



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS PROFESSORA MARIA DA PENHA  
CENTRO CIENCIA TECNOLOGIA E SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**EDMILSON MARTINIANO DE MACÊDO FILHO**

**OBSERVAÇÕES QUANTO ÀS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA  
PONTE DA FAZENDA ALAGAMAR LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE  
TACIMA - PB**

**ARARUNA - PB**

**2021**

EDMILSON MARTINIANO DE MACÊDO FILHO

**OBSERVAÇÕES QUANTO ÀS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA  
PONTE DA FAZENDA ALAGAMAR LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE  
TACIMA - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Coordenação do Curso de  
Engenharia Civil da Universidade  
Estadual da Paraíba, como requisito para  
obtenção do título de Bacharelado em  
Engenharia Civil.

Área de concentração: Estruturas

Orientador: Prof. Dr. Daniel Baracuy da  
Cunha Campos.

**Orientador:** Prof. Dr. Daniel Baracuy da Cunha Campos

**ARARUNA- PB**

**2021**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

M141o Macedo Filho, Edmilson Martiniano de.

Observações quanto às manifestações patológicas na ponte da fazenda Alagamar localizada no município de Tacima - PB [manuscrito] / Edmilson Martiniano de Macedo Filho. - 2021.

36 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2021.

"Orientação : Prof. Dr. Daniel Baracuy da Cunha Campos, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."

1. Estrutura. 2. Construção civil. 3. Concreto. I. Título

21. ed. CDD 624.1

EDMILSON MARTINIANO DE MACÊDO FILHO

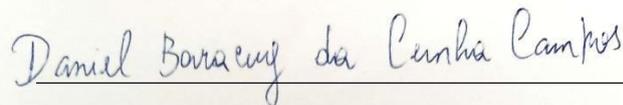
**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA PONTE DA  
FAZENDA ALAGAMAR LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE TACIMA - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Coordenação do Curso de  
Engenharia Civil da Universidade  
Estadual da Paraíba, como requisito para  
obtenção do título de Bacharelado em  
Engenharia Civil.

Área de concentração: Estruturas

Aprovada em: 16 / 12 / 2021.

**BANCA EXAMINADORA**



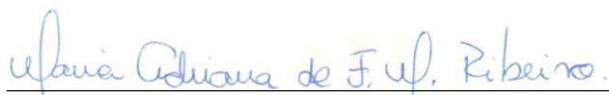
Prof. Dr. Daniel Baracuy da Cunha Campos (Orientador)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Alan Barbosa Cavalcanti

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Agradeço aos meus amados pais Edmilson e Waldcleide, pela confiança, dedicação, incentivo, companheirismo e amizade, DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, pela saúde e por sempre me guiar nos caminhos mais escuros e dar a oportunidade de concluir este trabalho

A minha família, especialmente aos meus pais, Edmilson e Waldcleide e meus irmãos, Ana e Gustavo, que sempre me motivaram, e ensinaram a agir com a humildade, honestidade e educação. E não mediram esforços para me ajudar nessa caminhada.

Ao professor e orientador Dr. Daniel Baracuy, pela ajuda, paciência e amizade que contribuiu de forma efetiva neste trabalho e por estar sempre presente para esclarecer quaisquer dúvidas.

A todos os professores que se dedicaram para repassaram parte do seu conhecimento e contribuíram para minha formação acadêmica.

Aos meus amigos e colegas de classe, em especial a Antônio Fernandes, Rafael Costa, Pedro José e Matheus Furtunado, pelo companheirismo, incentivo em momentos difíceis, auxílio e amizade.

A todos que me ajudaram de qualquer forma a conseguir êxito nesta caminhada.

*“Todos os nossos sonhos podem se tornar realidade  
se tivermos a coragem de persegui-los.”*

*Walt Disney*

## RESUMO

A existência de patologias em pontes de concreto armado no Brasil é um fato muito relevante, principalmente pela ausência de manutenção preventiva em grande parte das pontes, sendo esse um dos principais motivos da pesquisa. As pontes desenvolvem um importante papel para o desenvolvimento econômico e social, pois garantem o transbordo de pessoas e os mais diversos produtos. Entretanto, a situação encontrada nas pontes dificulta o acesso, e causa desconforto e insegurança aos seus usuários. Diante essa realidade, esse trabalho tem como objetivo avaliar o estado de conservação da ponte localizada na fazenda Alagamar pertencente ao município de Tacima-PB. O município encontra-se no Estado da Paraíba estando compreendido na mesorregião do Agreste Paraibano, na microrregião do Curimataú Oriental. A vista disso, e com o embasamento teórico do assunto permitirá a adoção de métodos corretivos em virtude do quadro patológico a qual a ponte se encontra. Em conformidade com as imagens coletada e analisadas nesse trabalho, o estado de conservação da ponte da fazenda Alagamar mostra a presença de diversos problemas patológicos, tais como: desagregação do concreto, eflorescência e corrosão das armaduras. Constatou-se que há uma grande necessidade de manutenção e reparo da estrutura, a qual é fundamental para o deslocamento de pessoas assim como o transbordo de mercadorias, visto que é uma das principais vias para a microrregião do Curimataú Oriental.

**Palavras-Chave:** Construção Civil. Estrutura. Concreto. Recuperação.

## **ABSTRACT**

The existence of pathologies in reinforced concrete bridges in Brazil is a very relevant fact, mainly due to the lack of preventive maintenance in most bridges, which is one of the main reasons for the research. Bridges play an important role in economic and social development, as they ensure the transfer of people and the most diverse products. However, the situation found on bridges makes access difficult, and causes discomfort and insecurity for its users. Given this reality, this work aims to assess the state of conservation of the bridge located on the Alagamar farm, belonging to the municipality of Tacima-PB. The municipality is located in the State of Paraíba and is located in the mesoregion of Agreste Paraibano, in the microregion of Oriental Curimataú. In view of this, and with the theoretical foundation of the subject, it will allow the adoption of corrective methods due to the pathological four which the bridge is. In accordance with the images collected and analyzed in this work, the state of conservation of the bridge at the Alagamar farm shows the presence of several pathological problems, such as: concrete disintegration, efflorescence and reinforcement corrosion. It was found that there is a great need for maintenance and repair of the structure, which is essential for the displacement of people as well as the transshipment of goods, as it is one of the main routes to the micro-region of Oriental Curimataú.

**Keywords:** Construction. Structure. Concrete. Recovery.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1 –</b>	Esquema ilustrativo de ponte.....	14
<b>Figura 2 –</b>	Esquema ilustrativo de viaduto .....	14
<b>Figura 3 –</b>	Elementos estruturais de uma ponte.....	15
<b>Figura 4 –</b>	Elementos estruturais de uma ponte adotado.....	15
<b>Figura 5 –</b>	Retração hidráulica em pilares.....	18
<b>Figura 6 –</b>	Esmagamento de pilares.....	18
<b>Figura 7 –</b>	Corrosão das Armaduras.....	19
<b>Figura 8 –</b>	Flexão em pilares.....	19
<b>Figura 9 –</b>	Configurações genéricas de fissuras de acordo com os esforços solicitantes.....	20
<b>Figura 10 –</b>	Fissuras por corrosão da armadura.....	20
<b>Figura 11 –</b>	Formação de espaços vazios ou poros sob barras horizontais.....	21
<b>Figura 12 –</b>	Fissura por ruptura frágil em apoios externos mal posicionados.....	21
<b>Figura 13 –</b>	Fissuras em dentes de articulação.....	22
<b>Figura 14 –</b>	Desagregação do concreto a partir da oxidação da armadura.....	22
<b>Figura 15 –</b>	Formas de corrosão mais comuns.....	23
<b>Figura 16 –</b>	Reação Álcali-Agregado.....	24
<b>Figura 17 –</b>	Eflorescência em concreto aparente.....	25
<b>Figura 18 –</b>	Propagação da carbonatação ao longo do tempo.....	26
<b>Figura 19 –</b>	Morfo e Bolor 1.....	26
<b>Figura 20 –</b>	Localização Mapa.....	27
<b>Figura 21 –</b>	Ponte da Fazenda Alagamar.....	28
<b>Figura 22 –</b>	Fissuras em pilar.....	29

<b>Figura 23 –</b>	Desagregação do concreto .....	30
<b>Figura 24 –</b>	Corrosão da armadura.....	30
<b>Figura 25 –</b>	Eflorescência .....	31
<b>Figura 26 –</b>	Morfo e Bolor 2.....	31

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Classificação das Fissuras.....	17
---	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Objetivo Específico .....</b>	<b>13</b>
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Estruturas em Concreto .....</b>	<b>13</b>
3.1.1 Concreto Simples .....	13
3.1.2 Concreto Armado .....	14
<b>3.2 Elementos Constituintes das Pontes .....</b>	<b>14</b>
3.2.1 Definição de Pontes.....	14
3.2.2 Elementos Estruturais de uma Ponte .....	15
<b>3.3 Principais Manifestações Patológicas em Pontes .....</b>	<b>16</b>
3.3.1 Fissuras.....	16
<b>3.3.1.1 Fissuras em Pilares.....</b>	<b>17</b>
<b>3.3.1.2 Fissuras em Vigas.....</b>	<b>19</b>
3.3.2 Desagregação .....	22
3.3.3 Corrosão da Armadura .....	22
3.3.4 Reação Álcali-Agregado .....	24
3.3.5 Eflorescência .....	24
3.3.6 Carbonatação.....	25
3.3.7 Morfo e Bolor.....	26
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>27</b>
<b>4.1 Localização Geográfica .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2 Método de análise.....</b>	<b>28</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o princípio das grandes civilizações a evolução tecnológica a respeito da criação de estruturas é muito visível, o qual o homem procura obter melhor conforto e facilidade para o seu cotidiano. Dessa forma, também a procura por novos materiais e técnicas com o intuito de adquirir estruturas mais fortes e duráveis. Mesmo com todo esse avanço ao longo do tempo, ainda há situações onde há a presença indesejada de problemas que são chamadas de patologias.

Mesmo com muito conhecimento adquirido ao longo do desenvolvimento da Engenharia, são muitos os casos cujas estruturas apresentam desempenho insatisfatório, devido às falhas involuntárias, a má utilização dos materiais, erros de projeto entre outros fatores que contribuem para a degradação das estruturas (HELENE, 1988).

Atualmente, em virtude de vários fatores, o estudo de problemas patológicos na construção civil vem rapidamente crescendo e se destacando, isso se deve ao fato que até um pouco tempo atrás, tinha-se que estruturas de concreto possuíam durabilidade indefinida. No entanto, nos dias atuais sabe-se que para alcançar o tempo mínimo para a qual foram programadas se exige um programa de manutenções e prevenção a suas patologias (BASTOS, MIRANDA, 2017).

As pontes e viadutos das grandes cidades são verdadeiros equipamentos urbanos, indispensáveis para a vida cotidiana de suas populações porque, antes de tudo, definem os principais escoamentos de vias, articulando cruzamentos de grandes avenidas, encurtando caminhos e compensando acidentes geográficos (BASTOS e MIRANDA, 2017). Essas verdadeiras obras de arte exercem um papel crucial para a economia, auxiliando no transporte de insumos produzidos no país, dando suporte a ferrovias, rodovias, hidrovias e dutovias.

Segundo Vitório (2006), existe uma falta de cultura acerca da manutenção preventiva no Brasil, onde os órgãos responsáveis em quaisquer níveis, seja ele federal, estadual ou municipal, priorizam apenas a execução. A falta de políticas e estratégias de conservação resultam em graves consequências, causando riscos aos usuários. Dessa forma a demora para início da manutenção acarreta em reparos mais trabalhosos e onerosos. Assim pequenas patologias relacionadas à degradação e desgaste do concreto podem se tornar grandes problemas, tornando a edificação insalubre, insegura e com baixo desempenho, visto que as pontes estão em um ambiente com alto grau de agressividade, assim necessitando de uma maior atenção. Neste sentido, este trabalho se

propõe a realizar visitas de inspeção, afim de obter fotografias e realizar observações visuais, para identificar as patologias presentes na ponte da fazenda Alagamar.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Identificar a partir de visitas técnicas e fotografias, patologias presentes na ponte sobre o rio Curimataú, destacando as possíveis causas.

### **2.2 Objetivo Específico**

- Identificar patologias na estrutura a partir de observações visuais;
- Apresentar quais as possíveis causas das patologias, a partir de observações visuais e comparação com a bibliografia;
- Mostrar quais medidas corretivas podem ser tomadas para sua recuperação estrutural;
- Mostrar quais medidas preventivas para evitar tais manifestações patológicas.

## **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **3.1 Estruturas em Concreto**

#### **3.1.1 Concreto Simples**

Compreende-se por concreto um material de construção oriundo da mistura de um aglomerante (Cimento Portland), agregado graúdo (brita), agregado miúdo (areia) e água, podendo conter aditivos e/ou adições, em quantidades certas e bem definidas. Os aditivos são compostos químicos que tem como objetivo conferir ou melhorar propriedades químicas, físicas ou físico-químicas, tanto no concreto fresco como endurecido. As adições são compostos minerais que é adicionado para substituir parte do cimento, tendo a proposta de potencializar ou enfraquecer certas características do concreto. (SOUZA JR., 2013).

### 3..1.2 Concreto Armado

Concreto armado é compreendido pela combinação entre concreto simples a uma armadura, constituída por barras de aço, cujas desenvolvem o papel de absorver os esforços de tração designados as peças submetidas à tração ou flexão, dado que o concreto possui alta resistência a compressão e pequena a tração. Os dois materiais devem resistir solidariamente aos esforços, e essa solidariedade é garantida através da aderência (PINHEIRO et al., 2010).

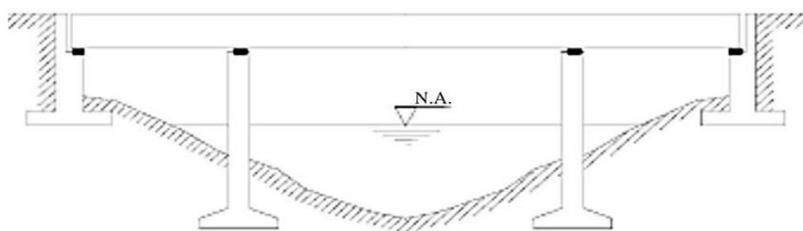
## 3.2 Elementos Constituintes das Pontes

### 3.2.1 Definição de Pontes

Segundo Debs e Takeya (2003) ponte é uma obra de arte especial (OAE) que tem como emprego a transposição de obstáculos afim de dar continuidade a uma via. O obstáculo a ser ultrapassado pode ser de qualquer natureza, tais como rios, braços de mar, vales profundos, outras vias, etc. Sendo assim, essas estruturas podem ser classificadas como pontes e viadutos:

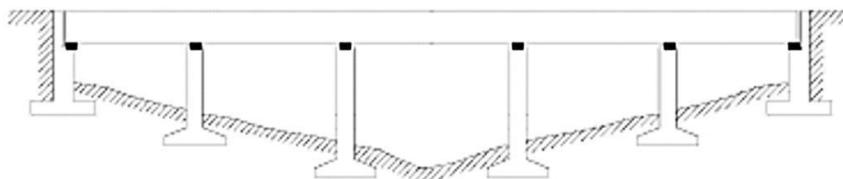
- Ponte – quando o obstáculo a ser trasposto é composto pela presença de água (Figura 1)
- Viaduto – quando o obstáculo não conta com a presença de água (Figura 2)

**Figura 1** - Esquema ilustrativo de ponte



**Fonte:** Debs e Takeya (2007, p. 5)

**Figura 2** - Esquema ilustrativo de viaduto



**Fonte:** Debs e Takeya (2007, p. 5)

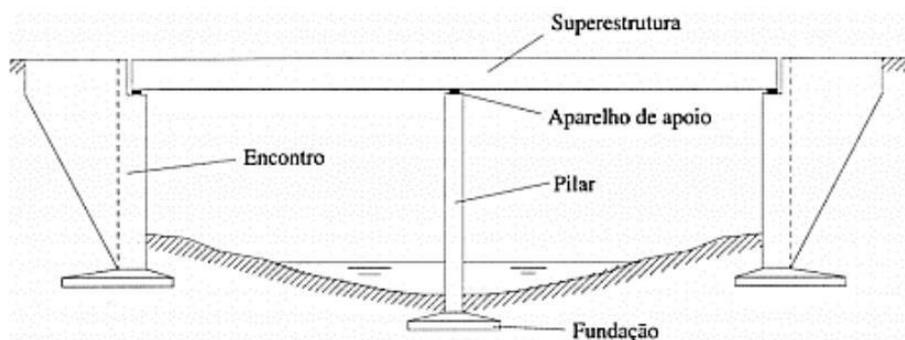
### 3.2.2 Elementos Estruturais de uma Ponte

Os elementos estruturais das pontes podem ser fragmentadas de diversas maneiras. De acordo com a literatura, observa-se que geralmente são dois ou três grupos de elementos que fragmenta a estrutura.

Segundo Reis (2002) Uma ponte é constituída principalmente de dois grandes grupos, a superestrutura e a infraestrutura.

Debs e Takeya (2003) apresentam essa divisão dos elementos conforme apresenta a Figura 3.

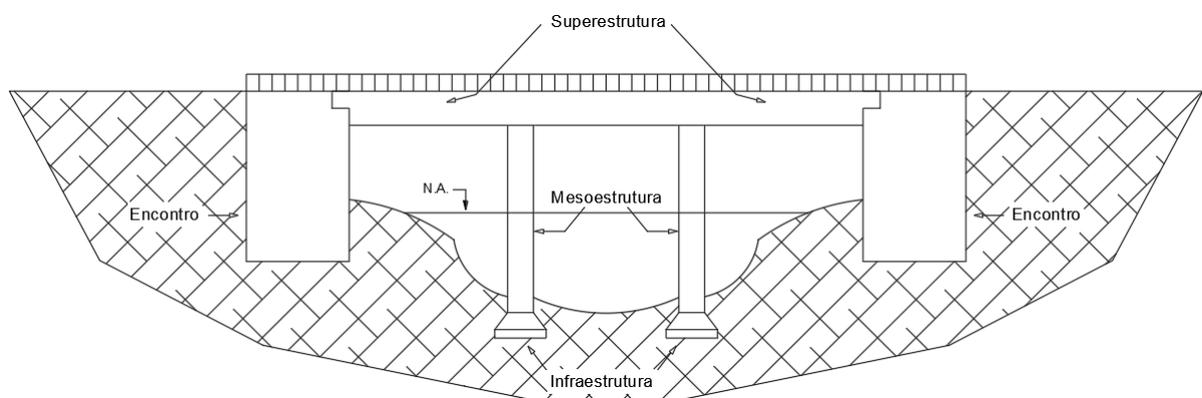
**Figura 3** - Elementos estruturais de uma ponte



Fonte: Debs e Takeya (2007, p.7)

O modelo mais usual para apresentar as divisões dos elementos estruturais de uma ponte, é apresentado por Pfeil (1979), o qual fragmenta as pontes em superestruturas, mesoestruturas e infraestruturas, conforme apresenta a Figura 4.

**Figura 4** - Elementos estruturais de uma ponte adotado



Fonte: Adaptado de Pfeil (1979, p. 2).

Superestruturas são elementos que recebem a atribuição de vencer o vão imposto pelo obstáculo, e também recebe diretamente os esforços provenientes do tráfego e os encaminha para mesoestrutura. Os elementos principais que constituem a superestrutura são as vigas principais (Longarinas) e secundárias (Tabuleiro ou Estrado), já as mesoestrutura, são compostas pelos seguintes elementos: Pilares, que tem a função de conduzir as cargas recebidas da superestrutura para a infraestrutura, o encontro que tem a função de receber os empuxos de terra e fazer com que os mesmos não sejam transmitidos aos demais elementos, também os aparelhos de apoio, os quais são localizados no junção da superestrutura e a mesoestrutura assim transmitindo as reações e permitindo os movimentos impostos pela superestrutura. E por fim as infraestruturas, são elementos responsáveis pela transmissão das solicitações recebidas da mesoestrutura ao terreno o qual a obra está implementada. São constituídas de blocos, sapatas, estacas, tubulões e etc.

### **3.3 Principais Manifestações Patológicas em Pontes**

O concreto como é um material não inerte está sujeito a alterações ao longo do tempo, em virtude das interações entre seus elementos constituintes (cimento, areia, brita, água, aço e em alguns casos aditivos/adições), com agentes externos (ácidos, bases, sais, gases, vapores, microrganismos e outros). A partir disso, essas interações podem resultar em anomalias, as quais tem potencial de comprometer o desempenho da estrutura, causar efeitos estéticos indesejáveis ou desconforto psicológico nos usuários (Lapa, 2008). Dessa forma, tem-se que, as patologias podem ser congênitas (surgem a partir da execução da estrutura) ou contraídas ao longo de sua vida útil, seja ela devido a ação de agentes externos ou fenômenos físicos (variação de temperatura, choques, recalques, etc.).

#### **3.3.1 Fissuras**

O concreto tem uma grande capacidade de resistência à compressão, no entanto possui sua resistência à tração cerca de dez vezes menor, sendo assim, quando submetido aos esforços que o tracione, provoca a origem de fissuras. Alves (1979) diz que as principais causas para a ocorrência de fissuração podem ser: erros de projeto; erros de execução; variação de temperatura, retração, expansão, recalques diferenciais, curas deficientes e ataques químicos.

As fissuras ainda podem apresentar diferentes classificações, conforme apresenta a Tabela 1.

**Tabela 1** – Classificação das Fissuras

<b>Classificação</b>	<b>Espessura</b>
Fissura Capilar	Menor que 0,2mm
Fissura	0,2 mm a 0,5 mm
Trinca	0,5 mm a 1,5 mm
Rachadura	1,5 mm a 5 mm
Fenda	5 mm a 10 mm
Brecha	Maior que 10 mm

**Fonte:** Thomaz (1998)

A classificação da dimensão da fissura é muito importante, visto a necessidade de quantificar a dimensão da abertura, ainda que as causas e mecanismos responsáveis pela formação sejam idênticos Thomaz (1998).

As fissuras também podem ser oriundas secundárias de outras manifestações, tais como a corrosão da armadura, que ao se expandir, ocasiona a fissura no concreto, assim gerando o deslocamento (Pinheiro, Silva & Florencio, 2018).

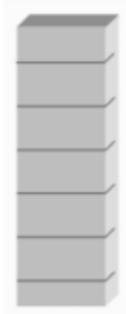
### **3.3.1.1 Fissuras em Pilares**

As Fissuras em Pilares podem ocorrer de diversas formas e tipos, tais como: retração hidráulica, Esmagamento, Corrosão das armaduras e Flexão.

- Retração hidráulica

A retração hidráulica em pilares se deve pelo excesso de água, ou seja, alto índice de relação água/cimento, como também pode ocorrer por deficiência da cura; tração no cimento; armaduras com cobrimento inadequado e inertes inadequados. A retração hidráulica está presente principalmente em ambientes com maior índice de insolação (Ramos, 2020). A Figura 5 apresenta as fissuras características ocasionadas pela retração hidráulica.

**Figura 5** – Retração hidráulica em pilares



**Fonte:** Araújo (2013, apud Ramos 2020, p.43)

- Esmagamento

O esmagamento ocorre principalmente em razão de mal dimensionamento estrutural, ou seja, seção do pilar ou armadura insuficiente para suportar a carga a qual o pilar está submetido, também pode estar intrínseco a carga maior que a prevista; estribos inadequados ou muito espaçados; erro no cálculo estrutural (Ramos, 2020). A Figura 6 apresenta as fissuras características provocadas pelo esmagamento do pilar.

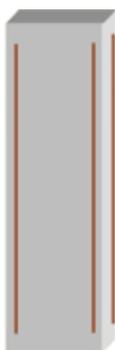
**Figura 6** – Esmagamento de pilares



**Fonte:** Araújo (2013, apud Ramos 2020, p.44)

- Corrosão das armaduras

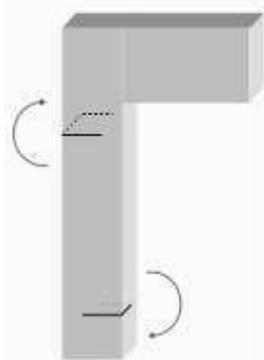
A corrosão das armaduras decorre em ambientes sujeitos a ação do vento; água ou inerte inadequados; insuficiência de vibração. No caso de corrosão avançada a ruína surge por encurvadura ou por insuficiência da seção da armadura. A Figura 7 apresenta as fissuras características provocadas pela corrosão das armaduras.

**Figura 7** – Corrosão das Armaduras

**Fonte:** Araújo (2013, apud Ramos 2020, p.44)

- Flexão em pilares

A flexão em pilares acontece essencialmente em razão do dimensionamento incorreto da armadura, ou seja, insuficiente; aumento considerável do momento fletor; cálculo estrutural equivocado; falta de amarração; a não consideração de solicitações horizontais (Ramos, 2020). A flexão em pilares possui fissuras características de acordo com a Figura 8.

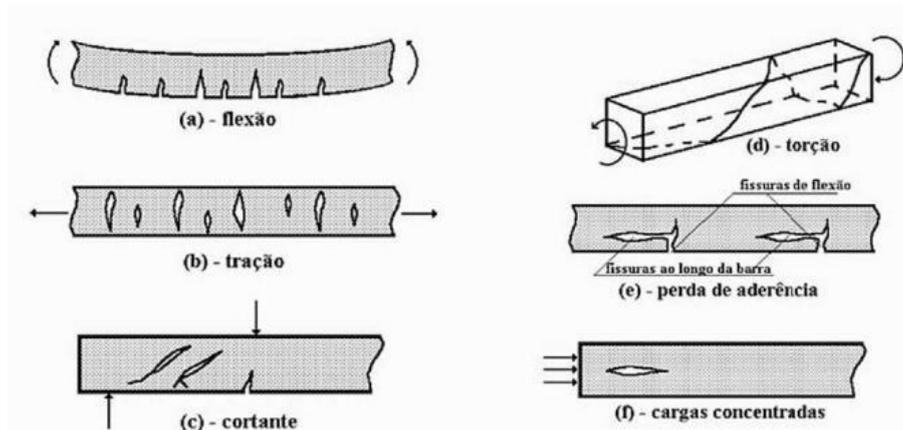
**Figura 8** – Flexão em pilares

**Fonte:** Araújo (2013, apud Ramos 2020, p.45)

### 3.3.1.2 Fissuras em Vigas

Em vigas as fissuras ocorrem perpendicularmente as trajetórias dos esforços principais de tração, localizadas principalmente no terço médio do vão e apresentam maior espessura na superfície inferior da viga, onde estão as fibras mais tracionadas. Próximo aos apoios as trincas tendem a inclinar e se aproximam de 45°, devido aos esforços cortantes (Thomaz, 1989). As características mostradas no elemento estrutural, retratam qual o motivo para o aparecimento das trincas, conforme apresenta a Figura 9.

**Figura 9** - Configurações genéricas de fissuras de acordo com os esforços solicitantes



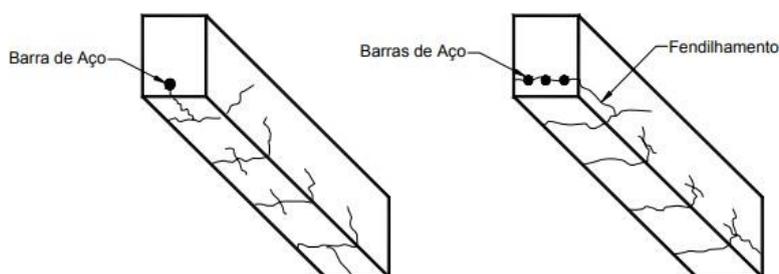
Fonte: Souza e Ripper 1998

Além das configurações mostradas na Figura 9, ainda existe outros tipos de fissuras típicas, que tem como motivo: corrosão das armaduras, formação de espaços vazios ou poros sob barras horizontais, ruptura frágil em apoios externos mal posicionados e fissuras em dentes de articulação

- Corrosão da armadura

A corrosão das armaduras em vigas ocorre pelo mesmo motivo que em pilares, ou seja, ambientes sujeitos a ação do vento; água ou inerte inadequados; insuficiência de vibração. A Figura 10 apresenta as fissuras por corrosão da armadura.

**Figura 10** – Fissuras por corrosão da armadura

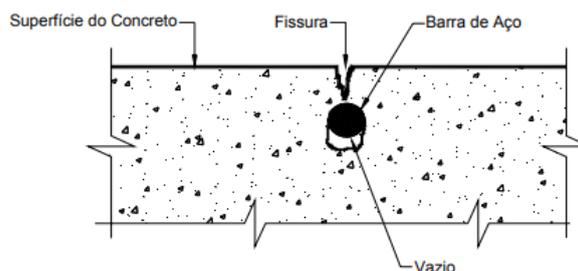


Fonte: DNIT, 2004.

- Formação de espaços vazios ou poros sob barras horizontais

A formação de espaços vazios ou poros sob barras horizontais, se deve principalmente a falta de vibração do concreto, permitindo a presença de ar dentro da peça estrutural, causando a retração do concreto, conforme apresenta a Figura 11.

**Figura 11** – Formação de espaços vazios ou poros sob barras horizontais

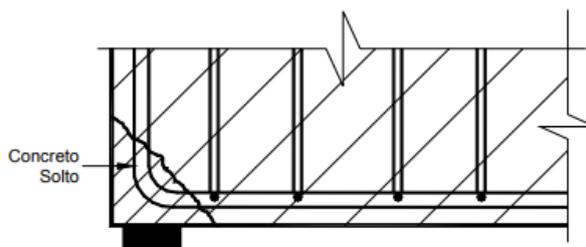


Fonte: DNIT, 2004.

- Ruptura frágil em apoios externos mal posicionados

A ruptura frágil em apoios externos mal posicionados é ocasionado devido à falha da mão de obra, ou seja, a colocação da peça estrutural sobre local inadequado, fora do ponto de aplicação previsto em projeto, assim ocorre este tipo de patologia em casos de má execução, conforme apresenta a Figura 12.

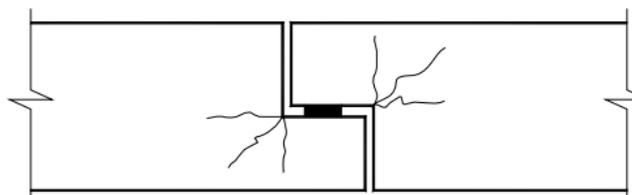
**Figura 12** – Fissura por ruptura frágil em apoios externos mal posicionados



Fonte: DNIT, 2004.

- Fissuras em dentes de articulação

A fissura é desenvolvida em um sistema onde a articulação é considerada muito rígida, ou seja, a resistência do dente de articulação não seja suficiente para suportar o movimento da estrutura, conforme apresenta a Figura 13.

**Figura 13** – Fissuras em dentes de articulação

**Fonte:** DNIT, 2004.

### 3.3.2 Desagregação

A desagregação é outro fator patológico, que se dá pela deterioração do concreto por separação de suas partes, provocada por diversos fatores, tais como: juntas de dilatação com aberturas insuficientes, assim gerando tensões tangenciais não previstas; oxidação e dilatação das armaduras como também a absorção de água assim provocando um acréscimo no seu volume (LANER, 2001). A Figura 14 apresenta a desagregação do concreto.

**Figura 14** – Desagregação do concreto a partir da oxidação da armadura.

**Fonte:** Autoria Própria.

### 3.3.3 Corrosão da Armadura

Segundo Sartorti (2008) a corrosão da armadura de uma estrutura de concreto está muito presente em vários tipos de obra, trata-se de um problema recorrente. Fatores que geram a corrosão provem principalmente de ambientes agressivos, porosidade elevada, alta capilaridade, deficiência no cobrimento, materiais de construção com problemas e fissuração acentuada.

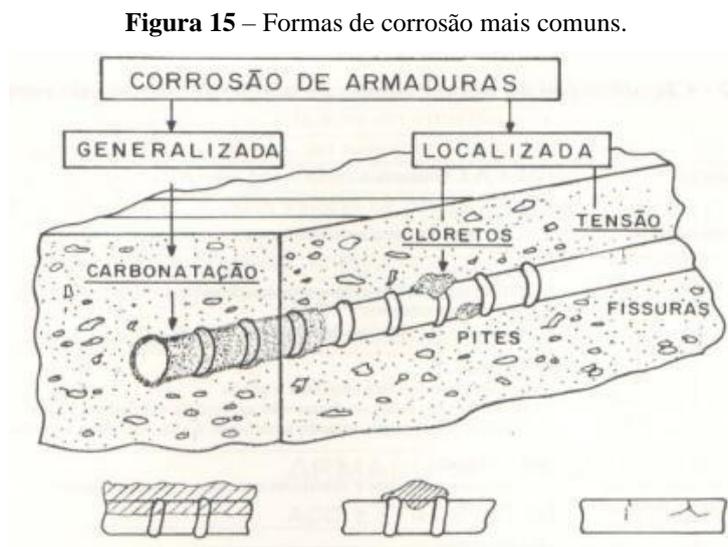
Curcio (2008) relata que a corrosão da armadura tende a ser acelerada por agentes agressivos presentes no concreto como os sulfetos, cloretos, dióxido de carbono,

nitritos, gás sulfídrico, cátion amônio, os óxidos de enxofre e a fuligem. A relação água / cimento (a/c) que determina a porosidade específica do concreto, e a espessura do recobrimento podem ter sua influência na velocidade da carbonatação. O aço corroído resulta na diminuição da área do aço, podendo, em elevado estado de corrosão levar a estrutura à ruína. A maneira melhor de combater a corrosão é o cuidado que deve ser tomado quando na fabricação do concreto e no respeito aos cobrimentos adequados.

Para Granato (2002 apud Ramos, 2020), o descuido na execução do concreto armado é uma das grandes causas para o início antecipado da corrosão das armaduras e levanta os seguintes fatores:

- Cobrimento das armaduras abaixo dos valores mínimos recomendados pelas normas da ABNT;
- Concreto executado com elevado fator água/cimento, promovendo uma elevada porosidade do concreto e fissuras de retração;
- Insuficiência ou ausência da cura do concreto, ocasionando o surgimento de fissuras, porosidade excessiva, redução da resistência;
- Segregação do concreto com a formação de berços de concretagem, erros de traço, vibração e lançamento falhos, formas inapropriadas.

A corrosão pode surgir a partir de diversas formas, de maneira geral são classificadas pela área atacada e por sua extensão e os tipos mais comuns são: generalizada, localizada, por pite e fissurante (ANDRADE, 1992). A Figura 15 apresenta as formas mais comuns de corrosão.



Fonte: ANDRADE, 1992

### 3.3.4 Reação Álcali-Agregado

A reação álcali-agregados, é resultado da interação entre a sílica reativa de alguns tipos de minerais utilizados como agregados com os íons álcalis ( $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ ) presentes nos cimentos, os quais são libertados durante a hidratação dos mesmos, ou ainda seja pela inserção de cloretos, que contém estes mesmos íons, no meio concreto. Esta reação é tida como expansiva, pois ocasiona a formação adicional de sólidos em meio confinado, dessa forma provocando a fissuração da superfície do concreto, a qual apresenta formas aleatórias, para posteriormente vir a desagregar a estrutura, originando crateras de aspecto cônico, pelas quais escorre, às vezes, um gel de sílica. A adição de pozolanas, desde que em quantidades adequadas, pode inibir, ou mesmo evitar, a reação álcali-agregados, e poderá ser um recurso, sempre que não for possível prevenir com a utilização de cimentos com baixo teor de álcalis (SOUZA e RIPPER 1998). A Figura 16 apresenta a reação álcali-agregado.

**Figura 16** – Reação Álcali-Agregado.



**Fonte:** ARAGÃO, 2019

### 3.3.5 Eflorescência

A eflorescência é caracterizada como formações salinas que surgem nas superfícies das estruturas, advindas de seu interior através da umidade. A eflorescência tem como característica o aspecto esbranquiçado à superfície da estrutura, tem como principal causador a alta umidade (CAVALCANTI, 2016)

Mehta e Monteiro (2014) relatam que onde a pasta de cimento passa por ações das águas puras provenientes da condensação de neblina ou vapor, esse encontro tende a hidrolisar ou dissolver os elementos que contém cálcio. Esse processo resulta a perda de resistência do concreto, da mesma maneira o surgimento de crostas esbranquiçadas de

carbonato de cálcio na superfície, fato conhecido como eflorescência, conforme apresenta a Figura 17

**Figura 17** – Eflorescência em concreto aparente.



**Fonte:** Mapa da Obra, 2019

### 3.3.6 Carbonatação

Para Souza e Ripper (1998) a carbonatação resulta diretamente da ação dissolvente do anidrido carbônico ( $\text{CO}_2$ ), presente na atmosfera, em contato com o cimento hidratado, assim formando o carbonato de cálcio e assim reduzindo o pH do concreto até valores menor que 9, de maneira que, quanto maior a concentração de  $\text{CO}_2$  presente, menor será o pH, dessa forma, mais profunda será a camada de concreto carbonatada. Ainda assim se essa camada ficasse restrita ao cobrimento da armadura, seria até interessante, pois colaboraria benéficamente para a resistência químicas e mecânicas. Porém se atingir a armadura, quebrará o filme óxido que a protege, corroendo-a .

Souza e Ripper (1998) ainda ressalta que em casos de ambientes que seja propício para sua disseminação, como em um concreto altamente poroso, a propagação da carbonatação, em profundidade, faz-se segundo a lei representada pela seguinte equação (1).

$$-x = k^n \sqrt{t} \quad (01)$$

Onde:

$x$  - profundidade da penetração da carbonatação;

$k$  - constante, função da porosidade e permeabilidade do concreto;

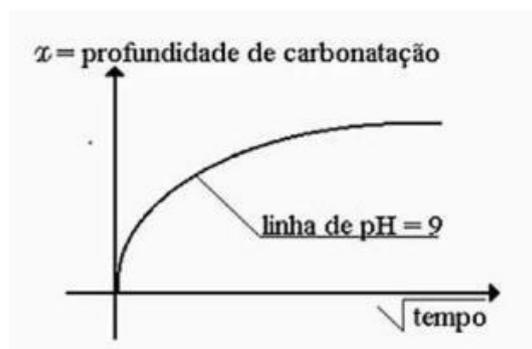
$n = 2$ , em ambientes interiores;

$n > 2$ , em ambientes externos;

$t$  - Tempo.

O comportamento da equação (1) é descrito conforme apresentado na Figura (18).

**Figura 18** – Propagação da carbonatação ao longo do tempo.



**Fonte:** Souza e Ripper, 1998

### 3.3.7 Morfo e Bolor

Os morfos e o bolores são manchas que surgem sobre a superfície, tratasse de um grupo de seres vivos sejam eles fungos, algas e bactérias que se proliferam quando encontrados em condições de clima favoráveis, como em ambientes úmidos, mal ventilados ou mal iluminados. A presença dessa patologia gera alterações na superfície como manchas em tons preto-esverdeado e esverdeado, que ocorre em consequência a decomposição da matéria orgânica (RAMOS, 2020). A Figura 19 apresenta uma estrutura com presença de morfos e bolores.

**Figura 19** – Morfo e Bolor 1.



**Fonte:** PINHEIRO et al, 2010

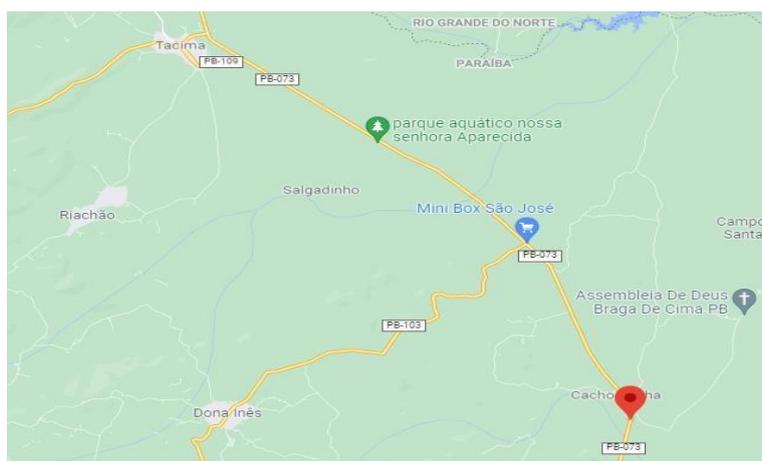
## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Localização Geográfica

O presente trabalho teve como base, uma pesquisa realizada na ponte sobre o rio Curimataú que faz a ligação entre os municípios de Tacima-PB e Belém-PB, a qual está localizada na fazenda Alagamar pertencente ao município de Tacima-PB e distante cerca de 17,3 km do centro da cidade, com latitude: -6,6056 e longitude: -35,5287. O município encontra-se no Estado da Paraíba estando compreendido na mesorregião do Agreste Paraibano, na microrregião do Curimataú Oriental (formado por Tacima, Araruna, Cacimba de Dentro, Solânea, Dona Inês, Casserengue e Riachão).

A Cidade de Tacima está localizada numa altitude de cerca de 188 metros acima do nível do mar. Com uma população de 11024 habitantes de acordo os dados divulgados pelo Censo IBGE em 2021, e 62 anos de emancipação política.

**Figura 20** – Localização Mapa.



**Fonte:** Google Maps, 2021

**Figura 21** – Ponte da Fazenda Alagamar.



**Fonte:** Street View, 2018.

## 4.2 Método de análise

A iniciativa do trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre manifestações patológicas ocorridas na construção civil, com o intuito de obter conhecimento sobre suas características. Logo em seguida foram realizadas visitas técnicas a edificação que é foco do estudo, visando observar *in loco* e com o auxílio de fotografias a ocorrência das principais manifestações patológicas na construção analisada.

Posteriormente, a segunda etapa do trabalho consistiu em identificar quais os tipos de manifestações patológicas observadas na edificação em estudo. Nessa fase, foi realizada uma análise mais aprofundada visando verificar quais medidas protetivas e corretivas poderiam ser tomadas para evitar aparecimento das patologias, como também as corrigir.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir de imagens fotográficas adquiridas durante as visitas e com fundamentos em pesquisas na literatura, foi realizado um levantamento das principais patologias encontradas em edificações similares a em estudo. Foi realizada uma análise para cada situação encontrada, com intuito de conhecer e propor as origens e causas da ocorrência dos problemas presentes. Dessa forma pode-se dizer quais procedimentos a serem realizados para resolução dos problemas. Com isso, foram definidas as principais patologias encontradas na estrutura.

Segundo Lourenço (2009) o fato do aparecimento de fissuras é um evento bastante comum nas pontes de concreto armado. Seu surgimento é pertinente a uma distribuição irregular de tensões no interior da estrutura, apesar de que possa ser originada a partir da decomposição ou desagregação do concreto. O processo de fissuração pode levar a graves eventos de insegurança estrutural, cujas consequências são incalculáveis.

Em relação às fissuras a ponte apresentou pequenos problemas, com aberturas mínimas e superficiais, principalmente oriundas de outras patologias. Por se tratar de pilares e vigas muito robustas, não foram apresentados problemas preocupantes, conforme mostrado na Figura 22.

**Figura 22** – Fissuras em pilar.

**Fonte:** Autoria Própria.

Outra patologia observada na estrutura foi a desagregação da superfície do concreto, Santos e Silva (2017) dizem que apesar do concreto ser conceituado como um material bastante resistente, a ação de agentes agressivos pode fazê-lo sofrer uma corrosão. Sendo esse tipo de consequência o reflexo de concreto de má qualidade, segregado, permeável, dentre outras características.

A água proveniente de chuvas e do próprio rio, ataca o concreto através da infiltração e do acúmulo ao longo do tempo, devido à ausência de pingadeiras e da deficiência das juntas e da drenagem do tabuleiro, conforme apresentado nas Figuras 23 (a), (b) e (c).

**Figura 23** – Desagregação do concreto.

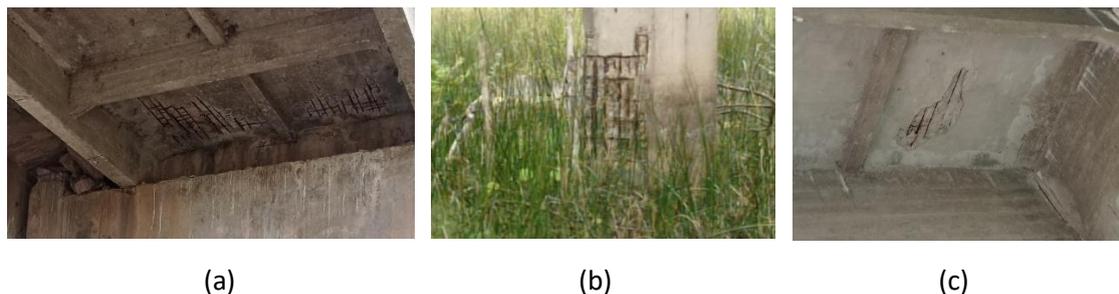
(a)

(b)

(c)

**Fonte:** Autoria Própria.

Ao observar as imagens 24 (a), (b) e (c), nota-se a presença de corrosão nas armaduras que provocaram também o deslocamento da camada de cobrimento. Sartorti (2008) comenta em seu trabalho que a corrosão se dá em ambientes agressivos, porosidade elevada, alta capilaridade, deficiência no cobrimento, materiais de construção com problemas e fissuração acentuada, onde estes são fatores preponderantes na influência da criação de um estado de corrosão da armadura.

**Figura 24** – Corrosão da armadura.

**Fonte:** Autoria Própria.

Lapa (2008) diz que quando as condições de serviço se modificam, e ocorre a alteração do concreto por meio da presença de substâncias agressivas, permite que ocorra o rompimento da película passivante, película esta que é formada pela alcalinidade do concreto, constituída por uma fina camada de óxido de ferro na superfície do aço, que o mantém inalterado por um tempo indeterminado, desde que o concreto seja de boa qualidade, após a sua quebra inicia-se a corrosão das armaduras. Os óxidos expansivos, gerados na corrosão, ocupam um volume várias vezes maior que o volume do aço original, causando fissuras e destacamento da camada de cobrimento, facilitando o ingresso de mais agentes agressivos.

Para a intervenção do processo da corrosão, seja do aço ou do concreto, acarreta na escarificação do concreto, algumas vezes aliado com a substituição de armaduras e recomposição das partes removidas. Como essa remoção pode provocar a instabilidade da estrutura, qualquer tratamento só poderá ser realizado após uma inspeção e a existência de um projeto com especificações técnicas baseados nas normas vigentes.

Conforme pode ser observado nas Figuras 25 (a) e (b) há um grande indício de eflorescência, confirmada pela construção que apresenta grande grau de porosidade e umidade. O fenômeno está presente em toda a estrutura, indicando a baixa capacidade de drenagem.

**Figura 25** – Eflorescência.

**Fonte:** Autoria Própria

A grande maioria das eflorescências pode ser tratada por procedimentos simples, como: escovação com escova dura e seca ou com escova e água, jateamento d'água e leve jateamento de areia. Porém, algumas possuem a presença de sais insolúveis na água, assim necessitando de tratamento químico para sua remoção.

Além disso, também é notória a presença de mofo e bolor em algumas partes da estrutura, geradas a partir da umidade decorrentes de chuvas, infiltrações e ascensão capilar, conforme apresenta a Figura 26.

**Figura 26** – Morfo e Bolor.



**Fonte:** Autoria Própria.

Os mofos e bolores podem ser resolvidos com a utilização simples de processos como escovação, jatos d'água e areia, também com a instalação de pingadeiras e ajustes no sistema de drenagem para prevenir que a patologia possa ressurgir novamente, assim evitando gastos demasiados com manutenção.

## **6 CONCLUSÃO**

Em conformidade com as imagens coletada e analisadas nesse trabalho, o estado de conservação da ponte da fazenda Alagamar no município de Tacima – PB mostra a presença de diversos problemas patológicos, sendo sugeridas soluções viáveis para este caso, precisando de um cuidado maior em alguns pontos específicos, para que estes problemas não se agravem com o passar do tempo.

Por se tratar de obra pública, é notório um alto índice de negligência em relação à prática de manutenção, um plano de manutenções preventivas seria importante, visto que a manutenção preventiva sempre será menos onerosa que um plano de manutenção corretiva.

Observa-se que o ideal para evitar as patologias é a partir da prevenção, que se dá desde o início da edificação, ou seja, assertiva elaboração do projeto, forma de execução, e a prática de manutenções.

Em síntese é notório que há uma grande necessidade de manutenção e reparo da estrutura, a qual é fundamental para o deslocamento de pessoas, assim como o transbordo de mercadorias, visto que é uma das principais vias para a microrregião do Curimataú Oriental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÃO, Alexander. Patologias por Umidade. **Canteiro de Engenharia**, 2019. Disponível em:<<https://canteirodeengenharia.com.br/2019/07/17/patologias-por-umidade/>>. Acesso em: 05/12/2021.

ALVES, J.Dafico – **Fissuração intrínseca do concreto**. IBRACON. São Paulo, 1979.  
ANDRADE, Carmen. **Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras**. São Paulo, 1992.

BASTOS, Herik César do Nascimento & MIRANDA, Mateus Zanirate. **Principais Patologias Em Estruturas De Concreto De Pontes E Viadutos: Manuseio E Manutenção Das Obras De Arte Especiais**. Revista CONSTUINDO, v. 9, Ed. Esp. de Patologia, p. 93 – 101, Jul – dez., 2017

CAVALCANTI, M.; ANDRADE, G.; FONSECA, J.; OLIVEIRA, A.; MONTEIRO, E. **Análise das manifestações patológicas da Ponte Princesa Isabel – estudo de caso**. Conferência Nacional de Patologia e Recuperação de Estruturas – Conpar. Recife, 2016.

CURCIO, Ronald Cristhian de Lima. **PONTES RODOVIÁRIAS: Levantamento das principais patologias estruturais**. Itatiba, 2008.

DEBS, Mounir K. E., TAKEYA, Toshiaki. **Introdução às Pontes de Concreto**. São Carlos, 2007.

**DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES**. Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2004.

HELENE, P.R.L. **Manual Prático para Reparo e Reforço de Estruturas de Concreto**. 1º Edição. Editora Pini. São Paulo, 1988.

JESUS, Rúben Fábio Abreu de. **Inspeção e Reabilitação de Pontes e Viadutos em Betão Armado R.A.M.** Funchal, 2015.

LOURENÇO, ALVES, JORDY & MENDES, Líbia C, Vancler R, João C & Luiz Carlos. **Parâmetros de Avaliação de Patologias em Obras-de-Arte Especiais**. Universidade Federal Fluminense. Niterói. 2009.

LAPA, José Silva. **Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto**. Belo Horizonte, 2008.

MEHTA, P. Kumar.; MONTEIRO, Paulo. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

PINHEIRO, SILVA & FLORENCIO, Maria Rafaela de Almeida, Emanuel Inácio da & Lutemberg de Araújo. **Considerações a respeito das manifestações patológicas em pontes de concreto armado na cidade de Recife**. Curitiba, 2018.

Problemas Causados Pela Lixiviação do Concreto. **Mapa da Obra**, 2017. Disponível em: < <https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/os-problemas-causados-pela-lixiviacao-do-concreto/>>. Acesso em: 06/12/2021.

PINHEIRO, MUZARDO, SANTOS, CATOIA & CATOIA, Líbano M, Cassiane D., Sandro P., Thiago & Bruna. **Estruturas de Concreto**. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, São Paulo. 2010.

PFEIL, Walter. **Pontes em concreto armado**. Rio de Janeiro: LTC: 1979.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação**. 1.ed. São Paulo: Pini ltda, 1998.

REIS, A. J. (2002). **Folhas da disciplina de pontes**  
SOUZA JR., Tarley Ferreira de. **Estruturas de Concreto Armado** – Notas de Aula. Universidade Federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais. 2013.

SARTORTI, Artur Lenz. **Identificação de Patologias em Pontes de Vias Urbanas e Rurais no Município de Campinas-Sp**. Campinas, 2008.

THOMAS, Ercio. **Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Editora Pini, 1989