

Levantamento de manifestações patológicas na ponte Santa Isabel, através de mapa de danos

Survey of pathological manifestations in Santa Isabel bridge, through damage map

Levantamiento de manifestaciones patológicas en puente Santa Isabel, a través de mapa de daños

Recebido: 25/07/2022 | Revisado: 05/08/2022 | Aceito: 08/08/2022 | Publicado: 17/08/2022

Camila Marques do Rêgo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8435-8186>
Universidade Católica de Pernambuco, Brasil
E-mail: camilamrego@gmail.com

André Gustavo Ferreira de Vasconcelos Filho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0735-8112>
Universidade Católica de Pernambuco, Brasil
E-mail: andre.2017107568@unicap.br

Lucas Feliciano Ferreira Borba

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2391-9031>
Universidade Católica de Pernambuco, Brasil
E-mail: eng.lucasborba@gmail.com

Arthur Rocha Lemos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5629-7649>
Universidade Católica de Pernambuco, Brasil
E-mail: arthurrol@live.com

Ana Flávia Barreto Tenório

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7990-5851>
Universidade Católica de Pernambuco, Brasil
Email: engcivil.bt@gmail.com

Igor Albuquerque da Rosa Teixeira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2951-6524>
Universidade Católica de Pernambuco, Brasil
E-mail: iart@poli.br

Pedro Eugenio Silva de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4528-576X>
Universidade Católica de Pernambuco, Brasil
E-mail: pedro.oliveira@unicap.br

Eliana Cristina Barreto Monteiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0842-779X>
Universidade de Pernambuco, Brasil
Universidade Católica de Pernambuco, Brasil
E-mail: eliana@poli.br

Resumo

As pontes trazem para a sociedade benefícios de logística que influenciam na economia e no seu desenvolvimento. Por este motivo, as pontes são tão importantes para o crescimento da região onde se encontram. Baseado nisso se faz necessário estudos que ajudem a entender melhor o funcionamento dessas estruturas auxiliando na busca pela melhor forma de cuidar e preservar a vida útil dos seus materiais, para que possam fornecer à população segurança e praticidade. Buscando analisar a condição da fachada e estrutura da ponte Santa Isabel, foi desenvolvido o estudo relativo as suas condições, adotando o método de elaboração de mapa de danos, que consiste em mapear os pontos onde se encontram manifestações patológicas. Para o estudo foi adotado a elaboração de fichas de identificação de dados servindo como auxílio na preparação dos mapas de danos. As fichas são memoriais descritivos da situação da ponte, confeccionadas com o auxílio de vistorias visuais, enriquecidas com fotografias dos dados coletados. Neste trabalho foi possível analisar a situação da ponte nos anos de 2021 e 2022, tornando possível realizar um comparativo das evoluções das manifestações patológicas neste período. Quando apurada todas as informações e realizado os comparativos, foi possível notar o estado precário que a estrutura da ponte se encontrava, tornando evidente a necessidade de reparos e da elaboração de um plano de manutenção preventiva para que as manifestações não se repitam com tanta frequência.

Palavras-chave: Concreto; Recuperação; Durabilidade; Mapa de danos; Pontes; Manifestação patológica.

Abstract

Bridges bring logistics benefits to society that influence the economy and its development. For this reason, bridges are so important for the growth of the region where they are located. Based on this, studies are needed that help to better

understand the functioning of these structures, helping in the search for the best way to care for and preserve the useful life of their materials, so that they can provide the population with safety and practicality. Seeking to analyze the condition of the facade and structure of the Santa Isabel bridge, a study was developed regarding its conditions, adopting the method of elaboration of a damage map, which consists of mapping the points where pathological manifestations are found. For the study, the elaboration of data identification sheets was adopted, serving as an aid in the preparation of damage maps. The files are descriptive memorials of the situation of the bridge, made with the help of visual inspections, enriched with photographs of the data collected. In this work, it was possible to analyze the situation of the bridge in the years 2021 and 2022, making it possible to make a comparison of the evolution of pathological manifestations in this period. When all the information was verified and the comparisons were made, it was possible to notice the precarious state of the bridge structure, making evident the need for repairs and the elaboration of a preventive maintenance plan so that the manifestations do not repeat themselves so often.

Keywords: Concrete; Recovery; Durability; Damage map; Bridges; Pathological manifestation.

Resumen

Los puentes aportan beneficios logísticos a la sociedad que influyen en la economía y su desarrollo. Por esta razón, los puentes son tan importantes para el crecimiento de la región donde se ubican. Con base en esto, se necesitan estudios que ayuden a comprender mejor el funcionamiento de estas estructuras, auxiliando en la búsqueda de la mejor manera de cuidar y preservar la vida útil de sus materiales, para que puedan brindar seguridad y practicidad a la población. Buscando analizar el estado de la fachada y estructura del puente Santa Isabel, se desarrolló un estudio sobre sus condiciones, adoptando el método de elaboración de un mapa de daños, que consiste en mapear los puntos donde se encuentran manifestaciones patológicas. Para el estudio se adoptó la elaboración de fichas de identificación de datos, sirviendo de auxiliar en la elaboración de mapas de daños. Los archivos son memorias descriptivas de la situación del puente, realizadas con la ayuda de inspecciones visuales, enriquecidas con fotografías de los datos recogidos. En este trabajo se logró analizar la situación del puente en los años 2021 y 2022, posibilitando realizar una comparación de la evolución de las manifestaciones patológicas en este período. Cuando se verificó toda la información y se realizaron las comparaciones, se pudo notar el precario estado de la estructura del puente, evidenciándose la necesidad de reparaciones y la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para que las manifestaciones no se repitan con tanta frecuencia.

Palabras clave: Concreto; Recuperación; Durabilidad; Mapa de daños; Puentes; Manifestación patológica.

1. Introdução

A utilização do concreto armado no meio da construção civil é bastante comum e se popularizou pelo seu fácil manuseio, custo-benefício e durabilidade. Esses conhecimentos levaram a acreditar que esse material apresentava características indestrutíveis, mas com o passar dos anos foi analisado e comprovado a necessidade de um acompanhamento do comportamento desse material ao longo do tempo (Pinheiro, 2018). A falta de manutenção, ao longo da vida útil da estrutura, é um dos fatores que mais influenciam na diminuição da durabilidade das estruturas de concreto armado, levando ao aparecimento de várias manifestações patológicas (Santos *et al.*, 2017).

A durabilidade da estrutura é a capacidade que o material tem de resistir a esforços externos, sejam eles ambientais ou provocados pelo ser humano, tal capacidade deve ser estimada para que seja possível dimensionar uma estrutura que suporte tais esforços, proporcionando segurança. O conceito de durabilidade tem extrema importância para obras que utilizam concreto, pois afetam de forma direta o período de vida útil que a estrutura alcançará (ABNT NBR 6118, 2014). As obras de concreto precisam ser projetadas e executadas de forma a fornecer o maior nível de segurança, em conjunto com o orçamento previsto e correspondente com o tempo de vida útil, que se espera, na época de sua construção, sendo realizadas manutenções preventivas, que são ações indispensáveis para conservar a qualidade da obra e prolongar a segurança da edificação (Santos *et al.*, 2017).

Consequência do constante tráfego nas pontes e a ausência de inspeções que possam identificar o nível de deterioração nos elementos estruturais das pontes, pelo fato de ser apenas levado em conta a parte superior das pontes, como o aspecto do pavimento, se faz necessário estudos que abordem o estado de utilização, fazendo com que seja mantido os padrões de funcionalidade e segurança (Vasconcelos, 2018). O estudo das causas do surgimento de manifestações patológicas em estruturas de concreto, proporciona conhecimento aos profissionais, que assim podem diagnosticar de forma adequada os possíveis casos,

levando a correções mais assertiva para cada um deles, garantindo o bom funcionamento da estrutura e segurança para os seus usuários (Santos, 2019).

Devido a posição geográfica da cidade do Recife, a cidade possui atualmente aproximadamente 49 pontes em uso, espalhadas no seu território. Das diversas pontes existentes, 7 delas se destacam devido a sua localização central, ligando diversos bairros importantes da região metropolitana (Pinheiro, 2018). Recife é uma cidade litorânea, banhada pelo mar e por bacias hidrográficas, sendo elas: Capibaribe, Beberibe e Tejipló, que são cortadas pelos Rios Capibaribe e Beberibe além de outros rios com menor porte como o Jiquiá, Jordão e Tejipló. Além do que já foi falado, Recife também possui inúmeros canais e pontes, justificando ser conhecida como a “Veneza brasileira” (Pinheiro, 2018).

Para um melhor estudo das patologias que surgem nas edificações, é aconselhável que seja realizado um mapeamento de danos, que consiste em uma documentação (seja ela por um conjunto de gráficos ou fotografias) que ilustra a realidade da edificação, levando em consideração uma determinada data ou tempo. Este relato é feito de maneira rigorosa e minuciosa, detalhando as manifestações de deterioração que estejam presentes na edificação (Hautequestt, 2018). Portanto, o mapa de danos se resume a um documento gráfico que demonstra, por intermédio de representação gráfica, todas as manifestações patológicas que possam ser identificadas na edificação em estudo (Carvalho, 2018).

Parte das estruturas das pontes, por natureza, estão constantemente inseridas em um meio agressivo, o que pode acelerar sua degradação e deterioração, quando não são tomadas as devidas precauções e cuidados. O estudo das falhas que surgem em pontes proporciona o conhecimento das suas causas, possibilitando o conserto e futuras medidas preventivas para que tais problemas tardem a acontecer novamente ou até que não se repitam.

Desse modo, o mapa de danos ajuda a identificar as manifestações, de maneira mais objetiva, fazendo com que o diagnóstico e, posteriormente a sugestão de solução no projeto, sejam mais precisas e realísticas, otimizando tempo e recursos, além de proporcionar uma estrutura mais eficiente, segura e duradoura

2. Referencial Teórico

2.1 Pontes

Conforme a Norma Brasileira ABNT – 7188 (2013), ponte é toda estrutura que está sujeita a ações com posicionamento variável, sendo cargas em movimento, que são conhecidas como cargas móveis, e são utilizadas com o objetivo de atravessar possíveis obstáculos naturais, como rios, córregos, etc.

2.2 Fachada

Segundo Mahfuz (2009), o autor considera que a fachada é a parte da edificação onde a arquitetura se sobressai, por ser o local em que sintetiza todos os elementos existentes no projeto, orquestrando todos os demais elementos. As fachadas estão, constantemente, recebendo ações do vento e alterações de temperatura, levando a caracterizar as mesmas como edificações não estáticas (Erdly *et al.*, 2004). Lima (2021) afirma que as fachadas podem ser consideradas como um organismo vivo da infraestrutura, apontando os locais com possíveis falhas ou comportamentos diferentes do esperado para os seus padrões de funcionamento.

2.3 Durabilidade e Vida Útil das Estruturas

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) as exigências de durabilidade das estruturas de concreto se resumem na capacidade de resistir que as construções que são projetadas e executadas contêm, de forma a conservar sua segurança, estabilidade e propriedade em serviço no período que se dá de sua vida útil. Vida útil é o tempo em que uma estrutura e todos os seus elementos

relacionados passam sem que seja necessário intervenções que não foram previstas no projeto, tais como, manutenção ou reparos segundo a ISO 13823 (ABNT, 2008).

2.4 Manifestações Patológicas no Concreto

Patologia das estruturas é a área da engenharia civil que estuda a origem, as formas de manifestações, as possíveis consequências e mecanismos de correção de falhas das estruturas, seja elas por erro de projeto, erro de execução ou degradação por agentes externos (Santos *et al.*, 2017). As manifestações patológicas no concreto são evidenciadas por meio de trincas e fissuras, por serem a principal porta de entrada para vários agentes externos agressores como: gás carbônico, umidade e sais. Para o concreto, existem duas principais fontes de patologias, sendo elas causas intrínsecas, que são consequências da deterioração da estrutura, e as extrínsecas que são aquelas que não estão diretamente ligadas a estrutura, estando relacionada a outros fatores externos, como por exemplo variações na temperatura (Winkel, 2019).

2.5 Mapa de Danos

O mapeamento de identificações de problemas e, posteriormente, o conhecimento das possíveis causas e a compreensão dos seus mecanismos é a base para um estudo sistemático dos danos ou manifestações patológicas de edificações (Hautequestt, 2018). O mapa de danos pode ser realizado por vários métodos, um deles é conhecido como clássico, que consiste na extração de informações métricas por meio de ferramentas manuais, como por exemplo a fita métrica. Porém, esse método possui a desvantagem da demora que leva para a execução completa do seu mapeamento, sendo classificada como um método mais mecânico (Carvalho, 2018).

2.6 Fichas de Identificação de Dados (FID)

No momento em que é realizado o levantamento da situação da edificação, é observado uma elevada quantidade de informações, se fazendo necessária a elaboração de uma base de dados que tem como função ajudar na produção do mapa de danos. As Fichas de Identificação de Dados (FIDs), são registros iniciais da base de dados que compõe o sistema de inspeção e manutenção da edificação, podendo ser utilizado para a elaboração do Mapa de Danos (Carvalho, 2018).

3. Estudo de Caso da Ponte Santa Isabel

O item aborda, de forma descritiva, a realização do mapa de danos da ponte estudada, expondo os materiais utilizados e os meios que foram adotados, com o objetivo de melhor explanar o assunto, fornecendo as informações adquiridas. A metodologia adotada foi a descrição e análise, de maneira detalhada, conforme previsto por Pereira (2018).

3.1 Breve Histórico da Ponte

A ponte Santa Isabel, conhecida popularmente como a ponte Princesa Isabel, que cruza o Rio Capibaribe, foi inaugurada em 1863, sendo a primeira ponte de ferro do município do Recife. Em 1913 a ponte foi reconstruída pela primeira vez e, no ano de 1943 a ponte passou por uma reforma, substituindo sua estrutura metálica por concreto armado. Devido às enchentes no Rio Capibaribe, nos anos de 1965 e 1966, a Ponte Santa Isabel precisou passar por outra reconstrução em 1967.

Em 2019, após diversas críticas realizadas pela mídia, expostas pelo Diário de Pernambuco, com relação aos estados em que as pontes da cidade se encontravam, a prefeitura do Recife começou a se movimentar para ações reparadoras. Porém, foi apenas em janeiro de 2022, que a ponte estudada recebeu uma requalificação na pintura, que contou ainda com alguns reparos, mas até o momento, sem ações de recuperação estrutural na mesma.

3.2 Levantamento das Manifestações

Na realização da análise atual da ponte que está em estudo, foi optado pela execução de inspeção visual, com o intuito de elaborar um levantamento de como a ponte se encontrava no momento do levantamento. Foi possível analisar o estado da OAE em dois momentos distintos.

O primeiro momento, que aconteceu em setembro de 2021, foi registrado com o auxílio do passeio de catamarã, que é realizado na região metropolitana, e passeia por algumas margens que cortam a região, mostrando as belezas da cidade conhecida como Veneza Brasileira. O passeio, que além de ser um momento de lazer e oferecer história e cultura regional, proporcionou registros fotográficos sobre o estado da ponte Santa Isabel, despertando o interesse em estudar as possíveis causas que levaram ao estado que a mesma se encontrava.

No segundo momento, realizado em março de 2022, foi possível com a ajuda de um barqueiro local que auxiliou na locomoção até a ponte estudada para levantamento de dados, que se deu por registros fotográficos e gravações de vídeos. Diferente da primeira inspeção, nesta foi possível navegar por todos os tramos da ponte, analisando e, de maneira mais calma e minuciosa, registrar as manifestações patológicas observadas.

Com posse do material levantado, foi possível realizar a elaboração da FID, com informações relevantes sobre a evolução do estado da ponte que, por sua vez, auxiliou na concepção do mapa de danos, possibilitando a criação da linha do tempo da ponte.

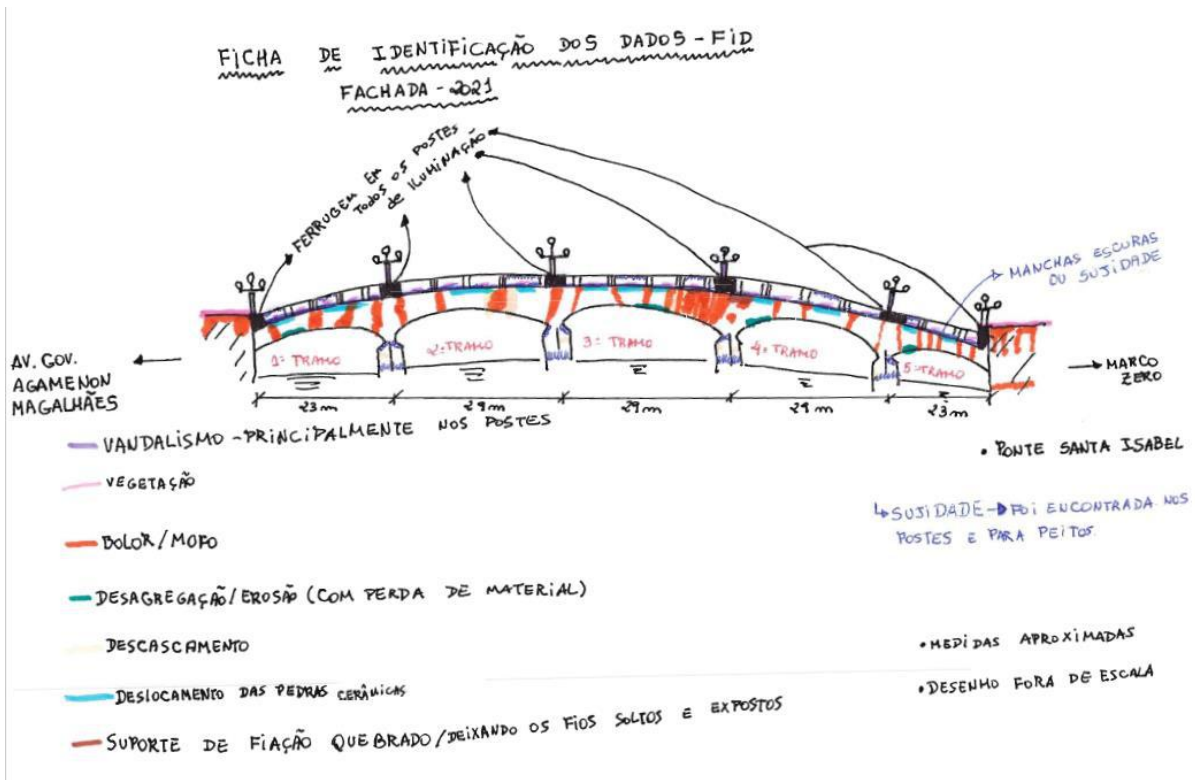
3.3 Elaboração da Ficha de Identificação Dos Dados (FID)

Após as visitas, a próxima etapa foi a elaboração da ficha de identificação de dados, que se resume a compilação dos dados adquiridos por meio da vistoria, juntando todas as informações coletadas em um documento que será a base de toda a análise que será realizada. Em seguida foi realizada uma triagem das informações coletadas, fazendo com que apenas as informações mais importantes fossem consideradas para a montagem do mapa de danos.

As fichas são montadas com a inspeção ainda recente na memória, possibilitando relatos mais precisos, com o auxílio das imagens adquiridas. A FID foi um relato feito a mão livre, sem medidas nem escalas, mas de modo que possa ajudar a entender e traduzir as fotografias obtidas nas vistorias.

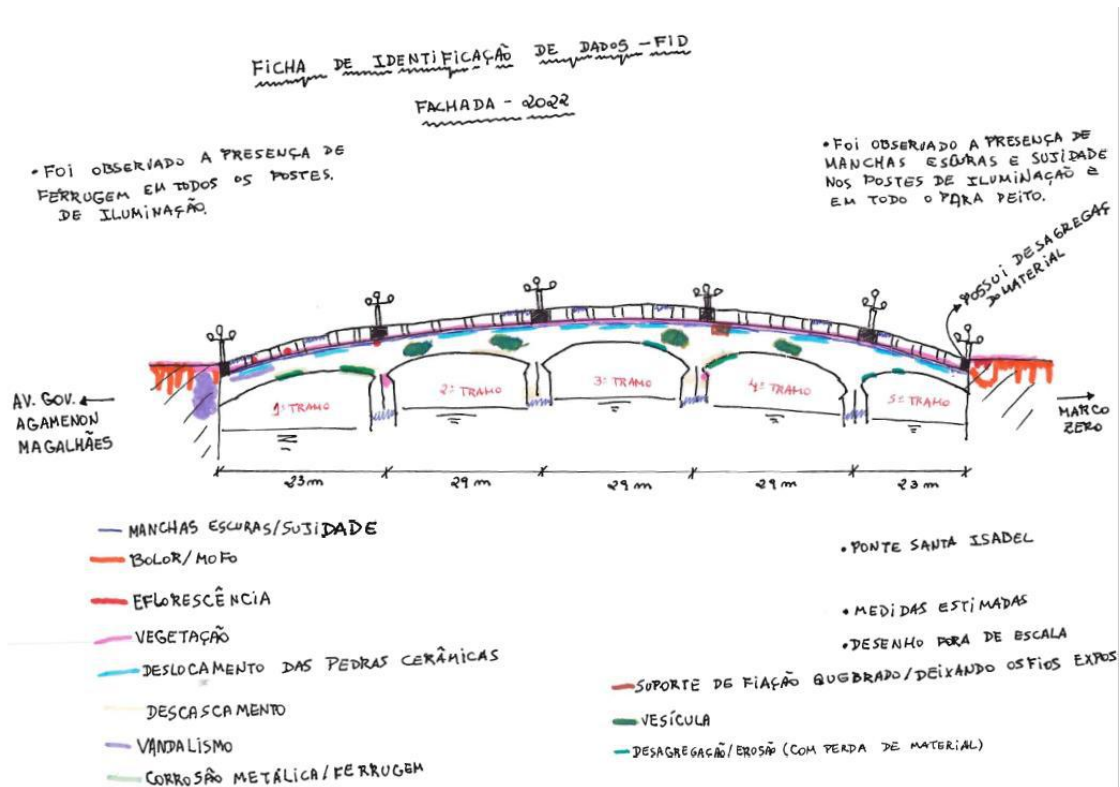
Ao todo, foram elaboradas 4 fichas, onde duas estão relacionadas ao estado da ponte em 2021 (mostrando a sua Fachada, como mostra a Figura 1A e parte inferior do tramo central, como mostra a Figura 1C) e as outras duas ao estado em 2022 (mostrando a Fachada, conforme pode mostra a Figura 1B e parte inferior do tramo central, conforme mostra a Figura 1D), para poder realizar um comparativo entre o estado da fachada em 2021 e 2022 e do tramo central em 2021 e 2022.

Figura 1A: Ficha de Identificação dos dados da vista panorâmica da fachada da Ponte Santa Isabel, 2021.



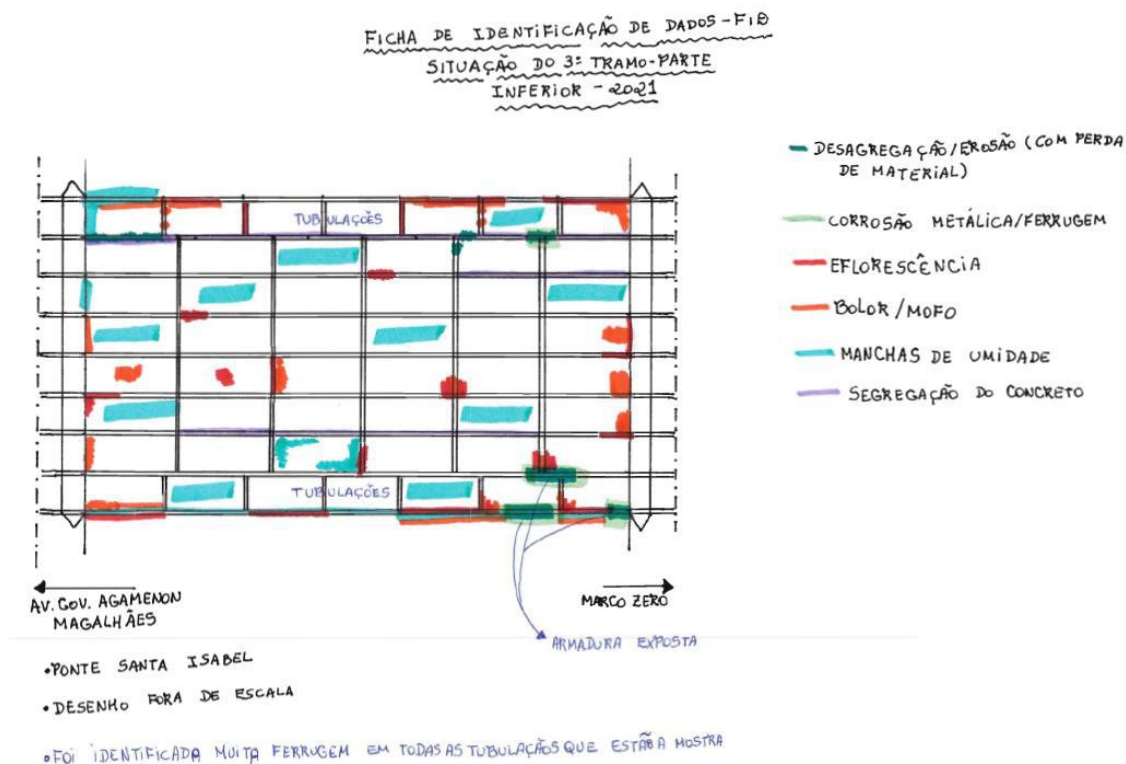
Fonte: Autores (2021).

Figura 1B: Ficha de Identificação dos dados da vista panorâmica da fachada da Ponte Santa Isabel, 2022.



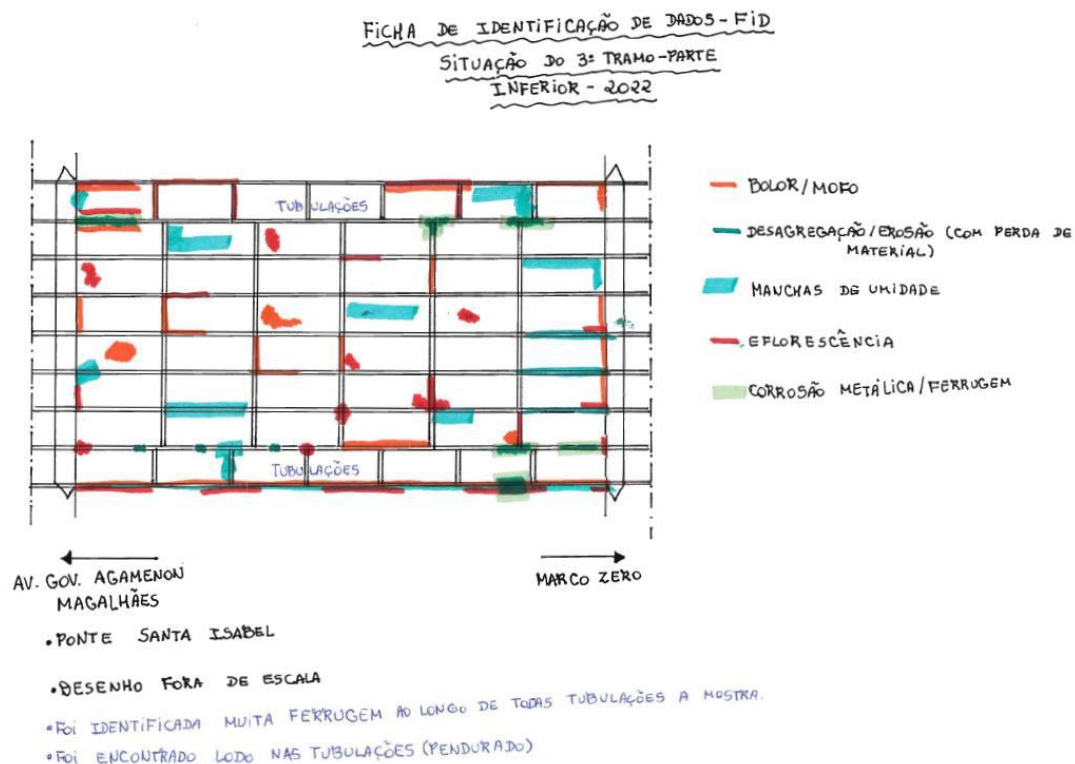
Fonte: Autores (2022).

Figura 1C: Ficha de Identificação dos dados da parte inferior do tramo central da Ponte Santa Isabel, 2021.



Fonte: Autores (2021).

Figura 1D: Ficha de Identificação dos dados da parte inferior do tramo central da Ponte Santa Isabel, 2022.



Fonte: Autores (2022).









Analisando as FIDs elaboradas (Figuras 1A, 1B, 1C e 1D) é possível notar a evolução das manifestações patológicas, que se mostraram em constante crescimento quando observada a parte inferior do tramo central. Observou-se ainda que a parte da fachada apresentou uma diminuição considerada nas manifestações patológicas, que se deu por meio da realização da revitalização da pintura da ponte.

Foi escolhido analisar a situação do tramo do meio, pois o primeiro passeio, por ter sido realizado por meio do Catamarã, essa navegação passa apenas por baixo do tramo mais alto, fazendo com que, para o estudo, não se tem registros fotográficos do estado inferior dos demais tramos, relacionados ao ano de 2021.

3.4 Mapeamento da Fachada da Ponte Santa Isabel

Na confecção do mapa de danos foram consideradas fotografias capturadas durante a visita técnica e os dados presentes no FID. As imagens tiradas são ferramentas cruciais na formação do detalhamento das manifestações patológicas, pois são elas que guiam toda a produção do mapa, enriquecendo com os detalhes. A Tabela 1, ilustrada a seguir, mostra a legenda que foi adotada para a identificação das manifestações patológicas, na confecção do mapa de danos.

Tabela 1: Legenda adotada para identificação das manifestações patológicas, usando como base o trabalho de Barreto, 2019.

Simbologia	Manifestação Patológica	Simbologia	Manifestação Patológica
	Bolor / Mofo		Manchas de umidade
	Corrosão Metálica / Ferrugem		Sujidade
	Desagregação / Erosão (com perda de material)		Vandalismo
	Deslocamento do revestimento / Destacamento do reboco		Vegetação
	Eflorescência		Vesícula
	Incrustação		

Fonte: Autores (2021).

Para a adoção da legenda, foi adotada apenas cores sólidas na identificação das manifestações patológicas encontradas, para que fosse possível uma melhor compreensão e identificação das mesmas na visualização do mapa de danos.

Na confecção do mapa de danos foram consideradas fotografias capturadas durante a visita técnica e os dados presentes no FID. As imagens tiradas são ferramentas cruciais na formação do detalhamento das manifestações patológicas, pois são elas que guiam toda a produção do mapa, enriquecendo com os detalhes.

4. Resultados e Discussão

Nessa seção são apresentados os resultados e as análises da inspeção visual técnica, realizada no local, contando com o acervo fotográfico com a finalidade de auxiliar na qualificação das manifestações patológicas que foram encontradas no objeto de estudo, se baseando na literatura que foi estudada e citada anteriormente. Diante do apresentado, foram verificadas as possíveis causas e origens das manifestações encontradas.

Com o mapeamento das manifestações patológicas confeccionadas foi possível observar com mais clareza os pontos mais críticos da edificação e as proporções de cada manifestação, podendo identificar quais são as manifestações mais comuns, levando ao estudo das possíveis causas para um melhor diagnóstico da situação.

Desse modo, os resultados obtidos foram organizados com o intuito de cumprir os objetivos definidos no início do trabalho.

4.1 Manifestações Patológicas

Alinhado com as informações presentes no FID e nos relatórios fotográficos, foi possível identificar na ponte Santa Isabel as manifestações patológicas a seguir:

4.1.1 Bolor

É uma manifestação patológica ligada a umidade, devido ser manchas oriundas da proliferação de fungos, podendo ser conhecida como mofo. O bolor foi encontrado em maior intensidade na fachada da ponte, observada em 2021, isso se deu ao fato de que a ponte sofreu por revitalizações em sua pintura em janeiro de 2022, maquiando possíveis presenças dessa manifestação na fachada do objeto em estudo.

Segundo Souza (2008), essa manifestação patológica pode ser levada em consideração como um potencial problema nas edificações existentes, por poder provocar alterações nas fachadas e estrutura.

É possível a identificação de bolor na fachada da ponte Santa Isabel, na fotografia do ano de 2021, mostrada na Figura 2 mostrada a seguir.

Figura 2: Presença de Bolor na fachada da Ponte Santa Isabel.



Fonte: Autores (2021).

A Figura 2 além de mostrar vários pontos com apresentação de bolor, sujidade e manchas de umidade as manifestações patológicas com estado mais crítico se dá pelo deslocamento de volume, deixando a armadura exposta a agentes agressores.

Causas: uma possível causa para o surgimento do bolor ao longo da ponte e em sua parte inferior é devido a presença de umidade, devido ao ambiente no qual está inserida ser de alta agressividade, podendo ter sido potencializado devido infiltrações de água ou vazamento que não estão aparentes.

4.1.2 Corrosão metálica / Ferrugem

A corrosão é o desgaste que o material metálico sofre devido um processo chamado eletroquímico. Como as pontes estão inseridas em um ambiente altamente agressivo, caso ocorra a exposição de materiais metálicos, como por exemplo a armadura do concreto, as chances de ocorrer corrosão no material é alta. A exposição da armadura pode se dar por alguns motivos e, quando ignorado, pode causar sérios danos à estrutura, ameaçando a segurança dos usuários que transitam pela infraestrutura

diariamente.

A ferrugem é apresentada quando o material metálico se encontra exposto ao meio agressivo e está em processo de corrosão, apresentando coloração alterada e com aspecto áspero.

A maior quantidade de ferrugem observada na ponte, como pode ser visualizado na Figura 3, se deu na parte inferior da mesma, ou seja, na parte que recebe menos luz solar, fator que, quando aderido à pontos de umidade, prolifera de forma mais ágil a corrosão dos materiais metálicos.

Figura 3. Situação de viga, com armadura exposta, localizada na parte de baixo da ponte Santa Isabel – 2022.



Fonte: Autores (2022).

A Figura 3 mostra o estado crítico de alguns pontos da armadura da ponte Santa Isabel, situação crítica e preocupante.

Causas: A entrada, pelos poros do concreto, de agentes agressivos por meio do ar é uma possível causa, ainda mais conhecendo o meio agressivo no qual a ponte encontra-se inserida. Com o desprendimento volumétrico do concreto, aumenta ainda mais as chances de ocorrer corrosão na armadura, acelerando o processo de corrosão. Problemas na execução do projeto também podem ter causado esses danos, pois o concreto pode ter se expandido causando fissuras que possibilitaram a entrada do ar, corroendo a estrutura de dentro pra fora até romper a massa do concreto e desprendê-lo completamente, deixando a armadura exposta.

4.1.3 Desagregação / Erosão (com perda de material)

A desagregação com perda de material, também pode ser conhecida como desprendimento volumétrico, que é quando a estrutura perde massa de concreto, por ataques químicos expansivos ou devido à baixa resistividade do material que foi utilizado. Essa manifestação patológica foi bastante encontrada tanto na fachada da ponte, como na sua parte inferior. É importante ressaltar que, foi observado a existência dessa manifestação patológica tanto em 2021 como em 2022, comprovando que os reparos realizados na ponte, em janeiro de 2022 foram meramente superficiais, conforme mostram as figuras a seguir.

É possível identificar desagregação de material presente na fachada e na parte inferior da Ponte Santa Isabel, no ano de 2021 (Figura 4A) e no ano de 2022 (Figura 4B).

Figura 4A: Desagregação de material presente na fachada e na parte inferior da Ponte Santa Isabel, 2021.



Fonte: Autores (2021).

Figura 4B: Desagregação de material presente na fachada e na parte inferior da Ponte Santa Isabel, 2022.



Fonte: Autores (2022).

Com as Figuras 4A e 4B é possível notar que, quanto à desagregação de massa na parte inferior da ponte, nada foi feito, portanto a mesma encontra-se em estado mais crítico, do que quando analisada em 2021. Com relação a desagregação na fachada, observou-se que não se teve a preocupação em tentar repor o material perdido, no entanto, com o intuito de embelezar a ponte, foi apenas passado tinta por cima da situação alarmante da Figura 4A.

Causas: Devido a uma possível perda de função ligante do cimento, levou ao deslocamento de parte da massa superficial da fachada. As causas que levam a este tipo de manifestação patológica podem ser várias, sendo as principais: corrosão, calcinação do concreto, carbonização, impactos inesperados e erros na execução do projeto.

4.1.4 Deslocamento das pedras cerâmicas

O deslocamento das pedras cerâmicas é quando existe a movimentação das mesmas, podendo levar ao total deslocamento da pedra. As possíveis causas mais comuns são a presença de infiltração, a existência de vegetação com raízes, erros na execução (como por exemplo o uso incorreto do rejunte). O deslocamento de pedras ornamentais, na fachada da ponte no ano de 2022 está demonstrada na Figura 7.B apresentada no item 4.1.10:

4.1.5 Eflorescência

Caracterizado como uma manifestação patológica de aspecto esbranquiçado, apresentada como se estivesse escorrendo da estrutura, que é causada pela infiltração de água que dissolve os sais presentes no material infiltrado fazendo com que ele escorra pela superfície. As Figuras 5A e 5B mostram a presença de eflorescência na parte estrutural da ponte Santa Isabel, todas tiradas no ano de 2022.

Figura 5A: Eflorescência na parte inferior da ponte Santa Isabel.



Fonte: Autores (2021).

Figura 5B: Eflorescência na parte inferior da ponte Santa Isabel.



Fonte: Autores (2021).

As Figuras 5A e 5B retratam a presença de eflorescência na estrutura da ponte em estudo.

A causa mais provável é a infiltração do ar, com partículas de água, em fissuras ou nos poros do concreto.

4.1.6 Incrustação

Pode ser considerado incrustação toda a sedimentação de partículas suspensas que estejam presentes na água que passa pela superfície da estrutura.

Foi encontrado a presença de incrustação na base da ponte, conforme pode ser visto na Figura 6A, tirada no ano de 2022, mostrada no item 4.1.7.

Esse tipo de manifestação patológica foi encontrado apenas na visita técnica realizada em abril de 2022.

4.1.7 Manchas de Umidade

As manchas de umidade são condensações do vapor de água, muito frequente em lugares com baixa incidência da luz do sol e com alta quantidade de umidade. Essas manchas frequentemente aparecem com formato circular, prejudicando a superfície onde se encontra e provocando o desenvolvimento de mofo.

O aparecimento de manchas de umidade na parte inferior da ponte Santa Isabel pode ser identificado na Figura 6B a seguir.

Figura 6A: Incrustação observada na base da ponte Santa Isabel.



Fonte: Autores (2021).

Figura 6B: Aparecimento de manchas de umidade na parte inferior da ponte Santa Isabel.



Fonte: Autores (2021).

Por meio da Figura 6ª é possível visualizar a presença de incrustação na parte estrutural da Ponte, que se encontra em contato constante com a água do Rio. A Figura 6B retrata a presença de manchas de umidade na parte inferior da ponte, onde o local possui um menor índice de incidência solar.

4.1.8 Sujidades

Sujidades são sujeiras acumuladas, geralmente apresentando coloração escura, devido ao acúmulo de poeira.

A identificação de sujidade se mostrou constante na fachada da ponte, tanto no ano 2021 como em 2022, conforme mostrado na Figura 7A, apresentada no item 4.1.10.

4.1.9 Vandalismo

Vandalismo é caracterizado como a ação de depredação, danificando ou destruindo uma propriedade, seja ela pública ou privada. Não existe uma causa específica que explique o motivo que leva as pessoas terem esse tipo de comportamento.

O vandalismo se fez presente na fachada da ponte, como pode ser observado na Figura 7B apresentada no item 4.1.10. Nas vistorias foi identificado também a presença de vandalismo na parte lateral da ponte.

4.1.10 Vegetação

É considerada uma manifestação patológica quando se apresenta em locais onde não foi projetado para contê-las, geralmente é possível encontrar esse tipo de manifestação patológica devido às infiltrações pelos poros dos materiais, pois essas infiltrações além de transportar água, também leva matéria orgânica.

Pode ser verificada a presença de vegetação na fachada da ponte Santa Isabel, conforme mostrado na Figura 7B, mostrada a seguir.

Figura 7A: Sujidade na fachada da ponte Santa Isabel.



Fonte: Autores (2021).

Figura 7B: Vandalismo, presença de vegetação e deslocamento de pedra ornamental na fachada da ponte.



Fonte: Autores (2021).

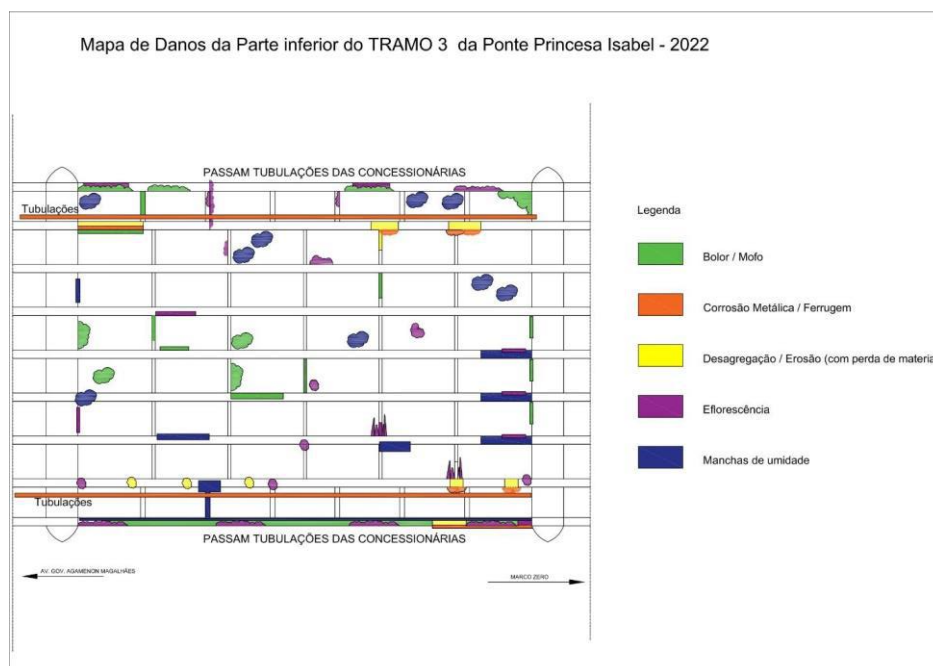
Por meio da Figura 7A é possível perceber a presença de sujidades no parapeito da fachada da ponte, que pode ter sido provocado devido à ausência de manutenção e limpeza necessária, no local. A Figura 7B mostra as manifestações patológicas de vandalismo, deslocamento cerâmico (por meio de pedra ornamental) e a presença de vegetação não desejada, o que leva a deduzir que a presença de vegetação pode ter causado o deslocamento das pedras ornamentais.

4.2 Análise da Situação Atual da Ponte

Com base em tudo que foi levantado e relatado neste trabalho, verificou-se que a ponte se encontra com estado mais crítico em sua parte de baixo, devido a revitalização que aconteceu em janeiro de 2022. Contudo, não é descartada a impressão de que a fachada ainda precisa de reparos.

A parte inferior do terceiro tramo apresentou um maior avanço na presença de manifestações patológicas, conforme demonstrado na Figura 8 a seguir.

Figura 8: Mapa de danos da parte inferior do tramo 3 da Ponte Santa Isabel.



Fonte: Autores (2022).

Quando analisado o mapa de danos do tramo central, pode-se observar a constante presença de Bolor, manchas de umidade e ferrugem, que são manifestações patológicas favorecidas quando localizadas em ambientes de alta agressividade e de baixo índice de incidência solar, como é o caso da parte inferior da ponte.

4.3 Sugestões de Soluções

Para que a ponte possa continuar proporcionando os seus benefícios de logística e locomoção, além de embelezar a paisagem da cidade, é aconselhável que exista um maior cuidado quanto a manutenção da ponte, montando uma estratégia para que seja realizada periodicamente vistorias e levantamentos da sua situação e que, quando identificado comportamentos indevidos ou não previstos, que possa ser reparado e cuidado com celeridade.

4.4 Linha do Tempo da Ponte

Foi realizado um comparativo das situações da ponte em 2021 e 2022, com a ajuda das FIDs elaboradas e o mapa de danos, conforme pode ser visto a seguir.

4.4.1 Tramo 01

O avanço das manifestações patológicas pode ser acompanhado por meio de ilustração disponível no QR CODE, disponibilizado na Figura 9A apresentada no item 4.4.6.

Observou-se que, a maior diferença entre os dois momentos foi a diminuição da presença de bolor na fachada, seguida da presença de vandalismo e surgimento de incrustação na base da estrutura.

4.4.2 Tramo 02

O avanço das manifestações patológicas da fachada do tramo 02, pode ser acompanhado por meio de ilustração disponível no QR CODE, mostrado na Figura 9B apresentada no item 4.4.6.

Observou-se que, a diferença que prevaleceu entre os dois momentos analisados foi a diminuição da presença de bolor na fachada, seguido pela presença de vesícula e o surgimento de incrustação na base da estrutura.

4.4.3 Tramo 03

O avanço das manifestações patológicas, da fachada do Tramo 03, pode ser acompanhado por meio de ilustração disponível no QR CODE, mostrado na Figura 9C apresentada no item 4.4.6.

Observou-se que, de maneira similar ao tramo 02, o 03 apresentou diminuição na presença de bolor na fachada, o aparecimento de vesícula, uma diminuição de sujidade na parte da base e o surgimento de incrustação também localizado na base da estrutura.

4.4.4 Tramo 04

O avanço das manifestações patológicas pode ser acompanhado por meio de ilustração disponível no QR CODE mostrado na Figura 9D, apresentada no item 4.4.6.

Observou-se que, de maneira similar ao tramo 03, o 04 apresentou diminuição de bolor na fachada, o aparecimento de vesícula, o surgimento de incrustação localizado na base da estrutura e surgimento de destacamento do reboco ao redor da parte com desagregação.

4.4.5 Tramo 05

Observou-se que, de maneira similar aos demais tramos, o 05 apresentou diminuição de bolor na fachada e o surgimento de incrustação localizado na base da estrutura. Apresentou ainda Sujidade na parte lateral da ponte, onde em 2021 existia bolor e apresentou também destacamento do reboco na base da lateral da ponte.

O avanço das manifestações patológicas pode ser acompanhado por meio de ilustração disponível no QR CODE, mostrado na Figura 9E apresentada no item 4.4.6.

4.4.6 Parte inferior do tramo central

O avanço das manifestações patológicas da parte inferior da ponte, se fez de maneira mais expressiva do que na sua fachada, e pode ser observado por meio da ilustração disponível no QR CODE, mostrado na Figura 9F a seguir:

Analisando a linha do tempo da parte de baixo da ponte, nota-se que houve o aumento das manifestações de bolor, corrosão metálica, desagregação com perda de massa, eflorescência e manchas de umidade. Esse resultado já era esperado, por não ter tido nenhum tipo de intervenção ou reparos na parte de baixo da ponte, nem na parte estrutural da mesma.





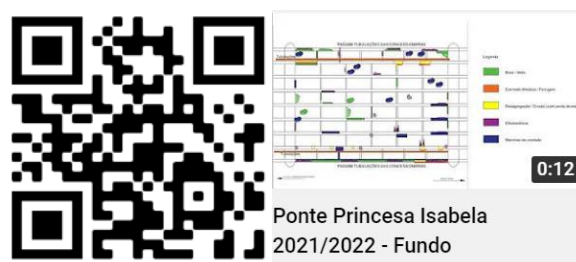
<p>Figura 9A: QR CODE com o acompanhamento das manifestações patológicas da fachada do tramo 01 da ponte Santa Isabel.</p>  <p>Ponte Princesa Isabela 2021/2022 - Tramo 1</p> <p>Fonte: Autores (2022).</p>	<p>Figura 9B: QR CODE com o acompanhamento das manifestações patológicas da fachada do tramo 02 da ponte Santa Isabel.</p>  <p>Ponte Princesa Isabela 2021/2022 - Tramo 2</p> <p>Fonte: Autores (2022).</p>
<p>Figura 9C: QR CODE com o acompanhamento das manifestações patológicas da fachada do tramo 03 da ponte Santa Isabel.</p>  <p>Ponte Princesa Isabela 2021/2022 - Tramo 3</p> <p>Fonte: Autores (2022).</p>	<p>Figura 9D: QR CODE com o acompanhamento das manifestações patológicas da fachada do tramo 04 da ponte Santa Isabel.</p>  <p>Ponte Princesa Isabela 2021/2022 - Tramo 4</p> <p>Fonte: Autores (2022).</p>

Figura 9E: QR CODE com o acompanhamento das manifestações patológicas da fachada do tramo 05 da ponte Santa Isabel.



Fonte: Autores (2022).

Figura 9F: QR CODE com o acompanhamento das manifestações patológicas da parte inferior do tramo 03 da ponte Santa Isabel.



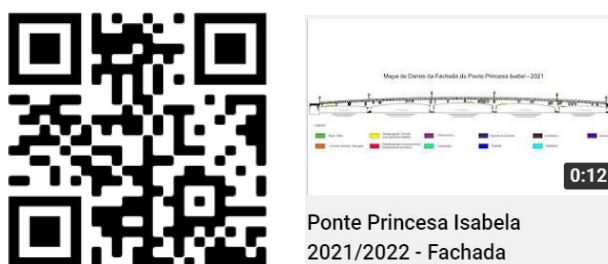
Fonte: Autores (2022).

As Figuras 9A, 9B, 9C, 9D, 9E e 9F apresentam uma linha do tempo de cada parte da ponte que foi estudada, possibilitando uma melhor análise e compreensão de cada trecho, sendo dividido por tramos. Mostrando, portanto, a evolução de cada manifestação patológica ao longo dos dois anos que foram estudados.

4.4.7 Vista da Fachada panorâmica da ponte

Os avanços gerais das manifestações patológicas na fachada da ponte podem ser observados por meio da ilustração disponível no QR CODE, mostrado na Figura 10 a seguir:

Figura 10: QR CODE com os avanços gerais das manifestações patológicas da vista panorâmica da fachada da ponte Santa Isabel.



Fonte: Autores (2022).

A Figura 10 apresenta a linha do tempo da fachada da ponte Santa Isabel, que foi estudada, possibilitando a visualização, de forma geral, do avanço das manifestações patológicas ao longo dos dois anos estudados.

5. Conclusões

Em acordo com o que foi abordado no trabalho, foi possível conhecer as condições de preservação da ponte em estudo, formando um banco de dados, contendo memorial fotográfico, que auxiliou na elaboração dos mapas de danos. Tornando o resultado do trabalho satisfatório e em acordo com o objetivo traçado no início do projeto.

Com os materiais citados anteriormente em mãos, foi possível identificar mais claramente as possíveis causas e mecanismos que levaram à origem das manifestações patológicas existentes tanto na fachada como na parte inferior do tramo 03 da ponte. Identificadas as manifestações patológicas foram elaborados os mapas de danos, tanto das fachadas quanto da parte inferior do tramo 03 (nos anos de 2021 e 2022), formando um memorial fotográfico e um banco de dados de informações sobre a mesma.

Com base em tudo que foi levantado e elaborado, foi realizado um comparativo da situação da ponte no ano de 2021 com o estado atual (em 2022), formando assim uma linha do tempo da evolução das manifestações patológicas, possibilitando analisar a evolução das manifestações.

Durante o processo de estudo foram encontradas algumas adversidades, quando relacionado a bibliografia de levantamento de dados para elaborar mapa de danos em pontes, devido à escassez de literatura abordando o tema. Devido a isso, a maior parte do material tomado como base foram de estudos realizados referente a edifícios ou edificações históricas. Mas, em suma, as dificuldades de encontrar estudos sobre o assunto foi o que motivou a realização desse trabalho, pois as pontes são essenciais para a evolução econômica e social da região onde a mesma esteja incluída, mostrando a importância de estudos relacionados a sua situação, trazendo ao diálogo as condições atuais dessa infraestrutura, apresentando a necessidade dos devidos cuidados, sejam eles preventivos, com manutenção, ou de recuperação.

Portanto, nota-se a importância de um programa de manutenção preventiva e corretiva dessas construções, por parte dos responsáveis pelo seu gerenciamento. Pois a manutenção realizada corretamente é feita a fim de garantir, ou até mesmo, elevar o tempo de vida útil das estruturas e, ainda, assegurar sua devida funcionalidade. Sendo assim, é importante ressaltar que toda estrutura requer a necessidade das manutenções preventivas e corretivas nas estruturas das obras de arte especiais da engenharia, visto que alcançar a vida útil de projeto em boas condições é fundamental para a segurança de quem trafega sobre essas estruturas.

Este trabalho pode auxiliar futuros estudos utilizando Mapa de Danos em pontes, buscando mostrar a importância em dar a devida atenção e cuidados para estas obras de arte especiais, que são tão importantes para a sociedade. Podendo inspirar outros alunos e pesquisadores a mergulhar mais a fundo sobre este assunto, buscando mais soluções para que os mesmos erros sejam cometidos cada vez com menos frequência, trazendo cada vez mais conhecimento e soluções a toda a população, de forma clara e objetiva de maneira que todos possam compreender.

Referências

- ABNT. (2004). NBR 6118/2014: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).
- ABNT. (2013). NBR 7188/2013: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).
- Barreto, L. M. (2019). *Manifestações Patológicas em Fachadas de Edificações Religiosas: Um estudo na Cidade de Recife – PE*. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
- Carvalho, G. B. (2018). *Proposta para representação gráfica de mapas de danos em fachadas modernistas de concreto armado aparente*. xv, 126 f., il. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) —Universidade de Brasília.
- Erdly, J. L. & Schwartz, T. A. (2004). *Building Facade Maintenance, Repair and Inspection*. Pennsylvania.
- Hautequest F. G. C & Achiamé, G. G. (2018). *Diretrizes para representação gráfica de mapa de danos*. 6ª Conferência sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios. POLI/UFRJ – Cidade Universitária.
- ISO. (2008). ISO 13823: General principles on the design of structures for durability. International Organization For Standardization.
- Lima, L. A. A. (2021). *Mapa de danos como ferramenta de análise de manifestações patológicas em fachada de uma edificação vertical na RMR*. Projeto final de curso (Graduação em engenharia civil) – Universidade Católica de Pernambuco, Escola ICAM TECH.
- Mahfuz, E. (2009). Materiais de projeto. *Revista AU- Arquitetura e Urbanismo*. Ed. 184.
- Pereira A. S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [free e-book]. Santa Maria/RS. Ed. UAB/NTE/UFSM.
- Pinheiro, M. R. A. & Silva, E. I. (2018). *Considerações a respeito das principais manifestações patológicas em pontes de concreto armado na cidade de Recife*. 3º Simpósio Paranaense de Patologia das Construções (3º SPCC), artigo 3SPCC1020, pp. 220 – 232. DOI: 10.4322/2526-7248.020
- Santos, A. G. F. S. et al. (2017). *Levantamento das manifestações patológicas de uma ponte de concreto armado junto as suas possíveis técnicas de recuperação*. Conferência nacional de patologia e recuperação de estruturas. Recife-PE.
- Santos, C. A. (2019). *Mapa de danos para edifícios históricos com manifestações patológicas: estudo de caso da catedral Nossa Senhora das Mercês em Porto Nacional (TO)*. *Engineering Sciences*, v.7, n.1, p.1-10. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2019.001.0001>.

Santos, C. G.; Benetti, H. P. & Dias, G. L. (2019). *Técnicas para recuperação de ponte de concreto armado: estudo de caso*. 4º Simpósio Paranaense de Patologia das Construções (4º SPPC), artigo 4SPPC112, pp. 91 – 100. DOI: 10.4322/2526-7248.032.

Souza, M. F. (2008). *Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações*. 64 p. Monografia (Especialização) - Curso de Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais.

Vasconcelos, F. O. (2018). *Análise das manifestações patológicas em pontes de concreto armado: estudo de caso*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). Unidade Delmiro Gouveia - Campus do Sertão, Universidade Federal de Alagoas.

Winkel, R. L. (2019). *Análise das manifestações patológicas em pontes na cidade de Teutônia/RS*. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Taquari - Univates. <http://hdl.handle.net/10737/2760>.