

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO VIADUTO DO CAFÉ - SÃO LUÍS - MA

[\[ver artigo online\]](#)

Leda Antonia Brandão BORGES¹

Ronnan Wembles Martins BARREIRA²

Ronielle gomes ARAUJO³

Felipe Matias do Nascimento CARDOSO⁴

Wandersson Lima PINHEIRO⁵

Diovana LANGNER⁶

RESUMO

O presente artigo baseou-se em uma inspeção visual, fundamentada em registros fotográficos realizados no Viaduto do Café em São Luís – MA, cujo objetivo foi identificar as manifestações patológicas, discorrer sobre as possíveis causas, assim como propor algumas soluções para prolongar a vida útil dessa estrutura. A metodologia empregada inicialmente foi a realização de um levantamento bibliográfico, com ênfase especial à patologia de estruturas de concreto, englobando causas, forma de manifestação, prevenção, cuidados especiais e manutenção, foi realizada inspeção no local para documentar através de fotografias a real situação da estrutura. Foram catalogadas as mais comuns manifestações patológicas na estrutura, além de propor técnicas de reparo para que possa prolongar a vida útil da estrutura.

Palavras-chave: Estrutura, Patologias, Viadutos.

ANALYSIS OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN THE CAFÉ VIADUCT - SÃO LUÍS - MA

ABSTRACT

This article was based on a visual inspection, based on photographic records carried out at Viaduto do Café in São Luís - MA, whose objective was to identify the pathologies, discuss the possible causes, as well as propose some solutions to prolong the useful life of this vehicle structure. The methodology initially used was to carry out a bibliographic survey, with special emphasis on the pathology of concrete structures, encompassing causes, form of manifestation, prevention, special care and maintenance. structure. The most common pathologies in the structure were cataloged, in addition to proposing repair techniques so that the useful life of the structure can be extended.

Keywords: Structure, Pathologies, Viaducts.

1 Graduada do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão - UFMA. São Luís - MA. E-mail: ledaabborges@gmail.com

2 Mestrando em Estrutura e Materiais da Universidade Federal do Pará - UFPA. Belém - PA. E-mail: ronnan-wmb@hotmail.com

3 Graduada do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão - UFMA. São Luís - MA. E-mail: roni.elle@hotmail.com

4 Mestrando em Estrutura e Materiais da Universidade Federal do Pará - UFPA. Belém - PA. E-mail: felipeufmadebalsass@gmail.com

5 Graduado do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão - UFMA. São Luís - MA. E-mail: wandersson.lima@hotmail.com

6 Graduada do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Maranhão - CEUMA. São Luís - MA. E-mail: diovanalangner@hotmail.com



INTRODUÇÃO

A durabilidade das estruturas de concreto depende de vários fatores ligados à fase de projeto, produção e caracterização dos insumos, preparação do concreto, execução da estrutura, manutenções preventiva e corretiva e sua exposição ao longo do tempo, em um dado ambiente. Segundo a norma de desempenho (ABNT, 2013), a Vida Útil do Projeto (VUP) mínima para estruturas de concreto deve ser igual ou superior a 50 anos.

Devido à falta de manutenção preventiva e corretivas, as estruturas de concreto armado vão se deteriorando, ocasionado, assim, diversos tipos de manifestações patológicas, onde essas não resolvidas, podem levar a estrutura ao colapso. Um exemplo ocorreu em Brasília no dia seis de fevereiro de 2018 onde parte de um viaduto desabou, uma tragédia anunciada há, pelo menos, nove anos. Em 2009, relatório feito pelo Sindicato de Engenharia e Arquitetura (SINAENCO) apontava a necessidade de reparos "com urgência" no trecho e em outros oito viadutos e pontes, G1(2018).

De maneira análoga, em São Luís alguns viadutos apresentam marcas da falta de manutenção, fato esse que leva risco ao pedestre, ciclistas, motoristas, etc. Dentre todos os viadutos de São Luís, destaca-se o Viaduto do Café pela sua importância na interligação de vários bairros. O fato da cidade de São Luís ser uma ilha acaba acelerando a degradação das estruturas de concreto, pois o ar possui grande quantidade de íons cloreto o que acarreta em várias manifestações patológicas estruturais como a corrosão.

PATOLOGIA

Segundo Helene (1992), Patologia pode ser entendida como a parte da Engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõe o estudo e o diagnóstico do problema.

Conforme Souza e Ripper (1998), designa-se genericamente por **PATOLOGIA DAS ESTRUTURAS** esse novo campo da Engenharia das Construções que se ocupa

do estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas.

As manifestações patológicas que resultam na deterioração de estruturas como as de um viaduto ou pontes que são considerados como um equipamento público, são bem difíceis de serem executados os reparos por estarem envolvidos outros fatores externos como inconvenientes de trânsito, deslocamento de pessoas, dentre outros fatores que tornam difíceis os reparos.

Há alguns fatores que podem acelerar o processo de degradação natural das estruturas de concreto armado, como, por exemplo, falha na concepção do projeto de estrutura. Segundo Souza e Ripper (1998), elas podem se originar durante o estudo preliminar (lançamento da estrutura), na execução do anteprojeto, ou durante a elaboração do projeto de execução, também chamado de projeto final de engenharia.

Principais manifestações patológicas em viadutos: Ao se analisar uma estrutura de concreto "doente" é absolutamente necessário entender o porquê do surgimento e do desenvolvimento da doença, buscando esclarecer as causas, antes da prescrição e consequente aplicação da terapia correta. O conhecimento das origens da deterioração é indispensável, não apenas para que se possa proceder aos reparos exigidos, mas também para se garantir que, após reparada, a estrutura não volte a se deteriorar.

No entendimento de Helene (1992), os sintomas mais comuns, de maior incidência nas estruturas de concreto aparente, são as fissuras, as eflorescências, as flechas excessivas, as manchas no concreto aparente, a corrosão de estruturas os ninhos de concretagem.

Corrosão de armaduras: Segundo Helene (1986), a corrosão é uma interação destrutiva entre um material e o ambiente que está inserido por meio de reação química ou eletroquímica, que pode ocorrer em meio aquoso. A corrosão acontece quando é formado uma película de eletrólito sobre a superfície dos fios ou barras de aço. Essa película é causada pela presença de umidade no concreto, salvo situações especiais e muito raras, tais como dentro de estufas ou sob ação de elevadas temperaturas ($> 80^{\circ}\text{C}$) e em ambientes de baixa umidade relativa ($\text{U.R.} < 50\%$).

Segundo Santos (2015), a proteção da armadura contra a corrosão eletroquímica é garantida pela camada física de concreto (cobrimento), que impede o contato direto com o ambiente e pela barreira química que consiste na alcalinidade do concreto devido à presença de hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) resultante das reações de hidratação do cimento.

A ação do anidrido carbônico (CO_2), presente na atmosfera principalmente em zonas urbanas, manifesta-se pelo transporte deste para dentro dos poros do concreto. O anidrido carbônico reage com o hidróxido de cálcio (existente na água do concreto) e forma o carbonato de cálcio, elemento esse responsável pela carbonatação do concreto. Quanto maior for a concentração de CO_2 presente nas reações, mais espessa será a camada de concreto carbonatada. Em decorrência da porosidade do concreto a carbonatação pode atingir a armadura, corroendo-a.

Conforme Souza e Ripper (1998), nos casos em que a abertura das fissuras seja significativa ($w > 0,4$ mm), a penetração da carbonatação é acelerada, seguindo a orientação dada pela direção das fendas, para o interior do concreto e rumo às barras da armadura, implantando, inevitavelmente, a corrosão. Daí, fica claro que, se o concreto estiver totalmente saturado, não poderá ficar carbonatado, posto que a difusão do CO_2 só é possível através dos poros do concreto. Em geral, considera-se que se houver 0,5% a 1% (em volume) de água nos poros do concreto, a carbonatação já não é possível.

Fissuras: As causas de fissuração no concreto são decorrentes de vários fatores como movimentações térmicas ou até mesmo do tipo de cimentos usado na construção dos empreendimentos.

Segundo DNIT (2010), às trincas e fissuras podem ser de diferentes tipos e sua importância depende do tipo estrutural da obra, da sua localização, de sua origem, de sua abertura e de serem ativas, quando comprimento e abertura aumentam com o tempo e/ou a passagem das cargas móveis, ou inativas, quando estes fatores não causam modificações nas trincas e fissuras.

Conforme Souza e Ripper (1998), o tratamento de peças fissuradas está diretamente ligado à perfeita identificação da causa da fissuração, ou, dito de outra

forma, do tipo de fissura com que se está a lidar, particularmente no que diz respeito à atividade (variação de espessura) ou não da mesma, e da necessidade ou não de se executar reforços estruturais (casos em que as fissuras resultam de menor capacidade resistente da peça). De acordo com as causas das fissuras e espessuras a escolha das terapias poderão ser variadas.

Eflorescências: É o produto formado pela reação química da água, provida da chuva ou do solo, que ao infiltrar mantendo o contato com sais solúveis, estes são dissolvidos e migram para a superfície, onde a água evapora, resultando na formação de depósitos salinos na superfície das alvenarias, concretos ou argamassas (GRANATO, 2002).

Machas de umidade: Filho e Campos (2017), as manchas decorrentes da umidade em uma Obra de Arte Especial, em geral, decorrem da falta de estanqueidade de elementos como juntas de dilatação ou de problemas no sistema de drenagem como falta de pingadeiras, limpeza de drenos entupidos, buzinotes quebrados e etc. As consequências dessa manifestação variam desde alterações estéticas até comprometimento de elementos estruturais, como, por exemplo, favorecimento da corrosão da armadura.

Juntas de dilatação e aparelhos de apoio: São elementos determinantes para o desempenho de obras de arte especiais. De acordo com Souza e Ripper (1998), a ausência ou a má utilização de juntas de dilatação nas estruturas (quer em peças de concreto armado, quer nas de alvenaria estrutural) é um dos fatores que, invariavelmente, lhes trazem problemas, em particular como resultado do comportamento reológico do concreto.

Recalque do aterro de aproximação: De acordo com Paiva (2011), na aproximação de pontes ou viadutos é comum verificar um desnível entre o pavimento e o tabuleiro da obra de arte especial, causado pelo maior deslocamento vertical do

pavimento em relação à ponte ou viaduto, promovendo o efeito de solavanco nos veículos que trafegam pela rodovia ao entrar ou sair de uma obra de arte.

Mesmo que a compactação do aterro tenha ocorrida de forma correta, a estrutura ainda é passível de ocorrer acomodações. Segundo Paiva (2011), apesar de todas as preocupações na execução do aterro na aproximação da obra de arte especial, o pavimento que acaba sendo executado sobre o aterro das cabeceiras, que na maioria dos casos, apresentam uma compactação inadequada nas camadas, pois o equipamento de compactação evita se aproximar da estrutura, a fim de evitar danos na estrutura na proximidade do encontro.

Desgaste e buracos no pavimento: O desgaste progressivo em pavimentos de acordo com a norma do DNIT (005/2003), é um feito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego.

Já os buracos e afundamentos conforme a norma do DNIT (005/2003), é uma deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.

Os buracos são cavidade que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas), podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas.

Desgaste superficial do concreto: O desgaste superficial pode ter várias origens mas podemos citar duas principais:

O uso contínuo das superfícies sujeitas ao tráfego de veículos e pedestre comumente chamada de abrasão por atrito.

Ninhos de concretagem: No entendimento do DNIT (2004), os ninhos, são espaços vazios que podem estar presentes dentro da massa de concreto; são causados por inadequada vibração e adensamento durante a construção, resultando

na segregação do agregado graúdo, que se separa do agregado miúdo e da pasta de cimento.

Degradação química: Segundo o DNIT (2004), a água, o oxigênio e os íons de cloreto desempenham papéis importantes de degradação química e na corrosão das armaduras e fissuração do concreto; daí resulta a necessidade de limitar e controlar a permeabilidade do concreto, dos conteúdos máximos de cloretos permissíveis no cimento, bem como efetuar adensamento e cura adequados na execução do concreto.

Em regiões litorâneas a degradação química tem maior incidência em estruturas metálicas e de concreto, em decorrência da nevoa salina vinda do mar, e pelas reações de ácidos e sais presentes na atmosfera.

METODOLOGIA

Inicialmente ocorreram os levantamentos de informações sobre as manifestações patológicas em estruturas, através de pesquisas em livros, revistas e artigos acadêmicos relacionados ao tema. Em seguida foram realizadas visitas ao viaduto do Café, em São Luís, a inspeção se deu apenas de forma visual, sem auxílio de equipamentos ou ensaios. E por fim, a última etapa foi analisar as informações coletadas, diagnosticando as possíveis causas dessas patologias e quais reparos podem ser adotados para recuperar esta estrutura.

CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA

A obra de arte estudada transpõe Av. dos Franceses e compõe a Av. João Pessoa é um equipamento público que interliga vários bairros de São Luís, possui o sistema construtivo em concreto armado. A estrutura é composta por tabuleiro, vigas longitudinais metálicas, seis pilares com seção retangular, aparelhos de apoios, juntas de dilatação, dois aterros, pavimento asfáltico, além de sistema de proteção. A estrutura tem cerca de 56 metros de extensão e 18,40 metros de largura, as medidas foram realizadas indiretamente por meio de programa computacional, o viaduto foi construído no governo de Epitácio Cafeteira (1987-1990) e fica localizado no Bairro Outeiro da Cruz em São Luís – MA, assim como pode ser evidenciado na Figura 1.

Figura 1- Viaduto do Café – São Luís – MA.



Fonte: BARREIRA, 2022.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da inspeção, constataram-se algumas manifestações patológicas no viaduto, como o deslocamento do concreto ocasionado pelos produtos expansivos da corrosão da armadura que ocorre quando a tensão limite de tração do concreto é superada pelas tensões geradas pelos produtos expansivos, conforme Cascudo e Helene (2001), a fissuração do concreto em direções paralelas à armadura corroída. A evolução dessas fissuras acarreta no deslocamento do concreto de cobrimento, podendo ser verificada na Figura 2 o deslocamento do concreto.

Figura 2 - Deslocamento do concreto



Fonte: BARREIRA, 2022.

Uma possível técnica de reparo é a remoção do material deteriorado e restauração da peça. De acordo com Helene (1986), é necessário, primeiramente, retirar a área de concreto manchada devido ao processo de corrosão com o auxílio de um escafificador manual ou mecânico. Em seguida, retiram-se os produtos de corrosão com lixa de ferro e reconstrói-se a peça com um material de consistência plástica, como, por exemplo, concreto ou argamassa que permitam que a estrutura trabalhe de forma monolítica.

Devido a estrutura já apresentar cerca de trinta anos já houve intervenções pontuais na sua estrutura, como, por exemplo, a recomposição de um dos seus aterros das suas cabeceiras e em sua passarela, no entanto a estrutura ainda necessita de um maior estudo de recuperação, já que ainda apresenta patologias como corrosão das armaduras.

O tratamento da corrosão assemelha-se ao do deslocamento, no entanto, dependendo da intensidade da corrosão da armadura, haverá a necessidade de substituição de algumas barras de aço através do apicoamento podendo ser mecânico ou manual e a escolha do processo depende da profundidade do concreto que se deseja remover e do grau de rugosidade e homogeneidade. Há em alguns casos que somente o tratamento químico da armadura não irá resolver o problema.

De acordo com Souza e Ripper (1998), o corte de concreto justifica-se sempre que houver corrosão do aço das armaduras, já implantada ou com possibilidades de vir a acontecer, como no caso de concreto segregado, e deve garantir, não só a remoção integral do concreto degradado, como também a futura imersão das barras em meio alcalino. Para tanto, o corte deverá ir além das armaduras, em profundidade, pelo menos 2 cm ou o diâmetro das barras da armadura, devendo-se atender à mais desfavorável das situações, caso a caso. Observa-se na Figura 3 a corrosão na armadura.

Figura 3 - Corrosão na armadura.



Fonte: BARREIRA, 2022.

O processo de eflorescência pode ser evidenciado por boa parte da estrutura, como mostra a figura 4, correspondente a essa parte esbranquiçada da superfície da laje. Segundo Mehta e Monteiro (1994), esta manifestação ocorre através do processo de carreamento do hidróxido de cálcio pela água que infiltra no interior do concreto, geralmente em caminhos preferenciais, como os proporcionados por fissuras.

Figura 4 – Corrosão e eflorescência na laje.



Fonte: BARREIRA, 2022.

Para realizar o reparo da estrutura, de acordo com Souza e Ripper (1998), precisa-se limpar a superfície através da técnica de escovação e lixamento manual ou mecânica, por meio de equipamentos como lixas manuais ou mecânicas, além de realizar a limpeza com jato simples de ar, pincel macio ou com jatos d'água aplicados com equipamento de alta pressão. Recomenda-se também, realizar o reparo parte que apresenta corrosão já mencionada anteriormente.

CONCLUSÃO

Devido à estrutura estudada estar localizada em uma área litorânea, a cidade de São Luís, os problemas patológicos podem ter se desencadeado pelo ambiente em que a estrutura está inserida, ou pelo menos isto agrava a situação.

É importante ressaltar que técnicas de reparo propostas estão condizentes com normas e recomendações bibliográficas, porém não são as únicas possíveis de serem realizadas para a melhoria do desempenho da Obra de Arte Especial.

Dentre as manifestações citadas, existem manifestações devido a vícios construtivos da época de concepção da estrutura, e os gerados pela ação do tempo,

ocasionando entre eles problemas estruturais. Os reparos propostos para os casos de manifestações consequentes da falta de manutenção são os que promovem reabilitação efetiva da estrutura nestes quesitos.

As principais patologias encontradas foram deslocamento do concreto, corrosão de armadura e eflorescência. Presentes principalmente na laje, os problemas que potencialmente atingiram a estrutura poderiam ser evitados se tivessem tido cuidado mais rigoroso na confecção de projetos, na especificação e escolha dos materiais utilizados e de sua manutenção preventiva, tais atitudes poderiam reduzir ou até extinguir a presença de patologias estrutura.

No caso das fissuras, é recomendado que fossem realizados os reparos assim que as mesmas tinham aparecidas. Isso evitaria que elas se tornassem caminhos preferenciais para percolação de fluídos pela estrutura, podendo desencadear outros problemas, como eflorescências, manchas de umidade e até processos corrosivos.

Como a estrutura já apresenta corrosão é muito importante que o reparo corretivo seja realizado, o mais breve possível, verificando se há a necessidade de realizar a substituição de alguma armadura, para que a estrutura não represente risco a todos que fazem uso dela.

Assim, pode-se observa que essa área de estudo tem um grau de importância no ramo da engenharia. Sugere-se que mais pesquisas sejam desenvolvidas sobre esse tema, levando-se em consideração a evolução da sociedade e do mercado, bem como os principais autores da área de engenharia civil.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) **NBR 15.575-1**: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

CASCUDO, O. e HELENE, P.R.L. **Resistência à corrosão no concreto dos tipos de armaduras brasileiras para concreto armado**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2001.

DNIT (005/2003). **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologias**. Rio de Janeiro, aprovada em 2003.

DNIT. **Manual de Inspeções de Pontes Rodoviárias**. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2004.

DNIT. **Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: http://ipr.dnit.gov.br/normas-emanuais/manuais/documentos/744_manual_recuperacao_pontes_viadutos.pdf. Acesso em: 30 Jun. 2017.

FILHO, M. L. S.; CAMPOS, G. R. **Análise de manifestações patológicas em obras de Arte especiais - estudo de caso e propostas de Recuperação**. Revista Técnico-Científica do CREA-PR - ISSN 2358-5420 – Ed. Especial – Setembro de 2017.

G1, **viaduto que caiu no DF já precisava de manutenção em 2009**, disponível em: <<https://g1.globo.com/df/distrito-federal/noticia/viaduto-que-caiu-no-df-ja-precisava-de-manutencao-em-2009-diz-relatorio.ghtml>> acesso em 10 de junho de 2018

GRANATO, José Eduardo. **Patologias das construções**. São Paulo, 2002. 250 p. Apostila.

HELENE, P. R.L. **Corrosão em armaduras para concreto armado**. São Paulo: Editora Pini– Instituto de pesquisas Tecnológicas IPT, 1986.

HELENE, P. R.L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo: Editora Pini, 1992.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**, Tradução de Paulo Helene et al. 1. ed. São Paulo: Editora PINI (580p. ISBN 85- 7266-040-2), 1994.

PAIVA, C.E.L. **Considerações na execução de aproximações de Obra de Arte Especial**. CONINFRA 2011 – 5º Congresso de Infraestruturas de Transportes. São Paulo, 2011.

SANTOS, A V.B. **Corrosão de armadura em estruturas de concreto devido à Carbonatação.** Revista Especialize On-line, Ed nº 10, Vol. 01/ 2015. dez. 2015. ISSN 2179-5568. Goiânia: IPOG, 2015.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** Pini, 1998.