

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

AUGUSTO TEIXEIRA LOPES

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE PONTES EM
FLORIANÓPOLIS, SC COM A APLICAÇÃO DA MATRIZ GUT –
ESTUDO DE CASO DA PONTE DA AVENIDA DA SAUDE E DA
PONTE SOBRE O RIO TAVARES**

FLORIANÓPOLIS, 2023.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

AUGUSTO TEIXEIRA LOPES

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE PONTES EM
FLORIANÓPOLIS, SC COM A APLICAÇÃO DA MATRIZ GUT –
ESTUDO DE CASO DA PONTE DA AVENIDA DA SAUDADE E DA
PONTE SOBRE O RIO TAVARES**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Santa
Catarina como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheira Civil.

Orientador:
Prof. Lucas Bastianello Scremin

FLORIANÓPOLIS, 2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Lopes, Augusto

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE PONTES EM FLORIANÓPOLIS, SC COM A APLICAÇÃO DA MATRIZ GUT – ESTUDO DE CASO DA PONTE DA AVENIDA DA SAUDADE E DA PONTE SOBRE O RIO TAVARES / Augusto Lopes; orientação de Lucas Scremin. - Florianópolis, SC, 2023.

80 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico de Construção Civil.

Inclui Referências.

1. Ponte. 2. Patologia. 3. Florianópolis. 4. Segurança. 5. Estrutura. I. Scremin, Lucas. II. Instituto Federal de Santa Catarina. III. ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE PONTES EM FLORIANÓPOLIS, SC COM A APLICAÇÃO DA MATRIZ GUT – ESTUDO DE CASO DA PONTE DA AVENIDA DA SAUDADE E DA PONTE SOBRE O RIO TAVARES.

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE PONTES EM
FLORIANÓPOLIS, SC COM A APLICAÇÃO DA MATRIZ GUT –
ESTUDO DE CASO DA PONTE DA AVENIDA DA SAUDADE E DA
PONTE SOBRE O RIO TAVARES**

AUGUSTO TEIXEIRA LOPES

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 12 de dezembro, 2023

Banca Examinadora:

Prof. Me. Lucas Bastianello Scremin, Engenheiro Civil
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

Prof. Dr. Alexandre Lima de Oliveira, Engenheiro Civil
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Prof^a. Dr^a. Andrea Murillo Betioli, Engenheira Civil
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

RESUMO

As estruturas estão sujeitas a diversos tipos de degradação, pois o meio ambiente no qual estão inseridas é agressivo e afeta diretamente os seus materiais, podendo causar sérios danos que acabam por gerar a diminuição de seu desempenho e vida útil e, em muitos casos, até mesmo seu colapso. No caso das pontes, que são meios extremamente importantes no transporte de cargas, pessoas e fornecem ligações entre diferentes regiões, a degradação de suas estruturas por meio de manifestações patológicas, representa sério perigo. Na cidade de Florianópolis, SC, há diversas pontes, dentre as quais, a ponte da Avenida da Saudade e a ponte sobre o Rio Tavares, ambas com constante fluxo intenso, por serem os principais meio de ligação entre o centro e o norte da ilha e entre o centro e o sul da ilha respectivamente, motivo pelo qual são necessárias inspeções periódicas, visto que são estruturas que podem apresentar diversas manifestações patológicas. Nesse sentido, considerando a importância destas obras, este trabalho teve por objetivo realizar a inspeção dessas referidas pontes por meio da NBR 9452/2019, identificando as manifestações patológicas existentes e ainda, através da aplicação da Matriz GUT, determinar a priorização de reparação dos danos. Os principais problemas encontrados em ambas as estruturas foram: fissuração do pavimento, fissuras e trincas nos pilares, lixiviação na base dos pilares, corrosão de armaduras, presença de infiltração com mofo/bolor e deslocamento de concreto. Diante desse contexto, a intervenção e as recomendações terapêuticas que se mostram necessárias, visam de maneira geral não apenas mitigar os danos existentes, mas também o aumento da vida útil das pontes. Com a aplicação da Matriz GUT foi possível elencar os danos mais graves e que devem ser priorizados de modo a garantir a preservação do patrimônio público e garantia de segurança da estrutura.

Palavras-chave: Ponte. Patologia. Florianópolis. Segurança. Estrutura.

ABSTRACT

Structures are subject to various types of degradation, as the environment in which they are located is aggressive and directly affects their materials, potentially causing serious damage that ultimately leads to a decrease in their performance and service life, and in many cases, even their collapse. In the case of bridges, which are extremely important means of transporting goods and people and provide connections between different regions, the degradation of their structures through pathological manifestations represents a serious danger. In the city of Florianópolis, SC, there are several bridges, among which are the Avenida da Saudade bridge and the bridge over the Tavares River, both with constant heavy traffic, as they are the main means of connection between the center and the north of the island and between the center and the south of the island, respectively. This is why periodic inspections are necessary, as these structures may exhibit various pathological manifestations. In this sense, considering the importance of these structures, this work aimed to inspect these mentioned bridges using NBR 9452/2019, identifying existing pathological manifestations and, furthermore, through the application of the GUT Matrix, determining the prioritization of damage repair. The main problems found in both structures were: pavement cracking, fissures and cracks in the pillars, leaching at the base of the pillars, reinforcement corrosion, presence of mold/mildew infiltration, and concrete spalling. Given this context, the necessary intervention and therapeutic recommendations aim generally not only to mitigate existing damage but also to increase the service life of the bridges. With the application of the GUT Matrix, it was possible to list the most serious damages that should be prioritized to ensure the preservation of public heritage and structural safety assurance.

Keywords: Bridge. Pathology. Florianópolis. Safety. Structure.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

OEA	Obras de Arte Especial
MG	Minas Gerais
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
GUT	Gravidade, Urgência, Tendência

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ponte romana de Vila Formosa, sobre a ribeira de Seda, em Portugal. ...	28
Figura 2- Tipos ponte quanto ao sistema estrutural.	29
Figura 3 - Elementos da estrutura das pontes.....	30
Figura 4 - Tipos de fundações das pontes: (A) diretas e (B) profundas.	31
Figura 5 – Sapata de fundação de ponte.....	32
Figura 6 - Tipos de aparelhos de apoio de pontes.	32
Figura 7 – Aparelho de apoio em ponte.....	33
Figura 8 - Tipos de pilares de pontes.	33
Figura 9 - Ponte sobre o Rio Teles Pires (MT).	34
Figura 10 - Tipos de seções transversais de pontes	35
Figura 11 - Manchamento com enraizamento de árvore no tabuleiro de ponte	18
Figura 12 - Bolor na saída das canalizações (a), em conjunto com eflorescência nas longarinas centrais (b) e nas de periferia (c).	20
Figura 13 - Solicitações que podem gerar fissuras.....	22
Figura 14 - Fissuras na parte frontal da travessa (a), no pilar (b), na parte interior (c) e inferior da travessa (d).	22
Figura 15 - Processo de corrosão da armadura.	23
Figura 16 - Corrosão no encontro pilar/travessa (a), na travessa (b), colapso do guarda corpo (c) e passeio (d).	24
Figura 17 - Destacamento de revestimento em pilar de ponte.....	25
Figura 18 - Elevação da junta devido à dilatação.	26
Figura 19 - Fundações de ponte erodidas pela ação da água.	27
Figura 20 – Pontes do estudo de caso na cidade de Florianópolis.	41
Figura 21 – Vista da ponte sobre a Av. da Saudade.	42
Figura 22 - Vista da ponte sobre o Rio Tavares.	42
Figura 23 - Fissuração no pavimento da ponte da Av. da Saudade.....	46
Figura 24 – Trinca em pilares da ponte da Av. da Saudade.....	47
Figura 25 – Lixiviação da base dos pilares da ponte da Av. da Saudade.	47
Figura 26 – Mofo/bolor na ponte da Av. da Saudade.	48

Figura 27 - Deslocamento do concreto e corrosão de armaduras nas transversinas da ponte da Av. da Saudade.....	48
Figura 28 - Corrosão de armaduras nas transversinas da ponte da Av. da Saudade.	49
Figura 29 - Fissuração no pavimento da ponte sobre o Rio Tavares.....	50
Figura 30 - Corrosão de armaduras do tabuleiro e do guarda corpo na ponte sobre o Rio Tavares.	51
Figura 31 – Mofo/bolor e eflorescências no tabuleiro da ponte sobre o Rio Tavares.	52
Figura 32 - Deslocamento de concreto no tabuleiro e nos guarda corpos da ponte sobre o Rio Tavares.	52
Figura 33 - Pontuações para cada tipo de manifestação patológica na ponte da Av da Saudade: a) superestrutura e b) mesoestrutura.	54
Figura 34 - Pontuações para cada tipo de manifestação patológica na ponte sobre o Rio Tavares.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tratamentos usuais das manifestações patológicas das estruturas.	16
Tabela 2 - Classificação da Matriz GUT para os três itens (G, U, T).....	38
Tabela 3 - Tabela de prioridade e solução de tratamento.	39
Tabela 4 – Lista de priorização dos danos da ponte da Av. da Saudade.....	54
Tabela 5 – Lista de priorização dos danos da ponte sobre o Rio Tavares.....	55

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
1.1.	Justificativa	11
1.1	Objetivo Geral	13
1.2	Objetivos Específicos	13
1.3	Estrutura do Trabalho	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	Manifestações Patológicas das Construções	15
2.1.1	Principais manifestações patológicas em pontes	16
2.1.2	Manchamentos	17
2.1.3	Mofo/bolor e eflorescências	18
2.1.4	Fissuras e trincas	20
2.1.5	Corrosão de armaduras	23
2.1.6	Destacamento de revestimentos	24
2.1.7	Falhas nas juntas de dilatação	25
2.1.8	Erosão das fundações	26
2.2	Pontes	27
2.2.1	Histórico	27
2.2.2	Classificação das pontes	28
2.2.3	Estrutura geral das pontes	30
2.2.3.1	<i>Infraestrutura</i>	31
2.2.3.2	<i>Mesoestrutura</i>	32
2.2.3.3	<i>Superestrutura</i>	34
2.3	Norma NBR 9452/2019 – Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto - Procedimento	35
2.4	Método da Matriz GUT	36
3	METODOLOGIA	40
3.1	Técnica metodológica adotada	40
3.2	Estudo de caso	41
3.3	Inspeção conforme a ABNT NBR 9452/2019	43
3.4	Aplicação da matriz GUT	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
4.1	Resultados da inspeção	45
4.1.1	Ponte da Av. da Saudade	45
4.1.2	Ponte sobre o Rio Tavares	50
4.2	Resultados da matriz GUT	53
4.3	Recomendações de terapia	56
4.3.1	Ponte da Avenida da Saudade	56
4.3.2	Ponte sobre Rio Tavares	57
5	CONCLUSÕES	59
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
	ANEXO A	66
	ANEXO B	76

1. INTRODUÇÃO

Todas as estruturas estão sujeitas a várias formas de degradação natural ao longo do tempo, seja por fatores ambientais ou pelo uso regular. Sem a devida manutenção preventiva, as estruturas podem desenvolver problemas patológicos à medida que o ambiente agressivo afeta diretamente seus materiais componentes, como observado por Chembouk (2015). Isso pode levar a diminuição do desempenho, da vida útil e, em casos graves, falha estrutural completa.

Obras especiais de engenharia, como pontes e túneis, são infraestruturas de transporte críticas construídas para permitir que rotas de viagem superem obstáculos naturais como rios ou vales. Como descrito pelo DER/PR (2021), elas devem ser projetadas para suportar com segurança as cargas impostas pelos veículos para um transporte eficiente. Ao longo do tempo, o aumento dos volumes de tráfego e pesos dos veículos podem levar essas estruturas além de seus limites de projeto original. Além disso, a manutenção inadequada de estruturas envelhecidas exacerba os problemas patológicos subjacentes, criando condições perigosas que frequentemente levaram a colapsos catastróficos.

Pontes, em particular, são elos vitais que possibilitam a continuidade ao longo das redes de transporte, conectando cidades e até mesmo países. Isso facilita interações econômicas, sociais e culturais entre populações. O sistema rodoviário do Brasil contém pontes de diferentes idades, projetadas com base em critérios, métodos e requisitos de carga distintos (BRASIL, 2004). No entanto, as cargas tendem a aumentar ao longo do tempo, o que pode criar problemas.

As manifestações patológicas das pontes geram diminuição do desempenho mecânico da estrutura, o que conseqüentemente afeta a sua durabilidade, e ainda, podem colocar em risco a integridade física aos usuários (SILVA et al., 2021). A falta de manutenção adequada de pontes envelhecidas, combinada com demandas de carga cada vez maiores, é uma combinação perigosa que frequentemente resulta em acidentes graves. Portanto, medidas que objetivem a manutenção da estrutura, buscando uma maior vida útil e durabilidade é um ponto primordial que o engenheiro deve observar, para que a estrutura não chegue a um estado de deterioração grave.

De acordo com Laner (2001), as pontes são estruturas de alto custo de construção, reparo e recuperação, dessa forma, quando uma intervenção é necessária, cria-se grandes transtornos sociais e econômicos. Desta maneira, justificam-se as ações preventivas tanto no que se refere à identificação das manifestações patológicas quanto às técnicas de reparo utilizadas.

Na cidade de Florianópolis, capital de Santa Catarina, situada na costa Leste do estado, existem diversas pontes. Algumas delas com grande importância para a população, pois realizam a ligação entre grandes bairros da cidade. Uma das pontes é de grande relevância para o sul da ilha, pois é um dos principais trajetos que ligam os bairros do centro da ilha até os bairros do sul da ilha como Rio Tavares e Campeche, nomeada como Ponte sobre o Rio Tavares, com fluxo de 8830 veículos por dia. Outra localidade que apresenta uma importante ligação entre grandes zonas da cidade são o conjunto de pontes da Avenida da Saudade, onde temos um grande fluxo de 48888 veículos entre os bairros centrais até o Itacorubi e todos os bairros seguintes até o norte da ilha (PLAMUB, 2014).

Sendo assim, visando contribuir para a segurança e durabilidade das obras em questão e tendo em conta sua importância, neste trabalho foi utilizada a norma da ABNT NBR 9452/2019 (ABNT, 2019) para realizar a inspeção da estrutura e de modo complementar, será feita a aplicação da matriz GUT (Gravidade, Urgência, Tendência), uma técnica utilizada para priorizar problemas, para determinar a situação dos danos de modo a se ter uma abordagem mais estruturada na identificação e priorização de questões que demandam ação imediata ou planejamento estratégico, no que se refere a futuras ações de manutenção.

O foco da aplicação da inspeção via NBR 9452/2019 é a identificação das manifestações patológicas da estrutura, enquanto a aplicação da matriz GUT, busca elencá-las a fim de determinar a priorização de reparação dos danos, de modo a garantir a preservação do patrimônio público e garantia de segurança da estrutura.

1.1. Justificativa

As pontes são elementos indispensáveis em um sistema viário, e como todo tipo de estrutura, está sujeita a degradação. Os problemas patológicos nas pontes

causam diminuição do seu desempenho mecânico, que tem como consequência a diminuição de sua durabilidade, e ainda, pode colocar em risco a integridade física dos usuários.

Os acidentes com pontes podem gerar prejuízos financeiros altíssimos e o mais grave, a perda de vidas humanas. Em dezembro de 2018 um dos pilares de um viaduto na Marginal Pinheiros, em São Paulo, não resistiu as faltas de manutenções e acabou cedendo, o que gerou enormes transtornos à cidade e prejuízos aos cofres públicos (IBRAOP, 2018).

Uma situação semelhante aconteceu na capital federal, Brasília, em fevereiro de 2018 onde parte um trecho do viaduto do Eixão Sul, conhecido como viaduto da Galeria dos Estados, desabou por volta das 11h30 de terça-feira próximo à rodoviária do Plano Piloto. O incidente deixou as pessoas assustadas e gerou muitos transtornos no trânsito, pois duas das três faixas ruíram (EL PAÍS, 2018).

Uma situação ainda mais grave aconteceu em Manaus, AM em outubro de 2022 onde a ponte Autaz Mirim, desabou no trecho do km 25 da BR-319. Segundo a reportagem, essa foi a segunda ponte a cair na rodovia em um intervalo de menos de duas semanas. A outra ponte que também ruiu foi a ponte sobre o Rio Curuçá, que caiu há exatos 11 dias, deixando quatro pessoas mortas, 14 feridas e, pelo menos, uma desaparecida (G1, 2022).

Na cidade de Brusque, SC, em abril de 2021 a cabeceira da Ponte João Libério Benvenutti acabou cedendo, o que causou o rompimento de uma adutora da rede de água e parte de uma canalização da SC Gás. Três carros que passavam pelo local foram atingidos, contudo, apesar do grande susto, ninguém ficou gravemente ferido. Dois meses depois, a ponte Prefeito Antônio Heil, no mesmo município entrou em colapso, por pouco, não levou um caminhão que passava pelo local, sendo que a possível causa tenha sido problemas nas estacas de fundação (O MUNICÍPIO, 2021).

Além dos problemas patológicos, os eventos extremos também podem ter forte impacto sobre as estruturas das pontes, como por exemplo no acidente em Ibicaré em 2022 onde uma ponte e um caminhão que passava por cima foram levados pelas águas de um rio devido às fortes chuvas que atingiram o Oeste Catarinense em novembro de 2022 (G1, 2022).

A falta de manutenção é algo que contribui para uma crescente diminuição de sua vida útil, uma vez que não trata as manifestações patológicas que acometem a estrutura. Desta forma, a manutenção destas estruturas é muitas vezes considerada como um problema, seja por questões de segurança ou gastos financeiros excessivos.

Sendo assim, estudar estas manifestações patológicas é tema de bastante relevância, pois, do ponto de vista de que seu diagnóstico e soluções de tratamento podem orientar os trabalhos de recuperação e assim preservar o patrimônio público e garantir a segurança estrutural.

Através da aplicação de inspeções como a descrita na ABNT NBR 9452/2019 pode-se obter um panorama geral sobre o estado de conservação da ponte e assim traçar estratégias de manutenção e recuperação. Todavia, quais áreas devem ser tratadas primeiro? Quais apresentam maiores riscos de desenvolver problemas mais graves? Quais podem ser tratadas posteriormente? Para responder essas perguntas, pode-se utilizar técnicas de priorização de resolução de problemas, como a Matriz GUT que é amplamente conhecida. Essa técnica elenca os problemas, que no caso das pontes deste estudo são as manifestações patológicas, e define uma ordem de prioridade em função de sua gravidade, urgência e tendência de os problemas piorarem. Dessa forma, pode-se melhor gerir os esforços para solucionar os problemas da ponte do ponto de vista estratégico e de segurança.

1.1 Objetivo Geral

Analisar as manifestações patológicas existentes na estrutura da ponte da Avenida da Saudade e da Ponte sobre o Rio Tavares, em Florianópolis, SC, através da inspeção por meio da NBR 9452/2019 e da aplicação do método de priorização da Matriz GUT.

1.2 Objetivos Específicos

Este trabalho possui os seguintes objetivos específicos:

- Demonstrar a importância das pontes e como a ausência de manutenções periódicas pode ser prejudicial à vida útil das mesmas
- Selecionar duas pontes objetos de estudo de caso na cidade de Florianópolis, SC e realizar a inspeção *in situ* de suas manifestações patológicas, além de obter o registro fotográfico destas;
- Analisar as manifestações patológicas encontradas e propor as terapias necessárias;
- Identificar a prioridade de reparos das manifestações através do método da Matriz GUT.

1.3 Estrutura do Trabalho

A presente monografia é composta por cinco capítulos. No primeiro capítulo é apresentada a introdução do tema do trabalho, seguida pela justificativa, objetivos gerais e específicos do trabalho a serem trabalhados.

No segundo capítulo é apresentada a fundamentação teórica que aponta uma visão geral sobre as pontes, suas características, as principais manifestações patológicas que podem ocorrer neste tipo de estrutura, a norma NBR 9452/2019 e a metodologia da Matriz GUT.

No capítulo três é feita a descrição da metodologia empregada neste trabalho, onde também se apresenta as características da ponte objeto do estudo de caso.

No quarto capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos e finalmente, no capítulo cinco é feita a conclusão da pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Manifestações Patológicas das Construções

Existem diversas causas que podem levar à deterioração das estruturas. Essas causas podem variar desde o envelhecimento natural da estrutura até acidentes inesperados. Além disso, há situações em que profissionais, por questões econômicas, optam pela utilização de materiais que não estão de acordo com as especificações adequadas, o que também pode contribuir para a deterioração das estruturas (SOUZA; RIPPER, 1998).

Para estudar estas formas de deterioração das estruturas surgiu a Patologia das Construções, que de acordo Carmo (2003), designa-se como um campo da engenharia civil dedicado ao estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de falhas em estruturas. Esses diversos fatores destacam a importância de uma sistematização adequada do conhecimento nessa área, visando diagnósticos precisos e a elaboração de planos de intervenção para resolver as manifestações observadas.

No estudo das manifestações patológicas estruturais, é necessário a análise detalhada do problema descrevendo suas causas, suas formas de manifestação, seus mecanismos de ocorrência, a profilaxia e a manutenção estrutural. Contudo, toda essa análise, está centrada no principal e grande fundamento da Patologia das Construções que é de avaliar se uma estrutura em um dado período de sua vida apresenta desempenho inadequado, uma vez que o quadro apresentado pela mesma não caracteriza necessariamente a sua condenação (SORIANO, 2004).

Ao avaliar corretamente um caso patológico, o profissional envolvido no processo pode determinar uma das medidas terapêuticas comumente utilizadas. É de extrema importância que um estudo detalhado seja realizado para obter um diagnóstico preciso da origem da patologia, a fim de realizar a escolha e aplicação adequadas da terapia. Na Tabela 1 são mostradas as terapias, que podem ser adotadas conforme alguns casos.

Tabela 1 - Tratamentos usuais das manifestações patológicas das estruturas.

Tratamento	Característica
Recuperação	Como recuperação, entendem-se os procedimentos, necessários para a restauração da capacidade resistente ou portante de uma estrutura. A recuperação, ainda pode ser entendida como uma intervenção que recondiciona a estrutura aos aspectos estéticos e de capacidade portante originais.
Restauração	Intervenção que restabelece somente as condições estéticas da estrutura.
Reforço	São as atividades promovidas para o aumento da resistência, ou capacidade portante da estrutura.
Limitação de utilização	Esta é a opção que deve ser escolhida quando a terapia de recuperação não se mostrar economicamente favorável. Também pode ser adotada no caso de não se optar por um reforço estrutural, limitando, portanto, a estrutura a determinadas condições que poderiam ser extrapoladas quando da utilização de um reforço.
Demolição	É a terapia extrema, que pode variar desde uma demolição parcial até completa da estrutura. É optada quando nenhuma das alternativas terapêuticas anteriores mostra-se viável.

Fonte: SOUZA e RIPPER (1998).

Deve-se salientar que é muito importante a detecção precoce das manifestações patológicas em uma dada estrutura, pois o quanto antes estas forem tratadas, menor será a perda de desempenho e mais barato serão as medidas corretivas (ANTONIAZZI, 2009).

2.1.1 Principais manifestações patológicas em pontes

Macedo et al. (2017) destacam que a presença de umidade nas estruturas é um dos problemas mais frequentes e mais difíceis de ser tratado dentro do ramo da construção civil. E isso não é somente devido à complexidade dos fenômenos envolvidos, mas é também devido aos problemas relacionados às falhas construtivas, principalmente as falhas nos sistemas de impermeabilização. De acordo com Jonov et. al. (2013), os problemas patológicos ocasionados pela umidade são frequentes e

representam um dos maiores problemas de uma obra durante sua vida útil. As principais manifestações patológicas decorrentes da presença de umidade nas estruturas são: eflorescência; ferrugens, que acabam por evoluir e causar a corrosão de armaduras; mofo; bolores; deslocamento de revestimentos, com perda de pinturas e rebocos; infiltrações, entre tantas outras.

No manual de inspeções de pontes rodoviárias do DNIT de 2004 (BRASIL, 2004), estão explicitadas algumas das principais manifestações patológicas em pontes de concreto armado quais sejam: manchamentos, mofo/bolor e eflorescências, a fissuração, corrosão das armaduras, destacamento de revestimentos, falhas nas juntas de dilatação e erosão das fundações. Estas manifestações patológicas serão discutidas a seguir.

2.1.2 Manchamentos

A maioria dos materiais utilizados na construção civil requer o uso de água para sua confecção, como argamassas e concretos, ou para sua aplicação em diferentes sistemas, como o assentamento de tijolos em alvenarias. A quantidade de água utilizada em uma obra de engenharia é frequentemente significativa e não deve ser subestimada (HENRIQUES, 1994).

Com isso, pode-se inferir que a umidade que se origina pela execução da construção é aquela necessária para a obra e esta se encontra dentro dos poros dos materiais, como as águas utilizadas para os concretos e as argamassas, as pinturas, entre outros (KLEIN, 1999). Uma das manifestações patológicas mais comuns nas estruturas de concreto é o manchamento por umidade, como ilustra a Figura 12.



Figura 1 - Manchamento com enraizamento de árvore no tabuleiro de ponte
Fonte: Tejedor (2013)

Verçosa (1991) *apud* Souza (2008) comenta que a umidade não é apenas uma causa de patologias, mas ela também age como um meio indispensável para que ocorra a maioria dos problemas deletérios nas construções, sendo um fator essencial para o surgimento de eflorescências, ferrugens, mofo, bolores, perda de pinturas, e até a causa de acidentes estruturais. A origem da umidade nas construções é bastante variada, porém, é mais comum que a umidade resulte da precipitação de chuvas, que pode ainda ser agravada por sistemas de impermeabilização precários.

2.1.3 Mofo/bolor e eflorescências

Os mofos ou bolores são fungos que crescem nas camadas de revestimento, seja ele de qualquer tipo, e fazem com que sejam geradas colônias que se alimentam de materiais orgânicos. Estes fungos são facilmente identificados pelo aparecimento de manchas escuras sobre a sua superfície e os locais ideais para a sua proliferação são áreas que apresentam umidade por condensação e que não haja água corrente (PINTAN, 2013).

Os fungos filamentosos desempenham um papel primordial no processo biodegradativo conhecido como "mofo" ou "bolor" (GUERRA et al., 2012). De acordo com Shirakawa et al. (1995), embora o termo "mofo" seja amplamente utilizado, o termo "bolor" é mais aceito na literatura. Para que o mofo se desenvolva em uma superfície, os fungos requerem condições propícias à sua germinação, que envolvem

a presença de compostos orgânicos pré-existentes e outras necessidades nutricionais, além de umidade elevada do material (SHIRAKAWA et al., 1995).

Ainda de acordo com Shirakawa et al. (1995), uma elevada umidade atmosférica que aumenta a possibilidade de surgimento de bolor nas superfícies, como mostrado na Figura 13, que apresenta o bolor no peitoril externo de uma janela, ou seja, a superfície está exposta à umidade atmosférica.

As eflorescências por sua vez, comumente chamadas de "salitre", são formações de origem salinas que se depositam nas superfícies dos materiais construtivos das edificações. Os sais solúveis dos materiais são transportados do interior dos revestimentos pela umidade que os atravessa, provocando a formação de manchas de cor branca. As eflorescências podem ainda causar o aumento de seu volume na forma de estalactites (BELÉM, 2011).

As eflorescências são responsáveis por causar danos estéticos, manchas e até mesmo o descolamento de revestimentos e pinturas. O problema se agrava quando essas eflorescências se encontram entre os tijolos e o reboco, levando ao descolamento desses materiais. Quando localizadas entre o reboco e a parede, as eflorescências formam um plano capilar, permitindo a ascensão da umidade, o que aumenta a força de repulsão do reboco (SCHÖNARDIE, 2009).



Figura 2 - Bolor na saída das canalizações (a), em conjunto com eflorescência nas longarinas centrais (b) e nas de periferia (c).
Fonte: Marques et al. (2018).

2.1.4 Fissuras e trincas

As fissuras são pequenas fendas que afetam a superfície do elemento estrutural tornando-se um caminho rápido para a entrada de agentes agressivos na armadura (SILVA, 2011). Esses processos deletérios são inevitáveis, pois o próprio concreto apresenta uma resistência à tração bastante reduzida, contribuindo consideravelmente para a ocorrência de tal fenômeno.

O processo de fissuração tem origem bastante complexa, já que são muitos os parâmetros que influenciam este processo. As fissuras podem resultar das movimentações higroscópicas no interior do concreto, retração hidráulica, cargas excessivas atuantes, recalques diferenciais ocorridos na fundação da estrutura, pressões internas causadas por reações expansivas como a corrosão de armaduras,

reação álcali-agregado, ataque por sulfato, hidratação de óxidos da pasta de cimento e outras causas bastante raras e particulares (FARRAPO et al., 2013).

De acordo com Silva (2011), a fissuração indica a gravidade a qual uma estrutura está submetida, muitas vezes associada ao colapso que ela pode sofrer. As fissuras podem evoluir para as trincas e se tornam grandes, o que acaba por causar certo temor psicológico para os usuários, pois a impressão é de que a estrutura vai entrar em colapso a qualquer momento.

Segundo a NBR 6118 (2014), as fissuras são consideradas agressivas quando sua abertura na superfície do concreto armado ultrapassa os seguintes valores:

- 0,2 mm: para peças expostas em meio agressivo muito forte (industrial e respingos de maré);
- 0,3 mm: para peças expostas a meio agressivo moderado e forte (urbano, marinho e industrial);
- 0,4 mm: para peças expostas em meio agressivo fraco (rural e submerso).

As fissuras, trincas e rachaduras são conceitos distintos, embora possam ser confundidos. As trincas são semelhantes às fissuras em termos de tratamento, mas diferem em tamanho, com aberturas maiores que 0,5 mm. Por outro lado, as rachaduras apresentam características diferentes, como abertura acentuada e profunda, com dimensão de pelo menos 1 mm, podendo chegar a abrir fendas de um lado ao outro da parede (GONÇALVES, 2015). Na Figura 14 são apresentados alguns tipos de solicitações que podem ocasionar fissuras em elementos de concreto armado.

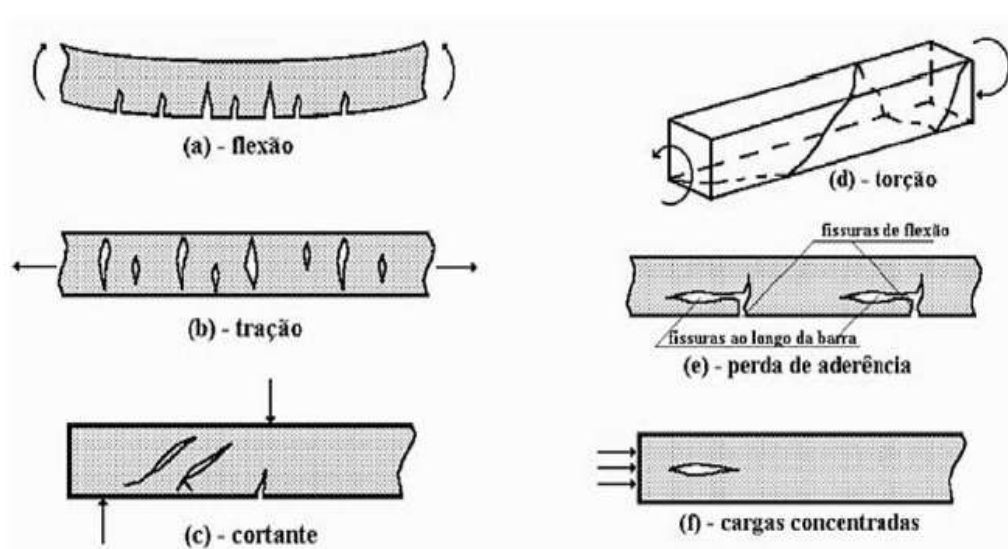


Figura 3 - Solicitações que podem gerar fissuras.
Fonte: SOUZA e RIPPER (1998).

A Figura 15 um quadro real de intensa fissuração nas vigas travessas e pilares de uma ponte do estudo de Silva et al. (2018).



Figura 4 - Fissuras na parte frontal da travessa (a), no pilar (b), na parte interior (c) e inferior da travessa (d).
Fonte: Marques et al. (2018).

2.1.5 Corrosão de armaduras

A corrosão pode ser definida como sendo a deterioração de um material, por ação química ou eletroquímica de agentes do meio ambiente, aliada ou não a esforços mecânicos. No caso das barras de aço que compõem a armadura imersa no concreto, a deterioração a que se refere à definição, é caracterizada pela destruição da película apassivante existente ao redor de toda a superfície externa das barras. Esta película origina-se como resultado do impedimento da dissolução do ferro pela elevada alcalinidade da solução aquosa que contém o concreto (SOUZA; RIPPER, 1998).

Na Figura 16 é apresentado o processo de corrosão das armaduras, que avança da periferia para o interior, depois haver a troca de seção do aço resistente pela ferrugem, ou seja, a perda da camada protetora, e por fim a diminuição de capacidade resistente da armadura e diminuição da área do aço.

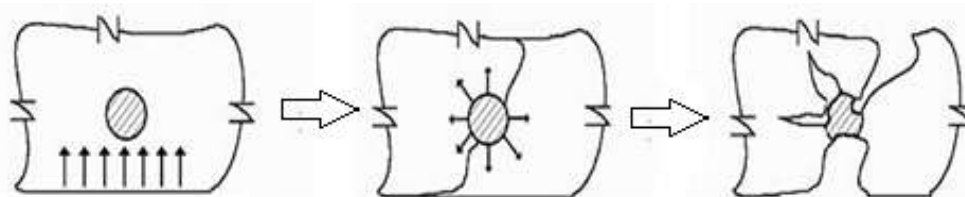


Figura 5 - Processo de corrosão da armadura.

Fonte: SOUZA e RIPPER (1998)

De acordo com Sartorti (2008), a corrosão da armadura de uma estrutura de concreto é altamente verificada nas estruturas em ambientes agressivos, com porosidade elevada, com alta capilaridade, com deficiência no cobrimento e fissuração acentuada. Normalmente a corrosão de armaduras apresenta-se nas estruturas através de sintomas bastantes visíveis tais como: manchas de óxidos/hidróxidos na superfície do concreto; deslocamento do cobrimento; fissuras que ocorrem paralelas às armaduras. Entretanto, a corrosão pode existir em estruturas que não se mostram deterioradas, ou seja, que não apresentam sintomas, como por exemplo em concretos frequentemente úmidos, onde os agentes agressivos da corrosão migram através da rede de poros e podem não produzir o fissuramento. Na Figura 17 tem-se um exemplo de corrosão de armaduras da estrutura de uma ponte.



Figura 6 - Corrosão no encontro pilar/travessa (a), na travessa (b), colapso do guarda corpo (c) e passeio (d).
Fonte: Marques et al. (2018).

2.1.6 Destacamento de revestimentos

De acordo com Bauer (2008), o destacamento de revestimentos e também de pinturas, é caracterizado pela ruptura entre o substrato e o revestimento de argamassa, que engloba o emboço e o reboco. O destacamento pode ser causado por movimentações higroscópicas causadas pela falta de impermeabilização.

Os destacamentos podem ser porta de entrada para a água e outros agentes agressivos que podem atacar as armaduras da estrutura e causar a corrosão, ou ainda, manchas úmidas, mofo/bolores, entre outras manifestações patológicas. Na Figura 18 tem-se um exemplo de destacamento de revestimentos de um pilar de uma ponte de concreto armado.



Figura 7 - Destacamento de revestimento em pilar de ponte.
Fonte: Brasil (2004).

2.1.7 Falhas nas juntas de dilatação

O objetivo de se usar juntas de dilatação nas estruturas é para prevenir o aparecimento de fissuras, principalmente devido às movimentações térmicas e retração hidráulica. Segundo Tejedor (2013), as principais falhas em juntas de dilatação das pontes de concreto armado são:

- dimensionamento incorreto das juntas da ponte, não se prevendo adequadamente possíveis expansões ou retrações do concreto;
- impactos de veículos pesados;
- desgaste ou ausência do material da junta, originados pelo uso ou por uma má conservação;
- aberturas insuficientes, o que causa elevação da junta devido à dilatação (Figura 19);
- infiltração de água, gerando problemas patológicos devido à umidade como manchamentos.



Figura 8 - Elevação da junta devido à dilatação.
Fonte: Tejedor (2013).

2.1.8 Erosão das fundações

A erosão é um fenômeno complexo e pode ter graves repercussões sobre a estrutura de uma ponte. Os pilares e encontros localizados nas calhas dos rios atuam como obstáculos que alteram o fluxo das águas, aumentando a velocidade, a vorticidade e a turbulência. Isso pode resultar na formação de cavidades ou fossas de erosão próximas a essas estruturas, levando ao comprometimento das fundações e causando danos significativos à ponte (VITÓRIO, 2022).

Segundo Andrade (1992), a erosão é um fator importante que contribui para a o desgaste das estruturas, em geral, essa erosão é o desgaste causado pela passagem abrasiva dos fluidos em movimento, contendo partículas suspensas, que colidem com a superfície da estrutura, desta forma, removem sua camada de revestimento e deixam a armadura da estrutura, no caso de fundações de pontes, exposta ao meio agressivo. Essas partículas correspondem aos pedregulhos, galhos, e outros materiais que possam ser carregados pela água. Na Figura 20 é mostrada a erosão em pilares de fundação de uma ponte.



Figura 9 - Fundações de ponte erodidas pela ação da água.
Fonte: Tejedor (2013).

É muito importante que as fundações tenham concreto mais resistente, que possa resistir a ação mecânica da água. A baixa relação água e cimento, utilização de agregados de elevada dureza superficial ou adições minerais específicas e cura adequada, pode contribuir e muito para gerar concretos com permeabilidade muito baixa e menos poroso, o que é muito bom para as fundações.

2.2 Pontes

2.2.1 Histórico

As pontes desempenham um papel fundamental na locomoção e superação de obstáculos. As estruturas convencionais refletem a influência da era romana, que trouxe grandes avanços na construção. Um exemplo são as pontes de arco de pedra, como ilustrado na Figura 1, que surgiram durante o Império Romano e tinham

extensões de até 30 metros. Algumas dessas construções ainda são preservadas. Caracterizadas por arcos semicirculares sólidos apoiados em pilares, essas estruturas são marcantes tanto para o estilo da era romana quanto para a renascentista (JESUS, 2013).



Figura 10 - Ponte romana de Vila Formosa, sobre a ribeira de Seda, em Portugal.
Fonte: Mantas (2014).

As primeiras pontes de pedra foram construídas em Roma, utilizando a técnica de arcos, que foi aprendida com os etruscos. Com o passar do tempo, o homem desenvolveu diferentes tipos de pontes, incluindo as pontes de madeira, alvenaria, metálicas e muitas outras (FELIPPE FILHO, 2008).

De acordo com Vitório (2002), entre os anos de 1700 e 1850, foram construídas as principais pontes de pedra no Brasil. Nesse período, destacam-se as pontes da Cadeia (1798) e do Rosário (1800) em São João Del Rei, Minas Gerais. Além disso, foram realizadas diversas obras em Ouro Preto, também em Minas Gerais, tornando-a a cidade com o maior número de pontes de pedra no país.

2.2.2 Classificação das pontes

As pontes possuem algumas subestruturas, dessa forma, conforme Felipe Filho (2008), pode-se classificá-las de várias maneiras, sendo as mais comuns: em relação à sua finalidade de utilização (rodoviárias, ferroviárias, passarelas, rodoferroviárias); ao material de construção (madeira, pedras, concreto (simples, armado ou protendido) e metálicas); ao tipo estrutural (laje, viga, caixão, treliça, pórtico arco ou suspensa), ao tempo de utilização (permanentes e provisórias) e a mobilidade do estrato (flutuantes, corrediça, levadiça, basculante e giratória). Na Figura 3, é apresentada a classificação das pontes quanto ao sistema estrutural empregado na sua construção.

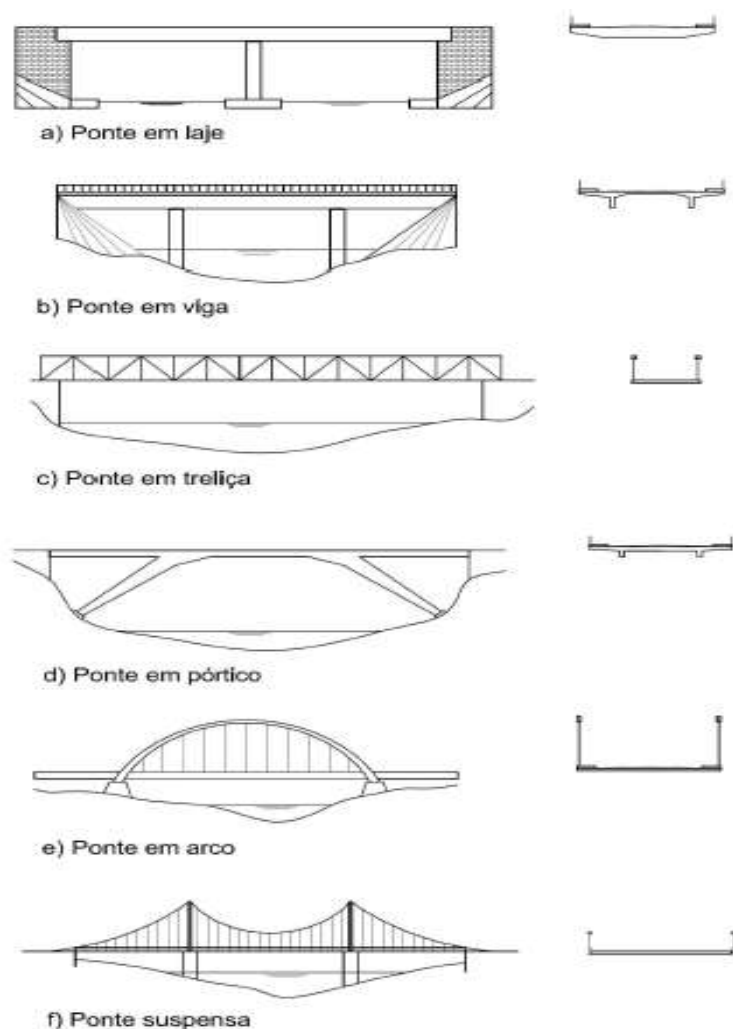


Figura 11- Tipos ponte quanto ao sistema estrutural.
Fonte: Felipe Filho (2008).

2.2.3 Estrutura geral das pontes

De acordo com a literatura sobre o estudo das estruturas de pontes, há uma classificação dos seus elementos constituintes que considera a divisão básica em infraestrutura e superestrutura, conforme descrito por Leonhardt (1979). No entanto, de acordo com Mendes (2003), há outra subdivisão da estrutura das pontes em três partes distintas: infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura.

Medeiros (2015) comenta que a Superestrutura corresponde à parte da obra responsável por suportar diretamente as cargas do tráfego e vencer o vão necessário para a travessia. É composta por lajes, vigas principais (longarinas), vigas transversais (transversinas), cortinas, dentes, consoles, chanfros, entre outros. A Mesoestrutura tem a função de transmitir as cargas da superestrutura às fundações e é composta por aparelhos de apoio, pilares e vigas de contraventamento. E a Infraestrutura recebe as cargas da estrutura, transmitindo-as para o solo. É composta pelas fundações que podem ser do tipo direta (bloco, sapata e radier) ou profundas (estaca ou tubulão). Na Figura 4 tem-se uma representação das subestruturas de uma ponte com os seus elementos.

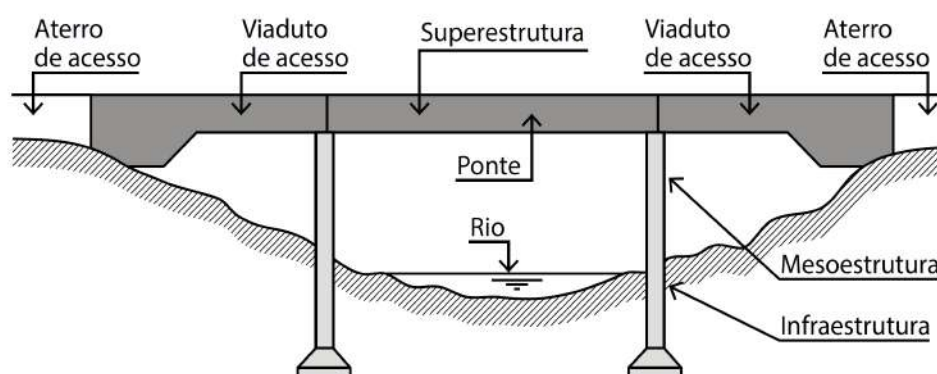


Figura 12 - Elementos da estrutura das pontes
Fonte: Adaptada de Marchetti (2008).

2.2.3.1 Infraestrutura

A infraestrutura é composta basicamente pela fundação da ponte, cuja função é receber as cargas da mesoestrutura e dissipar no solo. O tipo de fundação da infraestrutura da ponte está relacionado uma gama de fatores que devem ser analisados nos estudos da fase de projeto. Para tanto, o conhecimento do tipo de solo do local é de grande importância no auxílio à tomada de decisão, além é claro do nível do lençol freático e poropressão do solo (VITÓRIO,2002). Na Figura 5 tem-se alguns exemplos de fundações de pontes, diretas e profundas.

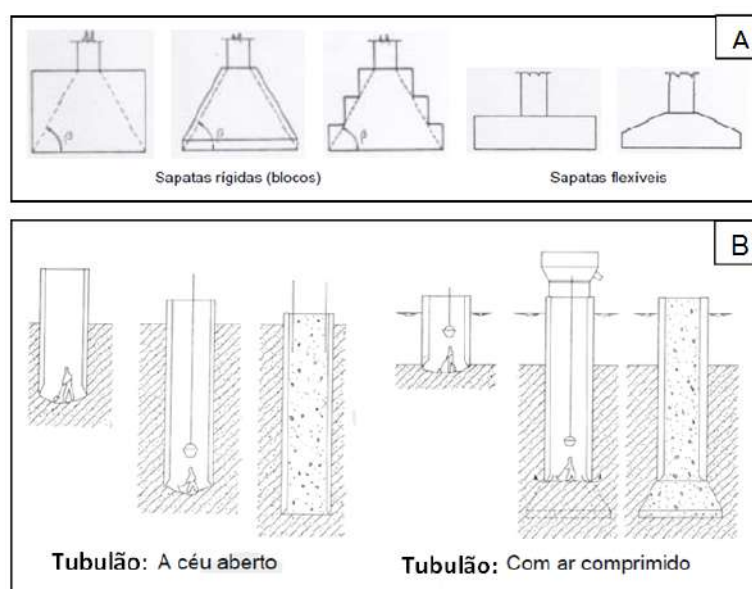


Figura 13 - Tipos de fundações das pontes: (A) diretas e (B) profundas.
Fonte: Adaptada de El Debs e Takeya (2009).

Na Figura 6 tem-se um exemplo real da infraestrutura de uma ponte, neste caso, uma sapata acoplada em boco de fundação.



Figura 14 – Sapata de fundação de ponte.
Fonte: Vitório (2014).

2.2.3.2 Mesoestrutura

A mesoestrutura é constituída por elementos como aparelhos de apoio, pilares e vigas de contraventamento, e sua função principal é transmitir as cargas provenientes da superestrutura às fundações. Os aparelhos de apoio desempenham um papel crucial como peças de transição entre as vigas principais e os pilares ou encontros, sendo responsáveis por distribuir as cargas de maneira adequada, absorvendo os esforços transmitidos pelas vigas principais e transferindo-os de forma eficiente aos pilares ou encontros. (VITÓRIO, 2002). A Figura 7 mostra exemplos de aparelho de apoio e a Figura 8 mostra um aparelho de apoio instalado em uma ponte.



Figura 15 - Tipos de aparelhos de apoio de pontes.
Fonte: Cordeiro (2014).



Figura 16 – Aparelho de apoio em ponte.
Fonte: Nuernberg e Silva (2013).

Em relação aos pilares, estes são dispostos na mesoestrutura de uma ponte de forma única ou independente, com seções transversais circulares, hexagonal, quadrada ou oval (MENDES, 2003). Na Figura 9 tem-se alguns exemplos de pilares de pontes e na Figura 10, um exemplo real de uma ponte no Mato Grosso.

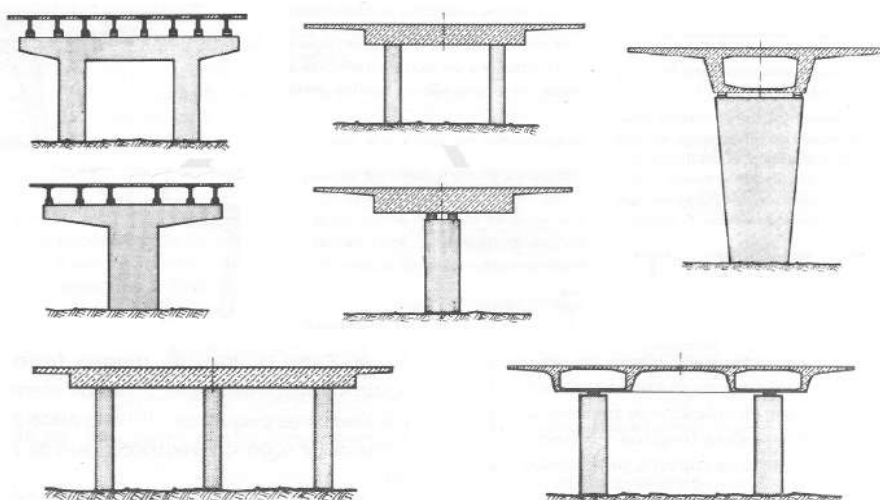


Figura 17 - Tipos de pilares de pontes.
Fonte: Adaptada de El Debs e Takeya (2009).



Figura 18 - Ponte sobre o Rio Teles Pires (MT).
Fonte: Fernandes e Correia (2017).

2.2.3.3 Superestrutura

A superestrutura é constituída de vigas e lajes. É o elemento de suporte por onde se trafega, sendo assim, a parte útil da obra (FERNANDES; CORREIA, 2017). A superestrutura de uma ponte pode ser dividida, segundo El Debs e Takeya (2009), em outras duas, que são: estrutura principal cuja sua função é vencer o vão livre da ponte e a estrutura secundária recebe as cargas e as transmite para a estrutura principal. Essas duas partes trabalham em conjunto para garantir a estabilidade, resistência e funcionalidade da ponte como um todo. Os tipos mais comuns de seção transversal das pontes são apresentados na Figura 11.

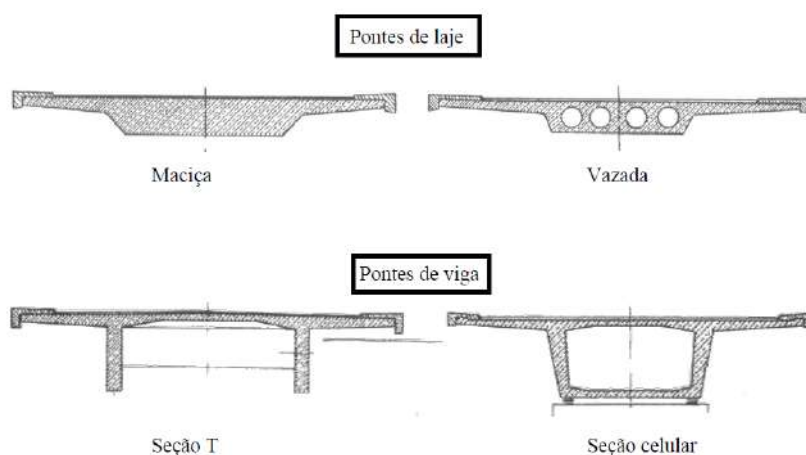


Figura 19 - Tipos de seções transversais de pontes
 Fonte: Adaptada de El Debs e Takeya (2009)

A composição dos elementos da superestrutura pode variar de acordo com o tipo de seção transversal. Essa escolha é influenciada por várias variáveis, incluindo o tipo de obstáculos a serem superados, as condições do terreno, o tipo de tráfego esperado, considerações estéticas, restrições de altura da construção, materiais utilizados e o tamanho do vão a ser transposto (MENDES, 2003).

2.3 Norma NBR 9452/2019 – Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto - Procedimento

A norma ABNT NBR 9452 de 2019 (ANBT, 2019) que trata da inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto estabelece os procedimentos a serem seguidos para a realização de inspeções nessas estruturas. Ela é aplicada desde a preparação prévia da inspeção até a elaboração de relatórios finais de avaliação dessas estruturas. A norma define critérios para a identificação e classificação de danos, como fissuras, corrosão e desgaste, e fornece orientações sobre a inspeção visual, inspeção tátil e ensaios não destrutivos. Também são abordadas questões relacionadas à segurança na inspeção e à elaboração de planos de manutenção.

A norma descreve os procedimentos de inspeção por meio de uma exposição dos termos técnicos, conceitos e parâmetros essenciais para a execução do processo.

Este protocolo engloba o uso de roteiros básicos, a disponibilização de modelos de fichas técnico-descritivas a serem preenchidas durante as inspeções, bem como figuras esquemáticas que ilustram a nomenclatura das distintas partes que constituem uma ponte. Além disso, o documento incorpora um fluxograma que proporciona diretrizes para o eficiente gerenciamento de obras de arte especiais no contexto da inspeção estrutural de pontes.

Conforme a NBR 9452/2019 (ABNT, 2019), podem ser realizadas diferentes tipos de inspeções ao longo da vida útil de uma ponte, sejam elas: inspeção cadastral, rotineira, especial e extraordinária. No caso da inspeção cadastral, esta é realizada inicialmente após a construção ou após a inclusão da estrutura no estoque de pontes e visa registrar informações gerais no banco de dados, abrangendo projeto, soluções construtivas, localização e características. Já as inspeções rotineiras, que é o foco deste trabalho, conforme a norma, devem ser feitas anualmente através da inspeção visual com o intuito de monitorar a conservação da ponte, identificando anomalias aparentes. As inspeções especiais, devem ser feitas a cada cinco anos e envolvem uma avaliação detalhada de todos os elementos da ponte. E por fim, as inspeções extraordinárias, não periódicas, são realizadas em resposta a eventos extremos como colisões ou fenômenos naturais.

Essa norma também classifica as OEA em função dos seus parâmetros estrutural, funcional, de durabilidade e gravidade dos danos observados. Em seus anexos são fornecidos diversos modelos de fichas de inspeção, relatórios, fluxograma de gerenciamento de OAE, entre outros documentos importantes na inspeção desse tipo de estrutura.

2.4 Método da Matriz GUT

A Matriz GUT (Gravidade, Urgência, Tendência) é uma ferramenta para o gerenciamento de risco desenvolvida por Kepner Tregoe, a qual foi publicada em 1977 sob o título, "Análise de Problema e Tomada de Decisão". A metodologia leva em consideração a Gravidade (G), a Urgência (U) e a Tendência (T) dos problemas a

serem verificados. Para a avaliação, o sistema dispõe do uso de pesos (números) que são destinados a classificação de cada item inspecionado, a fim de definir graus de criticidade em relação aos problemas encontrados, ou seja, são valores numéricos atribuídos a cada tem inspecionado, que depois, gerarão uma lista de prioridades em função do somatório dos pesos (VERZOLA; MARCHIORI; ARAGON, 2014). A Matriz GUT é uma ferramenta utilizada para auxiliar na priorização da resolução de problemas. Ela classifica os problemas com base em sua gravidade, urgência e tendência de piora. A matriz permite avaliar e categorizar cada problema de acordo com esses critérios, facilitando a identificação daqueles que exigem ação imediata ou podem se agravar rapidamente. Dessa forma, a Matriz GUT auxilia na tomada de decisão para lidar com os problemas de forma eficiente e adequada.

Segundo Martins et al. (2017) este método, fundamenta-se em explorar a gravidade ou o efeito de uma adversidade, sendo que esta Gravidade (G) representa a importância do problema a ser examinado, bem como o dano que exista caso alguma atrocidade venha a acontecer, geralmente seu estudo é realizado visando efeitos a médios e longos prazos. A Urgência (U) exige a análise de como tão significativo é o problema, ou seja, o prazo para a realização do feito. E por fim, a Tendência (T) dos eventos, consiste na evolução do problema em função do tempo, isto é, a probabilidade que no caso de manifestações patológicas, estas venham a piorar com o passar do tempo.

Para determinar a Gravidade da manifestação patológica, de acordo com Verzola, Marchiori e Aragon (2014), considera-se os possíveis riscos e prejuízos aos usuários, ao patrimônio e ao meio ambiente, onde a definição de um problema que:

- Seja considerado crítico é inserida nos graus: Total e Alta;
- A designação do problema Regular é inserida no grau: Média;
- A definição de problema Mínimo foi incorporada nos graus: Baixa e Nenhuma.

Quanto à Urgência, a definição do grau é baseada em quão significativo é a manifestação, no tempo em que o problema deve ser sanado e na atribuição de pesos à necessidade e velocidade com o qual a adversidade deve sofrer intervenção. E para a Tendência, o grau é definido quanto a possibilidade de aumento do problema, bem

como também, avaliar a redução ou desaparecimento deste em uma escala de tempo. Na Tabela 2, tem-se o detalhamento de cada item.

Tabela 2 - Classificação da Matriz GUT para os três itens (G, U, T).

Grau	Definição do grau (G)	Nota
TOTAL (Extremamente Grave)	Risco de morte, Impacto irreversível com perda excessiva de desempenho, Prejuízo financeiro muito alto.	10
ALTA (Muito Grave)	Perigo de lesão aos usuários, Danos recuperáveis ao meio ambiente e à edificação.	8
MÉDIA (Grave)	Risco de saúde aos usuários ocasionado pela degradação de sistemas, Avarias ao meio ambiente reversíveis, perda financeira média.	6
BAIXA (Pouco Grave)	Sem risco de saúde aos usuários, Baixa degradação ao meio ambiente, Necessidade de substituição de alguns sistemas, Perda financeira baixa	3
NENHUMA	Sem risco de saúde ou plenitude física, mínima deterioração do ambiente, nenhum dano de valor	1
Grau	Definição do grau (U)	Nota
TOTAL (Extremamente Urgente)	Acontecimento imediato, Necessidade de intromissão do imóvel sem prazos extras.	10
ALTA (Grande Urgência)	Acontecimento na iminência de acontecer, urgente intervenção.	8
MÉDIA	Adversidade prevista para breve, necessidade de intervir rapidamente.	6
BAIXA	Inicialização de um incidente, intervenção ainda em forma de planos.	3
NENHUMA	Adversidade imprevista, mas necessário acompanhamento para futuras manutenções.	1
Grau	Definição do grau (T)	Nota
TOTAL	Progresso da manifestação imediato, podendo haver pioras a qualquer instante	10
ALTA	Evolução da situação prestes a ocorrer	8
MÉDIA	Evolução a médio prazo	6
BAIXA	Possível evolução a longo prazo. Poderá vir a ocorrer, Situação de demora.	3
NENHUMA	Situação estabilizada, sem evolução do caso.	1

Fonte: Adaptada de (Adaptada de VERZOLA, MARCHIORI; ARAGON, 2014).

Após determinados todos os pesos para cada item (Gravidade, Urgência e Tendência), classifica-se o nível de cada não conformidade nos três critérios e calcula-se o produto dos seus respectivos pesos. As prioridades são determinadas pela ordem decrescente do valor apurado. Deve-se criar uma tabela, como a Tabela 3, para a avaliação das prioridades.

Tabela 3 - Tabela de prioridade e solução de tratamento.

Manifestação Patológica	Pontos	Prioridade	Medida Reparatória
Tipo de manifestação	$(G) \times (U) \times (T)$	Ordem decrescente de pontuação	Solução do problema

Fonte: Adaptada de (Adaptada de VERZOLA, MARCHIORI; ARAGON, 2014).

A matriz GUT pode ser aplicada em diversas áreas e no caso da análise de manifestações patológicas em pontes, a partir da aplicação dessa metodologia, citam-se os trabalhos de Piazza et al. (2020) que avaliaram o estado de durabilidade da Ponte sob o Rio do Carmo, localizada no km 36 da BR-110, entre os municípios de Mossoró e Areia Branca, no estado do Rio Grande do Norte. No trabalho, os autores realizaram inspeção visual e realizados ensaios não destrutivos in loco em alguns elementos constituintes da ponte. Pelos resultados obtidos, pôde-se constatar a presença de diversas manifestações patológicas no objeto de estudo e com a Matriz GUT, foi possível classificar a ponte em uma estrutura com um alto nível de deterioração, necessitando de um serviço de recuperação.

No trabalho de Santos et al. (2021), foi feita a aplicação da matriz GUT em duas pontes no município de Caxias, Maranhão, são elas: Ponte Eugênio Barros e Ponte Dr. Fernando Sarney. Os autores realizaram vistorias de inspeção visuais e aplicaram *checklist* para identificação dos danos. Os resultados obtidos mostraram trincas, fissuras e rachaduras, corrosão da armadura, desagregação, ninhos de concretagem, mofo, bolor e fungos. O dano com maior incidência foi a corrosão da armadura e o dano com maior grau de prioridade, após a aplicação da matriz GUT, foram trincas, fissuras e rachaduras.

3 METODOLOGIA

3.1 Técnica metodológica adotada

A metodologia adotada neste trabalho é o estudo de caso, o qual é uma modalidade de pesquisa que busca obter conhecimento de uma realidade delimitada que, segundo Fonseca (2002) apud Gerhardt e Silveira (2009), pode ser caracterizada com um estudo de uma entidade bem definida como um programa, uma instituição, um sistema educativo, uma pessoa ou até mesmo uma unidade social. O estudo de caso visa conhecer profundamente o como e o porquê de uma determinada situação, procurando o que há de essencial e característico nela. O estudo de caso é considerado ainda, um tipo de pesquisa quantitativa e/ou qualitativa entendido como uma categoria de investigação.

Primeiramente, antes de se proceder ao estudo de caso propriamente dito, foi elaborada uma revisão bibliográfica de forma ampla utilizando livros, artigos científicos divulgados no meio eletrônico, monografias e dissertações, de forma obter um panorama geral e atual do tema na literatura. As publicações que serviram de base para este trabalho foram obtidas nas seguintes bases de dados: Google Acadêmico, Scielo, Periódicos Capes, Science Direct e Science Research. Os principais termos de buscas nessas plataformas foram: manifestações patológicas, pontes, Florianópolis, Santa Catarina, manutenção, segurança, NBR 9452/2019, inspeção, matriz GUT, ferramentas da qualidade e priorização.

De posse dos arquivos obtidos, fez-se a revisão bibliográfica, a qual foi apresentada no Capítulo 2. No estudo de caso, após a revisão bibliográfica, foi feita a descrição das características das pontes e uma inspeção *in situ* para identificar as manifestações patológicas e fazer o registro fotográfico das mesmas, tendo como base a ficha de inspeção elaborada de acordo com a NBR 9452/2019 e a aplicação da matriz GUT.

Com imagens obtidas na inspeção e a aplicação de um *checklist*, (baseado na NBR 9452/2019), onde todos os itens propostos foram vistoriados e atribuído um peso (valor numérico), de modo a aplicar o método de priorização da matriz GUT, da

qual se obteve a lista de prioridades e a determinação dos prazos para a correção das manifestações patológicas observadas na ponte em estudo.

Sabendo-se que existe uma variedade de tabelas originárias da Matriz GUT e que necessariamente não cabem para este tipo específico de avaliação, foi elaborada uma Matriz GUT própria a ser utilizada neste trabalho.

3.2 Estudo de caso

O estudo de caso foi desenvolvido com duas pontes localizadas na cidade de Florianópolis, estado de Santa Catarina, as quais são: ponte sobre a Avenida da Saudade e ponte sobre o Rio Tavares. A Figura 20 mostra a localização das duas estruturas na cidade.

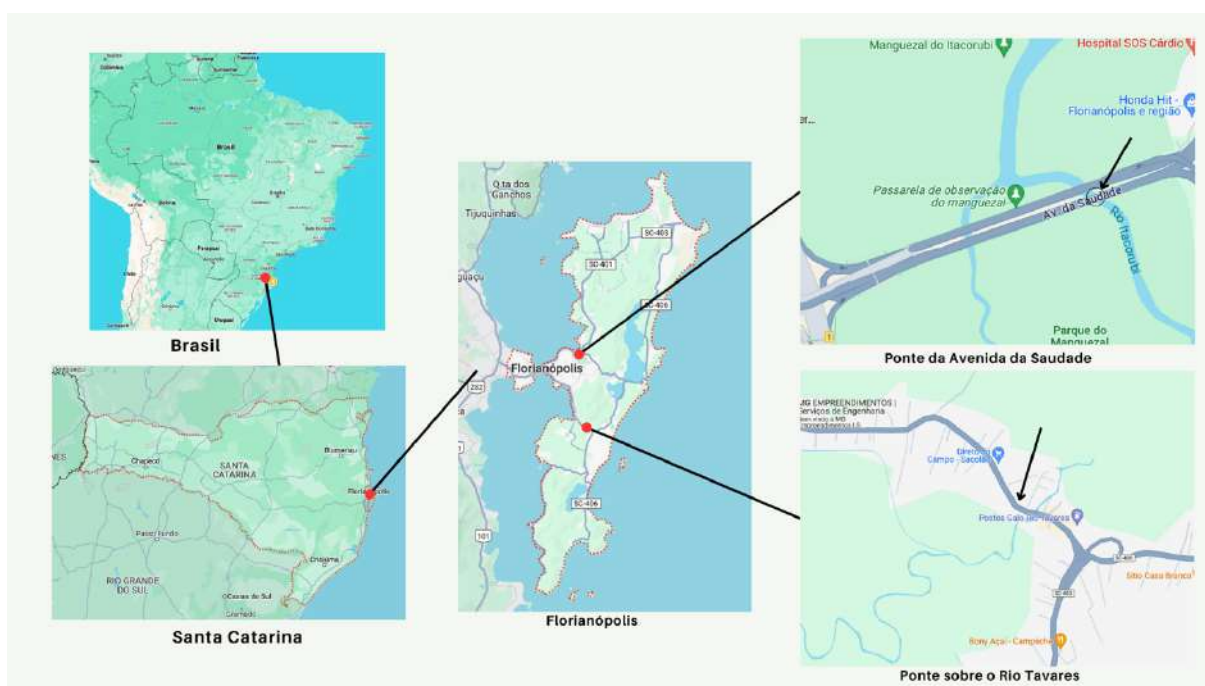


Figura 20 – Pontes do estudo de caso na cidade de Florianópolis.
Fonte: Autor (2023).

A ponte sobre a Avenida da Saudade possui comprimento de 20,70m, largura de 14,80m e 3 faixas de rolamento em operação, direcionando o sentido de tráfego centro - bairro. É uma ponte em viga com pilares de seção circular e tipo de fundação

a tubulão. A ponte foi inaugurada em 1972 e fica localizada sobre o Rio Itacorubi. Uma melhor visualização desta ponte por ser vista na Figura 21.



Figura 21 – Vista da ponte sobre a Av. da Saudade.
Fonte: Adaptada de Google Maps (2023).

Em relação a ponte sobre o Rio Tavares, esta possui comprimento de 21,50m, largura de 14,70m e 3 faixas de rolamento em operação, ligando o Costeira do Pirajubaé ao Rio Tavares, com faixas reversíveis. Trata-se de uma ponte em laje, onde na Figura 22 tem-se uma melhor visualização desta ponte.



Figura 22 - Vista da ponte sobre o Rio Tavares.
Fonte: Adaptada de Google Maps (2023).

3.3 Inspeção conforme a ABNT NBR 9452/2019

Foram feitas inspeções rotineiras nas duas estruturas objetos de estudos de caso da presente monografia, tendo como base a NBR 9452/2019. Essas inspeções executadas foram realizadas no dia 22/10/2023 no período da manhã na ponte sobre a Avenida da Saudade e no período da tarde na ponte sobre o Rio Tavares. Para isso, foi utilizada a ficha de inspeção constante no Anexo B da NBR 9452/2019 a qual foi adaptada para o presente trabalho. A ficha adaptada encontra-se preenchida no Anexo A deste trabalho.

Para a avaliação das pontes, segundo a NBR 9452/2019 (ABNT, 2019), a metodologia está baseada na atribuição de notas de classificação para representar as anomalias identificadas durante a inspeção. Para isto, utiliza-se uma escala de cinco níveis que vai de 1 a 5, onde 1 indica condição crítica e 5 uma condição excelente. A avaliação considera os parâmetros estruturais, funcionais e de durabilidade, cada um recebendo uma nota. Os parâmetros estruturais abrangem segurança e estabilidade, já os funcionais envolvem o desempenho e a segurança dos usuários, enquanto os parâmetros de durabilidade incluem os aspectos que afetam a vida útil e manutenção da ponte.

Além da inspeção com base na NBR 9452/2019, foram realizados ainda ensaios de carbonatação para identificar possíveis zonas de corrosão das armaduras. Esse ensaio foi feito utilizando-se a solução de fenolftaleína, onde a mesma foi aplicada diretamente, por meio de um borrifador, sobre a superfície desgastada de concreto e a coloração foi avaliada.

3.4 Aplicação da matriz GUT

Para a aplicação da metodologia da Matriz GUT, foi elaborada uma ficha de inspeção tendo como base o trabalho de VERZOLA et al. (2014), a qual pode ser encontrada no Anexo B deste trabalho.

Metodologia da matriz GUT, conforme já explicado anteriormente, consiste em aplicar pesos (números) de 1 a 10 para avaliar a Gravidade (G), Urgência (U) e Tendência (T) que as manifestações patológicas possuem para afetar a estrutura das pontes. Logo após, multiplica-se esses indicadores ($G \times U \times T$), obtém-se os pesos finais e elabora-se uma lista de danos em ordem decrescente, assim, o dano que apresentar maior peso, deverá ser tratado primeiro.

Os pesos 1 e grau de risco nenhum, indicam uma situação estabilizada, sem risco de saúde, mas que deve ser monitorada. Os pesos 3 e grau de risco baixo relacionam-se a danos sem muito risco aos usuários, que pode evoluir a longo prazo e a manutenção ainda está em fase de planejamento. Os pesos 6 e grau de risco médio indicam riscos aos usuários que podem evoluir a médio prazo e deve-se intervir rapidamente. Os pesos 8 e grau de risco alto estão relacionados a perigo de lesão aos usuários, cuja evolução está prestes a ocorrer e necessita de urgente intervenção. Por fim, os pesos 10 e grau de risco total, dizem respeito a danos que apresentam risco de morte, impacto irrecuperável, cujo progresso é imediato, assim como a intervenção.

Na ficha de inspeção da matriz GUT, elaborada para este trabalho, foram considerados os elementos da superestrutura: lajes, longarinas, transversinas, pavimento, guarda-corpos, juntas de dilatação, barreiras/defensas; mesoestrutura: aparelhos de apoio, vigas de contraventamento, pilares; infraestrutura: bloco de fundação, fundações; outros elementos, tais como: taludes, iluminação, aterro de acesso, gabaritos, proteção dos pilares.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Resultados da inspeção

Neste capítulo serão apresentados os resultados das inspeções, bem como a aplicação da Matriz GUT, visando priorizar a resolução das manifestações encontradas em cada uma das pontes, levando em consideração gravidade, urgência e tendência. As principais manifestações patológicas observadas em ambas as pontes foram: destacamento, empolamento ou pulverulência, manchamentos devidos a umidade, desagregação de elementos, partes soltas, partes quebradas, presença de bolor ou mofo, fissuras e trincas, eflorescência e infiltrações.

4.1.1 Ponte da Av. da Saudade

Considerando os resultados da inspeção realizada nas duas pontes em questão, seguindo os parâmetros estabelecidos pela norma NBR 9452/2019, foi possível observar na ponte da Avenida da Saudade as seguintes manifestações patológicas puderam ser encontradas:

- fissuração do pavimento;
- fissuras e trincas nos pilares;
- lixiviação na base dos pilares;
- corrosão de armaduras;
- presença de infiltração com mofo/bolor;
- deslocamento de concreto.

Esses danos estão relacionados com falhas de concretagem durante a execução e também devido ao próprio ambiente no qual a estrutura está inserida, aliado ainda, à falta de manutenções e reparos periódicos. Na Figura 23 é mostrada

a fissuração no pavimento, onde se pode constatar que essa anomalia ocorre nas zonas de entrada e saída da ponte, ou seja, na transição entre a ponte e o terrapleno.



Figura 23 - Fissuração no pavimento da ponte da Av. da Saudade.
Fonte: Própria (2023).

Essa fissuração pode ter sido gerada pelas cargas dinâmicas que atravessam a estrutura, devidas ao tráfego de veículos que acelera e desacelera. Essas cargas cíclicas podem resultar em fadiga na estrutura e eventual fissuração, como a que se pode observar na Figura 23.

Nos pilares dessa ponte, foram verificadas trincas e diversas fissuras, como se pode observar na Figura 24. Essas anomalias podem estar relacionadas as cargas excessivas que transitam sobre a estrutura, movimentação do solo e a possíveis erros durante a construção.



Figura 24 – Trinca em pilares da ponte da Av. da Saudade.
Fonte: Própria (2023).

Nos pilares foi verificado também a lixiviação do concreto em suas bases, devido sobretudo a ação da água sobre os elementos da mesoestrutura. Na Figura 25 tem-se a representação dessa anomalia.



Figura 25 – Lixiviação da base dos pilares da ponte da Av. da Saudade.
Fonte: Própria (2023).

A presença de mofo/bolor foi evidenciada em poucas áreas da ponte, mais precisamente no tabuleiro, como indicado na Figura 26. Esse dano está relacionado a concentração localizada de umidade, que pode ser advinda de alguma infiltração ou mesmo uma tubulação de drenagem rompida, que acaba por gerar um ambiente favorável à proliferação do microrganismo.



Figura 26 – Mofo/bolor na ponte da Av. da Saudade.
Fonte: Própria (2023).

Foram evidenciadas deslocamento do concreto em algumas áreas com pouco nível de danos, como no caso de duas das transversinas (Figura 27), uma próxima ao solo e a outra central, que fica sobre a água. Em ambas, é evidenciado também a corrosão de armaduras. Essas anomalias podem estar relacionadas a passagem da água em momento de cheias.



Figura 27 - Deslocamento do concreto e corrosão de armaduras nas transversinas da ponte da Av. da Saudade.
Fonte: Própria (2023).

Foi observado também, a corrosão de armaduras em algumas áreas da ponte, como indica na Figura 28. Além disso, foi feito ensaio de carbonatação com solução de fenolftaleína aplicada sobre a área de corrosão e o resultado que se teve foi forte indicação de corrosão das armaduras, visto que as zonas centrais não mudarem de cor com a aplicação da solução, conforme indica nesta figura. Essa corrosão está

relacionada a agressividade ambiental e sobretudo, à perda do revestimento de concreto nessa região a estrutura.



Figura 28 - Corrosão de armaduras nas transversinas da ponte da Av. da Saudade.
Fonte: Própria (2023).

Com base nas manifestações patológicas observadas na ponte da Av. da Saudade, pode-se constatar que a sua estrutura se apresenta em condições satisfatórias, mostrando apenas algumas manifestações patológicas isoladas em alguns elementos construtivos, que no momento, não causam risco de colapso iminente. No que diz respeito aos aspectos funcionais, os danos são leves e gera pouco desconforto ao usuário, sem comprometer a segurança, mas requerem ações de médio prazo. E em relação à durabilidade, devido às pequenas e poucas manifestações patológicas, sua vida útil pode ser afetada, portanto, é necessário que terapias sejam aplicadas.

Diante desse contexto, as intervenções propostas e as recomendações terapêuticas visam, de maneira geral, não apenas mitigar os danos existentes, mas também aprimorar a durabilidade da estrutura. Desta forma, é possível caracterizar todas as manifestações patológicas como resultantes de inadequabilidades na execução da concretagem na fase de construção, aliadas a fenômenos de lixiviação e corrosão em áreas específicas, sem, contudo, evidenciar a formação de

mecanismos que, a curto prazo, levem à ruptura estrutural. Todavia, estas manifestações patológicas devem ser tratadas de modo a não venham a evoluir para cenários graves que podem pôr em risco a estabilidade e segurança da estrutura.

4.1.2 Ponte sobre o Rio Tavares

No que diz respeito a ponte sobre o Rio Tavares, conforme a inspeção realizada foram identificadas as seguintes manifestações patológicas:

- fissuração do pavimento;
- corrosão de armaduras;
- presença de infiltração com mofo/bolor;
- Eflorescências;
- deslocamento de concreto.

As fissuras no pavimento são também semelhantes às fissuras encontradas na ponte da Av. da Saudade, ou seja, entre a ponte e o terrapleno e também podem estar relacionadas aos ciclos de cargas dinâmicas sobre a estrutura. Sua apresentação é vista na Figura 29.

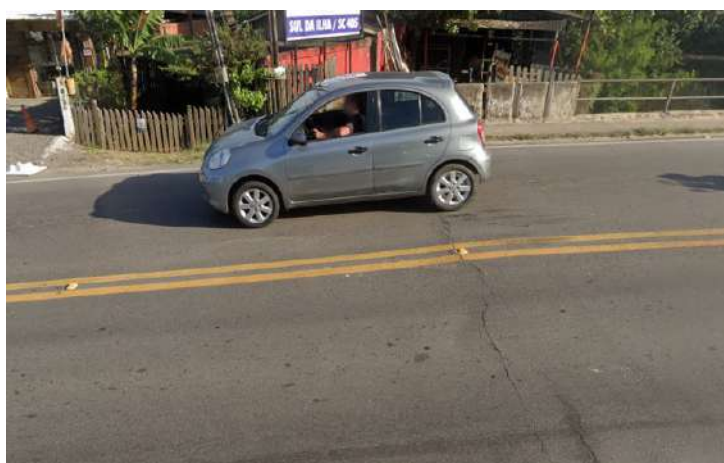


Figura 29 - Fissuração no pavimento da ponte sobre o Rio Tavares.
Fonte: Própria (2023).

Quanto a corrosão de armaduras, esta foi evidenciada em duas partes da estrutura: tabuleiro e guarda corpo, conforme ilustra a Figura 30. Essa anomalia pode estar relacionada com a perda do cobrimento de concreto devido a ciclos de cheias ou mesmo a ineficiência na concretagem.



Figura 30 - Corrosão de armaduras do tabuleiro e do guarda corpo na ponte sobre o Rio Tavares.

Fonte: Própria (2023).

A presença de infiltração com mofo/bolor foi evidenciada juntamente com a eflorescência, próximo do local de abertura de uma tubulação de drenagem. Devido a uma falha na tubulação, a água escorre pela área da abertura o que acaba gerando um local úmido e propício ao surgimento dessas anomalias.



Figura 31 – Mofa/bolor e eflorescências no tabuleiro da ponte sobre o Rio Tavares.
Fonte: Própria (2023).

E quanto ao deslocamento de concreto, este foi observado no tabuleiro e nos guarda corpos, como mostrado na Figura 32. O deslocamento pode estar relacionado às falhas na concretagem e também a incidência de água sobre essas áreas que pode ser da chuva ou ciclos de cheias do rio, ou ainda, à ação de vândalos.



Figura 32 - Deslocamento de concreto no tabuleiro e nos guarda corpos da ponte sobre o Rio Tavares.
Fonte: Própria (2023).

De maneira geral, em relação aos aspectos estruturais, pode-se observar que a ponte sobre o Rio Tavares apresenta danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, contudo, não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra. Quanto a funcionalidade, a estrutura apresenta pequenos danos que causam leve desconforto ao usuário. E para a durabilidade, apresenta pequenas e poucas manifestações patológicas, que comprometem sua vida útil. Esses danos podem e

relacionados com a ausência de manutenções e com a agressividade ambiental do local onde a estrutura se localiza. Sendo assim, faz-se necessário que terapias sejam aplicadas e esses danos tratados. As recomendações de tratamento visam mitigar essas anomalias e de modo complementar, garantir que a estrutura possa desempenhar suas funções com segurança e ofereça durabilidade.

4.2 Resultados da matriz GUT

De modo complementar, foi realizada a aplicação da metodologia da Matriz GUT nas duas pontes em análise para se obter a lista de priorização dos danos e verificar quais os danos mais severos e que devem ser tratados primeiro em uma possível recuperação estrutural. Nas fichas de inspeção da Matriz GUT foram considerados os elementos da superestrutura: lajes, longarinas, transversinas, pavimento, guarda-corpos, juntas de dilatação, barreiras/defensas; mesoestrutura: aparelhos de apoio, vigas de contraventamento, pilares; infraestrutura: bloco de fundação, fundações; outros elementos, tais como: taludes, iluminação, aterro de acesso, gabaritos, proteção dos pilares. Onde as manifestações patológicas observadas foram: deslocamento do concreto, mofo/bolor, eflorescência, fissuras, trincas, lixiviação de elementos e corrosão de armaduras.

Com base na ficha de inspeção elaborada para a ponte da Av. da Saudade, a qual pode ser encontrada no Anexo B deste trabalho, foram atribuídos os pesos para as anomalias encontradas, para o qual foi gerado o gráfico das pontuações por tipo de manifestação patológica na referida ponte, o qual é apresentado na Figura 33. Onde se pode observar que para a superestrutura (Fig. 33a), a manifestação com maior pontuação, ou seja, aquela mais grave e que deve ser tratada primeiro é a corrosão de armaduras, enquanto que a menos grave é a infiltração e mofo/bolor, isso para a superestrutura.

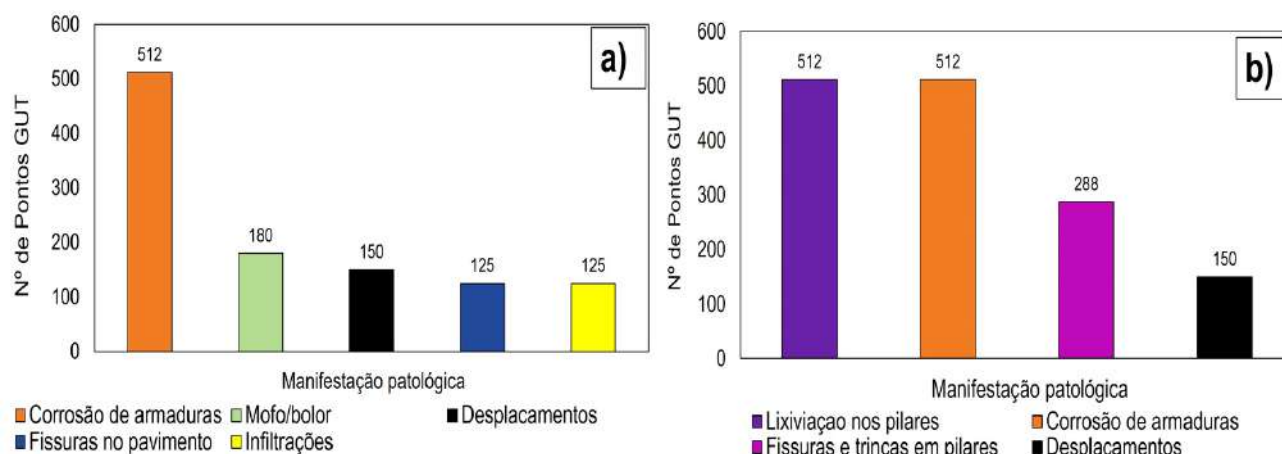


Figura 33 - Pontuações para cada tipo de manifestação patológica na ponte da Av da Saudade: a) superestrutura e b) mesoestrutura.

Fonte: Própria (2023).

Já na mesoestrutura (Fig. 33b), a manifestação patológica mais grave é a lixiviação nos pilares juntamente com a corrosão de armaduras, sobretudo nas transversinas, e por fim, o dano menos grave é o deslocamento de concreto causado pela expansão das armaduras pós carbonatação.

Na Tabela 4 tem-se a lista de prioridades para as manifestações patológicas observadas nessa ponte, considerando a superestrutura e a mesoestrutura.

Tabela 4 – Lista de priorização dos danos da ponte da Av. da Saudade.

Manifestação Patológica	Pontos	Prioridade
Corrosão de armaduras	512	1º
Lixiviação nos pilares	512	1º
Fissuras e trincas nos pilares	288	2º
Mofo/bolor	180	3º
Infiltrações	150	4º
Desplacamentos	150	4º
Fissuras no pavimento	125	5º

Fonte: Própria (2023).

Para a ponte sobre o Rio Tavares, de acordo com sua ficha de inspeção do Anexo B deste trabalho, na qual foi possível inspecionar a superestrutura, a partir dos pesos atribuídos para as anomalias encontradas, foi gerado também o gráfico das pontuações por tipo de manifestação patológica na, o qual é apresentado na Figura 34, onde se verifica que a manifestação com maior, pontuação, sendo portanto, a mais grave e que deve ser tratada primeiro é a corrosão de armaduras evidenciada no

tabuleiro e nos guarda corpos, enquanto que a menos grave é a infiltração e fissuras no pavimento. A Tabela 5 tem-se a lista de prioridades das manifestações patológicas para esta ponte.

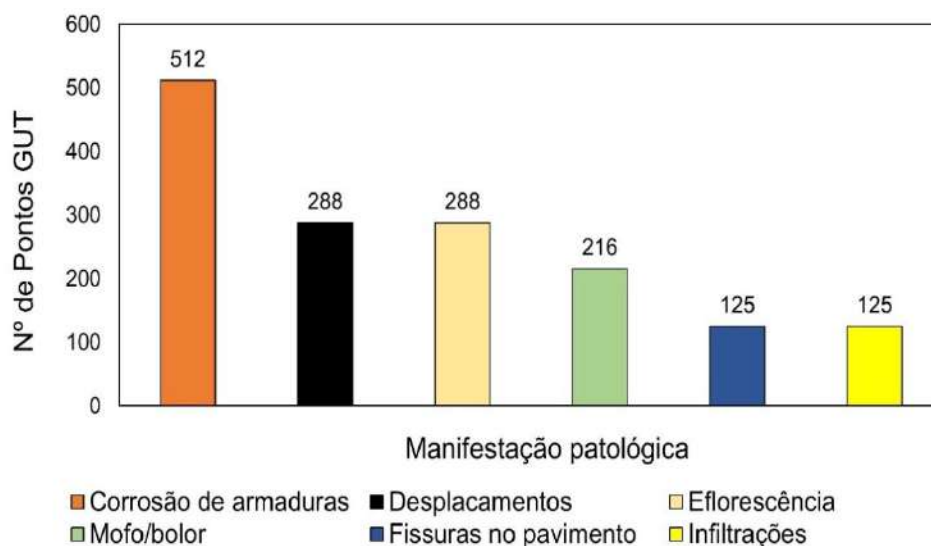


Figura 34 - Pontuações para cada tipo de manifestação patológica na ponte sobre o Rio Tavares.

Fonte: Própria (2023).

Tabela 5– Lista de priorização dos danos da ponte sobre o Rio Tavares.

Manifestação Patológica	Pontos	Prioridade
Corrosão de armaduras	512	1º
Desplacamentos	288	2º
Eflorescência	288	2º
Mofo/bolor	216	3º
Fissuras no pavimento	125	4º
Infiltrações	125	4º

Fonte: Própria (2023).

Com base nos gráficos de pontuações e nas listas de prioridades das tabelas para cada uma das pontes, pode-se ter uma melhor visualização dos dados e inferir quais as manifestações patológicas mais graves e que devem ser tratadas primeiro e quais as anomalias que não necessitam de intervenção imediata. Sendo assim, a avaliação das manifestações patológicas por meio da Matriz GUT e a sua representação em gráficos e tabelas, são ferramentas cruciais para apoiar o gestor na

tomada de decisões, desempenhando um papel fundamental na preservação e garantia da segurança da estrutura.

4.3 Recomendações de terapia

A partir dos problemas apresentados e da priorização de resolução de cada um dos mesmos, através da aplicação da Matriz GUT, é possível prever recomendações de terapia ordenadas para cada uma das pontes com base na pontuação de cada parâmetro (estrutural, funcional e durabilidade) de acordo com a inspeção rotineira.

Todas as recomendações propostas devem ser feitas por engenheiro e/ou empresa especializada.

4.3.1 Ponte da Avenida da Saudade

Como recomendações de terapias para as manifestações patológicas observadas na OAE em análise, temos em ordem de priorização:

Corrosão de armaduras: o tratamento da corrosão de armaduras é essencial para garantir a segurança e durabilidade da estrutura da ponte, para isso deve-se proceder primeiramente com a delimitação da área do reparo; em seguida é feita a remoção do material afetado, limpeza e preparação da camada de aderência; logo após é aplicado um revestimento da armadura, que pode ser a base de zinco ou a base de Epóxi ou polímeros para criar uma camada impermeável, prevenindo a entrada de água e agentes corrosivos; por fim é feita a recomposição do concreto.

Lixiviação nos pilares: pode-se fazer a remoção da camada afetada, depois utilizar

concreto de alta resistência para repará-las e aplicar revestimentos protetores à base de epóxi ou polímeros para prevenir futuras lixiviações.

Fissuras e trincas em pilares: injeção de resina Epóxi de alta resistência; técnica de grampeamento; reforço com aço ou fibras de carbono.

Mofo/bolor: para tratar esse dano deve-se fazer a limpeza do local afetado com solução a base de água e vinagre ou detergente e escovar bem a zona. Em seguida é feito o reparo no vazamento que pode estar umidificando a área e aplicação de impermeabilizantes na mesma. Pode-se ainda aplicar produtos antifúngicos específicos para concreto, disponíveis comercialmente, para inibir o crescimento futuro de mofo e bolor.

Desplacamento de concreto: pode-se fazer a recomposição da área afetada com argamassa nova. Para isso, é feita primeiramente a remoção do concreto deslocado, limpeza do local e aplicação da camada base com argamassa modificada, de modo a criar uma superfície estável e aderente. Por fim, é feita a reconstrução da área afetada usando concreto de alta resistência e aditivos compatíveis para garantir uma ligação eficaz com o substrato.

Fissuras em pavimentos: o tratamento pode variar a depender da extensão, profundidade e causa das fissuras, todavia, como são superficiais, pode-se recorrer as seguintes técnicas: selagem de fissuras com selantes elastoméricos; recapeamento; ou mesmo a injeção de resina Epóxi.

4.3.2 Ponte sobre Rio Tavares

Como recomendações de terapias para as manifestações patológicas observadas na OAE em análise, temos em ordem de priorização:

Corrosão de armaduras: deve-se proceder com a delimitação da área do reparo; em seguida é feita a remoção do material afetado, limpeza e preparação da camada de aderência; logo após é aplicado um revestimento da armadura, que pode ser a base de zinco ou a base de Epóxi ou polímeros para criar uma camada impermeável, prevenindo a entrada de água e agentes corrosivos; por fim é feita a recomposição do concreto.

Desplacamento de concreto: pode-se fazer a recomposição da área afetada com argamassa nova. Para isso, é feita primeiramente a remoção do concreto deslocado, limpeza do local e aplicação da camada base com argamassa modificada, de modo a criar uma superfície estável e aderente. Por fim, é feita a reconstrução da área afetada usando concreto de alta resistência e aditivos compatíveis para garantir uma ligação eficaz com o substrato.

Eflorescência: deve-se fazer a limpeza do local afetado com solução a base de água e vinagre ou ácido acético, realizar a aplicação de materiais impermeabilizantes sobre substratos com argamassa de revestimento sem cal.

Mofo/bolor: deve-se fazer a limpeza do local afetado com solução a base de água e vinagre ou detergente e escovar bem a zona. Em seguida é feito o reparo no vazamento que pode estar umidificando a área e aplicação de impermeabilizantes na mesma. Pode-se ainda aplicar produtos antifúngicos específicos para concreto, disponíveis comercialmente, para inibir o crescimento futuro de mofo e bolor.

Fissuras em pavimentos: as fissuras são superficiais, logo, pode-se recorrer as seguintes técnicas: selagem de fissuras com selantes elastoméricos; recapeamento; ou mesmo a injeção de resina Epóxi.

5 CONCLUSÕES

As pontes são estruturas essenciais ao sistema viário, pois possibilitam a continuidade das malhas de transporte, conectando cidades e até mesmo países e, como todo tipo de estrutura, também estão sujeitas a diversos cenários de degradação, que podem afetar sua segurança, funcionalidade e durabilidade.

O presente trabalho objetivou analisar as manifestações patológicas existentes na estrutura de duas pontes localizadas na cidade de Florianópolis, Estado de Santa Catarina, quais sejam: ponte da Avenida da Saudade e Ponte sobre o Rio Tavares. Para isso, foi realizada a inspeção destas estruturas por meio da NBR 9452/2019 e a aplicação da metodologia de priorização de reparos dos danos da Matriz GUT.

Os resultados obtidos na inspeção mostraram que as principais manifestações patológicas da ponte da Av. da Saudade foram: fissuração do pavimento, fissuras e trincas nos pilares, lixiviação na base dos pilares, corrosão de armaduras, presença de infiltração com mofo/bolor e deslocamento de concreto. De acordo com os critérios da norma, para o aspecto estrutural, a ponte apresentou condições satisfatórias, com apenas algumas manifestações patológicas isoladas em alguns elementos construtivos, que não causam risco de colapso iminente. Já em relação a funcionalidade, os danos causam um leve desconforto ao usuário, contudo, sem comprometer a segurança, mas estes defeitos requerem ações de médio prazo. E para a durabilidade, a estrutura apresentou pequenas e poucas manifestações patológicas, que, de maneira geral, podem comprometer sua vida útil, portanto, é necessário que terapias sejam aplicadas.

Como estratégia de priorização segundo a matriz GUT, considerando-se a superestrutura, a corrosão de armaduras foi constatada como sendo o dano mais grave e que deve ser ratado primeiro, em uma possível recuperação da estrutura. Já para a mesoestrutura, a manifestação patológica mais grave foi a lixiviação nos pilares juntamente com a corrosão de armaduras, presente principalmente nas transversinas. Desta forma, pode-se concluir que os danos mais graves para esses dois subsistemas desta ponte foram a corrosão de armaduras e a lixiviação dos pilares.

Para a ponte sobre o Rio Tavares, conforme a inspeção, as principais manifestações patológicas observadas foram: fissuração do pavimento, corrosão de

armaduras, presença de infiltração com mofo/bolor, eflorescências e deslocamento de concreto. Para o aspecto estrutural, a estrutura apresentou danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, contudo, não há sinais de comprometimento de sua estabilidade. Para a funcionalidade, apresentou pequenos danos que causam leve desconforto ao usuário, mas que devem ser tratados. Para a durabilidade, a estrutura, assim como a ponte anterior, apresentou pequenas e poucas manifestações patológicas, que comprometem sua vida útil. Sendo assim, faz-se necessário estas sejam adequadamente tratadas. E com base na Matriz GUT, foi verificado que a maior pontuação ocorreu na corrosão de armaduras evidenciada no tabuleiro e nos guarda corpos, portanto, é a que primeiro deve ser tratada em possível recuperação.

Diante desse contexto, as intervenções propostas e as recomendações terapêuticas visam, de maneira geral, não apenas mitigar os danos existentes, mas também aprimorar a durabilidade das pontes. A inspeção segundo critérios da NBR 9452/2019 é uma ferramenta muito útil na prática de manutenções periódicas deste tipo de obra e quando aliada à metodologia da Matriz GUT pode ser ainda mais eficiente, uma vez que a GUT pode gerar uma lista de priorização das anomalias e definir aquelas que demandam ação imediata ou planejamento estratégico, no que se refere a futuras ações de manutenção, o que facilita e serve de suporte na gestão da manutenção deste tipo de estrutura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C. **Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras**. 1ª ed. São Paulo: PINI, 1992.

ANTONIAZZI, J. P. **Patologia da construção**: abordagem e diagnóstico. Monografia (Graduação em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. ABNT: Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9452**: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto — Procedimento. ABNT: Rio de Janeiro, 2019.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 2008. Volume 2.

BELÉM, J. M. F. **Umidade nas edificações**: causas, consequências e medidas preventivas. Monografia de Graduação, Universidade Regional do Cariri, Juazeiro do Norte, 2011.

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (DNIT). **Manual de inspeções de pontes rodoviárias**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2004.

CARMO, Paulo Obregon do. **Patologia das construções**. Santa Maria, Programa de atualização profissional – CREA – RS, 2003.

CHEMBOUK, M. The deterioration of reinforced concrete and the option of high performance reinforced concrete. **Procedia Engineering**, Argel, V. 125, pp. 713-724, 2015.

CORDEIRO, J.G.P. **Aparelhos de apoio em pontes vida útil e procedimentos de substituição**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2014.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGENS DO PARANÁ (DER/PR). **Manual técnico de recuperação de estruturas de obras de arte especiais**. Curitiba: DER/PR, 2021.

EL DEBS, M. K.; TAKEYA, T. **Apostila de Pontes - ANEXO 6**. São Carlos, USP – Universidade de São Paulo, 2009. Notas de aula.

EL PAÍS. (2018). **Parte de viaduto no Eixão Sul desaba no centro de Brasília**. Disponível em: https://brasil.elpais.com/brasil/2018/02/06/politica/1517926437_579911.html. Acesso em: 10/08/2023.

FARRAPO, M. A. F.; AMORIM, B. M. FURTADO, F. A.; MONEIRO, L. M. S.; LINHARES, P. R. P.; COELHO, F. C. A. Análise das manifestações patológicas apresentadas na ponte sobre o Rio Acaraú, Sobral-CE. In: IX Congresso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras, 9, 2013, Paraíba. **Anais...** Paraíba, 2013.

FELIPPE FILHO, W. N. **Avaliação dos coeficientes de impacto utilizados no cálculo de pontes rodoviárias via análise dinâmica de estruturas**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.

FERNANDES, A. V. B.; CORREIA, V. C. Uma introdução ao estudo das pontes em viga. **Ciências exatas e tecnológicas**, v. 4, n. 1, p. 115-138, Março 2017.

G1. (2022). **Ponte despenca com caminhão em cima e deixa homens ilhados em SC; VÍDEO**. Disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2022/10/11/ponte-despenca-com-caminhao-em-cima-e-deixa-homens-ilhados-em-sc-video.ghtml>. Acesso em: 10/08/2023.

G1. (2022). **Fotos mostram antes e depois de ponte que desabou no AM**. Disponível em: <https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2022/10/09/fotos-mostram-antes-e-depois-de-ponte-que-desabou-no-am.ghtml>. Acesso em: 10/08/2023.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Plano de mobilidade urbana sustentável da grande Florianópolis**. Florianópolis, 2014.

GUERRA, F. L.; CUNHA, E. G.; SILVA, A. C.; KNOP, S. **Análise das condições favoráveis à formação de bolor em edificação histórica de Pelotas, RS, Brasil**. In: Ambiente Construído, 2012, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 7-23, out./dez. 2012.

HELENE, Paulo R. L. **Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Pini, 1992.

HENRIQUES, F. M. A. **Umidade em paredes**. Série Conservação e Reabilitação, nº 1, LNEC, Lisboa, 1994.

IBRAOP. (2018). **Sobre a queda do viaduto da Marginal, em São Paulo**. Disponível em: <https://www.ibraop.org.br/blog/2018/12/16/sobre-a-queda-do-viaduto-da-marginal-em-sao-paulo/>. Acesso em: 10/08/2023.

JESUS, J.J.C. **Caraterização Geométrico-Estrutural de Pontes em Arco de Alvenaria na Região de Bragança**. São Paulo: Instituto Politécnico de Bragança, 2013.

JONOV, Cristiane Machado Parisi; NASCIMENTO, Nilo de Oliveira; PAULO E SILVA, Adriano de. Avaliação de danos às edificações causados por inundações e obtenção dos custos de recuperação. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, RS, BRASIL, v.13, n.1, p.75-94, janeiro a março de 2013.

KLEIN, D. L. Apostila do Curso de Patologia das Construções. In: 10º Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, 1999, Porto Alegre. **Anais...** 1999.

LANER, F. J. **Manifestações Patológicas nos viadutos, pontes e passarelas do município de Porto Alegre**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LEONHARDT, F. **Construções de concreto**, vol. 6: Princípios básicos da construção de pontes de concreto. Rio de Janeiro. Editora Interciência, 1979.

MACEDO, José Vitor; BATISTA, Pedro; LOPES, Pedro; SOUZA, Ruan; MONTEIRO, Eliana. Manifestações patológicas causadas pela umidade devido à falha ou ausência de impermeabilização: estudo de caso. In: Conferência Nacional de Patologia e Recuperação de Estruturas, 2017, Recife. **Anais...Recife**, 2017.

MANTAS, Vasco Gil. Vias romanas e viagens transfronteiriças no século XVI, in CRUZ VILLALÓN, Maria (Coord.). **Viajes, viajeros y obra pública**. Extremadura entre España y Portugal, Extremadura Artística, nº 6, Universidad de Extremadura, 2014, pp. 75-98.

MARCHETTI, O. **Pontes de concreto armado**. São Paulo: Editora BLUCHER, 2008.

MARQUES, S. J. P. J; MATOS, C. B. M; SILVA, L. S.; MARQUES FILHO, S. J. P. J. Recuperação Estrutural da Ponte Getúlio Vargas – PE. In: X Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, 2018, Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro, 2018.

MARTINS, N. P.; PESSOA, R; NASCIMENTO, R. Priorização na Resolução de Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto Armado: Método GUT. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 2, n. 3, p.139-147, 28 ago. 2017.

MEDEIROS, A. G. de. **Análise de durabilidade da ponte do Rio do Carmo utilizando ensaios não destrutivos, norma DNIT e a metodologia GDE/UNB**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

MENDES, L. C. **Pontes**. Niterói: EdUFF, 2003.

NUERNBERG, R.; SILVA, B.V. **Estudo das possíveis causas do deslocamento longitudinal de vigas sobre aparelhos de apoio em viaduto da rodovia BR-101/SC**. 2014.

O MUNICÍPIO. (2021). **Prefeitura de Brusque explica vistoria realizada na ponte do Guarani, que caiu nesta quarta-feira**. Disponível em: <https://omunicipio.com.br/prefeitura-de-brusque-explica-vistoria-realizada-na-ponte-que-caiu-nesta-quarta-feira-no-guarani/>. Acesso em: 10/08/2023.

PIAZZA, S. R.; et al. Avaliação de manifestações patológicas na Ponte Rio do Carmo através da ferramenta GUT. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 88863-88881, 2020.

PIMENTEL, B. **Patologias em estruturas de concreto e aço, Estudo de caso: pontes Pedro Ivo Campos e Colombo Machado Salles**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil)- Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2021.

PINTAN, M. N. **Manifestações Patológicas e Estudos da Corrosão Presente em Pontes do Recife**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Pernambuco, Recife, 2013.

PONTE AVENIDA DA SAUDADE. (2023). **Google Maps**. Disponível em: <https://www.google.com/maps/@-27.5760001,-48.5204218,16.75z?entry=ttu>. Acesso em: 10/10/2023.

PONTE SOBRE O RIO TAVARES. (2023). **Google Maps**. Disponível em: <https://www.google.com/maps/@-27.6595902,48.5036745,227m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>. Acesso em: 10/10/2023.

SANTOS, K. C. S.; SANTOS, M. F. S.; FERREIRA, C. V. Levantamento das manifestações patológicas com aplicação do GUT: estudo de caso em duas pontes de concreto armado em Caxias/MA. In: Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação das Construções XVII, 2021, Fortaleza. **Anais...**Fortaleza, 2021.

SARTORTI, A. L. **Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas-SP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

SHIRAKAWA, M. A.; MONTEIRO, A. B. B.; SELMO, S. M. S.; CINCOTTO, M. A. Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 1995, Goiânia. **Anais...**, 1995.

SILVA, L. K. da. **Levantamento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado no estado do Ceará**. Fortaleza:2011. Monografia de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará.

SILVA, R. A.; OLIVEIRA, M. S.; SOUZA JUNIOR, A. C. S.; RODRIGUES, L. A. Inspeções em pontes de concreto armado – um estudo de caso na ponte sobre o rio Santa Helena – MT 206, **Revista Multidisciplinar**, v. 10, n.1, pp. 163-181, 2021.

SORIANO, J. (2004). **Patologias das Construções**. Itatiba, USF – Universidade São Francisco, agosto. Notas de aula.

SOUZA, Marcos Ferreira de. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. Monografia de Especialização, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SOUZA, V. C. M. de; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1998.

TEJEDOR, C. M. **Patologias, recuperação e reforço com protensão externa em estruturas de pontes**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

VERÇOZA, E. J. **Patologia das edificações**. Porto Alegre: Sagra, 1991.

VERZOLA, S. N.; MARCHIORI, F; ARAGON, J. O. Proposta de lista de verificação para inspeção predial x urgência das manutenções. In: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014, Maceió. **Anais...** Maceió, 2014.

VITÓRIO, J. A. P. **Fundamentos da erosão nas fundações de pontes e nos aterros de acesso**. 2ª Edição revisada e atualizada). Escola Politécnica de Pernambuco, 2022.

VITÓRIO, J. A. P. **Pontes rodoviárias: fundamentos, conservação e gestão**. Recife, CREA-PE, 2002.

VITÓRIO, J. A. P. **Reforço de fundações de pontes e viadutos rodoviários**. BRACON-DR RECIFE, 2014.

ANEXO A

Fichas de inspeção rotineira segundo a NBR 9452/2019.

Ponte sobre a Avenida da Saudade.

FICHA DE INSPEÇÃO ROTINEIRA SEGUNDO A NBR 9452/2019

Ficha de Inspeção Rotineira	
Inspeção rotineira (ano): 2023	OAE Código: Não informado
Jurisdição (Órgão, Concessão ou outro): Municipal, Prefeitura de Florianópolis	Data da inspeção: 24/10/2023
Parte I – Informações Gerais	
A - Identificação e localização	
Via ou município: Av. da Saudade	Sentido: Ilha-Continente
Obra: Ponte sobre o Rio Sertão	Localização (km ou endereço): 27°34'40.0"S 48°31'12.5"W
B – Histórico das inspeções	
Inicial: Não identificado	Última rotineira: Não identificado
Especial: Não identificado	
C- Descrição das intervenções executadas ou em andamento	
Reparos: Não identificado	
Alargamentos: Não identificado	
Reforços: Não identificado	
Parte II – Registro das manifestações patológicas	
A- Elementos estruturais	
Superestrutura: Armadura exposta, infiltração, presença de limo, deslocamento de concreto.	

Mesoestrutura: Fissuras, trincas, lixiviação.
Infraestrutura: Nenhum registro.
Aparelhos de apoio: Nenhum registro.
Juntas de dilatação: N.A
Outras peculiaridades: N.A
Encontros: Nenhum registro.
Outros elementos: N.A
B- Elementos da pista ou funcionais
Pavimento: Fissuração nas áreas de entradas à ponte.
Acostamento e refúgio: Não se aplica
Drenagem: Nenhum registro.
Guarda-corpos: Nenhum registro.
Barreira de concreto / Defesa metálica: Não se aplica.
C - Outros elementos
Taludes: Não se aplica.
Iluminação: Nenhum registro.
Sinalização: Nenhum registro.
Gabaritos: SEÇÃO LONGITUDINAL: comprimento total: 20,70m; nº de vãos: 2; SEÇÃO TRANSVERSAL: Largura total: 14,80m; largura das pistas: 10,50m; nº de faixas: 3; nº de acostamentos: 1.
Proteção de pilares: com toneis metálicos, provavelmente utilizados como forma e deixados após a concretagem.
D - Informações complementares
A ponte avaliada nesta inspeção apresentou diversas manifestações patológicas, algumas decorrentes da fase de concretagem e outras devidas a ausência de manutenção regular. Foram observadas as seguintes manifestações patológicas em muitas áreas da OAE: fissuração do pavimento, fissuras e trincas nos pilares, lixiviação na base dos pilares, corrosão de armaduras, presença de infiltração com mofo/bolor e deslocamento de concreto. Diante desse contexto, as intervenções propostas e as recomendações terapêuticas visam não apenas mitigar os danos existentes, mas também aprimorar a durabilidade da OEA. Desta forma, é possível

caracterizar todas as manifestações patológicas como resultantes de inadequabilidades na execução da concretagem na fase de construção, aliadas a fenômenos de lixiviação e corrosão em áreas específicas, sem, contudo, evidenciar a formação de mecanismos que, a curto prazo, levem à ruptura estrutural. Todavia, estas manifestações patológicas devem ser tratadas de modo a não venham a evoluir para cenários graves que podem pôr em risco a estabilidade e segurança da estrutura.

E – Recomendações de terapia

Como recomendações de terapias para as manifestações patológicas observadas na OAE em análise, seguem as recomendações:

Fissuras em pavimentos: o tratamento pode variar a depender da extensão, profundidade e causa das fissuras, todavia, como são superficiais, pode-se recorrer as seguintes técnicas: selagem de fissuras com selantes elastoméricos; recapeamento; ou mesmo a injeção de resina Epóxi.

Fissuras e trincas em pilares: injeção de resina Epóxi de alta resistência; técnica de grampeamento; reforço com aço ou fibras de carbono.

Lixiviação nos pilares: pode-se fazer a remoção da camada afetada, depois utilizar concreto de alta resistência para repará-las e aplicar revestimentos protetores à base de epóxi ou polímeros para prevenir futuras lixiviações.

Corrosão de armaduras: o tratamento da corrosão de armaduras é essencial para garantir a segurança e durabilidade da estrutura da ponte, para isso deve-se proceder primeiramente com a delimitação da área do reparo; em seguida é feita a remoção do material afetado, limpeza e preparação da camada de aderência; logo após é aplicado um revestimento da armadura, que pode ser a base de zinco ou a base de Epóxi ou polímeros para criar uma camada impermeável, prevenindo a entrada de água e agentes corrosivos; por fim é feita a recomposição do concreto.

Mofa/bolor: para tratar esse dano deve-se fazer a limpeza do local afetado com solução a base de água e vinagre ou detergente e escovar bem a zona. Em seguida é feito o reparo no vazamento que pode estar umidificando a área e aplicação de impermeabilizantes na mesma. Pode-se ainda aplicar produtos antifúngicos específicos para concreto, disponíveis comercialmente, para inibir o crescimento futuro de mofo e bolor.

Deslocamento de concreto: pode-se fazer a recomposição da área afetada com argamassa nova. Para isso, é feita primeiramente a remoção do concreto deslocado, limpeza do local e aplicação da camada base com argamassa modificada, de modo a criar uma superfície estável e aderente. Por fim, é feita a reconstrução da área afetada usando concreto de alta resistência e aditivos compatíveis para garantir uma ligação eficaz com o substrato.

Todas as recomendações propostas devem ser feitas por engenheiro e/ou empresa especializada.

Parte III - Classificação da OAE (ver Seção 5)

Estrutural: 5

Funcional: 4

Durabilidade: 4

Justificativas:

ESTRUTURAL: *A estrutura apresenta-se em condições satisfatórias, apresentando apenas algumas manifestações patológicas isoladas em alguns elementos construtivos, que não causam risco, a curto prazo, de colapso.*

FUNCIONAL: *A estrutura apresenta danos que causam um leve desconforto ao usuário, contudo, desempenha sua função de maneira eficiente, sem comprometer a segurança, mas estes defeitos requerem ações de médio prazo.*

DURABILIDADE: *A estrutura apresenta pequenas e poucas manifestações patológicas, que, de maneira geral, podem comprometer sua vida útil, portanto, é necessário que terapias sejam aplicadas.*

Levantamento fotográfico (mínimo 8 fotos)



Foto 1 - Fissuras no pavimento.





Foto 3 - Lixiviação da base dos pilares.

Foto 2 - Trincas no pilar.



Foto 4 - Lixiviação nos pilares.



Foto 5 - Bofo/bolor na superestrutura.



Foto 6- Corrosão de armaduras na superestrutura.



Foto 7 - Deslocamento do concreto e corrosão de armaduras nas transversinas.



Foto 8 - Deslocamento do concreto nas transversinas.

Fonte: Adaptada de ABNT NBR 9452 (2019).

Ponte sobre o Rio Tavares.

FICHA DE INSPEÇÃO ROTINEIRA SEGUNDO A NBR 9452/2019

Ficha de Inspeção Rotineira	
Inspeção rotineira (ano): 2023	OAE Código: Não informado
Jurisdição (Órgão, Concessão ou outro): Municipal, Prefeitura de Florianópolis	Data da inspeção: 24/10/2023
Parte I – Informações Gerais	
A - Identificação e localização	
Via ou município: Rod. Francisco Magno Vieira	Sentido: Uma pista no sentido Costeira do Pirajubaé-Rio Tavares e duas no sentido Rio Tavares-Pirajubaé
Obra: Ponte sobre o Rio Tavares	Localização (km ou endereço): 27°39'35.9"S 48°30'10.7"W
B – Histórico das inspeções	
Inicial: Não identificado	Última rotineira: Não identificado
Especial: Não identificado	
C- Descrição das intervenções executadas ou em andamento	
Reparos: Não identificado	
Alargamentos: Não identificado	
Reforços: Não identificado	
Parte II – Registro das manifestações patológicas	
B- Elementos estruturais	
Superestrutura: Armadura exposta, infiltração, presença de limo, eflorescência, deslocamento de concreto.	
Mesoestrutura: Não se aplica.	
Infraestrutura: Não se aplica.	
Aparelhos de apoio: Não se aplica.	
Juntas de dilatação: Nenhum registro.	
Outras peculiaridades: Nenhum registro.	
Encontros: Não se aplica.	

Outros elementos: N.A
B- Elementos da pista ou funcionais
Pavimento: Fissuração nas áreas de entradas à ponte.
Acostamento e refúgio: Não se aplica
Drenagem: Nenhum registro.
Guarda-corpos: Fissuras, deslocamento e corrosão de armaduras.
Barreira de concreto / Defesa metálica: Não se aplica.
C - Outros elementos
Taludes: Não se aplica.
Iluminação: Nenhum registro.
Sinalização: Nenhum registro.
Gabaritos: SEÇÃO LONGITUDINAL: comprimento total: 21,70m; nº de vãos:1; SEÇÃO TRANSVERSAL: Largura total: 14,70m; largura das pistas: 10,80m; nº de faixas: 3.
Proteção de pilares: Não se aplica.
D - Informações complementares
Conforme a inspeção realizada, foram identificadas as seguintes manifestações patológicas em muitas áreas da OAE: fissuração do pavimento, corrosão de armaduras, presença de infiltração com mofo/bolor, eflorescências e deslocamento de concreto. Esses danos podem e relacionados com a ausência de manutenções periódicas e a agressividade do ambiente. As intervenções propostas e as recomendações terapêuticas visam além de mitigar os danos existentes, garantir que a estrutura possa desempenhar suas funções com segurança e tenha durabilidade. Sendo assim, os danos devem ser tratados de modo de modo que não venham a afetar a segurança da estrutura.
E – Recomendações de terapia
Considerando a extensão e quantidade de manifestações patológicas encontradas neste OAE, seguem as recomendações de terapia: <i>Fissuras em pavimentos:</i> as fissuras são superficiais, logo, pode-se recorrer as seguintes técnicas: selagem de fissuras com selantes elastoméricos; recapeamento; ou mesmo a injeção de resina Epóxi.

Corrosão de armaduras: deve-se proceder com a delimitação da área do reparo; em seguida é feita a remoção do material afetado, limpeza e preparação da camada de aderência; logo após é aplicado um revestimento da armadura, que pode ser a base de zinco ou a base de Epóxi ou polímeros para criar uma camada impermeável, prevenindo a entrada de água e agentes corrosivos; por fim é feita a recomposição do concreto.

Mofo/bolor: deve-se fazer a limpeza do local afetado com solução a base de água e vinagre ou detergente e escovar bem a zona. Em seguida é feito o reparo no vazamento que pode estar umidificando a área e aplicação de impermeabilizantes na mesma. Pode-se ainda aplicar produtos antifúngicos específicos para concreto, disponíveis comercialmente, para inibir o crescimento futuro de mofo e bolor.

Eflorescência: deve-se fazer a limpeza do local afetado com solução a base de água e vinagre ou ácido acético, realizar a aplicação de materiais impermeabilizantes sobre substratos com argamassa de revestimento sem cal.

Desplacamento de concreto: pode-se fazer a recomposição da área afetada com argamassa nova. Para isso, é feita primeiramente a remoção do concreto deslocado, limpeza do local e aplicação da camada base com argamassa modificada, de modo a criar uma superfície estável e aderente. Por fim, é feita a reconstrução da área afetada usando concreto de alta resistência e aditivos compatíveis para garantir uma ligação eficaz com o substrato.

Todas as medidas reparadoras propostas devem ser feitas por engenheiro e/ou empresa especializada.

Parte III - Classificação da OAE (ver Seção 5)

Estrutural: 3

Funcional: 4

Durabilidade: 4

Justificativas:

ESTRUTURAL: *A estrutura apresenta danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, contudo, não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra. Recomenda-se intervenções a médio prazo.*

FUNCIONAL: *A estrutura apresenta pequenos danos que causam leve desconforto ao usuário. Não dá sensação de insegurança, mas devem ser tratados.*

DURABILIDADE: *A estrutura apresenta pequenas e poucas manifestações patológicas, que comprometem sua vida útil. Sendo assim, faz-se necessário que terapias sejam aplicadas e esses danos tratados.*

Levantamento fotográfico (mínimo 8 fotos)



Foto 1 - Fissuras no pavimento.



Foto 2 – Corrosão no tabuleiro.



Foto 3 – Corrosão no tabuleiro da ponte, próximo ao apoio.



Foto 4 – Corrosão no tabuleiro.



Foto 5 – Bofo/bolor na saída da drenagem.



Foto 6- Eflorescência na saída da drenagem.



Foto 7 – Deslocamento do concreto e corrosão de armaduras no tabuleiro.



Foto 8 – Deslocamento e corrosão no guarda-corpo.

Fonte: Adaptada de ABNT NBR 9452 (2019).

ANEXO B

Aplicação da matriz GUT nas pontes estudo de caso.

Ponte sobre a Avenida da Saudade.

FICHA DE INSPEÇÃO - MATRIZ GUT				
Elementos da superestrutura: lajes, longarinas, transversinas, pavimento, guarda-corpos, juntas de dilatação, barreiras/defensas.				
Manifestação patológica	Método GUT			
	G	U	T	Pontuação
Fissuras, trincas ou rachaduras	5	5	5	125
Infiltrações	5	5	5	125
Desplacamento, empolamento ou pulverulência.	6	5	5	150
Eflorescência	-	-	-	-
Manchamento devido a umidade	-	-	-	-
Presença de bolor ou mofo	5	6	6	180
Lixiviação de elementos	-	-	-	-
Desagregação de elementos, partes soltas, partes quebradas.	-	-	-	-
Elementos com corrosão de armaduras	8	8	8	512
(Outras observações)	-	-	-	-
(Outras observações)	-	-	-	-
(Outras observações)	-	-	-	-
TOTAL DE PESOS				1128
Mesoestrutura: aparelhos de apoio, vigas de contraventamento, pilares.				
Manifestação patológica	Método GUT			
	G	U	T	Pontuação
Fissuras, trincas ou rachaduras	8	6	6	288
Infiltrações	-	-	-	-
Desplacamento, empolamento ou pulverulência	6	5	5	150
Eflorescência	-	-	-	-
Manchamento devido a umidade	-	-	-	-
Presença de bolor ou mofo	-	-	-	-
Lixiviação de elementos	8	8	8	512
Desagregação de elementos, partes soltas, partes quebradas.	-	-	-	-
Elementos com corrosão de armaduras	8	8	8	512
Danos no aparelho de apoio	-	-	-	-
(Outras observações)	-	-	-	-
(Outras observações)	-	-	-	-
(Outras observações)	-	-	-	-
TOTAL DE PESOS				1462

Infraestrutura: bloco de fundação, fundações.				
Manifestação patológica	Método GUT			
	G	U	T	Pontuação
Fissuras, trincas ou rachaduras	-	-	-	-
Infiltrações	N A	NA	NA	NA
Destacamento, empolamento ou pulverulência.				
Eflorescência	N A	NA	NA	NA
Manchamento devido a umidade	N A	NA	NA	NA
Presença de bolor ou mofo	N A	NA	NA	NA
Irregularidade geométrica (prumo)	N A	NA	NA	NA
Desagregação de elementos, partes soltas, partes quebradas.	N A	NA	NA	NA
Elementos com corrosão de armaduras	N A	NA	NA	NA
Erosão de fundações	N A	NA	NA	NA
(Outras observações)	N A	NA	NA	NA
(Outras observações)	N A	NA	NA	NA
(Outras observações)	N A	NA	NA	NA
TOTAL DE PESOS				NA

Fonte: Adaptado de VERZOLA; MARCHIORI; ARAGON (2014).

Ponte sobre o Rio Tavares.

FICHA DE INSPEÇÃO - MATRIZ GUT				
Elementos da superestrutura: lajes, longarinas, transversinas, pavimento, guarda-corpos, juntas de dilatação, barreiras/defensas.				
Manifestação patológica	Método GUT			
	G	U	T	Pontuação
Fissuras, trincas ou rachaduras	5	5	5	125
Infiltrações	5	5	5	125
Desplacamento, empolamento ou pulverulência.	6	6	8	288
Eflorescência	6	6	8	288
Manchamento devido a umidade	-	-	-	-
Presença de bolor ou mofo	6	6	6	216
Lixiviação de elementos	-	-	-	-
Desagregação de elementos, partes soltas, partes quebradas.	-	-	-	-

Elementos com corrosão de armaduras	8	8	8	512
(Outras observações)	-	-	-	-
(Outras observações)	-	-	-	-
(Outras observações)	-	-	-	-
TOTAL DE PESOS				1554
Mesoestrutura: aparelhos de apoio, vigas de contraventamento, pilares.				
Manifestação patológica	Método GUT			
	G	U	T	Pontuação
Fissuras, trincas ou rachaduras	NA	NA	NA	NA
Infiltrações	NA	NA	NA	NA
Destacamento, empolamento ou pulverulência	NA	NA	NA	NA
Eflorescência	NA	NA	NA	NA
Manchamento devido a umidade	NA	NA	NA	NA
Presença de bolor ou mofo	NA	NA	NA	NA
Lixiviação de elementos	NA	NA	NA	NA
Desagregação de elementos, partes soltas, partes quebradas.	NA	NA	NA	NA
Elementos com corrosão de armaduras	NA	NA	NA	NA
Danos no aparelho de apoio	NA	NA	NA	NA
(Outras observações)	NA	NA	NA	NA
(Outras observações)	NA	NA	NA	NA
(Outras observações)	NA	NA	NA	NA
TOTAL DE PESOS				NA
Infraestrutura: bloco de fundação, fundações.				
Manifestação patológica	Método GUT			
	G	U	T	Pontuação
Fissuras, trincas ou rachaduras	NA	NA	NA	NA
Infiltrações	NA	NA	NA	NA
Destacamento, empolamento ou pulverulência.				
Eflorescência	NA	NA	NA	NA
Manchamento devido a umidade	NA	NA	NA	NA
Presença de bolor ou mofo	NA	NA	NA	NA
Irregularidade geométrica (prumo)	NA	NA	NA	NA
Desagregação de elementos, partes soltas, partes quebradas.	NA	NA	NA	NA
Elementos com corrosão de armaduras	NA	NA	NA	NA
Erosão de fundações	NA	NA	NA	NA
(Outras observações)	NA	NA	NA	NA
(Outras observações)	NA	NA	NA	NA
(Outras observações)	NA	NA	NA	NA
TOTAL DE PESOS				NA

Fonte: Adaptado de VERZOLA; MARCHIORI; ARAGON (2014).