

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE PONTES DE CONCRETO

ANALYSIS OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN CONCRETE BRIDGE STRUCTURES

Leonardo Moreira Santana¹
Lázaro Lourenço Neto²
Fernanda Fonseca Lima³

RESUMO

A falta de políticas e planos governamentais, direcionados para a conservação das obras públicas, tornam os responsáveis por essas obras preocupados apenas com a execução, ignorando qualquer precedência para os assuntos relacionados à conservação dessas obras. As estruturas de concreto armado têm motivado uma grande gama de pesquisas no quesito durabilidade, quando leva-se em consideração o elevado custo e os reparos, como acontece no caso das pontes, a interdição causada pela necessidade dos serviços de recuperação destas, acabam causando prejuízos. Casos que evidenciam isso são as pontes componentes da malha viária brasileira. Nesse sentido, esse artigo tem como objeto a análise de manifestações patológicas em estruturas de pontes em concreto, a fim de classificar a durabilidade e conservação dessas. Observa-se que as manifestações patológicas identificadas ocorrem através dos danos sofridos na superestrutura, indicando que, a maioria das pontes, necessitam de reparos nos elementos estudados nesta pesquisa.

PALAVRAS-CHAVE: Pontes de concreto; Patologias; Estruturas de concreto.

ABSTRACT

Lacking of government policies and plans aimed at the conservation of public works making those responsible for these works only concerned with the execution, ignoring any precedence for matters related to the conservation of these works. Reinforced concrete structures have motivated a wide range of research in terms of durability, when taking into account the high cost and repairs, as in the case of bridges, the interdiction caused by the need for recovery services for these, end up causing damages. Cases that show this are the bridges that make up the Brazilian road network. In this sense, this article aims to analyze pathological manifestations in concrete bridge structures, in order to classify their durability and conservation. It is observed that the pathological manifestations identified occur through the damage suffered in the superstructure, indicating that most bridges need repairs in the elements studied in this research.

¹ Engenheiro Civil, Especialista Estruturas e Fundações, Mestre em Engenharia de Barragens e Gestão Ambiental (PEBGA/UFPA), Professor nos cursos de Engenharia Civil, Agronomia e Zootecnia do IESC/FAG. E-mail: leomoreiraeng.civil@gmail.com

² Estudante de Engenharia Civil, do Instituto Educacional Santa Catarina – Faculdade Guaraí (IESC/FAG). E-mail: lazarol.neto@hotmail.com

³ Engenheira Civil, Especialista em Estruturas e Fundações, Mestranda em Estruturas (PPGINDE/UFPA) e Empresária. E-mail: fernandafonsecalima19@gmail.com

KEYWORDS: Concrete bridges; Pathologies; Concrete structures.

INTRODUÇÃO

Atualmente observa-se que uma grande quantidade das estruturas de concreto armado apresenta problemas relacionados à corrosão das armaduras, isso se deve, principalmente, à carbonatação do concreto. A compreensão de como as propriedades do concreto e dos fatores ambientais influenciam na carbonatação de estruturas reais é de importância significativa para a garantia da durabilidade das estruturas.

A grande incidência de casos de obras deterioradas tem, inclusive, levado ao aprofundamento das normas nos aspectos relacionados à durabilidade e a vida útil das estruturas. O custo com intervenções estruturais, necessárias para a recuperação das estruturas com problemas patológicos, é bastante elevado.

Estes problemas patológicos ocorrem, em grande parte, por falhas em projetos e planejamento das edificações. Estudos indicam que, aproximadamente, 50% dos problemas identificados em estruturas de concreto armado são originários de falhas na etapa de projeto e concepção (CARDOSO, 2018).

As obras de artes especiais, sobretudo as pontes, desempenham um papel fundamental no contexto em que estão inseridas. Estão sujeitas à ação de diversas patologias da construção, desempenhando em função do seu uso contínuo e da falta de programas preventivos de manutenção em grande parte dos casos, consistindo assim, em parte essencial de muitos sistemas viários em todo o mundo e, no entanto, apresentam problemas de ordem estrutural que necessitam de solução emergencial.

A carência de um costume de manutenção, principalmente a preventiva, ocasiona que a administração responsável pelas obras públicas dá um maior foco apenas a execução, gastando demasiada energia, recurso e tempo, não tendo maiores cuidados com questões referentes à conservação. Acontece que no Brasil tal cultura é ainda uma ideologia a ser melhor aprendida. A falta de estratégias e políticas direcionada a conservação abrem margem para consequências de maior gravidade, especialmente aos riscos provocados aos usuários, pelos incidentes estruturais.

A ausência de manutenção preventiva na ponte do Jacuba, localizada em Araguaína - Tocantins, requer um estudo sobre a real condição dessa obra, de forma que sua fiscalização possa vir a evitar problemas maiores, com risco aos que usufruem de sua passagem. Não obstante, quais as condições reais que apresentam na estrutura de concreto armado dessa ponte?

Devemos considerar, conjuntamente, que a demora em se iniciar a manutenção transforma os reparos, outrora simples, em coisas grandiosas que depreendem de muito trabalho e custo financeiro. Tal ocorrência toma proporções mais grandiosas quando situadas nas obras mais antigas, que em seu início foram planejadas para resistir à valores de carregamentos que não coincidem com o que estão suportando agora.

O objetivo desse estudo é avaliar as condições estruturais na ponte na TO-222, sobre o Córrego Jacuba, nos limites do município de Araguaína - Babaçulândia, com sua estrutura em concreto armado, por apresentar pequenos vãos, e sem obter

a um longo tempo uma manutenção adequada.⁴

Foi verificado que após a vistoria realizada, o avançado estado de degradação estrutural de uma grande parte da ponte, provavelmente causado pela falta de manutenção ao longo do tempo. Ela se encontra em um terrível estado de conservação, com diversas patologias presentes, enfatizando a corrosão das armaduras e deslocamento do concreto, contudo, devido às limitações resultantes da falta de informações e documentações que seriam de extrema relevância para nosso estudo, nossa avaliação se manteve apegado ao que nos era exposto.

METODOLOGIA

As análises patológicas das estruturas de pontes demandam procedimentos de inspeção e avaliação que dependerão do tipo e porte da construção. Além disso, devem ser estabelecidos procedimentos e métodos padrão, no sentido de sistematizar as avaliações estruturais.

Para realizar a análise das pontes de estruturas de concreto foram realizadas vistorias “in loco” de diversas pontes de até 30 metros de comprimento, a maioria de mesmo tipo e modelo, com a finalidade de fazer um levantamento geral da real situação e características das estruturas dessas pontes. A análise visa identificar pontos críticos, como: fissuras, desgastes naturais (consequência das intempéries), variação do nível do curso d’água.

Nesse contexto, emergem as linhas de pesquisa em Patologia Estrutural segundo Lourenço *et al* (2009), essa área abrange a formação de bases teóricas na identificação de anomalias e na recuperação estrutural, associada à elaboração de modelos e metodologias práticas de avaliação estrutural.

De modo geral, Vítório (2015) nos assegura que tal avaliação, quando necessária, é feita de acordo com as peculiaridades de cada situação que se apresenta e, também, conforme as experiências e conhecimentos dos engenheiros especializados em projetos e execução de pontes e viadutos.

Como nos alegam Vítório e Barros (2013), para a elaboração de projetos de recuperação, alargamento e reforço de pontes rodoviárias é de fundamental importância o conhecimento das condições de estabilidade das obras originais, de modo a permitir a melhor escolha possível dentre as premissas e os métodos que serão adotados para garantir as condições de segurança e funcionalidade após as intervenções.

Cada tipo de patologia existente em pontes possui natureza variada, que quando não tratada adequadamente, compromete a funcionalidade da estrutura. Uma possível explicação para o desenvolvimento de patologias em uma estrutura é ocorrência de falhas e incorreções em uma das etapas de construção (BARBOSA, *et. al.*, 2017).

Para a realização deste estudo foi feita inspeções realizadas de forma visual, fazendo uso de registro fotográfico, detectando as prováveis patologias e suas causas. As informações adquiridas através das inspeções forneceram informações como comprimento, largura, componentes presentes na ponte e o tipo de estrutura, sendo realizada de forma minuciosa nas condições atuais da ponte e identificadas as patologias ali presentes de acordo com as patologias apresentadas na literatura.

⁴ Nota: As informações contidas neste artigo são resguardadas pelas Lei de Acesso Informação, Lei nº12.567 de Novembro de 2011.

A inspeção visual exige conhecimento dos tipos de patologias que podem surgir em estruturas de acordo com material empregado e a atenção para diversas características que a estrutura pode apresentar conforme descrito a seguir (MATOS *et al.*, 2018).

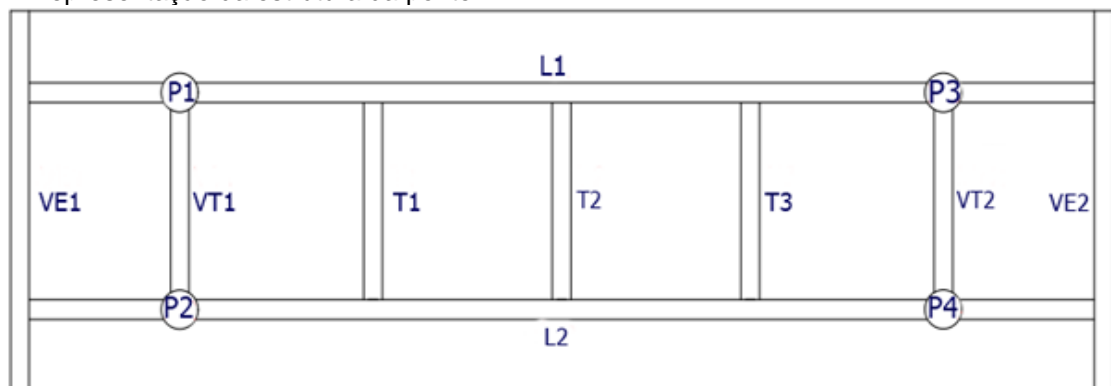
- a) Fissuras no concreto paralelas à armadura;
- b) Fragmentação e descolamento do concreto de cobrimento;
- c) Lascamento do concreto;
- d) Exposição de armaduras corroídas;
- e) Acúmulo de produtos de corrosão nas armaduras expostas, formando crostas;
- f) Visível perda de seção das armaduras;
- g) Comprometimento da aderência barra-concreto;
- h) Flambagem das armaduras longitudinais de pilares;
- i) Manchas de ferrugem na superfície do concreto, denotando a migração dos produtos de corrosão;
- j) Deformações estruturais próximas a áreas com manifestações de corrosão.

Diante do estudo *in loco*, são apresentadas sugestões sobre possíveis medidas de correção dos problemas encontrados. Além disso, é feita uma discussão acerca da medida de reforço sugerida, apresentando suas principais características.

RESULTADO E DISCUSSÃO

As pontes em estudo possuem uma extensão de 25,50 m e largura de 8,31m, executadas sobre pequenos rios e nascentes. As pontes possuem tabuleiro superior, aparentemente de concreto armado com duas longarinas, duas vigas de travamento e três transversinas, formando no total 5 vãos variáveis entre si, sendo três entre as transversinas com distância de 4,14 m e dois vãos de 3,70 m, além de 4 pilares com diâmetro de 0,85 m.

Figura 1 - Representação da estrutura da ponte.



LEGENDA

L - Longarina T - Transversina P - Pilar VT - Viga de travamento VE - Viga externa

Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2019).

Figura 2 - Vista superior de uma das pontes em estudo.



Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2019).

Inicialmente se pensava que a durabilidade do concreto armado em estruturas era ilimitada devido à proteção química e a barreira física que o concreto confere ao aço. A constatação que as estruturas de concreto, mesmo as mais bem projetadas e construídas, estão sujeitas a ocorrência de deteriorações, tem levado a buscas, cada vez mais frequentes, do aperfeiçoamento dos conceitos relacionados à durabilidade e a vida útil das estruturas. Atualmente, sabe-se que as estruturas são sujeitas à ação de agentes agressivos existentes no meio, que interagem com o concreto, causando a deterioração.

Durabilidade, segundo o CIB W 80 (1987 p.421), é “a capacidade de um produto, componente ou construção possui manter o seu desempenho acima dos níveis mínimos especificados, de maneira a atender às exigências dos usuários, em cada situação específica”. Dentro desse conceito, as construções em estruturas de concreto armado devem ser projetadas, construídas e utilizadas de tal forma que, sobre as influências do meio ambiente previstas, possam oferecer funcionalidade, segurança e durabilidade aos usuários durante a sua vida útil.

Segundo Jhon (2000), a durabilidade é a resistência do material à degradação e existe uma correlação entre as propriedades de cada material, a agressividade do meio à qual está exposta a obra e a magnitude dos esforços atuantes que irão definir a taxa de degradação e, por sua vez, a vida útil do material. A durabilidade não pode ser associada a um material isolado, deve ser associada ao material e ao ambiente no qual está exposto.

Além disso, é necessário conhecer as condições ambientais, visto que essas definem o grau de agressividade que as estruturas estarão sujeitas. A interação do concreto com o meio ambiente ocorre em função de suas características físicas, como a porosidade, a absorção e a permeabilidade, e de suas características químicas, que dependem principalmente da composição do cimento e adições, as quais permitirão uma maior ou menor capacidade de interação com os agentes agressivos presentes no meio ambiente.

Dentre esses possíveis critérios, pode-se citar o grau de fissuração do concreto, a perda de aderência entre a armadura e o concreto e a queda da capacidade estrutural, em virtude da perda de seção da armadura devido à corrosão da mesma. Segundo Mehta e Monteiro (1994), uma longa vida útil é considerada sinônimo de durabilidade.

Contudo, a interação ambiental com a microestrutura do concreto provoca mudanças em suas propriedades, tornando o concreto susceptível à diversas manifestações patológicas. As manifestações patológicas em estruturas de concreto podem ser fissuras, desagregação, flechas excessivas, infiltrações, corrosão de armaduras, recalque, armadura exposta, manchas superficiais, dentre outras.

Os mecanismos de degradação das estruturas são divididos em dois grupos: os que causam a deterioração do concreto, como as reações álcali-agregados ou o ataque por sulfatos; e os que afetam as armaduras, como a corrosão.

A corrosão das armaduras caracteriza-se por ser um processo físico-químico gerador de óxido e hidróxido de ferro, denominados de produtos de corrosão, que ocupam um volume significativamente superior ao volume original das barras metálicas. De acordo com o Gentil (1996), o mecanismo de corrosão nos metais pode ocorrer basicamente de duas formas. A primeira está relacionada com a corrosão de caráter puramente químico, chamada de oxidação. Tal reação ocorre por uma reação gás/sólido na superfície do material, e é caracterizada pela formação de um filme delgado de produtos de corrosão na superfície do metal.

A segunda forma de corrosão é chamada de corrosão eletroquímica, que é o tipo de deterioração observada nas estruturas de concreto armado. Esse fenômeno de natureza expansiva pode levar ao aparecimento de elevadas tensões de tração no concreto, ocasionando a fissuração e o posterior lançamento do revestimento do material. Todos esses fatores causam uma perda de seção transversal e de aderência entre a armadura e o concreto, inabilitando a transferência de tensões entre os materiais, podendo levar o elemento estrutural ao colapso (TUUTTI, 1982; ANDRADE, 1992; HELENE, 1993; MEHTAMONTEIRO, 1994).

Na realização da vistoria, foram notadas uma grande quantidade de patologias e danos estruturais, causadas por falta de manutenção preventiva e corretiva. As principais manifestações patológicas encontradas são identificadas a seguir:

A ausência de pingadeiras nas pontes pode ser a responsável pela aceleração do processo de corrosão de armaduras, como pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 - Aparecimento de corrosão de armaduras.



Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2019).

As duas longarinas presentes na ponte apresentam avançado estado de deterioração. Nota-se armaduras expostas e em estado de corrosão, decorrente do

descolamento de placas de concretos pela perda de aderência, possivelmente devido à infiltração de água ou cobertura insuficiente ou até mesmo materiais inadequados, além de fissuras, mostrado na Figura 4.

Figura 4 - Armaduras expostas e concreto deslocado e sem aderência



Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2019).

O escoamento de águas é feito por meio de tubos de ferro fundido, onde alguns encontram-se em estado de degradação avançado conforme pode ser visto na Figura 5. A maioria deles encontram-se obstruídos com componentes de asfalto, folhas e lixo, provavelmente devido ao recapeamento do asfalto sobre a ponte, e falta de manutenção desses dispositivos de drenagem, prejudicando o escoamento das águas sobre a ponte.

Figura 5 – Tubulação de drenagem em estado de degradação.



Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2019).

As transversinas internas apresentam um bom estado de conservação, não tendo sido notada nenhum tipo relevante de manifestação patológica apenas nas vigas extremas que mantém contato com o solo, onde as mesmas apresentam deslocamento do concreto e armaduras expostas, o que pode aumentar a chance de colapso, além de acelerar o estado de degradação da estrutura, como é notado na Figura 6.

Figura 6 - Descolamento de concreto e armadura exposta com presença de corrosão



Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2019).

As pontes também apresentam em sua maioria, presença de manifestações patológicas em seus pilares. Suas armaduras encontram-se expostas, sem aderência e corroídas, descolamento de placas de concreto e segregação de materiais, possivelmente devido à dosagem inadequada ou incompatibilidade de materiais, como visto na Figura 7.

Figura 7 - Aparecimento da armadura em pilar, provocando corrosão da armadura de aço.



Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim para que seja garantida a qualidade das estruturas, entre outros aspectos, deve-se melhorar a concepção e a representação gráfica dos projetos e estabelecer programa de inspeção periódica. Um programa eficiente de inspeção/manutenção periódica garante a durabilidade das edificações e permite estabelecer prioridades para ações necessárias ao cumprimento da vida útil prevista. Entretanto, observa-se ainda a ausência quase absoluta de programas de manutenção preventiva das estruturas, devido à uma cultura deficiente relativa à

necessidade de manutenção e inspeção e ao conceito de que as estruturas de concreto são previstas para durar ilimitadamente.

Devido aos fatores já citados no artigo, o aparecimento de patologias em pontes se torna comum. São essas patologias, as responsáveis pela redução de resistência dos materiais e pelo comprometimento do desempenho da estrutura, o que acaba afetando características da ponte, como a durabilidade.

Tomando a ponte em estudo, é possível afirmar que a degradação estrutural está relacionada a fatores como o pouco cobrimento de armaduras, agressividade do próprio ambiente, a falta de juntas de dilatação e drenagem. Contudo, a ausência de manutenções que previnem e corrigem, é o fator predominante para que o estado atual de deterioração dessa estrutura fosse alcançado.

Em vários pontos das lajes e das vigas é possível observar a corrosão das armaduras e estribos. Isso ocorre pelas causas já explicadas. É possível que essa ponte nunca tenha passado por manutenção e com o aumento do tráfego de veículos na rodovia TO-222, isso pode ter comprometido o funcionamento da estrutura.

Além da possível falta de manutenção em todo o seu tempo de funcionamento, outro fator que deve ser considerado deve ser as patologias originadas em processo de execução. A segregação entre os agregados e argamassa pode ser resultado do concreto mal adensado.

As patologias podem ser classificadas em dois tipos: as que afetam as condições de serviço e funcionamento da ponte e as que afetam as condições de segurança.

A adoção de medidas urgentes voltadas para a manutenção das pontes torna-se necessária algumas medidas, como:

- a) Vistorias em um determinado período de tempo;
- b) Qualificação de profissionais;
- c) Implantação de sistemas de gestão;
- d) Planejamento orçamentário para os serviços de manutenção.

Com a evolução do conhecimento conclui-se que a compreensão das propriedades do concreto é de importância significativa para o avanço tecnológico, melhoria do desempenho e maior durabilidade das estruturas. Nesse sentido, as atividades de projeto e de programas de manutenção das estruturas de concreto armado podem ser melhor conduzidas, a fim de garantir a durabilidade e a vida útil das estruturas. Os estabelecimentos de níveis adequados de manutenção podem minorar efeitos deletérios ou reduzir custos de reparos.

As manifestações patológicas, encontradas nas estruturas degradadas, dependendo do seu estado, podem ocasionar a interdição parcial ou total, por perda da capacidade de serviço, ou até mesmo o colapso da edificação, necessitando muitas vezes de uma intervenção para sua reabilitação.

De um modo geral, deve ser analisado para qual tipo de estrutural o concreto será utilizado, para que seja definido o método ideal para seu tempo de cura, o que resultará na melhor aplicabilidade e resultados com tempo de vida útil garantidos. Além disso, a eficácia dessa avaliação depende de conhecimento e experiência por parte do engenheiro estrutural, que dará direcionamento maior ao laboratorista que irá avaliar a capacidade do concreto após a cura correta. O sucesso da aplicação das correlações obtidas neste estudo está profundamente associado à perícia do profissional e ao conhecimento prévio sobre o método de determinação da resistência relacionada à cura do concreto.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE – ACI. **Guide to Durable Concrete**, Report by ACI Committee 201, ACI Materials Journal, v. 88, nº 5, 1991.
- ANDRADE, C. **Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras**. São Paulo: PINI, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**; Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- BARBOSA, M. T; SILBA, B; OLIVEIRA, H; FIDELIS, P; COURA, C. A importância da sustentabilidade na restauração do patrimônio histórico, estudo de caso: pontes. Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade FUMEC. Escola de Engenharia da UFMG. **Revista Construindo**, Belo Horizonte. v10, n.1, p. 1 –9, Jan – jun., 2018.
- CARDOSO, L. B. **Análise das manifestações patológicas em pontes e viadutos no litoral norte do rio grande do sul**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia Civil. Porto Alegre, 2018.
- COMITÉ EURO-INTERNATIONAL DU BETON. CEB **Bulletin d'Information nº 182**; Durable Concrete Structures. Lausanne, 1989. 268p.
- CIB W 80/ RILEM 71-PSL. Prediction of Service Life of Building Materials and Components. Masters, L. W. & Brandt, E., **Materials and Structures**, v. 20, nº 115, 1987.
- FERREIRA, R. **Patologias em estruturas de concreto armado**. Fundação Carmelitana Mário Palmério. Faculdade de Ciências humanas e sociais. Curso de Engenharia Civil. Monte Carmelo, 2018.
- FIGUEIREDO, C. R. **Estudo da Carbonatação em Estruturas de Concreto Armado em Brasília** – Avaliação de Pilares. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF. 2004.
- GENTIL, V. **Corrosão**. 3. ed. Livros Técnicos e Científicos: Rio de Janeiro, 1996.
- HELENE, P. R.L. **Manual de Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2. Ed. São Paulo: PINI, 1992.
- HELENE, P. R.L. **Contribuição ao Estudo da Corrosão em Armaduras de Concreto Armado**. Tese Livre de Docência, EPUSP, São Paulo, 1993.
- INSPEÇÃO, CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM; DE ESTRUTURAS, MANUTENÇÃO E RECUPERAÇÃO. PONTES E VIADUTOS RODOVIÁRIOS: Conceituação, conservação, segurança e reforço estrutural.
- JOHON, V. M. Construção e Desenvolvimento Sustentável. Qualidade na Construção, **SINDUSCON**, São Paulo, nº 23, Ano III, p. 34-44, 2000.

LOURENÇO, Líbia C. et al. Parâmetros de avaliação de patologias em obras-de-arte especiais. **Revista Engenharia Civil, Braga**, n. 34, p. 5-14, 2009.

Vitório, J.A.P.; Barros, R.M.M.C. Análise dos danos estruturais e das condições de estabilidade de 100 pontes rodoviárias no Brasil. In *Segurança, Conservação e Reabilitação de Pontes*; Cruz, P.J.S., Calçada, R., Mendonça, T., Eds.; Associação Portuguesa para a Segurança e Conservação de Pontes: Lisbon, Portugal, 2013; pp. 62–70.

KAMINETZKY, D. **Design and Construction Failures: Lessons from Forensic Investigations**. McGraw Hill: New York, 1991.

MATOS, C. B. M; SILVA, L. S; PESSOA, A. D. S; MARQUES FILHO, S. J. J; MARQUES, S. J. J. **Avaliação da degradação dos passeios da ponte Getúlio Vargas-PE**. 3º Encontro Luso-Brasileiro de Degradação em Estruturas de Concreto Armado. São Carlos, 2018.

MEDEIROS, A. G. de. **Análise de durabilidade da ponte do Rio do Carmo utilizando ensaios não destrutivos, norma dnit e a metodologia GDE/UNB**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de tecnologia. Programa de pós-graduação em engenharia civil. Natal, 2015.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: PINI, 1994

MEHTA, P.K. Concrete Technology at the Crossroads: Problems and Opportunities. In: **Concrete Technology: Past, Present and Future**. ACI SP – 144, 1994. Proceedings. P. 1-30.

SANTOS, B. dos; SILVA, J. C. da. **Patologia em pontes: estudo de caso em patologias da ponte pedro ivo campos e orientação de reforma**. Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL. Curso de Engenharia Civil. Palhoça, 2017.

SILVA, P. F. A. **Durabilidade das Estruturas de Concreto Aparente em Atmosfera Urbana**. São Paulo: PINI, 1995.

TUUTTI, K. **Corrosion of Steel in Concrete**. Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm, 1982.

VITÓRIO, José Afonso Pereira. **Inspeção, curso de especialização em; de estruturas, manutenção e recuperação. Pontes e viadutos rodoviários: Conceituação, conservação, segurança e reforço estrutural**. Recife, 24 ago. 2022. Disponível em: http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Pontes_Viadutos_Rodoviaros.pdf. Acesso em: 18 ago. 2022.