

INVESTIGAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS VISÍVEIS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO

João Victor Marcelino Bitilher¹, Giovanni Santos Novaes Júnior¹, Lucas Fernandes da Silva Goltara², Josete Pertel³

¹Acadêmicos de Engenharia Civil – Multivix São Mateus (ES)

²Engenheiro Civil/Especialista/Docente - Multivix São Mateus (ES)

³Doutora/Docente - Multivix São Mateus (ES)

RESUMO

Este estudo tem como objetivo geral estudar as manifestações patológicas, utilizando-se dos conhecimentos do ramo de patologia na construção civil para realizar a análise e caracterização do problema identificado nas pontes do Rio Cricaré e Rio Mariricu em São Mateus (ES). O Estudo realizado envolveu a análise quanto as manifestações patológicas em duas pontes localizadas em São Mateus /ES. Foram selecionadas para o estudo de caso a Ponte Rio Cricaré e a Ponte Rio Mariricu. Quanto aos recursos metodológicos, foram utilizadas as ferramentas da pesquisa bibliográfica, estudo de caso e as pesquisas exploratória e descritiva. Com relação a análise das manifestações patológicas foi empregado o registro de fotos *in loco*, para a identificação das patologias e avaliação quanto ao grau e nível envolvendo as possíveis causas e origens. Diante dos resultados do estudo verificou-se que a Ponte sobre o rio Cricaré ou Ponte Régis Bittencourt, localizada sob as coordenadas 18°42'28"S 39°52'36"W, apresentou as seguintes patologias: Corrosão da armadura e carbonatação. Já na Ponte sobre o rio Mariricu conhecida como Ponte Roberto Arnizaut Silves, situada nas coordenadas 18°43'43"S 39°46'30"W, foram identificadas patologias como carbonatação, corrosão da armadura, manchas e rachaduras. As duas pontes analisadas apresentaram nitidamente pelas patologias observadas comprometimento de sua estrutura.

Palavras-chave: São Mateus (ES); estudo de caso; concreto armado; manifestações patológicas; pontes.

ABSTRACT

The general objective of this study the pathological manifestations, using knowledge from the field of pathology in civil construction to carry out the analysis and characterization of the problem identified in the bridges of the Cricaré and Mariricu Rivers in São Mateus (ES). The study involved the analysis of the pathological manifestations in two bridges located in São Mateus / ES. The Cricaré River Bridge and the Mariricu River Bridge were selected for the case study. Regarding the methodological resources, the tools of bibliographic research, case study and exploratory and descriptive research were used. Regarding the analysis of the pathological manifestations, the registration of photos in loco was used to identify the pathologies and evaluate the degree and level involving the possible causes and origins. Given the results of the study, it was found that the Bridge over the Cricaré River or Régis Bittencourt Bridge, located under the coordinates $18^{\circ}42'28''\text{S}$ $39^{\circ}52'36''\text{W}$, presented the following pathologies: Corrosion of the reinforcement and carbonation. On the bridge over the Mariricu River, known as the Roberto Arnizaut Silveiras Bridge, located at coordinates $18^{\circ}43'43''\text{S}$ $39^{\circ}46'30''\text{W}$, pathologies such as carbonation, reinforcement corrosion, stains and cracks were identified. The two bridges analyzed clearly showed compromised structure due to the pathologies observed.

Keywords: São Mateus (ES), case study, reinforced concrete, pathological manifestations, bridges.

1 INTRODUÇÃO

A Engenharia Civil desempenha um papel fundamental no crescimento e desenvolvimento sustentável da sociedade. Nesta proposta de projeto, será abordado um dos principais assuntos deste curso: as Patologias em construções, dando ênfase a uma análise de caso realizada para eludir e solucionar os problemas causados por tais manifestações patológicas apresentadas em tese, como resultado da má utilização e falta de manutenção das estruturas. Conforme Felix *et al.* (2018), “para o crescimento econômico da sociedade atual e o desenvolvimento sustentável, é necessário fazer uso de fatores como confiabilidade e durabilidade das estruturas”.

Helene (2003), destaca a relação entre as formações patológicas das edificações e os erros cometidos durante o processo de concepção da construção. De fato, as manifestações patológicas não ocorrem aleatoriamente ou de forma comportamental, geralmente estão relacionadas a falhas que ocorreram em uma ou mais fases do processo de construção. É fundamental entender as causas e o histórico do problema patológico para identificar em qual fase e processo ocorreu a inconformidade que deu origem à patologia. Dessa forma, é possível direcionar as ações corretivas e preventivas de maneira mais eficiente.

As manifestações patológicas estruturais são um dos principais problemas da falta de manutenção e má utilização da estrutura, resultando em desconforto e risco aos seus usuários, além da redução da vida útil de projeto. Doravante a proposta de estudo, será realizado um estudo de caso referente às manifestações patológicas existentes nas pontes Rio Cricaré e Rio Mariricu no município de São Mateus-ES, dando ênfase aos problemas causados nestas estruturas.

Mediante a este problema, pergunta-se: Quais as manifestações patológicas existentes nas pontes do Rio Cricaré e Rio Mariricu no município de São Mateus-ES, dando ênfase aos problemas causados nas estruturas de concreto?

O trabalho tem por objetivo geral estudar as manifestações patológicas, utilizando-se dos conhecimentos do ramo de patologia na construção civil para realizar a análise e caracterização do problema identificado nas pontes do Rio Cricaré e Rio Mariricu. Para tanto, como objetivos específicos, foram realizadas inspeções nas pontes sobre o Rio Cricaré e Mariricu a fim de identificar as manifestações patológicas; identificar por meio de observações superficiais as possíveis causas e origem das anomalias registradas e identificar a intensidade e manifestações de ocorrência que levaram à esta degradação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DEFINIÇÃO DE PATOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Desde os tempos antigos o homem vem evoluindo e, juntamente com ele, as técnicas de sobrevivência e as necessidades do mesmo de se ajustar ao espaço em

que vive. A prática dessas ações levou-o a conhecer e entrar em uma nova era, a era das civilizações.

Nas palavras de Herani (2012), o rápido e acelerado desenvolvimento da construção civil para atender uma vasta demanda de obras na construção de edificações, sejam elas industriais, laborais ou habitacionais que foi alavancado pela própria modernização da sociedade, promoveu um grande salto tecnológico e científico.

Trindade (2015, p. 17) afirma que:

Com o surgimento do concreto armado e com as vantagens que o mesmo trazia sobre as demais técnicas e materiais empregados na época, logo foi vista uma brusca “aceleração” no uso deste material. Com este panorama, vieram também as manifestações patológicas que o mesmo pode causar devido ao desleixo, má utilização, mão de obra desqualificada ou até mesmo falta de conhecimento de como empregá-lo corretamente.

Para Zuchetti (2015), o processo de construção de uma edificação ocorre da seguinte forma: obtém-se a ideia inicial, em seguida o planejamento prévio, o projeto em si, a fabricação dos materiais que serão utilizados no canteiro de obras e a execução de todas as partes que compõe a edificação e seu devido uso. Ainda afirma que durante esse processo, podem ocorrer falhas e descuidos de diversos tipos que podem acarretar vícios e problemas construtivos em todas as etapas citadas acima. Gerenciar estes processos e melhorar a qualidade e o desenvolvimento de novas técnicas é o desafio constante da Engenharia Civil.

Problemas como carbonatação, oxidação de armadura de ferro e até mesmo fissuras podem ser reparados com a adoção dos requisitos mais abrangentes sobre as técnicas de construção apresentados em Normas que estabelecem coerência entre a teoria e a prática.

Mediante as falhas de elaboração e incorporação do projeto, há a necessidade de entender a origem, exibição, forma de manifestação, consequência e como ocorre esse processo de degradação das estruturas. Este estudo dá-se o nome de Estudo de Patologias nas Estruturas.

Zuchetti (2015) afirma que:

Patologia, de acordo com os dicionários, é a parte da medicina que estuda as doenças. A palavra patologia tem origem grega de “phatos” que significa sofrimento, doença, e de “logia” que é ciência, estudo. Então, conforme os dicionários existentes pode-se definir a palavra patologia como a ciência que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças (Zuchetti, 2015, p. 7).

Segundo Costa (2009) a patologia é o estudo da manifestação defeituosa em peças, equipamentos ou acabamentos que constituem um edifício, ou também a ciência da engenharia que estuda as origens, causas e a natureza dessas manifestações patológicas que surgem na edificação.

Para Silva (2011) o maior equívoco empregado entre técnicos e leigos se dá ao fato da palavra patologia ser utilizada, repetidas vezes, para definir uma manifestação patológica. Empregando palavras apropriadas, a manifestação patológica é resultante de um mecanismo de degradação enquanto a patologia se trata de uma ciência embasada em um conjunto de teorias que explica os fatores que influenciaram na ocorrência e os mecanismos de certa manifestação patológica. Sabendo disto, fica evidente que a patologia é um termo que possui mais abrangência que a manifestação patológica, sendo ela uma ciência que visa explicar os fatos ocorrentes da degradação de uma estrutura de edificação e tudo o que está ligado a este.

É válido ressaltar que conhecer o problema para saber como tratá-lo e resolvê-lo é fundamental para o processo construtivo do projeto apresentado, além de restabelecer conforto e segurança para a população afetada. Problemas como carbonatação, oxidação de armadura de ferro e até mesmo fissuras podem ser reparados com a adoção dos requisitos mais abrangentes sobre as técnicas de construção apresentados em Normas que estabelecem coerência entre a teoria e a prática.

2.2 CAUSAS PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO

Conforme Souza e Ripper (1998), o surgimento de manifestações patológicas em uma estrutura indica, ao final do processo de maneira geral, a existência de falhas identificadas na execução de uma das etapas do processo de construção da obra ou até mesmo falhas no controle de qualidade e nas atividades realizadas nesse processo.

Sobre os erros na concepção de projeto Oliveira (2013) diz que, muitas falhas acontecem na etapa de concepção do projeto ou do empreendimento. Podem ter origem nas etapas de lançamento do projeto estrutural (estudo preliminar), na etapa utilizada para executar o anteprojeto e, até mesmo, na execução do projeto, também chamada de projeto final de engenharia.

Segundo Silva e Jonov (2019), os erros de concepção do projeto de uma edificação estão ligados à má definição de cargas atuantes; deficiência no cálculo das estruturas; pouca ou nenhuma suficiência no detalhamento dos dados; Falhas e erros de dimensionamento; ausência de vergas e contravergas nas esquadrias e aberturas de alvenaria para resistir às cargas atuantes sem provocar fissuras na parede e a ausência de “sentimento estrutural” que permitirá maior sensibilidade mediante os erros de projeto em todas as etapas de elaboração e execução da obra.

As irregularidades presentes na execução de projetos estão ligadas às fases antecedentes de produção má elaborada dos envolvidos. Sendo assim, o surgimento de problemas patológicos pode ocasionar danos à estrutura da obra, além de reduzir sua vida útil de projeto (VUP).

Dando continuação, segundo Silva e Jonov (2019), alguns dos erros ocorridos na execução do projeto são mão de obra desqualificada e incapacitação profissional; falta de alinhamento e enquadro em estruturas ou alvenarias e flechas excessivas em lajes.

Entre os erros na execução da obra para Souza e Ripper (1998) citam, as causas patológicas que são manifestadas por manutenção irregular ou nenhuma da estrutura, têm sua origem do desconhecimento técnico, utilização de forma errônea ou até mesmo em problemas econômicos. A falta de verbas destinadas à manutenção das mesmas tem sido um agravante responsável pelo surgimento destas anomalias estruturais.

Para Herani (2012) é correto afirmar que, deseja-se, em amplitude moderna, estabelecer definições para as obras que serão executadas. Ainda afirma que, os envolvidos precisam estar cientes que os materiais não são perpétuos, porém envelhecem e precisam de tratamento e manutenção adequados para prosseguirem em suas devidas funções.

2.3 DESEMPENHO, VIDA ÚTIL E ESTADOS LIMITES DAS ESTRUTURAS

De acordo com a ABNT NBR 6118 de 2014 (item 6.1), as estruturas de concreto devem ser construídas e projetadas de acordo com as condições do ambiente

previstas para a época de projeto e, utilizadas de modo que preserve a segurança, aptidão e estabilidade durante o período de vida útil.

Ainda segundo a ABNT NBR 6118 de 2014 (item 6.2.1), vida útil de projeto é o período de tempo na qual as características das estruturas de concreto são mantidas, desde que sejam atendidos os requisitos de manutenção e uso descritos pelo construtor e pelo projetista assim como executar a reparação de danos acidentais caso se faça necessário.

De acordo com Souza e Ripper (1998), o desempenho é o comportamento que cada produto exerce durante sua vida útil na qual se espelhará, sempre, do resultado desenvolvido nas etapas de projeção, construção e manutenção.

Para que uma estrutura de concreto atenda as condições de uso para a qual foi designada, é necessário que a mesma desempenhe papéis importantes, como: funcionalidade, durabilidade, conforto e segurança para os usuários. Se estes fatores não são atendidos, logo, diz-se que a estrutura atingiu um Estado Limite funcional ou estrutural.

Todo elemento estrutural de uma edificação está sujeito ao surgimento de problemas causados por patologias que se manifestam como agentes causadores de danos na estrutura; cargas de ações variáveis, permanentes, excepcionais, má utilização dos recursos disponíveis para agregar segurança e durabilidade, comprometendo então, a vida útil de projeto já que as especificações estabelecidas em norma não foram cumpridas.

Para Jâcome e Martins (2005) vale atentar-se para a origem do problema que permite a identificação de quem cometeu a falha se a origem do problema se deu na fase de projeto, o projetista falhou; se a origem está na qualidade do material utilizado, o fabricante errou; se o problema manifestado estiver na etapa de execução da obra, trata-se de falha de mão de obra/empreiteiro ou até mesmo de fiscalização e se o problema se estabeleceu na etapa de uso, a falha é da operação e manutenção responsável.

Ainda para Jâcome e Martins (2005), a grande porcentagem das manifestações patológicas surge nas etapas de planejamento e projeto, sendo assim, mais graves do que as falhas empregadas na qualidade dos materiais utilizados ou má execução.

Para os autores Scheidegger e Calenzani (2019, p.76):

Toda obra depois de concluída possui um período de vida útil estimado baseado em análises e observações sobre ela. Porém, muitas vezes antes mesmo do prazo atribuído a referente obra estar próximo, a mesma já apresenta um quadro de desempenho abaixo do esperado proveniente da falta de manutenção periódica que fazem com que manifestações iniciais de patologia se evoluam gerando até mesmo uma insegurança estrutural para o proprietário.

2.4 PRINCIPAIS DOENÇAS PATOLÓGICAS DECORRENTES DA UMIDADE DO AMBIENTE

De acordo com Scheidegger e Calanzani (2019) é possível encontrar no concreto diversas formas de manifestações patológicas. Algumas muito comuns, abordadas como: Infiltração, manchas, bolor ou (mofo) e eflorescência, são facilmente reconhecidas e servem como alerta para evitar a propagação destas anomalias às demais regiões da estrutura.

Para Silva e Jonov (2019) as manifestações de manchas no concreto seguirão acompanhadas ou não pelo surgimento de eflorescências ou vesículas exposta na origem do problema. Ainda segundo este autor, quando se utiliza uma tinta impermeável, os depósitos de eflorescência surgem entre as camadas de tinta e de reboco, o que comprometerá a aderência entre ambas, além de provocar o surgimento de bolhas, permitindo assim, a percolação da água entre o revestimento e a tinta de tal alvenaria comprometendo a estrutura.

As Trincas, fissuras e rachaduras, conforme Oliveira (2013) são um dos tipos mais comuns de manifestações patológicas que podem ser encontradas em elementos estruturais de uma edificação (lajes, vigas, pisos, pilares, entre outros) causadas, geralmente, pela ação de tensão de tração dos materiais. Ainda segundo o autor, se houver um esforço solicitado maior que a resistência do material, este estará sujeito a falhas provocadas pela abertura, variando conforme sua espessura, como mostrado abaixo na Tabela 1:

Tabela 1 – Anomalias causadas por manifestações patológicas aparentes.

Anomalias	Aberturas (mm)
Fissura	até 0,5
Trinca	de 0,5 a 1,5
Rachadura	de 1,5 a 5,0
Fenda	de 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

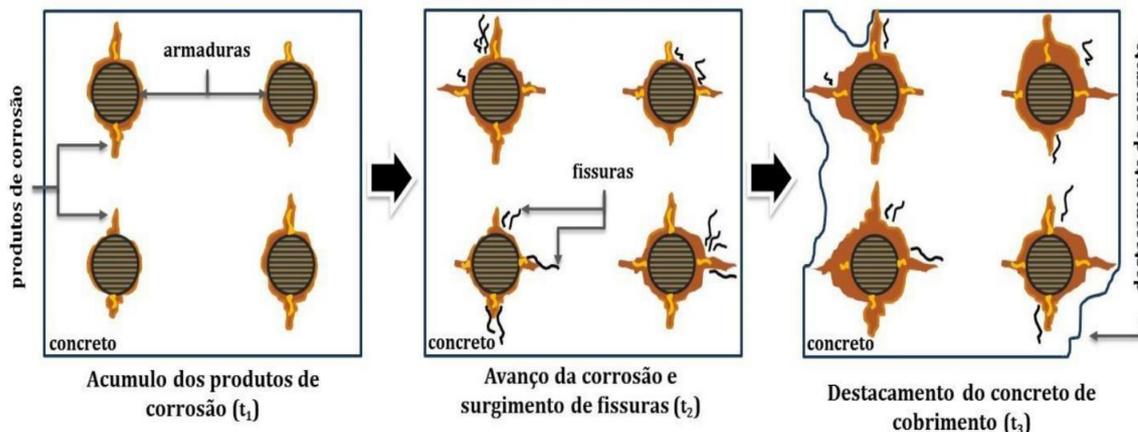
Fonte: Oliveira, 2013.

Segundo Silva e Jonov (2019) outro tipo de fissura aparente caracterizada pela ação da umidade é aquela encontrada em muros por meio da absorção de água através da chuva regional ou até mesmo do orvalho, ocasionada pela movimentação diferencial da argamassa do topo que acaba por destacar-se do corpo do muro.

Soares et al. (2015) mencionam que, a deterioração do concreto pode ter sua origem em fatores mecânicos, físicos ou químicos já que armaduras de aço-carbono sofrem o processo de corrosão em tempo recorde e precisam de uma rápida e eficiente atenção na avaliação e manutenção nas falhas expostas. Para amenizar os efeitos que este problema patológico causa nas estruturas, é necessário que a busca por materiais mais resistentes às propriedades de corrosão do concreto seja mais eficiente mesmo que apresente um custo inicial muito elevado.

Segundo estes autores abordados no texto acima (item 3.4.3), a corrosão é definida pelo processo de interação entre o material e o meio ambiente provocando reações que estão ligadas aos agentes naturais de deterioração do material utilizado em pauta. No caso do concreto armado, essas anomalias podem se apresentar como fissuras, manchas aparentes, perda de massa do concreto, destacamento do revestimento da ferragem e, conseqüentemente, na redução da seção da estrutura (Imagem 1).

Imagem 1 – Estágio dos danos causados no concreto através da corrosão das armaduras.



Fonte: Felix et al., 2018.

Conforme, ainda, Soares et al. (2015), a manifestação da corrosão não ocorre no concreto, mas nas armaduras (barras de aço) presentes dentro dele. Sendo assim, como prevenção, faz-se necessário a proteção destas barras com a própria utilização do concreto, respeitando o seu cobrimento e suas respectivas funcionalidades a fim de evitar danos causados por corrosão e oxidação da estrutura.

De acordo com Scheidegger e Calanzani (2019) para que não haja uma manifestação prematura das doenças patológicas citadas no decorrer do trabalho, faz-se necessário a exigência de medidas preventivas para evitar o acelerado desenvolvimento de tais anomalias que possam dificultar a restauração das estruturas afetadas. Assim, o presente trabalho tem por finalidade o levantamento de estudos de patologias além de identificar como estas se manifestam em uma estrutura de concreto armado, proporcionando aos leitores um maior entendimento do assunto proposto.

Acerca da corrosão através de íons de cloreto, “a penetração de íons cloreto pode ocorrer mediante a estrutura porosa ou como componente dos elementos constituintes do concreto, sendo no processo de dosagem recomendado a sua utilização até 0,4% do peso do cimento” (Souza; Ripper, 1998, p.12).

O processo de despassivação da armadura consiste na ruptura local da camada de passivação, causada pelo elevado teor de íon-cloro, podendo ocorrer mesmo com o pH elevado por causa dos íons. O recomendável para uma medida preventiva com finalidade de dificultar a penetração dos agentes agressivos no interior do concreto, de acordo com a NBR 6118 (2014), seria a utilização de concreto de pequena porosidade. O uso de cimento composto de aditivos de escória ou material pozolânico também é bem aceitável.

A carbonatação ocorre quando o gás anidrido carbônico (CO_2) presente na atmosfera, pode adentrar-se nos poros do concreto e obter uma reação com o hidróxido de cálcio existente na água do concreto, formando então o carbonato de cálcio. Com isso, acontecerá a carbonatação, onde ocorre a redução do pH para outros valores abaixo de nove, no qual valores inferiores a sete se tornam uma solução ácida.

O concreto, após sofrer a hidratação dos silicatos da pasta do cimento, libera Ca(OH)_2 , passando a ter uma alta alcalinidade, obtendo um pH da mistura entre 12 e 13 e se tornando assim um meio alcalino que promove a formação de um filme de óxido no aço, protegendo contra a corrosão. Porém de acordo com Silva (2008), em condições normais, o CO_2 atmosférico penetra no concreto e reage com o Ca(OH)_2 , diminuindo o pH para valores menores que 10, dando início as reações químicas da carbonatação, que se inicia na parte externa a partir do transporte de dióxido de carbono para dentro da peça através da difusão.

3 METODOLOGIA

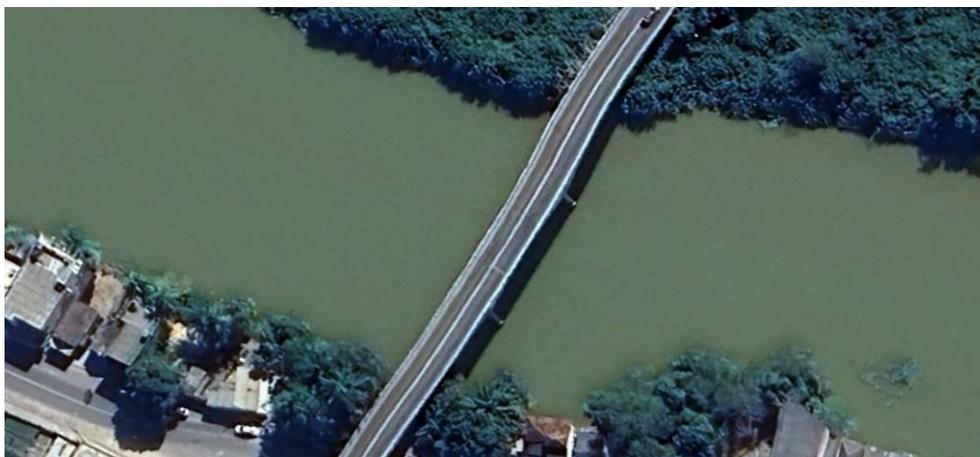
Segundo a Yin (2001, p. 21) “em resumo, o estudo de caso permite uma investigação para se preservar as características holísticas e significativas dos eventos da vida real”. Ainda segundo o autor, destacam-se os objetivos principais do Estudo de Caso que são compreender os fenômenos que estão sendo estudados para a elaboração de teorias específicas a respeito do que está sendo observado; além de descrever os respectivos fatos e situações em estudo, visa-se, também, conhecer o fenômeno estudado para comprovar ou contrastar evidências apresentadas ao caso; o estudo de caso tem por objetivo explicar, explorar, descrever, transformar e/ou avaliar evidências para a coleta de dados pertinentes da pesquisa realizada para apresentar soluções para o problema descrito.

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa aplicada de caráter exploratório. Mediante um levantamento de dados qualitativos nas pontes sobre os rios Cricaré e Marricu, na cidade de São Mateus – ES. O estudo propõe uma análise técnica dos problemas a serem encontrados nessas estruturas, buscando explicar as inconformidades referentes às variadas manifestações patológicas.

Esta proposta de projeto é de caráter exploratório com enfoque em um estudo de caso descrito na delimitação do tema deste trabalho, visando abordar e caracterizar manifestações patológicas que possam prejudicar a vida útil de projeto de uma construção, bem como colocar em risco a segurança da população que faz uso dessas vias.

Dentre as construções a serem analisadas, a principal delas trata-se da Ponte Edmundo Regis Bittencourt localizada na BR 101 no município de São Mateus-ES. A estrutura interliga as margens do Rio Cricaré e desempenha um importantíssimo papel no tráfego interestadual entre o Espírito Santo e o sul da Bahia (Imagem 2 e 3).

Imagem 2 – Ponte sobre o Rio Cricaré - São Mateus (ES)



Fonte: Google Maps – satélite, 2023.

Com sua construção iniciada em 1953, a obra já apresenta aproximados 70 anos em funcionamento, tendo sido considerada na data de sua inauguração uma das maiores pontes do Brasil e a terceira maior do Espírito Santo (IBGE, 2023). Apesar da idade, a estrutura diariamente suporta um alto fluxo de veículos, dentre eles carretas e caminhões transportando elevadas cargas.

Imagem 3 - Ponte sobre o Rio Cricaré - São Mateus (ES)



Fonte: IBGE, 2023.

A segunda estrutura trata-se da ponte sobre o rio Mariricu (Imagem 4). Segundo a população local esta obra foi concluída no final da década de 90, dando sequência a um projeto de crescimento e urbanização da Ilha de Guriri. A ponte é hoje a única via de acesso direto à ilha de Guriri, que por sua vez compreende atualmente uma grande faixa litorânea urbanizada. Os fatores citados, junto ao crescimento urbano, fazem com que a estrutura se torne passagem de um fluxo cada vez maior de veículos, sendo esses dos mais variados tamanhos e pesos (Imagem 4).

Imagem 4 –Ponte sobre o Rio Mariricu - São Mateus (ES)



Fonte: Google Maps – satélite, 2023.

Como descrito, o papel exercido por essas estruturas considerando o fluxo de veículos que transitam sobre elas, traz à tona questionamentos sobre os possíveis desgastes estruturais aflorados com o tempo. Diante da importância das duas pontes e as características do ambiente no qual estão inseridas, torna-se ainda mais necessárias tais indagações. Identificados os problemas, pode-se planejar as medidas tratativas de manutenção, garantindo a segurança da construção.

Sendo assim, em visita a campo foram identificadas algumas manifestações patológicas aparentes, registrada em fotografias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE LOCALIZAÇÃO DAS PONTES

Um importante fator a ser considerado ao analisar construções em locais litorâneas é a maresia, sendo essa um agravante para o desenvolvimento de manifestações patológicas em tais estruturas. A maresia se caracteriza pela umidade acompanhada de gotículas de água salgada vindas do mar. Ao entrar em contato com os metais, essa “umidade acaba acelerando o processo de oxidação que por sua vez acarreta vários prejuízos para a estrutura” (Carvalho et al., 2023, p. 5). Ambas as pontes, objetos desse estudo, encontram-se próximas ao litoral, estando a Ponte Rio Mariricu a 3,1 Km do mar e a Ponte Rio Cricaré a 13,8 Km do mar.

Quanto ao solo, segundo o Incaper (2014), a ponte Rio Mariricu está construída sob um Neossolo Quartzarênico hidromórfico + Espodossolo Humilúvico órtico espessoarênico. Este solo está presente em boa parte do litoral norte do estado e apresenta uma textura arenosa. Por sua vez, na região de localização da Ponte Rio Cricaré predomina-se o Argissolo Amarelo Distrocoeso abruptico (e não abruptico). Solo mais comum, com predominância a leste do estado, possuindo uma textura variando entre argilosa e areno-argilosa.

Tratando-se da pluviosidade, segundo o Incaper (2014), entre os anos de 1984 e 2021 a precipitação média anual no município esteve entre 1051 mm e 1100 mm. Assim, como nas demais regiões, os maiores índices pluviométricos são registrados durante o verão, no final e nos meses iniciais de cada ano.

Essa variação sazonal implica diretamente no nível da água dos rios que acompanham a intensidade da precipitação na bacia. Tal ocorrência também deve ser considerada, pois gera ainda mais desgaste na estrutura devido à variação da temperatura, umidade e força mecânica das correntes d'água.

4.2 ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS VISÍVEIS

4.2.1 Ponte Rio Cricaré

- Carbonatação e corrosão da armadura

Na estrutura da Ponte do Rio Cricaré observa-se visível danos da estrutura do concreto, conforme Imagem 5 abaixo.

Imagem 5 – Armadura exposta na ponte Rio Cricaré



Fonte: Elaborada pelos autores.

Conforme Quadro 1 abaixo estão elencadas as possíveis origens, causas e consequências das patologias identificadas na Ponte do Rio Cricaré em São Mateus (ES).

Quadro 1 - Possíveis origens, causas e consequências das patologias identificadas na Ponte do Rio Cricaré em São Mateus quanto a carbonatação e corrosão da armadura

Estudo de Caso - Ponte do Rio Cricaré	
Possíveis origens	Camada de cobrimento muito fina, material inadequado, falta de manutenção.
Causas	O CO ₂ penetra no concreto e reage com os compostos alcalinos do cimento, formando carbonato de cálcio. Esse processo de carbonatação diminui o pH do concreto, tornando-o menos alcalino.
Consequências	Pilares de concreto armado contêm barras de aço que oferecem resistência à tração. Quando o concreto carbonata, o aço fica mais suscetível à corrosão. Isso enfraquece a estrutura e pode levar a rachaduras e danos. Como resultado tem-se perda de resistência. O concreto carbonatado pode perder parte de sua resistência devido à corrosão do aço de reforço e à redução da alcalinidade. Isso pode comprometer a capacidade da estrutura de suportar cargas.

4.2.2 Ponte Rio Mariricu

a) Corrosão da armadura e desgaste do cobrimento do concreto

Na estrutura da Ponte do Rio Mariricu observa-se danos da estrutura do concreto com perda de cobrimento e armadura exposta, conforme Imagem 6.

Imagem 6 – Perda de cobrimento e armadura exposta na ponte Rio Mariricu



Fonte: Elaborada pelos autores.

Quadro 2 - Possíveis origens, causas e consequências das patologias identificadas na Ponte do Rio Mariricu em São Mateus quanto a Corrosão da armadura e desgaste do cobrimento do concreto

Estudo de Caso - Ponte do Rio Mariricu	
Possíveis origens	Má execução da obra, utilização de materiais inadequados e/ou falta de manutenção. Visivelmente a camada de revestimento encontra-se violada e por isso o aço está em contato direto com o ar e com a maresia.
Causas	Especialmente os íons de cloreto, sulfato, dióxido de carbono, além da ação de outros líquidos e gases.
Consequências	Diminuição da seção transversal do aço por meio da destruição da camada passivadora que protege o aço e a despassivação da armadura que acarretará corrosão da mesma, menor aderência aço-concreto, menor resistência mecânica da estrutura.

b) Manchas e bolores

Observa-se na Ponte do Rio Mariricu a presença de várias manchas grandes e bolores principalmente na parte inferior (Imagem 7).

Imagem 7 – Manchas e mofos no concreto na Ponte Rio Mariricu



Fonte: Elaborada pelos autores.

Quadro 3 - Possíveis origens, causas e consequências das patologias identificadas na Ponte do Rio Mariricu em São Mateus quanto a presença de manchas e bolores

Estudo de Caso - Ponte do Rio Mariricu	
Possíveis origens	Má execução da instalação hidráulica acoplada à ponte e/ou falta de manutenção do encanamento. Negligência na execução da obra especialmente na fase de impermeabilização. Ausência de pingadeiras.
Causas	Umidade excessiva e constante, que contribui para proliferação de fungos.
Consequências	Prejuízos estéticos, manutenção da alta umidade, diminuição da vida útil da estrutura podendo resultar em pequenas fissuras no concreto e exposição da armadura a longo prazo a depender da evolução do problema..

c) Rachaduras próximo ao encontro da ponte

Analisando a ponte Rio Mariricu in loco verificou-se a presença de rachaduras visíveis e em estágio avançado na estrutura próxima ao ponto de contato com a ponte (Imagem 8).

Imagem 8 – Brecha no encontro da ponte Rio Mariricu



Fonte: Elaborada pelos autores

Quadro 4 - Possíveis origens, causas e consequências das patologias identificadas na Ponte do Rio Mariricu em São Mateus quanto Rachaduras próximo ao encontro da ponte

Estudo de Caso - Ponte do Rio Mariricu	
Possíveis origens	Má execução da obra, falta de manutenção, utilização e escolha errada dos materiais, erro na etapa de projeto acarretando subdimensionamento do aço na seção. Erros na construção, como má compactação do concreto, falta de aderência entre camadas de concreto ou excesso de água na mistura do concreto.
Causas	As brechas e rachaduras em pontes podem ter várias causas, muitas das quais estão relacionadas ao envelhecimento, desgaste e outros fatores.
Consequências	Diminuição considerável da resistência da estrutura pondo em risco a segurança dos usuários da via

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao término da análise observou-se que, dentre as duas pontes, a Ponte do Rio Mariricu apresenta um estado de conservação muito inferior. A única patologia considerável registrada na ponte Rio Cricaré não apresenta parâmetros necessários para se concluir sobre a segurança e o estado da construção.

A Ponte Rio Cricaré, foi observado um estado de conservação superior ao esperado. Em conversa com a população local, verificou-se que a ponte passou recentemente por reformas superficiais, o que consequentemente impediu a identificação de possíveis manifestações patológicas encobertas. Esse fato também pode ser justificado pela localização da estrutura que se encontra mais distante do litoral, recebendo um efeito ameno da maresia. Mesmo diante da possibilidade de haver problemas não identificados nas fotografias, pode-se considerar que a ponte está em um bom estado tendo em vista o seu tempo de vida. Para constatar esta afirmação, seria necessária uma análise mais detalhada baseada em outros parâmetros além da visualização.

A Ponte Rio Mariricu, mediante as várias manifestações patológicas identificadas, constatou-se que existem negligência quanto à manutenção desta obra. Como um agravante aos problemas encontrados nessa ponte está a ação da maresia, que acelera o processo de deterioração. Foi possível observar que algumas

das áreas de pouca cobertura de concreto foram afetadas de forma intensa, especialmente os guarda-corpos.

As rachaduras presentes na estrutura das pontes, além de trazerem um alerta, possivelmente já ocasionaram perda substancial de resistência em pontos importantes. Sendo assim, considerando o estado de conservação da estrutura, o grande fluxo de veículos que trafegam sobre a ponte e sua importância para a região é essencial que haja uma intervenção. Para evitar o aparecimento de outras rachaduras graves e garantir a segurança da ponte, é fundamental realizar inspeções regulares e implementar medidas de manutenção e reparo adequadas. Rachaduras pequenas podem ser reparadas para prevenir problemas mais sérios no futuro, enquanto rachaduras maiores podem exigir reparos mais extensos ou até mesmo a substituição de partes da estrutura. A manutenção adequada é crucial para garantir a integridade e a durabilidade de construções como essas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – procedimento. 2 Ed., Rio de Janeiro, 2014. 221p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas – procedimento. 2Ed., Rio de Janeiro, 2004. 18p.

CARVALHO, B. W. S, *et al.* **Manifestações patológicas em edificações com estruturas de concreto armado causadas pela maresia**: um estudo de caso em uma edificação no litoral de fortaleza. Fortaleza 2023;

COSTA, VC de C. **Patologia em edificações**: Ênfase em estruturas de concreto. Monografia (Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2009.

FELIX, E.F. “Análise da vida útil de estruturas de concreto armado sob corrosão uniforme por meio de um modelo com RNA acoplado ao MEF”. **REVISTA ALCONPAT**, São Paulo, 31 jan. 2018. Disponível em: <<https://revistaalconpat.org/index.php/RA/article/view/256>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

FRANÇA, A.A.V et al. Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2011/07/Artigo-Techne-174-set-2011-Prof.pdf> Acesso em: 3 set. 2023.

HELENE, Paulo R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 2003.

HERANI, Thais da Silva A.G. **Patologias e tratamentos estruturais no metrô de São Paulo**. Monografia, especialista em Construção Civil – Escola de Engenharia. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo. 2012. 73p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Ponte sobre o Rio São Mateus: São Mateus, ES**. Biblioteca-catálogo. Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=438900> Acesso em: 10 set. 2023.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA - INCAPER; ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL; **Precipitação Média Anual no Espírito Santo (1984-2014)**. Vitória, 2014. Disponível em: <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/mapas-de-chuva-normal-climatologica-album>. Acesso em: 3 set. 2023.

JÂCOME, C.C.; MARTINS, J.G. **Identificação e tratamento de patologias em edifícios**. Monografia (pós graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Estado do Amazonas. 1Ed., 2005. 119p.

NAZÁRIO, D.; ZANCAN, E.C. apud ZUCHETTI, P.A.B. **Patologias da construção civil: investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no vale do taquari/rs**. Trabalho de Conclusão de Curso, bacharel em Engenharia Civil – Univates. Centro Universitário. Lajeado (RS). 2015. p. 7.

OLIVEIRA, Daniel Ferreira. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso, graduação em Engenharia Civil – Escola Politécnica. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2013. 107f.

POZZEBON, M; FREITAS, H.M.R. **Pela Aplicabilidade – com um maior Rigor Científico – dos Estudos de Caso em Sistemas de Informação**. Trabalho acadêmico, aplicabilidade do Estudo de Caso. *Sine loco* [S.l]. 1998. p. 143 – 170.

SCHEIDERGGER, G.M.; CALENZANI, C.L. Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, São Paulo. Março 2019. 3 Ed. Vol. 5, p. 68 – 92. <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/recuperacao-e-reparo> Acesso em: 3 set. 2023.

SILVA, Aguinaldo Salomão. **A prática pedagógica da educação ambiental: um estudo de caso sobre o Colégio Militar de Brasília**. Orientador: Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti. 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SILVA, F.B. **Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil**.

SILVA, P.A.P; JONOV, C.M.P. **Patologia das construções, erros na concepção de projeto**. Curso de especialização em Construção Civil, UFMG – Área: Sustentabilidade e gestão do ambiente construído. Agosto, 2019. Disponível em: <<http://www.demc.ufmg.br/adriano/Patologia%20das%20Construcoes.pdf>>. Acesso em: março, 2020.

SOARES, A.P.F. Corrosão em armaduras de concreto. **Cadernos de graduação ciências exatas e tecnológicas**. Maceió. Novembro 2015. p. 178 – 188.

SOMA URBANISMO. Buritis Residencial. **Soma Urbanismo Loteamentos**. São Mateus, fev. 2012 – fev. 2014. Disponível em: <<https://www.somaurbanismo.com.br/buritis/>>. Acesso em: 07 de jun. 2020.

SOUZA, V.C.M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1.ed. São Paulo. Editora Pini Ltda. 1998. 262p.

TRINDADE, Diego dos Santos. **Patologia em estruturas de concreto armado**. Trabalho acadêmico, bacharel em Engenharia Civil – Centro de Tecnologia. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS. 2015. p. 18.

YIN, Robert K. **Estudo de Casos: Planejamento e métodos**. 3Ed. *Sine Loco* [S.l]: Grupo A – Bookman. 2012.

ZUCHETTI, P.A.B. **Patologias da construção civil: investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no vale do taquari/rs**. Trabalho de Conclusão de Curso, bacharel em Engenharia Civil – Univates. Centro Universitário. Lajeado (RS). 2015. p. 1 – 2.