

ESTUDO SOBRE PATOLOGIAS EM PONTES

STUDY ON BRIDGE PATHOLOGIES

Clarice da Silva Machado Campos.

Graduanda em Engenharia Civil
Centro Universitário Redentor
BR 356, n° 25, Cidade Nova, Itaperuna, RJ. CEP 28300-000
E-mail: claricecampos96@hotmail.com

Eduarda Muniz Bucker de Carvalho

Graduanda em Engenharia Civil
Centro Universitário Redentor
BR 356, n° 25, Cidade Nova, Itaperuna, RJ. CEP 28300-000
E-mail: duda-vog2011@hotmail.com

Maria Letícia Gaudard Jardim de Oliveira

Graduanda em Engenharia Civil
Centro Universitário Redentor
BR 356, n° 25, Cidade Nova, Itaperuna, RJ. CEP 28300-000
E-mail: lehgaudard@gmail.com

Muriel Batista de Oliveira

Engenheira Civil, Doutora em Educação
Centro Universitário Redentor
E-mail: muriel1078@gmail.com

Rômulo Rodrigues Coelho Delfino Souza

Especialista em Engenharia de Estruturas e Docência Superior
Centro Universitário Redentor
BR 356, n° 25, Cidade Nova, Itaperuna, RJ. CEP 28300-000
E-mail: engenheiroromulo@outlook.com.br

RESUMO

O presente artigo trata-se de uma revisão bibliográfica que discorre sobre o estudo de patologias nos mais diversos tipos e modelos de pontes. As patologias encontradas em pontes, em sua maior parte são ignoradas de início e somente tratadas quando já ganharam grandes proporções e prejuízos consideráveis. As patologias podem se desenvolver dentre outros motivos por alteração de natureza química ou mecânica, além de falhas de projetos ou própria execução da ponte. Nessa perspectiva, foram analisados vários artigos sobre pontes que apresentavam algum tipo de patologia. Assim, estas anomalias foram detalhadas e explicadas utilizando algumas pontes como exemplo. Sucessivamente foram discutidos possíveis meios de tratamento. Dessa forma, todas as informações foram obtidas de forma escrita, por meio de artigos e manuais, e também através de vídeos de documentários sobre assunto, afim de difundir o conhecimento,

contribuindo para que o projeto, execução e manutenção de pontes apontem para uma maior vida útil da estrutura, apresentando satisfatórios desempenhos estrutural e funcional no que tange o controle de patologias.

Palavras-chave: Análise e controle patológico; Causas; Pontes; Manutenção.

ABSTRACT

This article is a literature review that discusses the study of pathologies in the most diverse types and models of bridges. The pathologies found in bridges, for the most part, are ignored at first and only treated when they have already gained large proportions and considerable damage. The pathologies can develop, among other reasons, due to chemical or mechanical changes, in addition to project failures or the actual construction of the bridge. From this perspective, several articles on bridges that presented some type of pathology were analyzed. Thus, these anomalies were detailed and explained using some bridges as an example. Possible means of treatment were subsequently discussed. Thus, all information was obtained in writing, through articles and manuals, and also through videos of documentaries on the subject, in order to spread knowledge, contributing to the design, execution and maintenance of bridges to point to greater useful life of the structure, presenting satisfactory structural and functional performance with regard to the control of pathologies.

Keywords: Pathological analysis and control; Causes; Bridges; Maintenance.

1 INTRODUÇÃO

Pontes existem para tornar fácil o acesso de um lugar a outro, que tem como empecilhos rios e vales, tornando possível o deslocamento através de estradas ou rodovias. Desse modo, são consideradas obras de artes, construídas com diversos materiais e técnicas construtivas.

Estão disponíveis informações e técnicas sobre os materiais que são usados e isso, auxilia na manutenção, que quando feita periodicamente, pode evitar danos. Embora seja eminente ter essa revisão, ainda há uma alta falta de acompanhamento, seja por motivos como, escassez de recursos financeiros e técnicos, ou por negligência, que geram consequências na estrutura. Embora alguns desses materiais tenham durabilidade e resistência consideráveis, não significa que irão resistir para sempre, consequentemente gerando patologias na estrutura, caso não haja um monitoramento.

As patologias são detectadas quando realizada uma inspeção. Sua análise deve ser feita na superestrutura, mesoestrutura e fundação, mas certos pontos como, por exemplo, as juntas, apoios, guarda-corpo e pavimentação, são os que merecem mais atenção, com isso, é necessário fazer o diagnóstico para elaborar um plano de execução e recuperação.

2 REVISÃO LITERÁRIA

Apesar da inovação dos métodos que permitiu ampliação de tecnologias nas construções, por meio de sistemas de cálculos e análise de detalhamento, entre outros métodos, ainda há limitações e falhas não intencionais nos projetos, o que causa um produto final fora dos padrões desejados e, conseqüentemente, o aparecimento de patologias, o que não é diferente nas pontes. Essas patologias podem ser causadas pela má qualidade dos materiais, mão de obra não especializada, má utilização dos materiais e de forma mais recorrente, a falha de projeto.

2.1 Patologias em pontes de concreto armado

O concreto armado, sendo um material não inerte, está sujeito a alterações, ao longo do tempo, em função de interações entre seus elementos constitutivos. Muitas vezes, dessas interações resultam anomalias que podem comprometer o desempenho da estrutura, provocar efeitos estéticos indesejáveis, ou causar desconforto psicológico nos usuários (LAPA, 2008).

As fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto, podem ser classificadas partir da sua abertura na estrutura (RIPPER; SOUZA, 2009). Algumas dessas fissuras podem ser causadas devida a excessiva exsudação da estrutura, evaporação rápida e cura inadequada do concreto, armadura insuficiente ou inadequada nas juntas da construção, aumento de volume das armaduras, entre outros fatores.

Ocorrendo em muito dos casos junto com a fissuração, a desagregação do concreto, que pode ser observada em várias estruturas. Entende-se como a própria separação física de placas ou fatias de concreto, com perda de monolitismo e na maioria das vezes, perda também da capacidade de engrenamento entre os agregados e da função ligante do cimento (RIPPER; SOUZA, 2009). As causas são, muita das vezes, pela movimentação de fôrmas, corrosão ou calcinação do concreto, ataques biológicos, carbonatação, perda de aderência e desgaste do concreto.

De acordo com Rocha (2015), corrosão, propriamente dita, entende-se como ataque destrutivo de natureza preponderantemente química ou eletroquímica, que ocorre em meio aquoso. Pode ser classificada em 3 tipos diferentes sendo eles: lixiviação, química por reação iônica e expansão. Segundo Vitório (2003), fatores como a porosidade do concreto, a existência

de trincas e a deficiência no cobrimento são responsáveis pela oxidação da armadura. Após o ataque da corrosão, a armadura tende-se a se expandir, causando a desagregação do concreto, fazendo com que fique exposta a ação do meio.

A abrasão, assim como a desagregação, pode ser classificada como desgaste da estrutura, ocasionando perda do material e consequentemente, do seu desempenho mecânico, sendo causada pela atuação de diversos agentes, sendo os mais comuns o ar e a água

Mesmo com todo o desenvolvimento tecnológico encontrado nos dimensionamentos de estruturas, há presenças de falhas humanas nas construções que ainda continuam sendo repetidas pelos profissionais responsáveis. Tais falhas podem ser vindas da utilização de material incorreto, mão de obra não especializada e entre outros fatores. Além disso, podem ser divididas em dois campos, sendo elas: durante a elaboração e execução do projeto e as no decorrer da utilização do projeto.

2.2 – Patologias em pontes de aço

Segundo Sartorti (2008), as falhas mais recorrentes na sustentação de aço são: oxidação causada por umidade e/ou agentes agressivos; deformações causadas por sobrecarga, má utilização e deficiência de contraventamento; alterações causadas por efeitos térmicos; fissuras causadas por concentração de tensões e/ou fadiga; defeitos de solda e danos causados por colisões.

A oxidação do metal gera a deterioração do material por ação química, física ou eletroquímica do meio ambiente, combinada ou não a esforços mecânicos, sendo responsável por grandes prejuízos causados à estrutura (VITÓRIO, 2015)

As deformações causadas por sobrecarga e má utilização, de acordo com Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT (2004), são causadas pela sobrecarga excessiva, podendo ser observados na armação ao serem submetidos a tração ou a compressão, podendo haver uma evolução até a sua ruptura. A deficiência do contraventamento em estruturas de aço pode dar origem a deslocamentos transversais, de extrema gravidade, que conduzem ao colapso por flambagem (SARTORTI, 2008).

Assim como as patologias envolvendo dano causada pela sobrecarga e má utilização, a ação da temperatura na estrutura causa a redução da capacidade mecânica e, consequentemente, a resistência e estabilidade física.

As fissuras ou trincas de fadiga ocorrem quando submetidas a carregamentos cíclicos como no caso de pontes (SARTORTI, 2008). Alguns fatores são: alta frequência de tráfego de

caminhões pesados; grande amplitude na variação de tensões; tipo de detalhe; qualidade do material e da solda e idade e histórico de cargas na ponte (DNIT, 2004).

As estruturas ligadas por soldas têm fundamental importância durante a construção. O defeito de solda pode ser ocasionado por má execução da ligação ou utilização de material errado, causando danos na estrutura e levando a ruptura frágil.

2.3 Patologias em pontes de madeira

De acordo com Abdalla (2002), é um fato esperado e natural que a madeira apresente manifestações patológicas, por ser um produto biodegradável e estar sujeito à ataque de fungos, insetos, entre outros agentes. Além disso, a madeira ainda sofre com os desgastes e fadigas.

A deterioração da madeira pode ser dividida em duas causas principais, sendo elas agente biótico (vivos) e agente abiótico (não vivos). Agentes bióticos são primeiramente os fungos, insetos e furadores marinhos e agentes abióticos incluem os condicionantes físicos, mecânicos, químicos e climáticos, como abrasão, corrosão dos elementos metálicos. A ação dessas patologias ocasiona alteração da estrutura da ponte, gerando redução na sua capacidade mecânica.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para compor a pesquisa, fundamenta-se na revisão bibliográfica, apresentando um embasamento teórico através de pesquisas em artigos e livros, com o intuito de abordar o tema “Patologias em Pontes”. A partir do levantamento e estudo da literatura técnica, foi feito um estudo dos tipos de pontes existentes e seus principais materiais, com o intuito de analisar suas patologias.

Dessa forma, para reconhecer as consequências da falta de manutenção periódica, foram analisados estudos de caso, e entre eles, escolhidas as seguintes pontes: ponte sobre a laguna de roteiro em Alagoas, ponte de Governador Magalhães Pinto em Minas Gerais, ponte entre Seattle e Vancouver nos Estados Unidos, ponte sobre o Rio Atibaia em São Paulo, Ponte Marechal Hermes em Minas Gerais, Ponte Hercílio Luz em Santa Catarina, ponte em Linha Barra Grande em Santa Catarina e a ponte próximo a estrada de Joaquim Egídio em São Paulo, dentre outros exemplos de estruturas.

3.1 Patologias nas pontes de concreto armado

Verifica-se na figura 01 uma fissura, que é uma manifestação patológica característica de estruturas de concreto armado, sendo um dos mais comuns e ainda tem suas deformações mais acentuadas. Logo, é característico como deficiência, sempre depender da origem, intensidade e magnitude da fissuração existente. (RIPPER; SOUZA, 2009).

Figura 01: Fissura na Ponte sobre a Laguna de Roteiro - AL.



Fonte: SILVA et al., (2018, s.p.)

Em virtude da fissuração, também ocorre a desagregação, que pode ser observada na figura 02, onde está ocorrendo na peça com seções de concreto, a perda localizada, da capacidade de resistir aos esforços solicitantes. Em seguida, aparece a expansão devido a oxidação ou dilatação, podendo também ocorrer o aumento do volume de concreto pela absorção da água.

Figura 02: Desagregação de uma estrutura de concreto.



Fonte: Autores (2021)

Na figura 03 pode-se visualizar a corrosão ocorrendo em meio aquoso com ataque destrutivo da natureza, tendo reações químicas e eletroquímicas. De acordo com Ripper e Souza (2009) pode-se classificar a corrosão no concreto, em três tipos diferentes, sendo elas: lixiviação, química por reação iônica e por expansão.

Figura 03: Corrosão nas armaduras da ponte sobre a laguna de Roteiro-AL.



Fonte: SILVA et al., (2018, s.p.)

O processo de abrasão, é mostrado na figura 04, sendo observado um desgaste na estrutura, perdendo parte do material e prejudicando consequentemente o desempenho mecânico. Essa abrasão pode ter sido gerada por dois agentes, ar e água. Nesse caso específico, ocorreu devido a água e seu período de secagem. Com a ação dessas partículas do material sendo carregadas, tem-se a erosão, que vai depender da quantidade de partículas que está sendo carregada, seu tamanho e a velocidade e, principalmente, pela qualidade do concreto utilizado na construção.

Figura 04: Processo de abrasão da Ponte Governador Magalhães Pinto – MG.



Fonte: MASCARENHAS et al., (2019, p.12)

3.2. Tipos de patologias em pontes de aço

As patologias encontradas nas pontes de aço, ocorre muitas das vezes por falhas em processos do projeto, no momento em que ocorre o planejamento e consequentemente na execução dele e principalmente da forma como o material é usado. As figuras 05 e 06, mostram a oxidação do aço da estrutura, que causou a deterioração do material por ação química, física

ou eletroquímica. Como é uma estrutura exposta ao ambiente, sofreu uma influência do clima, como as chuvas recorrentes.

Figuras 05 e 06: Corrosão generalizada na Ponte Marechal Hermes – MG.



Fonte: BRINCK (2004, p.102)

Além de corrosão, patologias como a demonstrada na figura 07, ocorrem por deformações devido à sobrecarga, com má utilização e deficiência de contraventamento, resultado da ocorrência de ações de cargas acima da capacidade projetada e com isso atinge o limite do escoamento, acarretando em deformação visualmente nítidas. Já no que se refere a deficiência de contraventamento, ocorre um deslocamento transversal, fazendo a estrutura colapsar por flambagem. (SARTORTI, 2008).

Figura 07: Deformação na estrutura de aço causada por sobrecarga.



Fonte: DREAMSTIME (20--, on-line)

Contudo, as deformações podem ser causadas por efeitos térmicos como apresentado na figura 08, que mostra uma ponte que sofreu alteração na estrutura, devido ao intenso calor, que reduziu a resistência e capacidade mecânica, fazendo com que ocorra tal deformação na viga metálica.

Figura 08: Deformação na viga por efeito térmico.



Fonte: NASCIMENTO (2017, p. 25)

A figura 09 mostra na ponte em Florianópolis, fissuras que foram provocadas por uma concentração de tensão ou também por fadiga, quando a ponte tem um tráfego acima do que projetado para ter, associando com a qualidade do material e as tensões que ocorrem.

Figura 09: Fissuras na Ponte Hercílio Luz – SC.



Fonte: CARVALHO (2018, p. 3)

Na figura 10 há um exemplo de patologia que ocorre na estrutura soldada do corrimão de uma ponte, um dano na estrutura que levou a uma ruptura frágil na ligação da solda. Para se ter uma solda de ótima qualidade, os eletrodos e a mão de obra devem ser de qualidade, a homogeneidade do metal e metal base também são importantes. (PINHEIRO, 2005).

Figura 10: Solda em estrutura metálica.



Fonte: BRUM (2010, s. p.)

Uma Ponte localizada entre Seattle e Vancouver nos Estados Unidos desabou, devido a um caminhão ter colidido em uma viga, causando o colapso de uma parte da estrutura, como mostra a figura 11.

Figura 11: Colisão de caminhão numa ponte nos Estados Unidos.



Fonte: Estrutura... (2021, on-line)

De acordo com o DNIT (DNIT, 2004), esses estragos são bem comuns, quando não acontece o colapso total, pode-se fazer a recuperação da estrutura, sendo necessário um exame acurado do aço.

3.3. Tipos de Patologias em Pontes de Madeira

De acordo com Abdalla (2002), é natural que a matéria prima madeira apresente manifestações patológicas, já que é um produto biodegradável e tem propensão a sofrer ataques de fungos, insetos e muitos outros agentes, podendo padecer de fadiga e desgaste. Na figura 12 a madeira do tabuleiro da ponte está deteriorada, devido a vazamentos e a grande quantidade de umidade no local ajudou os fungos a diminuir a resistência da peça.

Figura 12: Apodrecimento da madeira do tabuleiro da Ponte sobre o Rio Atibaia no Distrito de Souza.



Fonte: SARTORTI (2008, s.p.)

A figura 13 apresenta estrutura de madeira que é encontrada no tabuleiro da ponte em Linha Barra Grande, no município de Cunha Porã-SC. São observadas fissuras, peças danificadas e com desgaste de abrasão mecânica.

Figura 13: Ponte de madeira em Linha Barra Grande, com desgaste de abrasão mecânica.



Fonte: HAACK (2015, p. 63)

As figuras 14 e 15 expõe a corrosão das estruturas metálicas, que em conjunto com a madeira desgastada provoca a diminuição da resistência e interfere na funcionalidade da ponte. É atribuída para a madeira uma coloração mais escura, indicando que ocorreu um desgaste por corrosão metálica.

Figuras 14 e 15: Ponte próximo a estrada de Joaquim Egídio em São Paulo.



Fonte: SARTORTI (2008, s.p.)

4. RESULTADOS

A partir das análises e estudos apresentados percebe-se que as patologias podem ser diagnosticadas através das inspeções realizadas nas estruturas das pontes. Ensaio laboratoriais são importantes para se chegar a uma solução corretiva de maneira assertiva.

Será demonstrado nos Quadros 1 e 2, medidas de correção e tratamento de patologias de pontes, considerando os materiais concreto e aço, respectivamente. As estruturas de madeira não serão desconsideradas pela sua escassa utilização em construção de pontes nos dias atuais.

Quadro 1: Quadro de prevenção do concreto.

	Patologias	Tratamento
Concreto	Fissuras	Fissuras ativas = apenas escovar a fissura e comprimir uma argamassa de cimento e areia, ou alargar a fissura, em forma de V, e recompor a superfície, também com argamassa de cimento e areia. Fissuras Inativas = as fissuras de pequena abertura podem ser reparadas por injeção de resina epóxica e de grande abertura devem ser encaradas como juntas móveis e os reparos devem antecipar os seus prováveis aumentos de dimensão.
	Desagregação e corrosão	Como a desagregação é devida a corrosão, o tratamento para as patologias é o mesmo, sendo ele dividido em duas etapas Preparação e Recomposição da Proteção Preparação = remover o concreto contaminado por cloretos, onde a corrosão já se instalou. Recomposição de Proteção = se a corrosão não reduziu a seção da armadura em mais de 10%, uma proteção contra corrosão deve ser aplicada na armadura já tratada. Se a corrosão já reduziu a armadura em mais de 10%, há necessidade da colocação de armadura suplementar, devidamente ancorada.
	Abrasão	Em pequenas espessuras de áreas desgastadas, deve-se aumentar a sua área com utilização de auxílio de escarificadores.

Fonte: Autores (2021).

Quadro 2: Quadro de prevenção do aço.

	Patologias	Tratamento
Aço	Oxidação	Utilizar o método de raspagem da ferrugem caso a estrutura não estiver danificada, e em seguida fazer o uso de pinturas específicas para proteção. Caso a peça de aço já esteja comprometida, deve-se substituí-la por materiais resistentes a corrosão.
	Fissuras e Trincas	Alterar a sequência de soldagem, em seguida ressecar o eletrodo. Assim que ressecar, pré-aquecer a peça do modo que não aumente o tamanho da fissura, limpar toda a zona de solda cuidadosamente. Após esse processo, substituir o metal base.
	Deformação	Abrangendo a deformação do aço oriunda da temperatura, impacto sobrecarga, todas atuam de modo que mudam a estrutura física do aço, alterando sua capacidade, sendo assim, como tratamento deve-se focar em trazer a peça ao seu limite inicial. Caso já esteja comprometida, deve-se realizar a troca.
	Defeito de Solda	Fazer a alteração da ligação de solda comprometida, utilizando materiais de solda específicos e mão de obra especializada para a área e realizando sempre a partir da limpeza da peça, sem respingos de impureza.

Fonte: Autores (2021).

Logo, por meio de inspeções periódicas utilizando-se dessas medidas corretivas é possível se resolver ou pelo menos minimizar consideravelmente o grande problema de patologias em pontes.

5. CONCLUSÃO

Com o passar dos anos, pode-se observar a quantidade de estudos que vem sendo desenvolvidos referente às manutenções e restaurações de estruturas devido a ação das patologias. Porém, as informações sobre o tema ainda continuam escassas, já que os trabalhos são apresentados de modo isolado. Sendo assim, espera-se que o conteúdo apresentado neste artigo possa contribuir para o conhecimento técnico e científico, ajudando a identificar as patologias em pontes e demonstrando a necessidade de tratá-las logo no início.

Grande parte das pontes construídas apresentam problemas patológicos decorrentes da falta de manutenção e de inspeção das construções, afetando as condições de serviço e funcionamento. Como são observados diversos tipos de patologias nas obras de arte especiais, é preciso que cada caso seja avaliado conforme as características das estruturas analisadas, apresentando um projeto específico para obras de recuperação ou manutenção daquele sistema.

6. REFERÊNCIAS

ABDALLA, Anna Cristina Pacheco Ballassini. **Utilização de Madeira de Eucalyptus em Estruturas de Pontes.** 2002. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11149/tde-23072002-161649/publico/anna.pdf>. Acesso em: 20 set. 2021.

BRINCK, Fabiana Malta; CÂNDIDO, Luiz Cláudio; NEVES, Francisco de Assis das. **Avaliação da integridade estrutural da Ponte Marechal Hermes - rio São Francisco/MG.** 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rem/a/V3Q8m74LkGJKJwDLqvJwMz/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 30 set. 2021.

CARVALHO, H.; RODRIGUES, F. C. **Avaliação da integridade e projeto de recuperação da Ponte Hercílio Luz/SC.** 2017. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Avaliação-da-integridade-e-projeto-derecuperação-Carvalho-Vilela/9a8bcd901fc055bfaffe821a900ca0b90eb39d95?p2df>. Acesso em: 27 set. 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de inspeção de pontes rodoviárias.** 2004. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-demaneuais/vigentes/709_manual_de_inspecao_de_pontes_rodoviaras.pdf. Acesso em: 18 set. 2021.

ESTRUTURA de pilares de sustentação da ponte sobre a Lagoa do Roteiro, em AL. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/al/alagoas/noticia/2019/01/29/estrutura-de-pilares-de-sustentacao-da-ponte-sobre-a-lagoa-do-roteiroem-al-preocupa-quem-passa-pelo-local.ghtml>. Acesso em: 23 out. 2021.

HAACK, Mayane. **APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE INSPEÇÃO EM PONTES DE MADEIRA DO MUNICÍPIO DE CUNHA PORÃ - SC.** 2015. 103 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015. História das Pontes. UFPR online. Curitiba [s.d.]. Disponível em: <https://itti.org.br/história-das-pontes/>. Acesso em 23 out. de 2021.

LAPA, J. S. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto.** 2008. Disponível em: [file:///C:/Users/Let%C3%ADcia/Downloads/Timber,%20its%20nature%20and%20behaviour%20by%20J.%20M.%20Dinwoodie%20\(z-lib.org\).pdf](file:///C:/Users/Let%C3%ADcia/Downloads/Timber,%20its%20nature%20and%20behaviour%20by%20J.%20M.%20Dinwoodie%20(z-lib.org).pdf). Acesso em: 27 set. 2021.

MASCARENHAS, Fernando Júnior Resende; CORTEZÃO, Alexandre Wilson Soares; AZEVEDO JÚNIOR, Antônio Pires; ANDRADE, Bruna Dias de; OLIVEIRA, Laire Fonseca de; VIANA, Paola Santos. **Patologias e inspeção de pontes em concreto armado: Estudo de caso da ponte Governador Magalhães Pinto.** 2019. Disponível em: https://scholar.google.com.br/citations?view_op=view_citation&hl=pt-BR&user=dsgYtIAAAAAAJ&citation_for_view=dsgYtIAAAAAAJ:Y0pCki6q_DkC. Acesso em: 29 set. 2021.

NASCIMENTO, Julia Souza. **COMPORTAMENTO DE VIGAS DE AÇO EM INCÊNDIO COM DEFORMAÇÃO TÉRMICA RESTRINGIDA**. 2017. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017. Disponível em: http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_11578_JULIA%20SOUZA%20NASCIMENTO.pdf. Acesso em: 21 out. 2021.

PONTE DE AÇO. 2021. Disponível em: <https://pt.dreamstime.com/ponte-de-aço-é-sobrecarga-levemente-dobrada-image101602668>. Acesso em: 30 set. 2021

PINHEIRO, A. C. F. B. **Estruturas Metálicas: cálculos, detalhes, exercícios e projetos**. 2º ed. São Paulo. Edgard Blücher, 2005. Acesso em: 02 out. 2021

ROCHA, I. **Corrosão em estruturas de concreto armado**. 2015. 26 f. - Curso de Engenharia Civil, Instituto de Pós-Graduação - IPOG, Goiânia, 2015. Acesso em: 05 out. 2021.

SOUZA, V. C. M. de.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini Ltda., 2009.

SARTORTI, A. L. **Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas – SP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Estruturas); UNICAMP - SP, 2008. Acesso em: 22 out. 2021.

SILVA, Eliezer Cícero Vasconcelos da et al. **ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: UM ESTUDO DE CASO DA PONTE SOBRE A LAGUNA DE ROTEIRO-AL**. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 1., 2018, Maceió. CONTECC'2018. Maceió: 75º Soea, 2018. p. 01-05. Acesso em: 20 out. 2021.

VITÓRIO, A. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia**. Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícias de Engenharia. 2003. Disponível em: https://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Fundamentos_Patologia_Estruturas_Pericias_Engenharia.pdf. Acesso em: 20 out. 2021.

VITÓRIO, J. A. P. **Pontes metálicas e mistas: tópicos de conservação, danos e reforços estruturais**. 2015. Disponível em: http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Pontes_Metalicas_e_Mistas.pdf. Acesso em: 23 out. 2021.