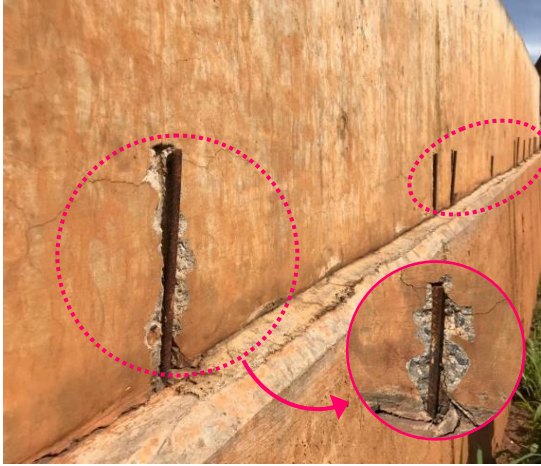
3. OBSTRUÇÃO DE DRENO E PRESENÇA DE VEGETAÇÃO



4. CORROSÃO DE ARMADURAS

	
Pilar (P40)	Travessa do P40
	
Laje	

5. ARMADURA EXPOSTA

	
Guarda Corpo	Muro de Contenção

6. PITES

	
Muro de Contenção	Muro de Contenção

7. FISSURAÇÃO NO CONCRETO

	
Guarda Corpo	Guarda Corpo
	
Muro de Contenção	Muro de Contenção
	
Muro de Contenção	Muro de Contenção

	
Muro de Contenção	Guarda Corpo

8. IRREGULARIDADE NO PAVIMENTO


Presença de Irregularidade no Pavimento

9. DEGRADAÇÃO DO PAVIMENTO



10. IRREGULARIDADE NO CONCRETO

