

Manifestações patológicas e restauração estrutural da ponte Estácio Coimbra (ponte do Derby no Recife)

Pathological manifestations and structural restoration of the Estacio Coimbra bridge (Derby bridge in Recife)

Manifestaciones patológicas y restauración estructural del puente Estacio Coímbra (puente Derby en Recife)

Recebido: 29/06/2022 | Revisado: 14/07/2022 | Aceito: 16/07/2022 | Publicado: 23/07/2022

Maria Carollina Silva dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7244-1097>
Escola Politécnica de Pernambuco, Brasil
E-mail: mess3@poli.br

Dieska Rayane da Silva Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2012-1331>
Escola Politécnica de Pernambuco, Brasil
E-mail: drsg@poli.br

Mattheus Karryery Coelho Rodrigues Gonçalves de Sá

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0195-4837>
Escola Politécnica de Pernambuco, Brasil
E-mail: mkcrgs@poli.br

Alison Lopes da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3439-2703>
Escola Politécnica de Pernambuco, Brasil
E-mail: als@poli.br

Pryscilla de Barros Gonçalves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0255-8107>
Centro Universitário Maurício de Nassau, Brasil
E-mail: pryscilla.nassau@gmail.com

Eliana Cristina Barreto Monteiro

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

Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4016-5198>
Escola Politécnica de Pernambuco, Brasil
E-mail: emilia.rabbani@poli.br

Yeda Vieira Póvoas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1907-415X>
Escola Politécnica de Pernambuco, Brasil
E-mail: yvp@poli.br

Resumo

As primeiras pontes de concreto foram construídas no século XX, sendo bastante utilizadas no dia a dia da população, tendo como finalidade a locomoção de pessoas, automóveis e entre outros. Para que essas estruturas ofereçam uma boa utilidade, deve se existir um amplo estudo e um bom projeto do local que será executada essa construção, e sempre realizar uma manutenção periódica da estrutura, evitando assim transtornos para seus usuários. O objetivo deste trabalho foi à análise das manifestações patológicas presentes em pontes, tendo como referência de pesquisa a ponte Estácio Coimbra (Ponte do Derby), localizada na cidade do Recife. Os resultados foram obtidos através dos registros do local e observadas algumas manifestações patológicas como corrosão da armadura, desagregação do concreto, eflorescência e fissuras, diversos motivos ocasionaram o desgaste da estrutura, por exemplo, a falta de manutenção. Ocorrendo-se essas falhas a mesma se torna insegura para os usuários. Portanto, a estrutura encontrava-se bastante danificada, devido à falta de manutenção, que resultou nas manifestações patológicas apresentadas nesse artigo, no qual foi necessário fazer a manutenção corretiva.

Palavras-chave: Manutenção; Construção; Estrutura; Corrosão; Concreto.

Abstract

The first concrete bridges were built in the 20th century, being widely used in the daily life of the population, with the purpose of locomotion of people, cars and among others. For these structures to be of good use, there must be an extensive study and a good design of the place where this construction will be carried out, and always carry out periodic maintenance of the structure, thus avoiding inconvenience to its users. The objective of this work was to analyze the pathological manifestations present in bridges, having as a research reference the Estacio Coimbra bridge (Ponte do Derby), located in the city of Recife. The results were obtained through the records of the place and some pathological manifestations were observed such as corrosion of the reinforcement, disaggregation of the concrete, efflorescence and cracks, several reasons caused the wear of the structure, for example, the lack of maintenance. Occurring in these failures, it becomes unsafe for users. Therefore, the structure was quite damaged, due to lack of maintenance, which resulted in the pathological manifestations presented in this article, in which corrective maintenance was necessary.

Keywords: Maintenance; Construction; Structure; Corrosion; Concrete.

Resumen

Los primeros puentes de hormigón fueron construidos en el siglo XX, siendo muy utilizados en la vida cotidiana de la población, con la finalidad de locomoción de personas, automóviles y entre otros. Para que estas estructuras sean de buen uso, se debe realizar un amplio estudio y un buen diseño del lugar donde se realizará esta construcción, y siempre realizar un mantenimiento periódico de la estructura, evitando así molestias a sus usuarios. El objetivo de este trabajo fue analizar las manifestaciones patológicas presentes en los puentes, teniendo como referencia de investigación el puente Estacio Coímbra (Ponte do Derby), ubicado en la ciudad de Recife. Los resultados se obtuvieron a través de los registros de sitio y se observaron algunas manifestaciones patológicas como corrosión del refuerzo, desintegración del concreto, eflorescencias y grietas, diversas causas provocaron el desgaste de la estructura, por ejemplo, la falta de mantenimiento. Al ocurrir estas fallas, se vuelve inseguro para los usuarios. Por lo tanto, la estructura resultó bastante dañada, por falta de mantenimiento, lo que resultó en las manifestaciones patológicas presentadas en este artículo, en las que fue necesario un mantenimiento correctivo.

Palabras clave: Mantenimiento; Construcción; Estructura; Corrosión; Concreto.

1. Introdução

O surgimento das pontes ocorreu devido à necessidade do deslocamento de um ponto para o outro, surgindo de forma natural pela queda de troncos sobre os rios. Ao passar do tempo as necessidades do ser humano aumentaram, com isso, evoluindo o método construtivo e passando a ser construída em madeira e pedras. O conceito de pontes é interligar pontos inacessíveis separados por rios, vales, lagos, entre outros. Sendo construída em aço, madeira e concreto podendo vencer grandes vãos, dependendo do seu sistema estrutural. Recife dispõe de diversas pontes e uma das primeiras pontes construída na cidade, foi a ponte Maurício de Nassau, antigamente chamada “Ponte do Recife”, por ser construída no século XVII sua estrutura era em madeira, mas com a evolução dos materiais de construção em 1971 ela foi reconstruída em concreto.

Diversas pontes do Recife hoje estão apresentando diversas categorias de patologias, como, por exemplo, fissuras, corrosão de armadura, eflorescência, entre outras. Este estudo de caso irá abordar a Ponte Estácio Coimbra, construída em 1950, apresentando uma estrutura bi apoiada por duas travessas e seis pilotes. Este estudo irá apresentar as patologias que nela foram encontradas, buscando identificando suas possíveis causas e relatar seu processo de recuperação. A população está vivenciando uma época em que os responsáveis pelos equipamentos públicos esquecem as obras de arte do Brasil. Negando os cuidados necessários, as pontes hoje já não têm mais as manutenções preventivas no tempo correto, que devido a isso apresentar doenças na sua estrutura, onde perdem uma de suas funções mais importante, sendo a resistência para poder suportar os esforços recebidos.

2. Metodologia

Para desenvolvimento da respectiva pesquisa, foi adotado o método qualitativo, tendo como referências bibliográficas descritas conforme o tema em questão, no qual verificou-se as patologias encontradas na Ponte Estácio Coimbra, situada na cidade de Recife, capital do estado de Pernambuco. Essa pesquisa foi realizada em uma vasta revisão bibliográfica, a fim de alcançar informações importantes sobre o assunto e apurar: patologias, seus processos de reparo e propor ações efetivas para

mitigar custos.

Segundo Prandov e Freitas (2013), a análise desta pesquisa foi classificada como qualitativa, já que não é necessário a utilização de tabelas e métodos estatísticos, pois a edificação em questão é a principal fonte na coleta de dados dos pesquisadores. O caráter qualitativo da pesquisa tem como meta, estimular o conhecimento da análise das patologias direcionando e buscando soluções para possíveis intervenções. Desse modo, salientando a grande quantidade de patologias que surgiram desde o tempo de construção da edificação e a importância da intervenção de modo acurado.

Este trabalho trata-se de uma pesquisa em campo que visa analisar as manifestações patológicas encontradas na Ponte Estácio Coimbra, assim como características gerais e medidas de correções necessárias. Para isso foi realizada inspeções visuais da ponte, registros fotográficos, pesquisas bibliográficas e ensaios laboratoriais, esses ensaios foram realizados pela Empresa Tecomat Engenharia com o intuito de mostrar o estado de conservação atual da ponte.

2.1 Área de Estudo

A ponte Estácio Coimbra é localizada na cidade do Recife-PE (Figura 1), é uma das pontes mais antiga da cidade. Foi construída no ano de 1950, com sua estrutura em concreto armado, possui um vão de cerca de 120 metros, dividido em três trechos separados por duas travessas, cada travessa apresenta três tubulões circulares, responsáveis por transferir as cargas recebidas para o solo.

Figura 1: Localização da Ponte Estácio Coimbra (Ponte do Derby).



Fonte: Google Earth (2022).

Na Figura 2, pode-se observar a localização exata da ponte Estácio Coimbra, que faz a ligação do Bairro de Derby ao Bairro Benfica, cruzada sob o Rio Capibaribe, na cidade do Recife, no estado de Pernambuco.

2.2 Coleta de Dados

Os dados utilizados foram adquiridos através de uma pesquisa bibliográfica, recorrendo a livros, artigos, normas e dados fornecidos pela Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB), responsável pela Ponte Estácio Coimbra (Ponte do Derby). Para o prosseguimento desse trabalho, foi realizado vistorias no local e registros fotográficos das manifestações patológicas encontradas, que serviram para o auxílio da continuidade do estudo.

2.3 Análise de Informações

As informações foram analisadas por comparações com artigos, pesquisas que abordavam do mesmo assunto, laudos de inspeções e, também foi analisado o estado da estrutura com o tempo de manutenção da ponte, tudo isso conforme a Norma NBR 9452 (2019).

3. Resultados e Discussão

3.1 Manifestações Patológicas na Ponte Estácio Coimbra

Para Bolina, Tutukian e Helene (2019), patologia pode ser definida como a ciência que busca, de forma sistêmica, estudar os defeitos incidentes sobre os materiais construtivos, componentes e elementos ou na edificação como um todo, visando diagnosticar as origens e compreender mecanismos de degradação e evolução do processo patológico, além de suas formas de manifestação.

De acordo com Santos (2017), após a identificação das patologias, é imprescindível que se faça um levantamento detalhado somado a uma minuciosa vistoria, objetivando a determinação de reais condições da estrutura, de maneira que sejam avaliadas as principais anomalias existentes, suas causas, providências a serem tomadas e os métodos de recuperação a serem adotados.

Conforme Camargo (2017), os agentes que causam manifestações patológicas podem ser do tipo intrínseco, ou extrínseco, de forma que as causas intrínsecas são inerentes ao próprio material sendo elas responsáveis pelas manifestações patológicas que surgem nos elementos estruturais, já as causas extrínsecas são definidas como agentes que degradam a estrutura e que não dependem da constituição do material, do processo executivo, ou da constituição do concreto. Deste modo, as causas intrínsecas e extrínsecas, geram manifestações patológicas corriqueiras, como: fissuras, desagregação do concreto, corrosão das armaduras, eflorescência, manchas na superfície, segregação dos materiais constituintes do concreto, infiltrações, flechas e rotações excessivas.

Segundo Vasconcelos (2018), pontes construídas em concreto armado são as mais comumente encontradas no Brasil, são estruturas complexas, robustas, recebem diferentes tipos de solicitações diariamente e também estão expostas a vários tipos diferentes de agentes agressivos, tendo isso em vista, é de suma importância que essas obras apresentem durabilidade adequada e segurança para os indivíduos que por elas trafegam, pois esses, não conseguem identificar o verdadeiro estado de conservação, visto que, nota-se normalmente o aspecto do pavimento e não o dos demais elementos constituintes dessas obras, logo, inspeções periódicas dos demais elementos são indispensáveis, afim de analisar o estado de conservação e os fatores que podem deteriorá-las, visando manter a funcionalidade e segurança.

A ponte Estácio Coimbra (Figura 2), localizada na cidade do Recife-PE, interliga a Praça do Bairro do Derby ao Bairro Benfica. Foi construída no ano de 1950, sobre o Rio Capibaribe, com sua estrutura em concreto armado, comprimento aproximado de 120 metros, possui três vãos separados por duas travessas, cada travessa apresenta três tubulões circulares.

Figura 2: Ponte Estácio Coimbra.



Fonte: Autores (2019).

Pode-se observar na Figura 2, o estado de conservação que se encontrava a ponte antes da sua recuperação, era visível a quantidade de bolores em sua estrutura.

As obras de arte requerem um cuidado maior do que os outros tipos de obras, necessitando de inspeções periódicas que visam identificar o processo de deterioração da estrutura. Principalmente as obras públicas que geralmente não tem sua manutenção realizada no tempo correto. Segundo Oliveira, et al., (2019), as fases da obra que apresentam maior índice de causar patologias é durante a fase de planejamento e projeto.

Para Fioriti et al. (2017), ainda que o investimento em tecnologias relacionadas às construções tenha evoluído, existem limitações e falhas que prejudicam o desempenho de um conjunto ou componente estrutural. Todos os elementos que constituem a estrutura são de fundamental importância para o seu equilíbrio, qualquer patologia em algum deles, pode levar a diminuição da durabilidade, conforto e por fim o equilíbrio estrutural, pode-se gerar um estado limite último a estrutura, ou seja, colapso (Marsico et al, 2017).

A estrutura da Ponte Estácio Coimbra estava muito comprometida, apresentando algumas patologias, fazendo com que sua estrutura não estivesse mais apta para receber as cargas ali exercidas. Conforme o Laudo Técnico da Ponte disponibilizado pela Empresa EMLURB, as patologias diagnosticadas na sua estrutura, foram corrosão da armadura, desagregação do concreto, eflorescência, fissuras e fungos.

A corrosão de armadura pode ser considerada o resultado do contato da armadura da peça com o meio ambiente, causando reações de natureza química ou eletroquímica, que podem ser associadas ou não a ações físicas ou mecânicas, resultando no desgaste da armadura. Esse contato da armadura com o meio ambiente pode acontecer pelos seguintes motivos: alta capilaridade, fissuras, alta porosidade, pouco cobrimento de armadura, causando assim a corrosão da armadura. Santos; Silva (2017), acreditam que este fenômeno é mais contínuo do que qualquer outro fenômeno de deterioração das estruturas de concreto armado, danificando-as tanto do ponto de vista estético, quanto do ponto de vista estrutural.

Apesar do concreto ser considerado um material bastante resistente, os agentes podem fazer com que ele sofra uma corrosão. (Santos & Silva, 2017). A estrutura da ponte apresentou corrosão em sua armadura da travessa (Figura 3a), guarda-corpo (Figura 3b) e tubulões (Figura 3c), a corrosão das travessas foram causadas pelo cobrimento que foi muito pequeno, comparado ao estabelecido pela norma atualmente e, também pela falta de manutenção da estrutura que passou 69 anos sem nenhum cuidado. Para Gaspar (2021), a oxidação das armaduras é causada pela deficiência no cobrimento, fissuras e pela porosidade do concreto, devido esses fatores a armação é atingida por agentes agressivos, causando a corrosão da armadura.

Figura 3: Armadura da parte inferior da travessa totalmente exposta e oxidada.

- a. Armadura da parte inferior da travessa totalmente exposta e oxidada b. Armadura do guarda-corpo c. Corrosão na armadura do tubulão



Fonte: Autores (2019).

A Figura 3 expõe algumas partes da estrutura da ponte que se encontrava totalmente deteriorada, pode-se notar que parte das armaduras estão totalmente expostas, principalmente na parte inferior da travessa, resultado da falta de cobrimento correto para o tipo de região que a ponte se localiza, pois se trata de uma região com manguezais.

Monteiro (2020), relata que a desagregação do concreto ocorre devido à corrosão das armaduras, em que o aço oxidado exerce uma pressão sobre o concreto nele envolvido. Esse aumento do volume da armadura, corresponde em dez vezes o volume original da barra de aço.

A desagregação do concreto pode ser o desprendimento de placas ou pedaços de concreto da estrutura, podendo ser causada pela oxidação da armadura, que faz com que o aço quando oxidado, aumente seu volume, tracionando o concreto, causando assim, fissuras e futuramente a desagregação do concreto. Na mesoestrutura da ponte que são as travessas, sofreu esse tipo de patologia, a desagregação, causada pela oxidação da armadura, originada do baixo cobrimento da peça.

Nas Figuras 4a nota-se que a travessa já não apresenta mais o cobrimento na parte inferior, deixando a armadura oxidada exposta, todo o cobrimento que estava presente na parte inferior da travessa foi desprendido da peça, devido à oxidação da armadura. Segundo Zago (2019), a erosão ocorre quando há a extração dos agregados do concreto, causando aumento dos líquidos.

De acordo com Santos (2019), a eflorescência é o efeito de sais acumulados na superfície da estrutura, quando em contato com a água evaporam, causando manchas brancas. Dependendo da categoria dos sais presentes, essas manifestações podem apresentar aspectos diferentes.

A estrutura da ponte apresentou pontos de eflorescência localizada ao redor dos drenos (Figura 4b), onde foi proveniente do seu desgaste, fazendo com que a água escoasse na estrutura evaporando os sais e causando as manchas brancas. Devido a esse desgaste e umidade da superfície, surgiram vegetações em alguns drenos (Figura 4c).

Para Santos (2021), bolor é o crescimento de fungos na estrutura, eles podem se manifestar como manchas escuras, com tonalidade preta, marrom e verde, A umidade do ambiente é o fator principal para o aparecimento do bolor, mas a água é um dos principais fatores capazes de desenvolver os fungos. Em uma grande parte da estrutura da ponte apresentou fungos, devido à umidade do local, as manchas escuras (Figura 4d) de fungos foram localizadas no tabuleiro da estrutura.

Figura 4: Manifestações patológicas devida oxidação das armaduras e umidade na ponte.



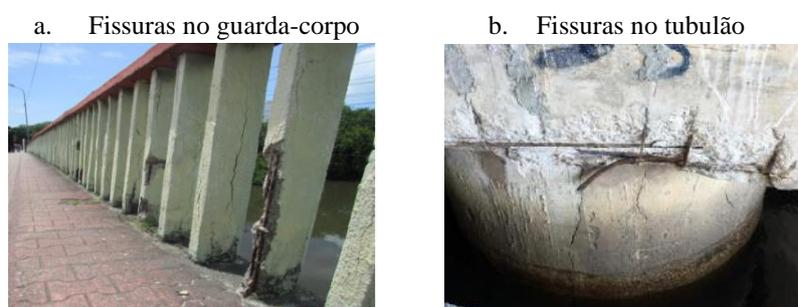
Fonte: Autores (2019).

Na Figura 4, observa-se na Figura 4 algumas das manifestações patológicas encontradas na ponte, como a desagregação do concreto, eflorescência que foram causadas devido à ausência dos drenos, vegetações, e fungos em grande parte da sua estrutura.

Segundo Batista (2022), as fissuras são um tipo de patologia muito comum em estruturas de concreto, para a sua classificação é preciso ter conhecimento da sua intensidade, origem e magnitude. O concreto tem uma baixa resistência a tração e no decorrer da vida estrutural da peça, irá fissurar por natureza. Para analisar uma estrutura fissurada é preciso fazer um mapeamento de toda a área fissurada, classificar a fissura como ativa, inativa ou estável. Para determinação das suas causas é preciso ter em mãos o mapeamento, e é um processo que requer muita atenção, pois é a partir das informações encontradas que será feito um planejamento da recuperação da peça, caso a identificação da causa esteja incorreta, as fissuras podem voltar a prejudicar a estrutura.

As fissuras são uma das patologias mais encontradas, elas podem interferir do desempenho da estrutura, podem ser causadas pelo elevado número de tensão que a estrutura está recebendo e não tem capacidade de suportar. Existem vários tipos de trincas e fissuras e a importância de cada uma requer identificar o tipo estrutural da obra, do tamanho de sua abertura, qual a sua localidade, sua origem, se ela sofre mudanças com o tempo ou com a passagem de cargas móveis, ou inativas. De acordo com Milagres (2019), as fissuras podem ser causadas pela variação de temperatura, carregamento, erros de execução, retração, agressividade do meio ambiente, entre outros motivos.

Figura 5: Fissuras na ponte do Derby.



Fonte: Autores (2019).

Como mostra a Figura 5, a ponte Estácio Coimbra apresentou fissuras em quase todos os guarda-corpo (Figura 5a), foram causadas pela falta de manutenção, não apresentando mais a mesma resistência e proteção adequada. Seus tubulões também apresentaram fissuras (Figura 5b), que podem ter sido provenientes da corrosão da armadura da peça.

3.2 Processo de Recuperação Estrutural da Ponte Estácio Coimbra

A EMLURB contratou a Empresa B & C Engenheiros Construtores Ltda, localizada em Recife, para a elaboração do projeto de recuperação estrutural da Ponte Estácio Coimbra. O projeto estrutural foi baseado no Relatório Técnico elaborado pela Empresa Tecomat Engenharia. Com o projeto aprovado, a EMLURB realizou a licitação da obra, tendo como vencedora da licitação a Empresa Jatobeton Engenharia Ltda. A obra teve início em março de 2019, com prazo de duração de um ano, com conclusão prevista para março de 2020.

O processo de recuperação estrutural da ponte foi executado nas seguintes etapas:

3.2.1 Superestrutura

O tabuleiro apresentou em sua superfície fungos em demasiada área, devido a isso foi realizado o processo de apicoamento (Figura 6a). O apicoamento apresenta como finalidade a remoção superficial do concreto, revestimento e cobrimento, dando uma maior aderência a área que será concretada. Pode ser executado de maneira manual ou mecânica, porém o mais indicado para ser utilizado na ponte foi o de maneira mecânica, pois em grandes áreas se tem uma maior trabalhabilidade. Depois do apicoamento é feita a limpeza da superfície com hidrojateamento. Em algumas áreas foi necessário fazer um apicoamento mais profundo, que apresentavam armaduras expostas oxidadas, sendo assim, manteve-se exposta para o seu devido tratamento. O tratamento utilizado foi a limpeza da armadura e aplicação do inibidor de corrosão, como pintura na armadura (Figura 6b). A próxima etapa do reforço no tabuleiro foi a aplicação da malha de ferro (Figura 6c), que tem como finalidade uma melhor aderência do concreto e diminuição do efeito de retração do concreto. Para a fixação da malha de ferro foi realizado furos na superfície com o auxílio de uma furadeira, em seguida foi utilizado a pistola Walsywa DFG-40 para a ancoragem da malha e logo após a utilização do epóxi em resina (Figura 6d) para melhor fixação.

Figura 6: Etapas de tratamento inicial na superestrutura.

a. Apicoamento do tabuleiro



b. Aplicação do inibidor de corrosão



c. Aplicação da malha de ferro



d. Fixação com epóxi da malha



Fonte: Autores (2019).

A Figura 6, apresenta parte das etapas do processo de recuperação estrutural da ponte Estácio Coimbra, os primeiros procedimentos realizados foram apicoamento, tratamento da armadura com inibidores de corrosão, fixação da malha de ferro, na qual foi fixada com epóxi em resina.

Com a superfície apicoada, limpa e com suas malhas de ferro já fixadas, começa o processo de lançamento do concreto projetado (Figura 7a). O concreto projetado é composto por cimento, areia e pedrita, o tipo de cimento utilizado na mistura é o CP II-F-32 RS, pois se trata de um ambiente muito agressivo com alto teor de sulfato e cloreto, a água utilizada na mistura deve ser limpa e isenta de teores prejudiciais de substâncias estranhas. Para o lançamento do concreto projetado, foi utilizado um espaçamento entre as mestras de dois metros e espessura de sete cm (Figura 7b) para um melhor cobrimento, já que a norma NBR 6118 (2014) especifica no mínimo cinco cm, porque a estrutura tem um grau de agressividade muito forte e localizada próximo à maré, sendo assim apresenta um risco de deterioração elevado. No tabuleiro também foi feita uma estrutura chamada

Pingadeira (Figura 7c), que serve para impedir que a água fluvial passe para a parte inferior da superfície do passeio, podendo causar eflorescência no concreto.

Com todo o substrato já acabado e com seu tempo de cura atingido, foi aplicado três demãos de pintura de proteção de superfície (Figura 7d), que agi como um impermeabilizante, reduzindo a porosidade do concreto. É ideal que antes da aplicação da pintura impermeabilizante, a superfície seja lavada, com a superfície seca foi aplicado a primeira demão, quando a primeira demão secou, aplicou-se a segunda demão e assim sucessivamente.

Figura 7: Etapas de lançamento de concreto e proteção.

a. Lançamento do concreto projetado



b. Distância da mestra



c. Confeção da pingadeira



d. Aplicação de pintura impermeabilizante



Fonte: Autores (2019).

A Figura 7, apresenta como foi realizado os procedimentos de lançamento do concreto, a confecção da pingadeira e a aplicação da pintura impermeabilizante.

3.2.2 Infraestrutura

A parte crucial da recuperação e reforço estrutural da ponte se dá através da infraestrutura chamada de tubulão. Para a recuperação foi implementada (Figura 8a) uma ensecadeira metálica conforme o diâmetro do tubulão. A ensecadeira tem por finalidade impedir com que a água chegue ao tubulão, permitindo assim um melhor acesso para os trabalhadores; ela passou por um processo de calafetagem, garantindo a não penetração da água.

Com a ensecadeira implementada, começa o processo de recuperação do tubulão, iniciando um apicoamento mais profundo nas fissuras expostas (Figura 8b), limpando toda a superfície com um jato de ar (Figura 8c), para colocação de mangueiras e injeção líquida de resina epóxi (Figura 8d), para o preenchimento das fissuras internas.

Figura 8: Primeiras etapas de recuperação da infraestrutura.

a. Ensecadeira implementada



b. Apicoamento das fissuras



c. Jateamento de ar nas fissuras



d. Injeção de resina epóxi líquida



Fonte: Autores (2019).

Na Figura 8, observa-se o processo de recuperação do tubulão, a princípio foi instalada uma ensecadeira para ter um melhor acesso a toda a estrutura da peça, para preenchimento das fissuras foi realizada primeiro o apicoamento, logo em seguida,

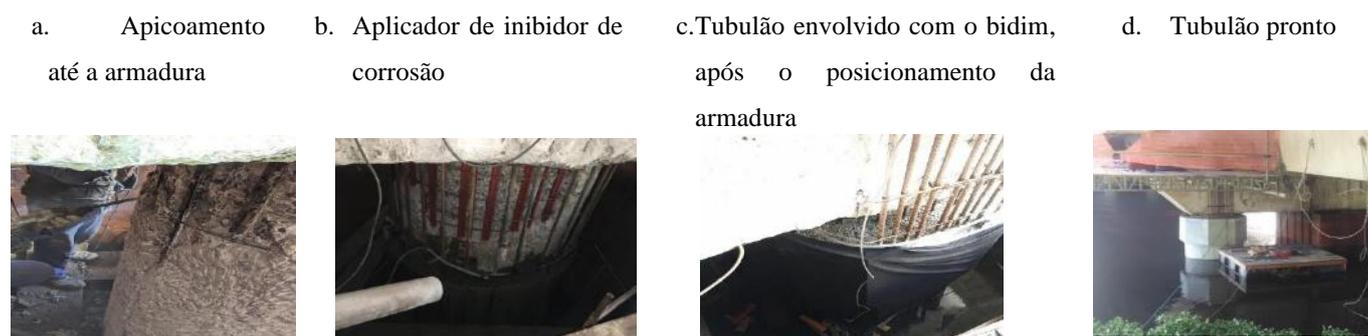
os preenchimentos dessas fissuras foram realizados pela injeção de resina epóxi, com um auxílio de mangueiras.

Posteriormente é feito o apicoamento de todo o comprimento do tubulão, sendo que em algumas partes o apicoamento é mais profundo até encontrar a armadura oxidadas (Figura 9a). Em seguida foi feita a limpeza da área apicoada com hidrojateamento, com toda a superfície devidamente limpa, aplicou-se o inibidor de corrosão (Figura 9b). Após o tratamento da armadura oxidada, começa o processo de reforço estrutural no tubulão, posicionando a nova armadura, segundo o projeto da ponte. Após o posicionamento de toda armação, foi realizado o lançamento do graute por duas fôrmas metálicas cilíndricas e uma fôrma de madeira com o formato octogonal todas com um metro de altura; antes da instalação das fôrmas foi aplicado um desmoldante.

O lançamento do graute é realizado por uma fôrma de cada vez e na junção das fôrmas é feito um processo de calafetagem para que todas as partes sejam totalmente vedadas, impedindo o vazamento do graute.

A seção cilíndrica do tubulão ficou com um cobrimento de 15 cm, adequando-se a NBR 6118 (2014), na parte octogonal o seu cobrimento foi de 25 cm, pois ela é responsável por interligar a armadura do tubulão e das travessas. Com o tubulão já concretado, começou o processo de umedecimento do concreto através de um tecido conhecido como bidim, envolvido em toda área concretada (Figura 9c), finalizado o processo de cura foi retirado o bidim e feita a remoção da ensecadeira (Figura 9d).

Figura 9: Primeiras etapas de recuperação da infraestrutura.



Fonte: Autores (2019).

Na Figura 9, apresenta as etapas de reforço estrutural do tubulão realizadas, começando pela identificação das armaduras que se encontravam oxidadas e realizando seu tratamento, logo após, foi posicionada as novas armaduras do reforço e feita sua concretagem.

3.2.3 Mesoestrutura

De acordo com Melo (2019), a mesoestrutura tem como função transmitir as cargas recebidas da superestrutura para a infraestrutura, através dos pilares, encontros e aparelhos de apoio que a compõem.

A mesoestrutura da ponte Estácio Coimbra (Ponte do Derby) é composta por uma travessa, também será feito a sua recuperação e reforço estrutural, pois é uma das partes mais danificadas da ponte devido à corrosão da armadura inferior, não apresentando mais nenhum cobrimento. Nela será realizado um apicoamento mais profundo nas fissuras para aplicação da resina líquida de epóxi, em seguida também é desempenhado um apicoamento geral no substrato da travessa, seguindo o mesmo procedimento do tubulão.

Na mesoestrutura foram executadas as perfurações dos furos para inserção da estrutura de console, o apicoamento das fissuras e colocação da mangueira para injeção da resina epóxi (Figura 10a). O console é um elemento estrutural que tem como uma das finalidades realizar o macaqueamento da ponte, para a troca do seu Neoprene (Figura 10b), localizado entre o tabuleiro

e a travessa.

De acordo com Marchetti (2018), o Neoprene é um aparelho de apoio que é constituído por de camadas de elastômero a base de policloropreno (Neoprene na Dupont) e chapas de aço, as camadas de elastômero protege o aço contra a corrosão.

A ponte é passiva de cargas que resultam em trepidações na estrutura, para o alívio dessas vibrações utiliza-se um elastômero, conhecido como neoprene cuja função é absorver os esforços horizontais e de rotação, e a estrutura de apoio recebem os esforços verticais.

Figura 10: Fissuras na ponte do Derby.

- a. Mangueira para injeção de Epóxi b. Neoprene da ponte



Fonte: Autores (2019).

Pode-se observar na Figura 10, que todas as fissuras da travessa foram preenchidas (Figura 10a) e o estado de conservação do aparelho de apoio (Figura 10b), o neoprene que se encontrava muito desgastado.

3.2.4 Recuperação do Guarda-Corpo e Passeio

A recuperação também foi feita no passeio e nos guarda-corpo. Todo o guarda-corpo foi substituído, pois a maioria encontrava-se desgastados e com armadura exposta e corroídas. Já no passeio será feito a substituição de todo o revestimento, pois houve um desgaste natural do passeio.

Desta forma, concluiu que um dos motivos das manifestações patológicas foi a falta de manutenção desta obra de arte, segundo moradores que residem há mais 40 de anos próximo à ponte, relataram que a mesma nunca obteve cuidados necessários para que não chegassem ao ponto de apresentar as manifestações patológicas citadas. Em 2019, sua estrutura foi recuperada e restaurada, pois as cargas recebidas são maiores do que as cargas de antes, devido ao aumento do tráfego de carros.

4. Considerações Finais

Considerando um dos objetivos deste trabalho em que a finalidade foi identificar as manifestações patológicas existentes na Ponte Estácio Coimbra (Ponte do Derby), pode-se observar que decorrente desta pesquisa a estrutura estava em um estado crítico, onde foi necessária uma manutenção corretiva, para que não viesse a acontecer o colapso da estrutura.

Foi realizado visitas ao local e feito registro fotográfico de todas as manifestações patológicas que a estrutura apresentava, dentre elas estão corrosão de armadura, fissuras, lixiviação e desagregação. Algumas peças estão com as armaduras expostas e corroídas, deixando de exercer os esforços necessários da estrutura.

Devida as manifestações patológicas encontradas e descritas neste artigo, foi realizada a recuperação de reforço estrutural da obra de arte, com todos os procedimentos descritos e necessários de maneira correta, com materiais de boa qualidade para aumentar a vida útil e durabilidade da estrutura. No entanto, é necessário que toda obra tenha manutenção e cuidado, para que além da vida útil e durabilidade, possa oferecer mais segurança e longevidade em sua estrutura.

Contudo, é de grande importância que todos os anos, a ponte passe por um acompanhamento estrutural e manutenção

preventiva, para que os órgãos responsáveis tenham conhecimento do estado de conservação que essa obra de arte se encontra a cada ano, e que caso precise de alguma intervenção ou uma manutenção corretiva, seja realizada o mais rápido possível, para que não haja maiores danos à sua estrutura, como também é uma obra de arte que pode ser bastante utilizadas para possíveis futuros estudos sobre manifestações patológicas em estruturas de concreto armado.

Agradecimentos

Este artigo é fruto do grupo de estudos da disciplina Degradação e Recuperação das Estruturas de Concreto do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade de Pernambuco.

Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2014). ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto-procedimento. ABNT.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2019). ABNT NBR 9452: Vistorias de pontes e viadutos de concreto. ABNT.
- Batista, C. C. P. (2022). Estudo das manifestações patológicas e técnicas de reparos nas estruturas dos reservatórios elevados da Cidade de São José de Piranhas/PB (Bachelor's thesis).
- Bolina, F. L., Tutikian, B. F., & Helene, P. (2019). Patologia de estruturas. Oficina de Textos.
- Camargo, R. G. (2017). Estudo de patologia em concreto armado e proposta de soluções: análise de caixa de areia no sistema de tratamento de efluentes em uma cooperativa de laticínios.
- da Silva, J. C., & dos Santos, B. (2017). Patologia em pontes-estudo de caso em patologias da ponte Pedro Ivo Campos e orientação de reforma. Engenharia Civil-Pedra Branca.
- Emlurb. (2018). Relatório técnico. Ponte Estácio Coimbra.
- Fioriti, C. F., Christófani, M. P. H., Tsutsumoto, N. Y., & Okimoto, F. S. (2017). Um Estudo das Manifestações Patológicas em Vigas e Lajes de Concreto: Edificações da FCT/UNESP. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, 2(3).
- Gaspar, M. M. (2021). Estudo de caso: análise de patologias, recuperação e reparo em estrutura de concreto armado em ambiente marítimo (Bachelor's thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte).
- Marchetti, O. (2018). Pontes de concreto armado. Editora Blucher.
- Marsico, M. L., de Medeiros, R., Delatorre, V., Costella, M. F., & Jacoski, C. A. (2017). Aplicação de BIM na compatibilização de projetos de edificações. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, 9(17), 19-41.
- Melo, F. S. V. D. (2019). Estudo das condições gerais da ponte Piquet Carneiro no município de Icó/CE: estudo de caso.
- Milagres, E. A. (2019). Retração e secagem do concreto: estudo da retração do concreto e o aparecimento de patologias.
- Monteiro, D. K. (2020). Retroanálise, inspeção e recuperação de pontes rodoviárias: estudo de caso-Ponte sobre o Rio das Pedras-Areia Branca/SE.
- Oliveira, M. R., Oliveira, T. N., & Araújo, S. C. (2019, November). Patologias nas edificações, seu diagnóstico, e suas causas. In Anais Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar (ISSN-2527-2500) & Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar.
- Prandov, C. C., & Freitas, E. C. D. (2013). Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. Universidade FEEVALE. (2ª ed.), 1-277.
- Santos, F. P. S. L. D. (2017). Técnicas de recuperação e reforço de estruturas de concreto armado.
- Santos, B. S. (2019). Análise de manifestações patológicas incidentes em reservatório semienterrado executado em concreto armado na cidade de Pariconha: estudo de caso.
- Santos, K. S. D. (2021). Análise das condições de desenvolvimento de fungos em edificações-uma revisão da literatura.
- Tecomat Engenharia. (2019). Laudo técnico de inspeção.
- Vasconcelos, F. D. O. (2018). Análise das manifestações patológicas em pontes de concreto armado: estudo de caso.
- Zago, S. D. C. (2019). Avaliação da durabilidade do concreto da construção civil com a utilização de agregados de escória de aciaria LD (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).