



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CAMPUS BALSAS  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**NEWSON PEREIRA DA CRUZ**

**AVALIAÇÃO DE PATOLOGIAS DAS PONTES DO  
PERÍMETRO URBANO DE BALSAS-MA**

**BALSAS-MA  
2019**

Newsom Pereira Da Cruz

Avaliação de patologias das pontes do perímetro urbano do município de Balsas-MA

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Monografia, submetido à Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Leandro Gomes Domingos

Balsas-MA  
2019

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Cruz, Newson Pereira da.

Avaliação de patologias das pontes do perímetro urbano  
de Balsas-MA / Newson Pereira da Cruz. - 2019.

110 f.

Orientador(a): Leandro Gomes Domingos.

Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil,  
Universidade Federal do Maranhão, Balsas-MA, 2019.

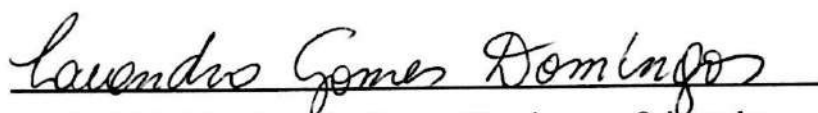
1. Avaliação. 2. Patologias. 3. Pontes. I.  
Domingos, Leandro Gomes. II. Título.

Newson Pereira da Cruz

Avaliação de patologias das pontes do perímetro urbano de Balsas-MA

Trabalho de conclusão de curso na modalidade Monografia, submetido à Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Aprovado em 09 de Julho de 2019:**



Prof. Me. Eng. Leandro Gomes Domingos – Orientador



Prof. Esp. Eng. Francisco de Assis Alves da Cunha – Examinador interno



Arq. Sec. Mun. de Infraestrutura Alfredo Alves Costa Neto – Examinador externo

Dedico este trabalho ao meu pai, Newton  
Silva da cruz (In Memoriam).

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado o dom da vida e forças para enfrentar esta jornada.

A minha mãe, Sonia Cruz, por sempre ter me incentivado a seguir os meus sonhos, ao meu irmão Neylson, por todo o apoio e companheirismo, ao meu pai, Newton, por sempre acreditar em mim e me incentivar durante toda a sua vida

A minha namorada, Luiza, por todo o carinho, compreensão e apoio dados neste período.

Aos meus avós, pelos grandes exemplos de vida, e a todos os demais membros da minha família, por sempre me apoiarem.

A Universidade Federal do Maranhão – UFMA Câmpus Balsas, por ter me acolhido desde os meus 15 anos de idade quando passei no BICT, até hoje, sendo local de crescimento e aprendizado.

Aos meus amigos da UFMA, Gilmara, Pablo, Vanessa, Vandressa, Thaís, Laylson, Liza, Marília e Felipe Matias, pelo companheirismo e incentivos dados para superar as dificuldades da UFMA, bem como à minha grande amiga Alana, que sempre me acompanhou desde o início da minha vida escolar.

Ao meu orientador, Prof. Me. Leandro Gomes Domingos, pelos ensinamentos, atenção, ajuda e paciência para a realização deste trabalho.

A Prefeitura de Balsas, por conceder algumas informações para o trabalho.

Aos meus professores, do BICT e da Engenharia Civil, por terem me guiado nos caminhos do saber.

A todos os demais professores, técnicos e colaboradores desta universidade, por fazerem dela, apesar das adversidades, um local rico de ensinamentos.

A todos, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho e para que eu chegasse ao final deste curso.

*“Construímos muros demais e pontes de  
menos.”*

*(Isaac Newton)*

## RESUMO

As pontes são importantes estruturas construídas com o objetivo de se transpor obstáculos, em geral vales e corpos hídricos. Podem ser construídas a partir de diversos materiais e com variadas configurações estruturais. No entanto, apesar de geralmente serem projetadas para uma elevada vida útil, estas não duram indefinidamente, sendo suscetíveis ao aparecimento de manifestações patológicas. Com isso, o presente trabalho realizou uma avaliação das principais patologias estruturais presentes nas pontes do perímetro urbano de Balsas, onde, a partir de pesquisas bibliográficas e visitas de campo, foram caracterizados os principais tipos de pontes e as principais anomalias patológicas que as acometem. Foram realizadas inspeções visuais nas obras objeto de estudo, onde se procurou descrever as patologias encontradas, suas possíveis causas e medidas que devem ser adotadas. Foram detectadas anomalias em todas as obras analisadas, onde nas estruturas de concreto armado foi notada a presença de patologias como fissuramento, desagregação do concreto, oxidação de armaduras e eflorescências. Para as estruturas de madeira foi constatado elevado grau de deterioração por agentes bióticos, e na ponte parcialmente metálica foi verificada principalmente a ocorrência de oxidação de pontos da superfície de chapas metálicas. Deste modo, verifica-se a importância e a necessidade de se realizar inspeções obras de manutenção e reparos frequentemente nessas estruturas, para que sejam garantidas as condições de segurança e para que as suas vidas úteis sejam maximizadas.

**Palavras chave:** pontes, patologias, avaliação.



## **ABSTRACT**

Bridges are important structures built with the goal of overpass obstacles, generally valleys and water bodies. They can be constructed from various materials and with varied structural configurations. They can be built from various materials and with varied structural configurations. However, although they are generally designed for a long shelf life, they do not last indefinitely and are susceptible to the appearance of pathological manifestations. Thereby, the present work carried out an evaluation of the main structural pathologies present in the bridges of Balsas' urban perimeter, where through the bibliographical research and field visits, were characterized the main types of bridges and the main pathological anomalies that affect them. Visual inspections were conducted in the structures under study, which sought to describe the pathologies found, their possible causes and measures that should be adopted. Anomalies were detected in all the analyzed constructions, where in the reinforced concrete structures the presence of pathologies such as cracking, concrete disintegration, steel oxidation and efflorescence were noticed. For the wood structures, a high degree of deterioration by biotic agents was observed, and in partially metallic bridge the oxidation of points on the surface of metal sheets was verified. In this way, it is important and necessary to carry out inspections, maintenance works and repairs frequently in these structures, so that safety conditions are guaranteed and their useful lives are maximized.

Keywords: bridges. Pathologies. Evaluation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ponte e viadutos de acesso. ....	18
Figura 2 - Elementos constituintes de uma ponte. ....	20
Figura 3 - Visão geral de uma ponte com encontros. ....	20
Figura 4 - Seção transversal de tabuleiro em grelha. ....	23
Figura 5 – Seção transversal de estrado celular. ....	23
Figura 6 - Pontes em arco. ....	25
Figura 7 - Ponte em Pórtico sobre o Ribeirão dos Porcos, Borborema, SP (1974)...	25
Figura 8 - Ilustração de pórtico. ....	26
Figura 9 - Esquemas de pontes em treliças. a) Treliça Warren. b) Treliça Pratt. c) Treliça Howe. ....	27
Figura 10 - Ponte pênsil. ....	28
Figura 11 - Ponte estaiada. ....	28
Figura 12 - Ponte em vigas roliças - seção transversal. ....	30
Figura 13 - Ponte em vigas roliças - vista superior. ....	31
Figura 14 - Ponte em vigas roliças - vista lateral. ....	31
Figura 15 - Vista de armadura corroída em concreto fissurado. ....	36
Figura 16 - Fenômeno de desagregação do concreto. ....	37
Figura 17 - Depósito de sais em eflorescência. ....	38
Figura 18 - Desenvolvimento da reação álcalis-agregado no concreto. ....	39
Figura 19 - Formação de trincas por flechas excessivas. ....	40
Figura 20 - Manchas formadas por bolor. ....	40
Figura 21 - Ninhos de concretagem. ....	43
Figura 22 - Decomposição da madeira por bactérias: Bactérias no interior das cavidades celulares (na coloração vermelha). ....	46
Figura 23 - Corpos de frutificações de fungos. ....	47
Figura 24 - À esquerda, aspecto do inseto coleóptero <i>Lyctus bruneus</i> adulto, e à direita, aspecto de uma peça de madeira severamente atacada. ....	47
Figura 25 - Dano químico causado por fixadores metálicos. ....	48
Figura 26 - Localização do perímetro urbano do município de Balsas. ....	56
Figura 27 - Localização das pontes objetos de estudo. ....	56
Figura 28 - Ponte 01, localizada na Rua Isaac Martins. ....	57
Figura 29 - Elementos estruturais da ponte 01. ....	58
Figura 30 - Guarda rodas com extremidade danificada. ....	59
Figura 31 – Buracos com exposição de armadura na pista de rolamento. ....	59
Figura 32 – a) Vista lateral da laje com armaduras expostas. b) Detalhe da corrosão da armadura e desagregação do concreto. ....	60
Figura 33 - Fissuras nos pilares. ....	61
Figura 34 - Detalhe da abertura de fenda na aresta de um dos pilares. ....	61
Figura 35 - Vista frontal da Ponte 02. ....	63
Figura 36 - Vista dos elementos estruturais da Ponte 02. ....	63
Figura 37 - Antigo muro de arrimo em alvenaria que entrou em colapso. ....	64
Figura 38 - Rompimento no muro de arrimo. ....	64
Figura 39 - Ponto interditado pelo recalque e rompimento do muro de arrimo. ....	65
Figura 40 - Obra de nivelamento do piso recalçado. ....	65

Figura 41 - Ponte 3, situada na Rua Passondas Coelho.....	66
Figura 42 - Construção de sapatas da Ponte 03.....	67
Figura 43 - Sistema estrutural da Ponte 03.....	68
Figura 44 - Escoamento e acúmulo de água oriunda do lençol freático.....	69
Figura 45 - Fenda no piso da parte superior ao encontro da ponte.....	69
Figura 46 - Abertura de fenda no muro da residência da margem esquerda da ponte. .....	70
Figura 47 - Recalque e fissuramento no muro de concreto ciclópico.....	70
Figura 48 - Ponte 4, sobre o riacho Lava Cara.....	71
Figura 49 - Mesoestrutura da Ponte 04.....	72
Figura 50 - Desagregação do concreto em guarda rodas da Ponte 04.....	73
Figura 51 - Passeios da Ponte 04 com ocorrência de recalque crescimento de vegetação.....	73
Figura 52 - Trincas transversais longas no pavimento asfáltico.....	74
Figura 53 - Desagregação do concreto e exposição de armaduras na Ponte 04.....	74
Figura 54 - Eflorescências e manchas causadas por agentes bióticos na Ponte 04.....	75
Figura 55 - Erosão sob o muro de arrimo.....	75
Figura 56 - Abertura de fenda no muro de arrimo.....	76
Figura 57 - Ponte de cimento sobre o Rio Balsas - Vista Frontal.....	77
Figura 58 - Ponte de concreto sobre o Rio Balsas - Vista lateral.....	77
Figura 59 - Configuração estrutural da Ponte 05.....	78
Figura 60 - a) Passeios para pedestres danificados. b) Detalhe de exposição e corrosão de armaduras no passeio.....	79
Figura 61 - a) Desagregação do concreto e exposição de armaduras nos pilares do guarda corpo. b) Local com ausência de barra metálica no guarda corpo.....	79
Figura 62 - Acúmulo de água e crescimento de vegetação nos passeios danificados. .....	80
Figura 63 - Percolação de água e segregação do concreto.....	80
Figura 64 - Buracos no pavimento da Ponte 05.....	81
Figura 65 - Fendas no pavimento da Ponte 05.....	81
Figura 66 - Eflorescências no estrado celular da Ponte 05.....	82
Figura 67 - Ninho de insetos na Ponte 05.....	82
Figura 68 - Desagregação do concreto e exposição de armaduras em pilares da Ponte 05.....	82
Figura 69 - Ponte Pênsil de Madeira sobre o Rio Balsas.....	84
Figura 70 - Estrutura de sustentação da Ponte 06.....	85
Figura 71 - Peças de madeira interditando a entrada da ponte.....	85
Figura 72 - Falta de grades de proteção.....	86
Figura 73 – a), b), c) e d): Defeitos no tabuleiro.....	86
Figura 74 – a) e b) Decomposição por bactérias e cupins.....	87
Figura 75 – a) e b): Presença de agentes bióticos.....	87
Figura 76 - a) Degradação química em fixador. b) Desprendimento de fixador.....	88
Figura 77 - Crescimento de agentes bióticos: musgo, fungos e insetos na madeira.....	88
Figura 78 – a) Desagregação do concreto e exposição de armaduras nas fundações. b) Abertura de fenda em bloco de fundação.....	89
Figura 79 - Ponte da Amizade, construída sobre o Rio Balsas.....	90
Figura 80 - Perfis metálicos que integram a superestrutura da Ponte 07.....	91

Figura 81 - Curva de raio curto no encontro da ponte com a Rua do Caraíbas. ....	92
Figura 82 - a) Vala de drenagem superficial. b) Detalhe de diferença de nível entre a grade e a pista de rolamento.....	92
Figura 83 - Defeitos no pavimento. ....	93
Figura 84 - Trinca no pavimento e crescimento de vegetação na lateral da pista. ....	93
Figura 85 - Fissuramento no muro de arrimo da Ponte 07.....	94
Figura 86 - Processo de oxidação em pontos da estrutura metálica. ....	94

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação das pontes.....	21
Quadro 2 - Processo de corrosão de armaduras. ....	42
Quadro 3 - Principais agentes de deterioração da madeira. ....	45
Quadro 4 - Manifestações patológicas mais ocorrentes em estruturas metálicas. ....	49
Quadro 5 - Instruções para atribuição de notas de avaliação. ....	54

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Geral</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Específicos</b> .....	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>PONTES</b> .....	<b>18</b>
<b>4.1</b>	<b>Considerações sobre pontes</b> .....	<b>18</b>
<b>4.2</b>	<b>Superestrutura de pontes</b> .....	<b>21</b>
4.2.1	Pontes em vigas .....	21
4.2.2	Pontes em grelhas .....	22
4.2.3	Pontes em estrado celular .....	23
4.2.4	Pontes em arco.....	24
4.2.5	Pontes em Pórtico .....	24
4.2.6	Pontes treliçadas .....	26
4.2.7	Pontes estaiadas e pênséis .....	27
<b>4.3</b>	<b>Pontes em concreto armado</b> .....	<b>28</b>
<b>4.4</b>	<b>Pontes em madeira</b> .....	<b>29</b>
<b>4.5</b>	<b>Pontes em estrutura mista</b> .....	<b>31</b>
<b>4.6</b>	<b>Ações atuantes nas pontes</b> .....	<b>32</b>
4.6.1	Ações permanentes .....	32
4.6.2	Ações variáveis.....	33
4.6.3	Ações excepcionais .....	33
<b>5</b>	<b>PATOLOGIAS DAS ESTRUTURAS</b> .....	<b>34</b>
<b>5.2</b>	<b>Patologias em estruturas de concreto</b> .....	<b>35</b>
5.2.1	Fissuração .....	35
5.2.2	Desagregação .....	37
5.2.3	Eflorescências .....	37
5.2.4	Reação álcali-agregado .....	38
5.2.5	Flechas excessivas.....	39
5.2.6	Manchas .....	40
5.2.7	Corrosão de armaduras .....	41
5.2.8	Ninhos de concretagem .....	42
5.2.9	Outras patologias superficiais .....	43
<b>5.3</b>	<b>Patologias em estruturas de madeira</b> .....	<b>44</b>
5.3.1	Ataque por bactérias.....	45
5.3.2	Ataque por fungos .....	46

5.3.3	Infestação de insetos .....	46
5.3.4	Degradação química.....	48
5.3.5	Abrasão mecânica .....	48
<b>5.4</b>	<b>Patologias em estruturas mistas.....</b>	<b>49</b>
<b>5.5</b>	<b>Tratamento para corrosão em armaduras .....</b>	<b>50</b>
<b>6</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>51</b>
<b>6.1</b>	<b>Etapas.....</b>	<b>51</b>
6.1.1	Pesquisa bibliográfica.....	51
6.1.2	Pesquisa de campo .....	52
6.1.3	Delimitação do objeto de estudo.....	55
<b>7</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>57</b>
<b>7.1</b>	<b>Caso 1 .....</b>	<b>57</b>
<b>7.2</b>	<b>Caso 2.....</b>	<b>62</b>
<b>7.3</b>	<b>Caso 3.....</b>	<b>66</b>
<b>7.4</b>	<b>Caso 4.....</b>	<b>71</b>
<b>7.5</b>	<b>Caso 5.....</b>	<b>77</b>
<b>7.6</b>	<b>Caso 6.....</b>	<b>83</b>
<b>7.7</b>	<b>Caso 7.....</b>	<b>90</b>
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>96</b>
<b>9</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>98</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>99</b>
	<b>ANEXO A – PLANTA BAIXA DE LOCALIZAÇÃO DE ESTABILIZAÇÃO DA PONTE 02 .....</b>	<b>104</b>
	<b>ANEXO B – PLANTA BAIXA DA ÁREA ERODIDA DA PONTE 02 QUE SE ENCONTRA EM OBRAS .....</b>	<b>106</b>
	<b>ANEXO C – PROJETO ARQUITETÔNICO DA PONTE 03 .....</b>	<b>108</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o início da formação das primeiras cidades, o homem instintivamente buscou desenvolver obras de engenharia que possibilitassem melhorar a sua qualidade de vida. Com isso, surgiram as primeiras ruas e estradas, e junto a isso necessidade de se transpor os obstáculos existentes nestes caminhos.

Diante disso, nasceram as primeiras pontes, que são estruturas construídas com o objetivo de transpor obstáculos, em geral vales e corpos hídricos, possibilitando o transporte de pessoas e cargas por tais logradouros (MARCHETTI, 2009).

Com o passar do tempo, as pontes se tornaram também sinônimo de desenvolvimento de uma região, encurtando caminhos e tomando papel no embelezamento da paisagem urbana, podendo servir de ponto turístico ou cartão postal de uma cidade.

A arquitetura e a engenharia têm trabalhado isso, idealizando obras que se tornam ícones da construção ao redor do mundo, e importantes para todos os setores de infraestrutura, como a rodoviária, ferroviária, urbana e para estradas vicinais.

Com o avanço das técnicas de construção civil, passou-se a utilizar cada vez mais materiais com alta durabilidade, que permitem vencer vãos<sup>1</sup> cada vez maiores, e ter uma longa vida útil. No entanto, todos os tipos de construções, incluindo as pontes, não duram indefinidamente. Todas elas sofrem desgastes com o passar do tempo, que suscitam em manifestações patológicas (HELENE, 1992).

Infelizmente, por muitas vezes as pontes não recebem manutenções regulares após as suas construções, ficando ainda mais suscetíveis ao surgimento de anomalias, que prejudicam suas estruturas e põem em risco a segurança daqueles que utilizam tais estruturas.

Com isso, surge a necessidade de se monitorar as construções existentes com o decorrer do tempo, para se observar o aparecimento de irregularidades e se prover as manutenções e medidas corretivas necessárias, para que a obra possa ter a sua vida útil da estrutura garantida.

---

<sup>1</sup> Distância, medida horizontalmente, entre os eixos de dois suportes consecutivos (EL DEBS; TAKEYA, 2003).



Deste modo, a presente pesquisa realizou uma avaliação do estado de conservação de pontes do perímetro urbano da cidade de Balsas/MA, em função da falta de informações que se tem em relação ao estado de conservação das mesmas e dos possíveis prejuízos causados por anomalias patológicas nessas estruturas. Ao todo, foram analisadas sete pontes.

Para isso, após a apresentação dos objetivos e da justificativa do trabalho, que estão constantes nas Seções 2 e 3, respectivamente, foi realizada uma caracterização dos tipos de pontes com enfoque nos principais tipos de superestruturas (Seção 4), e foram descritas as principais patologias ocorrentes nas estruturas de concreto, madeira e mistas (Seção 5).

Na Seção 6 é apresentada a metodologia utilizada no trabalho, com as etapas desenvolvidas e a delimitação do objeto de estudo.

Os estudos de caso realizados e os resultados obtidos são apresentados na seção 7, onde para caso é inicialmente feita a descrição da obra, e em seguida são apresentados os principais defeitos encontrados, acompanhados de possíveis causas e soluções.

Por fim, na Seção 8, apresentam-se as conclusões obtidas no desenvolvimento deste trabalho, e na Seção 9 as sugestões para futuros estudos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Avaliar as principais patologias estruturais encontradas em pontes de vias do perímetro urbano de Balsas/MA.

### **2.2 Específicos**

- Caracterizar a infraestrutura das pontes do perímetro urbano de Balsas;
- Analisar o estado de conservação das pontes objetos de estudo;
- Aplicar técnicas de inspeção e diagnóstico de patologias;
- Identificar as possíveis causas das manifestações patológicas encontradas nas estruturas analisadas;
- Apontar possíveis soluções de correções para recuperação das estruturas.

### 3 JUSTIFICATIVA

O município de Balsas, localizada ao sul do Maranhão, possui uma população estimada de 93.826 habitantes (IBGE, 2018), é cortado em seu perímetro urbano por diversos córregos e pelo Rio das Balsas, que dá nome ao município. Com isso, há também um número expressivo de obras de engenharia realizadas para transpor tais obstáculos nas vias urbanas, como bueiros tubulares, bueiros celulares e pontes em concreto armado, madeira, e estruturas mistas de aço-concreto.

De acordo com Souza e Ripper (1998), as estruturas, em geral, são passíveis de desgastes com o decorrer do tempo, e quando há falhas em seus projetos ou processos de construção, é frequente o aparecimento de anomalias, as chamadas patologias das construções. Além disso, a falta de manutenção é um agravante para o aparecimento de tais defeitos, que se não cuidados podem gerar danos irreversíveis às estruturas.

Em relação às pontes do perímetro urbano de Balsas, estas foram construídas entre a década de 1950 e o ano de 2018, e as informações sobre os seus projetos e históricos são escassas nos acervos municipais, sendo que na maioria delas, têm sido realizadas apenas ações esporádicas de manutenção e reparos, em especial quando aparecem danos visíveis nas estruturas, fato comum principalmente no período chuvoso da região.

No caso da Ponte de Madeira, primeira ponte construída sobre o Rio das Balsas e que fica dentro do perímetro urbano do município, representa um patrimônio cultural da cidade, mas se encontra interditada para tráfego de veículos em função do mau estado de conservação em que se encontra.

Deste modo, a falta de manutenção nas pontes de Balsas, e a possível presença de patologias em tais obras, tornam estas em fontes de objeto de estudo, podendo a análise das anomalias ajudar para que o poder público municipal possa tomar providências a respeito das mesmas. Sendo assim, o presente trabalho se configura como um instrumento de contribuição social, visando preservação e melhorias para elementos públicos utilizados diariamente pelo povo Balsense.

## 4 PONTES

Neste capítulo, são apresentadas as informações gerais sobre pontes, como definição, componentes, tipos de estruturas e materiais empregados, com o objetivo de embasar os estudos de casos realizados.

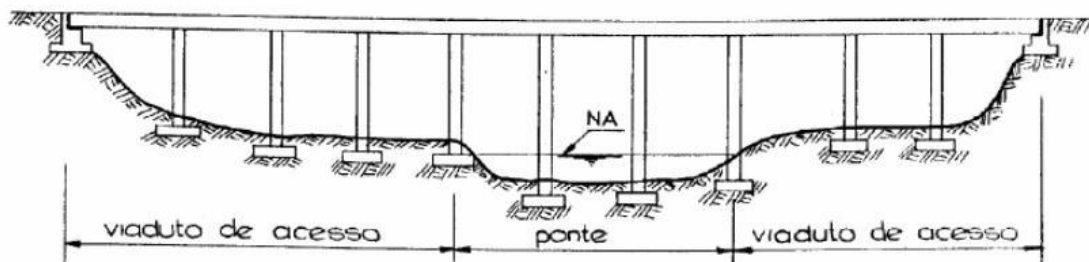
### 4.1 Considerações sobre pontes

A história da utilização das pontes tem acompanhado o contexto do desenvolvimento da humanidade, tendo sido erguidas desde a era romana, onde eram construídas em pedra na forma de arcos. Mais tarde, ainda no século XVI na Itália, o arquiteto Andrea Palladio já utilizava treliças de madeira para vencer vãos de até 30 metros (ABCEN, 2009).

De forma geral, ponte é definida como uma Obra de Arte Especial (OAE) necessária para dar continuidade a uma via, sempre que existir algum obstáculo. De modo específico, tal nomenclatura é dada quando os obstáculos vencidos são constituídos por água, sendo que com obstáculos terrestres (avenida, rodovia, etc.) a obra recebe a denominação de viaduto (VITÓRIO, 2002).

Em alguns casos, em segmentos de grande extensão, pode ser necessário se transpor trechos com água e longos trechos secos nas margens, unindo-se na mesma obra viadutos e pontes (Figura 1). Nesses casos, as partes das extremidades são chamadas de viadutos de acesso (FREITAS, 1978).

Figura 1 - Ponte e viadutos de acesso.



Fonte: Freitas (1978).

Além disso, ainda há as passarelas, que são estruturas longilíneas destinadas a transpor obstáculos tanto naturais quanto artificiais de forma exclusiva para pedestres e/ou ciclistas.

Conforme destaca Vitório (2002), uma ponte não deve servir apenas para ligar duas margens opostas de um curso d'água, ou simplesmente vencer um obstáculo, mas precisa estar integrada e em harmonia à paisagem do seu entorno, tendo um projeto que considere, também, a beleza e a leveza das formas.

Em relação aos materiais aos quais as pontes são predominantemente construídas, destacam-se a madeira, pedra, concreto armado normal ou protendido, as em estruturas metálicas (aço ou ligas de alumínio), e as em estrutura mista, constituídas por dois materiais distintos (PFEIL, 1979).

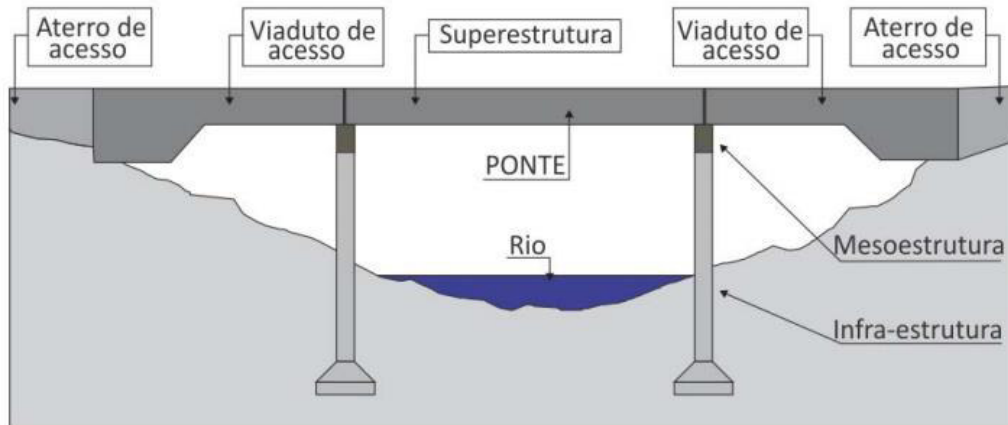
Esses diferentes materiais são utilizados para se garantir a obtenção de resultados satisfatórios quanto aos requisitos principais de uma ponte, que de acordo com Marchetti (2009), estão ligados aos quesitos:

- a) Funcionalidade, pois a ponte deverá satisfazer plenamente as exigências de tráfego, vazão, etc.;
- b) Segurança, devendo os materiais constituintes da ponte resistirem às tensões provocadas pelos esforços atuantes;
- c) Estética, uma vez que a ponte deve ter um aspecto agradável e harmônico em relação ao seu meio;
- d) Economia, devendo-se sempre ser feito um estudo comparativo econômico em relação às diversas possibilidades, para que seja escolhida e com o melhor custo-benefício, atendidos os requisitos anteriores;
- e) Durabilidade, para que a ponte atenda às exigências de uso durante o seu período de vida útil previsto;

De acordo com Pfeil (1979), as pontes, em geral, são constituídas por três partes principais: a infraestrutura ou fundação, a mesoestrutura e a superestrutura (Figura 2).

A infraestrutura é a parte que distribui as cargas da estrutura ao solo; a mesoestrutura, parte referente aos pilares, recebe os esforços da superestrutura e os transmite para as fundações, e a superestrutura é a parte composta de vigas e lajes que suportam o tráfego e são consideradas a parte útil da obra (PFEIL, 1979).

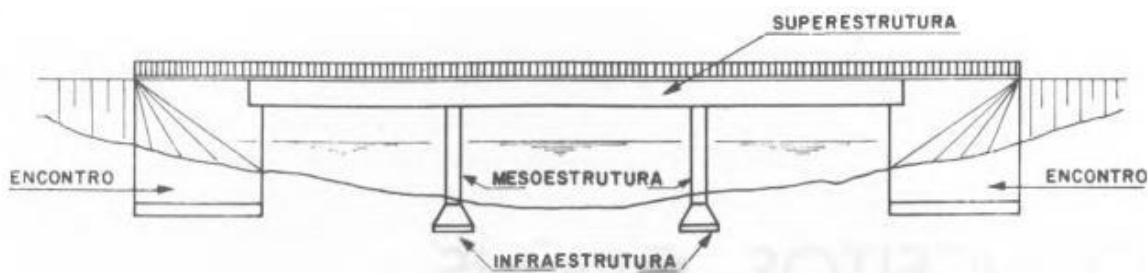
Figura 2 - Elementos constituintes de uma ponte.



Fonte: Marchetti (2008).

Ainda segundo Pfeil (1979), para algumas pontes há também os encontros (Figura 3), que são elementos de características variáveis que recebem cargas provenientes da superestrutura e ainda os empuxos dos aterros de acesso, evitando a sua transmissão aos demais elementos da ponte. São usados majoritariamente quando se há perigo de erosão dos aterros de acesso pelo curso d'água. Nos demais casos, podem ser dispensados, ficando as extremidades do estrado em balanço.

Figura 3 - Visão geral de uma ponte com encontros.



Fonte: Pfeil (1979).

Essas OAEs podem ser classificadas de diversas formas, estando as divisões mais comuns contidas no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação das pontes.

Quanto à finalidade	As pontes podem ser rodoviárias, ferroviárias, para pedestres, geralmente chamadas de passarelas etc. Podem, ainda, destinar-se ao suporte de tubulações para água, esgoto, gás, óleo, pistas de aeroportos e até vias navegáveis (ponte canal).
Quanto ao material	As pontes podem ser de madeira, de pedra, de concreto armado, normal ou protendido, e metálicas (geralmente de aço e, excepcionalmente, de ligas de alumínio).
Quanto ao tipo estrutural	As pontes podem ser em laje, em vigas retas, de alma cheia, em treliça, em quadros rígidos, em arcos ou abóbadas e pênses ou suspensas.
Quanto ao tempo de utilização	Na maior parte dos casos, as pontes são construídas para serem utilizadas por um grande período de tempo, sendo assim pontes permanentes, e quando são construídas para serem utilizadas por um período de tempo relativamente curto, chamam-se, provisórias e o material mais empregado em sua construção é a madeira.
Quanto à fixidez e mobilidade do estrado <sup>2</sup>	Além das pontes fixas, são utilizadas com frequência pontes provisórias apoiadas em flutuadores, constituídos por barcos ou tambores metálicos. Podem também ser construídas pontes flutuantes não provisórias, cujos apoios são constituídos de flutuantes de aço ou de concreto armado. Além disso, quando, na transposição de uma via navegável, o greide de uma estrada não pode ser elevado a uma altura suficiente para não obstruir o gabarito de navegação, torna-se necessária a construção de uma ponte com estrado móvel.

Fonte: Adaptado de Pfeil (1979).

Levando em consideração o comprimento do vão total das pontes, elas ainda podem ser divididas em bueiros (de 2 a 3m), pontilhões (3 a 10m) e pontes propriamente ditas (acima de 10m) (FREITAS, 1978).

## 4.2 Superestrutura de pontes

A superestrutura, como sendo a parte mais importante de uma ponte, pode ser constituída por diferentes sistemas estruturais, que estão diretamente ligados ao material escolhido para a obra. Os sistemas mais comuns são: pontes vigas, em grelhas, em arco, em pórticos, treliçadas, estaiadas e pontes pênses.

### 4.2.1 Pontes em vigas

De acordo com Fernandes e Correia (2017), as pontes em vigas são estruturas rígidas apoiadas sobre dois pilares onde o tabuleiro sofre esforços de

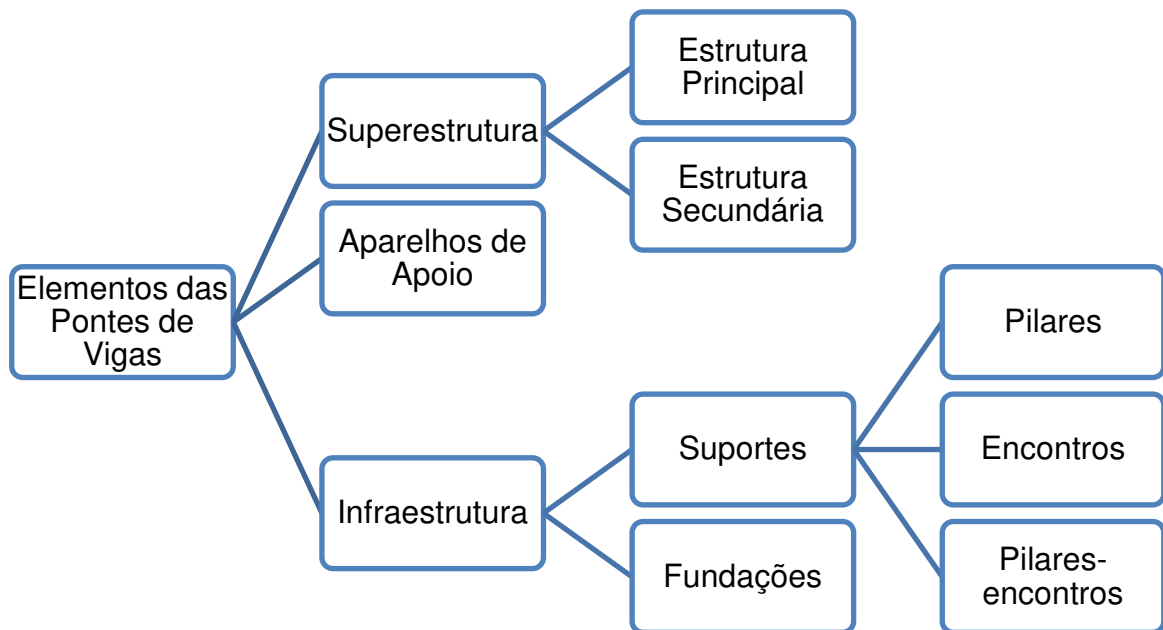
<sup>2</sup> Componente da ponte onde a carga móvel atua diretamente (DNIT, 2004).

tração nas fibras inferiores, e de compressão nas superiores, e apresentam a característica de não serem transmitidos momentos fletores pelas suas vinculações da superestrutura para a infraestrutura.

Nessas pontes, podem-se ter vigas se seção aberta, conhecida como T ou I, ou seções celulares, conhecidas como caixão (MASON, 1977, apud FERNANDES E CORREIA, 2017).

De acordo com Freitas (1978), para as pontes de vigas, muito utilizadas no Brasil e que apresentam vigas como sendo os seus principais elementos resistentes aos esforços, conforme o Esquema 1, tem-se que os seus principais elementos constituintes são:

Esquema 1 - Elementos constituintes das pontes de vigas.



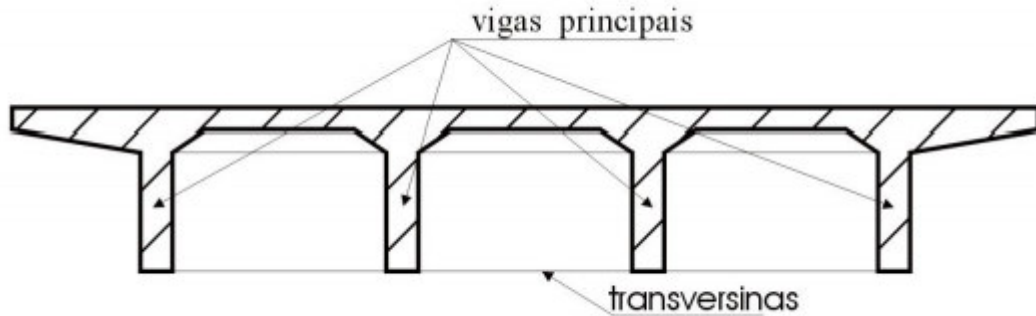
Fonte: Adaptado de Freitas (1978).

#### 4.2.2 Pontes em grelhas

Quando é feita a combinação de três ou mais vigas longitudinais no sistema estrutural, com vigas transversinas intermediárias e de apoio, há a formação de uma ponte em grelha (Figura 4), onde longarinas, transversinas e o tabuleiro trabalham em conjunto (VITÓRIO, 2002).



Figura 4 - Seção transversal de tabuleiro em grelha.

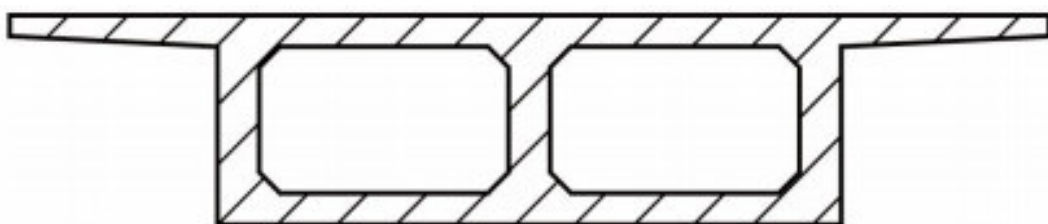


Fonte: Vitório (2002).

#### 4.2.3 Pontes em estrado celular

Para grandes obras civis em concreto protendido, em especial pontes e viadutos, são frequentemente utilizadas vigas celulares (GASPAR, 2003). Nesse sistema, a superestrutura é formada por um estrado composto por duas lajes, uma superior e outra inferior, as quais são interligadas por vigas longitudinais e transversais (Figura 5) (VITÓRIO, 2002).

Figura 5 – Seção transversal de estrado celular.



Fonte: Vitório (2002).

Para esta configuração estrutural, a armadura principal das lajes é disposta no sentido transversal, perpendicular ao tráfego. Neste caso, as fissuras mais perigosas são as longitudinais, enquanto nas pontes com estrados com lajes apoiadas em transversinas a armadura principal é disposta no sentido longitudinal, com maior perigo para a ocorrência de fissuras transversais (DNIT, 2004).

Estruturas em estrado celular têm a vantagem de possuir elevada rigidez à torção, e são indicadas para pontes curvas e sobre pilares isolados, ou quando se dispõem de pequena altura para as vigas principais (VITÓRIO, 2002).

Além disso, como é proporcionada diminuição do número de almas, conseqüentemente há menor consumo de concreto, economia em aço, quantidade de fôrmas e cimbramento (GASPAR, 2003).

#### 4.2.4 Pontes em arco

As pontes em arco são das mais antigas tipologias em uso. Nelas, as mesoestruturas são constituídas por arcos ou abóbodas (Figura 6), formando uma estrutura resistente que é submetida majoritariamente a esforços de compressão (SOUSA, 2012).

Em suas estruturas, os esforços atuantes são transmitidos para os apoios por força de compressão axial nos arcos, que sustentam o tabuleiro por meio de tirantes ou escoras (SOUSA, 2012).

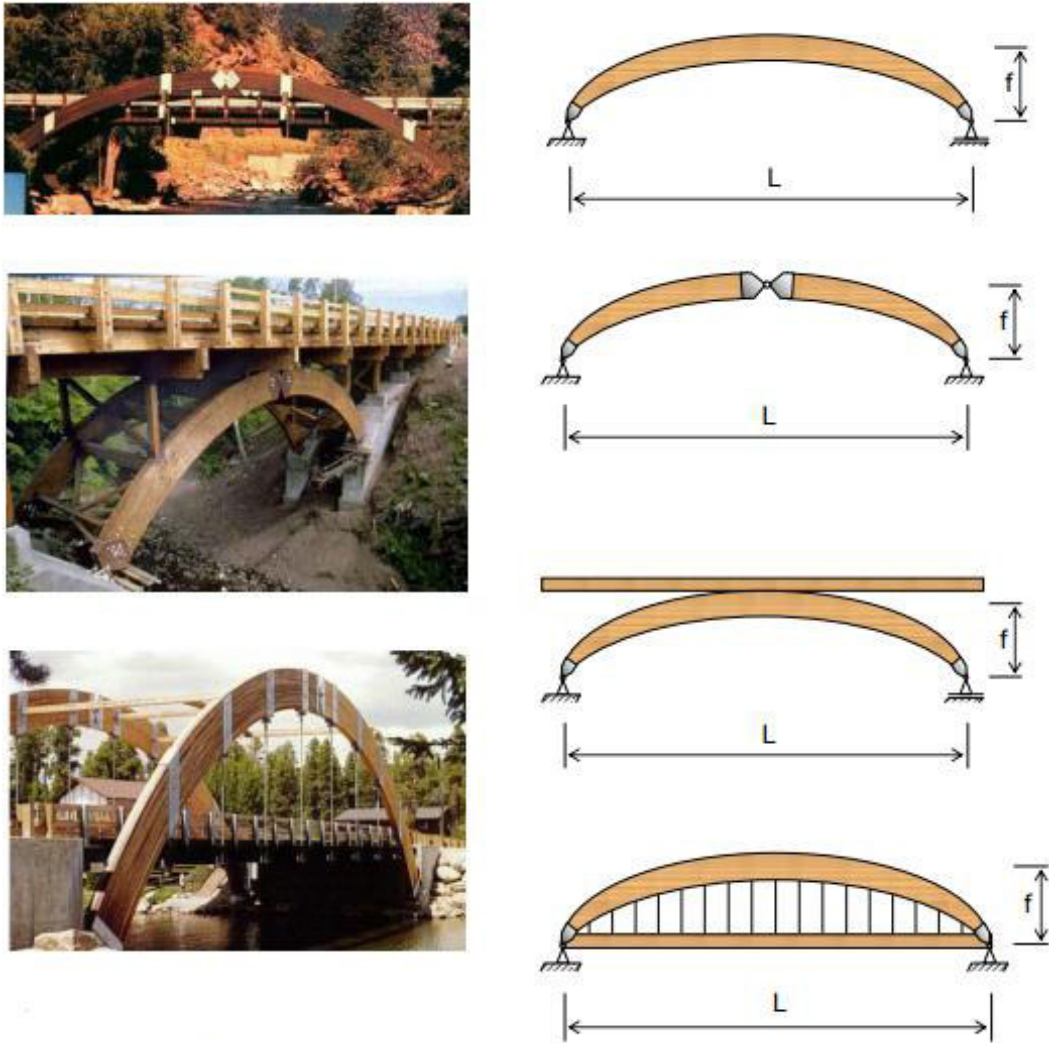
Dessa forma, os momentos fletores na superestrutura podem ser reduzidos, resultando em economia de material em comparação às construídas em vigas retas ou treliças simplesmente apoiadas (PRATA, 1995).

#### 4.2.5 Pontes em Pórtico

A dificuldade natural de implantação de pilares no centro de pontes e a busca por se conseguir vencer o vão livre em toda a sua extensão resultaram em estruturas com reforços centrais ligados através de duas diagonais apoiadas nas extremidades da ponte, formando-se assim a estrutura chamada de ponte em pórtico (Figuras 7 e 8).

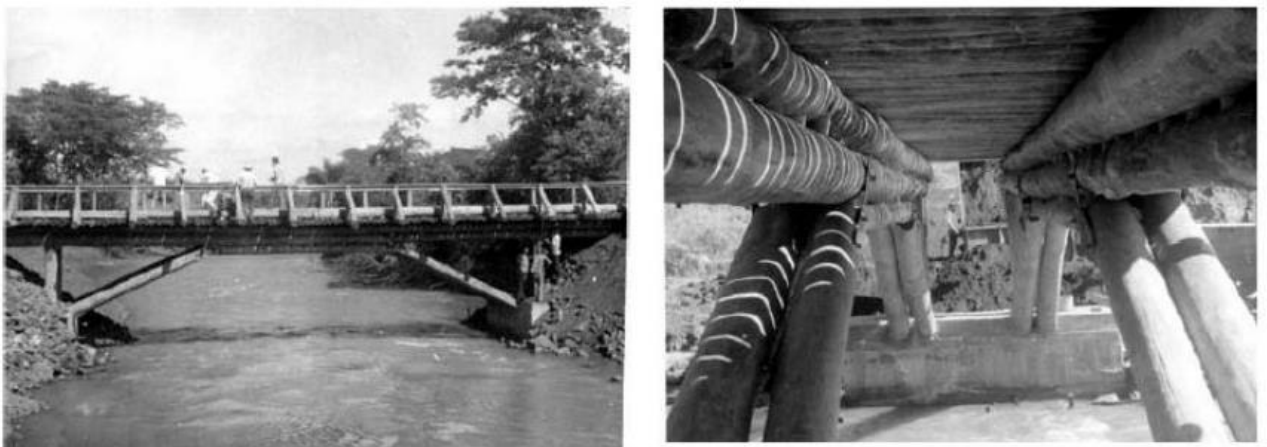
Nessa configuração, os esforços de apoios intermediários são melhor transmitidos para as extremidades, gerando uma distribuição mais homogênea das solicitações (CALIL JÚNIOR et al., 2006).

Figura 6 - Pontes em arco.



Fonte: Calil Júnior et. al. (2006).

Figura 7 - Ponte em Pórtico sobre o Ribeirão dos Porcos, Borborema, SP (1974).



Fonte: Hellmeister (1983).

Figura 8 - Ilustração de pórtico.



Fonte: Calil Júnior et. al. (2006).

#### 4.2.6 Pontes treliçadas

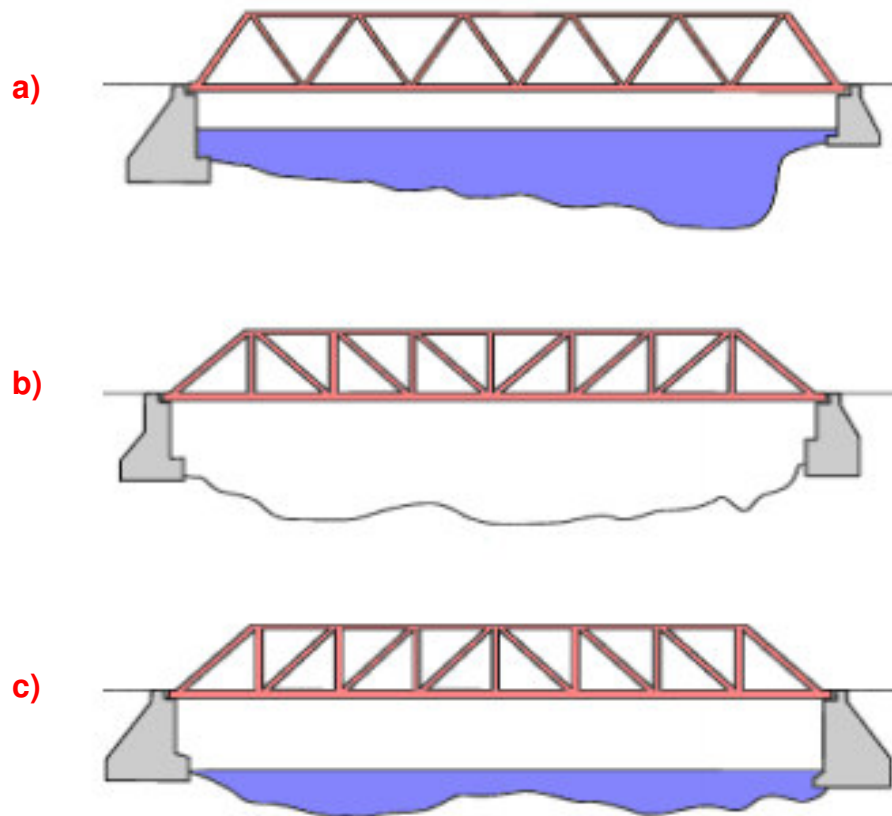
O sistema estrutural de treliças é formado por barras retas, dispostas em formas triangulares, as quais são solicitadas por tração ou compressão (SOUZA; RODRIGUES, 2008).

Possuem vasta utilização para ponte em estruturas metálicas e de madeira, onde, de acordo com Calil Junior e Góes (2005), com a utilização desse sistema com peças de dimensões comerciais, pode-se alcançar grandes vãos com elevada rigidez.

Um exemplo disso são as pontes de madeira, onde quando constituídas de vigas roliças normais atendem vãos, em geral, de até 12 metros, mas quando em vigas treliçadas são capazes de atender vãos muito maiores, desde que com o correto dimensionamento do elemento estrutural. (CALIL JUNIOR; GÓES, 2005).

As treliças podem ser construídas a partir de diversas combinações de barras, sendo as mais representativas a treliça de Warren, a treliça Pratt e a treliça Howe, representadas na Figura 9 (ROSENBLUM, 2009).

Figura 9 - Esquemas de pontes em treliças. a) Treliça Warren. b) Treliça Pratt. c) Treliça Howe.



Fonte: Rosenblum (2009).

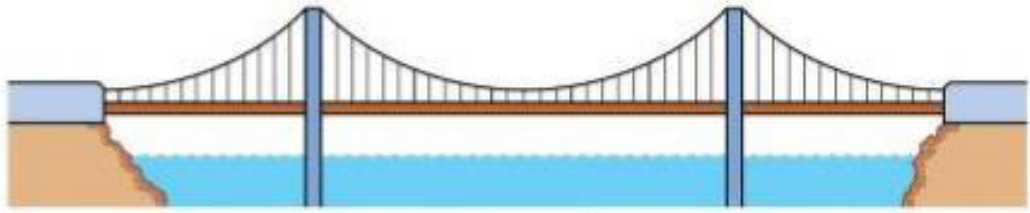
#### 4.2.7 Pontes estaiadas e pênséis

Segundo Prata (1995), as pontes com estruturas suportadas por cabos (estaiadas e pênséis) se caracterizam pela capacidade de suportar grandes vãos, sendo competitivas para vãos de 50 a 1500m.

Essas pontes são compostas por vigas ou treliças de rigidez longitudinal, situadas ao nível do tabuleiro, um sistema de cabos que suporta a base, torre(s), que apoia(m) os cabos, e ancoragem para suporte vertical e/ou horizontal dos cabos.

Manera (2011, p. 32), define as pontes pênséis como “[...] estruturas compostas por cabos principais, com a configuração de uma parábola de segundo grau, e tirantes verticais constituindo o aparelho de suspensão geralmente associados a uma viga de rigidez” (Figura 10).

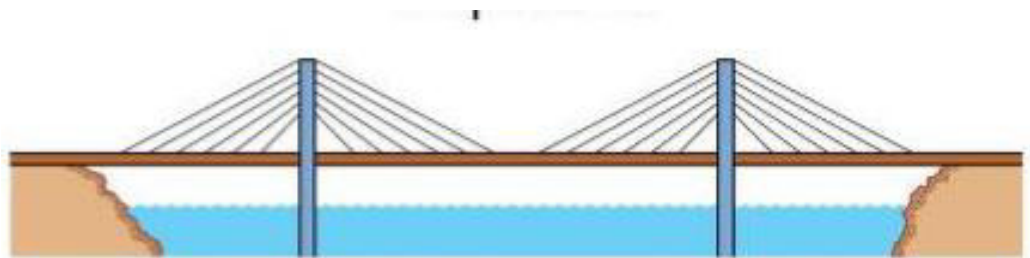
Figura 10 - Ponte pênsil.



Fonte: Encyclopædia Britannica (2010).

No caso das pontes estaiadas (Figura 11), estas são compostas por cabos retos que conectam as vigas de rigidez, até a torre da ponte, onde se dirigem ao vão principal (PRATA, 1995).

Figura 11 - Ponte estaiada.



Fonte: Encyclopædia Britannica (2010).

O desempenho e a durabilidade de qualquer ponte dependem da precisão e da qualidade dos processos de fabricação e construção. Quando procedimentos corretos são seguidos, a ponte pode ser construída com economia e ter uma alta vida útil. No entanto, ao serem adotadas práticas impróprias ou negligentes, tanto a economia quanto a durabilidade podem ser afetadas (RITTER, 1992).

Deste modo, neste trabalho será discorrido sobre pontes em concreto armado, madeira e estrutura mista aço-concreto armado, por serem os materiais utilizados nas pontes estudadas.

### 4.3 Pontes em concreto armado

O concreto armado é definido como a ligação sólida de concreto (geralmente uma mistura de pedra, areia, cimento e água), com uma estrutura resistente a esforços de tração, em geral o aço (BOTELHO; MARCHETTI, 2004).

De acordo com Vitório (2002), as primeiras pontes construídas neste material surgiram no final do século XIX, tendo a primeira sido erguida no parque do palácio do Marquês Tihene de Chazedet, na França, em 1875, em forma de abóboda com 16,50m de vão e 4m de largura. Após isso, foram construídas em forma de arcos, e em seguida em vigas e pórticos para vãos de até 30m.

Para as pontes, o concreto armado se configura como um excelente material, utilizado para se construir obras permanentes, de caráter definitivo, e com uma alta durabilidade, que perdure até que forem alteradas as condições da estrada (MARCHETTI, 2009).

Tal material surgiu como uma nova solução para as buscas por redução de custos e melhores condições estéticas (FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON, 2000), e são, até hoje, as mais utilizadas dentro do Brasil e no mundo. Nas últimas décadas, as pontes em concreto armado alcançaram um alto nível de qualidade em virtude de seu controle tecnológico e das novas tecnologias para dimensionamento estrutural, sendo economicamente competitivo para vigas de vãos de até 20m (VITÓRIO, 2002).

#### **4.4 Pontes em madeira**

A madeira foi um dos primeiros materiais a serem utilizados pelo homem para a execução de obras, e é um material de construção caracterizado por seu baixo peso e baixo consumo energético para a sua produção e processamento, sendo também proveniente de uma fonte renovável (CALIL JÚNIOR et al., 2006).

Por suas propriedades, a madeira se configura como um ótimo material de construção, mas “[...] a maioria das pontes de madeira no Brasil não são projetadas e construídas por técnicos e construtores especializados em madeiras. Isso resulta em estruturas caras, inseguras e de baixa durabilidade” (CALIL JÚNIOR et al., 2006, p. 4).

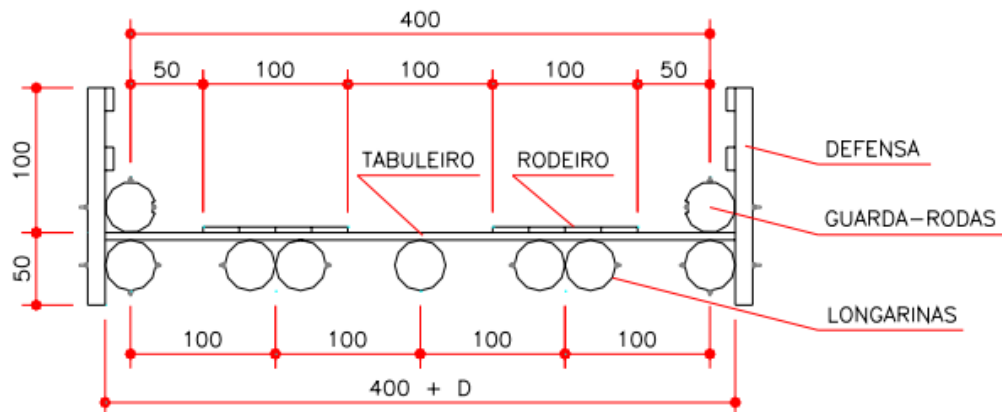
Além disso, a madeira deve receber o tratamento adequado, a fim de se evitar problemas como a degradação biológica por fungos e insetos, e problemas como nós e fendas que possam interferir em suas propriedades mecânicas, para que a estrutura seja durável e esteticamente agradável (PFEIL; PFEIL, 2003).

Sendo assim, tais estruturas devem ser construídas em conformidade com a ABNT NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira, que “fixa as condições gerais que devem ser seguidas no projeto, na execução e no controle das estruturas correntes de madeira, tais como pontes, pontilhões, coberturas, pisos e cimbres” (ABNT, 1997, p. 2), dentre outras normas.

O modelo estrutural de pontes em vigas é o mais simples e comumente utilizado para a execução de pontes em madeira, podendo ser utilizadas na forma de vão único (vigas bi-apoiadas), ou com apoios intermediários (vigas contínuas) quando se tem grandes vãos (CALIL JÚNIOR et al., 2006).

Nesse sistema, as superestruturas longitudinais (medidas na direção do fluxo de tráfego), consistem em um sistema de tabuleiro suportado por vigas (Figuras 12, 13 e 14), que podem ser construídas a partir de troncos, madeira serrada, laminada colada ou chapas laminadas prensadas de madeira (*laminated veneer lumber – LVL*) (RITTER, 1990).

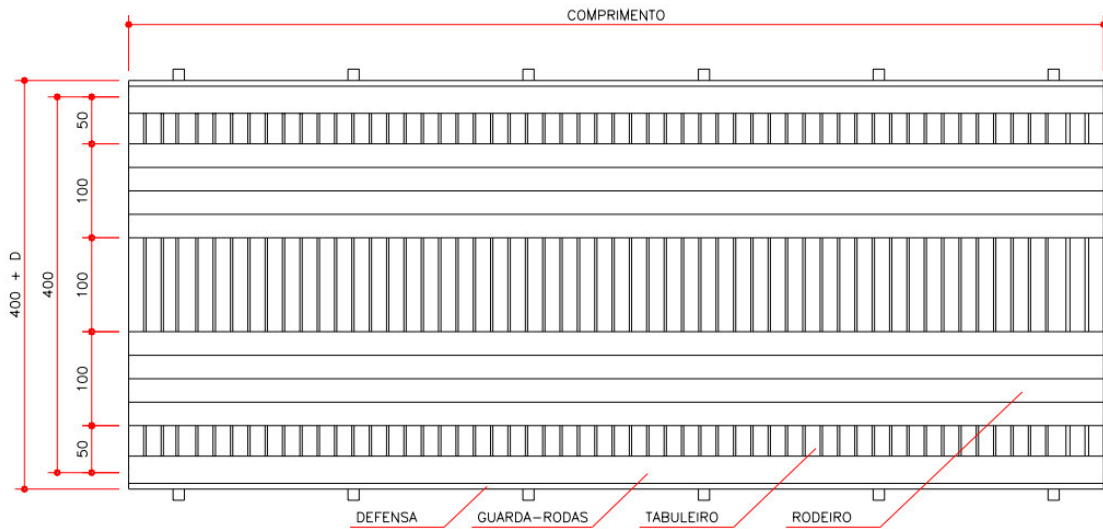
Figura 12 - Ponte em vigas roliças - seção transversal.



Fonte: Calil Júnior et al. (2006).

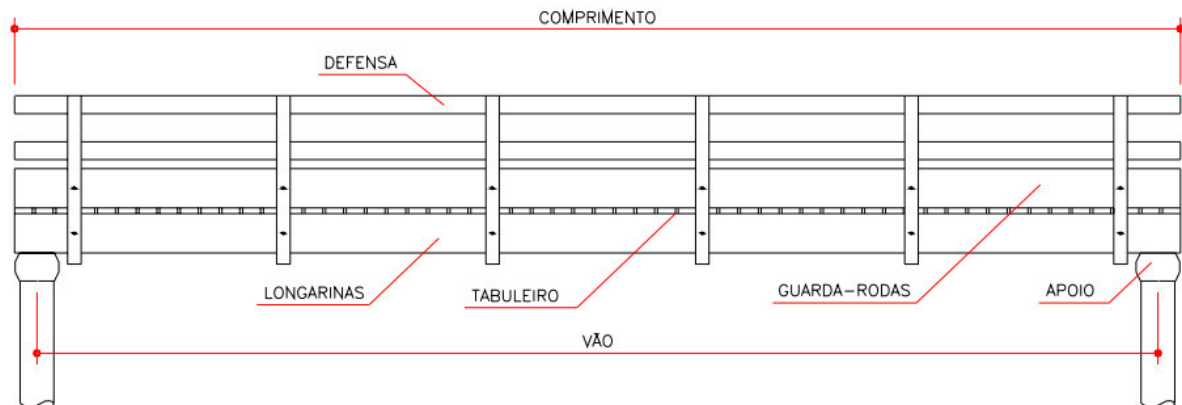


Figura 13 - Ponte em vigas roliças - vista superior.



Fonte: Calil Júnior et al. (2006).

Figura 14 - Ponte em vigas roliças - vista lateral.



Fonte: Calil Júnior et al. (2006).

#### 4.5 Pontes em estrutura mista

Com o advento da revolução industrial entre os séculos XVIII e XIX, começaram a serem empregados materiais siderúrgicos na construção civil. De início foi utilizado o ferro fundido, onde em 1879 foi construída a primeira ponte com este material em Coalbrookdale, sobre o rio Severn, na Inglaterra (PFEIL; PFEIL, 2009).

Com a industrialização da produção, aumentando-se a disponibilidade e diminuindo os custos, descobriu-se o ferro e o aço como materiais de grande utilidade para as construções, dando mais leveza e resistência às obras com um menor prazo para conclusão.

Deste modo, a partir da década de 1930 surgiram as pontes mistas aço-concreto, cujos tabuleiros são em concreto e as vigas em aço, e tiveram um maior desenvolvimento após a 2ª guerra mundial (PINHO; BELLEI, 2007).

De acordo com Pinho e Bellei (2007, p. 15), “[...] neste tipo de ponte o aço trabalha junto com o concreto, cada qual na sua melhor função”, e assim, tais pontes se caracterizam por uma redução no tempo e custos de execução, bem como pela otimização no uso dos materiais (KLINSKY, 1999).

## **4.6 Ações atuantes nas pontes**

A ABNT NBR 8681 (ABNT, 2004) define ações como as cargas que provocam esforços ou deformações nas estruturas. No caso das pontes, de acordo com a referida norma, as ações atuantes podem ser classificadas em permanentes, variáveis e excepcionais.

### **4.6.1 Ações permanentes**

São aquelas que ocorrem com valores constantes ou de pequena variação em torno de sua média, durante a maioridade do período da vida da construção. Para as pontes, segundo a ABNT NBR 7187 (ABNT, 2003, p. 4), compreendem:

- a) as cargas provenientes do peso próprio dos elementos estruturais;
- b) as cargas provenientes do peso da pavimentação, dos trilhos, dos dormentes, dos lastros, dos revestimentos, das barreiras, dos guarda-rodas, dos guarda-corpos e de dispositivos de sinalização;
- c) os empuxos de terra e de líquidos;
- d) as forças de protensão;
- e) as deformações impostas, isto é, provocadas por fluência e retração do concreto, por variações de temperatura e por deslocamentos de apoios.

Dentre essas, os itens “a” a “c” representam as ações permanentes diretas, e os itens “d” e “e” as permanentes indiretas.

#### 4.6.2 Ações variáveis

Representam cargas transitórias, com variações significativas em torno de sua média durante a vida da edificação. Nelas estão incluídas as cargas acidentais e seus efeitos nas construções, como as forças de frenação, de impactos, vento, temperatura, atrito nos aparelhos de apoio e pressões hidrostáticas e hidrodinâmicas.

Podem ser ainda variáveis normais, quando têm probabilidade de ocorrência suficientemente grande para que sejam obrigatoriamente consideradas na fase de projeto da edificação, ou variáveis especiais, quando em certos for necessário considerar ações sísmicas ou cargas acidentais de natureza ou intensidade especiais.

#### 4.6.3 Ações excepcionais

As ações excepcionais são as que possuem uma baixa probabilidade de ocorrência e que ocorrem em curtos intervalos de tempo, mas que devem ser consideradas em determinados projetos. Referem-se aos esforços causados por explosões, choques de veículos, incêndios, enchentes ou sismos especiais.

## 5 PATOLOGIAS DAS ESTRUTURAS

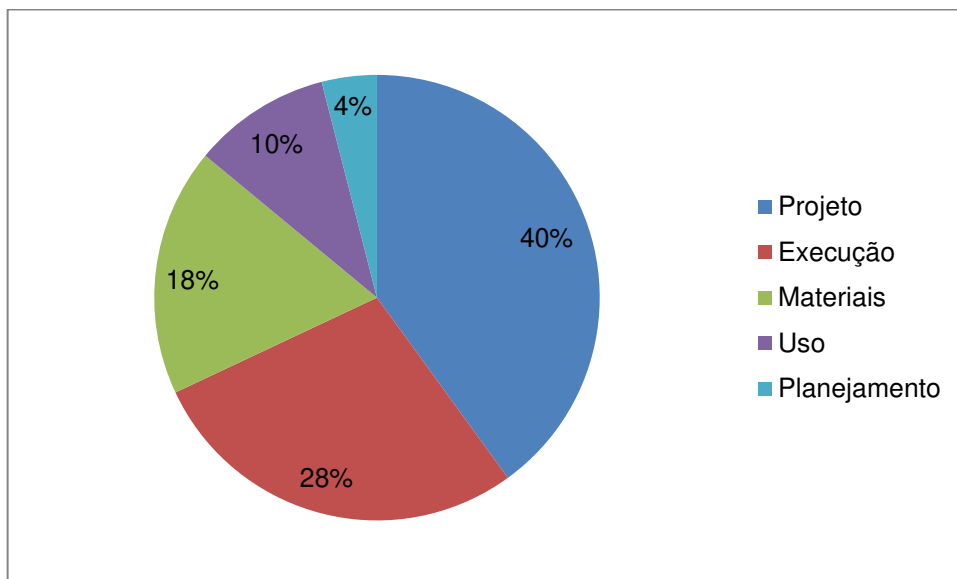
Na engenharia, patologias das estruturas é a denominação dada ao estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos relacionados à ocorrência de anomalias nas construções (SOUZA; RIPPER, 1998).

Essas anomalias, salvo em algumas poucas exceções, são representadas por manifestações externas, a partir das quais se pode deduzir qual a natureza, a origem e os mecanismos envolvidos no processo, bem como se estimar as prováveis consequências dos problemas gerados (HELENE, 1992).

Há diversos fatores que podem influenciar na ocorrência de patologias, e que devem ser avaliados individualmente, pois “[...] a análise da degradação das estruturas não pode se desenvolver sem considerar as características das manifestações patológicas e sua respectiva fase ou etapa de ocorrência” (BASTOS; MIRANDA, 2017, p. 3).

Os problemas patológicos podem ter origem em diferentes etapas da obra, como na fase de planejamento, concepção (projeto), execução, uso, ou devido aos materiais empregados, sendo que a fase de projeto é a que apresenta o maior percentual de causa de falhas (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Causas das manifestações patológicas em uma edificação.



Fonte: Adaptado de Vitório (2003).

Para se recuperar uma estrutura, há a necessidade de se despendem elevados valores, sendo que estudos apontam que medidas preventivas geram uma maior economia de valores ao longo da vida útil de uma estrutura (ROCHA, 2015). Por isso, é crescente a preocupação com o diagnóstico de edificações no decorrer de seus ciclos de vida.

## **5.2 Patologias em estruturas de concreto**

De acordo com Helene (1992, p. 19), para o concreto armado, os sintomas mais comuns de patologias são “[...] as fissuras, eflorescências, as flechas excessivas, as manchas no concreto aparente, a corrosão de armaduras e os ninhos de concretagem (segregação dos materiais constituintes do concreto)”.

### **5.2.1 Fissuração**

As fissuras são as manifestações patológicas características das estruturas de concreto que ocorrem com maior frequência e que chamam mais atenção, especialmente aos leigos, por evidenciar clara e visualmente que há algo de errado com a estrutura (SOUZA; RIPPER, 1998).

Vitório (2003, p. 25), classifica os fissuramentos em:

Fissura - abertura em forma de linha que aparece nas superfícies de qualquer material sólido, proveniente da ruptura sutil de parte de sua massa, com espessura de até 0,5mm.

Trinca - abertura em forma de linha que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de evidente ruptura de parte de sua massa, com espessura de 0,5mm a 1,00mm.

Rachadura - abertura expressiva que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de acentuada ruptura de sua massa, podendo-se “ver” através dela e cuja espessura varia de 1,00mm até 1,5mm.

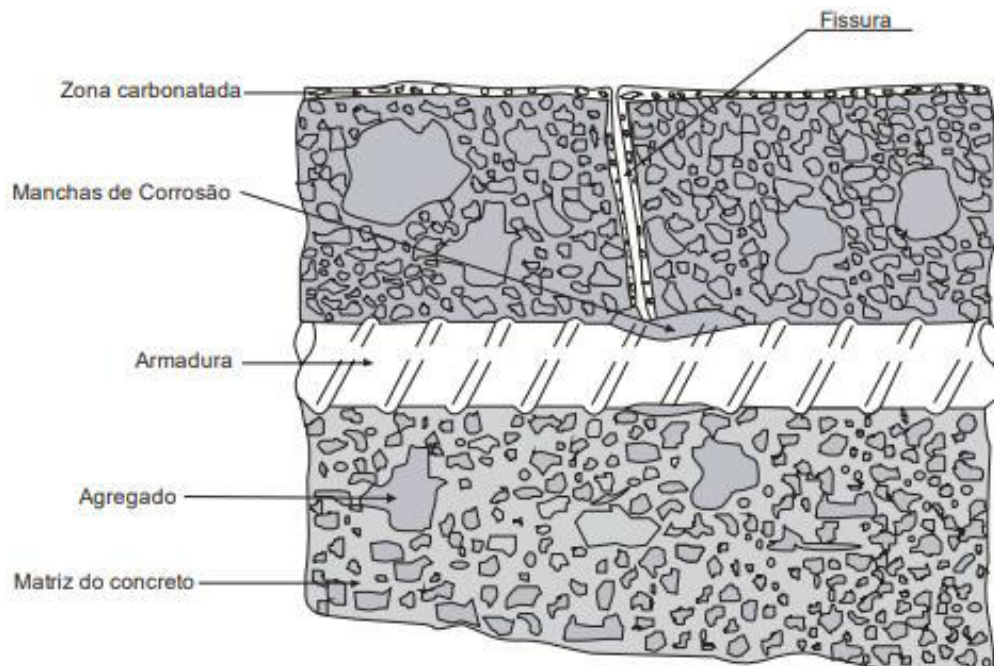
Fenda - abertura expressiva que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de acentuada ruptura de sua massa, com espessura superior a 1,5mm.

Tais aberturas merecem atenção por representar um eventual aviso de estado de perigo para a estrutura; por poder comprometer o desempenho da edificação

(estanqueidade à água, durabilidade, isolamento acústica etc.), e pelos possíveis constrangimentos psicológicos que a fissuração pode exercer sobre os usuários da obra (THOMAZ, 2002).

O principal efeito da fissuração recai sobre as armaduras, através da carbonatação e corrosão, que podem causar perdas na seção transversal do aço, conforme ilustrado na Figura 15.

Figura 15 - Vista de armadura corroída em concreto fissurado.



Fonte: DNIT (2010).

Suas causas são diversas, podendo suas fontes geradoras ser divididas em devido à retração hidráulica, devido à variação do teor de umidade, devido à variação de temperatura, devido à flexão, devido ao cisalhamento, devido à torção, devido à compressão, devido à punção em laje e devido à corrosão das armaduras (MARCELLI, 2007).

De acordo com o motivo gerador, algumas fissuras podem ser desprezadas ou simplesmente fechadas, já outras deverão receber tratamento adequado para que o problema possa ser resolvido corretamente (MARCELLI, 2007).

### 5.2.2 Desagregação

Souza e Ripper (1998) descrevem que a desagregação é a efetiva separação física de placas de concreto, onde a estrutura deixa de ser um conjunto único e rígido e perde capacidade de resistência frente aos esforços que solicitam a região desagregada (Figura 16).

Figura 16 - Fenômeno de desagregação do concreto.



Fonte: Andrade (1992).

Este fenômeno está ligado a diversas outras patologias, como a fissuração, corrosão do concreto, calcinação, ataques biológicos e movimentação de formas (SOUZA; RIPPER, 1998).

### 5.2.3 Eflorescências

A eflorescência (depósitos de cor branca) é um processo decorrente de depósitos salinos de metais alcalinos como o sódio e o potássio, e metais alcalino-terrosos como o cálcio e o magnésio que se depositam na superfície dos concretos e alvenarias pela migração dos sais solúveis nos materiais e componentes da edificação (BAUER, 2008).

O fluxo de água pela estrutura e a cristalização dos sais na superfície ocorrem principalmente em decorrência de capilaridade, infiltrações por fissuras, percolação de água ou vapor de vazamentos, condensação de vapor de água nas paredes, dentre outros (VITÓRIO, 2003)

Como resultado, esse processo pode alterar a aparência da superfície sobre a qual se depositam os sais (Figura 17), que podem ser agressivos e causar desagregação do concreto (BAUER, 2008).

Figura 17 - Depósito de sais em eflorescência.



Fonte: Guerra (2017).

Ainda segundo Bauer (2008), para ocorrer eflorescência deve existir certo teor de sais solúveis nos materiais ou componentes, presença de água e uma pressão hidrostática suficiente para que a solução migre para a superfície. Portanto, tal patologia pode ser evitada eliminando uma dessas três condições, que devem ter suas origens identificadas.

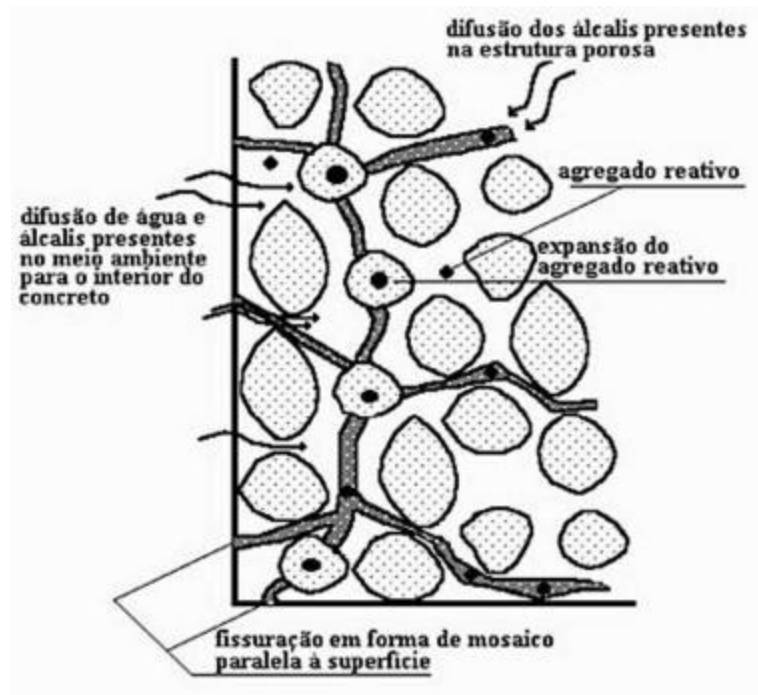
#### 5.2.4 Reação álcali-agregado

A reação álcali-agregado é uma reação química formada entre álcalis, sódio e potássio, do cimento Portland, ou outras fontes, e certos constituintes de certos



agregados. Conforme ilustra a Figura 18, a partir dela podem ocorrer expansões anormais no concreto ou argamassa, com conseqüente fissuramento dos elementos (DNIT, 2010).

Figura 18 - Desenvolvimento da reação álcalis-agregado no concreto.



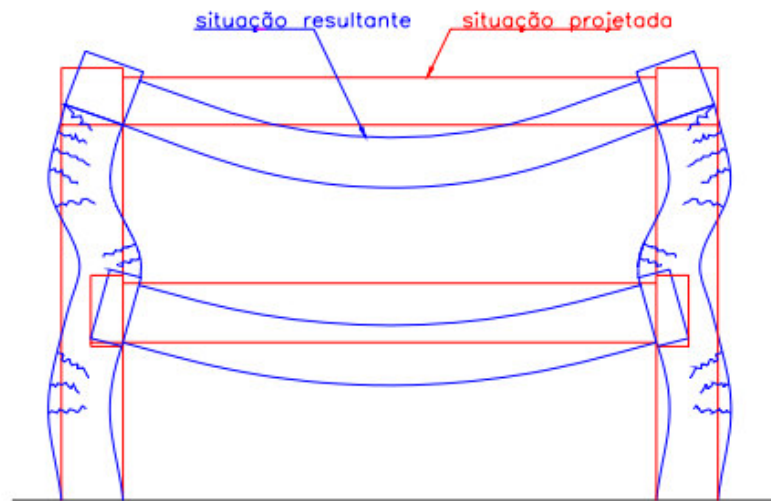
Fonte: Souza e Ripper (1998).

### 5.2.5 Flechas excessivas

Quando há falhas na modelização da estrutura e não se tem um correto conhecimento das inércias e deformações dos elementos estruturais, podem-se gerar flechas excessivas em vigas e lajes, que mesmo dentro dos limites estabelecidos por norma podem provocar o aparecimento de trincas (Figura 19).

A ocorrência dessas flechas excessivas pode gerar desconforto aos usuários e causar danos aos elementos estruturais e não estruturais da obra, prejudicando o funcionamento e a durabilidade da estrutura (MOURA; MARCELLINO, 2003).

Figura 19 - Formação de trincas por flechas excessivas.



Fonte: Vieira (2003).

#### 5.2.6 Manchas

Em geral, as manchas no concreto aparente são em grande parte das vezes formadas a partir do bolor (Figura 20), que consiste no crescimento de fungos filamentosos sobre o substrato do concreto. Com isso, são formadas manchas principalmente em cores escuras, como preto, marrom e verde, e em algumas vezes cores claras esbranquiçadas ou amarelas (SHIRAKAWA et al., 1995).

Figura 20 - Manchas formadas por bolor.



Fonte: Paz (2016).

### 5.2.7 Corrosão de armaduras

Segundo Gentil (1996, p. 1), “[...] pode-se definir corrosão como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente aliada ou não a esforços mecânicos”.

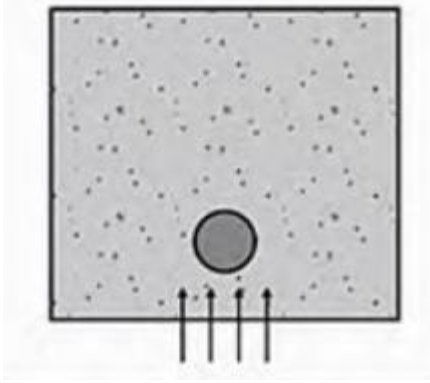
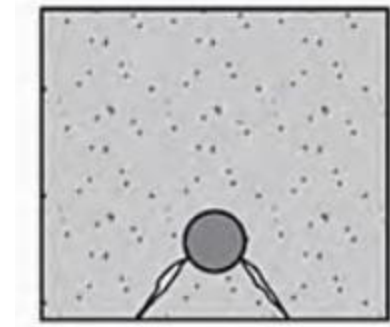
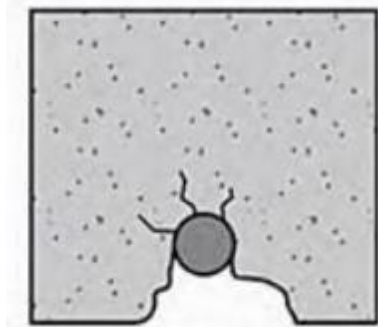
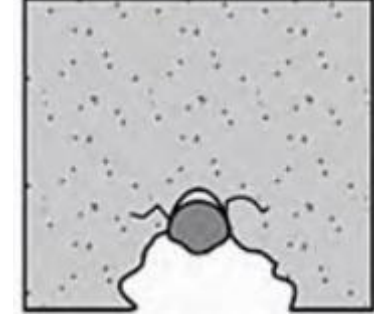
Nas armaduras em concreto, ocasiona efeitos como manchas superficiais, fissuras, destacamento do concreto de cobertura, redução da secção resistente das armaduras, seccionamento de estribos, redução e perda de aderência nas armaduras principais, dentre outros fenômenos que podem comprometer a segurança da estrutura (HELENE, 1993).

O processo de corrosão de armaduras é uma das patológicas mais frequentes nas estruturas de concreto armado, sendo que, segundo Granato (2002), a displicência na execução da obra tem se mostrado como a principal causa da corrosão precoce de armaduras, principalmente em virtude de:

- Recobrimento inadequado das armaduras, abaixo dos valores recomendados pelas normas da ABNT;
- Excesso de água na execução do concreto, causando fissuras de retração e elevada porosidade;
- Deficiência no processo de cura do concreto, acarretando em fissuras, porosidade excessiva e diminuição da resistência;
- Erros de traço, vibrações incorretas e formas inadequadas, causando segregação do concreto e ninhos de concretagem.

No Quadro 2 se pode observar o desenvolvimento do processo de corrosão de armaduras.

Quadro 2 - Processo de corrosão de armaduras.

	
1 – Penetração de Agentes Agressivos.	Fissuração Provocada pela Expansão dos Elementos de Corrosão.
	
3 – Lascamento do Concreto e Aceleração no Processo de Corrosão.	4 – Lascamento Acentuado e Redução da Seção de Armadura.

Fonte: Marcelli (2007).

### 5.2.8 Ninhos de concretagem

Os ninhos de concretagem são locais na base da concretagem em que ocorre a segregação do agregado graúdo, formando-se ninhos de pedras popularmente chamados de bicheiras (Figura 21). Esse fenômeno ocorre usualmente quando há o lançamento do concreto de alturas acima do recomendado e quando o mesmo não é corretamente vibrado e adensado, resultando em prejuízos na resistência do elemento estrutural, uma vez que no local o concreto fica com um grande índice de vazios com a grande presença de brita e a pouca quantidade de areia e cimento (MARCELLI, 2007).

Figura 21 - Ninhos de concretagem.



Fonte: Votorantim Cimentos (2016).

De acordo com o DNIT (2004, p. 54), as principais causas para o aceleramento da degradação das pontes em concreto armado são:

- a) Projeto inadequado, na concepção, no dimensionamento, no detalhamento e nas especificações;
- b) Construção sem controle de qualidade, podendo gerar escoramentos e fôrmas defeituosas, má colocação de armaduras, cobrimentos insuficientes, concreto com qualidades inferiores às especificadas, ausência de plano de concretagem...;
- c) Manutenção inexistente ou inadequada;
- d) Utilização inadequada da estrutura, submetendo-a a sobrecargas imprevistas;
- e) Causas de origem química, tais como reações internas do concreto, presença de cloretos, presença de água, presença de anidrido carbônico, presença de ácidos e sais;
- f) Causas de origem física, tais como ação do calor, do vento e da água;
- g) Causas de origem mecânica, tais como choques de veículos e embarcações, acidentes de origem diversa e recalque das fundações;
- h) Causas de origem biológica, mais raras, tais como o crescimento de vegetais nas juntas, de raízes sob fundações diretas e superficiais e ação de insetos, tais como cupins e formigas.

#### 5.2.9 Outras patologias superficiais

Segundo o DNIT (2010), há diversas outras patologias superficiais que usualmente acometem as estruturas de concreto armado, sendo as mais comuns o

desgaste superficial, a delaminação, o pipocamento, a deterioração por fogo e a disgregação.

O desgaste superficial é a perda progressiva de massa de uma superfície de concreto. Está relacionado à ocorrência de abrasão, erosão e cavitação (DNIT, 2010).

A abrasão é a deterioração em função do movimento relativo entre materiais com durezas diferentes. A erosão é o mecanismo ocorrente pelo movimento de partículas por um fluido, que quando em contato com o concreto provocam desgaste; e a cavitação é o desgaste pela formação de bolhas de vapor quando a água está em alta velocidade, que ao impactarem e se romperem no concreto provocam um aspecto corroído (SILVA, 2011; SOUZA; RIPPER, 1998).

Já a delaminação, também chamada de lascamento, é um destacamento laminar da camada superficial de acabamento paralelamente à superfície, podendo também causar corrosão de armaduras (CRISTELLI, 2010).

No caso do pipocamento, este é um tipo de ruptura de pequenas porções de concreto em virtude de pressões internas, e as disgregações são rupturas do concreto em zonas excêntricas das peças, por esforços de tração (DNIT, 2010).

### **5.3 Patologias em estruturas de madeira**

A madeira é um material formado pela combinação de polímeros que proporcionam força e durabilidade para a utilização como material estrutural. No entanto, a partir do momento em que é formada na árvore, a madeira está sujeita à deterioração por uma variedade de agentes, que causam danos desde a uma simples descoloração ocasionada por fungos, até uma ruína causada por insetos (RITTER, 1992).

Os agentes causadores dos danos podem ser de dois tipos: bióticos (vivos), e abióticos (não vivos).

Os agentes bióticos mais comuns são os fungos, insetos e furadores marinhos. Por serem seres vivos, precisam precisão de condições adequadas de temperatura, oxigênio, umidade e alimento (geralmente a madeira) para sobreviverem (CALIL JÚNIOR et al., 2006).

Já os abióticos são constituídos por condicionantes físicos, químicos, mecânicos e climáticos que podem danificar direta ou indiretamente a madeira, pois podem danificar o tratamento preservativo superficial e expor a madeira ao ataque de agentes bióticos (CALIL JÚNIOR et al., 2006).

No Quadro 3 são apresentados os principais agentes de deterioração da madeira.

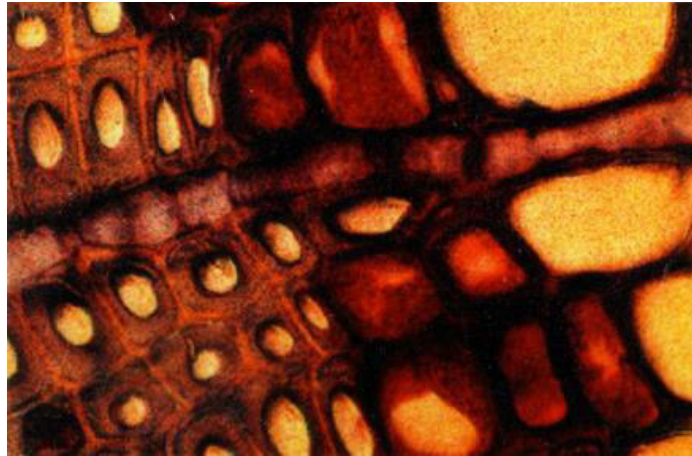
Quadro 3 - Principais agentes de deterioração da madeira.

Agentes bióticos	Bactérias	
	Fungos	Fungos manchadores Fungos emboloradores Fungos apodrecedores
	Insetos	Térmitas isópteras (Cupins-de-madeira) Brocas-de-madeira Formigas-carpinteiras Abelhas- carpinteiras
	Perfuradores marinhos	Moluscos Crustáceos
Agentes abióticos	Agentes Físicos	Patologias de origem estrutural Danos mecânicos Danos por animais silvestres Danos por vandalismo
	Agentes Químicos	Corrosão em ligações Efeito da corrosão na madeira
	Agentes Atmosféricos ou Meteorológicos	Ação de luz ultravioleta Intemperismo Danos por inchamento e retração da madeira Ações de vento nas estruturas Raios atmosféricos
	Danos devido ao fogo	

### 5.3.1 Ataque por bactérias

As bactérias são organismos normalmente unicelulares, com reprodução por cissiparidade, que originam tumores que hipertrofiam os tecidos vivos das madeiras, no caso das bactérias parasitas; ou que originam fenômenos de decomposição química (Figura 22) por oxidação (bactérias saprófitas aeróbias) ou redução (saprófitas anaeróbias) (BAUER, 2008).

Figura 22 - Decomposição da madeira por bactérias: Bactérias no interior das cavidades celulares (na coloração vermelha).



Fonte: Moreschi (2013).

### 5.3.2 Ataque por fungos

Os fungos são organismos heterotróficos, de natureza sésil e crescimento multicelular, que se caracterizam como sendo os principais decompositores da biosfera (RAVEN, 2014).

Na madeira, se locomovem como uma rede de hifas filiformes microscópicas, crescendo nas cavidades ou diretamente na parede celular, onde segregam enzimas que degradam a celulose, hemicelulose, ou lignina e absorvem o material degradado, completando o processo de digestão. Com a energia da madeira, produzem corpos de frutificação sexuada ou assexuada, popularmente conhecidos como cogumelos (Figura 23), que distribuem os esporos reprodutivos e infectam mais peças de madeira próximas as já contaminadas (BRITO, 2014).

### 5.3.3 Infestação de insetos

A madeira serve de abrigo e fonte de alimento para diversas espécies de insetos, como cupins e larvas (Figura 24), que possuem alto potencial destruidor (CALIL JÚNIOR et al., 2006).

As larvas desses insetos xilófagos, durante o seu desenvolvimento, se alimentam dos tecidos da madeira e geram extensas galerias que reduzem as



seções resistentes das peças das estruturas e facilitam a entrada de umidade, que também contribui para o desenvolvimento de fungos (BAUER, 2008).

De acordo com Brito (2014), os principais agentes deteriorizadores da madeira são os cupins ou térmitas (Isoptera), brocas (Besouros Coleoptera), abelhas, vespas e as formigas (Hymenoptera).

Figura 23 - Corpos de frutificações de fungos.



Fonte: Mathis (2008).

Figura 24 - À esquerda, aspecto do inseto coleóptero *Lyctus bruneus* adulto, e à direita, aspecto de uma peça de madeira severamente atacada.



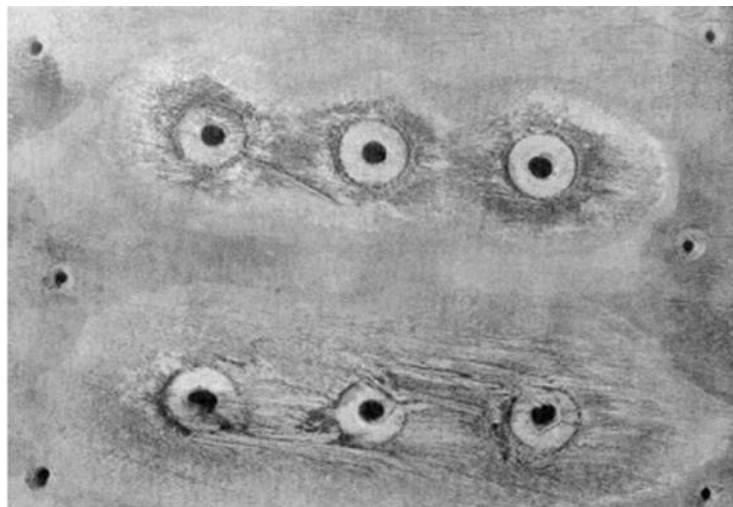
Fonte: Moreschi (2013).

#### 5.3.4 Degradação química

A madeira, quando em contato com alguns tipos de substâncias químicas como ácidos ou bases fortes, pode ter sua estrutura danificada. No caso das estruturas como pontes, dificilmente se tem contato com tais elementos de forma natural, no entanto, conforme ilustra a Figura 25, os fixadores metálicos como pregos e parafusos podem se tornar fontes de degradação química no tecido lenhoso das pontes (HIGHLEY; SCHEFFER, 1989).

Quando ocorrentes, as bases atacam a hemicelulose e a lignina, deixando a área da madeira esbranquiçada. Já os ácidos, atacam a celulose e a hemicelulose, trazendo manchas escuras, com aspecto de madeira queimada por fogo. Nesses casos a madeira pode ter perda de seção e de resistência (CALIL JÚNIOR et al., 2006).

Figura 25 - Dano químico causado por fixadores metálicos.



Fonte: Highley e Scheffer (1989).

#### 5.3.5 Abrasão mecânica

A abrasão mecânica é um fenômeno bastante visto nos tabuleiros das pontes de madeira, sendo causada pelo contato dos pneus dos veículos. Nesse contato, as forças produzidas podem causar sulcos na superfície, que retêm água e enfraquecem ainda mais a madeira (WISCONSIN, 2007).

## 5.4 Patologias em estruturas mistas

Nas estruturas mistas de aço-concreto, além das patologias para o concreto armado já mencionadas, as estruturas ainda são suscetíveis à aparição de anomalias nas estruturas metálicas.

Segundo Cozza (1998), as principais patologias das estruturas de aço podem ser divididas em três categorias: adquiridas, transmitidas e atávicas.

As adquiridas provêm da ação de elementos externos, tais como poluição atmosférica, umidade, gases ou líquidos corrosivos e vibrações excessivas. As transmitidas decorrem de falhas no processo construtivo, pelos vícios ou desconhecimento técnico do pessoal de fabricação e montagem da estrutura. Por fim, as atávicas são resultantes de falhas de projeto, como erros de cálculo, escolha de perfis e chapas inadequadas, ou uso de tipos de aço com resistência inferior à determinada no projeto (COZZA, 1998).

Conforme mostra o Quadro 4, Pravia e Betinelli (2016) citam que entre as patologias ocorrentes em estruturas metálicas as mais comuns são:

Quadro 4 - Manifestações patológicas mais ocorrentes em estruturas metálicas.

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	CAUSAS
Corrosão localizada	Causada por deficiência de drenagem das águas pluviais e deficiências de detalhes construtivos, permitindo o acúmulo de umidade e de agentes agressivos.
Corrosão generalizada	Causada pela ausência de proteção contra o processo de corrosão.
Deformações excessivas	Causadas por sobrecargas ou efeitos térmicos não previstos no projeto original, ou ainda, deficiências na disposição de travejamentos.
Flambagem local ou global	Causadas pelo uso de modelos estruturais incorretos para verificação da estabilidade, ou deficiências no enrijecimento local de chapas, ou efeitos de imperfeições geométricas não considerados no projeto e cálculo.
Fratura e propagação de fraturas	Falhas estas iniciadas por concentração de tensões, devido a detalhes de projeto inadequados, defeitos de solda, ou variações de tensão não previstas no projeto.

Fonte: Pravia e Betinelli (2016).

Dentre todas as anomalias ocorrentes, a mais frequente é a corrosão do aço. Com efeito, tem-se a perda de seção nas peças metálicas, que pode acarretar em colapso da estrutura.

Para se evitar a corrosão, as peças metálicas devem: receber pintura (geralmente primer e tinta de acabamento); passar pelo processo de galvanização, que consiste na adição, por imersão, de uma camada de zinco na superfície do aço; ou então receber a adição de cobre durante o seu processo de produção, que aumenta a resistência à corrosão (PFEIL; PFEIL, 2009).

## **5.5 Tratamento para corrosão em armaduras**

De acordo com o DNIT (2010, p. 112), para se tratar o processo de corrosão de armaduras deve ser seguida uma sequência de etapas mínimas e obrigatórias, sendo elas:

- Correta avaliação das causas da corrosão, que pode ter-se manifestado através de apenas manchas de ferrugem no concreto ou por fissuração, ou por delaminação ou por fraturas no concreto;
- Avaliação da estabilidade do elemento com corrosão de armadura, quando da total e completa retirada do concreto contaminado; esta retirada deve alcançar o concreto não contaminado, que deve estar, no mínimo, afastado dois centímetros da armadura;
- Conforme a localização e a gravidade da corrosão podem ser necessários andaimes e escoramentos parciais ou totais;
- Limpeza completa e cuidadosa da armadura, com lixa, escova de aço ou com jateamento de areia;
- Avaliação da redução de seção da armadura, após a limpeza; se esta redução atingir ou superar 10% deve ser colocada armadura adicional, integrada ao conjunto através de traspasses ou soldas; no primeiro caso, a área de concreto a demolir deve incluir os comprimentos de traspasses;
- Reconstituição da geometria do elemento com concreto de boa qualidade, convencional ou projetado, com características iguais ou superiores às do concreto do projeto original.
- Avaliação da necessidade de proteção adicional, através de pinturas.

## **6 METODOLOGIA**

Para o planejamento de uma pesquisa, devem ser previamente analisados tanto o problema alvo da investigação, quanto a sua natureza, situação espaço-temporal, e o nível de conhecimento do investigador (KÖCHE, 2011). Com isso, pode-se definir qual o tipo de pesquisa a ser utilizada para se chegar ao resultado almejado.

Este trabalho configura-se como uma pesquisa exploratória-descritiva, uma vez que busca identificar a natureza dos fenômenos ocorrentes nos objetos de caso e registrar e analisar os aspectos que envolvem tais fatos.

Para a inspeção das obras estudadas e elaboração das sugestões de intervenções nas anomalias, serão seguidas as diretrizes do Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (DNIT, 2004) Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários (DNIT, 2010), e das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas que dispuserem sobre o assunto.

### **6.1 Etapas**

A metodologia desta pesquisa foi desenvolvida de acordo com as seguintes etapas:

#### **6.1.1 Pesquisa bibliográfica**

Para o estudo das principais patologias presentes em pontes com estruturas de concreto armado, estrutura de madeira ou estrutura mista, foi realizada uma revisão bibliográfica a partir das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, bem como livros, artigos e demais trabalhos científicos relacionados a patologias e perícias em construções.

### 6.1.2 Pesquisa de campo

A caracterização inicial de pontes já construídas há algum tempo é um procedimento que pode enfrentar barreiras referentes principalmente à dificuldade de acesso às informações iniciais de projeto e construção, sobretudo se a construção tiver ocorrido há bastante tempo. Com isso, são necessárias inspeções in loco sistematizadas para a coleta de informações que possibilitem a caracterização do objeto de estudo.

Para se ter sucesso em tais procedimentos, deve-se seguir uma sequência pautada em inspeção, diagnóstico, avaliação e prognóstico (MITRE, 2005).

Segundo o DNIT (2004), a etapa de inspeção consiste na coleta de elementos de projeto e construção da ponte, exame da situação em que se encontra, avaliação do estado da obra e elaboração de relatórios e recomendações sobre os procedimentos a serem tomados, como nova vistoria ou obras de manutenção, recuperação, reforço ou reabilitação.

O diagnóstico, por sua vez, representa o processo de entendimento dos fenômenos ocorridos a partir das explicações científicas sobre a formação e desenvolvimento das manifestações patológicas (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

Por fim, antes de serem escolhidas as medidas a serem adotadas, é necessário se fazer o prognóstico do caso, que consiste no levantamento das hipóteses de evolução do problema ao longo do tempo. Dessa forma, pode-se avaliar a possibilidade de resolução do problema, e decidir entre erradicar a enfermidade, impedir ou controlar a sua evolução, ou não intervir (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

A norma DNIT 010/2004, que dispõe sobre o procedimento para inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido, cita que as inspeções devem incluir a observação de:

- Geometria e condições viárias – Deve ser verificado o alinhamento da obra, se há deformações ou vibrações consideradas excessivas, se o tráfego flui livremente e em segurança e se há passeios para trânsito de pedestres;
- Acessos – Deve ser observado o estado da pavimentação dos acessos, se há irregularidades que possam causar impactos indesejáveis de veículos na entrada da ponte;

- Cursos d'água – se a seção de vazão disponível é suficiente, se detritos e matérias flutuantes escoam livremente nos períodos de cheia e se há manifestação ou indícios de erosão;
- Encontros e fundações – se há evidências de erosões ou descalçamentos, estado das estacas, existência de trincas nas paredes dos encontros, anomalias no concreto e corrosão de armaduras;
- Apoios intermediários – Os pilares, maciços, paredes ou isolados, bem como as vigas de contraventamento, devem ser examinados para verificar a possível existência de sinais de degradação do concreto e corrosão de armaduras;
- Aparelhos de apoio – verificação do estado e funcionamento dos aparelhos de apoio;
- Superestrutura – Devem ser verificadas anomalias no concreto, tais como fissuras, trincas, deslocamentos, desagregações, disgregações, infiltrações e eflorescências; e devem ser observadas as condições da pista de rolamento, juntas de dilatação, barreiras e guarda-corpos, sinalização e instalações de utilidade pública.

Na avaliação de pontes, o DNIT (2004) recomenda ainda que sejam atribuídas notas de avaliação aos elementos analisados, em uma escala de 1 a 5, onde 5 é o melhor estado. Esta nota reflete a maior ou menor gravidade dos problemas existentes no elemento, e a sua metodologia de atribuição está descrita no Quadro 5.

Quadro 5 - Instruções para atribuição de notas de avaliação.

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

Fonte: DNIT (2004, p. 237).

Seguindo essas recomendações, o estudo das obras está sendo realizado da seguinte forma:



- ✓ Visita in loco com coleta de dados característicos das pontes e inspeção visual das condições das mesmas;
- ✓ Levantamento fotográfico, onde o pesquisador fotografou os principais aspectos analisados no objeto de pesquisa;
- ✓ Catalogação das patologias encontradas em cada obra, indicação das notas de avaliação e dos riscos de cada anomalia;
- ✓ Elaboração do relatório de manutenção corretiva e intervenções nas patologias.

### 6.1.3 Delimitação do objeto de estudo

O corrente trabalho visa investigar sobre sete pontes integrantes da área central do município de Balsas (Figuras 26 e 27), sendo cinco delas construídas em estrutura de concreto armado, uma em madeira, e uma em estrutura mista concreto-aço.

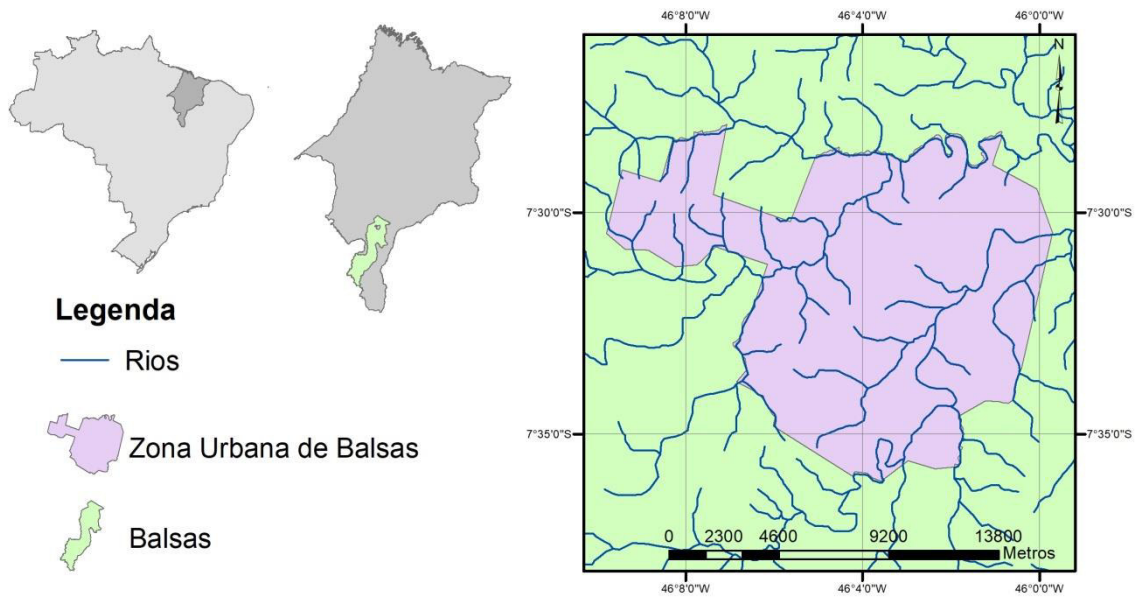
Para a identificação geográfica das pontes foram utilizadas imagens de satélite do Google Earth. Além disso, na caracterização foi incluída a localização quanto a ruas e bairros, o comprimento, a largura, o material da superestrutura e a tipologia da estrutura.

As visitas in loco para inspeção visual e detecção de patologias nas sete pontes do perímetro urbano do município de Balsas foram realizadas nos dias 11 e 25 de maio de 2019.

### 5.1.1 Análise dos dados

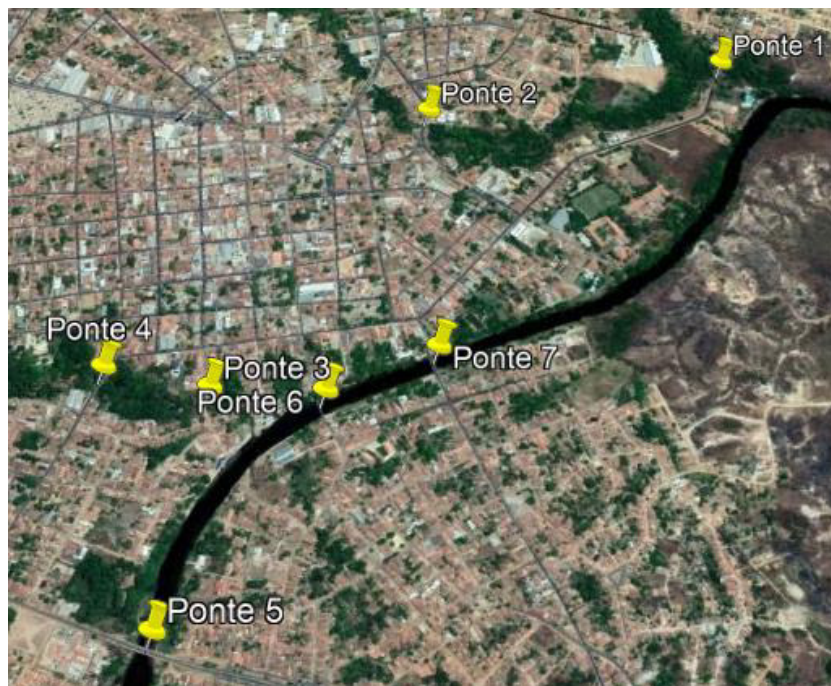
Por meio do levantamento fotográfico e do relatório de manifestações patológicas os dados foram analisados, as anomalias foram descritas, e discorreu-se sobre possíveis causas e propostas de correções a serem aplicadas.

Figura 26 - Localização do perímetro urbano do município de Balsas.



Fonte: Adaptado de Balsas (2018) e IBGE (2017).

Figura 27 - Localização das pontes objetos de estudo.



Fonte: Adaptado do Google Earth (2019).

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 7.1 Caso 1

A Ponte 01 (Figura 28) fica localizada na Rua Isaac Martins, sobre o riacho São Caetano. Proporciona o acesso do centro da cidade ao bairro Manoel Novo. Seus dados gerais são descritos a seguir:

- Descrição da ponte

**Localização:** Rua Isaac Martins.

**Curso d'água:** Riacho São Caetano.

**Material Constituinte:** Concreto armado.

**Sistema estrutural:** Ponte em vigas.

**Tabuleiro tipo:** Laje maciça.

**Geometria:** Reta ortogonal.

**Largura da pista de rolamento:** 3,70 m.

**Largura total do tabuleiro:** 6,04 m.

**Comprimento total:** 10,80 m.

**Comprimento do vão livre:** 9,58 m.

Figura 28 - Ponte 01, localizada na Rua Isaac Martins.



Fonte: Cruz (2019).

Esta ponte possui fundações diretas (sapatas), apoiadas sobre superfície rochosa, de onde nascem dois pilares que suportam as vigas transversinas, longarinas e a laje do tabuleiro (Figura 29). Nas extremidades há ainda um muro de arrimo feito em concreto armado.

Figura 29 - Elementos estruturais da ponte 01.



Fonte: Cruz (2019).

Em relação à infraestrutura da ponte, por a mesma possuir uma pista de rolamento de apenas 3,7m, não é possível o tráfego de mais de um veículo automóvel por vez em sentidos distintos. Além disso, não há placas de sinalização ou de identificação na área da ponte, e o local está desprovido de iluminação pública no período noturno. Ainda, não há guarda corpo nos passeios laterais, o que torna o local mais perigoso para o tráfego de pedestres.

A ponte possui guarda rodas em concreto armado com 27 centímetros de largura, sendo que estes se encontram danificados nas extremidades, com exposição e corrosão de armaduras (Figura 30), provavelmente em decorrência de impactos de veículos ou incorreto adensamento do concreto.

Figura 30 - Guarda rodas com extremidade danificada.



Fonte: Cruz (2019).

Em relação às manifestações patológicas, verificou-se a ocorrência de buracos no pavimento betuminoso decorrentes da abrasão mecânica dos veículos, bem como a exposição de armaduras das lajes nesses locais por conta de recobrimento de concreto insuficiente (Figura 31).

Figura 31 – Buracos com exposição de armadura na pista de rolamento.



Fonte: Cruz (2019).

Há ainda uma grande quantidade de armaduras expostas na face inferior da laje, em especial nas bordas do tabuleiro, onde se pode observar um avançado

estágio de corrosão das armaduras e consequente desagregação do concreto, que representam um problema de gravidade alta (Figura 32). Isso veio ocorrer devido à falta de drenagem na ponte, tendo em vista que se verificou corrosão das armaduras apenas nas partes mais externas da laje, onde a água pluvial escorre.

Figura 32 – a) Vista lateral da laje com armaduras expostas. b) Detalhe da corrosão da armadura e desagregação do concreto.



Fonte: Cruz (2019).

Por a cidade de Balsas não se tratar de um grande centro urbano e por haver no local dessa ponte baixo fluxo de veículos, é baixa a possibilidade de corrosão por carbonização. Além disso, como não é uma cidade a beira mar, é pouco provável que a manifestação tenha se dado por ataque de cloretos. Deste modo, além do escoamento pluvial as demais causas mais prováveis da patologia são o recobrimento insuficiente da armadura e/ou o mal adensamento do concreto na fase de execução da laje pré-moldada.

Foi observada ainda a presença de fissuras nos pilares (Figura 33) e de uma fenda de quase 2 mm em uma aresta (Figura 34), possivelmente em decorrência de esforços de compressão no concreto e de insuficiência de estribos.

Figura 33 - Fissuras nos pilares.



Fonte: Cruz (2019).

Figura 34 - Detalhe da abertura de fenda na aresta de um dos pilares.



Fonte: Cruz (2019).

De acordo com a inspeção realizada, esta obra apresenta possuir condições de estabilidade aparentemente boas, com alguns danos gerando insuficiência estrutural, mas sem grandes comprometimentos, deste modo pode ser atribuída a nota 3 para a estrutura, de acordo com a classificação do DNIT (2004).

Precisam-se então ser realizadas ações de reparos na superestrutura da ponte, no que diz respeito aos guarda-rodas, laje e pavimento, com o devido

tratamento das armaduras fissuradas, bem como a instalação de guarda-corpo e dispositivo de drenagem que reduza o escoamento da água pelas bordas face inferior da laje, que onde o concreto está se desagregando.

Na mesoestrutura, para os pilares, as fissuras passivas devem ser fechadas com a injeção de material aderente e resistente, como a resina epoxídica. Já para o pilar em que há uma fenda (fissura ativa de ordem física), é necessário se tratar a causa, empregando-se um reforço estrutural, ou ao menos se promover a vedação da mesma com material elástico, para que se crie uma barreira ao transporte nocivo de líquidos e gases para dentro da abertura, que podem contaminar o concreto e a armadura (SOUZA; RIPPER, 1998).

## 7.2 Caso 2

A Ponte 2 (Figura 35), denominada Ponte Juscelino Kubistchek, possui estrutura de concreto armado e está localizada no encontro entre a Av. Dom Diogo Parodi e a Av. Juscelino Kubistchek, fazendo o acesso do centro ao bairro Cajueiro.

- Descrição da ponte

**Localização:** Entre a Av. Dom Diogo Parodi e a Av. Juscelino Kubistchek

**Curso d'água:** Riacho São Caetano.

**Material Constituinte:** Concreto armado.

**Sistema estrutural:** Ponte em vigas.

**Tabuleiro tipo:** Laje maciça.

**Geometria:** Reta ortogonal.

**Largura da pista de rolamento:** 7,03 m.

**Largura total do tabuleiro:** 8,53 m.

**Comprimento total:** 8,85 m.

O seu sistema estrutural é composto por fundações diretas que sustentam três pilares em cada extremidade da ponte, que possui ainda três vigas longarinas. Os encontros são constituídos de muros de concreto ciclópico, conforme mostra a Figura 36.



Figura 35 - Vista frontal da Ponte 02.



Fonte: Cruz (2019).

Figura 36 - Vista dos elementos estruturais da Ponte 02.



Fonte: Cruz (2019).

A superestrutura desta ponte se encontra em boas condições, contando com passeios para pedestres, guarda corpo metálico, postes de iluminação pública e pavimento asfáltico sem buracos. No entanto, em relação aos encontros e à infraestrutura, esta ponte possui sérios problemas relacionados a recalques e à estabilidade do seu muro de arrimo, que já possui histórico de colapsos (Figura 37).

Figura 37 - Antigo muro de arrimo em alvenaria que entrou em colapso.



Fonte: Cruz (2019).

O último muro de arrimo construído em concreto atualmente se encontra com diversas fissuras e parcialmente rompido (Figuras 38 e 39), com recalques nas margens da ponte e com risco de tombamento do muro.

Figura 38 - Rompimento no muro de arrimo.



Fonte: Cruz (2019).

Figura 39 - Ponto interditado pelo recalque e rompimento do muro de arrimo.



Fonte: Cruz (2019).

Em função disso, entre os anos de 2018 e 2019 foram realizadas obras de estabilização em um trecho de riacho da lateral esquerda da ponte, onde foi construído um muro de arrimo em concreto armado, conforme a planta baixa de localização constante no Anexo A, e atualmente se encontram em curso obras de contenção no trecho da ponte compreendido pelas figuras 38 e 39, conforme a planta baixa do Anexo B.

Com isso, foi realizada a escavação seguida de reaterro do seguimento em erosão (Figura 40), e será executado um novo muro de contenção para este trecho.

Figura 40 - Obra de nivelamento do piso recalcado.



Fonte: Cruz (2019).

Assim, conclui-se que recentemente esta ponte se encontrava com precárias condições de estabilidade, com o colapso em pontos dos seus encontros. Com as obras já realizadas a estrutura já foi melhorada, mas ainda se encontra em estado sofrível, com a nota 2, indicando que a recuperação com reforço estrutural necessita ser feita em curto prazo.

Com a conclusão das obras atualmente em curso a problemática mais crítica da ponte deverá ser solucionada, no entanto, em relação à infraestrutura, é grande o efeito da erosão nas fundações, onde a água está cavando por baixo da estrutura dos encontros que está gradativamente se rompendo, devendo assim também ser executadas obras de reforço das fundações.

### 7.3 Caso 3

A Ponte 03 (Figura 41), também em estrutura de concreto armado, está construída na Rua Passondas Coelho, sobre o Riacho Lava Cara. Sua obra de construção foi finalizada no ano de 2018 e a mesma permite o acesso do bairro Nazaré ao Centro.

Figura 41 - Ponte 3, situada na Rua Passondas Coelho.



Fonte: Cruz (2019).

- Descrição da ponte

**Localização:** Rua Passondas Coelho.

**Curso d'água:** Riacho Lava Cara.

**Material Constituinte:** Concreto armado.

**Sistema estrutural:** Ponte em vigas.

**Tabuleiro tipo:** Laje maciça.

**Geometria:** Reta ortogonal.

**Largura da pista de rolamento:** 4,48 m.

**Largura total do tabuleiro:** 4,78 m.

**Comprimento total:** 11,30 m.

**Comprimento do vão livre:** 7,34 m.

Sua estrutura é formada por fundações rasas do tipo sapatas (Figura 42) as quais recebem os esforços de três pilares em cada margem do riacho, unidos por vigas transversinas que suportam as quatro vigas em seção T, nas quais se apoia o tabuleiro em laje maciça (Figura 43).

Figura 42 - Construção de sapatas da Ponte 03.



Fonte: Prefeitura de Balsas (2018).

Figura 43 - Sistema estrutural da Ponte 03.



Fonte: Cruz (2019).

Esta ponte foi construída entre os anos de 2017 e 2018, substituindo a antiga ponte em estrutura de madeira que havia no local e que entrou em estado de ruína após o período chuvoso do início do ano de 2017. Dessa forma, a nova ponte possui boas condições em sua super, meso e infraestrutura, contando ainda com guarda corpo metálico, iluminação pública e boas condições de acesso. O seu projeto arquitetônico pode ser visualizado no Anexo C.

A sua largura, assim como a da Ponte 01, permite a passagem de apenas um veículo automóvel por vez, considerando os dois sentidos de tráfego. Além disso, não há passeio destinado exclusivamente aos pedestres, devendo estes usar a mesma pista de rolamento que os veículos automotores.

Na rua onde está inserida a ponte há a presença de lençol freático próximo à superfície da via, com isso, mesmo tendo sido executada a colocação de tubos sob o pavimento no sistema de espinha de peixe para a percolação da água, ainda há a ocorrência do escoamento da mesma na superfície (Figura 44), podendo esta danificar tanto o pavimento quanto a estrutura da ponte.

Figura 44 - Escoamento e acúmulo de água oriunda do lençol freático.



Fonte: Cruz (2019).

No que tange aos encontros da ponte, na margem esquerda referente ao bairro Centro foi verificada a ocorrência de recalque no solo, onde há a presença de fissuras e fendas tanto no piso da parte superior do encontro, quanto no muro de concreto ciclópico construído no local (Figuras 45, 46 e 47).

Figura 45 - Fenda no piso da parte superior ao encontro da ponte.



Fonte: Cruz (2019).

Figura 46 - Abertura de fenda no muro da residência da margem esquerda da ponte.



Fonte: Cruz (2019).

Figura 47 - Recalque e fissuramento no muro de concreto ciclópico.



Fonte: Cruz (2019).

Com isso, para esta ponte fazem-se necessárias intervenções no encontro da margem esquerda do sentido do fluxo de água, com a execução de reforço para estabilização da área recalçada, e devem ser realizadas novas obras de drenagem profunda para se evitar o escoamento e acúmulo de água neste encontro e na superfície da ponte.



Na parte relativa aos demais elementos estruturais da ponte, por estarem em bom estado, a condição de estabilidade é considerada como boa. Portanto, esta obra é classificada como nota 4, pois há alguns danos, mas não há insuficiência estrutural.

#### 7.4 Caso 4

Ponte 04 (Figura 48), construída em concreto armado, localizada no encontro entre a Rua Santo Antônio e a Av. Tito Coelho, sobre o riacho Lava Cara, divisa entre o Centro e o bairro Nazaré.

Figura 48 - Ponte 4, sobre o riacho Lava Cara.



Fonte: Cruz (2019).

- Descrição da ponte:

**Localização:** Entre a Rua Santo Antônio e a Av. Tito Coelho.

**Curso d'água:** Riacho Lava Cara.

**Material Constituinte:** Concreto armado.

**Sistema estrutural:** Ponte em vigas.

**Tabuleiro tipo:** Laje maciça.

**Geometria:** Reta ortogonal.

**Largura da pista de rolamento:** 6,48 m.

**Largura total do tabuleiro:** 10,76 m.

**Comprimento total:** 49,60 m.

**Comprimento do vão livre:** 6,20 m.

A ponte 04, embora possua em sua parte superior uma superfície de rolamento com extensão de 49,60m, possui um vão livre de apenas 6,20m, sendo a com menor vão entre as analisadas.

Sua estrutura é formada por fundações diretas (sapatas corridas) sobre as quais estão os muros de arrimo em concreto ciclópico. As vigas são apoiadas diretamente sobre o arrimo, havendo longarinas e transversinas com seções variáveis. Sua mesoestrutura pode ser observada na Figura 49.

Figura 49 - Mesoestrutura da Ponte 04.



Fonte: Cruz (2019).

Em relação às condições da superestrutura, de início pôde-se observar desagregação no concreto e exposição de armaduras nos guarda rodas da ponte (Figura 50), em especial em suas extremidades, provavelmente em decorrência de impactos mecânicos, e a ocorrência de crescimento de agentes bióticos (limo) nas laterais dessa estrutura.

Figura 50 - Desagregação do concreto em guarda rodas da Ponte 04.



Fonte: Cruz (2019).

Além disso, os passeios para pedestres se encontram parcialmente danificados, com ocorrência de recalques e crescimento de vegetação (Figura 51), e há a presença de trincas transversais longas no pavimento da pista de rolamento nos locais referentes aos encontros (Figura 52).

Figura 51 - Passeios da Ponte 04 com ocorrência de recalque crescimento de vegetação.



Fonte: Cruz (2019).

Figura 52 - Trincas transversais longas no pavimento asfáltico.



Fonte: Cruz (2019).

Na face inferior da laje da ponte, foi observado um avançado nível de exposição e corrosão de armaduras nas extremidades da laje e em alguns pontos internos (Figura 53), nichos de concretagem, desagregação do concreto e a ocorrência de eflorescências e manchas causadas pelo crescimento de fungos no local (Figura 54).

Figura 53 - Desagregação do concreto e exposição de armaduras na Ponte 04.



Fonte: Cruz (2019).

Figura 54 - Eflorescências e manchas causadas por agentes bióticos na Ponte 04.



Fonte: Cruz (2019).

Por fim, foi detectada a ocorrência de processo de erosão sob a fundação do muro de arrimo (Figura 55), e a presença de uma fenda de 2mm na parede de tal estrutura (Figura 56). Por esta fenda está ocorrendo o escoamento de água do lençol freático, visto que o muro possui apenas dois tubos de drenagem.

Figura 55 - Erosão sob o muro de arrimo.



Fonte: Cruz (2019).

Figura 56 - Abertura de fenda no muro de arrimo.



Fonte: Cruz (2019).

Deste modo, para a superestrutura desta ponte são necessárias ações de tratamento das armaduras corroídas no guarda corpo e lajes, tratamento do concreto danificado, limpeza das superfícies para retirada de agentes bióticos, em especial no passeio de pedestres onde está crescendo vegetação, e tratamento de fissuras presentes no pavimento e na laje.

Além disso, as eflorescências devem ser removidas com escovação, jateamento de água, jateamento de areia, ou com a utilização de soluções diluídas em ácido (SOUZA; RIPPER, 1998).

A fim de se tratar a causa do fissuramento nos encontros, região da infraestrutura deve receber reforços no sentido de se evitar a propagação de erosão sob os arrimos, e as fissuras existentes devem ser devidamente fechadas.

Em geral, esta obra apresenta estabilidade aparentemente boa, e recebe nota 3 por apresentar danos gerando alguma insuficiência estrutural. Os danos devem ser acompanhados e recuperados assim que possível, por se ter um potencial de agravamento dos problemas.

## 7.5 Caso 5

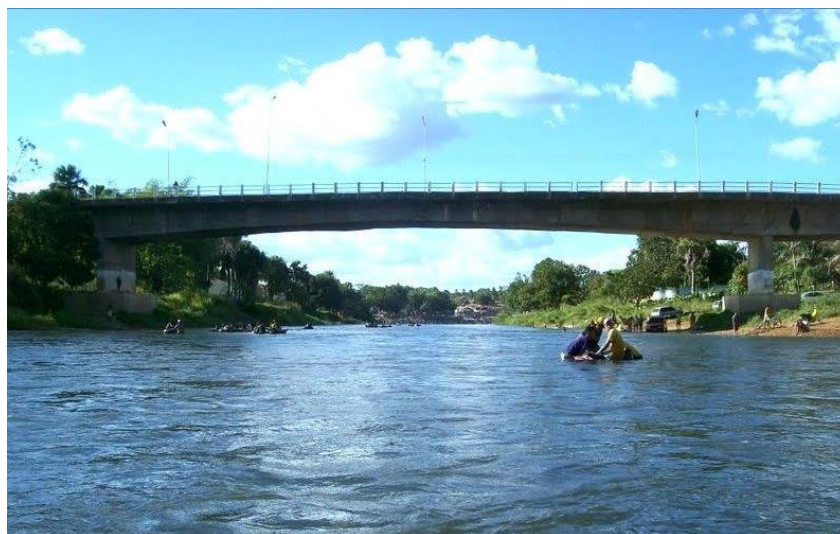
A Ponte 05 (Figuras 57 e 58), conhecida popularmente como Ponte de Cimento, também possui estrutura de concreto armado, mas se encontra sobre o Rio das Balsas, na Av. Contorno, trecho urbano da Rodovia MA-006, e faz a ligação entre os bairros Nazaré, na margem esquerda do rio, e Flora Rica, à direita.

Figura 57 - Ponte de cimento sobre o Rio Balsas - Vista Frontal.



Fonte: Cruz (2019).

Figura 58 - Ponte de concreto sobre o Rio Balsas - Vista lateral.



Fonte: Mapio (2006).

- Descrição da ponte

**Localização:** Avenida Contorno/MA-006.

**Curso d'água:** Rio das Balsas.

**Material Constituinte:** Concreto armado.

**Sistema estrutural:** Ponte em vigas com seção celular.

**Tabuleiro tipo:** Laje maciça ligada à seção celular

**Geometria:** Reta ortogonal.

**Largura da pista de rolamento:** 9,37 m.

**Largura total do tabuleiro:** 12,17 m.

**Comprimento total:** 138,20 m.

Esta ponte é a única dentre as analisadas que está situada em uma rodovia (MA-006). Foi construída na década de 1980, e possui Classe 45, tendo sido projetada para veículos tipo de 45 tf (450 KN). A sua superestrutura está apoiada em pilares paredes, dispostos em cada margem do rio (Figura 59).

Figura 59 - Configuração estrutural da Ponte 05.



Fonte: Cruz (2019).

Em relação à geometria e as condições viárias da ponte, foi observado que a obra está bem alinhada, e embora haja um grande tráfego de veículos pesados que causam vibração, esta não é considerada excessiva. Já para as condições dos passeios para trânsito de pedestres, foram constatados diversos danos como fissuramento do meio fio das calçadas, lajes das calçadas quebradas e com



exposição de armaduras (Figura 60), pilares do guarda corpo danificado, e falta de algumas barras metálicas do guarda corpo (Figura 61). Tais problemas são possivelmente decorrentes de uma baixa resistência do concreto nas peças do passeio, aliada a ocorrência de impactos mecânicos.

Figura 60 - a) Passeios para pedestres danificados. b) Detalhe de exposição e corrosão de armaduras no passeio.



Fonte: Cruz (2019).

Figura 61 - a) Desagregação do concreto e exposição de armaduras nos pilares do guarda corpo. b) Local com ausência de barra metálica no guarda corpo.



Fonte: Cruz (2019).

Outro detalhe que causa preocupação na região dos passeios da ponte é a presença de tubulação pública de água por baixo da laje da calçada. Esta tubulação apresenta problemas de vazamentos, principalmente no período noturno, em função da alta pressão da água. Deste modo, está havendo um acúmulo de água no vão

interno das calçadas tanto oriunda da chuva que cai sobre as placas de concreto danificadas quanto pelo vazamento da tubulação pública, com consequente desenvolvimento de agendes bióticos (Figura 62) e percolação do líquido pelo concreto, que está segregando na parte inferior do tabuleiro da ponte e oxidando as armaduras expostas (Figura 63).

Figura 62 - Acúmulo de água e crescimento de vegetação nos passeios danificados.



Fonte: Cruz (2019).

Figura 63 - Percolação de água e segregação do concreto.



Fonte: Cruz (2019).

Na pista de rolamento da ponte há a presença de buracos (Figura 64) e fendas no pavimento, principalmente nos locais das juntas de dilatação e entre os acessos e a ponte (Figura 65).

Figura 64 - Buracos no pavimento da Ponte 05.



Fonte: Cruz (2019).

Figura 65 - Fendas no pavimento da Ponte 05.



Fonte: Cruz (2019).

Na parte lateral e inferior do estrado celular da ponte há uma grande presença de eflorescências (Figura 66), causadas pela migração dos sais solúveis pelo concreto, e há a presença de um grande ninho de insetos (Figura 67).

Por fim, foi observada a ocorrência de fissuramentos, desagregação do concreto e corrosão de armaduras nos pilares situados próximos aos encontros da ponte com a pista da rodovia (Figura 68).

Figura 66 - Eflorescências no estrado celular da Ponte 05.



Fonte: Cruz (2019).

Figura 67 - Ninho de insetos na Ponte 05.



Fonte: Cruz (2019).

Figura 68 - Desagregação do concreto e exposição de armaduras em pilares da Ponte 05.



Fonte: Cruz (2019).

A partir destas observações, para a superestrutura desta ponte, na face superior do estrado verifica-se a necessidade de execução de manutenção e recuperação no pavimento; recuperação dos passeios de pedestres com a remoção de agentes bióticos, substituição de placas de lajes da calçada que estão danificadas e reposição. No interior dos passeios é necessária a troca da tubulação de água que está apresentando problemas de vazamentos, e para a face inferior do estrado é necessário se tratar as manchas e eflorescências, a partir de processos simples de limpeza, e se recuperar a área de concreto desagregado e armaduras corroídas por conta da infiltração de água.

Para a mesoestrutura devem ser tratados os pontos com armadura corroída e concreto fissurado nos pilares, e para a infraestrutura é recomendado apenas a inspeção periódica, visto que não foram constatados problemas.

A maior parte dos problemas apresentados nesta ponte são decorrentes de falta de manutenção, sendo que há alguns danos, mas que não estão gerando insuficiência estrutural. Deste modo, atribui-se a nota 4 à estrutura.

## 7.6 Caso 6

A Ponte 06 (Figura 69), nomeada oficialmente como Ponte Dr. Roosevelt Moreira Cury, e conhecida popularmente Ponte de Madeira, foi a primeira obra de arte especial construída sobre o Rio das Balsas no perímetro urbano do município, entre os anos de 1954 a 1958. É uma ponte pênsil, e grande símbolo da cidade de Balsas, sendo que faz a ligação entre o centro da cidade e o bairro Tresidela.

- Descrição da ponte

**Localização:** Travessa Trajano Coelho.

**Curso d'água:** Rio das Balsas.

**Material Constituinte:** Madeira

**Sistema estrutural:** Ponte pênsil.

**Tabuleiro tipo:** Tabuleiro em madeira

**Geometria:** Reta ortogonal.

**Largura da pista de rolamento:** Variável entre 1,70 a 1,96 m.

**Largura total do tabuleiro:** Aproximadamente 3,50 m.

**Comprimento total: 77,53 m.**

Figura 69 - Ponte Pênsil de Madeira sobre o Rio Balsas.



Fonte: Cruz (2019).

Mesmo com a sua grande importância histórica, esta ponte é a que se encontra em pior estado de conservação entre todas as obras analisadas, com a ocorrência de diversas manifestações patológicas.

Essa obra de arte especial possui em sua infraestrutura fundações superficiais constituídas por blocos de concreto armado de onde nascem as estruturas de madeira que formam as duas torres da ponte (Figura 70). As torres sustentam cabos de aço que são ligados ao tabuleiro de madeira.

Figura 70 - Estrutura de sustentação da Ponte 06.



Fonte: Cruz (2019).

De início, cabe lembrar que atualmente é permitido apenas o tráfego de pedestres sobre essa estrutura, estando a ponte interditada para o tráfego de veículos ciclomotores (Figura 71). No entanto, ainda é frequente o trânsito de motociclistas nesta ponte, desrespeitando a interdição.

Figura 71 - Peças de madeira interditando a entrada da ponte.



Fonte: Cruz (2019).

A superestrutura da ponte está gravemente danificada, com diversas tábuas rachadas e/ou em estágio de decomposição. Há a falta de peças de guarda rodas,

partes das grades de proteção foram arrancadas (Figura 72), e há grande vibração na estrutura, principalmente quando se trafega alguma motocicleta. Deste modo, foi constatada a presença de anomalias patológicas causadas por bactérias, fungos, insetos, degradação química nos fixadores, e abrasão mecânica no tabuleiro. Os efeitos destas patologias podem ser observados nas Figuras 73, 74, 75 e 76.

Figura 72 - Falta de grades de proteção.



Fonte: Cruz (2019).

Figura 73 – a), b), c) e d): Defeitos no tabuleiro.







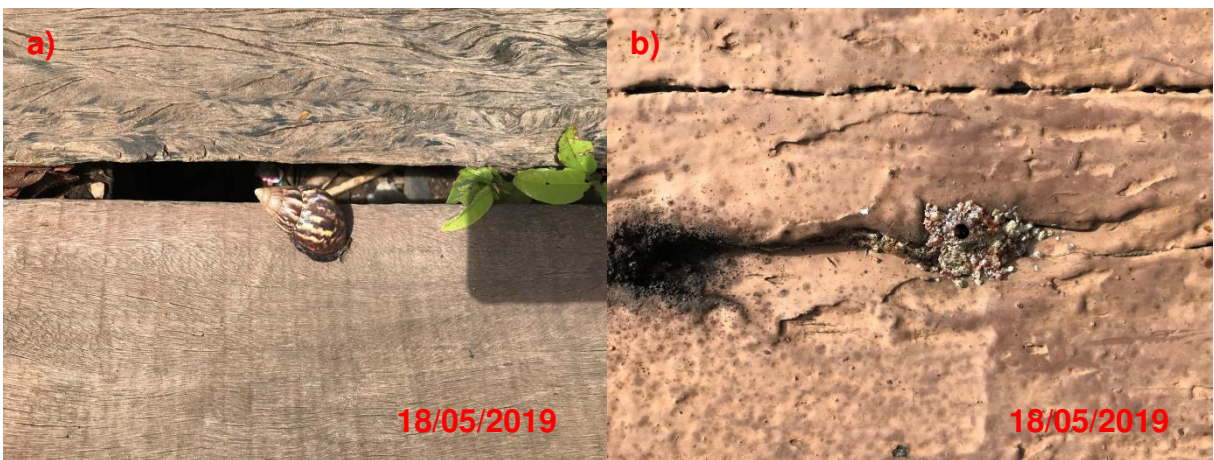
Fonte: Cruz (2019).

Figura 74 – a) e b) Decomposição por bactérias e cupins.



Fonte: Cruz (2019).

Figura 75 – a) e b): Presença de agentes bióticos.



Fonte: Cruz (2019).

Figura 76 - a) Degradação química em fixador. b) Desprendimento de fixador.



Fonte: Cruz (2019).

Na parte inferior do tabuleiro da ponte 06 foi observada uma grande presença de cupins e fungos, que estão deteriorando a madeira, além da presença de umidade e crescimento de musgo nos encontros (Figura 77).

Na mesoestrutura também há peças de madeira comprometidas, e nas fundações há a ocorrência de crescimento de vegetação, deslocamento do concreto e oxidação das armaduras (Figura 78).

Figura 77 - Crescimento de agentes bióticos: musgo, fungos e insetos na madeira.



Fonte: Cruz (2019).

Figura 78 – a) Desagregação do concreto e exposição de armaduras nas fundações. b) Abertura de fenda em bloco de fundação.



Fonte: Cruz (2019).

Para as patologias existentes na madeira, devem ser realizado tratamento na superfície deste material para que seja protegido da biodeterioração, em especial nos pontos com fendas, fendilhamentos, rachas, delaminações e danos mecânicos. Para isso deverão ser aplicados produtos preservativos, como, por exemplo, óleo de creosoto aquecido, penta e naftenato de cobre, fluoreto de sódio, dentre outros (BRITO, 2014).

Devem ainda ser aplicados fumigantes, que são produtos químicos em forma líquida ou sólida, que ao serem inseridos no interior da madeira por meio de furos, se volatizam em gases tóxicos que eliminam fungos apodrecedores e insetos (BRITO, 2014).

Ainda de acordo com Brito (2014), para as peças já danificadas, dependendo do estágio de deterioração, estas devem ser substituídas, e nos casos possíveis devem receber reforços a partir de fixadores metálicos e/ou elementos adicionais de madeira que reforcem ou enrijeçam os elementos estruturais.

Já para a infraestrutura da ponte, devem ser tratadas as armaduras dos blocos que se encontram expostas e em processo de corrosão, que devem receber uma nova camada protetora de concreto ou graute.

Nesta ponte há uma grande quantidade de peças comprometidas, onde postergar demais a sua recuperação pode leva-la a um estado crítico de colapso estrutural. A sua estabilidade é sofrível, portanto pode ser avaliada com a nota 2.

## 7.7 Caso 7

A Ponte 7 (Figura 79), denominada Ponte da Amizade, foi a última ponte ser construída sobre o Rio das Balsas dentro do perímetro urbano, sendo composta por estrutura mista de concreto e aço, e liga também o Centro ao bairro Tresidela.

Figura 79 - Ponte da Amizade, construída sobre o Rio Balsas.



Fonte: Cruz (2019).

- Dados gerais:

**Localização:** Entre a Rua do Caraíbas (Centro) e a Rua Nossa Senhora das Graças (bairro Tresidela).

**Curso d'água:** Rio das Balsas.

**Materiais Constituinte:** Aço e concreto armado.

**Sistema estrutural:** Ponte treliçada com estrutura mista aço-concreto.

**Tabuleiro tipo:** Laje maciça.

**Geometria:** Reta ortogonal, com curva no encontro da margem esquerda do rio (lado do bairro Centro).

**Largura da pista de rolamento:** 6,33 m.

**Largura total do tabuleiro:** 6,63 m.

**Comprimento total:** 115,9 m.

As fundações, pilares e a laje do tabuleiro desta ponte foram construídos em concreto, no entanto as vigas que suportam o tabuleiro superior e o passeio de pedestres foram executadas em perfis metálicos treliçados (Figura 80), que propiciaram a esta ponte uma configuração estrutural bastante diferente das demais analisadas.

Figura 80 - Perfis metálicos que integram a superestrutura da Ponte 07.



Fonte: Cruz (2019).

Embora as vias das duas margens da ponte não possuam o mesmo alinhamento, a obra foi executada com geometria reta ortogonal. Com isso foi criada uma curva de raio curto no encontro da ponte com a Rua do Caraíbas, que causa desconforto para os condutores de veículos (Figura 81).

Ainda na Figura 81, pode-se observar que há um pórtico na entrada ponte para se limitar, em função da altura, o tráfego de veículos de grande porte pela estrutura. No entanto, diversas colisões já ocorreram contra os pórticos já instalados, causadas por motoristas de caminhões que insistem em tentar passar. Com isso, o atual pórtico se encontra com risco de colapso em função dos impactos.

Figura 81 - Curva de raio curto no encontro da ponte com a Rua do Caraibas.



Fonte: Cruz (2019).

Já no encontro da ponte com a Rua Nossa Senhora das Graças, foi identificada a presença de uma vala de drenagem superficial coberta com uma grade metálica em que há uma diferença de nível com a pista de rolamento (Figura 82), causando impactos indesejáveis de veículos nessa extremidade da ponte.

Figura 82 - a) Vala de drenagem superficial. b) Detalhe de diferença de nível entre a grade e a pista de rolamento.



Fonte: Cruz (2019).

Com relação ao pavimento da pista de rolamento, foi verificada uma grande presença de ondulações e um avançado estágio de desgaste da massa asfáltica, que podem ser observados na Figura 83. Além disso, há lombadas nos locais das juntas de dilatação do tabuleiro da ponte, que encobrem a abertura na laje e geram

impactos na estrutura com a passagem dos veículos. Foi notado ainda o crescimento de vegetação em alguns pontos das laterais da pista (Figura 84).

Figura 83 - Defeitos no pavimento.



Fonte: Cruz (2019).

Figura 84 - Trinca no pavimento e crescimento de vegetação na lateral da pista.



Fonte: Cruz (2019).

No encontro da ponte com a via referente à margem do centro foi observada a ocorrência de infiltrações de água no muro devido a deficiência na drenagem, que está acarretando na formação de fissuras e o crescimento de seres bióticos (Figura 85).

Figura 85 - Fissuramento no muro de arrimo da Ponte 07.



Fonte: Cruz (2019).

Na mesoestrutura detectada oxidação em algumas partes da estrutura metálica, nas vigas e no tabuleiro de passagem dos pedestres, evidenciando falhas na pintura e/ou tratamento recebidos pelas peças (Figura 86).

Figura 86 - Processo de oxidação em pontos da estrutura metálica.



Fonte: Cruz (2019).

Por fim, foram constatados ainda problemas relacionados à ação de vândalos, pois há telas de proteção da passarela de pedestres que foram rompidas, e os elementos das instalações elétricas, como fios e luminárias foram roubados e deteriorados. Deste modo, a maior parte dos pedestres acaba trafegando pela parte superior da ponte, que seria destinada exclusivamente aos automóveis,



principalmente no período noturno, por não se sentirem seguros ao trafegar pela passarela inferior.

Com isso, conclui-se que em relação à superestrutura desta ponte se faz necessária a regularização do nível da grade da vala de drenagem existente na margem do bairro Tresidela, e é necessária a instalação de dispositivo de drenagem na margem referente ao centro, para se evitar a percolação da água e fissuramento do muro de arrimo. Em relação ao pavimento, este precisa de recapeamento e nivelamento, e precisam ser removidas as vegetações presentes nas laterais das pistas de rolamento.

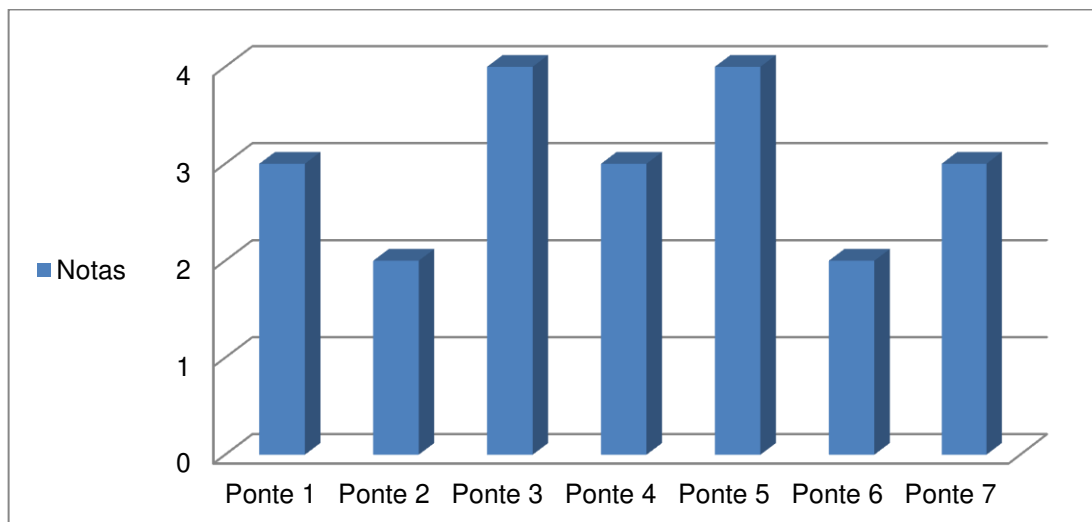
Quanto à mesoestrutura, é necessário se fechar as fissuras, trincas e fendas existentes no muro de arrimo, e deve ser dada uma atenção especial às peças metálicas que se encontram em processo de corrosão. Para isso, os pontos oxidados devem ser limpos e repintados de modo que a estrutura fique efetivamente protegida.

Para a infraestrutura, que não apresentou anomalias, recomenda-se apenas a inspeção periódica.

Deste modo, esta ponte recebe a nota 3, por possuir alguns danos, mas que no momento não comprometem a estabilidade da obra.

A partir das avaliações realizadas, temos para o contexto geral das pontes as seguintes notas, apresentadas no Gráfico 2:

Gráfico 2 - Resumo de notas de avaliação de pontes segundo a metodologia do DNIT.



Fonte: Cruz (2019).

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pontes são estruturas que podem ser erguidas com diferentes tipos de materiais e configurações estruturais, sempre com o objetivo de diminuir distâncias, facilitar a vida do homem e promover desenvolvimento da comunidade em que está inserida.

Sendo obras humanas, são passíveis de falhas e possuem vida útil finita, onde com o decorrer do tempo a capacidade de carga das pontes fica reduzida e é comum o surgimento de anomalias patológicas, que podem ser agravadas quando não identificadas e tratadas.

No perímetro urbano de Balsas há diversas pontes construídas há bastante tempo. Dessa forma, essas estruturas devem ser submetidas a inspeções periódicas, bem como receber manutenções preventivas e/ou corretivas para que o seu tempo de utilização seja maximizado.

O presente trabalho consistiu em um estudo sobre pontes, as principais patologias que acometem essas estruturas, e uma avaliação das anomalias presentes nas pontes do perímetro urbano de Balsas.

A partir de inspeções visuais foi verificada a presença de manifestações patológicas em todas as obras de arte especiais estudadas, desde as construídas há mais de cinquenta anos, até as recentes, com pouco mais de um ano de utilização.

Para as estruturas de concreto armado, as ocorrências mais comuns foram de fissuramento, desagregação do concreto, oxidação de armaduras, e eflorescências. Algumas dessas anomalias são decorrentes de falhas nas fases de projeto e execução, mas a grande parte são fruto de falta de manutenção nas estruturas.

Para a Ponte Isaac Martins, a Ponte do Lava Cara e a Ponte da Amizade foram detectados danos gerando alguma insuficiência estrutural, mas em geral as obras apresentam boas condições de estabilidade. No entanto, é importante o acompanhamento da evolução dos problemas e a realização de reparos e manutenção para que o quadro não evolua.

Já para a Ponte Passondas Coelho e a Ponte de Cimento foram verificados apenas alguns danos, que no momento não geram insuficiência estrutural em tais OAEs.

Em relação à Ponte Juscelino Kubistchek, há danos significativos em sua estrutura, que comprometem a estabilidade e a integridade da ponte. As obras que

estão sendo realizadas deverão reverter este quadro, mas para este caso são recomendadas inspeções mais frequentes para se monitorar as anomalias, visto o histórico de problemas nessa obra.

Para a Ponte Dr. Roosevelt Moreira Cury, que é uma ponte pênsil de madeira sobre o Rio das Balsas tombada como patrimônio cultural, histórico e turístico deste município, a situação é ainda mais grave, pois há danos significativos na ponte, e nenhuma ação de recuperação se encontra em curso. As suas peças de madeira estão sofrendo os efeitos de diversos agentes bióticos, como bactérias, fungos e insetos, com isso, são necessários reparos urgentes, por o estado representar risco para o tráfego de pessoas.

A partir deste estudo, conclui-se que as patologias encontradas podem afetar consideravelmente as estruturas de pontes, sendo necessárias inspeções periódicas que subsidiem ações de manutenção, recuperação e reforço das estruturas, para se evitar o agravamento da deterioração e garantir a funcionalidade dessas importantes obras de engenharia.

## 9 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir da realização da presente avaliação, sugere-se que em trabalhos futuros possam ser tomadas as seguintes iniciativas:

- a) Fazer a avaliação da atual capacidade de carga das pontes estudadas para se verificar se a estrutura está com condições de atender às normas vigentes, visto que elas sofrem redução de capacidade de carga em função da idade e pelas manifestações patológicas existentes;
- b) Realizar ensaio de pacometria para se verificar a presença de armadura e se obter o cobrimento;
- c) Realizar ensaio de potencial de corrosão para se verificar a possibilidade de corrosão nas armaduras dos elementos estruturais;
- d) Realizar ensaio de esclerometria para se avaliar a uniformidade do concreto presente nas pontes;
- e) Realizar ensaio de ultrassom para detecção de defeitos no interior do concreto;
- f) Realizar a inspeção na parte interna do caixão da Ponte 05 a partir de uma abertura na laje;
- g) Construir um plano de manutenção programada para as pontes.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. D. C. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**. Tradução e adaptação de Antônio Carmona e Paulo Helene. São Paulo: Pini, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: [s.n.], 1997, p. 2.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7187**: Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003. 15 p.

BALSAS. Zoneamento, parcelamento, uso e ocupação do solo do município de Balsas. **Lei Nº 1396/2018**. Balsas, 28 mar. 2018.

BALSAS. **Projeto arquitetônico de planta de concreto armado sobre o riacho Lava Cara**. Balsas, 2018.

BALSAS. **Planta baixa de localização de estabilização da ponte JK, sobre o riacho Caetano, Rua Juscelino Kubistchek, s/n, centro**. Balsas, 2018.

BALSAS. **Projeto estrutural de contenção da Ponte Juscelino Kubistchek**. Balsas, 2019.

BASTOS, C. D. N.; MIRANDA, M. Z. Principais patologias em estruturas de concreto de pontes e viadutos: manuseio e manutenção das obras de arte especiais. **Construindo**, Belo Horizonte, v. 9, n. Esp. De Patologia, p. 93-101, Dezembro 2017, p. 3. ISSN 2318-6127.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2008. 1 v.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2008. 2 v.

BOTELHO, M. H. C. B.; MARCHETTI, O. **Concreto armado eu te amo**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

BRITO, L. D.. **Recomendações para o projeto e construção de estruturas com peças roliças em madeira de reflorestamento**. 2010. 342 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

BRITO, L. D. **Patologia em estruturas de madeira: metodologia de inspeção e técnicas de reabilitação**. 2014. 502 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

CALIL JÚNIOR, C. et al. **Manual de projeto e construção de pontes de madeira**. São Carlos: Suprema, 2006.

CALIL JUNIOR, C.; GÓES, J. L. N. de. Programa emergencial das pontes de madeira para o estado de São Paulo. **Minerva**, São Carlos, v. 2, n. 1, p.33-40, jun. 2005. Semestral.

COZZA, E. Uma nova era para o aço. **Téchne**, São Paulo, n. 36, p. 18-23, set./out. 1998.

CRISTELLI, R. **Pavimentos industriais de concreto – análise do sistema construtivo**. 2010. 160 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 010/2014**: Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido - Procedimento. Rio de Janeiro: Ipr, 2014. 18 p.

DNIT. **Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias**. Rio de Janeiro: Ministério dos Transportes, 2004.

DNIT. **Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários**. Rio de Janeiro: Ministério dos Transportes, 2010.

EL DEBS, M. K.; TAKEYA, T. **Pontes de Concreto**. São Carlos, USP – Universidade São Paulo, 2003. Notas de aula.

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA. **Britannica Student Encyclopaedia**. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 2010.

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON. **Guidance for good bridge design**. Lausanne: fib, 2000.

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

FREITAS, M. de. **Pontes**: Introdução geral - definições. São Paulo: Epusp, 1978.

GASPAR, R. **Dimensionamento das almas de pontes celulares**. 2003. 250 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

GENTIL, V. **Corrosão**. 3. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 1996.

GOOGLE EARTH PRO. **Localização das pontes objeto de estudo**. Acesso em: 03 abr. 2019.

GRANATO, J. E. **Patologia das construções**. Apostila. São Paulo, 2002.

GUERRA, R. S. de T. (Ed.). **Eflorescência do concreto**. 2017. Disponível em: <<http://www.clubedoconcreto.com.br/2014/05/como-remover-eflorescencia-no-concreto.html>>. Acesso em: 28 jun. 2019.

HEERDT, M. L.; LEONEL, V. **Metodologia Científica e da Pesquisa**. 5. ed. Palhoça: UnisulVirtual, 2007.

HELENE, P. R. do L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. 1993. 248 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Construção Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

HIGHLEY, T. L.; SCHEFFER, T. **Controlling decay in waterfront structures. Evaluation, Prevention, and Remedial Treatments**. Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison: FPL-RP-494. 29p. 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malhas Digitais**. 2015. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>>. Acesso em: 27 jun. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Balsas: Censo demográfico**. 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/balsas.html?>>. Acesso em: 22 mar. 2019.

KLINSKY, G. E. R. G. **Uma contribuição ao estudo das pontes em vigas mistas**. 1999. 231 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo. São Carlos. 1999.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

MANERA, R. da S. **Ponte com estrutura aportçada de madeira roliça**. 2011. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Estruturas, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2011.

MAPIO. **Rod. MA - 006 cruzando pela ponte de concreto sobre o rio Balsas em Balsas-MA Brasil**. 2006. Disponível em: <<https://mapio.net/pic/p-42925960/>>. Acesso em: 27 maio 2019.

MARCHETTI, O. **Pontes de concreto armado**. Primeira reimpressão. Ed. São Paulo: Blucher, 2009.

MITRE, M. P. **Metodologia para inspeção e diagnóstico de pontes e viadutos de concreto**. 2005. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Construção Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MORESCHI, J. C. **Biodegradação e preservação da madeira**. Apostila. Universidade Federal do Paraná. 4. ed. Curitiba: 2013. 1 v.

MOURA, M. W.; MARCELLINO, N. A. Avaliação da deformação em lajes bidirecionais de concreto armado. In: Simpósio EPUSP sobre estruturas de concreto, 5., 2003, Florianópolis. **Anais...** . Florianópolis: Epusp, 2003. p. 1 - 12.

PAZ, L. A. F. et al. Levantamento de patologias causadas por umidade em uma edificação na cidade de Palmas - TO. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p.174-180, 2016. Trimestral.

PFEIL, W. **Pontes em concreto armado**: elementos de projetos, solicitações, dimensionamento. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de madeira**. 6. ed. Rio de Janeiro: LCT, 2003.

PINHO, F. O.; BELLEI, I. H. **Pontes e viadutos em vigas mistas**. Rio de Janeiro: ISB/CBCA, 2007.

PRATA, D. G. **Pontes protendidas de madeira**. 1995. 196 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Estrutural, Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

PRAVIA, Z. M. C.; BETINELLI, E. A. **Falhas em Estruturas Metálicas**: Conceitos e Estudo de Casos. 2016. Disponível em: <<http://www.metalica.com.br/falhas-em-estruturas-metalicas-conceitos-e-estudos-de-caso>>. Acesso em: 25 maio 2019.

RAVEN. **Biologia vegetal**. Ray F. Evert e Susan E. Eichhorn; revisão técnica Jane Elizabeth Kraus; tradução Ana Claudia M. Vieira... [et.al.]. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

RITTER, M. A. **Timber bridges**: design, construction, inspection, and maintenance. Washington: Usda-fs-fpl, 1990.

ROCHA, I. Corrosão em estruturas de concreto armado. **Especialize On-line IPOG**, Goiânia, v. 01, n. 10, Dezembro 2015. ISSN 2179-5568.

ROSENBLUM, A. **Pontes em estruturas segmentadas pré-moldadas protendidas: análise e contribuições ao gerenciamento do processo construtivo**. 2009. 197 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

SHIRAKAWA, M. A. et al. Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 1., 1995, Goiânia. **Anais...** . Goiânia: Ufg Antac, 1995. p. 402 - 410.

SILVA, C. V. da. **Contribuição ao estudo do desgaste superficial por abrasão em concretos empregados em pisos**. 2011. 179 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.



SOUSA, G. N. A. C. de. **Estudo do comportamento estrutural de uma ponte em arco**. 2012. 208 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2012.

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

TORRES, A. D. S.; SILVA, M. B. da; PALIGA, C. M. Análise das manifestações patológicas em reservatórios elevados na cidade de Pelotas/RS. **REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 12, n. 1, p. 12-22, Junho 2016. ISSN 2179-0612.

TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. **Inspeção, Diagnóstico e Prognóstico na Construção Civil**. Mérida: Alconpat Internacional, 2013.

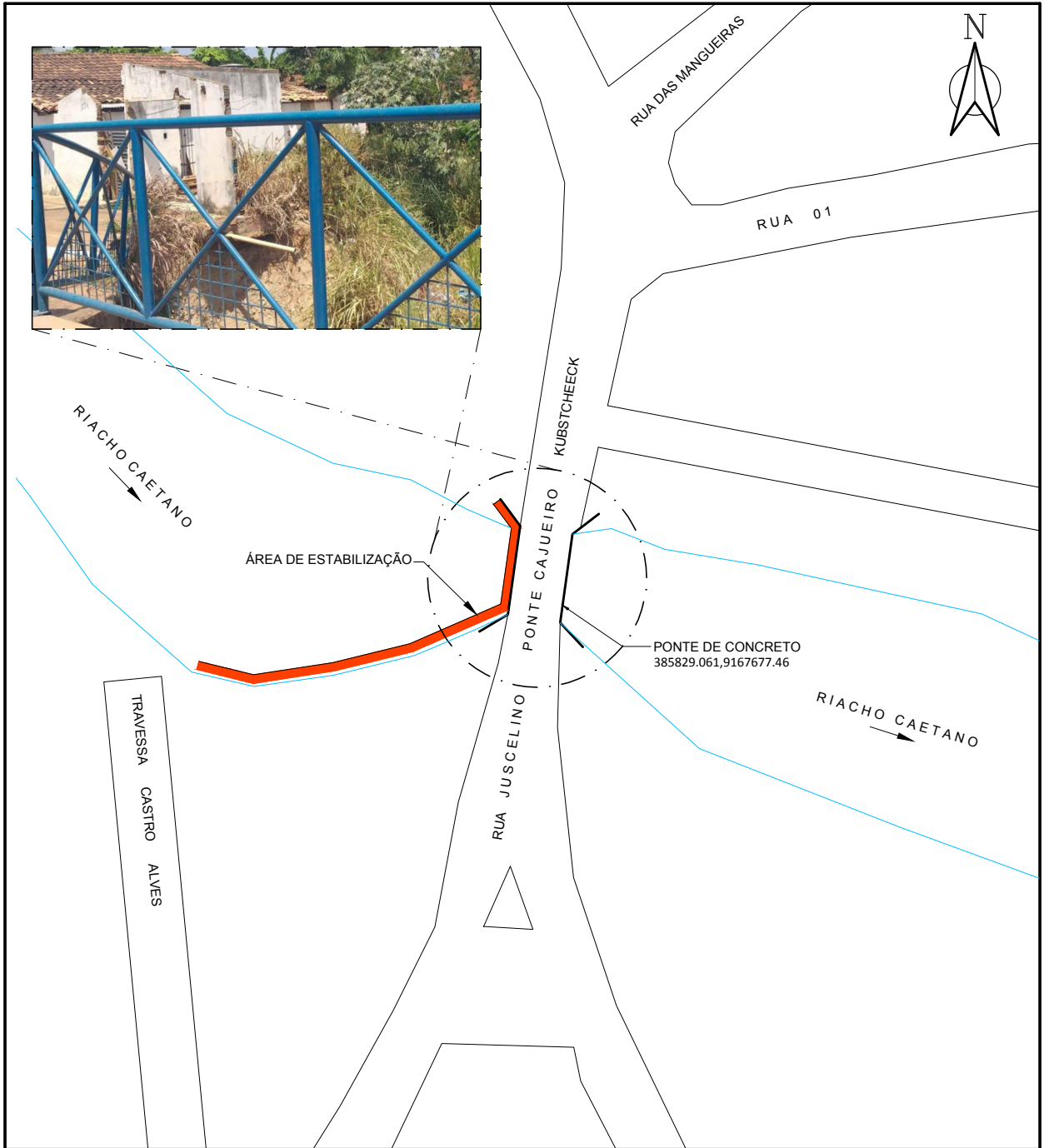
VIEIRA, R. C. Patologia das edificações - deformações em lajes: Conceituações sobre lajes pré-fabricadas e pré-moldadas resultam em questionamento junto à ABNT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, 12., 2003, Jundiaí. **Anais...** . Jundiaí: Ibape, 2003. p. 1 - 28.

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

VOTORANTIM CIMENTOS. **Vazios de concretagem: saiba como tratar**. 2016. Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/saiba-como-evitar-os-vazios-de-concretagem/>>. Acesso em: 25 jun. 2019.


WISCONSIN. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Structure Inspection Manual**. 2007. Disponível em: <<https://wisconsin.gov/dtsdManuals/strct/inspection/insp-fm-pt2ch1.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2019.

**ANEXO A – PLANTA BAIXA DE LOCALIZAÇÃO DE ESTABILIZAÇÃO DA  
PONTE 02**



# PROJETO ARQUITETÔNICO

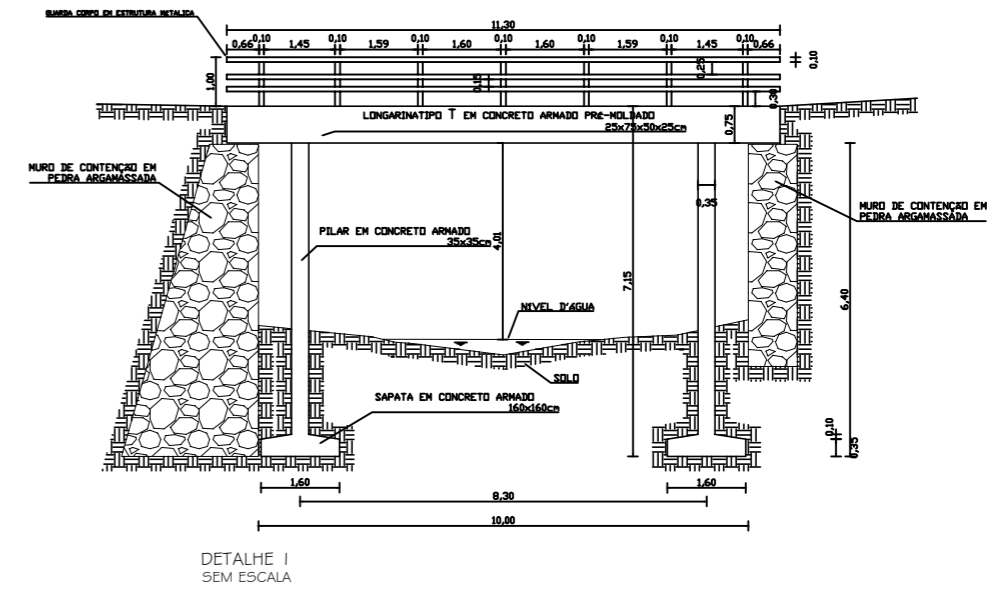
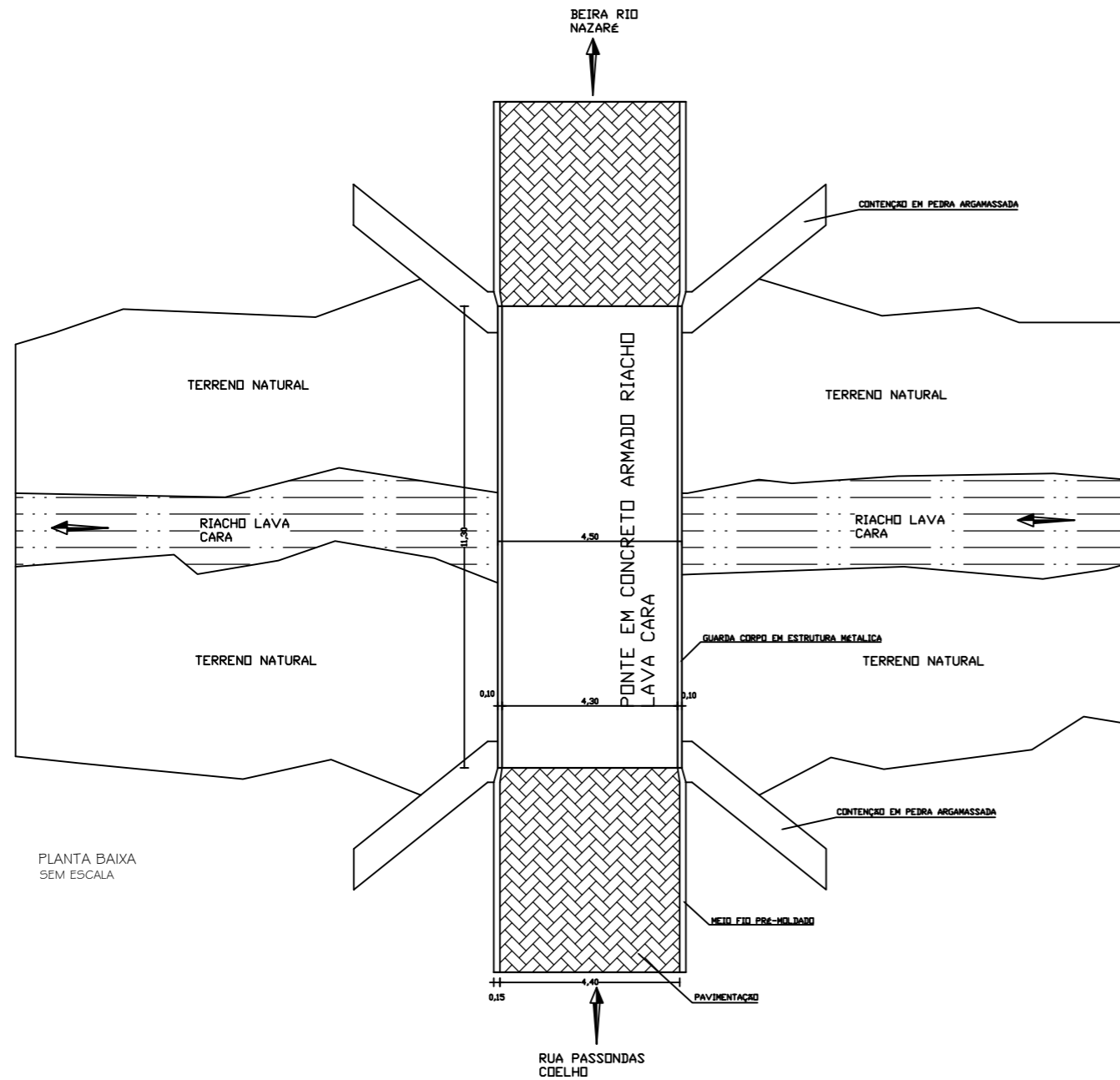
PLANTA BAIXA DE LOCALIZAÇÃO DE ESTABILIZAÇÃO DA PONTE JK, SOBRE O RIACHO CAETANO  
RUA JUSCELINO KUBSTCHEECK, S/N, CENTRO,  
BALSAS - MA

<p>INTERESSADO:</p> <p><b>PREFEITURA MUNICIPAL DE BALSAS</b> CNPJ: 06.441.430/0001-25</p>	<p>RESPONSÁVEL TÉCNICO:</p> <p> Sávio Silva Coelho Eng. Civil CREA: 2414571012 RN</p> <p>SÁVIO SILVA COELHO Engenheiro Civil CREA: 2414571012 RN</p>	<p>PRANCHA:</p> <p><b>01/01</b></p>
<p>DATA:</p> <p>DEZEMBRO/2018</p>	<p>ESCALA:</p> <p>1/750</p>	

**ANEXO B – PLANTA BAIXA DA ÁREA ERODIDA DA PONTE 02 QUE SE  
ENCONTRA EM OBRAS**

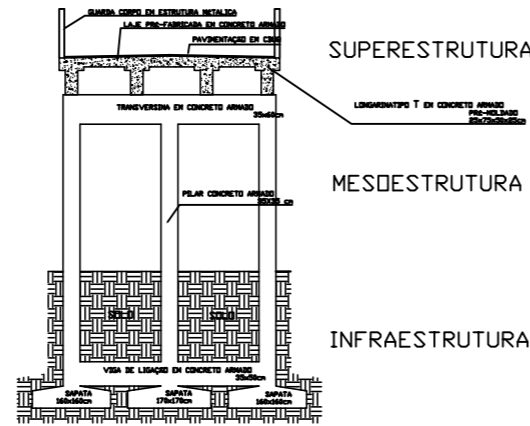
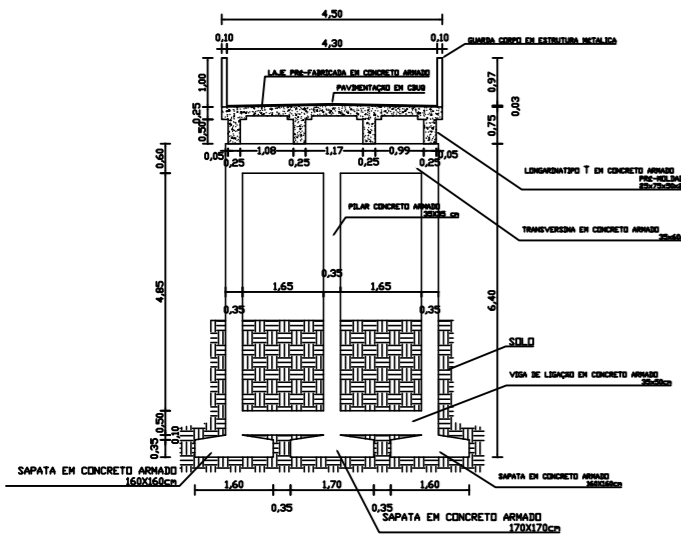


**ANEXO C – PROJETO ARQUITETÔNICO DA PONTE 03**



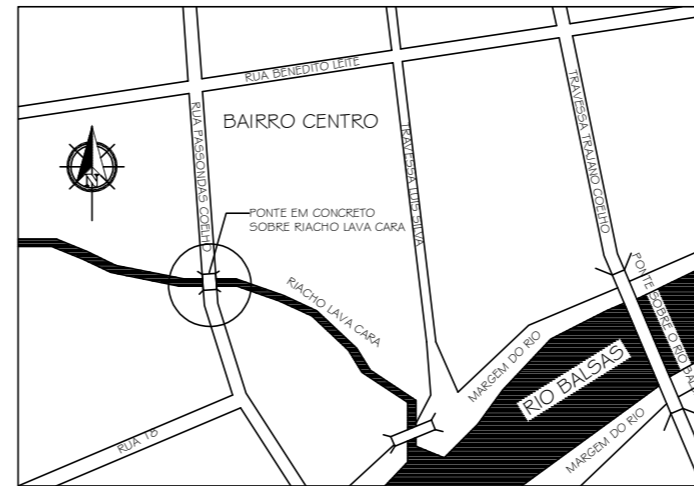
PLANTA BAIXA SEM ESCALA

DETALHE I SEM ESCALA



DETALHE 2 SEM ESCALA

DETALHE 3 SEM ESCALA



LOCALIZAÇÃO SEM ESCALA

### NOTAS

- Notas:
- 1-Dimensões em centímetros, elevações em centímetros, exceto onde indicado.
  - 2-A execução da estrutura deverá obedecer às prescrições da NBR6118 e da EB3.
  - 3-Todas as medidas, especificações e interferências deverão ser verificadas e cotejadas com o projeto arquitetônico e com os projetos complementares, antes da execução da obra.
  - 4-A dosagem do concreto deverá ter como base a resistência característica "fck" do concreto, aos 28 dias, indicada neste projeto.
  - 5-As formas e escoramentos deverão ser executados de modo a não sofrerem deformações excessivas devido ao seu peso, ao peso do concreto lançado e às cargas acidentais que possam atuar durante a execução da obra.
  - 6-Nos primeiros 7 dias, a partir do lançamento, deverá ser feita a cura do concreto, mantendo-se umedecidas as superfícies ou protegendo-as com película impermeável.
  - 7-Qualquer alteração necessária neste projeto deverá ser comunicada previamente ao projetista.

PENAS	
RED	0.1
YELLOW	0.2
GREEN	0.15
CYAN	0.3
MAGENTA	0.3
BLUE	0.15
WHITE	0.15
GRAY	0.1

PROJETO: <b>ARQUITETÔNICO</b>		APROVAÇÃO:	
OBRA: <b>PONTE DE CONCRETO ARMADO</b>		VISTO:	
ENDEREÇO:		REVISÃO:	
PROPRIETÁRIO: DR EMPREENDIMENTO LTDA-EPP CNPJ: 63.576.359/0001-21		REVISO: <b>RV - 00</b>	
RESPONSÁVEL TÉCNICO: <b>WILLAME BRAGA LIMA</b> CREA NACIONAL 110.340.074-6		ESCALA: INDICADAS	
DISCRIMINAÇÃO: <b>PLANTA DE ARMAÇÃO DA VIGA TRANSVERSINA E LONGARINAS.</b>		DATA:	
ÁREA TERRENO:	ÁREA CONSTRUÍDA:	TAXA OCUPAÇÃO:	FRANCHA: <b>EST.006</b>
CONTROLE:			