

**CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**CRISLAINE BRUNA DA SILVA GOMES
FRANCIELLY ISAURA DA SILVA.
JOANA LETICIA BARBOSA DA SILVA
MARIA GABRIELLA SANTOS DA SILVA
MAYARA LARISSA GOMES DA SILVA ALVES**

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTE DE CONCRETO
ARMADO: Estudo de caso na Ponte 12 de Setembro, antiga Ponte Giratória do
Recife-PE**

**RECIFE
2022**

**CRISLAINE BRUNA DA SILVA GOMES
FRANCIELLY ISAURA DA SILVA.
JOANA LETICIA BARBOSA DA SILVA
MARIA GABRIELLA SANTOS DA SILVA
MAYARA LARISSA GOMES DA SILVA ALVES**

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTE DE CONCRETO
ARMADO: Estudo de caso na Ponte 12 de Setembro, antiga Ponte Giratória do
Recife-PE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Disciplina TCC do Curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA, como parte
dos requisitos para conclusão do curso.

Orientador (a): Prof. Me. Frederico José Barros
Santos.

RECIFE
2022

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 1745.

A532 Análise das manifestações patológicas em ponte de concreto armado: estudo de caso na ponte 12 de setembro, antiga ponte giratória do Recife-PE. / Crislaine Bruna da Silva Gomes [et al]. Recife: O Autor, 2022.
19 p.

Orientador(a): Prof. Me. Frederico José Barros Santos.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA. Bacharelado em Engenharia Civil, 2022.

Inclui Referências.

1. Pontes. 2. Manifestações patológicas. 3. Concreto armado. I. Silva, Francielly Isaura da. II. Silva, Joana Leticia Barbosa da. III. Silva, Maria Gabriella Santos da. IV. Alves, Mayara Larissa Gomes da Silva. V. Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA. VI. Título.

CDU: 624

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso sobre as manifestações patológicas em concreto armado diagnosticadas na Ponte 12 de Setembro, antiga Ponte Giratória do Recife-PE. A infraestrutura era constituída por uma ponte metálica com eixo central giratório para possibilitar o tráfego marítimo e assim facilitar o transporte de mercadorias. Com o passar do tempo, apresentou defeitos e foi substituída na década de 1970 por uma ponte de concreto armado, em utilização até os dias atuais. Por meio de visitas, entrevistas, análise de laudos técnicos e registros fotográficos, foram mapeadas e descritas as manifestações patológicas diagnosticadas na obra-de-arte e realizada uma análise da necessidade de reforço estrutural. Identificou-se a existência de fissuras, trincas, rachaduras, eflorescências, carbonatação, deslocamento de concreto e corrosão de armaduras. Desta forma, torna-se necessária a execução de reforço nos 24 aparelhos de apoio e aumento na espessura do tabuleiro.

Palavras-chave: Pontes; Patologia; Manifestações patológicas; Concreto armado; reforço estrutural.

ABSTRACT

The present work aims to present a case study on the pathological manifestations in reinforced concrete diagnosed on the 12th of September Bridge, former Rotating Bridge in Recife-PE. The infrastructure consisted of a metal bridge with a rotating central axis to allow maritime traffic and thus facilitate the transport of goods. Over time, it showed defects and was replaced in the 1970s by a reinforced concrete bridge, which is still in use today. Through visits, interviews, analysis of technical reports and photographic records, the pathological manifestations diagnosed in the work of art were mapped and described and an analysis of the need for structural reinforcement was carried out. The existence of fissures, cracks, efflorescence, carbonation, concrete spalling and reinforcement corrosion were identified. In this way, it becomes necessary to reinforce the 24 support devices and increase the thickness of the deck.

Keywords: Bridges; Construction Pathology; Pathological manifestations; Reinforced concrete; Structural recovery.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	9
3 METODOLOGIA.....	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4.1 Caracterização e contextualização da Ponte 12 de Setembro, antiga Ponte Giratória do Recife.....	12
4.2 Diagnóstico.....	13
4.3 Definição da intervenção/ conduta.....	16
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	17
REFERÊNCIAS.....	18

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTE DE CONCRETO ARMADO: Estudo de caso na Ponte 12 de Setembro, antiga Ponte Giratória do Recife-PE.

Crislaine Bruna da Silva Gomes
Francielly Isaura da Silva
Joana Leticia Barbosa da Silva
Maria Gabriella Santos da Silva
Mayara Larissa Gomes da Silva Alves
Frederico José Barros Santos¹

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso sobre as manifestações patológicas em concreto armado diagnosticadas na Ponte 12 de Setembro, antiga Ponte Giratória do Recife-PE. A infraestrutura era constituída por uma ponte metálica com eixo central giratório para possibilitar o tráfego marítimo e assim facilitar o transporte de mercadorias. Com o passar do tempo, apresentou defeitos e foi substituída na década de 1970 por uma ponte de concreto armado, em utilização até os dias atuais. Por meio de visitas, entrevistas, análise de laudos técnicos e registros fotográficos, foram mapeadas e descritas as manifestações patológicas diagnosticadas na obra-de-arte e realizada uma análise da necessidade de reforço estrutural. Identificou-se a existência de fissuras, trincas, rachaduras, eflorescências, carbonatação, deslocamento de concreto e corrosão de armaduras. Desta forma, torna-se necessária a execução de reforço nos 24 aparelhos de apoio e aumento na espessura do tabuleiro.

Palavras-chave: Pontes; Patologia; Manifestações patológicas; Concreto armado; reforço estrutural.

1 INTRODUÇÃO

A cidade do Recife, contendo mais de 7 pontes na região central, 3 grandes rios e 99 canais que recortam o seu território. Considerando a necessidade de locomoção de um bairro para o outro, foram construídas 40 pontes ao longo do tempo para interligar os pontos inacessíveis (MARINHO; ALMEIDA, 2019).

A Ponte Giratória foi inaugurada no dia 5 de dezembro de 1923, servindo a cidade do Recife até a década de 70, ligava o bairro do Recife ao São José. Com o passar dos anos a ponte foi apresentando patologias na sua armadura metálica e por fim apresentou problemas na maquinaria, deixando de exercer sua principal função de liberação do tráfego marítimo. Assim, teve que ser desmontada e substituída por

¹ Professor da UNIBRA. Mestre em Engenharia Civil. E-mail: frederico.barros@grupounibra.com

outra ponte, inaugurada em 1971, com o nome de Ponte 12 de setembro (RECIFE, 2014).

A Ponte 12 de setembro recebeu esse nome para lembrar as reformas do Porto do Recife em 1918, contudo o nome 12 de setembro não foi bem aceito pela população e a prefeitura do Recife decretou na Lei nº 16.916/03 que sua nova denominação passaria a ser Antiga Ponte Giratória (OLIVEIRA, 2011).

Localizada no bairro São José, a ponte é fonte de ligação entre os bairros Santo Antônio a São José, com uma população estimada de aproximadamente 9 mil pessoas. Sua localização está próxima ao mar, um ambiente agressivo para componentes estruturais.

O tabuleiro da ponte é o principal elemento constituinte da superestrutura e está mais suscetível a receber as agressões oriundas dos agentes externos do ambiente. Após certo tempo de utilização torna-se necessário proceder algum reforço ou recuperação estrutural. O método utiliza concreto armado convencional e concreto projetado para reforçar as longarinas, transversinas e lajes com o aumento das seções transversais desses elementos e com a incorporação de novas armaduras passivas.

A ponte Motocolombó, localizada no Recife-PE, próxima à ponte 12 de Setembro recebeu reforço das longarinas e transversinas e dos aparelhos de apoio. Também foram refeitos os passeios, a restauração e pintura do guarda corpo. A ponte 12 de Setembro apresentou manifestações patológicas similares a ponte Motocolombó, portanto sua recuperação está sendo semelhante.

Desta forma, propõe-se neste artigo realizar um diagnóstico das patologias existentes no tabuleiro da ponte 12 de Setembro, para a posterior execução da recuperação da superestrutura, a recuperação do guarda corpo e a substituição de mais de 24 aparelhos de apoios, que interferem diretamente na vida útil da obra.

2 REVISÃO DA LITERATURA

As pontes e viadutos são obras-de-arte especiais que estão sujeitas à ação de diversas patologias da construção, em função do seu uso contínuo e da falta de programas preventivos de manutenção em grande parte dos casos (LOURENÇO et al., 2009).

Entende-se por manutenção, todos os procedimentos necessários para garantir o desempenho satisfatório da estrutura ao longo do tempo, ou seja, são rotinas que possuem o objetivo de proporcionar, à estrutura, um maior tempo de vida útil (SARTORTI, 2008). Na maior parte dos casos, a manutenção de pontes e viadutos é desprezada, sob a alegação dos elevados custos. Sendo assim, com a tendência natural de deterioração das estruturas, a falta de manutenção acelera o surgimento de patologias.

De acordo com Ripper e Souza (2009), as fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto. Podem ser classificadas partir da sua abertura na estrutura, podendo ser causadas por exsudação excessiva da estrutura, evaporação rápida e endurecimento insuficiente do concreto, armadura escassa ou construção inadequada das juntas. Os autores salientam que em muito casos, ocorrem junto com a fissuração, a desagregação do concreto, que pode ser observada em várias estruturas. Entende-se como a própria separação física de placas ou fatias de concreto, com perda de monolitismo e na maioria das vezes, perda também da capacidade de engrenamento entre os agregados e da função ligante do cimento. Diversas vezes são causadas pela deslocação das fôrmas, perda de aderência e calcinação do concreto.

Fenômenos químicos em estruturas de concreto armado geralmente são, carbonatação, corrosão, ataques de sulfatos e cloretos e lixiviação. A carbonatação se caracteriza pela redução da alcalinidade do cimento, em função da reação do hidróxido de cálcio com os compostos do meio ambiente. Aguiar (2006) relata que o concreto por ser um material poroso contribui para a entrada de anidrido carbônico e CO₂, presentes na atmosfera que penetram através dos poros e tendem a se combinar com as bases do cimento hidratado, resultando em compostos com pH mais baixos, passando de 12,5 para 9,4, fator importante para o início da corrosão das

armaduras. Sua interação ataca e degrada todos os produtos da hidratação do cimento. A reação mais simples e importante é com o hidróxido de cálcio. A carbonatação inicia-se na superfície do concreto e penetra lentamente para seu interior.

A corrosão pode ser definida como um problema que se aplica ao vergalhão sob investigação como um processo resultante da interação dos materiais com o meio ambiente. Um ambiente que causa reações de natureza química ou eletroquímica (FOGAÇA, 2021).

De acordo com Centurione, Kihara e Battagin (2003), o ataque às estruturas de concreto por íons sulfato provenientes da água do mar, de águas e solos sulfatados, é um fenômeno bastante conhecido que ocasiona fissurações, expansões e comprometimento da sua vida útil. Os sulfatos reagindo com os produtos de hidratação do cimento formam gipsita e etringita secundária que, por seu caráter expansivo, levam à deterioração do concreto.

Casos de patologias do concreto decorrentes do ataque por sulfatos em ambientes isentos desses íons têm sido registrados na literatura. Esses ataques derivam supostamente da ação de íons sulfatos internos ao concreto, provenientes de seus constituintes, quais sejam, o cimento, os agregados ou a água de amassamento (CENTURIONE; KIHARA; BATTAGIN, 2003).

A lixiviação é provocada quando águas puras com pouco ou nenhum íon de cálcio interagem com o concreto, ocorrendo a hidrólise ou dissolução e carregamento dos produtos contendo cálcio para o meio externo. A lixiviação provoca a perda da resistência e agressões estéticas, por meio do produto lixiviado que interage com o dióxido de carbono presente no ar, formando carbonatos que aparecem na forma de manchas brancas e estalactites na superfície (DNIT, 2006).

Além de fenômenos de natureza mecânica e química, as estruturas de concreto armado também estão sujeitas à agentes biológicos. Queruz (2007) afirma que agentes biológicos são todos os elementos vivos que atacam uma edificação, ou parte dela. Ressalta, ainda, que esses agentes podem, também, corroer algum dos componentes da mesma edificação.

De acordo com Aguiar (2006), uma forma comum de ataque biológico é o crescimento de raízes de vegetações em fendas ou em locais porosos do concreto,

causando forças expansivas responsáveis por degradar mecanicamente o concreto, contribuindo para a entrada de agentes agressivos em seu interior.

Na construção civil as patologias são caracterizadas como deformações e degradações de uma construção ou de estruturas específicas, com potencial de afetar o desempenho da construção, resultando na perda ou comprometimento de suas funções. Os sintomas patológicos, portanto, servem como alertas para realizar inspeções e reparos estruturais (SCHEIDEGGER; CALENZANI, 2019).

3 METODOLOGIA

A pesquisa teve início com a revisão da literatura e incluiu o estudo de artigos científicos, manuais e livros técnicos que tratavam do tema abordado neste artigo. Foram realizadas visitas técnicas e vistorias na Ponte 12 de Setembro, antiga Ponte Giratória, entre os meses de agosto e novembro de 2022. Durante este período surgiram alguns inconvenientes, como a mudança do clima e a alteração da maré, que impossibilitaram a realização de algumas visitas previamente marcadas. Fato que estendeu esta etapa da pesquisa.

O objetivo da vistoria foi diagnosticar as patologias existentes, e subsidiar a proposição de métodos a serem utilizados para recuperação. Alguns dados foram coletados por meio de pesquisas orais com os engenheiros responsáveis pela recuperação da estrutura, realizadas ao longo de quatro encontros com duração média de uma hora e meia. Para melhor controle no procedimento de coleta e interpretação dos dados, foi utilizado como auxílio registros fotográficos, localização e descrição.

Após a identificação das patologias existentes, em especial as do tabuleiro da ponte, onde se concentravam a maior parte das patologias encontradas, foi definida uma relação de causalidade para cada situação ou fenômeno patológico embasada pela literatura, sugerindo-se, por fim, medidas de tratamento das patologias, bem como a adoção de métodos de execução de reforço estrutural da ponte.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização e contextualização da Ponte 12 de Setembro, antiga Ponte Giratória do Recife

O comprimento total da ponte é de 196,00 metros, a superestrutura é formada por dois tabuleiros, sendo o rodoviário de concreto protendido, com duas faixas de rolamento de 8,00m, conforme ilustra a Figura 1.

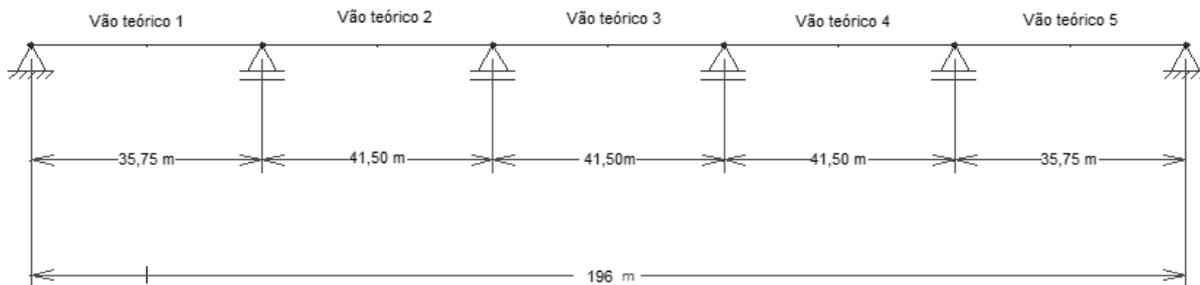
Figura 1 – Vista lateral direita da Ponte 12 de Setembro, antiga Ponte Giratória do Recife.



Fonte: Autores (2022).

As duas superestruturas estão apoiadas numa mesma fundação. A ponte possui dois vãos com 35,75m e três com 41,50m. A Figura 2 ilustra o modelo estrutural da ponte.

Figura 2 – Modelo estrutural da Ponte 12 de Setembro, antiga Ponte Giratória do Recife.



Fonte: Autores (2022).

4.2 Diagnóstico

Na Figura 3, observa-se uma patologia química. A superfície dos encontros apresenta eflorescência decorrente do processo de carbonatação, que é o acúmulo de sais solúveis que em contato com a água afloram na superfície. São caracterizados normalmente por manchas brancas, mas também podem ter uma cor castanha.

Figura 3 – Eflorescência no encontro lado sul.



Fonte: Autores (2022).

Um dos principais problemas causados por essa patologia é a degradação estética, uma vez que as manchas podem ser removidas com o tempo, ou com produtos específicos para sua remoção.

Na Figura 4, a oxidação representa a mudança de metais e ligas como resultado de sua interação com o meio ambiente. A reação de oxidação consiste na transferência de elétrons do elemento redutor para os níveis de elétrons livres do elemento oxidante. Devido à aquisição de oxigênio perda de elétrons e um aumento nos estados de oxidação algébricos. É possível identificar que o cobrimento das armaduras tem como principal objetivo impedir o contato de umidade a armadura, podendo levar a possível deslocamento do concreto, fissuras, e até mesmo a deformação da estrutura. Para evitar esse tipo de patologia é necessário ter uma atenção maior ao fato a/c e execução do serviço.

Figura 4 – Desplacamento do concreto com alto grau de exposição das armaduras.



Fonte: Autores (2022).

A Figura 5, ilustra um outro exemplo de patologia diagnosticada no estudo de caso, as rachaduras. Consistem em aberturas de 1,5mm a 5,00mm, geralmente pontiagudas. Essa espessura permite a entrada de ar e água no interior da peça, causando reações químicas e corrosão.

Figura 5 – Rachadura na ligação entre a laje de fundo e lateral do caixão celular.



Fonte: Autores (2022).

Na Figura 6, pode-se observar uma patologia físico-química do concreto. A deterioração ocorre, muitas vezes, como resultado de uma combinação de diferentes fatores externos e internos. Essa combinação altera a capacidade do material desempenhar as suas funções.

Figura 6 – Rachadura na ligação entre a laje de fundo e lateral do caixão celular.



Fonte: Autores (2022).

Os sintomas podem surgir isolada, ou simultaneamente, e são: fissuração, desagregação e destacamento. A figura também ilustra a corrosão, que provoca não

somente a deterioração, mas também afeta a durabilidade e estabilidade da estrutura. Portanto, deve ser analisada de maneira cautelosa. Ocorre quando o concreto é permeável o suficiente para permitir que os íons penetrem até a armadura.

4.3 Definição da intervenção/ conduta

A partir das análises e estudos apresentados anteriormente realizou-se o diagnóstico das patologias através da inspeção realizada na infraestrutura. As Tabelas 1 e 2 apresentam as medidas de correção e tratamentos sugeridos, considerando as patologias e o reforço estrutural, respectivamente.

Tabela 1 – Recomendações de intervenção por patologia diagnosticada.

PATOLOGIAS	TRATAMENTOS
Fissuras	Injeção de concreto
Desagregação	Remoção do concreto
Oxidação	Escarificação do material na superfície
Corrosão	Aplicação de um produto a base de zinco

Fonte: Autores (2022).

Tabela 2 – Recomendações de métodos de execução de reforço estrutural.

REFORÇO ESTRUTURAL	MÉTODOS
Reforço nos 24 aparelhos de apoio	Elevação da ponte através de um macaco hidráulico para o reforço
Aumento da espessura do tabuleiro	Concreto Jateado com um acréscimo de 8 cm no próprio tabuleiro

Fonte: Autores (2022).

A partir do diagnóstico das patologias que acometem a estrutura de concreto armado da ponte analisada, sugere-se a execução de reforços adicionais para aumentar a espessura do tabuleiro e a elevação da ponte para a execução de reforço nos aparelhos de apoio, já que haverá aumento na carga transmitida à fundação. A corrosão será tratada com um produto à base de zinco. Também será executada a escarificação e colocação de novas grades de aço para permitir que o concreto jateado seja moldado e sane problemas de rachaduras e oxidação.

Esses reparações devem ser realizados de forma a garantir a vida útil da estrutura da ponte e garantir a sua segurança e funcionalidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar as patologias levantadas neste trabalho, fica evidente que reparos são necessários na Ponte 12 de Setembro. Tais reparos devem ser realizados a fim de garantir e, conseqüentemente, elevar o tempo de vida útil das estruturas.

Com base nas patologias apresentadas, percebe-se que as não conformidades, as quais levaram à necessidade de reforço e recuperação estrutural, são provenientes da falta de um plano de manutenção preventiva, dado que a estrutura se encontra exposta à maresia, fato que intensifica o processo de corrosão da armadura e deslocamento do concreto.

A fim de garantir a manutenção das condições satisfatórias de desempenho da obra-de-arte, faz-se necessário o tratamento da corrosão com produtos à base de zinco, a escarificação e colocação novas grades de aço que possibilitem o jateamento de concreto com o objetivo de sanar os problemas de rachaduras e oxidação. A execução desse serviço, aumentando a espessura do tabuleiro, irá requerer a elevação da ponte para a execução de reforço estrutural nos 24 aparelhos de apoio, uma vez que haverá aumento na carga transmitida à fundação.

REFERÊNCIAS

- A PONTE GIRATÓRIA. Blogger, Recife-PE, 24 de janeiro de 2014. Disponível em: <http://bairrodorecife.blogspot.com/2014/01/a-ponte-giratoria.html>. Acesso em: 04 de outubro de 2022.
- CAMPOS, Clarice da Silva Machado et al. Estudo sobre patologias em pontes Study on bridge pathologies. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 12, p. 120720-120734, 2021.
- CENTURIONE, Sérgio L.; KIHARA, Yushiro; BATTAGIN, A. F. Durabilidade de concreto submetido a ataques de íons sulfato. In: Anais do 47º Congresso Brasileiro de Cerâmica. João Pessoa. 2003.
- DNIT, Rio de Janeiro. Manual de pavimentação. 2006.
- FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. Tipos de corrosão, Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/tipos-corrosao.htm>. Acesso em: 09 de outubro de 2022.
- MASCARENHAS, Fernando Júnior Resende et al. Patologias e inspeção de pontes em concreto armado: Estudo de caso da ponte Governador Magalhães Pinto. Engevista, v. 21, n. 2, p. 288-302, 2019.
- NAKAMURA, Juliana. Cobrimento de armaduras determina durabilidade de estruturas de concreto. AECweb. 21 de outubro de 2016. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/cobrimento-de-armaduras-determina-durabilidade-de-estruturas-de-concreto/14548>. Acesso em: 31 de outubro 2022.
- OLIVEIRA, Carlos. Pontes do Recife serão visitadas em roteiro gratuito. Prefeitura do Recife, Recife-PE. Disponível em: <http://www.recife.pe.gov.br/noticias/imprimir.php?codigo=178023>. Acesso em: 10 de outubro de 2022.
- PEREIRA, J. L. M. B. et al. Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários. DNIT, Rio de Janeiro, 2010.
- PONTE GIRATÓRIA PASSARÁ POR INTERVENÇÃO COMPLETA, investimento é de quase R\$10 milhões. Folha de Pernambuco, 29 de junho de 2022. Disponível em: <https://www.folhape.com.br/noticias/ponte-giratoria-passara-por-intervencao-completa-investimento-e-de/232076/>. Acesso em: 09 de outubro 2022.
- QUERUZ, Francisco et al. Contribuição para identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edificações da Vila Belga. 2007.
- RECUPERAÇÃO DA PONTE MOTOCOLOMBÓ PRÓXIMA A SER CONCLUÍDA. Diário de Pernambuco, Recife-PE. 23 de novembro de 2020. Disponível em:

<https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/vidaurbana/2020/09/recuperacao-da-ponte-motocolombo-proxima-de-ser-concluida.html>. Acesso em: 14 de outubro de 2022.

REGO FILHO, Armando. INSPEÇÕES DAS PONTES DA CIDADE DO RECIFE. Prefeitura do Recife. Recife-PE. 2018.

SANTANA, Leonardo Moreira; NETO, Lázaro Lourenço; LIMA, Fernanda Fonseca. ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE PONTES DE CONCRETO. Revista Novos Desafios, v. 2, n. 1, p. 59-69, 2022.

SCHEIDEGGER, Guilherme Marchiori; CALENZANI, Carla Lorencini. Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano, v. 4, p. 68-92, 2019.