

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

**DANILO SILVÉRIO NASCIMENTO
OTÁVIO LIMA E SILVA LEITE DE MATTOS**

**ANÁLISE DE PATOLOGIAS EXISTENTES NO VIADUTO SOBRE A AVENIDA
MARIA CATARINA CIMINI, LOCALIZADO NO KM 528,9 DA BR-116 EM
CARATINGA-MG.**

CARATINGA

2018

FACULDADES DOCTUM CARATINGA

**DANILO SILVÉRIO DO NASCIMENTO
OTÁVIO LIMA E SILVA DE LEITE MATTOS**

**ANÁLISE DE PATOLOGIAS EXISTENTES NO VIADUTO SOBRE A AVENIDA
MARIA CATARINA CIMINI, LOCALIZADO NO KM 528,9 DA BR-116 EM
CARATINGA-MG.**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Civil das Faculdades DOCTUM de
Caratinga, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.**

Área de concentração: Patologias.

**Orientador: Professor Thales Leandro
de Moura.**

CARATINGA

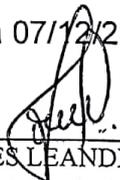
2018

TERMO DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: ANÁLISE DE PATOLOGIAS EXISTENTES NO VIADUTO SOBRE A AVENIDA MARIA CATARINA CIMINI, LOCALIZADO NO KM 528,9 DA BR-116 EM CARATINGA-MG, elaborado pelo(s) aluno(s) DANILO SILVÉRIO NASCIMENTO e OTÁVIO LIMA E SILVA LEITE DE MATOS foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA CIVIL das FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

Caratinga 07/12/2018



THALES LEANDRO DE MOURA
Prof. Orientador



BÁRBARA DUTRA DA SILVA
Prof. Avaliador 1



SIDINEI SILVA ARAÚJO
Prof. Examinador 2

Dedicamos esta monografia primeiramente a Deus, família, orientadores e todas as pessoas que estiveram juntos a nós nessa trajetória de nossa vida e por ter dado todo apoio necessário para que chegássemos até aqui.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força espiritual para a realização desse trabalho.

Aos meus pais Francisco Silvério e Maria Eva do Nascimento, pelo eterno orgulho de nossa caminhada, pelo apoio, compreensão, ajuda, e, em especial, por todo carinho ao longo deste percurso.

A minha irmã Francielem Silvério, pelo carinho, compreensão e pela grande ajuda.

Aos meus amigos e colegas de curso, em especial Lucas Nogueira e José Vitor, pela cumplicidade, ajuda e amizade.

E aos orientadores prof. Thales Leandro e prof. José Salvador Alves, pela orientação deste trabalho.

Danilo Silvério Nascimento

AGRADECIMENTOS

Agradeço este trabalho imensamente aos meus orientadores Prof. Thales Leandro e Prof. José Salvador Alves que diariamente nos acompanharam e opinaram para melhor acontecer.

Meus agradecimentos a minha família, pois sem ela hoje eu não estaria aqui, no final desta etapa da minha vida, aos professores pelos ensinamentos e preparação durante a formação acadêmica.

Com muita satisfação e reciprocidade, saúdo meus amigos Lucas, José Vítor, Danilo e Neto, que estiveram presente em todos os acontecimentos durante esses cinco anos, a minha querida namorada Débora que sempre me motivou e esteve ao meu lado, agradeço aos meus tios Maurício, Alcides e João Robinson todo o apoio e ao meu honroso avô Robinson por passar uma linha de respeito e honestidade.

Agradeço a instituição Doctum de Caratinga e a todos que fazem essa instituição ser referência em ensino e seriedade na nossa região.

Otávio Lima e Silva Leite de Mattos

“Temos que ter muita imaginação e combater os dogmas - não apenas nos alimentandos de tendências atuais, do pensamento de esquerda do passado ou de soluções que viriam dos mercados e da tecnologia. Temos que ser absolutamente inventivos, criativos, abertos, pluralísticos e humildes. E temos que ter compromisso total contra a estupidez.”

(Wendy Brown - Filósofa)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Viaduto na década de 1960.....	18
Figura 2.2 – Tipos de pontes.....	19
Figura 2.3 – Corrosão no pilar de sustentação de uma ponte.....	26
Figura 2.4 – Fissura no pilar de sustentação de uma ponte.....	27
Figura 2.5 – Pilar apresentando desagregação, fácil remoção do concreto e apresentando corrosão das ferragens.....	28
Figura 2.6 – Corrosão das ferragens de uma coluna	30
Figura 3.1 – Viaduto sobre a Avenida Maria Catarina Cimini	31
Figura 4.1 – Concreto rompido e ferragens expostas.....	34
Figura 4.2 – Pontos de concreto rompido e ferragens expostas e oxidadas.....	34
Figura 4.3 – Desagregação do concreto no pilar.....	35
Figura 4.4 – Cobrimento insuficiente de concreto, expondo as armaduras ao tempo	36
Figura 4.5 – Guarda Corpo do viaduto com sua estrutura danificada	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Classe de agressividade ambiental	25
--	----

Lista de Abreviaturas e Siglas

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira

Km – Quilômetro

MG – Minas Gerais

Contran – Conselho Nacional de Trânsito

ASTM – American Society for Testing and Materials

DNER – Departamento Nacional de Estradas e Rodagens

NASCIMENTO, Danilo Silvério. MATTOS, Otávio Lima e Silva Leite de. **ANÁLISE DE PATOLOGIAS EXISTENTES NO VIADUTO SOBRE A AVENIDA MARIA CATARINA CIMINI, LOCALIZADO NO KM 528,9 DA BR-116 EM CARATINGA-MG.** Caratinga, 2018. 41p. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil - Curso de Engenharia Civil. Faculdades Doctum de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2018.

RESUMO

Os viadutos e as pontes no Brasil, em sua grande maioria estão fora dos padrões das normas técnicas brasileiras. Seu envelhecimento não pode se desenvolver sem considerar o aparecimento de sintomas patológicos e sem análises técnicas, estas por sua vez, trazem as condições necessárias de segurança para a estrutura. Este trabalho analisa o grau de deterioração do viaduto sobre a Avenida Maria Catarina Cimini no centro de Caratinga e identifica todo tipo de patologia existente no mesmo e o estado útil de utilização. O trabalho se fundamenta como uma pesquisa exploratória descritiva, para analisar as patologias e seus graus de intensidade sobre o viaduto, foi verificado o estado e o modo de degradação de todas as patologias existente, apresentando a correta maneira de recuperação caso a caso. O viaduto em estudo tem suas patologias visíveis, até em estado preocupante, com alto índice de corrosões e exposições aos agentes naturais, que influenciam diretamente no agravamento da corrosão.

Palavras-chave: Viaduto. Patologias. Corrosão.

NASCIMENTO, Danilo Silvério. MATTOS, Otávio Lima e Silva Leite de. **ANALYSIS OF PATHOLOGIES THERE IS NO VIADULE ON AN AVIATION MARIA CATARINA CIMÍNIA, LOCATED AT KM 528.9 OF BR-116 IN CARATINGA-MG** Caratinga, 2018. 41p. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil - Curso de Engenharia Civil. Faculdades Doctum de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2018.

ABSTRACT

The viaducts and bridges in Brazil, for the most part, are outside the standards of Brazilian technical standards. Its aging can not develop without considering the appearance of pathological symptoms and without technical analysis, these in turn, bring the necessary conditions of safety to structure. This work analyzes the degree of degradation of the viaduct over Maria Catarina Cimini Avenue in the center of Caratinga and identifies all types of pathology existing therein and the useful state of use. The work is based as a descriptive exploratory research, to analyze the pathologies and their degrees of intensity over the viaduct, it was verified the state and the way of degradation of all existing pathologies, presenting the correct way of recovery case by case. The viaduct under study has its pathologies visible, even in a worrying state, with a high rate of corrosion and exposure to natural agents, which directly influence the deterioration of corrosion.

Key-words: Viaduct. Pathologies. Corrosion.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Contextualização	15
1.2. Justificativa	16
1.3. Estrutura do Trabalho	16
1.4. Objetivos	16
1.4.1. Objetivo Geral	17
1.4.2. Objetivos Específicos	17
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1. Fundamento de Classificação de Pontes	19
2.2. Veículos rodoviários	19
2.3. Inspeção Rotineira DNIT	20
2.4. Planejamento de Qualidade em obras	21
2.5. Estruturas de concreto armado e suas patologias	21
2.6. Normas e procedimentos para avaliação de estruturas de concreto	21
2.7. Métodos e ensaios para avaliação de estrutura de concreto	22
2.7.1. Ensaio de Resistência à compressão	22
2.8. Principais patologias que surgem em pontes e viadutos	23
2.8.1. Agressividade às Armaduras	23
2.8.2. Corrosão das Armaduras	25
2.8.3. Fissuras	26
2.8.4. Desagregação em estruturas de concreto	27
2.8.5. Irregularidades nas instalações de drenagem da estrutura de concreto	28
2.8.6. Irregularidades na pista de rolamento	28

2.8.7.	Irregularidades na concretagem	29
2.8.8.	Desgaste do concreto-abrasão.....	29
2.8.9.	Corrosão na estrutura de concreto	29
3.	METODOLOGIA.....	31
3.1.	Tipo de pesquisa	31
3.2.	Informações sobre o viaduto	31
3.3.	Procedimentos	32
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
4.1.	Caracterização de Patologias.....	323
4.2.	Verificação de patologias com auxílio da ABNT NBR 9452:2016.....	32
4.3.	Avaliação do Viaduto estudado baseado na ABNT NBR 9452:2016	327
4.4.	Técnicas de Recuperação e Tratamentos de Acordo com o Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários do DNIT	327
4.4.1.	Remoção de concreto.....	37
4.4.2.	Substituição de concreto.....	38
4.4.3.	Remoção de corrosão	38
5.	CONCLUSÃO.....	39
	REFERÊNCIAS BLIOGRÁFICAS	40

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

De acordo com Nascimento (2015), as obras de construção de civil vêm sendo aprimoradas para atender as utilizações e exigências projetadas, visando sempre o bem comum que é a sociedade num todo, contudo bons projetos devem ser elaborados para que durem o tempo determinado previsto em projeto, a algum tempo imaginava-se que as estruturas de concreto permaneceriam intactas por tempo indefinido, o que seria uma falsa ideia, com o passar do tempo é quase inevitável a aparição de indesejados problemas nas estruturas, que são conhecidas como patologia.

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT, 2010), fiscalizar, investigar e diagnosticar são atos e tarefas que devem ser sistematicamente realizadas em determinados períodos, dessa forma a identificação de uma anomalia possa ser feito o reparo ideal no período correto, de forma que não ocorra uma problema irreversível, que se tratado logo no início será algo mais simples de solucionar, não deixando comprometer toda a estrutura.

De acordo com Granato (2002), na construção, vários aspectos podem influenciar e levar uma determinada edificação a ruínas, entretanto esse processo não acontece de forma repentina, na maioria das vezes as patologias são identificadas com uma idade já avançada da obra, o maior problema é quando ela não é identificada a olho nu, com isso nos dá a falsa sensação de estar tudo correto com a edificação vistoriada. Os piores inimigos da construção além da má execução são as variações de temperatura, reações químicas, vibrações, erosões e um dos fenômenos mais sério é a corrosão das armaduras de aço do concreto armado.

Ponte se denomina na engenharia como transposição de um obstáculo natural ou criado pelo homem, no qual pode ser um rio, mares, rodovias, ferrovias, penhascos ou quaisquer tipos de obstáculos que dificultariam o deslocamento do homem. As pontes e viadutos representam grande importância no crescimento e no desenvolvimento das cidades, pois antes de tudo eles são feitos para proporcionar melhores trajetos, encurtando os caminhos (MARCHETTI, 2008).

A pesquisa proposta tem como objetivo analisar e identificar as patologias relacionadas aos desgastes naturais causados pela sua idade e o intenso fluxo de

veículos no viaduto na BR 116, KM 528,9 localizado sobre a Avenida Maria Catarina Cimini em Caratinga-Mg, tendo em vista que sua construção data da década de 60.

1.2. Justificativa

As pontes e viadutos são peças importantes do trânsito das cidades e rodovias, transpondo vales, rodovias e líquidos. Grande parte das pontes existentes no Brasil foram construídas no século passado, com isso as estruturas de concreto passam a necessitar de cuidados maiores devido ao tempo de construção.

Houve um despertar em relação às patologias visíveis no viaduto sobre a Av. Maria Catarina Cimini, que é de suma importância para cidade de Caratinga, favorecendo o comércio e desenvolvimento da cidade, pois carrega o tráfego de uma das rodovias mais importante do país, a BR 116, que vai do Ceará ao Rio Grande do Sul, com uma extensão de 4.610 km, assim sendo a pesquisa se torna relevante perante ao estado de conservação que se encontra o viaduto.

1.3. Estrutura do Trabalho

- Capítulo 1 - No primeiro capítulo a introdução com o tema da pesquisa, questão do estudo, objetivo.
- Capítulo 2 - No segundo capítulo apresenta-se a revisão de bibliográfica para fundamento teórico do estudo.
- Capítulo 3 - Procedimentos metodológicos adotados para verificar as patologias presentes no viaduto.
- Capítulo 4 - Apresentação e discussão dos resultados obtidos no viaduto sobre a Av. Maria Catarina Cimini em Caratinga-MG.
- Capítulo 5 - Conclusões do estudo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo Geral

Analisar as patologias do viaduto sobre a Avenida Maria Catarina Cimini, localizado no KM 528,9 da BR-116 na cidade de Caratinga Minas Gerais.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Visitar e analisar o viaduto sobre a Avenida Maria Catarina Cimini, localizado no Km 528,9 da BR 116 na cidade de Caratinga-MG;
- Identificar e avaliar o estado de segurança em relação a deterioração da estrutura ao que possa apresentar risco aos usuários, de acordo com a NBR 9452:2016;
- Propor métodos corretivos para as patologias encontradas de acordo com o Manual de Recuperação para Pontes e Viadutos Rodoviários do DNIT (2010);
- Consultar a ABNT NBR 9452:2016 para levantamento do estado estrutural do viaduto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Construído no século passado, na década de 60, o viaduto localizado no km 528,9 da BR-116 sobre a Avenida Maria Catarina Cimini, na cidade de Caratinga-MG é uma estrutura de concreto armado construído para dar passagem a uma das mais importantes rodovias do nosso país.

Figura 2.1 – Viaduto na década de 1960



Fonte: Acervo de José Brisce (1969).

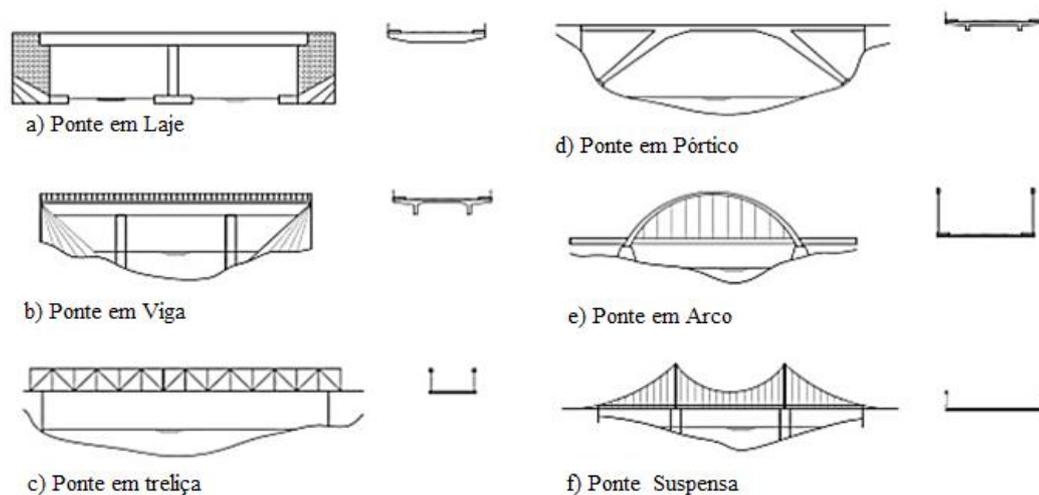
Na figura 2.1 observa-se o viaduto após a conclusão da obra, identifica-se a BR-116 e onde mais tarde seria a atual Av. Maria Catarina Cimini.

2.1. Fundamento de Classificação de Pontes

As pontes podem ser classificadas de diversas maneiras, como mostra a figura 2.2, quanto sua finalidade de utilização, material de construção, tipo estrutural, tempo de utilização e mobilidade do estrato. Quanto a sua finalidade as pontes podem ser rodoviárias, ferroviárias, passarelas, rodoferroviárias, etc. Podem,

também, destinar-se ao suporte de dutos e, até mesmo, de vias navegáveis. Ao serem classificadas quanto ao material que são construídas, as pontes podem ser de madeira, pedras, concreto (simples, armado ou protendido) e metálicas. Pode-se classificá-las, também, quanto ao seu tipo estrutural e podendo ser em laje, viga, caixaão, treliça, pórtico arco ou suspensa. Em termos de tempo de utilização as pontes se subdividem em permanentes e provisórias. Por último, pode-se classificar as pontes quanto a sua mobilidade do substrato, que são: flutuantes, corrediça, levadiça, basculante e giratória, conforme imagem abaixo. (NEME, 2008)

Figura 2.2 – Tipos de pontes



Fonte: Luiz Antônio Forte (2014).

2.2. Veículos rodoviários

A classificação de veículos é controlada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), que separa por grupos a classe, definindo assim por peso de cada veículo que circula pelas vias, esse controle é de suma importância pois define a idade e o modo de construção a serem adotados.

Os veículos rodoviários, de acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), podem ser divididos em: leves e comerciais (ou de carga). Os veículos de carga mais frequentes no tráfego rodoviário brasileiro, conforme o item 3.1.2 deste trabalho, são: 2C, 3C e 2S3. Estes podem ser descritos da seguinte forma:

- Caminhões de dois eixos, em uma só unidade (2C): caminhões basculantes, de carroceria, baú e tanque, veículos de camping e de recreação, veículos moradia, etc., tendo dois eixos com rodas simples no dianteiro e rodas duplas na traseira (6 pneus);
- Caminhões de três eixos, em só unidade (3C): caminhões betoneira, caminhões basculantes pesados, caminhões de carroceria e baús longos, etc., tendo três eixos: dianteiro de rodas simples e traseiros (tandem duplo ou não) de rodas duplas (10 pneus);
- Caminhões com semi-reboque, com cinco eixos (2S3): veículos com cinco eixos, constituídos por duas unidades, uma das quais é um cavalo motor (com dois eixos), e o reboque com 3 eixos (tandem triplo), com 18 pneus; Segundo a Resolução CONTRAN nº 12/98 o comprimento máximo autorizado para estes veículos são: 14,00m (2C e 3C) e 18,50m (2S3).

2.3. Inspeção Rotineira DNIT

No Brasil a ABNT NBR 9452:1986 determina as condições exigíveis para realização de vistorias e inspeções em viadutos ou pontes de concreto e a apresentação dos resultados obtidos nestas vistorias. A norma do DNIT 010/2004-PRO que utiliza a NBR 9452 como ponto de referência dita que a primeira inspeção que uma ponte ou viaduto sofre, é chama de inspeção cadastral, que deve ser realizada logo após a entrega da ponte, enquanto ainda estão disponíveis todos os relatórios de fiscalização, supervisão e projetos, é necessária a criação de uma ficha cadastral, contendo as mais fartas informações, após a inspeção cadastral, deve ser realizada a inspeção rotineira, que é exigida pelo DNIT e é realizada a cada dois anos.

Caso não haja a primeira inspeção cadastral, a primeira inspeção rotineira fica sendo a inspeção cadastral. Todas as pontes e viadutos devem passar por vistorias no período de dois em dois anos, podendo ser alterado para um menor tempo caso seja necessário.

2.4. Planejamento de Qualidade em obras

A presença de falhas construtivas, tão frequentemente desencadeadas nas edificações, leva a uma série de problemas de consequências patológicas, principalmente no que diz a respeito à má gestão das etapas construtivas, sejam elas, projeto, execução, materiais e manutenção/uso, levando a causar danos aos usuários e a indústria da construção, levando a desperdícios de materiais, a refazer a construção, atrasos na entrega, edificações com fissuras visíveis, entre outras.

Entretanto, o aparecimento de inovações nos processos construtivos traz resultados positivos para as empresas construtoras, reduzindo o retrabalho, obtendo maiores lucros e conseqüentemente aumentando o capital financeiro. Com relação as questões ambientais, as inovações trazem benefícios quando há redução de desperdícios, dimensionando as quantidades, de materiais usados nas obras com uma baixa margem de erro.

Segundo Strapsson (2010), as reduções nos desperdícios de materiais possibilitam destinar resíduos de obras para outras construções que demandam esse de material, ou ainda em aterros, ou reforço de subleitos de ruas ou rodovias.

2.5. Estruturas de concreto armado e suas patologias

Estruturas de concreto armado podem expor ocorrências patológicas provocadas por inúmeras causas e estas ocorrências podem causar sintomas muito semelhantes mesmo sendo de causas e origens diversas. Devido a inúmeras e variadas falhas nas estruturas de concreto armado, torna o estudo dessas patologias uma área complexa no ramo da engenharia.

O estudo das ocorrências patológicas é de suma importância para avaliação da estrutura de concreto de forma correta, a fim, de adotar soluções para a recuperação de uma forma segura e econômica.

2.6. Normas e procedimentos para avaliação de estruturas de concreto

O surgimento das patologias tem várias origens faz-se necessário um grande número de ensaios e métodos para chegar uma avaliação e mostrar a origem do problema.

Segundo Emmons (1994) os procedimentos para avaliar qualquer estrutura de concreto devem obedecer aos seguintes passos:

1. Inspeção visual pela estrutura.
2. Revisão dos dados de engenharia.
 - a) Documentos de projeto e construção;
 - b) Registros de operação e manutenção;
 - c) Registros do concreto (incluindo materiais utilizados;
 - d) Relatórios de inspeções periódicas.
3. Avaliação das condições da estrutura.
 - a) Mapeamento das deficiências;
 - b) Monitoramento;
 - c) Pesquisa conjunta;
 - d) Ensaio e testes;
 - e) Ensaio não destrutivo;
 - f) Análise estrutural
4. Avaliação final
5. Relatório das condições da estrutura.

2.7. Métodos e ensaios para avaliação de estrutura de concreto

2.7.1. Ensaio de Resistência à compressão

Ensaio de resistência à compressão devem ser feitos por meio da retirada de corpos de prova e sua subsequente ruptura em prensas ou através de ensaios de penetração e repique.

Os ensaios com corpos de prova são feitos fundamentados nas normas ASTM C 42 (norma americana) e no Brasil através da ABNT NBR 7680:2015. Os

corpos de prova são retirados de acordo com as descrições da norma e posteriormente rompidos em prensa hidráulica obtendo sua resistência.

Os ensaios de resistência à penetração são feitos fundamentados na norma ASTM C 803 (norma americana) e depende da utilização de um penetrômetro de Windsor que lança um pino sobre a estrutura de concreto. O tamanho do pino que fica exposto é de acordo com a resistência à compressão do concreto.

2.8. Principais patologias que surgem em pontes e viadutos

Os principais problemas em estruturas de concreto são mostrados por fissuras, corrosão de armações e trincas de vários tipos; as trincas e fissuras são patologias comuns nas estruturas de concreto armado e são decorrentes da vulnerabilidade do concreto, material que não resiste à tração e que rui rapidamente e explosivamente.

No entanto, sua localização, sua quantidade e sua fenda são razões decisivas para o desgaste das estruturas (CÁNOVAS, 1988).

De acordo com Souza (et al, 1998), as fendas por falhas do projeto são aquelas resultantes de erros ao dimensionar os elementos estruturais ou, assim sendo, por falta de detalhamento no projeto para melhor orientação quando for executado. São falhas que, geralmente, causam a exposição de fendas nas estruturas.

A exposição de fendas é sinal de que a estrutura perde sua resistência e colocando em evidência a segurança da estrutura, impedindo sua utilização quanto na diminuição de sua vida útil, sendo capaz de causar o desgaste da armadura, neste caso quando se encontram bem avançadas as fendas. (CARMONA FILHO, 2005).

2.8.1. Agressividade às Armaduras

O estudo das causas da corrosão em concreto armado está relacionado ao meio que a edificação se localiza e que a classificação da agressividade do ambiente submeterá diretamente na vida útil da estrutura.

Segundo Helene (1986) há diversos tipos de meios ambientes que podem influenciar as estruturas de concreto armado: atmosfera rural, atmosfera urbana, atmosfera marinha, atmosfera industrial e atmosfera viciada. Atmosfera rural trata-se de regiões ao ar livre sofrendo pouca influência de fontes poluidoras de ar. Nesse sentido o processo agressivo contra as armaduras do concreto armado é bastante lento, portanto não acelerando a corrosão. No entanto, a atmosfera urbana em centros populacionais, contendo impurezas dissolvidas, como óxido de enxofre, fuligens ácidas e outros agentes agressivos, tornando mais acelerado o processo de degradação das estruturas em concreto armado juntamente com a umidade crítica do ar, em que o metal inicia o processo de degradação ao ser exposto a este ambiente.

Em regiões costeiras, as edificações em concreto armado estão expostas ao ambiente marinho, atmosfera na qual possui cloretos de sódio, cloretos de magnésio e entre outros. Assim, esses compostos apresentam elevados níveis agressores, que estimulam o processo de corrosão, a título de comparação, a velocidade da corrosão no ambiente marinho apresenta uma ordem de 30 a 40 vezes superior à que acontece em uma atmosfera rural. (HELENE, 1986).

De acordo com Helene (1986) em ambientes industriais é possível verificar a presença de gases, ácidos, cinzas e outros agentes agressivos, tais elementos proporcionam uma elevação na velocidade do processo de carbonatação nas armaduras na ordem de 60 a 80 vezes a mais do que no ambiente rural. Ainda pode-se encontrar atmosfera viciada localizada em ambientes fechados com pouca de ventilação, em consequência, baixa renovação do ar. Alguns locais são propícios a esses processos, como coletores e interceptadores de esgoto, na qual geram ácidos sulfúricos, intensificando a deterioração das armaduras de concreto armado. Na figura 2.3 podemos analisar a tabela contendo as classes de agressividade.

Tabela 2.1 – Classe de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1 2}	Pequeno
III	Forte	Marinha	Grande
		Industrial ^{1 2}	
IV	Muito Forte	Industrial ^{1 3}	Elevado
		Respingos de maré	
1 Pode-se admitir um micro clima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviços de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).			
2 Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominante secos ou em regiões onde raramente chove.			
3 Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.			

Fonte: ABNT NBR 6118:2014.

O viaduto em estudo está localizado na cidade de Caratinga, zona urbana constituída por poucas indústrias, apresentando agressividade moderada às armaduras, classe II.

2.8.2. Corrosão das Armaduras

É de fundamental importância o estudo sobre os processos corrosivos, uma vez que a corrosão degrada frequentemente o material metálico, diminuindo de forma considerável a sua vida útil. Em edificações de concreto armado verificasse com frequência a presença de efeitos corrosivos.

Segundo Andrade (1992) relata que a vida útil pode ser compreendida por diversos aspectos, sendo uma delas as características mínimas de utilização, serviço e resistência.

Assim, entende-se que a corrosão se inicia quando há presença de umidade em contato com a armadura. As corrosões geralmente ocorrem de forma espontânea, como aponta Gentil (1996), transformando de forma constante os materiais

metálicos, influenciando diretamente na sua resistência e desempenho, alterando a durabilidade dos materiais, prejudicando a estrutura.

Além disso, Helene (1998, p.01) descreve que “pode-se definir corrosão como a interação destrutiva de um material com o ambiente, que seja por reação química, ou eletroquímica”. Assim, pode-se afirmar que a corrosão é um processo que age de forma concomitantemente com o ambiente, danificando a estrutura, conforme a imagem 2.4.

Figura 2.3 – Corrosão no pilar de sustentação de uma ponte



Fonte: Associação Brasileira de Química.

2.8.3. Fissuras

As patologias nas estruturas de concreto são demonstradas por trincas, fissuras e corrosão de armações de diversos tipos; as trincas e fissuras são bem comuns nas estruturas de concreto e são efeitos da precariedade do concreto, concreto este que não resistente à tração e que rui momentâneo e explosivamente. contudo, sua localização, abertura e quantidade são razões decisivas para o desgaste das estruturas (CÁNOVAS, 1988), como mostra a figura 2.5.

Figura 2.4 – Fissura no pilar de sustentação de uma ponte



Fonte: Aracaju como eu vejo, (2013).

De acordo com Souza (et al, 1998), as fissuras por deficiências de projeto são aquelas resultantes de erros no dimensionamento de elementos estruturais ou, assim sendo, por falta de detalhamento do projeto estrutural para conhecimento e orientação durante a execução. Erros esses que, sempre, tornam-se manifestações de fissuras nas estruturas.

O surgimento de fissuras é a indicação de que a estrutura perde sua resistência e o nível de segurança, implicando sua utilização tal, como na redução de sua vida útil e no agravamento ao seu funcionamento e estética, causando a corrosão da armadura, quando estas fissuras estão em estado agressivo. (CARMONA FILHO, 2005).

2.8.4. Desagregação em estruturas de concreto

Desagregação é o apodrecimento do concreto por separação de suas partes, causada, quase sempre, pelo aumento devido à oxidação ou dilatação das ferragens, conforme a figura 2.6, devido a dilatação do volume de concreto quando há absorção de água, e pelas fissuras insatisfatórias das juntas de dilatação, gerando tensões tangenciais não esperadas. Ocorrem também devido a grandes movimentações estruturais e choques na estrutura. (LANER, 2001).

Figura 2.5 – Pilar apresenta desagregação, fácil remoção do concreto e corrosão das ferragens



Fonte: Marcelo Medeiros (2008).

2.8.5. Irregularidades nas instalações de drenagem da estrutura de concreto

Conforme Laner (2001), as irregularidades em instalações de drenagem, são razões que provocam a degradação do concreto e das armações. Por isso, estas irregularidades devem ser evitadas para que não haja acúmulo de água em pontos graves da estrutura como encontro de apoios das vigas, no encontro de tabuleiros, nos caixões, na pista de rolamento, dentre outros.

2.8.6. Irregularidades na pista de rolamento

As irregularidades na pista de rolamento das pontes e viadutos causam aumentos de exigências para as estruturas destas obras e, de acordo com o manual do DNER (1980), os desníveis de juntas, as depressões e os ressalto-as, geram significativos efeitos dinâmicos, que aumentam as exigências de cargas móveis,

muitas das vezes ocasionando o deslocamento do tabuleiro quando os aparelhos de apoio estão em péssimas condições.

2.8.7. Irregularidades na concretagem

Conforme Bauer (1994), as irregularidades na hora da concretagem é um elemento altamente preocupante para os engenheiros, podendo haver separação dos materiais do concreto quando este for lançado, podendo gerar inúmeras falhas subsequentes na estrutura. Por essa razão, se fazem necessários procedimentos para evitar estas irregularidades, o concreto deve ser lançado após o amassamento no intervalo de 1 hora e altura que o concreto deve cair em queda livre, não ultrapasse a 2 metros.

2.8.8. Desgaste do concreto-abrasão

Entre as causas da degradação do concreto evidenciamos o desgaste superficial: os elementos de concreto estão vulneráveis a ações de desgaste por agentes abrasivos resultando perdas de material na superfície. A abrasão é um desgaste em que resulta perda de desempenho mecânico, o conflito entre vários objetos e o concreto (AMORIM, 2010).

2.8.9. Corrosão na estrutura de concreto

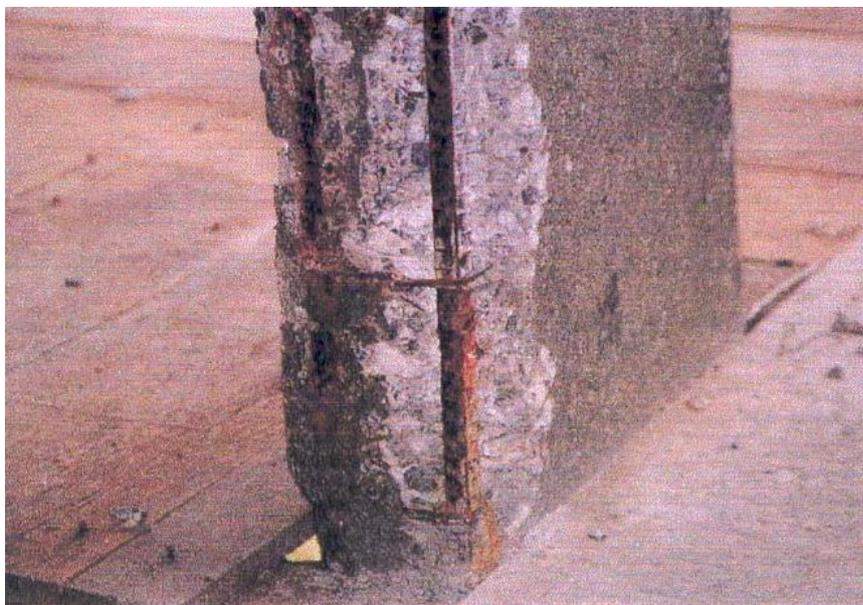
Em geral a água está presente na grande maioria dos casos de apodrecimento de estruturas de concreto, a agilidade em que penetra nos sólidos porosos define a porcentagem do apodrecimento do concreto. Entre outros seguimentos que mudam a vida útil do concreto são: o desgaste das superfícies, fissurações, exposição a temperaturas extremas, congelamento ou fogo e efeitos químicos (MEHTA; MONTEIRO, 2008). Conforme Lima (2005) a água salgada é o maior causador do apodrecimento das estruturas, sendo criadas por vários elementos químicos que causam degradação física, química e biológica. Entre as patologias das estruturas de concreto no mar a que mais gera preocupação é a

corrosão das armaduras, pois abala de modo direto a segurança estrutural da ponte, podendo condenar a estrutura devido à dificuldade e alto valor na reparação.

De acordo com Vitório (2003), razões como a porosidade do concreto, a existência de trincas e a deficiência no cobrimento são os grandes responsáveis pela oxidação da armadura, quando a armadura é atingida por agentes agressivos. A área que sofre oxidação tem o volume aumentado em 8 vezes, e a força do crescimento expulsa o concreto do cobrimento, tornando a armadura exposta a ação de agentes agravantes. Com o avanço desse fenômeno gera a destruição total da armação.

Um concreto de excelente qualidade, mesmo tendo ótima resistência, quando está exposto em meio agressivo esta suscetível a sofrer danos. Entretanto, um concreto de péssima qualidade, permeável, segregado está mais suscetível aos ataques. As chuvas, que ocorrem sobre as pontes e viadutos, atacam o concreto por meio da infiltração e do acúmulo ao longo do tempo, devido à falta de pingadeiras e da deficiência das juntas e da drenagem do tabuleiro (VITÓRIO, 2003).

Figura 2.6 – Corrosão das ferragens de uma coluna



Fonte: Achiles Macedo (2007).

A imagem 2.8 detalha as armaduras expostas, a umidade em contato com as armaduras faz com que aconteça o problema da carbonatação, que é o processo de corrosão das armaduras e leva a desagregação do concreto.

3. METODOLOGIA

3.1. Tipo de pesquisa

Esse trabalho se fundamenta como uma pesquisa explorativa, descritiva e qualitativa, referenciando a ABNT NBR 9452 (2016), com o objetivo de verificar as patologias e propor possíveis soluções no viaduto sobre a Avenida Maria Catarina Cimini, na cidade de Caratinga-MG.

3.2. Informações sobre o viaduto

O viaduto sobre a avenida Maria Catarina Cimini, tem extensão de 33 metros, fica localizado no centro da cidade de Caratinga, a avenida que passa por baixo do viaduto liga o centro da cidade ao bairro Santa Zita e também dá acesso a BR 116, a maior rodovia federal do país e também responsável pelo escoamento de produtos e crescimento do país. O viaduto foi construído na década de 1960, quando a rodovia passou por melhorias, tendo em vista a sua largura, a sua construção já visava o maior tráfego de veículos que existiria mais tarde de acordo com a figura 3.1.

Figura 3.1 – Viaduto sobre a Avenida Maria Catarina Cimini



Fonte: Acervo dos autores (2018).

3.3. Procedimentos

O andamento deste trabalho se deu pela leitura da ABNT NBR 9452 (2016), pesquisas e análises em artigos científicos disponíveis na biblioteca da faculdade e na internet, consulta as normas técnicas competentes da área analisada. Foram realizadas visitas no viaduto localizado na BR-116 sobre a Avenida Maria Catarina Cimini na cidade de Caratinga-MG.

Logo foi realizado uma vistoria a fim de localizar, observar e estipular as patologias encontradas, por fim, serão apresentadas as principais ocorrências patológicas e classificar de acordo com a NBR 9452 (2016) a condição estrutural do viaduto e o método corretivo com base no Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários do DNIT (2010).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Caracterização de Patologias

Nesse trabalho são apresentadas as principais patologias, que podem ocorrer por erros de projeto ou no período de execução ou pela idade avançada das construções, também deve ser levada em consideração a classe de agressividade às armaduras da região e a realização de manutenção preventiva e corretiva na estrutura.

Com os levantamentos patológicos diagnosticados, foram detectadas várias irregularidades na qual tem grande significância quanto a estrutura, que necessitam de uma ação corretiva a médio prazo, para que o problema não aumente e seja prejudicial para a vida útil do viaduto.

Segundo a ABNT NBR 9452:2016, existem quatro tipos de inspeção para avaliação de patologias em viadutos, são elas:

- Inspeção inicial ou cadastral: É a primeira inspeção da obra e deve ser efetuada imediatamente após sua conclusão ou assim que se integra a algum sistema de monitoramento e acompanhamento viário;
- Inspeção Rotineira: Inspeção de acompanhamento periódico, visual, sem utilização de equipamentos e/ou recursos especiais para análise ou acesso, realizada em prazo não superior a um ano;
- Inspeção especial: A inspeção especial deve ter uma periodicidade de cinco anos, podendo ser postergada para até oito anos;
- Inspeção extraordinária: A Inspeção extraordinária é gerada por uma das demandas não programadas como avaliações mais criteriosas, ocorrência de impacto de veículo, trem ou embarcação e eventos decorrentes da natureza como inundação, vendaval, sismos entre outros.

Sendo assim foram analisadas algumas patologias e cada uma apresentou uma manifestação em particular, algumas com uma necessidade de intervenção imediata como mostrada na figura 4.1.

Figura 4.3 – Concreto rompido e ferragens expostas



Fonte: Acervo dos autores (2018).

Pode-se observar que há concreto rompido com ferragens expostas e oxidadas no tabuleiro do viaduto, se não houver intervenção, continuará a expandir a patologia e trará riscos aos usuários e prejuízos financeiros maiores.

De acordo com a ABNT NBR 9452:2016, danos no elemento principal da estrutura pode causar o colapso parcial ou total da obra.

Figura 4.4 – Pontos de concreto rompido e ferragens expostas e oxidadas



Fonte: Acervo dos autores (2018).

O viaduto tem 4,6 metros de altura, a figura acima mostra uma patologia causada pela má utilização do viaduto, na patologia da foto, um caminhão com altura elevada não conseguiu passar pela pista inferior do viaduto, se chocando contra a estrutura e ocasionando rompimento do concreto, expondo as ferragens.

Segundo a ABNT NBR 9452:2016, trata de um dano ao elemento estrutural complementar, não causando nenhum comprometimento estrutural.

Figura 4.5 – Desagregação do concreto no pilar



Fonte: Acervo dos autores (2018).

A figura 4.3 mostra uma patologia descrita como deslocamento do concreto ou também chamada como desagregação do concreto, ela se caracteriza pelo rompimento e destacamento do concreto superficial, comumente o fenômeno ocorre por tensões de tração acima da resistência do concreto, pode ser causado também por cargas excessivas e pela corrosão das armaduras, causando expulsão do concreto.

A norma ABNT NBR 9452:2016 classifica a patologia encontrada no pilar de sustentação como elemento estrutural primário, podendo causar sérios danos no viaduto em questão.

Figura 4.6 – Cobrimento insuficiente de concreto, expondo as armaduras ao tempo



Fonte: Acervo dos autores (2018).

A figura 4.4 retrata as condições da laje da passarela do viaduto, onde o cobrimento do concreto parece ser mínimo, o que seria um erro de execução, a falta de cobrimento das armaduras faz com que elas fiquem expostas aos agentes agravantes, a oxidação é uma delas.

De acordo com a ABNT NBR 9452:2016, esta patologia pode ser classificada como elemento estrutural secundário podendo causar ruptura localizada.

Figura 4.5 – Guarda Corpo do viaduto com sua estrutura danificada



Fonte: Acervo dos autores (2018).

Segundo a ABNT NBR 9452:2016, o guarda corpo é um elemento complementar e suas patologias não comprometem a estrutura. O concreto está rompido, estando seguro apenas pelas armaduras.

4.2. Verificação de patologias com auxílio da ABNT NBR 9452:2016

Não foi encontrado nenhum tipo de projeto, memoriais, especificações de serviços, termo de recebimento da obra. Verificou-se que houve uma inspeção no ano de 2017, porém, não foi encontrado os dados da mesma. O viaduto em questão possui duas vias destinadas a passagem de veículos e duas passarelas.

Os defeitos comumente encontrados nos apoios do viaduto no KM 528,9 da BR 116 e listados na ABNT NBR 9452 (2016), foram: falhas nas condições superficiais do concreto, estado de fissuração dos elementos, exposição de armaduras, corrosão de armaduras e deterioração por agentes agressivos. Nas pistas não foram encontradas irregularidades, o guarda corpos apresentou rompimento causado por acidentes. Já as juntas de dilatação apresentaram um bom estado de preservação.

4.3. Avaliação do Viaduto estudado baseado na ABNT NBR 9452:2016

De acordo com o que foi observado in loco, o viaduto se enquadra na nota de classificação 3 segundo a ABNT NBR 9452, tabela 1, item 5.2 como uma condição regular, visto que de acordo com a norma, a OAE não apresenta comprometimentos estruturais devido a falhas encontradas na vistoria que foi realizada durante a execução da pesquisa, recomenda-se o acompanhamento das patologias encontradas e pode ser necessário intervenções a médio prazo.

4.4. Técnicas de Recuperação e Tratamentos de Acordo com o Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários do DNIT

4.4.1. Remoção de concreto

De acordo com o DNIT (2010) o concreto deve ser removido apenas depois de se ter certeza que a estabilidade da estrutura não será prejudicada, após a remoção a superfície da do concreto remanescente deve estar sadia e áspera para haver boa aderência com o novo concreto ou argamassa cimentícia. Quando a camada a ser removida não ultrapassa o cobrimento da armadura, é chamado de remoção superficial e profunda quando ultrapassa o cobrimento da armadura. A remoção do concreto deteriorado pode ser realizada através de meios mecânicos térmicos ou químicos a depender da localização, extensão e espessura da camada de concreto a ser retirada. Deve-se realizar uma limpeza que pode ser feita com jato de ar comprimido.

4.4.2. Substituição de concreto

Segundo o DNIT (2010) o novo concreto a ser aplicado na peça deve ter suas propriedades similares às do concreto existente na estrutura, seja na resistência, módulo de elasticidade e fluência. É importante ressaltar de reparos deixam cicatrizes na estrutura, podendo ser necessário a aplicação de acabamentos para diminuir os vestígios deixados.

4.4.3. Remoção de corrosão

De acordo com o DNIT (2010) a remoção da corrosão presente nas armaduras de concreto armado, nas ancoragens, nos apoios metálicos, deve ser feita através do uso de escovas de aço, lixas mecânicas ou manuais e jatos de areia, deve ser removido também a camada de concreto contaminada. Verifica se a armadura após ser limpa, perdeu mais que 10% de sua seção, caso tenha perdido, determina-se que seja adicionado uma armadura complementar.

Seguindo conforme as recomendações do DNIT, as recuperações para as patologias devem ser realizadas após a certeza de estabilidade da estrutura, sendo assim faz-se a delimitação a área a ser recuperada, remoção do concreto deteriorado, limpeza das armaduras, verificação da necessidade de substituição da mesma e um novo recobrimento.

5. CONCLUSÃO

De fato, é importante manter um plano de inspeção e manutenção nas pontes e viadutos para preservar a estrutura em perfeitas condições de usabilidade, essas inspeções e manutenções mudariam o quadro patológico visto nesta pesquisa. As principais fontes de deterioração das estruturas de concreto armado do viaduto se deram de forma natural, por reações químicas causadas pelo contato entre a umidade, o concreto e as ferragens, pela ação do homem através de acidentes, que na maioria das vezes foram causados por caminhões grandes que não respeitam a altura máxima do viaduto 4,6m, os baús ou cargas transportadas colidiram na parte inferior da laje do tabuleiro causando deslocamento do concreto, expondo as ferragens às ações da natureza.

O estado de segurança da estrutura do viaduto é preocupante devido ao alto nível de anomalias encontrado, não havendo intervenções a médio prazo o problema se estenderá e com o passar do tempo pode ser inviável ou mais onerante sua recuperação, causando riscos aos usuários finais.

O viaduto que tem sua construção datada da década de 1960, não possui em mãos um projeto ou uma ficha cadastral com informações mais completas, não se sabe para qual capacidade de carga foi projetado, na época de construção não havia um tráfego de veículos como atualmente e os veículos não suportavam capacidades de carga tão elevadas, solicitando intensamente a estrutura.

Em pesquisa ao DNIT, foi constatado que o viaduto passou por vistoria rotineira no ano de 2017 e que possuem planos de recuperação para o mesmo, ademais até a data de entrega da pesquisa, a obra de recuperação não havia sido realizada.

Conclui-se que, existem patologias no viaduto, causadas pela falta de manutenção e que há a necessidade de medidas corretivas a média prazo, porém, pela idade da construção do viaduto, o mesmo apresenta um ótimo estado de serviço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT-NBR 9452. Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: 2016.
- AMORIM, A. A. *Durabilidade das Estruturas de Concreto Aparente*. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.
- ANDRADE, J. J. O. *Durabilidade das estruturas de concreto armado: Análises das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco*. Porto Alegre. 1997. Dissertação de mestrado (Engenharia Civil). UFRGS. 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: *Projeto de estruturas de concreto* – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- BAUER, L. A. F. *Materiais de Construção 1. Livros Técnicos e Científicos*. São Paulo, 1994. 435 p
- CÁNOVAS, M. F. *Patologia e terapia do concreto armado*. São Paulo: Pini, 1988.
- CASCUDO, O controle da corrosão de armaduras em concreto: inspeção e técnicas eletroquímicas, 1997.
- CARMONA F. A. *Curso Prático de Diagnóstico, Reparo, Reforço e Proteção de Edificações em Concreto*. São Paulo: Abece, 2005.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, DNER. *Manual de Inspeção Rodoviária, MT – Instituto de pesquisas rodoviárias*. Rio de Janeiro, 1980.
- DNIT 010. *Inspeção em pontes e viadutos de concreto armado e protendido*. Rio de Janeiro: [s.n.], 2004.
- DNIT: *Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários* [s.n.], 2010.
- DNIT 122/2009- ES. *Pontes e viadutos rodoviários – Estruturas de concreto armado - Especificação de serviço*: [s.n.], 2009.
- EMMONS, P.H. *Concrete repair and maintenance illustrated*. Kingston: Editora Means, 1994. 295 p.
- GRANATO, Eng. José Eduardo. *Patologia das Construções*, 2002. 248p.

HELENE, P. R. L. *Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto*. São Paulo: Pini, 1992.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. *Concreto de Ciment Portland. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2007. vol 2.

LANER, F. J. *Manifestações Patológicas nos Viadutos, Pontes e Passarelas do Município de Porto Alegre*. Porto Alegre, 2001.

LIMA, M. G. DE. *Ação do Meio Ambiente sobre as Estruturas de Concreto*. In: ISAIA, Geraldo Cechella. *Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações*. São Paulo: Ibracon, 2005. V1. Cap. 24, p. 713-752.

MARCHETTI, Osvaldemar, 2008. PONTES DE CONCRETO ARMADO. 1 Reimpressão 2009. Editora BUCHER

REDAÇÃO AECWEB. Das manifestações às causas, as patologias do concreto exigem análise cuidadosa antes da escolha do tratamento ideal. Disponível em: < https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/patologias-do-concreto_6160_10_0 >. Acesso em: 25/11/2018.

SAHUINCO, M. H. C. *Utilização de métodos não destrutivos e semi-destrutivos na avaliação de pontes de concreto*. 2011. 170p.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. *Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto*. Pini. 1998. p. 255

VITÓRIO, A. *Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia*. Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícias de Engenharia. Recife, 2003.

VITÓRIO, J. A. P. *Vistorias, Conservação e Gestão de Pontes e Viadutos de Concreto*. Anais do 48º Congresso Brasileiro do Concreto, 2006.