

## **Análise das manifestações patológicas e eficiência de quatro pontilhões de estrutura de concreto armado e metálica localizado no bairro Vila Ildemar, Município de Açailândia, Estado do Maranhão (MA), Brasil**

**Analysis of the pathological manifestations and efficiency of four reinforced concrete and metallic structure bridges located in the Vila Ildemar neighborhood, Municipality of Açailândia, State of Maranhão (MA), Brazil**

**Análisis de las manifestaciones patológicas y de la eficiencia de cuatro puentes de hormigón armado y estructura metálica situados en el barrio de Vila Ildemar, Município de Açailândia, Estado de Maranhão (MA), Brasil**

Recebido: 21/01/2024 | Revisado: 15/03/2024 | Aceitado: 18/03/2024 | Publicado: 20/03/2024

### **Adri Jardel de Oliveira Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7732-6582>  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil  
E-mail: [adrisilva.20190007180@uemasul.edu.br](mailto:adrisilva.20190007180@uemasul.edu.br)

### **Briane de Souza Vilarinho**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5263-9944>  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil  
E-mail: [brianevilarinho.20180040251@uemasul.edu.br](mailto:brianevilarinho.20180040251@uemasul.edu.br)

### **Genilson Oliveira de Souza**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2593-6193>  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil  
E-mail: [genilsonsouza.20190007260@uemasul.edu.br](mailto:genilsonsouza.20190007260@uemasul.edu.br)

### **Ronaldo de Moraes Macedo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5496-5401>  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil  
E-mail: [ronaldomacedo.20190008169@uemasul.edu.br](mailto:ronaldomacedo.20190008169@uemasul.edu.br)

### **Handelom Pereira Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7033-7723>  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil  
E-mail: [handelomsilva.20180040019@uemasul.edu.br](mailto:handelomsilva.20180040019@uemasul.edu.br)

### **Icaro Emanuel Oliveira de Sousa**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2762-2402>  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil  
E-mail: [icarosousa.20190007081@uemasul.edu.br](mailto:icarosousa.20190007081@uemasul.edu.br)

### **Gabriel Cirqueira dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6424-9572>  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil  
E-mail: [gabriel.c.s08@gmail.com](mailto:gabriel.c.s08@gmail.com)

### **Deckson Lacerda de Sousa Costa**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3815-0970>  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil  
E-mail: [deckson.costa@uemasul.edu.br](mailto:deckson.costa@uemasul.edu.br)

## **Resumo**

O presente artigo tem por objetivo fazer uma análise da eficiência e evidenciar possíveis manifestações patológicas aparentes em quatro pontilhões que compreendem estruturas de concreto armado e metálicas, situados no bairro Vila Ildemar no município de Açailândia, Estado do Maranhão (MA), Brasil. A pesquisa faz uma investigação detalhada de possíveis falhas e danos identificados nas estruturas através de um estudo de caso, com uma ênfase especial na identificação e caracterização das manifestações patológicas. Além disso, avaliar a eficiência estrutural dos pontilhões, por meio de análise técnica visual e ensaio ultrassônico, destacando aspectos relacionados a qualidade e a integridade dos pontilhões e seu desempenho em geral, trazendo as condicionantes que possam estar abrangendo os problemas, proporcionando informações valiosas para os gestores públicos e demais interessados na preservação e aprimoramento da infraestrutura viária local. Com base nos resultados obtidos, podemos demonstrar possíveis soluções

e melhorias para mitigar e prevenir problemas futuros, também evidenciar a qualidade do concreto em função da velocidade de propagação da onda ultrassônica, de acordo com os dados obtidas no ensaio.

**Palavras-chave:** Análise; Manifestações patológicas; Eficiência; Desempenho.

### **Abstract**

The aim of this article is to analyze the efficiency and highlight possible pathological manifestations apparent in four bridges comprising reinforced concrete and metal structures, located in the Vila Ildemar neighborhood in the municipality of Açailândia, Maranhão State (MA), Brazil. The research makes a detailed investigation of possible failures and damages identified in the structures through a case study, with a special emphasis on the identification and characterization of pathological manifestations. In addition, it evaluates the structural efficiency of the pontoons, by means of visual technical analysis and ultrasonic testing, highlighting aspects related to the quality and integrity of the pontoons and their performance in general, bringing to light the factors that may be causing the problems, providing valuable information for public managers and others interested in preserving and improving the local road infrastructure. Based on the results obtained, we can demonstrate possible solutions and improvements to mitigate and prevent future problems, as well as showing the quality of the concrete as a function of the speed of propagation of the ultrasonic wave, according to the data obtained in the test.

**Keywords:** Analyze; Pathological manifestations; Efficiency; Performance.

### **Resumen**

El objetivo de este artículo es analizar la eficiencia y destacar las posibles manifestaciones patológicas aparentes en cuatro puentes compuestos por estructuras de hormigón armado y metálicas, situados en el barrio de Vila Ildemar, en el municipio de Açailândia, Estado de Maranhão (MA), Brasil. La investigación lleva a cabo una investigación detallada de los posibles fallos y daños identificados en las estructuras a través de un estudio de casos, con especial énfasis en la identificación y caracterización de las manifestaciones patológicas. Además, evalúa la eficiencia estructural de los pontones mediante análisis técnico visual y pruebas de ultrasonidos, destacando aspectos relacionados con la calidad e integridad de los pontones y su rendimiento en general, sacando a la luz los condicionantes que pueden estar causando los problemas, proporcionando información valiosa para los gestores públicos y otros interesados en preservar y mejorar la infraestructura vial local. A partir de los resultados obtenidos, podemos demostrar posibles soluciones y mejoras para mitigar y prevenir futuros problemas, así como mostrar la calidad del hormigón en función de la velocidad de propagación de la onda ultrasónica, según los datos obtenidos en el ensayo.

**Palabras clave:** Análisis; Manifestaciones patológicas; Eficiencia; Rendimiento.

## **1. Introdução**

A análise de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado e metálico desempenha um papel crucial na garantia da durabilidade e segurança dessas construções. O estudo dessas manifestações permite compreender as possíveis falhas que podem surgir ao longo do tempo, impactando a eficiência estrutural. No contexto específico dos quatro pontilhões localizados no bairro vila Ildemar em Açailândia-MA, tornando-se imperativo investigar e compreender os fatores que contribuem para eventuais problemas patológicos e avaliar a eficiência dessas estruturas.

Diante dessa complexidade, surge o campo de estudo da engenharia, por meio de perícias e inspeções técnicas, com o objetivo específico de analisar e propor soluções apropriadas para essas anomalias. Isso ocorre devido ao caráter estrutural desses elementos, que apresenta um iminente risco de vida para os usuários. De acordo com Morais et al. (2020), os problemas patológicos podem resultar de manutenção inadequada ou ausência dela, originando-se do desconhecimento técnico, incompetência e questões econômicas. Esses problemas geram uma sequência de erros sucessivos, desencadeando novos desafios e riscos. A engenharia é crucial ao apresentar métodos que destacam abordagens viáveis para reformar ou reparar os danos existentes.

Conforme o estudo realizado por Nunes et al. (2022) ressalta a importância crucial da avaliação de irregularidades em elementos de concreto armado. Essa análise desempenha um papel fundamental na identificação e correção de possíveis complicações, sendo essencial para assegurar a integridade e durabilidade da estrutura construída. A detecção precoce dessas anormalidades é um aspecto-chave para prevenir problemas futuros, contribuindo para a sustentabilidade e eficiência da construção.

A pesquisa destaca a relevância de avaliação, proporcionando uma abordagem proativa para lidar com questões estruturais. Garantir a robustez do concreto armado é crucial para evitar falhas prematuras e garantir a segurança a longo prazo das edificações conforme Campos et al. (2021). Além disso, o estudo ressalta a necessidade de implementar práticas de manutenção preventiva, a fim de maximizar a vida útil da construção. A compreensão profunda desses processos avaliativos é essencial para engenheiros e profissionais da construção, visando aprimorar continuamente as práticas de inspeção e manutenção. Nesse contexto, a pesquisa destaca a importância de estratégias abrangentes de monitoramento estrutural para mitigar riscos potenciais. O conhecimento detalhado das condições do concreto armado permite intervenções precisas, promovendo a eficácia na resolução de problemas estruturais.

Além disso, os estudos segundo Pavi et al. (2014) ressaltam a necessidade de implementação de práticas de manutenção preventiva, a fim de maximizar a vida útil da construção. A compreensão profunda desses processos avaliativos é essencial para engenheiros e profissionais da construção, visando aprimorar continuamente as práticas de inspeção e manutenção. Nesse contexto, a pesquisa destaca a importância de estratégias de monitoramento estrutural para mitigar riscos potenciais. O conhecimento detalhado das condições do concreto armado permite intervenções precisas, promovendo a eficácia na resolução de problemas estruturais.

Todavia, os estudos de Cardoso (2022), destacam a importância de considerar tanto aspectos estruturais quanto ambientais na avaliação de pontilhões, especialmente em regiões com condições climáticas específicas, como é o caso de Açailândia-MA, ressaltando a eficiência estrutural dos pontilhões de concreto armado e metálico, tema central desta análise, evidenciando a necessidade de avaliar a capacidade de carga, a sua resistência e a durabilidade dessas estruturas para garantir seu desempenho ao longo do tempo.

Ao compreender as manifestações patológicas e avaliar a eficiência dos quatro pontilhões em questão, este estudo visa contribuir para a manutenção e segurança das estruturas, fornecendo informações valiosas para futuras intervenções e projetos, como descrito por Neto et al. (2023) em seu trabalho sobre avaliação da segurança de pontes. O propósito deste artigo é, mediante a abordagem de um estudo de caso, examinar as principais manifestações patológicas observadas em estruturas de concreto armado e metálico. Adicionalmente, busca-se sugerir soluções concretas para os desafios identificados, as quais são delineadas pelos autores das obras relacionadas aos estudos de caso em análise.

Da mesma forma como foi realizado o trabalho de Mendes et al. (2023), o presente artigo visa proporcionar uma compreensão aprofundada das incidências patológicas em questão, enquanto se propõe a apresentar respostas e eficazes para mitigar tais problemas, contribuindo assim para o avanço do conhecimento na área. A investigação foca não apenas na identificação dos problemas, mas também na oferta de abordagens viáveis e implementáveis que possam ser aplicadas no contexto das estruturas. Ao considerar os casos analisados, os autores exploram de maneira abrangente as soluções apresentadas, buscando agregar informações valiosas para a resolução efetiva de questões patológicas em construções de pontes de concreto armado e metálicas.

## 2. Metodologia

O estudo de caso é um método de pesquisa que faz uso, geralmente, de dados qualitativos, adquiridos com base em eventos reais, objetivando explicar, explorar ou descrever fenômenos atuais presentes em um determinado contexto. Sua principal característica está em ser um estudo detalhado e exaustivo de poucos, ou até de um único objeto, possibilitando conhecimentos profundos (Eisenhardt, 1989; Yin, 2009).

Dessa forma, o presente trabalho, toma como metodologia principal o estudo de caso, referente a análise técnica de quatro pontes na categoria de pontilhões devido suas dimensões, sendo duas delas de material metálico e duas de concreto, localizadas em diferentes pontos do bairro Vila Ildemar na cidade de Açailândia-MA, fazendo uso da investigação visual,

através de visitas técnicas e registros fotográficos das manifestações patológicas presentes nessas estruturas. A escolha dessas estruturas como objeto de estudo se deu devido sua importância para a locomoção dos moradores locais, além desses pontilhões também serem localizados em pontos importantes do bairro. Além do método citado, para maior credibilidade do presente artigo, será usado referenciais bibliográficos que validam essa pesquisa.

Para alcançar uma avaliação abrangente, o estudo emprega métodos técnicos visuais e ensaios ultrassônicos. A análise visual busca examinar a qualidade e integridade estrutural dos pontilhões, enquanto os ensaios ultrassônicos são empregados para detectar possíveis anomalias internas que possam não serem vistas a olho nu, e mensurar a qualidade do concreto de acordo com a velocidade de propagação da onda ultrassônica. Este enfoque metodológico visa proporcionar uma compreensão mais profunda dos desafios que estão sujeitos as estruturas, como corrosão, fissuração, degradação do concreto e outros fatores que possam influenciar negativamente a eficiência das estruturas.

## 2.1 Pontilhões Metálicos

Após a Revolução Industrial, foi possível observar o surgimento de pontes com novas técnicas de construções devido a utilização do ferro fundido e forjado, tornando-se uma das maiores estruturas da atualidade feitas pela construção civil. (Penner et al., 2018).

No entanto, o uso do aço não é de uso exclusivo de grandes estruturas, ele também se faz presente em construções menos robustas, como é o caso de dois dos pontilhões aqui analisados. Onde as NBR 8800/08 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios e NBR 7188/13 - Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas, se fazem necessárias para garantir a segurança e estabilidade da estrutura dessas construções.

Os dois pontilhões metálicos já mencionados, estão localizados em dois pontos distintos do bairro citado, onde na Figura 1 é possível fazer algumas constatações acerca da qualidade da estrutura e das patologias presentes.

**Figura 1** – Dimensões do primeiro pontilhão metálico analisado no bairro Vila Ildemar, Açailândia-MA.



Fonte: Autores (2024).

O pontilhão metálico apresentado na Figura 1, possui dimensões que permite observar um vão livre de 3,5 m, sendo inferior a 6 m, portanto, de pequeno porte e classificada como pontilhão. É notável ainda algumas características presentes no pontilhão, como, a presença da área de passeio feito em concreto e guarda-corpo metálico para pedestres, a pista de rolamento é toda feita em trilhos metálicos instalados no sentido horizontal em relação ao sentido da rua, os trilhos utilizados são unidos por chapas de aço que permitem maior estabilidade durante o tráfego dos veículos, porém, a estrutura apresenta algumas



manifestações patológicas que serão expostas nas imagens a seguir, assim como, a presença de lixo descartado de modo inadequado.

De acordo com Sacchi (2016), o mau uso dos materiais industrializados nas construções de estruturas metálicas, bem como a falta de conhecimentos técnicos acerca de uma execução correta, prevenção de manifestações patológicas e os diversos modos e ensaios existentes para examinar uma estrutura metálica, são um problema para a qualidade e segurança da estrutura.

**Figura 2** – Manifestações patológicas e lixo presentes no primeiro pontilhão metálico.



Fonte: Autores (2024).

As imagens da Figura 2, ilustram a deterioração de diversas partes da ponte, evidenciando manifestações patológicas como fissuras na seção de concreto conectada aos trilhos metálicos. Um fenômeno crítico presente é a carbonatação, processo que propicia o surgimento das fissuras. A carbonatação ocorre devido à exposição direta da estrutura à água (H<sub>2</sub>O), proveniente de chuvas, e aos gases atmosféricos, notadamente o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Este contato desencadeia a formação de ferrugem e a corrosão de elementos estruturais, o que, a longo prazo, pode comprometer a capacidade de resistência do pontilhão.

Após análises visuais detalhadas, não se observou qualquer sinal evidente de manutenções preventivas nos componentes de aço. Além disso, constatou-se a presença de detritos como lixo, lodo e areia, causando uma obstrução leve no canal de passagem da água, abaixo do pontilhão.

**Figura 3** – Dimensões do segundo pontilhão metálico analisado no bairro Vila Ildemar, Açailândia-MA.



Fonte: Autores (2024).

O segundo pontilhão metálico representado na Figura 3, apresenta dimensões que proporcionam um vão livre de 6 metros, caracterizando-o como de pequeno porte e classificado como pontilhão. Ao analisar suas características, destaca-se a ausência de área de passeio e guarda-corpo para pedestres. Segundo informações de residentes locais, esses elementos eram originalmente construídos em madeira em ambos os lados do pontilhão. Contudo, ao longo do tempo e exposição direta à água da chuva, a estrutura de madeira deteriorou-se completamente, não deixando vestígios para análise.

A pista de rolamento é composta por trilhos metálicos dispostos verticalmente em relação à direção da rua. Conforme relatado pelos moradores locais, essa configuração já resultou em acidentes devido à orientação e espaçamento irregular dos trilhos. Durante a passagem de ciclistas, os pneus das bicicletas foram retidos pelos trilhos, ocasionando quedas. Além das mencionadas observações, serão apresentadas algumas nas imagens a seguir.

**Figura 4** – Manifestações patológicas e presença de vegetação no segundo pontilhão metálico.



Fonte: Autores (2024).

Na Figura 4, é demonstrado a análise visual através dos registros fotográficos, sendo visível a ausência de manutenção do pontilhão, a presença de vegetação em seu entorno, a área de passeio inutilizável pela inexistência de piso para caminhar e ausência de guarda corpo, também é notória a discrepância da distância entre os trilhos, oxidação em partes do pontilhão e irregularidades entre a junção dos trilhos e a via de acesso, o que causa acúmulo de água e desconforto dos usuários da via. Para Rodrigues et al. (2023), os defeitos executivos de uma estrutura podem aparecer em várias etapas construtivas de uma edificação e, com o tempo, podem piorar e até provocar o colapso da mesma.

Em ambas as estruturas mencionadas, ocorre uma significativa acumulação de água durante os períodos chuvosos. Nesses momentos, a água, que deveria ser escoada sob as estruturas, ultrapassa seu limite máximo, resultando na inundação das pistas de rolamento. Esse transbordamento chega a afetar as vias de acesso, propiciando a inundação da área circundante e potencialmente invadindo as residências dos moradores locais. Vale ressaltar que, embora os dois pontilhões apresentem alturas e vãos livres distintos, ambos enfrentam os mesmos desafios relacionados a esse problema.

## 2.2 Primeiro Pontilhão de Concreto Armado

O pontilhão examinado é feito em concreto armado, teve sua construção recente. E na sua inspeção visual, não foram observadas manifestações patológicas evidentes. No entanto, em termos de segurança e mobilidade, foram identificadas deficiências notáveis. As dimensões do pontilhão abrangem uma largura total de 5,99 metros, com uma defesa de 0,22 metros



e uma altura de 0,35 metros. A distância entre as lajes é de 1,85 metros, proporcionando uma altura livre de 2,73 metros. Esses detalhes são ilustrados na Figura 5.

**Figura 5 - Pontilhão em concreto armado.**



Fonte: Autores (2024).

O pontilhão analisado revelou diversas falhas na sua execução. A falta de passarelas obriga os pedestres a dividirem espaço com os veículos, o que torna a travessia perigosa. Além disso, a ausência de guarda-corpo compromete a segurança, elevando o risco de quedas no córrego. A presença de detritos sob o pontilhão e o lançamento de esgoto observado na Figura 6, tem potencial de acarretar anomalias estruturais futuramente, devido ao acúmulo e às chuvas intensas, estes fatores, por sua vez, podem levar a enchentes e recalques no solo. A presença de esgoto próximo ao pontilhão representa ameaças ambientais e estruturais, a falta de infraestrutura adequada pode desencadear impactos adversos na comunidade.

**Figura 6 – Falta de segurança e lixo em baixo do pontilhão.**



Fonte: Autores (2024).

A correção dessas deficiências é crucial para garantir a segurança dos usuários e a durabilidade do pontilhão, evitando danos materiais e ambientais a longo prazo. Medidas preventivas devem ser implementadas para mitigar os riscos associados às condições atuais do pontilhão. A atenção a esses aspectos é essencial para evitar acidentes, preservar a integridade estrutural e minimizar impactos negativos na comunidade e no meio ambiente.



### 2.3 Segundo Pontilhão de Concreto Armado

No segundo pontilhão de concreto armado como apresentado na Figura 7, é visível a presença de estruturas de segurança como o guarda corpo, em contrapartida notou-se a ausência de passarela que representa um desafio significativo para a segurança dos pedestres que necessitam transitar pela região, percebe-se também a presença de moradias em áreas irregulares às margens do córrego. Essa situação, está em desacordo com as normas estabelecidas pela Lei n. 6.766/1979, que proíbe a ocupação a menos de 15 metros do curso de água, destacando a urgência de intervenções tanto para garantir o cumprimento das regulamentações urbanas, quanto para assegurar a integridade e a mobilidade segura da comunidade local.

**Figura 7** – Pontilhão em uso e a presença de residência na beira do córrego.



Fonte: Autores (2024).

A estrutura do pontilhão de concreto, possui dimensões de 6,03 m de largura de ponta a ponta, 0,22 m de largura de defesa, 0,40 m de altura, 1,03 m de guarda corpo e uma altura livre do solo até a estrutura de 2,63 m, revela não apenas características físicas, mas também preocupações estruturais significativas. Além dos mencionados parâmetros dimensionais, a análise detalhada revela deficiências críticas na rede de drenagem, manifestadas por um mal dimensionamento que compromete a eficácia do sistema. O problema acentua-se com a inadequada execução da rede de esgoto, muitas vezes resultando no lançamento inadequado nas paredes de contenção, elevando o risco de saturação do solo, como observa-se na Figura 8.

**Figura 8** – Dimensões do segundo pontilhão de concreto armado.



Fonte: Autores (2024).



A situação é agravada pela presença visível de resíduos na área circundante percebidos na Figura 8, apresentando um cenário que pode obstruir o fluxo natural da água, contribuindo para potenciais episódios de alagamento. Esses fatores cumulativos não apenas comprometem a integridade estrutural do pontilhão, mas também levantam sérias preocupações sobre a segurança futura da infraestrutura, sugerindo a possibilidade iminente de colapso. A atenção imediata a esses problemas é essencial para mitigar riscos e garantir a sustentabilidade a longo prazo dessa importante estrutura viária.

### 3. Resultados e Discussão

Para obter os resultados sobre as manifestações patológicas e a eficiência dos pontilhões nas estruturas metálicas e de concreto armado, foi realizada uma análise técnica visual e um ensaio ultrassônico. A análise visual, teve como objetivo examinar e identificar os problemas decorrentes na estrutura, enquanto o ensaio ultrassônico foi empregado com a finalidade de mitigar possíveis anomalias internas no concreto que não podem ser vistas visualmente, a fim de avaliar a qualidade e a integridade do mesmo com base nos dados da velocidade de propagação da onda ultrassônica obtidas no processo de ensaio.

O estudo realizado nos pontilhões metálicos, revelou uma situação preocupante relacionada ao acúmulo de lixo e à falta de guarda-corpo. A negligência na manutenção por parte do poder público, contribui diretamente para o agravamento desses problemas, representando sérios riscos à segurança dos pedestres. A ausência de guarda-corpo emergiu como uma vulnerabilidade significativa, destacando a necessidade urgente de medidas preventivas para garantir a integridade e a proteção dos usuários.

A minuciosa análise da corrosão na estrutura dos pontilhões metálicos revelou áreas críticas suscetíveis a danos estruturais, contudo a exposição prolongada a condições ambientais adversas agravou significativamente o processo corrosivo, destacando a necessidade urgente de restauração para preservar a durabilidade dessas estruturas e mitigar esses problemas. A identificação precisa dos pontos de fragilidade possibilitará a implementação de estratégias de manutenção mais focalizadas, contribuindo de maneira significativa para a sustentabilidade e longevidade dessas estruturas.

Os resultados mostraram as irregularidades nos espaçamentos dos trilhos que compõem a estrutura metálica, e desnivelamentos presentes entre a conexão da estrutura com a via. A identificação desses problemas estruturais destaca a importância de revisões nas práticas de construção e manutenção. Discussões específicas foram elaboradas para abordar essas questões, visando não apenas a segurança imediata, mas também a promoção de padrões mais elevados na infraestrutura viária urbana. Essas descobertas fundamentais fornecem subsídios cruciais para a implementação de melhorias estruturais e planos de manutenção preventiva, garantindo a vitalidade e segurança contínua das pontes metálicas nas áreas urbanas.

Desta forma, soluções são necessárias para propor maior segurança dos pedestres e motoristas, como a limpeza na parte inferior e superior das estruturas, como foi mostrado nas imagens, também, é importante a conscientização dos moradores em relação ao despejo de lixo, e a falta de fiscalização e manutenção faz com que os pontilhões fiquem obstruídos por resíduos domésticos e pela vegetação.

Já os pontilhões de estrutura de concreto armado, foi realizado um ensaio para se medir a velocidade de propagação de onda ultrassônica, com a finalidade de se avaliar a qualidade e a integridade do concreto, sendo o mesmo efetuado diretamente na estrutura. Utilizou-se o método de ensaio por Transmissão Indireta, indicado para situações onde se tem acesso apenas por uma face do corpo de prova ou elemento, seguindo os critérios estabelecidos pela norma ABNT NBR 8802: 2019 – Concreto endurecido: Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica.

O equipamento utilizado para o ensaio ultrassônico foi da Marca Pundit Lab, com número de série S/N PL02-006-0484, versão do hardware B0 / PL81-006-0484 e versão do firmware V2.4.0. Antes da realização de cada ensaio, o equipamento foi devidamente zerado utilizando o bloco de calibração. Neste processo os transdutores foram alinhados paralelamente ao bloco de calibração até que o valor indicado no dispositivo correspondesse ao valor de calibração desejado de

25.4  $\mu$ s, o qual está indicado no bloco de calibração, como apresentado na Figura 9, todo o procedimento realizado foi de acordo com as instruções do fabricante.

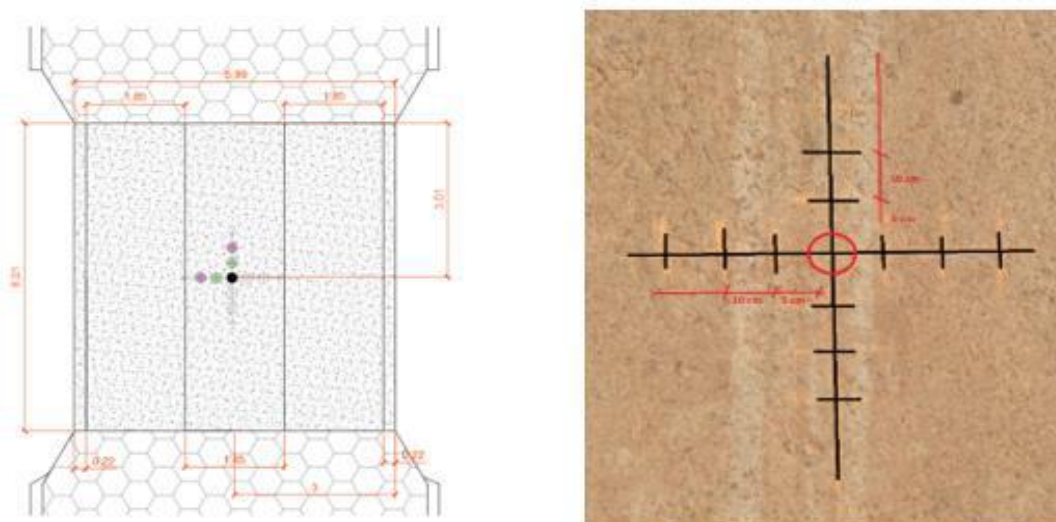
**Figura 9** – Equipamento Ultrassônico e o processo de calibração dos transdutores.



Fonte: Autores (2024).

O elemento a ser ensaiado, conforme estabelecido pela NBR 8802: 2019, deveriam ter superfície planas lisas e limpas. Com isso, foi determinado os pontos a serem ensaiados na estrutura dos pontilhões atendendo essas recomendações. Foi definido o centro da estrutura para ser feitos os ensaios conforme demonstrados na Figura 10. Para se efetuar as medições, foram criadas demarcações na face da estrutura, com espaçamento de 5 cm entre os pontos, conforme ilustrado na figura.

**Figura 10** – Localização e demarcações dos pontos ensaiados.



Fonte: Autores (2024).

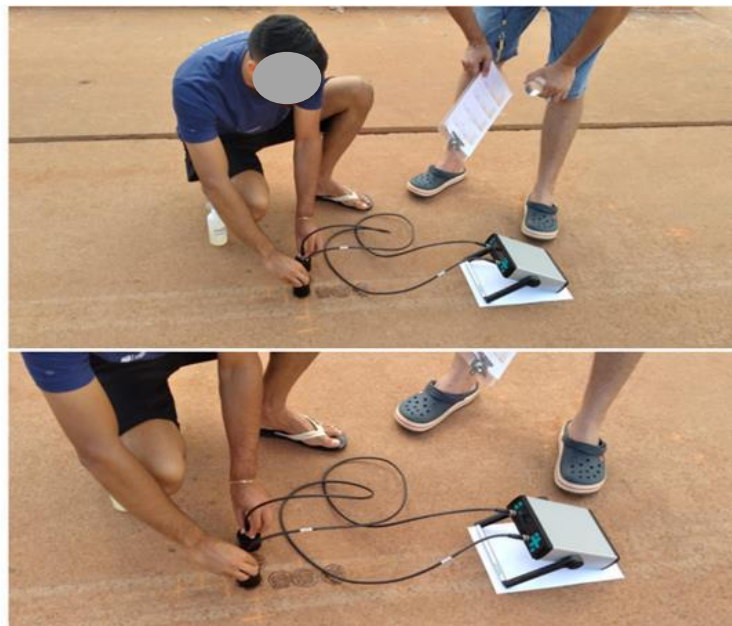
Conforme apresentado na Figura 10, o ponto central foi definido para o posicionamento do Transistor Emissor do equipamento ultrassônico, enquanto o Transistor Receptor era posicionado nos pontos em torno do mesmo, para realização do



ensaio nas distâncias de 5 cm e 10 cm. Esse mesmo procedimento foi replicado nos dois pontilhões de concreto armado, pelo fato de possuírem características semelhantes.

Com os pontos definidos percorreu os ensaios nos dois pontilhões de concreto armado seguindo os procedimentos especificados na NBR 8802: 2019, como mostra a Figura 11. A partir deste processo, foi possível obter os parâmetros do concreto de acordo com a velocidade de propagação da onda. Os dados sobre as velocidades de propagação de uma onda ultrassônica, podem ser entendidos como métricas da qualidade do concreto. Alguns especialistas propõem classificações para determinar a qualidade do concreto com base na velocidade de propagação da onda. (Lorenzi et al, 2016).

**Figura 11** – Execução do ensaio de velocidade de propagação da onda.



Fonte: Autores (2024).

O Quadro 1 abaixo mostra os resultados obtidos durante o ensaio referente ao primeiro pontilhão, enquanto o Quadro 2 evidencia os resultados do ensaio referentes ao segundo pontilhão em concreto armado, os mesmos trazem os valores referentes a velocidade de propagação da onda em metros por segundo (m/s) quanto micro por segundo ( $\mu$ s), valores estes apresentados diretamente no aparelho no decorrer dos ensaios.

**Quadro 1** – Dados do ensaio referente ao primeiro pontilhão em concreto armado.

Distância (cm)	Velocidade da onda em m/s		Velocidade da onda em $\mu$ s	
	Ensaio		Ensaio	
	1°	2°	1°	2°
			Transdutor Emissor/Receptor	Transdutor Emissor/Receptor
5 cm	3.731	10.000	32 / 45,4	43,6 / 45,9
10 cm	4.167	10.000	33,8 / 36,2	61,5 / 67,4

Fonte: Autores (2024).

**Quadro 2** – Dados do ensaio referente ao segundo pontilhão em concreto armado.

Distância (cm)	Velocidade da onda em m/s		Velocidade da onda em $\mu$ s	
	Ensaio		Ensaio	
	1°	2°	1°	2°
			Transdutor Emissor/Receptor	Transdutor Emissor/Receptor
5 cm	7.937	7.937	22 / 28,3	37,1 / 43,4
10 cm	10.000	10.000	41,3 / 48,6	62,1 / 68,6

Fonte: Autores (2024).

Os resultados das velocidades alcançados por meio de testes com ultrassom são fundamentais para avaliar a qualidade do concreto (Guimarães Nascimento *et al.*, 2019). O Quadro 3 traz os índices estimativos da qualidade do concreto em função da velocidade de propagação da onda ultrassônica, medições que são categorizadas com base nos critérios estabelecidos pela International Atomic Agency em 2002, (Lorenzi *et al.*, 2016).

**Quadro 3** – Índices estimativos da qualidade do concreto em função da velocidade de propagação da onda ultrassônica.

Velocidade de propagação linear [m/s]	> 4500	3500 a 4500	3000 a 3500	2000 a 3000	< 2000
Qualidade do concreto	excelente	ótimo / bom	bom	regular	ruim

Fonte: Lorenzi et al (2016).

Esse quadro, proporciona uma classificação padrão e confiável para interpretar e comparar com os resultados obtidos no ensaio, ele permite que façamos uma avaliação precisa sobre a integridade, qualidade e desempenho do concreto. E com base nos resultados dos ensaios apresentados nos Quadros 1 e 2, é possível estabelecer uma relação direta entre os valores do pulso ultrassônico e a qualidade do concreto, conforme evidenciado no Quadro 3.

No ensaio conduzido no primeiro pontilhão, o teste foi realizado no primeiro ponto de verificação a uma distância de 5 cm, registramos uma velocidade de propagação da onda de 3.731 m/s em um local, e 10.000 m/s em outro ponto específico. Ao ampliar a distância para 10 cm, os valores foram de 4.167 m/s no primeiro ponto, e 10.000 m/s no segundo. Com esses dados, é possível avaliar a qualidade do concreto, onde a maioria dos resultados sugere uma classificação que varia de ótima/bom a excelente.

No teste efetuado no segundo pontilhão, nas aferições a uma distância de 5 cm, registramos uma velocidade de 7.937 m/s em ambos os pontos analisados. Já em distâncias de 10 cm, observamos 10.000 m/s também em ambos os pontos. Todos os valores indicam uma velocidade de propagação da onda superior a 4.500 m/s, ao consultar o Quadro 3, podemos concluir que a qualidade do concreto no segundo pontilhão em concreto armado é de fato excelente.

#### 4. Conclusão

Conclui-se que depois de toda a pesquisa de campo realizada no bairro Vila Ildemar de Açailândia – MA sobre os quatro pontilhões, sendo dois de estrutura metálica e os outros dois de estrutura de concreto armado, que os pontilhões necessitam de reparos, manutenções e limpeza como foi demonstrado no artigo, e sofrem bastantes impactos em tempos chuvosos ocasionando alagamentos, os pontilhões que estão em situação mais desfavorável para a população são os metálicos,



que se encontram em condições de risco para a população, por serem escorregadios e outro problema é que apenas uma das estruturas de aço possui guarda-corpo, além de conter lixo acumulado na parte inferior juntamente com o esgoto que vem das residências.

Portanto, os pontilhões de concreto armado se encontram no seu estado de utilização em excelente qualidade, sabe-se disso por conta dos ensaios de ultrassom realizado para ver o estado do concreto que se encontra através do parâmetro regido por normas, com isso obtivemos ótimos resultados nos ensaios aplicados nos pontilhões, porém essas estruturas feitas de concreto armado também sofrem igualmente as de metálica com a falta de limpeza, manutenção e reparos. Entretanto, apenas um dentre desses dois pontilhões de concreto possuem o guarda-corpo, sem essa proteção a estrutura fica suscetível a causar acidentes.

Destaca-se nesse trabalho problemas patológicos estruturais e de saneamento básico que infelizmente é bastante comum não só na cidade de Açailândia-MA, mas também em todo o Brasil, esse artigo servirá como base de estudos para futuras pesquisas, de como solucionar o cálculo de dimensionamento do canal na parte inferior das estruturas em virtude dos alagamentos, pois os quatro pontilhões possuem diferentes dimensões, porém todas sofrem consequências de enchentes quando chove, outra ideia de estudo é avaliar qual material usar na passarela do pontilhão metálico, visto que anteriormente era utilizado madeira mas com a chuva foi se deteriorando, e procurar solução de manutenção para os pontilhões metálicos, afim de evitar a sua corrosão, pois em alguns pontos da estrutura existe a necessidade de ser soldado.

Diante dos desafios identificados nos pontilhões, evidenciados pela pesquisa de campo, é imperativo que futuras investigações se concentrem em propostas concretas para a restauração e aprimoramento dessas infraestruturas. Sugere-se a realização de estudos mais aprofundados sobre métodos inovadores de manutenção, considerando a diversidade estrutural entre os pontilhões metálicos e concreto armado. Além disso, seria valioso explorar soluções eficazes para minimizar os impactos causados por chuvas intensas, visando prevenir alagamentos recorrentes. Em suma, futuras pesquisas devem se direcionar para propostas práticas e abrangentes, buscando não apenas corrigir as deficiências identificadas, mas também promover sustentabilidade e a segurança dessas estruturas vitais para a comunidade local.

## Referências

- ABNT. ABNT NBR 8802:2019: *concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2019. 11 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2008). ABNT NBR 8800: *Projetos de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios*.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2013). ABNT NBR 7188: *Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas*.
- Branski, R. M., Franco, R. A. C., & Lima Junior, O. F. (2010). *Metodologia de estudo de casos aplicada à logística*. In XXIV ANPET Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte (pp. 2023-10).
- Campos, C., de Carvalho, E., de Oliveira, M., de Oliveira, M., & Souza, R. (2021). *Estudo sobre patologias em pontes Study on bridge pathologies*. *Brazilian Journal of Development*, 7(12), <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n12-713>.
- Cardoso, M. (2022). *Metodologia de avaliação da segurança estrutural de pontes de concreto armado* (Publication No. 337) [Doctoral dissertation, Universidade Federal de Viçosa]. <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.769>.
- de Moraes, J., da Silva, M., Barboza, E., da Silva, E., & de Oliveira, B. B. (2020). *Análise de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado: uma revisão*. *Research, Society and Development*, 9(7), 1-32. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4964>.
- de Oliveira Rodrigues, S., de Moraes, V. C., Oliveira, M. R. S., Carvalho, V. B., de Lima, J. C., Sousa, P. M. L. G., & Staiger, R. P. (2023). *Identificação e avaliação das manifestações patológicas presentes em passarela metálica na cidade de Açailândia-MA*. *Brazilian Applied Science Review*, 7(1), 135-148.
- Eisenhardt, K. M. (1989). *Building theories from case study research*. *Academy of management review*, 14(4), 532-550.
- Farenzena, C. (2020). *Parcelamento de solo urbano [Jusbrasil]*. Retrieved from. <https://www.jusbrasil.com.br/artigos/qual-a-distancia-minima-para-construcao/732503347>.

- Gottschalck, L., & Veiga Junior, J. C. V. (2021). *Primazia do código florestal brasileiro sobre a lei do parcelamento do solo urbano devido ao princípio da vedação do retrocesso*. *Academia de Direito*, 3, 1121–1140. <https://doi.org/10.24302/acaddir.v3.3158>
- Guimarães Nascimento, T. E. et al. (2019). *Análise qualitativa e quantitativa de concreto estrutural através da velocidade do pulso ultrassônico*. *ABM Week*, p.11. <https://abmproceedings.com.br/en/article/download-pdf/anlise-qualitativa-e-quantitativa-de-concreto-estrutural-atravs-da-velocidade-do-pulso-ultrassnico>.
- Lorenzi, A. et al. (2016). *Análise de manifestações patológicas em estruturas de concreto através da aplicação de ensaios não destrutivos*. *ConaEnd&lev*, p. 13. [https://www.researchgate.net/publication/318981328\\_ANALISE\\_DE\\_MANIFESTACOES\\_PATOLOGICAS\\_EM ESTRUTURAS\\_DE\\_CONCRETO\\_A TRAVES\\_DA\\_APLICACAO\\_DE\\_ENSAIOS\\_NAO\\_DESTRUTIVOS](https://www.researchgate.net/publication/318981328_ANALISE_DE_MANIFESTACOES_PATOLOGICAS_EM ESTRUTURAS_DE_CONCRETO_A TRAVES_DA_APLICACAO_DE_ENSAIOS_NAO_DESTRUTIVOS).
- Mendes, L., da Silva, G., Bezerra, M., & do Nascimento Brito, D. (2023). *Estudo comparativo entre escoramento metálico e de madeira na construção civil, uma revisão de literatura*. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 9(6), 3158-3178. <https://doi.org/10.51891/rease.v9i6.10568>.
- Neto, J., Oliveira, R., Santos, E., Frota, M., & Salmão, P. (2023). *Patologias em estruturas metálicas*. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, 10(1). Recuperado de <https://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/1331>.
- Nunes, J. C., Damasceno, K., de Amaral, L., & Pires, R. (2022). *Principais métodos de ensaios não destrutivos para análise de pontes de concreto armado em ambientes marinhos*. *Epitaya E-books*, 1(6), 226-242.
- Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods* (Vol. 5). sage.
- Pavi, S., Bordin, F., & Veronéz, M. (2014). *O potencial do uso do laser scanner terrestre para a identificação de manifestações patológicas em obras de arte especiais: uma revisão bibliográfica*. In *X Congreso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras-CINPAR, Santiago de Chile, Anais... Santiago de Chile* (pp. 1-15).
- Penner, E., Michalszszyn, C., & Sieiro, J. C. (2018). *Análise do comportamento dinâmico de pontes relacionado à evolução histórica das estruturas*. *RETEC-Revista de Tecnologias*, 11(1).
- Sacchi, C. C. (2016). *Avaliação de desempenho estrutural e manifestações patológicas em estruturas metálicas*.