

Avaliação de manifestações patológicas da ponte sobre o Rio da Dona no Recôncavo da Bahia.

A. Santos^{1*}, L. Farias², L. De Sousa^{3*}

*Autor de Contato: lucarb08@gmail.com

^{1,3} Faculdade de Engenharia civil, Faculdade de Ciências e Empreendedorismo, FACEMP, Santo Antônio de Jesus - Brasil

² Doutorado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - Brasil

RESUMO

As manifestações patológicas em pontes de concreto armado podem causar prejuízos econômicos e interferir na segurança da locomoção de pessoas e cargas. Para isso, é fundamental que sejam feitas constantes vistorias para diagnosticar as patologias e solucioná-las de forma eficaz. O objetivo deste trabalho é analisar, a partir de inspeção visual, as manifestações de problemas presentes na Ponte sobre o Rio da Dona, no Recôncavo Baiano, buscar as principais causas e sugestões terapêuticas para os problemas identificados. O estudo conclui que existem manifestações patológicas tais como fissuras, desagregação do concreto, sinais de corrosão, manchas, encontros prejudicados pela vegetação, e que a reparação mais adequada deve ocorrer de forma combinada e rápida para que os componentes não continuem deteriorando.

Palavras-chave: Manifestações patológicas; Estruturas; Concreto Armado; Inspeção; Pontes.

ABSTRACT

The pathological manifestations in reinforced concrete bridges can cause economic losses and interfere in the safety of people and cargo transportation. Therefore, it is essential that constant inspections are made to diagnose the pathologies and solve them effectively. The objective of this work is to analyze, from a visual inspection, the manifestations of problems present in the Bridge over the Dona River, in Recôncavo Baiano, to seek the main causes and therapeutic suggestions for the problems identified. The study concludes that there are pathological manifestations such as cracks, concrete disintegration, signs of corrosion, staining, encounters damaged by vegetation, and that the most appropriate repair should occur in a combined and rapid manner so that the components do not continue deteriorating.

Keywords: Pathological Manifestations; Structures; Reinforced Concrete; Inspection; Bridges.

RESUMEN

Las manifestaciones patológicas en los puentes de hormigón armado pueden causar pérdidas económicas e interferir en la seguridad del transporte de personas y mercancías. Para ello, es fundamental que se realicen visitas constantes para diagnosticar las patologías y solucionarlas de forma eficaz. El objetivo de este trabajo es analizar, a partir de la inspección visual, las manifestaciones de los problemas presentes en el Puente sobre el Río Dona, en Recôncavo Baiano, para buscar las principales causas y sugerencias terapéuticas para los problemas identificados. El estudio concluye que existen manifestaciones patológicas como grietas, desintegración del hormigón, signos de corrosión, manchas, encuentros dañados por la vegetación, y que la reparación más adecuada debe producirse de forma combinada y rápida para que los elementos no sigan deteriorándose.

Palabras clave: Manifestaciones patológicas; Estructuras; Hormigón armado; Inspección; Puentes.

1. INTRODUÇÃO

A malha rodoviária do Brasil se estende por 1.563,6 mil quilômetros, segundo dados do Ministério da Infraestrutura (2020), na qual existem, aproximadamente, 137.000 pontes. As pontes são também conhecidas como Obra de Arte Especiais (OAEs) e para que mantenham suas qualidades técnicas exigíveis durante todo período de vida útil são necessárias vistorias regulares e reparos técnicos periódicos.

O elevado número elevado de pontes dificulta as realizações das atividades de vistorias e manutenções que devem ocorrer regularmente durante o uso dessas estruturas. O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) é o órgão responsável pela malha rodoviária federal e, portanto, por OAEs sob sua jurisdição (López, 2020). A dificuldade em estabelecer políticas e estratégias para a conservação dessas estruturas de complexa concepção e elevada importância torna-se um problema cuja solução pode estar em aumentar o monitoramento, com inspeções rotineiras e manutenções preventivas (Lencioni, 2005).

As pontes têm um tempo de vida útil que, para Bristot (2012), é o tempo a estrutura deve operar de maneira satisfatória, obedecendo às especificações de segurança do projeto. De acordo com Gomide (2012), Vitória (2006 a,b) e Pintan (2013) para manter e recuperar as capacidades estrutural, estética e funcionais de uma estrutura e seus sistemas constituintes, atendendo às necessidades e segurança da população, é necessário que haja manutenções constantes na estrutura. Caso não sejam feitas manutenções, podem surgir patologias nas estruturas como: corrosão das armaduras e desagregações de concreto podendo até se tornar inviável a sua reparação (SOUZA, 1998). Dentre os problemas, um dos mais graves e recorrentes é a corrosão das armaduras, de acordo com Helene (1986), é dita como a interação do aço com o ambiente, onde ocorre por reação química ou eletroquímica.

A chuva, compostos atmosféricos, radiação solar, temperatura, umidade relativa, vento, e poluição atmosférica, degradam os materiais de forma relevante e devem ser considerados no desde o projeto até a manutenção (Lencioni, 2005). Ainda segundo este autor, fissuras que não afetem a capacidade estrutural em ambientes agressivos são mais danosas em que em ambientes rurais, pouco agressivos.

De modo a decidir sobre a necessidade ou não de manutenção imediata são feitas as inspeções visuais que tendem a reconhecer as falhas em seu estágio inicial, enfatizando que caso as correções das patologias não sejam feitas de início, será necessário intervir na parte estrutural, fazendo com que haja aumento nos custos com a ponte. De acordo com a Lei De Sitter (1984) os custos de manutenção progridem geometricamente com o tempo, sendo bem superiores em uma manutenção corretiva (López, 2020).

Neste contexto, este trabalho visa identificar as manifestações patológicas em uma ponte localizada na Bahia, de modo a avaliar as condições de segurança e a necessidade de manutenção da ponte.

2. METODOLOGIA

A análise das manifestações patológicas foi feita da ponte sobre o rio da Dona que está localizada na Rodovia Governador Mário Covas - BR 101, no recôncavo baiano, entre os municípios de Santo Antônio de Jesus e São Miguel das Matas e localização geográfica: 13°03'31"S39°16'49"W, de acordo com o Google Earth. A Figura 1 mostra imagens em mapa e satélite localizando a ponte descrita.

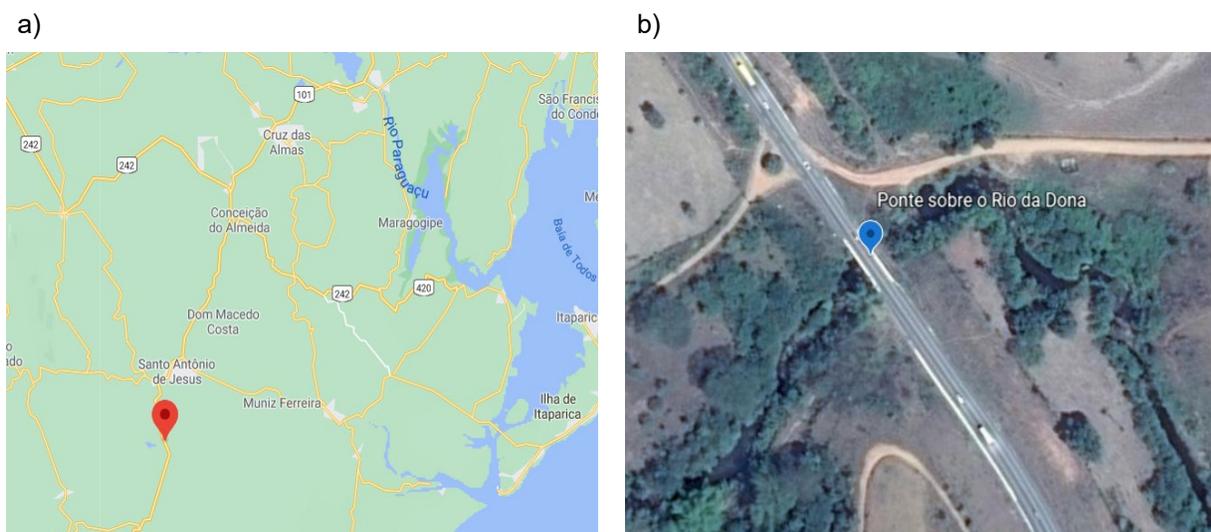


Figura 1. Localização da ponte (a) mapa (b) imagem de satélite.
Fonte: Google Earth (2020).

A rodovia onde a obra de arte especial (OAE) está situada possui importância para a economia do país, com tráfego diário intenso de caminhões de carga de variados tipos de insumos para subsistência da população. A ponte possui 32 m de comprimento e 10 m de largura, feita em concreto armado e apresenta duas vigas principais, três transversinas e quatro pilares de sustentação. Sua pista de rolamento é composta de duas faixas com 3,5m cada, mais os acostamentos e passeios por onde trafegam as pessoas e animais.

Inicialmente foi realizada uma visita à ponte em 20-11-2020, na qual foi feita a inspeção visual ao longo de toda estrutura dos pilares, fundações, vigas, lajes e pavimento, na região dos encontros e passeios. Os dados foram coletados por meio de anotações e fotografias e, posteriormente, analisadas em conformidade com normas vigentes e consulta de literatura.

3. RESULTADOS

3.1. Identificação das manifestações patológicas presentes na ponte

A corrosão foi identificada nos quatro pilares de sustentação da ponte em estado médio para avançado, corroborando para maior fragilidade da construção. A corrosão pode ser definida como um processo químico que ocorre de forma espontânea nas construções em concreto armado devido à sua exposição ao meio ambiente, provocando assim, a deterioração. Este fenômeno pode ser classificado em corrosão eletroquímica, química e eletrolítica.



Figura 2- Corrosão de armaduras a) e b) armadura exposta e com aspecto corroído.

De acordo com a literatura, os principais fatores que provocam a corrosão das armaduras atuam através do meio aquoso, pela carbonatação e pela ação dos cloretos (Helene, 1986; Cascudo, 1997). Em alguns casos, surge da presença de outras manifestações patológicas, mas quase sempre ligadas aos fatores descritos acima. A corrosão mostrada na Figura 2 tem forte ligação com as enchentes em épocas de chuvas e com a infiltração que parte da fundação e posteriormente com o deslocamento do concreto, deixando as ferragens expostas e propiciando às reações químicas e físico-químicas com o meio.

O maior risco associado à corrosão é a perda de estabilidade estrutural. Por motivos de execução e por falta de impermeabilização eficiente, o concreto é exposto e isso acaba expondo também as armaduras. Em função disso, as ferragens entram em processo de oxidação, perde seção e consequentemente perde a sua capacidade de resistência aos esforços solicitantes.

O problema de desagregação ocorre com a perda da função ligante do cimento, ocasionando deslocamento ou lascamento de parte da camada de cobertura do concreto que é facilmente identificável, pois deixa a armadura exposta. Deve-se detectar o problema antes dessa fase. Neste processo há a expansão do aço a partir da corrosão e, consequentemente, isso acarreta a ruptura do concreto por tração. Todos os pilares de sustentação da estrutura possuíram esta manifestação patológica, conforme a Figura 3.



Figura 3- Deslocamento do concreto de cobertura da armadura a) e b) detalhes do deslocamento na base do pilar.

As causas são muitas, pode-se destacar a movimentação de fôrmas e também o transporte incorreto do concreto, corrosão ou calcinação, ataques biológicos, carbonatação, perda de aderência e desgaste.

Ocorre também a partir de uma reação provocada pela umidade na região do material, essa reação, de acordo com Aguiar (2006), surge a partir das mudanças nas propriedades, devido à ação de microrganismos levados para o interior do mesmo. O principal risco do deslocamento do concreto, é a perda da capacidade de resistir aos esforços solicitados (Ripper, 1998).

As trincas no pavimento da ponte no sentido transversal ao fluxo de automóveis podem estar associadas à variação térmica. De acordo com Giammusso (1992), as fissuras ou trincas no pavimento são influenciadas pela variação da temperatura, da insolação, do vento e da água. Os efeitos podem variar de acordo com o material da estrutura e da carga imposta.

A sobrecarga em excesso pode causar recalque fazendo com que a trinca ocorra. Na Figura 4, observa-se uma trinca transversal na pista de rolamento na mesma direção da linha final do guarda-corpo e do aparelho de encontro.



Figura 4. Trincas no pavimento asfáltico.

As fissuras ou trincas trazem riscos para a segurança da ponte e torna a estrutura mais suscetível a passagem de água, propiciando surgimento de outras patologias. No caso da trinca do pavimento, pode resultar na infiltração da água de chuva e o contato com elementos da estrutura, aumentando a possibilidade de ocorrência de corrosão de armaduras.

O sistema de drenagem tem a função de escoar às águas pluviais da superfície da ponte e, assim, não permitir que a água infiltre e provoque pontos de infiltração na parte inferior da laje e das vigas da ponte. Ao se evitar o acúmulo de água na pista de rolamento e nos acostamentos, conseqüentemente evita-se o aparecimento de outras manifestações patológicas.

De acordo com Laner (2001) as falhas no sistema de drenagem são fatores que influenciam na degradação do concreto armado. Nesse caso, é fundamental evitar que a água fique acumulada em pontos críticos como, por exemplo, encontros de apoio de vigas, encontros com tabuleiros, na pista de rolamento e nos aparelhos de apoio.

Na Figura 5 é percebido que no sentido longitudinal da ponte, há uma grande quantidade de água acumulada entre o pavimento e o passeio.



Figura 5. Água acumulada no acostamento.

As manchas são formadas em superfícies de materiais como concreto ou argamassa por serem materiais porosos e com certa rugosidade, são capazes de absorver água com sujeira. Na superestrutura da ponte são encontradas várias manchas provocadas por sujeira e umidade, conforme Figura 6.



Figura 6. Manchas a) vista lateral, das vigas principais e lajes, b) vista inferior da laje (mancha esbranquiçada) e vigas transversais (mancha escura).



Figura 7. Manchas avermelhadas causadas por corrosão de armaduras.

A falha na execução dos guarda-corpos permite que o processo de degradação de seu material seja mais rápido impossibilitando de oferecer segurança aos transeuntes. A causa principal desse tipo de patologia está relacionada com as colisões de veículos. Atrélado a isso, o material já degradado fica exposto às intempéries do tempo, o que acelera ainda mais o processo de degradação.

Na ponte estudada percebe-se falhas desses elementos do lado esquerdo da estrutura, representada na Figura 8, sentido Santo Antônio de Jesus, Bahia.



Figura 8. Falha no guarda-corpo.

De acordo com o Manual de Inspeção de Obras-de-Arte Especiais do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (BRASIL, 1994) pode ocorrer a degradação biológica dos materiais das pontes, sendo uma delas a causada por raízes de vegetação. Conforme se nota na Figura 9, as raízes têm a capacidade de desagregar o concreto devido a tensões de tração geradas com o crescimento das raízes.



Figura 9. Ação da vegetação no encontro.

De acordo com Pfeil (1983) os encontros são definidos como componentes estruturais cuja sua função primária é resistir a empuxos advindos do aterro de acesso, para que possa evitar que esses esforços cheguem a atingir os outros elementos constituintes da ponte. Eles também impossibilitam a ocorrência da erosão do aterro de acesso. Os encontros são necessários em pontes, por causa das constantes cargas advindas do aterro e de erosões provocadas pelas águas dos rios em períodos de cheia.

Relata-se que graves problemas em pontes podem ocorrer de danos no encontro, especialmente quando há erosão ou deposição no leito do rio a longo prazo; erosão generalizada junto à ponte e fossa de erosão em torno dos pilares e encontros (Vitório, 2007).

A ação das fortes enchentes aumenta a pressão dinâmica transversal imposta aos encontros e pilares, e os impactos da destruição podem ser maiores de acordo com a geometria do elemento estrutural, dessa forma, o poder de enchentes é somado com as possíveis falhas no projeto e a forma geométrica dos elementos que compreendem a ponte (Vitório, 2015).



Figura 10. Processo de Erosão do encontro.

3.2. Soluções de correção e prevenção para as manifestações patológicas identificadas nas Pontes

Algumas soluções para as manifestações patológicas observadas foram agrupadas na Tabela 1, sendo enfatizados os procedimentos de prevenção e correção.

Tabela 1. Procedimentos de prevenção e Correção das manifestações identificadas.

Manifestação	Prevenção	Correção
Corrosão das armaduras	<ul style="list-style-type: none"> - Cobrimento adequado do concreto. - Melhorar a qualidade do concreto (adições minerais, pozolânicas). - Controle da relação água/cimento 	<ul style="list-style-type: none"> - Conhecer nível de oxidação e área de aço comprometida. - Substituir barras comprometidas. - Reforçar estrutura.
Desplacamento do concreto	<ul style="list-style-type: none"> - Polimento do concreto para retirar a superfície áspera. Evita-se a superfície mais lisa, evita-se que partículas se desagreguem da estrutura com o passar do tempo. Concreto de qualidade, adensamento correto, aditivos, impermeabilizante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar um corte na estrutura para remover o concreto deteriorado, realizando escoramentos adequados. O corte deve ser feito quando houver corrosão ou concreto segregado, devendo garantir não só a retirada integral do concreto degradado, além das barras em meio alcalino (Souza e Ripper, 1998).

Tabela 1- Continuação.

Manifestação	Prevenção	Correção
Fissuras ativas	Eliminar as causas das fissuras, transformando as fissuras ativas em inativas, facilitando o tratamento da estrutura.	-Antes da correção efetuar o reforço estrutural e o reforço de fundações. Segundo Mazer (2008), é impossível eliminar as fissuras ativas, dessa forma, realiza-se o tratamento fazendo a vedação das fissuras aplicando poliuretanos ou de compostos à base de betume, não permitindo o acesso dos agentes agressivos.
Fissuras inativas	- Controle de qualidade do concreto;	- Deve-se realizar o alargamento da fissura em formato V, depois limpar o local e finalmente preencher a superfície com a aplicação de resina epóxica ou de argamassa. Dnit (2010).
Obstrução de drenos	- Quantidade suficiente de orifícios de drenos para o escoamento das águas pluviais no pavimento e limpar os dispositivos de drenagem frequentemente (Laner, 2001).	-Realizar desentupimento ou substituição dos canais por onde ocorre a drenagem.
Manchas	- Impermeabilizando corretamente a estrutura. - Construindo pingadeiras.	-Remoção mecânica das eflorescências, que consiste em sua eliminação na superfície porosa por meio de escovas; -Remoção dos materiais contaminantes e permite a eliminação oriunda dos sais contaminantes -Aplicação de rebocos, que é um procedimento frequente na reparação de construções. Puim (2010).
Manchas vermelhas	- Evitar infiltração de água de chuvas da rede de drenagem. - Proteger a armadura com cobrimento de concreto adequado.	Dnit (2010) deve ser tratado consistindo na extração da parte deteriorada, recomposição por um concreto de maior qualidade e utilizando um revestimento para proteger contra a corrosão.

Tabela 1- Continuação.

Manifestação	Prevenção	Correção
Fallhas no Guarda-Corpo	- Controle no processo construtivo. - Manutenções rotineiras.	-Realizar o picoteamento da estrutura que ficou intacta para engastar a armadura de reparo, podendo utilizar concreto com baixo fator água/cimento, além de introduzir agentes plastificantes para moldagem. -Substituir os elementos que já existem por novos.
Erosão nos encontros	- Fazer a compactação do solo de forma adequada para que não haja desmoronamento. - Controle da qualidade do concreto.	- O concreto erodido deve ser retirado até atingir uma camada que esteja em boas condições. A remoção somente deverá ocorrer depois de verificada a estabilidade do elemento estrutural da obra, (DNIT, 2010).

4. CONCLUSÕES

Foram observadas patologias na ponte que precisam ser corrigidas como forma de manter a segurança e garantia de seu uso. Algumas destas manifestações patológicas são fáceis de corrigir como a obstrução de drenos, manchas na estrutura e substituição de guarda-corpos.

As manifestações patológicas como desagregação do concreto de pilares e corrosão indicam desde já que há um comprometimento da estrutura, o que pode se agravar com o tempo, sendo necessário uma análise mais aprofundada com a execução de ensaios que indiquem o desempenho da estrutura a correção destes problemas, o mais cedo possível.

O comprometimento das estruturas de concreto armado reduz a vida útil e põe em risco o estado funcional. Tendo em vista o grau de importância de uma ponte para a sociedade, deve-se realizar inspeções constantes, com base em normas e procedimentos técnicos, identificando manifestações patológicas, compreendendo as causas e os principais riscos que estas patologias podem oferecer. O ideal é que as intervenções de conservação sejam feitas o mais cedo possível para que os problemas não se tornem mais graves.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Faculdade de Ciências e Empreendedorismo pelo apoio e incentivo fornecido ao desenvolvimento do presente trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2003). *NBR 6118: Norma Brasileira para Projeto de Estruturas de Concreto Armado*, Rio de Janeiro.
- Aguiar, J. E. de. (2006). “*Avaliação Dos Ensaio De Durabilidade Do Concreto Armado A Partir De Estruturas Duráveis*”, Dissertação, Mestrado em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Brasil. (1994) *Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Manual de inspeção de obras-de-arte especiais*. Rio de Janeiro, p. 48.
- Bristot, V. M. (2012). “*Estudo para Implementação de Sistemas de gestão de Manutenção em indústrias de Conformação de Revestimentos Cerâmicos*”. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- Cascudo, O. (1997). “*O controle da corrosão de armaduras em concreto: Inspeção e técnicas eletroquímicas*”. São Paulo: PINI.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2004). *Manual de inspeção de pontes rodoviárias*. 2. ed. Rio de Janeiro: DNIT.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2010). *Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários*. 1. ed. Rio de Janeiro: DNIT.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2006). “*Patologias do concreto – Especificação de serviço*”. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNIT090_2006_ES.pdf>. Acesso em: 27 out. 2020.
- Giammusso, S. E. (1992). “*Manual do concreto*”. PINI, São Paulo.
- Gomide, A. J. (2012). “*Prova Pericial no Direito Imobiliário*”. PINI, São Paulo.
- Helene, P. (1986). “*Corrosão em armaduras para concreto armado*”. PINI. São Paulo.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Limites territoriais municipais*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 20 nov. 2020.
- Laner, F. J. (2001). “*Manifestações Patológicas nos Viadutos, Pontes e Passarelas do Município de Porto Alegre*”. Porto Alegre.
- Lencioni, J. W. (2005). “*Proposta de manual para inspeção de pontes e viadutos em concreto armado: discussão sobre a influência dos fatores ambientais na degradação de obras-de-arte especiais*”. Tese de Doutorado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica.
- Mazer, W. (2008). “*Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*”, Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.
- Ministério da Infraestrutura. *Síntese-Setor Rodoviário*. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/dados-de-transportes/dados-de-transportes/sintese-rodoviario>. Acesso em: 27. abr. 2021.
- Pfeil, W. (1983). *Pontes em concreto armado*. 3 ed., LCT, Rio de Janeiro.

- Pintan, M. N. (2013) “*Manifestações Patológicas e estudos da corrosão presente em pontes do Recife. Dissertação de mestrado*”, Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, Pernambuco.
- Puim, P. G. A. C. (2010). “*Controlo e reparação de anomalias devidas à presença de sais solúveis em edifícios antigos*”, Dissertação, Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, p. 95.
- Souza, V. C. M.; Ripper, T. (1998). “*Patologia, Recuperação e Reforma de Estruturas*”. 1. ed. Pini, São Paulo.
- Vitório, A. (2003). *Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia. Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícias de Engenharia*. Recife.
- Vitório, J. A. P. (2006a). “*Pontes Rodoviárias – Fundamentos, Conservação e Gestão*”. Livro editado pelo Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Pernambuco, Recife.
- Vitório, J. A. P. (2007). “*Acidentes estruturais em pontes rodoviárias: Causas, diagnósticos e soluções*”. In: II Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas. ABPE, Rio de Janeiro.
- Vitório, J. A. P. (2015). “*Fundamentos da erosão nas fundações de pontes e nos aterros de acesso*”. Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, Recife.
- Vitório, J. A. P. (2006b) “*Vistorias, Conservação e Gestão de Pontes e Viadutos de Concreto*”. In: Congresso Nacional do Concreto”, 48, Anais IBRACON, Rio de Janeiro.