

## **MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM OAE'S:**

### **Estudo de Caso Ponte Sobre o Rio Real**

Esdras Emerson Pascoal Ferreira<sup>1</sup>

Orlando Sodré Gomes<sup>2</sup>

#### **Resumo**

O concreto armado é um material extremamente difundido no Brasil e no mundo pelo qual muitas estruturas são concebidas devido sua boa trabalhabilidade, resistência e durabilidade que estima-se tempo mínimo de 50 anos, segundo a NBR 6118:2014. Entretanto, a ação de agentes agressivos que existem no meio ambiente, erros de projeto, de execução, ausência de manutenção preventiva e corretiva acabam reduzindo significativamente a vida útil das estruturas feitas com este material, comprometendo os parâmetros de desempenho estrutural, funcional e de durabilidade, o que resulta no colapso parcial ou total da Obra de Arte Especial. O presente trabalho aborda as manifestações patológicas, os ensaios que auxiliam na identificação dos problemas e seus possíveis diagnósticos. Este artigo também apresenta um estudo de caso da Ponte sobre o Rio Real, na rodovia BA-099, em Jandaíra, Bahia.

**Palavras-Chave:** Manifestação Patológica. Concreto Armado. Ponte.

## **PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN OAE'S:**

### **A Case Study Bridge Over Rio Real**

#### **Abstract**

The reinforced concrete is an extremely widespread material in Brazil and in the world. Many structures are designed using this material, which has good workability, strength and durability. The estimate is that this material has a minimum expected durability of 50 years, according to NBR 6118:2014, but the action of aggressive agents that exist in the environment, design and execution errors, lack of preventive and corrective maintenance end up reducing significantly the useful life of structures made with this material, compromising the parameters of structural, functional and durability performance and resulting in the partial or total collapse of the Special Work of Art. The present work aims to present the pathological manifestations, the tests that help in the identification of the problems and their possible diagnoses. This

---

<sup>1</sup>Pós-graduado em Engenharia Estrutural pelo UGB/FERP.

<sup>2</sup>Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense.

article also presents a case study of the Bridge over the Rio Real, on the BA-099 highway, in Jandaíra, Bahia.

**Keywords:** Pathological Manifestation. Reinforced concrete. Bridge.

## **Introdução**

As Obras de Artes Especiais, denominadas OAEs são estruturas classificadas como ponte, pontilhão, viaduto ou passarela que tem por finalidade a transposição de um obstáculo seja ele um canal aquífero, rio ou mar, ou uma rodovia, ferrovia. Também pode ser para uso exclusivo de pedestres. NBR 9452:2019. Uma ponte, viaduto, passagem superior ou inferior pode ser definido como sendo uma estrutura que foi concebida sobre uma depressão ou obstrução, como água, rodovia ou ferrovia que sustenta uma pista que serve para a passagem de veículos e outras cargas móveis, tendo um vão livre com mais de seis metros. DNIT- 010 (2004)

Essas estruturas podem ser concebidas por vários tipos de materiais como: aço, concreto, madeira. Cada material tem suas características e por sua vez tem sua durabilidade, que varia com a classe de agressividade e os agentes agressivos existentes no meio.

As manifestações patológicas atuam na descaracterização de um elemento ou sistema integrante da estrutura em relação a sua concepção original. Esse tipo de manifestação pode levar ao colapso da estrutura quando se tratar de elementos principais. A engenharia diagnóstica visa trazer soluções para a manutenção, prevenção, conservação e aumento da durabilidade de cada material e a obtenção dos dados necessários para a formulação de um diagnóstico e prognóstico da estrutura para o reestabelecimento os parâmetros de segurança estrutural e de durabilidade da estrutura.

O trabalho visa apresentar como objetivo principal apresentar os principais agentes agressivos do concreto armado, os ensaios para a identificação das anomalias e um estudo de caso real onde são apresentadas algumas manifestações patológicas numa ponte localizada na Bahia.

## **Patologias em pontes de concreto armado**

As estruturas em concreto armado estão sujeitas à ação de várias patologias da construção em função do ambiente, processo de execução e ausência de programas preventivos de manutenção que garantem a o desempenho e vida útil da estrutura evitando a deterioração precoce. Esses agentes patológicos podem surgir através de ataques químicos, físicos e biológicos como será visto a seguir:

### *Ação de agentes químicos no concreto armado*

#### Carbonatação

A carbonatação é defina com a ação do anidrido carbônico (CO<sub>2</sub>) presente na atmosfera que é transportado para dentro dos poros do concreto que reage com o hidróxido de cálcio que existe na água do concreto, gerando o carbonato de cálcio que leva a redução do pH do concreto, ficando inferior a 9. Souza e Ripper (1998). A redução do pH do concreto propicia a entrada de agentes agressivos que atacam o aço, gerando a corrosão da armadura e posteriormente a desagregação do concreto.

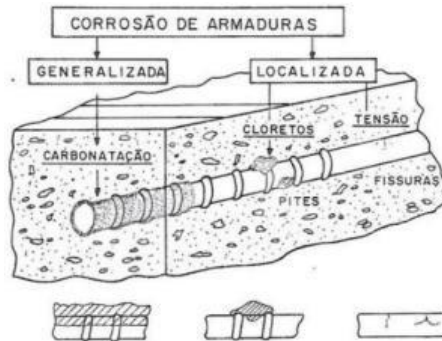
#### Corrosão

Segundo, Souza e Ripper (1998) a corrosão ocorre quando há a deterioração da película passivante existente ao redor de toda a superfície exterior das barras. Essa película é formada como resultado do impedimento da dissolução do ferro, devido a alcalinidade da solução aquosa que existe no concreto.

A corrosão em barras de aço pode acontecer de duas formas: generalizada e/ou localizada. A generalizada ocorre devido a carbonatação, com a entrada de CO<sub>2</sub> no concreto formando no aço uma corrosão generalizada. A localizada pode

ocorrer devido aos ataques de cloretos e aparecem no aço em forma de pites. Já a corrosão devido a tensão favorece o aparecimento de fissuras como mostra a Figura 1 abaixo:

Figura 1. Corrosão de armaduras



Fonte: Andrade (1992)

### Reação Álcalis Agregado

As reações chamadas de álcalis agregado, são reações químicas envolvendo os íons alcalinos do cimento Portland, íons hidroxila e constituintes silicosos que podem estar presentes no agregado. Apresentam-se com a expansão e fissuração do concreto, gerando perda de resistência, elasticidade e durabilidade. DNIT 090 (2006).

### Lixiviação

A lixiviação surge quando há contato do concreto com águas puras com poucos ou nenhum íon de cálcio, entram em contato com a pasta de cimento causando a dissolução do cálcio presente. Além de perda de resistência, a lixiviação provoca agressões estéticas já que há uma interação com o CO<sub>2</sub> presente no ambiente. O resultado é a precipitação de crostas brancas de carbonato de cálcio na superfície chamado de Eflorescência. DNIT 090 (2006).

### Ataques por Íons Cloreto

O ataque por cloretos ocorre geralmente quando há contaminantes presente nas águas, agregados e aditivos aceleradores do endurecimento do concreto, há também a possibilidade de contaminação caso a estrutura seja porosa. A ação que ocorre quando há presença de cloreto no concreto é o rompimento da camada óxida protetora da armadura e conseqüentemente a corrosão quando há umidade e oxigênio. Souza e Ripper (1998).

### Ataques por Sulfatos

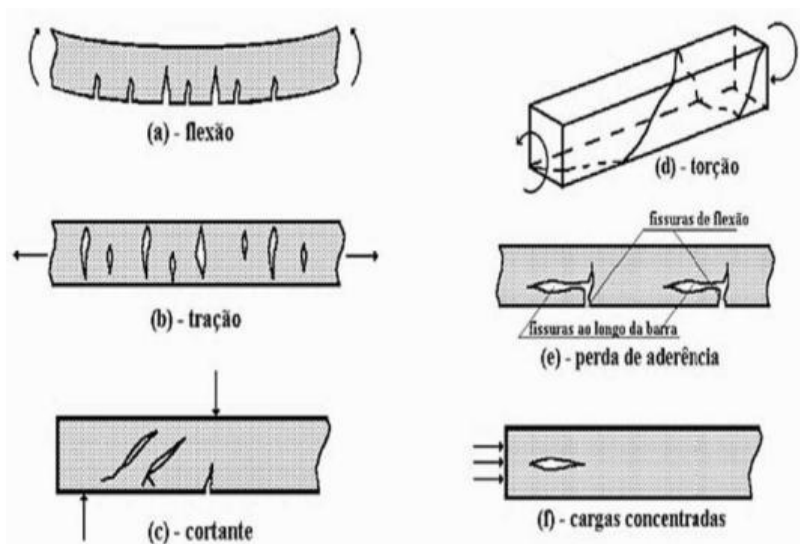
Os ataques por sulfatos são influenciados diretamente com a presença e natureza do sulfato presente, que pode ocorrer por contaminação química, nível de e sua variação sazonal, fluxo de água subterrânea e a porosidade do solo, forma de construção e a qualidade do concreto. Os ataques por sulfato provocam deterioração da estrutura atacando diretamente o concreto, causando desagregação e reduzindo o pH facilitando a entrada de agentes agressivos que atacam o aço. DNIT 090(2006).

### *Ação de agentes físicos no concreto armado*

As principais manifestações patológicas por agentes físicos no concreto armado é a fissuração. Esta patologia pode ocorrer devido a esforços solicitantes como de flexão, torção, tração, cortante, cargas concentradas e perda de aderência, conforme é mostrado na Figura 2 abaixo. Esse tipo de manifestação patológica pode ocorrer na estrutura devido a subdimensionamento dos elementos estruturais, erros de concepção da estrutura, excesso de cargas, baixo cobrimento. Caso não seja tratada da forma correta, a fissuração pode vir a gerar evolução de outras manifestações patológicas que promovem a degradação da estrutura. É necessário

a investigação minuciosa de sua origem e intensidade para avaliar a gravidade e a forma de recuperação ou reforço a ser utilizado em cada situação.

Figura 2. Casos de fissuração por esforços



Fonte: Souza e Ripper (1998)

### *Ação de agentes biológicos no concreto armado*

A ação de agentes biológicos ocorre através de microrganismos presentes no ambiente. Esses agentes atuam no concreto devido a sua porosidade, rugosidade, umidade e composição química em ambientes favoráveis a proliferação. Os principais microrganismos que atuam nas estruturas de concreto são as algas, fungos, bactérias e protozoários. A ação desses agentes através de pequenas fissuras pode provocar uma interação tipo mecânica gerando esforços não previstos.

## **Principais ensaios para identificação das manifestações patológicas no concreto armado**

Muitas vezes a identificação dos agentes patológicos é aparente, sendo observada através de uma inspeção visual, contudo existem casos em que se faz necessário investigação minuciosa a fim de detectar ação de agentes agressivos que se encontram em oculto nos elementos estruturais. Com isso, existem vários ensaios que são específicos para a determinação da presença de determinados agentes agressivos que geram manifestações patológicas.

### *Ensaio de carbonatação*

O ensaio de carbonatação consiste na visualização da alteração do pH do concreto de cobrimento, que é possível com a aspersão de um indicador de pH, a fenolftaleína (a mais utilizada). Para a execução do ensaio, é necessária uma abertura na região a ser investigada, limpeza da área e após a aspersão da solução contendo (1g da fenolftaleína em 50 ml de álcool etílico mais água destilada). Norma DIN EN 14630 (2007).

A solução de fenolftaleína tem uma tonalidade roxa, em contato com os álcalis do concreto vai se tornando rosa na faixa de pH em torno de 9, ficando transparente a partir deste pH, conforme é mostrado na Figura 3 abaixo.

Sendo observado que os pontos onde foram realizados os ensaios apresentam carbonatação, é possível determinar a profundidade de carbonatação do concreto e se há despassivação da armadura. Caso haja, é necessário intervenção antes que haja expansão da armadura provocada pela corrosão do aço promovendo a disgregação do concreto.

Figura 3. Valores de pH no ensaio de carbonatação

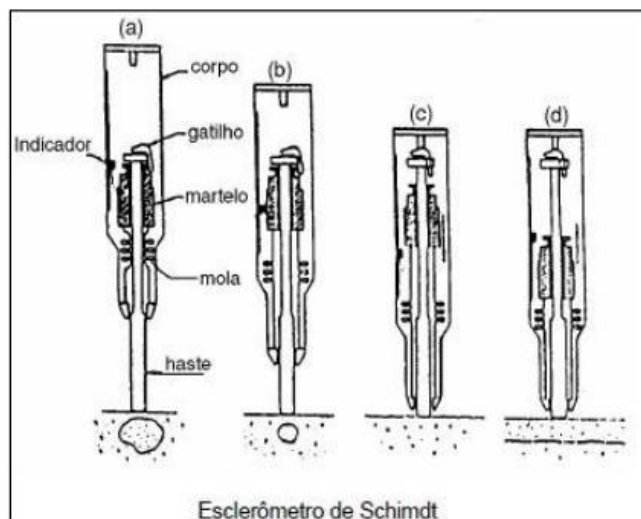
	Valores de pH														
Timolftaleína															
Fenolftaleína															
	←14	←13	←12	←11	←10	←9	←8	←7	←6	←5	←4	←3	←2	←1	

Fonte: Granato (2002)

### Esclerometria

O ensaio de esclerometria é realizado com um aparelho chamado de esclerômetro e, que é mostrado na Figura 4 abaixo e, este estabelece a correlação entre a resistência ao choque e a resistência à compressão do concreto através de uma massa-martelo, quando impulsionada entra em contato com a área a ser investigada, determinando a dureza do elemento. Além disso, é possível avaliar a homogeneidade do concreto NBR 7584 (2012).

Figura 4. Esclerômetro de reflexão



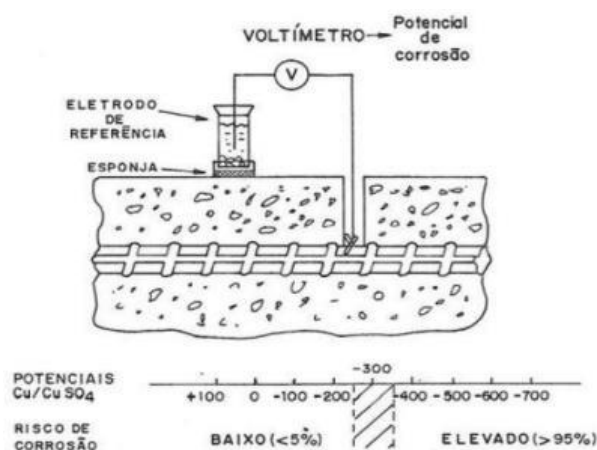
Fonte: Granado (2002)



## Potencial de corrosão

O potencial de corrosão no aço existente em estruturas de concreto armado verifica a diferença de potencial entre o aço e um eletrodo de referência, neste caso utiliza-se o eletrodo de cobre-sulfato de cobre, que esteja em contato com a superfície de concreto, conforme é mostrado na Figura 5 abaixo. ASTM C876.

Figura 5. Ensaio do potencial de corrosão



Fonte: Andrade (1992)

O ensaio para verificação do potencial de corrosão apresenta a probabilidade de corrosão do aço presente no concreto. Através de medidas obtidas no ensaio, é possível saber a condição que o aço se encontra, podendo estar num estado passivo ou em corrosão.

## Pacometria

O ensaio de pacometria consiste na interação entre as armaduras e a baixa frequência de um campo eletromagnético criado pelo próprio aparelho, conforme é mostrado na Figura 6 abaixo. Com isso permite estabelecer os seguintes parâmetros como a localização, espaçamento, espessura do cobrimento de concreto, posição,

número, diâmetro e redução de secção transversal das armaduras e em determinados casos a resistência de escoamento do aço à tração. Andrade (1992).

Figura 6. Pacômetro marca Bosch

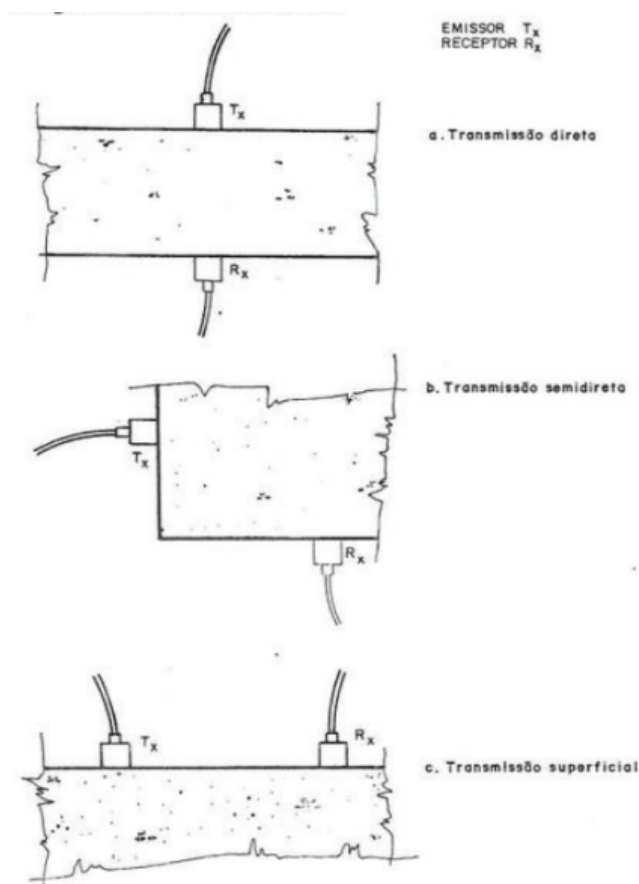


Fonte: Bosch (2022)

### *Ultrassom*

O ensaio de ultrassom acontece através de um aparelho que emite uma onda ultrassônica por meio de dois pontos estabelecidos no elemento a ser ensaiado, conforme é mostrado na Figura 7 abaixo. Com o tempo que a onda leva de um ponto até o outro permite a verificação da homogeneidade do concreto, falhas intrínsecas (ninhos, vazios e fissuras) e monitorar as variações das propriedades do concreto. A transmissão pode ser feita de forma direta, semidireta e superficial. NBR 15955 (2011).

Figura 7. Ensaio de Ultrassom



Fonte: Andrade (1992)

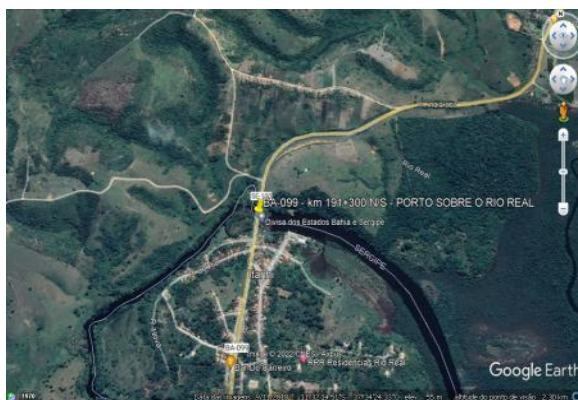
### *Ensaio de resistência de compressão axial*

O ensaio de resistência de compressão axial é realizado através da extração de um corpo de prova da estrutura, a fim de submeter à compressão. É utilizado para avaliação da segurança estrutural principalmente nos casos em que aconteceram incêndios, colapsos parciais e outras situações. O ensaio determina a resistência a compressão e a verificação da não conformidade da resistência do concreto possibilitando confirmar se a estrutura está de acordo com que foi projetado inicialmente. ABNT NBR 7680-1:2015.

## Estudo de caso

A ponte sobre o Rio Real fica na rodovia BA-099, km 191+300, no município de Jandaíra na Bahia, foi inaugurada no ano de 1993, conforme é mostrado a Figura 8 abaixo. A estrutura foi construída em concreto armado e transpõe o Rio Real que faz a divisa entre os estados da Bahia e Sergipe. Foi verificado que a estrutura apresenta um alargamento no bordo Sul, através de pesquisa foi constatado que a obra de alargamento foi realizada em 2020.

Figura 8. *Google Earth* - Localização da estrutura



Fonte: Pesquisa do Autor (2021)

Figura 9. Vista Geral da Obra – Ponte sobre o Rio Real



Fonte: Pesquisa do Autor (2021)

Figura 10. Vista inferior da Obra – Ponte sobre o Rio Real



Fonte: Pesquisa do Autor (2021)

Figura 11. Pista sobre a Obra – Ponte sobre o Rio Real



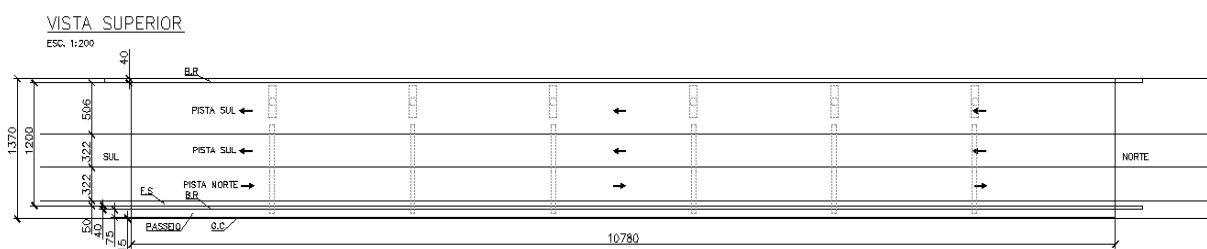
Fonte: Pesquisa do Autor (2021)

O comprimento total da ponte é de 107,80 metros com largura total do tabuleiro 12,70 metros e largura útil de 12,00 metros, pista única com duas faixas de rolamento, acostamento, pavimento flexível, barreira rígida e passeio, conforme as

***Rev. Episteme Transversalis, Volta Redonda-RJ, v.13, n.3, p.18-38, 2022.***

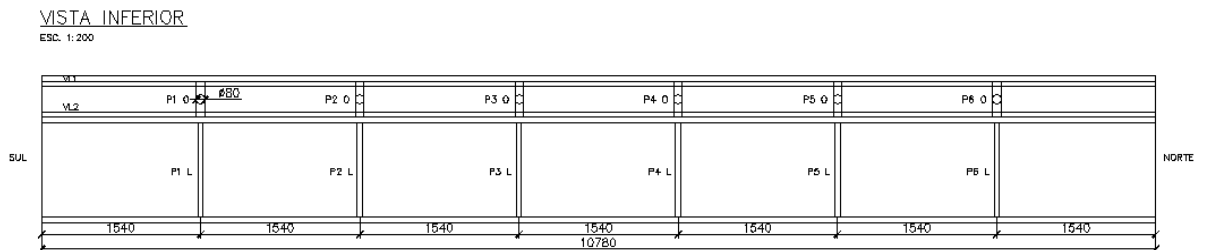
Figuras 9, 10 e 11 mostradas acima e as Figuras 12, 13, 14 e 15 mostradas abaixo. A ponte foi projetada com uma carga móvel de Trem tipo igual a 360 kN, informação a ser confirmada através de testes ou projeto original da estrutura. A OAE encontra-se em ambiente urbano, sendo classificada com a classe de agressividade ambiental II segundo a NBR 6118:2014.

Figura 12. Vista Superior – Ponte sobre o Rio Real.



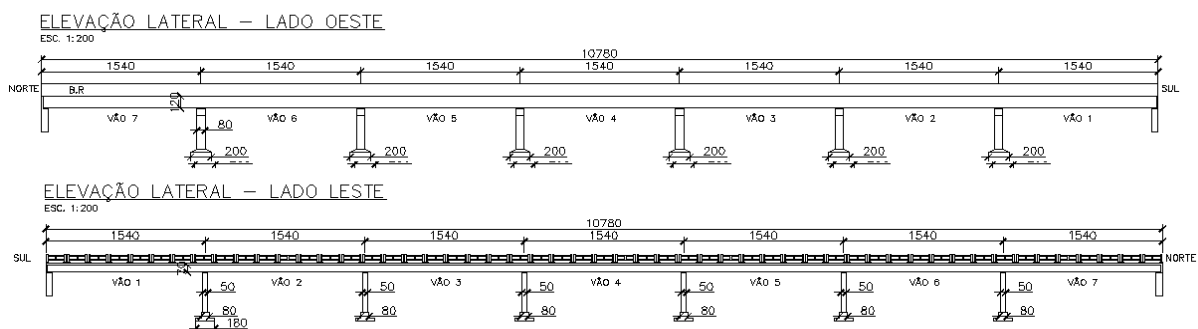
Fonte: Pesquisa do Autor (2021)

Figura 13. Vista Inferior – Ponte sobre o Rio Real



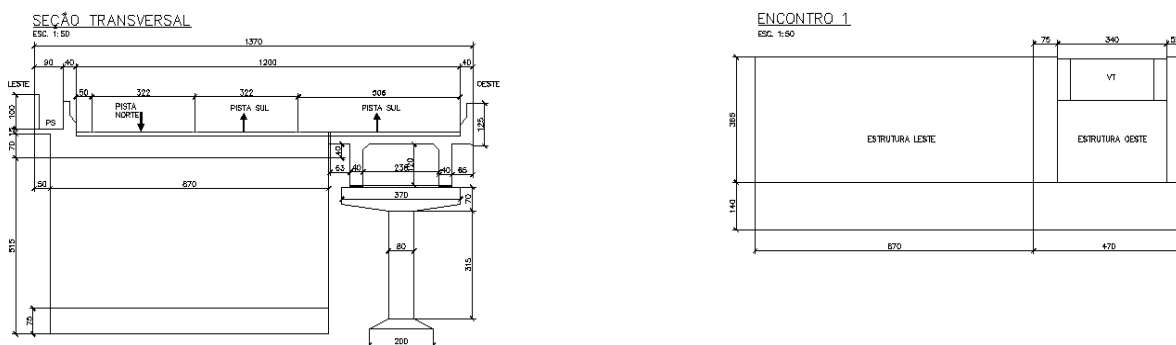
Fonte: Pesquisa do Autor (2021)

Figura 14. Vista Lateral – Ponte sobre o Rio Real



Fonte: Pesquisa do Autor (2021)

Figura 15. Seção transversal – Ponte sobre o Rio Real



Fonte: Pesquisa do Autor (2021)

### Manifestações patológicas detectadas

No momento da inspeção foi detectado patologias físicas, químicas e biológicas na estrutura, que foram registradas fotograficamente. Foram utilizadas setas vermelhas para realce das manifestações patológicas. Observa-se nas Figuras 16 e 17, uma patologia química, presença de concreto desagregado com armadura exposta que acontece quando há perda da integridade do concreto por ataque químico, causando exposição a agentes externos com sulfatos e a água. Isso acarreta desgaste superficial progressivo do concreto.

Figura 16. Patologia química – Laje - Concreto Desagregado e Armadura Exposta. (seta vermelha)



Fonte: Pesquisa do Autor (2021)

Figura 17. Patologia química – Laje  
Concreto Desagregado e Armadura Exposta. (seta vermelha)



Fonte: Pesquisa do Autor (2021)

Observa-se na Figura 18 a presença de concreto segregado decorrente da má vibração e/ou falha na execução do concreto lançado na estrutura durante a fase



executiva ocasionando vazios na massa de concreto e exposição dos agregados. Essa manifestação patológica permite a entrada facilitada de agentes agressivos nos pontos onde há vazios.

Figura 18. Falha na execução – Cortina - Concreto segregado. (seta vermelha).



Fonte: Pesquisa do Autor (2021)

Observa-se na Figura 19, uma patologia física, pois a trinca ocorreu devido atuação de cargas estruturais na estrutura (retração, torção, flexão, cisalhamento etc.) que resultou uma sobrecarga na estrutura (esforço físico) não prevista.

Figura 19. Patologia física – Bloco de fundação / Trinca (Seta vermelha)



Fonte: Pesquisa do Autor (2021)

Observa-se na Figura 20, uma patologia química, com o surgimento de mancha de eflorescência que ocorre com acúmulo de sais presentes no cimento e na cal (sobretudo o hidróxido de cálcio), dissolvidos pela água, proveniente de uma infiltração, que são transportados até a superfície durante a evaporação da água e se solidificam ao reagirem com o dióxido de carbono presente no ar, formando depósitos esbranquiçados.

Figura 20. Patologia química - Laje - Eflorescência (Seta vermelha)



Fonte: Pesquisa do Autor (2021)

Observa-se na Figura 21, uma patologia biológica, esse tipo de anomalia pode gerar uma degradação produzida por vegetações que crescem através de pequenas fissuras e juntas de dilatação provocando uma interação tipo mecânica e esforços não previstos causando danos a estrutura.

Figura 21. Patologia biológica – Muro de Ala  
Presença de vegetação nativa (Seta vermelha)



Fonte: Pesquisa do Autor (2021)

### **Considerações Finais**

O presente trabalho abordou pontos principais como as anomalias e ensaios necessários para um estudo minucioso de manutenção e recuperação de uma OAE. Foi exposto a importância de uma manutenção preventiva a fim de garantir um maior tempo útil da estrutura e assegurar maior durabilidade dos materiais aplicados.

Foram constatadas manifestações patológicas do tipo biológicas, físicas e químicas em elementos principais ao longo da estrutura. É perceptível que não há um sistema preventivo de manutenção, conservação da OAE, isto colabora para o aparecimento de mais patologias. Essas manifestações patológicas podem provocar o colapso parcial ou total da estrutura por se encontrarem em elementos importantes onde há grande concentração de cargas. É importante salientar que anomalias onde

há exposição da armadura há maiores riscos, pois, esta situação potencializa a ação de agentes agressivos e agrava ainda mais as manifestações patológicas em regiões com classe de agressividade moderada.

Por meio deste artigo foi possível ver a metodologia e conceitos que são fundamentais para melhor entendimento do assunto e para a elaboração de um plano de recuperação com as metodologias adequadas para cada manifestação patológica e profissionais devidamente habilitados e qualificados. Para um estudo mais complexo e aprofundado, recomenda-se a aplicação apresentada na bibliografia para uma aplicação mais detalhada e eficaz.

## Referências

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete – ASTM C 876**. Disponível em: <https://www.astm.org/c0876-09.html>. Acesso em: 03 out. 2022.

ANDRADE, Maria del Carmem. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**. Tradução e adaptação de Antônio Carmona e Paulo Helene. 1. ed. São Paulo: Pini, 1992. 104 p. ISBN 85- 7266-011- 9.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7584:2012 – Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão** – Especificações.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7680:2015 - Concreto - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto Parte 1: Resistência à compressão axial**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 9452:2019 - Inspeção de pontes, viadutos e passarelas**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15955:2011 - Ensaio não destrutivo – Ultrassom – Verificação dos instrumentos de ultrassom**.

BOSCH NA INDÚSTRIA 4.0. Disponível em: [www.brasil.bosch.com.br](http://www.brasil.bosch.com.br). Acesso em: 03 out. 2022.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG – DIN. **EN 14630:2006 - *Determination of carbonation depth in hardened concrete by the phenolphthalein method.*** Disponível em: <https://www.din.de/de>. Acesso em: 03 out. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **NORMA 010/2004 – Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento.**

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **NORMA 090/2006 - Patologias do concreto – Especificação de serviço.**

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

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: Pini, 1998.