



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS SERTÃO
ENGENHARIA CIVIL

FELIPE CARLOS RAMALHO

**IDENTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS NA PONTE DE CONCRETO ARMADO
SITUADO NO BAIRRO DA PEDRA VELHA NO MUNICÍPIO DE DELMIRO
GOUVEIA - AL**

Delmiro Gouveia - AL
2017

FELIPE CARLOS RAMALHO

**IDENTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS NA PONTE DE CONCRETO ARMADO
SITUADO NO BAIRRO DA PEDRA VELHA NO MUNICÍPIO DE DELMIRO
GOUVEIA - AL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Msc. Karlisson André N. da Silva.

Delmiro Gouveia - AL
2017

FELIPE CARLOS RAMALHO

IDENTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS NA PONTE DE CONCRETO ARMADO
SITUADO NO BAIRRO DA PEDRA VELHA NO MUNICÍPIO DE DELMIRO
GOUEIA - AL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Colégio do Curso de Engenharia Civil da
Universidade Federal de Alagoas como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Msc. Karlisson André N. da

R165i Ramalho, Felipe Carlos

A identificação das patologias na ponte de concreto armado
situado no bairro da Pedra Velha no município de Delmiro
Gouveia - AL / Felipe Carlos Ramalho. - 2017.

54f.: il.

Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de
Alagoas, Delmiro Gouveia, 2017.

Orientação: Prof. Me. Karlisson André N. Da Silva.

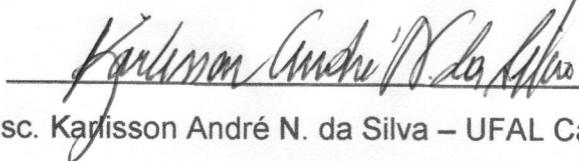
1. Concreto Armado. 2. Delmiro Gouveia. 3. Ponte..

CDU 624

AUTOR: FELIPE CARLOS RAMALHO

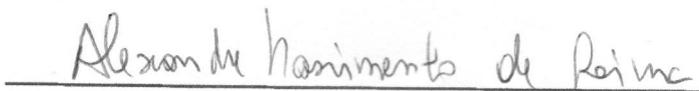
**IDENTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS NA PONTE DE CONCRETO ARMADO
SITUADO NO BAIRRO DA PEDRA VELHA NO MUNICÍPIO DE DELMIRO
GOUVEIA - AL**

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado para a obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelo Colegiado do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão, em Fevereiro de 2017.

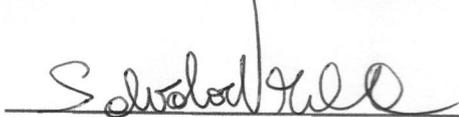


Prof. Msc. Karlisson André N. da Silva – UFAL Campus Sertão (Orientador)

Banca examinadora:



Prof. Msc. Alexandre Nascimento de Lima – UFAL Campus Sertão (Avaliador interno)



Prof. Msc. Salvatore Verde – UFAL Campus Sertão (Avaliador interno)



Prof. Msc. Karlisson André N. da Silva – UFAL Campus Sertão (Orientador)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me dado saúde, perseverança e muita força para superar todas as dificuldades que apareceu nessa trajetória.

Aos meus pais, Marcos e Jacira, e irmãos que me ajudaram nessa caminhada e sempre fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente.

A minha namorada, Maria Eveny, pela paciência e confiança, que apesar da distância esteve sempre ao meu lado.

A todos os amigos e familiares que de alguma forma contribuíram para alcançar esse objetivo.

Agradeço também a todos os professores que me acompanhou durante a graduação, em especial ao professor e orientador Karlisson André N. da Silva, responsável pela realização deste trabalho.

RESUMO

Em função do uso ininterrupto e da ausência de programas preventivos de manutenção na maioria dos casos, as ponte, viadutos e túneis, as chamadas obras de arte especiais (OAE's), estão sujeitas às ações patológicas provenientes de diversas causas, como por exemplo, os cálculos estruturais para cargas que não existiam na época de sua construção. Para uma inspeção correta e controle das patologias que prejudicam as estruturas em questão, precisaria de determinados procedimentos de inspeção e avaliação que depende diretamente do tipo e porte do empreendimento.

As patologias encontradas em pontes estruturadas em concreto estão relacionadas ao ambiente em que está inserida, a qualidade do processo executivo, as ações em que estão submetidas e aos materiais empregados na sua construção.

Este trabalho teve como objetivo analisar o estado de conservação de uma obra de arte do tipo ponte da cidade de Delmiro Gouveia-AL, apontando as patologias e defeitos existentes, promovendo uma interligação com a bibliografia utilizada.

Palavras-chave: Obras de arte especiais. Patologias. Manutenção. Ponte.

ABSTRACT

Due to uninterrupted use and the absence of preventive maintenance programs in most cases, bridges, viaducts and tunnels, so-called special works of art (OAE's), are subject to pathological actions from a variety of causes, such as Structural calculations for loads that did not exist at the time of construction. For a correct inspection and control of the pathologies that impair the structures in question, it would require certain inspection and evaluation procedures that depend directly on the type and size of the enterprise.

The pathologies found in bridges structured in concrete are related to the environment in which it is inserted, the quality of the executive process, the actions in which they are submitted and the materials used in their construction.

This work aimed to analyze the state of conservation of a bridge-type work of art in the city of Delmiro Gouveia-AL, pointing out the existing pathologies and defects, promoting an interconnection with the bibliography used.

Keywords: Special works of art. Pathologies. Maintenance. Bridge.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ponte metálica Dom Pedro II.	14
Figura 2: Projeto de pontes até 1950.	15
Figura 3: Pontes até 1950 em detalhe.	15
Figura 4: Projeto de pontes de 1960 até 1975..	16
Figura 5: Projeto de pontes de 1960 até 1975 em detalhe.....	16
Figura 6: Projeto de pontes de 1975 até 1985..	17
Figura 7: Projeto de pontes de 1975 até 1985 em detalhe.....	17
Figura 8: Projeto de pontes realizadas após 1985..	18
Figura 9: Projeto de pontes realizadas após 1985 em detalhe.....	18
Figura 10: Elementos estruturais das obras de arte especiais.	19
Figura 11: Classificação das pontes em relação à planimetria.....	21
Figura 12: Classificação das pontes em relação à planimetria.....	22
Figura 13: Classificação das pontes em relação à planimetria.....	22
Figura 14: Classificação das pontes em relação à altimetria.	23
Figura 15: Classificação das pontes em relação à altimetria.	23
Figura 16: Classificação das pontes em relação à altimetria.	24
Figura 17: Classificação das pontes em relação à altimetria.	24
Figura 18: Ponte em viga.	25
Figura 19: Ponte em arco.	25
Figura 20: Ponte pênsil.	26
Figura 21: Medidas de resoluções estruturais.....	30
Figura 22: Corrosão de armaduras aparentes em viga de ponte.	39
Figura 23: Mapa rodoviário da região onde está localizada a ponte objeto de estudo (destacado).	45
Figura 24: Localização ponte AL 220..	45
Figura 25: Vista frontal da ponte na Avenida Caxangá – AL 220.	46
Figura 26: Elementos estruturais da ponte na Avenida Caxangá AL 220.	46
Figura 27: Vista interna da ponte na Avenida Caxangá AL 220.	47
Figura 28: Apoio das superestruturas no encontro da ponte AL 220.	47
Figura 29: Presença de vegetação em encontro da ponte AL 220.....	48

Figura 30: Manchas na face inferior da laje devido ao escoamento das águas pluviais pelos drenos da ponte AL 220.....	48
Figura 31: Vista dos guarda-corpos da ponte AL 220.	49
Figura 32: Detalhe do guarda-corpo da ponte AL 220.	49
Figura 33: Laje com umidade, desagregação do concreto e corrosão de armadura da ponte AL 220.	50
Figura 34: Desagregação do concreto e corrosão de armadura da ponte AL 220. ...	50
Figura 35: Brecha na base do pilar da ponte AL 220.	51
Figura 36: desgaste na superfície do pilar da ponte AL 220.	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tripé da patologia das construções.....	28
Tabela 2: Classes de agressividade ambiental (CAA).	32
Tabela 3: Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto.	33
Tabela 4: Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal.	34
Tabela 5: Causas intrínsecas das patologias nas estruturas de concreto.:.....	36
Tabela 6: Causas extrínsecas das patologias nas estruturas de concreto.....	37
Tabela 7: Dimensões de aberturas e fissuras.	40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Objetivos	11
1.2. Objetivos específicos	11
1.3. Estruturação do trabalho	12
2. PONTES ESTRUTURADAS EM CONCRETO	13
2.1. Introdução	13
2.2. Histórico estrutural das pontes	13
2.3. Elementos constituintes das pontes	18
2.3.1. Superestrutura	19
2.3.2. Mesoestrutura	19
2.3.3. Infraestrutura	20
2.4. Classificação das pontes	20
3. PATOLOGIAS EM PONTES DE CONCRETO	27
3.1. Conceitos fundamentais	27
3.2. Manutenção e tipos de intervenção	30
3.3. Fatores de influência de patologias em estruturas de concreto	31
3.4. Fundamentos das patologias em estruturas de concreto	35
3.5 Tipos de patologia estrutural em pontes	37
3.6 Tratamentos de recuperação de estrutura de concreto armado	41
3.6.1 Tratamento de fissuras: injeção selagem e grampeamento	41
3.6.2 Reparos superficiais	42
3.6.3 Reparos semi-profundos	42
3.6.4 Reparos profundos	43
4. INSPEÇÃO VISUAL NA PONTE SITUADA EM DELMIRO GOUVEIA – AL	44
4.1. Introdução	44
4.2. Ponte al 220	45
5. CONCLUSÃO	52
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	53

1. INTRODUÇÃO

Na engenharia civil, as obras que têm dimensões, excentricidade e engenhosidade únicas, são chamadas de obras de artes. São obras construídas que atendem a toda sociedade com um benefício comum. São divididas em obras de arte corrente e obras de arte especiais.

Encaixam-se na classificação de obras de arte especiais as pontes e viadutos, que diferem entre si pelo componente natural a ser vencido. As pontes são construídas sobre um curso d'água, calculando-se de forma a possibilitar na maioria das vezes a passagem de embarcações com segurança sob a sua estrutura, enquanto os viadutos são construídos sobre um meio seco que vencem obstáculos como vias ou vales.

1.1. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é realizar um estudo dos elementos constituintes das pontes, analisar o estado de conservação de uma ponte de pequeno porte em uma via urbana na cidade de Delmiro Gouveia (AL), bem como as causas das patologias contida na mesma.

1.2. Objetivos específicos

Desenvolve-se uma revisão bibliográfica sobre as estruturas das Obras de Arte Especiais e sobre as patologias eventuais nestes tipos de obras. Identificando os problemas patológicos e suas possíveis causas da ponte em estudo, tendo como base teórica o estudo bibliográfico feito sobre patologias eventuais destes tipos de obras.

1.3. Estruturação do trabalho

Este trabalho foi estruturado em cinco capítulos, os quais apresentam resumidamente os seguintes conteúdos:

- No primeiro capítulo é abordada uma introdução ao assunto em geral, são descritos os principais argumentos do trabalho, buscando a contextualização e caracterizando o seu objeto de pesquisa.
- No segundo capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica sobre as obras de arte especiais do tipo ponte, como: classificação das pontes quanto a diversos fatores, classificação e elementos constituintes das mesmas.
- O terceiro capítulo aborda uma visão geral sobre as patologias da construção, descrevendo termos técnicos que serão essenciais para a compreensão do assunto em questão, é descrito ainda, as diversas patologias existentes dando ênfase àquelas referentes a obras de arte especiais do tipo pontes, bem como suas causas e consequências.
- O quarto capítulo é o estudo prático da análise e visualização das patologias encontradas no objeto de estudo.
- Por fim, o quinto capítulo refere-se às conclusões finais do trabalho.

2. PONTES ESTRUTURADAS EM CONCRETO

2.1. Introdução

Segundo DNIT (2014), pontes são estruturas construídas sobre uma depressão ou obstrução hídrica, que suportam uma pista para o acesso de veículos e outras cargas flexíveis, e que têm um vão livre, medido ao longo do eixo da rodovia.

Diversos requisitos principais existem em uma ponte, são eles:

- Funcionalidades, que demonstra que a ponte deverá atender de forma ideal as exigências de circulação dos veículos e pedestres, e vazão;
- Segurança, no qual a ponte deve ter seus elementos constituintes solicitados por esforços que neles promovam tensões menores que as admissíveis ou que possam provocar ruptura;
- Estética, que nesse caso a ponte deve denotar aspecto agradável e se compatibilizar com a superfície em que se situa;
- Economia, onde se deve fazer sempre um estudo comparativo de várias soluções, escolhendo-se a mais econômica, desde que atendidos os itens citados acima e a durabilidade, no qual a ponte deve atender às exigências de uso durante certo período previsto (MARCHETTI, 2008).

2.2. Histórico estrutural das pontes

Olhando pelo ponto de vista da história mundial, são relativamente novas as pontes dos dias de hoje, uma vez que as primeiras pontes construídas com a aplicação do concreto em sua estrutura deram-se em 1912, pouco mais de 100 anos. No entanto a história do emprego de pontes se dá ainda na pré-história, com a utilização de troncos de árvores que eram tombados e eram utilizados para os deslocamentos sobre rios e vales, o que acabou por ser imitado pelos homens (SOUZA, 2014).

No espaço de tempo entre os séculos 12 e 13 surgiram na Europa ordens religiosas que representaram um importante papel na construção e crescimento das pontes. Na Itália, os Fratres Pontífices, daí o título até hoje de pontífices máximos,

que eram frades da igreja católica encarregados de manutenção e construção de pontes. Já na Inglaterra surgiram os Brothers off the Bridge, isto é, máximo construtor de pontes (HERBERMANN, CHARLES, ED. 1913 apud SOUZA, 2014).

No final do século XVIII nasceram as pontes de ferro fundido em forma de arco. Contudo, com o aparecimento das locomotivas, se tornou imprescindível a construção de pontes que comportasse a grandes cargas. Em 1846, Robert Stephenson construiu a ponte Britânia, no qual foi a primeira ponte em viga utilizando seção celular de aço forjado, logo depois, em 1850, surgiram as pontes em treliças metálicas. Como exemplo destaca-se a ponte Dom Pedro II, mostrada na figura 1, construída na década de 50, a ponte fica sobre o rio São Francisco no qual está localizado na BR-110 fazendo divisa entre a Bahia e Alagoas, com uma altura de 84 metros, esta é uma ponte francesa no qual foi construída em 1958 durante o governo do presidente Juscelino Kubitschek (SOUZA, 2014).

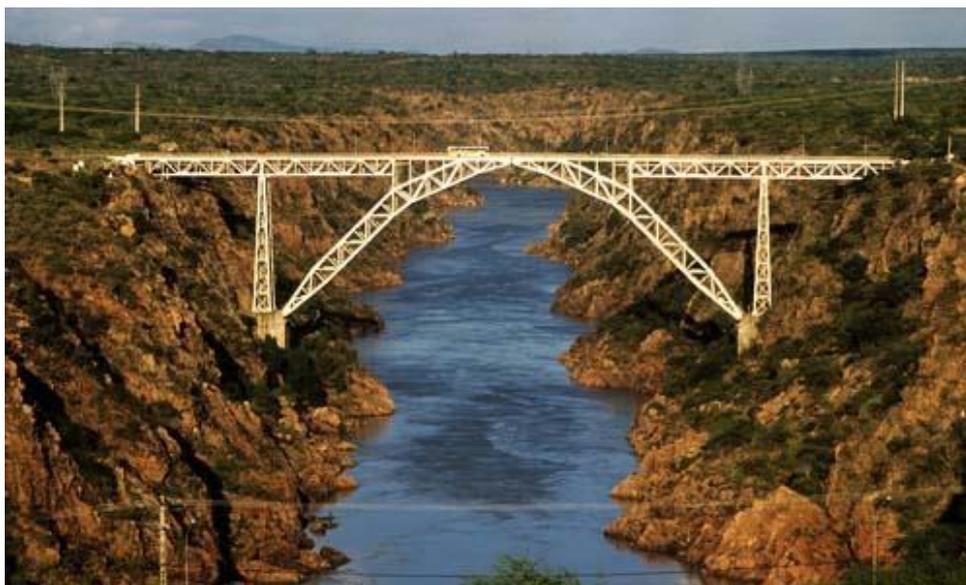


Figura 1: Ponte metálica Dom Pedro II.
FONTE: conversasdosertao.blogspot.com.br

A partir de 1900 teve início à aplicação de um material novo, que fora designado como concreto. Todavia, inicialmente a utilização do concreto deu-se apenas como um substituto da pedra na construção de pontes, sem a utilização do aço em sua estrutura que ainda não era conhecido como concreto armado (LEONHARDT 1979 apud SOUZA ,2014).

Segundo o DNIT (2004) as primeiras normas para a construção de pontes e viadutos no Brasil surgiram na década de 40, sendo que, a maioria das concepções da época já não é mais aceita por conta das mudanças relacionadas principalmente

à carga máxima dos veículos que antes era de 24 tf e hoje a norma esclarece ser de 45 tf. Os guardas corpos eram menores e ineficientes, feitos de pouca altura e baixa resistência, desviando do propósito fim, que seria a segurança dos veículos e pedestres. Nas figuras 2 e 3 estão inseridos diversos exemplares dos projetos de décadas passadas para exemplificação das mudanças ocorridas.

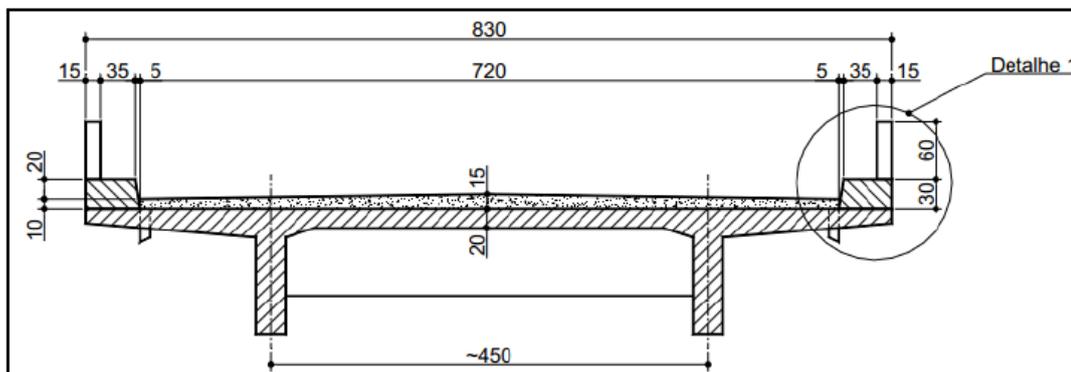


Figura 2: Projeto de pontes até 1950.
FONTE: DNIT (2014).

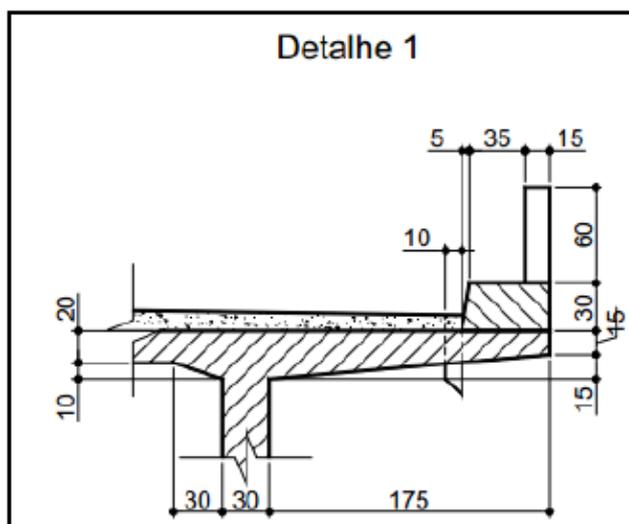


Figura 3: Pontes até 1950 em detalhe.
FONTE: DNIT (2014).

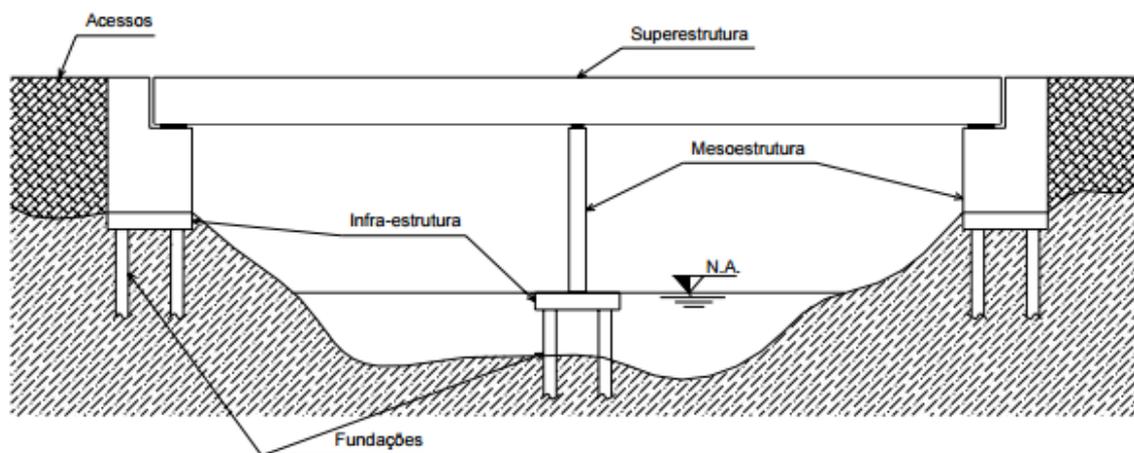


Figura 10: Elementos estruturais das obras de arte especiais.

FONTE: Sartorti (2008).

2.3.1. Superestrutura

No DNIT (2004), as superestruturas podem ser representadas pela parte da estrutura capaz de transferir as cargas aos apoios, seja por tração, compressão e flexão, ou pela junção dessas três solicitações. De acordo com Sartorti (2008), a superestrutura equivale à parte da ponte reservada a resistir de modo direto às cargas oriunda da circulação dos veículos e sob o ponto de vista da função social, é considerada a parte conveniente do elemento estrutural, visto que é onde ocorre toda a movimentação dos veículos e pedestres.

2.3.2. Mesoestrutura

Do ponto de vista do Gorges (2015), a mesoestrutura é formada pelos apoios que são elementos estruturais que se prolonga preferencialmente no sentido vertical, podendo ser inclinados também, cujo objetivo é fazer chegar às fundações o reflexo da superestrutura. Esses apoios interpostos fragmentam-se em vãos parciais a extensão total da ponte.

2.3.3. Infraestrutura

A respeito da infraestrutura, tendo como base diversos autores, por exemplo, Sartorti (2008), é classificada como sendo a estrutura de transferência da superestrutura à fundação, seja direta ou profunda, de forma segura e calculada de acordo com as características do solo.

2.4. Classificação das pontes

Dentre os vários critérios encontrados na literatura técnica, serão fornecidos apenas componentes presentes na ponte objeto desse estudo.

• Natureza do tráfego

Segundo Sartorti (2008), a especificação quanto o universo do tráfego das pontes, engloba as pontes ferroviárias, rodoviárias, aeroviárias, passarelas, canais e mistas.

No mesmo sentido Debs e Takeya (2003) falam, ainda, que estas denominações estão ligadas ao tipo de tráfego principal. As pontes mistas são aquelas remetidas a mais de um tipo de tráfego, como por exemplo, ponte rodoferroviária que é utilizada para indicar a continuidade de uma rodovia e de uma ferrovia.

• Material da superestrutura

Para as pontes serem classificadas de acordo com o material da superestrutura, tem de ser considerado que cada tipo de material apresentará pareceres estruturais característicos. Os mais utilizados de acordo com Pfeil (1985), estão:

- Concreto simples;
- Concreto armado;
- Concreto protendido;
- Aço;
- Alvenaria;
- Mistas (aço/concreto e madeira/concreto);
- Madeira.

Segundo Debs e Takeya (2003), é relevante destacar o desenvolvimento contemporâneo de superestruturas de FRP (Polímero reforçado com fibras), usadas principalmente em obras emergenciais.

Na infraestrutura das pontes é usado frequentemente o concreto armado, por isso não será feita a classificação segundo o material da infraestrutura.

• Planimetria e Altimetria

A evolução dos estudos planimétrico e altimétrico de uma ponte é, na maioria dos casos, delimitado pelo projeto da estrada. Isso se dá principalmente quando os cursos de água a serem transpassados são pequenos. Em grandes rios, o projeto da estrada tende a ser composto levando em conta a melhor localização da ponte. Diante disso, procura-se transpassar o eixo dos cursos de águas seguindo um ângulo reto com o eixo da rodovia. Além do mais, procura-se cruzar na seção mais comprimida do rio de forma a diminuir o comprimento da ponte (ARAÚJO, 1999).

De acordo com Marchetti (2008), em relação à planimetria, existem as pontes retas, que são aquelas que apresentam o eixo reto e que, de acordo com o ângulo no qual o eixo da estrutura forma com a linha de apoio da superestrutura, elas tendem a ser: ortogonais, com ângulos de 90° ou esconsas, com ângulo diferente de 90° . E pontes curvas, no qual o seu eixo, em planta, é curvo.

A figura 11 mostra um exemplo de uma ponte reta, ou seja, o eixo da rodovia é paralelo à ponte.

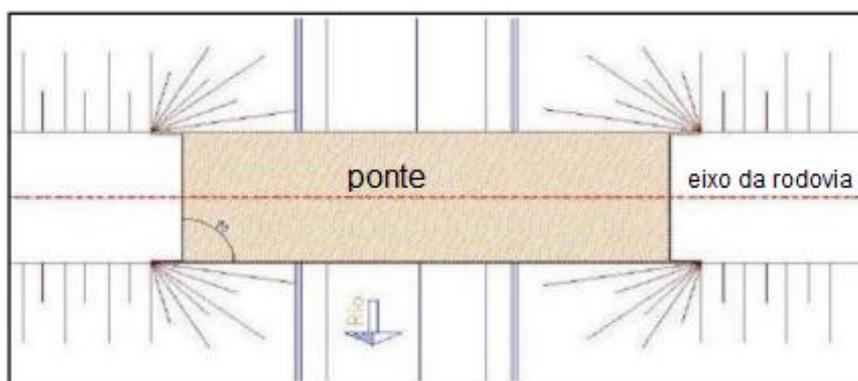


Figura 11: Classificação das pontes em relação à planimetria.

FONTE: furg.br

Na figura 12, está um exemplo de uma ponte curva, isto é, apresenta o eixo, em planta, curvo.

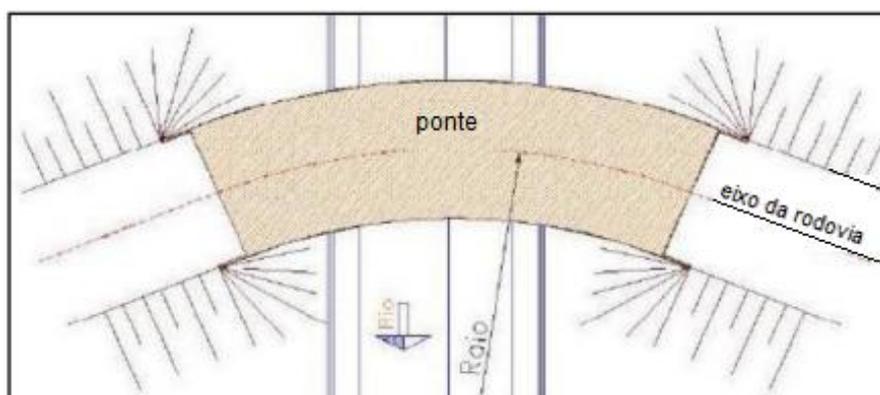


Figura 12: Classificação das pontes em relação à planimetria.

FONTE: furg.br

Na figura 13 mostra um exemplo de uma ponte esconsa, ou seja, o ângulo que o eixo da ponte forma com a linha de apoio da superestrutura é diferente de 90° .

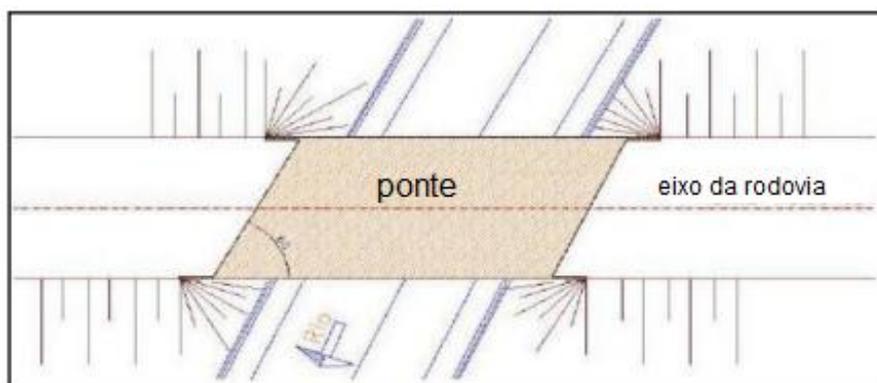


Figura 13: Classificação das pontes em relação à planimetria.

FONTE: furg.br

Já em relação a planimetria, segundo Sartorti (2008), as pontes tendem a serem retas (horizontais ou em rampas) e curvas (tabuleiro convexo ou côncavo).

As pontes horizontais são aquelas que o nível em suas extremidades é o mesmo, como mostrado na figura 14.

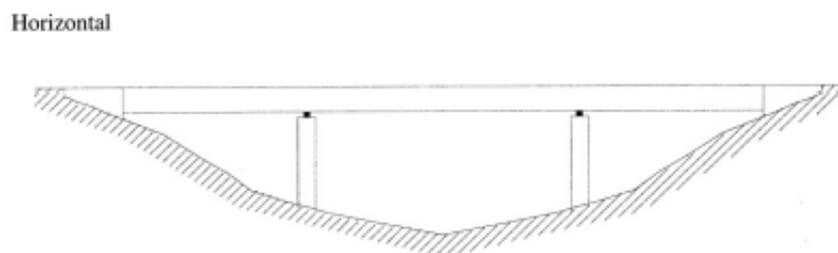


Figura 14: Classificação das pontes em relação à altimetria.
FONTE: Debs e Takeya (2003).

Na figura 15, podemos observar que a ponte ilustrada sofre uma inclinação por conta da diferença de nível em seus encontros, classificando-a como pontes em rampa.

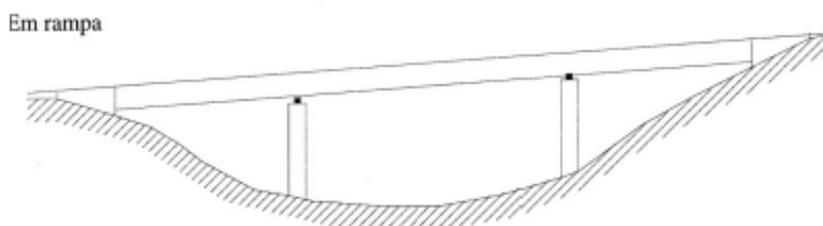


Figura 15: Classificação das pontes em relação à altimetria.
FONTE: Debs e Takeya (2003).

Nas pontes com tabuleiro convexo, apresenta um relevo exterior curvo, pouco arredondado, como mostrado na figura 16.

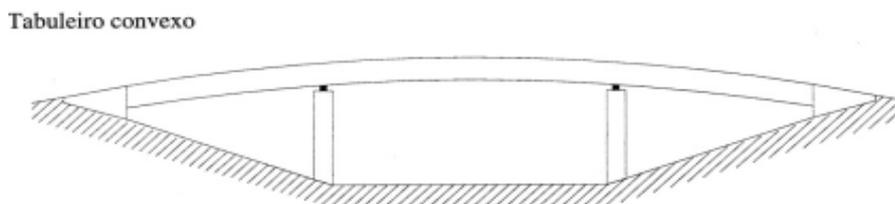


Figura 16: Classificação das pontes em relação à altimetria.
FONTE: Debs e Taqueya (2003).

A seguir, na figura 17, mostra um exemplo de uma ponte com o tabuleiro côncavo, cuja superfície apresenta uma parte defeituosamente escavada.

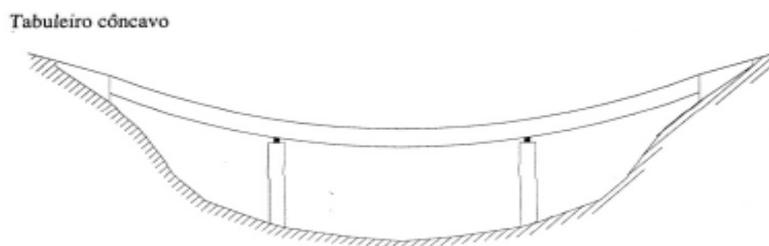


Figura 17: Classificação das pontes em relação à altimetria.
FONTE: Debs e Taqueya (2003).

• Comprimento

De acordo com Debs e Takeya (2003), esta especificação tem importância apenas para expor as designações que as pontes recebem em função do seu porte, apesar de que não existe uma ideia formada entre os diversos autores como comentado anteriormente, podem ser especificado como:

- Pontes e Viadutos – acima de 10m de vão;
- Pontilhões – de 3 a 10m;
- Galerias – 2 a 3m.

É conhecida ainda uma divisão para pontes de concreto armado, também de características não muito definidos, que é:

- Pontes de pequenos vãos – até 30 metros;
- Pontes de médios vãos – de 30 a 60 metros;
- Pontes de grandes vãos – acima de 60 a 80 metros.

• Sistema estrutural da superestrutura

As pontes classificam-se de acordo com o sistema da superestrutura e funcionalidades, e suas diferenças são mostradas a seguir:

Na figura 18, mostra o tipo de ponte mais simples, no qual consiste em uma viga horizontal entre dois pilares verticais ou apoiada nas extremidades do rio em que se quer transpor. São utilizadas para pequenas distâncias ou quando não será preciso suportar muito peso.

Ponte em viga

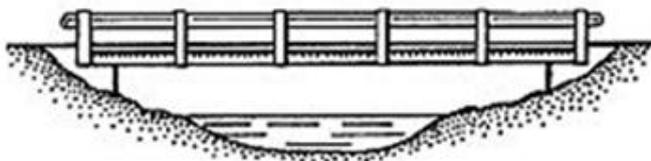


Figura 18: Ponte em viga.
FONTE: engenhariapt.com

A figura 19 demonstra a ponte em arco, essa ponte é uma estrutura semicircular com suportes em cada uma das extremidades. A forma do arco consegue desviar o peso da ponte para os suportes.

Ponte em arco

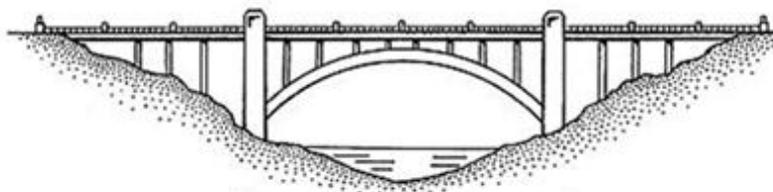


Figura 19: Ponte em arco.
FONTE: engenhariapt.com

A ponte pênsil, mostrada na figura 20, surgiu com a necessidade de transpor rios largos sem pilares de sustentação para permitir a passagem de embarcações. Os cabos de sustentação são esticados para suportar o peso da ponte e as forças de tração.



Figura 20: Ponte pênsil.
FONTE: engenhariapt.com

Estes tipos de pontes apresentam subdivisões, em razão dos tipos de vinculações dos elementos, como por exemplo, ponte em viga simplesmente apoiada, ponte em arco biarticulado, entre outras (DEBS E TAKEYA, 2003).

• Processo construtivo

De acordo com Sartorti (2008), atualmente, existem vários processos construtivos, ressaltam-se: construção com concreto pré-moldado, construção com concreto moldado "in loco", construção com balanços sucessivos, dentre outros. Porém, como o objetivo deste trabalho é o estudo das manifestações patológicas de uma ponte de concreto armado, não daremos exemplificações pertinentes a esses processos para não escapar o objetivo deste trabalho.

3. PATOLOGIAS EM PONTES DE CONCRETO

3.1. Conceitos fundamentais

De acordo com Cunha (2011), anteriormente, o escasso conhecimento técnico e científico em relação ao uso inicial do material concreto, fez com que as edificações fossem construídas tendo como suporte originário a característica de resistência mecânica alcançada. Essa construção, com maior parte da estrutura de concreto, simbolizava que a estrutura era sólida e resistentemente possível para exceder alguma exigência do meio, não conhecendo como poderia ser a replicação do conjunto desses materiais com o ambiente. Assim, Ripper e Souza (1998), salientam que essas estruturas estão começando a entrar na época de surgimentos das patologias, demandando um tratamento particularizado àquele que até agora vinha sendo isentado a elas.

Os resultados dessas misturas dos materiais construtivos com o ambiente no decorrer do tempo, causa o envelhecimento das estruturas, revelando assim, as “doenças” na construção civil. Como descreveu Ripper e Souza (1998), constituiu-se globalmente por patologias das estruturas uma aba da engenharia das construções que estuda as origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência dos problemas e dos meios de degradação das estruturas.

Com isso, percebemos que a análise de uma patologia está ligada diretamente a vida útil da estrutura, no qual o tempo e as condições de exposição são mais um fator de influência em conjunto com o desempenho e a durabilidade. Sartorti (2008) ressalta que esses novos conceitos no meio técnico estão cada vez mais sendo difundidos, visto que, existe um crescente aumento nas patologias estruturais, levando a preocupação dos profissionais com a qualidade e segurança das estruturas.

Então, Lapa (2008) observa que para a elaboração de qualquer estrutura, são necessárias rígidas fiscalizações em todas as fases, como: projetos (arquitetônicos e estruturais), execução da obra, inspeção e manutenção. Além da preocupação com o traço do concreto, é necessário utilizar maneiras e equipamentos convenientes para o lançamento, adensamento e a cura do mesmo. Porém, os cuidados com a manutenção das obras construídas são também de fundamental importância. Então

aparece um conceito até então pouco conhecido e quase não é utilizado que seria a durabilidade do concreto. Este parâmetro é a capacidade do concreto de resistir às intempéries e aos demais processos de degradação.

Assim, Cunha (2011), analisa que as patologias estão diretamente ligadas aos fatores tempo e condições de exposição, tornando-o associada à concepção de vida útil, desempenho e durabilidade, representadas na tabela 1.

PATOLOGIA DA CONSTRUÇÃO		
VIDA ÚTIL	DESEMPENHO	DURABILIDADE

Tabela 1: Tripé da patologia das construções.

FONTE: Cunha (2011).

a) Vida útil

Existe um hábito, bem comum, de considerar que a vida das pontes é extremamente longa, pela robustez e solidez que esse tipo de obra se apresenta. Considerando-se que tais obras representam realmente exemplos de grande durabilidade, ressaltamos que elas não são por toda vida. A garantia de maior vida útil e de aceitáveis desempenhos estrutural e funcional só será conquistada através de programas de conservação, onde deverá fazer parte de um procedimento mais amplo de gestão, que mencione, através de fiscalizações periódicas, as avarias existentes, certificando-as e indicando as ações de recuperação (VITÓRIO, 2005).

A ABNT 6118 (2014), ainda não especifica qual deveria ser o tempo correspondente para a vida útil do concreto. Mas evidencia que a vida útil do projeto é entendida pelo período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que sejam atendidos os parâmetros de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, assim como de aplicação dos reparos fundamentais decorrentes de danos acidentais.

A vida útil das estruturas diferencia de acordo com o propósito do projeto. Para pontes rodoviárias, a vida útil estimada corresponde a 50 anos. Todavia, a escassez de cuidados e manutenção tem reduzido à expectativa de vida estrutural das pontes, apresentando patologias com menos de 20 anos de vida. (SALES, 2005 apud CUNHA, 2011).

b) Durabilidade

Segundo Sartorti (2008), a durabilidade corresponde à capacidade da estrutura de contrapor aos agentes agressivos sem se decompor, expondo um comportamento satisfatório, o qual recairá sobre a vida útil da estrutura. Ainda segundo ele, a falta de cuidados, erros de projeto, erros na execução e a falta de manutenção, têm criado estruturas com pouca durabilidade capazes de exibirem problemas patológicos antes de cumprirem uma idade onde isto poderia ser previsto.

Entende-se como durabilidade o critério que associa a aplicação das peculiaridades de deterioração do material concreto e dos sistemas estruturais a uma determinada construção, individualizando-a pela classificação da resposta que dará aos efeitos da agressividade ambiental. Deve-se ainda entender que a concepção de uma construção durável provoca a adoção de conjuntos de decisões e procedimentos que garantam para a estrutura e aos materiais que a formam, um desempenho aceitável ao longo da vida útil da construção. (RIPPER E SOUZA, 1998).

Entendido o conceito de durabilidade da estrutura, que é a capacidade de resistência à ação das intempéries, ataques químicos, abrasão ou outro processo de degradação imposta a ela, é imprescindível que se encontre estas características em todas as estruturas.

c) Desempenho

O concreto, usado como material de construção é instável ao longo do tempo, modificando suas propriedades físicas e químicas em consequência das características de seus componentes e dos retornos destes às condicionantes do meio ambiente. Os resultados destes processos de variação que venham a comprometer o comportamento de uma estrutura, ou material, chamam-se na maioria dos casos, de deterioração. Os elementos agressores, em si, são chamados de agentes de deterioração. (RIPPER E SOUZA, 1998).

Segundo Cunha (2011), o concreto estrutural, está relacionado com resistência à compressão, resistência à tração e módulo de elasticidade, representada pelo desempenho mecânico do material. Sem mecanismos de deterioração, a resistência é crescente, aproximando a um valor limite devido à

hidratação gradual do cimento, auxiliando para o acréscimo do desempenho mecânico da própria estrutura. Portanto, esse mesmo concreto estará sujeito ao meio externo, que com tempo reduzirá a sua alcalinidade, ou seja, o seu desempenho. Essa ocorrência provoca a despassivação da armadura no concreto armado, dando possibilidade para o processo de corrosão que, após entrar na sua fase de propagação, cooperará para a perda do desempenho mecânico da estrutura. Nesse caso, o funcionamento do concreto está relacionado à alcalinidade, que é fundamental para assegurar a proteção da armadura na região do seu cobrimento, estando estreitamente ligada ao próprio comportamento da estrutura.

3.2. Manutenção e tipos de intervenção

De acordo com Ripper e Souza (1998), entende-se por manutenção de uma estrutura o conjunto de atividades capazes de garantir o seu desempenho aceitável ao longo do tempo, ou seja, o resultado de todas as rotinas preventivas que tiveram por fim a extensão da vida útil da obra, a um custo compensador. No entanto, é elaborado um programa de intervenções para conservar a vida útil da estrutura, ou seja, um programa de manutenção periódica mesmo quando a estrutura não apresente um quadro patológico. No caso de que algum problema possa ocorrer e de que o ocorrido venha tornar o desempenho insatisfatório e comprometedor para a estrutura, os responsáveis técnicos deverão estar habilitados a tomar a melhor decisão sobre como proceder, adotando a opção mais conveniente.

A figura 21 apresenta um exemplo de esquema de medidas de resoluções estruturais.

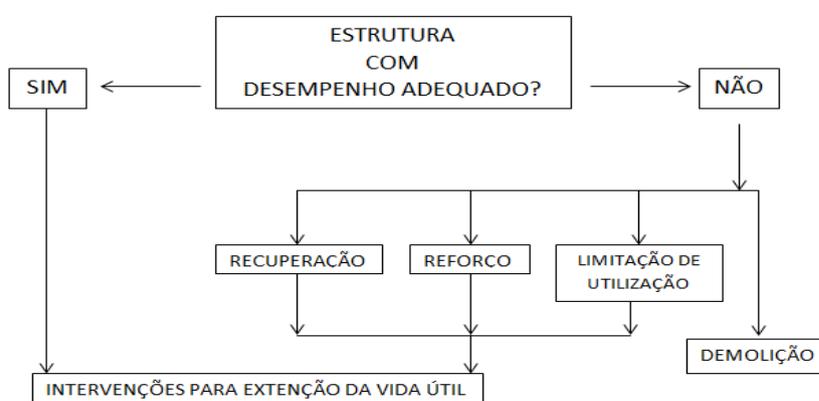


Figura 21: Medidas de resoluções estruturais.

FONTE: RIPPER E SOUZA (1998).

Ainda segundo Ripper e Souza (1998), são propostas quatro medidas preventivas, sendo: recuperação, reforço, limitação de utilização e demolição.

Como recuperação, se entendem como procedimentos indispensáveis para o restabelecimento da capacidade resistente ou portante de uma estrutura. A recuperação também pode ser entendida como uma medida que repara a estrutura aos aspectos estéticos e particularidades originais.

- O reforço é definido como a atividade desencadeada para elevar a resistência, ou capacidade portante da estrutura.
- A limitação da utilização da estrutura é uma possibilidade que deve ser escolhida quando o processo de recuperação não se mostrar economicamente viável. Como também pode ser utilizada no caso de não se optar por um reforço estrutural, fornecendo a estrutura determinadas situações que poderiam ser ultrapassadas quando utilizar um reforço.
- A demolição corresponde ao tratamento extremo, que pode variar desde uma demolição parcial, até uma demolição completa da estrutura. É escolhida quando nenhuma das alternativas preventivas anteriores se mostra viável.
- A inviabilidade entre as escolhas de uma ou outra medida preventiva se relaciona diretamente aos fatores econômicos, ou a motivos técnicos, que é quando uma medida preventiva não poderá ser utilizada em certos ambientes ou é locada em locais de difícil execução (SARTORTI, 2008).

3.3. Fatores de influência de patologias em estruturas de concreto

Segundo Ripper e Souza (1998), o concreto é um material instável em relação ao tempo, visto que suas características físicas e químicas são alteradas devido às propriedades de seus elementos e das respostas destes às imposições ligadas ao meio ambiente que é onde a estrutura exerce as suas funções. Assim sendo, os fatores mais notáveis que influenciam o estado patológico das estruturas de concreto são a qualidade dos materiais destinados na composição do concreto, bem como a dosagem desse concreto, o meio ambiente que é onde a estrutura encontra-se locada, os carregamentos considerados para o dimensionamento das peças e a qualidade na técnica de construção civil.

a) Qualidade dos materiais

Curcio (2008) entende que a qualidade do material tem a obrigação de ser definida utilizando-se os critérios técnicos estabelecidos em normas para verificação dos dados precisos. Isto é, a qualidade das obras de engenharia, tem que ser objetiva e não subjetiva. A qualidade de determinadas estruturas são verificadas com a adequação às normas pertinentes.

A quantidade de água na mistura também é uma característica que remete diretamente na qualidade dos materiais, (Souza e Ripper, 1998 apud CURCIO, 2008) comenta que a quantidade de água utilizada para favorecer as reações de hidratação dos compostos do cimento e conseqüentemente dar maior trabalhabilidade para a massa é que aplicará características como compactidade, densidade, capilaridade e a própria fissuração, sem levar em conta a resistência mecânica.

A ABNT (2014) estabelece quatro classes de agressividade ambiental para serem implantadas nos projetos estruturais como mostra na tabela 2, essas classes servem para reduzir os defeitos citados acima e promover uma melhora da qualidade e empregabilidade do concreto. A mesma norma ainda esclarece que a agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas de concreto.

A tabela 2 foi inserida como suporte para melhor visualização da relação direta das condições de exposição da estrutura com a 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	Pequeno
III	Forte	Marinha	Grande
		Industrial	
IV	Muito forte	Industrial	Elevado
		Respingo de maré	

Tabela 2: Classes de agressividade ambiental (CAA).

FONTE: ABNT (2014)

Diante disso, a ABNT (2014) estabeleceu uma correlação entre a classe de agressividade ambiental e a qualidade do concreto, determinando uma relação entre a quantidade de água máxima e o cimento em massa utilizado. Essa relação foi denominada como o fator água/cimento e está expressa na tabela 3.

Concreto	Tipo	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	0,65	,60	0,55	0,45
	CP	0,60	0,55	0,50	0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	C20	C25	C30	C40
	CP	C25	C30	C35	C40

Tabela 3: Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto.

FONTE: NBR 6118:2014.

Tendo em vista a grande questão da durabilidade das estruturas e a busca pelo prolongamento da sua vida útil, a ABNT (2014) estabelece uma correlação entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal utilizado. Segundo Cunha (2011), o cobrimento nominal é proporcional à camada de concreto protetora das armaduras contra os agentes agressivos do meio em que estas estruturas estão instaladas, diminuindo a probabilidade do contato direto desses agentes com as barras de aço. A ABNT (2014) define que para garantir o cobrimento mínimo, o projeto e a execução tem que ser considerado o cobrimento nominal, no qual é o cobrimento mínimo aumentado da tolerância de execução. Por fim, as dimensões das armaduras e os espaçadores tem a obrigação de seguir as dimensões dos cobrimentos nominais para tolerância de execução igual a 10 mm.

São mostrados na tabela 4, os valores dos cobrimentos nominais em função da classe de agressividade ambiental. Tendo em vista que toda a estrutura sofre algum tipo de ação sobre si, tornando imprescindível o correto cobrimento da

mesma para prolongar a vida útil, protegendo os seus componentes metálicos do contato direto com o ambiente externo.

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto armado	Laje	20	25	35	45
	Viga / Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido	Todos	30	35	45	55

Tabela 4: Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal.

FONTE: ABNT (2004)

b) Meio ambiente

Segundo Sartorti (2008), o meio ambiente é um dos principais agente responsáveis por danos e patologias nas estruturas de concreto, visto que um ambiente agressivo poderá acelerar, ou mesmo, estimular um processo patológico, introduzido pela ação da porosidade, gases e líquidos que contêm agentes químicos agressivos que reagem com os compostos do cimento ou atacam as armaduras.

A ABNT (2014) definiu os ambientes de inserção das estruturas a partir do risco ambiental em que as mesmas estão sujeitas, dividindo-os em ambientes com riscos fracos, moderado, forte e muito forte, como está na tabela 1, e os consecutivos cobrimentos nominais para dificultar a passagem desses agentes agressivos para o interior da estrutura, como mostra na tabela 3.

c) Ações

Nos projetos das pontes, são considerados vários carregamentos os quais provocam o surgimento de esforços solicitantes no interior das peças, ocasionando a ocorrência de fissuras pela própria natureza do material concreto e pelas ponderações de cálculo. (VITÓRIO, 2002)

Os carregamentos a serem considerados são:

- *Carga permanente*: compreende o peso próprio dos elementos estruturais;
- *Carga móvel*: constituída pelo peso dos veículos que transitam sobre a ponte;
- *Cargas devidas aos elementos naturais*: constituída pelos empuxos de terra e água e pela pressão do vento;

- *Deformações internas*: solicitações produzidas devido às variações de temperatura, retração e fluência do concreto.

Com isso, muitas fissuras podem ser causadas seja pela sobrecarga ou por outros fatores distintos. Por exemplo, para as sobrecargas que foram consideradas no projeto estrutural de acordo com todas as previsões e normas vigentes, a estrutura era no tempo, uma estrutura com um desempenho satisfatório, mas com o passar do tempo, seja por aumento das cargas dos veículos ou até por erros na construção, as fissuras já podem ficar evidentes. (THOMAZ, 1989 apud SARTORTI, 2008).

d) Qualidade no processo da construção civil

Segundo Cunha (2011), para garantir total eficiência em relação ao período útil das estruturas estabelecidos em projetos, é necessário que se tenha um planejamento, execução e manutenção combinados com atividades de desempenho, durabilidade, conformidade e reabilitação da estrutura.

3.4. Fundamentos das patologias em estruturas de concreto

De acordo com Ripper e Souza (1998), os fundamentos das patologias são divididos em dois grupos distintos. Esses grupos são chamados de causas intrínsecas e extrínsecas.

As causas intrínsecas são as causas de danificação ligadas à estrutura em si, ocorrem nos materiais e componentes das estruturas que originam esses defeitos. Estas causas são ocasionadas por erros humanos na fase de execução, utilização e por agentes naturais externos. Já as causas extrínsecas, são as que não têm relação alguma com a estrutura em si, são esclarecidas como fatores que agem no interior das estruturas.

Na tabela 5, são apresentadas causas intrínsecas que têm origem nos materiais durante as fases de execução, utilização das obras e por falhas humanas, por diversas questões físicas.

Causas intrínsecas		
Falhas humanas durante a construção	Deficiências de concretagem	Transporte
		Lançamento
		Adensamento
		Cura
	Inadequação de escoramentos e fôrmas	
	Deficiência nas armaduras	Má interpretação dos projetos
		Insuficiência de armaduras
		Mau posicionamento das armaduras
		Cobrimentos de concreto insuficiente
	Utilização incorreta de materiais de construção	Fck inferior ao especificado
		Aço diferente do especificado
		Utilização de agregados reativos
Dosagem inadequada do concreto		
Inexistência de controle de qualidade		
Falhas humanas durante a utilização	Ausência de manutenção	
Causas naturais	Causas próprias à estrutura porosa do concreto	
	Causas químicas	Reações internas ao concreto
		Expansibilidade de certos constituintes do cimento
		Presença de cloretos
		Presença de anidrido carbônico
		Presença de água
	Causas físicas	Variação de temperatura
		Insolação
		Vento
		Água
	Causas biológicas	

Tabela 5: Causas intrínsecas das patologias nas estruturas de concreto.

FONTE: Sartorti (2008).

Já na tabela 6, podemos observar que os fatores negativos agem na parte exterior das estruturas, ou seja, atacam a estrutura de dentro para fora ao longo da sua vida útil.

Causas extrínsecas	
FALHAS HUMANAS DURANTE O PROJETO	Modelização inadequada da estrutura
	Má avaliação das cargas
	Detalhamento errado ou insuficiente
	Inadequação ao ambiente
	Incorreção na interação solo-estrutura
	Incorreção na consideração de juntas de dilatação
FALHAS HUMANAS DURANTE A UTILIZAÇÃO	Alterações estruturais
	Sobrecargas exageradas
	Alteração das condições do terreno de fundação
AÇÕES MECÂNICAS	Choques de veículos
	Recalque de fundações
	Acidentes (ações imprevisíveis)
AÇÕES NATURAIS	Variação de temperatura
	Insolação
	Atuação da água

Tabela 6: Causas extrínsecas das patologias nas estruturas de concreto.

FONTE: Sartorti (2008).

3.5 Tipos de patologia estrutural em pontes

As patologias estruturais em pontes se apresentam em todos os seus elementos, seja na superestrutura, mesoestrutura ou na infraestrutura, surgindo através das próprias propriedades do concreto, ou do contato deste com o meio externo, e até mesmo surgir devido a acidentes ou mau uso dos usuários.

As manifestações patológicas que são mais comuns na obra de arte especial abordada neste trabalho são: corrosão das armaduras, desagregações, disgregações, fissuração, desgaste de superfície, perda de aderência, e danos de colisões.

Inclusive, por ser uma inspeção visual que está sendo feita neste trabalho, o DNIT (2004) adota essas formas de deterioração que podem ser observadas visualmente.

- **Corrosão das armaduras**

Conforme Sartorti (2008), a corrosão da armadura de uma estrutura de concreto é amplamente analisada. Os fatores predominantes na influência do aparecimento de um estado de corrosão da armadura são os ambientes agressivos, porosidade elevada, elevada capilaridade, redução no cobrimento e materiais de construção com problemas.

As armaduras das estruturas de concreto armado estão protegidas e passivadas contra a corrosão, esta proteção é ocasionada pelo cobrimento correto, que é responsável por formar uma barreira física interrompendo a entrada de agentes externos e, principalmente, por uma proteção química, proporcionada pela alta alcalinidade da solução aquosa presente nos poros do concreto (DNIT, 2004).

Diante disso, Cunha (2011) esclarece que os principais agentes causadores da corrosão são a água, o oxigênio e íons cloreto. A água presente nos poros do concreto mostra a solução iônica por onde ocorre a migração de íons formados. O oxigênio é o agente responsável pela oxidação do ferro na barra de aço, isto é, modifica ferro metálico em íons ferrosos que migram para a solução intersticial dos poros e combinam com os íons cloreto produzindo a ferrugem. A construção dos pólos, denominados cátodo e ânodo na armadura, é possível por causa da diferença de potencial que se estabelece entre diferentes regiões da barra de aço. Essa diferença de potencial é produzida pela diferença de umidade, aeração, tensão no concreto, concentração salina ou pela falta de uniformidade na fabricação da barra.

Segundo Sartorti (2008), a ferrugem é um material não resistente e expansivo que pode envolver um volume maior que o da armadura original. Esta alteração no volume gera um estado de tensões de tração evidenciando as armaduras por destacamento do concreto.

Em relação aos efeitos da corrosão das armaduras, o DNIT (2004), esclarece que se apresentam na forma de manchas superficiais causadas pelos produtos de corrosão, fissuras, destacamento do concreto de cobrimento e eventual perda de aderência das armaduras principais.

Na figura 22, mostra um exemplo de corrosão das armaduras aparentes em uma viga de ponte.



Figura 22: Corrosão de armaduras aparentes em viga de ponte.

FONTE: DNIT (2004).

- **Desagregações**

De acordo com o DNIT (2004), a desagregação do concreto é o sintoma mais singular da existência de um ataque químico, é o procedimento em que o cimento perde seu caráter aglomerante, aparecendo os agregados livres. Esse fenômeno inicia na superfície dos elementos de concreto com uma mudança de coloração e mostra a existência de ataque químico.

A causa principal das desagregações é a presença dos sulfatos e dos cloretos, através da utilização de cimento inadequado ao meio ambiente, o mau preparo da mistura do cimento com aditivos acelerador de pega com excesso de cloreto ou concreto imperfeitamente adensado (DNIT, 2004).

- **Disgregações**

Diferentemente da desagregação, o DNIT (2004) aborda a disgregação como consequência de diversos fenômenos físicos, ou seja, solicitações internas que acarreta trações localizadas e sobrecargas anormais na estrutura, causando deformações. A disgregação do concreto é reconhecida por rupturas na estrutura, o concreto que se desprende, isto é, disgregado, é um concreto que conserva suas características de origem, porém não foi capaz de suportar as solicitações a que foi submetido.

- **Fissuração**

A fissura é uma fratura linear no concreto no qual se estende parcial ou totalmente através do elemento, em pequenos casos uma fissura isolada não indica perda de resistência ou durabilidade nas estruturas de concreto armado convencional. Em razão de tensões de tração provocadas pela flexão, força cortante, torção, e restrições à movimentação, a fissuração pode ser inevitável (DNIT, 2004).

As pequenas aberturas apresentam dimensões e tipos diferentes de acordo com as magnitudes das aberturas. Segundo o DNIT (2004), as fissuras capilares não precisam ser registradas já que não influencia na diminuição da capacidade resistente da estrutura. Mas, as fissuras conhecidas como médias ou grandes, que são visíveis sem instrumentos, devem ser mapeadas no comprimento, largura e na orientação.

Na tabela 07, é possível notar os diferentes tipos de fissuras relacionadas com o seu tamanho.

Tipos de Aberturas Tamanho	
Fissura capilar	menos de 0,2 mm
Fissura	de 0,2 mm a 0,5 mm
Trinca	de 0,5 mm a 1,5 mm
Rachadura	de 1,5 mm a 5 mm
Fenda	de 5 mm a 10 mm
Brecha	mais de 10 mm

Tabela 7: Dimensões de aberturas e fissuras.
FONTE: Ripper e Souza (1998).

- **Desgaste de superfície**

Conforme o DNIT (2004), o concreto pode se desgastar na superfície por diversos fatores, destacando entre eles o uso continuado e a abrasão.

Uso continuado: correlata ao uso de superfícies sujeitas ao tráfego, como as pistas de rolamento.

Abrasão: A ação abrasiva, como diz o DNIT (2004), é a mais acentuada em elementos de concreto, tais como pilares submersos em água e sujeitos à

ação de fluxos d'águas, que sempre transportam partículas que se chocam contra as superfícies de concreto.

- **Perda de aderência**

É verificado entre dois concretos de idades diferentes ou entre o concreto e as armaduras a perda da aderência, onde, no primeiro caso, a perda de aderência se observa por tratamento inadequado da superfície do concreto existente, antes de receber o concreto novo, já no segundo caso, principalmente pela corrosão do aço ou pela disgregação do concreto (DNIT, 2004).

- **Danos de colisões**

Todas as pontes estão sujeitas a colisões. Conforme o DNIT (2004), a maior parte se dá aos caminhões transportando cargas além da capacidade e altura permitidos, no qual danificam os pórticos de sinalização e passagens superiores, veículos que derrapam e atingem dispositivos de segurança, tais como barreiras, e embarcações em rios navegáveis, que atingem elementos da infra e mesoestruturas, podem deteriorar diversos elementos estruturais.

3.6 Tratamentos de recuperação de estrutura de concreto armado

Somente agora, após ter visto um diagnóstico com várias variáveis das pontes, pode-se buscar as possíveis tratamentos adequadas para o tratamento da estrutura.

3.6.1 Tratamento de fissuras: injeção selagem e grampeamento

Segundo Ripper e Souza (1998), é necessário um tratamento prévio do tipo de fissuras, no que diz respeito a sua atividade, existindo as fissuras ativas (ou vivas) e passivas (ou mortas), estas são causadas por solicitações que não apresentam variações sensíveis ao longo do tempo e aquelas que têm variações sensíveis de abertura e fechamento.

Nas fissuras ativas, é promovida uma vedação da fissura com material elástico e não resistente, a fim de que impeça a degradação do concreto existente. Já nas fissuras passivas, além desta proteção, esse tratamento tem o objetivo de proporcionar que a peça volte a trabalhar como um todo, agregando um material resistente, como a nata do cimento Portland ou resina epoxídica. Para as fissuras menores que 0,1 mm, são utilizados a injeção das fissuras sob-baixa pressão, para fissuras maiores, mas poucas profundas pode-se fazer o enchimento por gravidade. Após esse procedimento das fissuras, será feita a selagem para proteger a resina, já que essa selagem é feita com um material resistente mecânica e quimicamente, não retrátil e com módulo de elasticidade suficiente para adaptar-se à deformação da fenda.

3.6.2 Reparos superficiais

Os reparos de profundidade devem ser inferiores a 2,0 cm, não ultrapassando a espessura do cobrimento da armadura e podendo ser localizados ou generalizados. São exemplos desses reparos: o enchimento de falhas, regularização de lajes, reconstituição de quinas quebradas, erosões ou desgaste, calcinação, entre outros. Nos reparos localizados, são utilizadas argamassas de base mineral, argamassa modificada com polímero, pré-dosada ou preparada na obra, ou ainda, argamassas com base epóxi ou poliéster, que exigem procedimentos específicos. Para reparos generalizados, empregam-se argamassas modificadas em polímeros, concreto ou argamassa projetada. (RIPPER E SOUZA, 1998).

3.6.3 Reparos semi-profundos

Segundo Ripper e Souza (1998), os reparos semi-profundos são os que têm uma profundidade entre 2,0 e 5,0 cm. Esses reparos requerem a montagem de formas e a verificação da necessidade de escoramentos. As recuperações das seções podem ser feita com graute, que é um tipo de concreto, de base mineral com retração compensada e alta resistência mecânica, com cura úmida.

3.6.4 Reparos profundos

Os reparos profundos podem ser representados por ter uma abertura suficiente para retirada do concreto deteriorado ou contaminado, com profundidades superiores a 5,0 cm. A segregação do concreto é um exemplo de abertura desse tipo. Com isso tem a necessidade da montagem de forma, preparação do substrato e verificação da necessidade de escoramentos. Utiliza normalmente micro-concreto de retração compensada e alta resistência mecânica, com cura úmida. (RIPPER E SOUZA, 1998).

4. INSPEÇÃO VISUAL NA PONTE SITUADA EM DELMIRO GOUVEIA – AL

Neste capítulo será apresentada a inspeção visual da ponte construída no bairro da pedra velha na cidade de Delmiro Gouveia – Alagoas, para o reconhecimento das patologias e defeitos existentes, fazendo referência com o que foi abordado na bibliografia estudada e fundamentada neste trabalho.

4.1. INTRODUÇÃO

A parte prática deste trabalho foi produzida seguindo os procedimentos descritos na norma DNIT 010/2004. Alguns procedimentos não foram capazes de ser realizado como apresentados na norma por limitações do trabalho, como a inexistência dos projetos estruturais, a ausência de equipamentos especiais, a falta de inspetores com no mínimo cinco anos de experiência em projeto e inspeção de ponte.

Nesta inspeção visual, foi possível identificar as patologias e defeitos em vários elementos, como: Lajes, vigas longarinas e transversinas, aparelhos de apoio, pilares, encontros, dispositivos de proteção, entre outros, levando em consideração os procedimentos de inspeções de acordo com a norma e conveniente a um procedimento não técnico de inspeção visual.

O estudo da ponte em questão deve-se ao fato de ser uma via de grande importância da cidade, com um fluxo considerável de pessoas e veículos e com certa facilidade para uma inspeção visual. A ponte faz parte da AL 220, no trecho localizado na cidade de Delmiro Gouveia no estado de Alagoas.

Na figura 23, mostra a localização da cidade de Delmiro Gouveia onde fica localizada a ponte em estudo.



Figura 23: Mapa rodoviário da região onde está localizada a ponte objeto de estudo (destacado).

FONTE: upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/53/Alagoas_Municip_DelmiroGouveia.svg

Vale ressaltar que os estudos realizados neste capítulo não são conclusivos, sendo passíveis de alteração quando da elaboração do projeto de reparo, reforço ou programa de manutenção da ponte.

4.2. PONTE AL 220

A ponte, objeto de estudo, está localizada na Avenida Caxangá em um trecho da AL-220, que liga os bairros Pedra Velha e Desvio ao centro de Delmiro Gouveia, e está construída sobre o rio da Pedra que é o rio intermitente, ou seja, é um rio cujo leito secam durante algum período do ano. É possível notar que essa ponte representa uma relevante ligação entres as duas partes da cidade, servindo de passagem constante de veículos e pedestres, representado na figura 24.



Figura 24: Localização ponte AL 220.

FONTE: google.com.

A figura 25 apresenta uma vista frontal da ponte, no qual podemos classificar as características estruturais e geométricas. Em relação ao estudo planimétrico, classificamos como ponte reta ortogonal, uma vez que apresenta o seu eixo paralelo ao eixo da rodovia e perpendicular às linhas de apoio da superestrutura. Quanto à altimetria, classifica-se como uma ponte reta horizontal, já que seu tabuleiro não é curvo e mantém a mesma declividade vertical da pista.



Figura 25: Vista frontal da ponte na Avenida Caxangá – AL 220.

De acordo com a figura 26, observa-se que o complexo estrutural é formado por uma superestrutura em laje, a qual é sustentada por seis pilares.



Figura 26: Elementos estruturais da ponte na Avenida Caxangá AL 220.

Já na figura 27, é mostrada uma vista interna que observa os elementos estruturais bem definidos, como os pilares, vigas e face inferior das lajes.



Figura 27: Vista interna da ponte na Avenida Caxangá AL 220.

Na figura 28, representa o detalhe da estrutura do encontro, no qual os elementos estruturais mostrados não deram para ser analisados como realmente foram construídos, por fora, foram executados com pedra rachão, mas não se sabe se no interior dessa estrutura tem algum pilar de sustentação.



Figura 28: Apoio das superestruturas no encontro da ponte AL 220.

A ponte em estudo apresenta-se em elevado estado patológico, demonstrando a falta de manutenção e comprometimento com as obras públicas.

Destacamos diversos problemas patológicos e defeitos que serão ilustrados a seguir.

A figura 29 demonstra a presença de vegetação na estrutura do encontro da ponte, e a aparição de vegetação e raízes incrementa solicitações extras às estruturas de contenção de terra, evidenciando ainda mais a falta de manutenção regular.



Figura 29: Presença de vegetação em encontro da ponte AL 220.

A figura 30 demonstra a corrosão da armadura e manchas na face inferior da laje, essa patologia ocorre em pontos localizados. Causada certamente pelo mau funcionamento da pingadeira e pelo mau dimensionamento em relação à figura 9, levando com que a água proveniente da chuva umedeça a face inferior da laje. Notamos que o pequeno cobrimento dos elementos estruturais tem prejudicado a proteção da armadura.



Figura 30: Manchas na face inferior da laje devido ao escoamento das águas pluviais pelos drenos da ponte AL 220.

A figura 31 ilustra uma visão dos guardas-corpos presentes na ponte. Repara-se que o dispositivo de proteção é construído de concreto.



Figura 31: Vista dos guarda-corpos da ponte AL 220.

Na figura 32 mostra uma patologia na superestrutura, mais precisamente nos guardas-corpos, que devido ao mau assentamento do guarda-corpo recuperado, a armadura fica visível em alguns pontos.



Figura 32: Detalhe do guarda-corpo da ponte AL 220.

Na figura 33 mostra a corrosão da armadura na laje da ponte, essa é uma das patologias causadas pela ausência de drenos, fazendo com que a água proveniente da chuva umedeça a face inferior da laje, desagregando o concreto e desprotegendo a armadura. Dar pra notar a presença de briófitas (característica de local úmido e sombreado).



Figura 33: Laje com umidade, desagregação do concreto e corrosão de armadura da ponte AL 220.

Na figura 34, podemos um detalhamento da corrosão do aço na face inferior da laje devido à falta de drenos suficientes para escoamento da água.

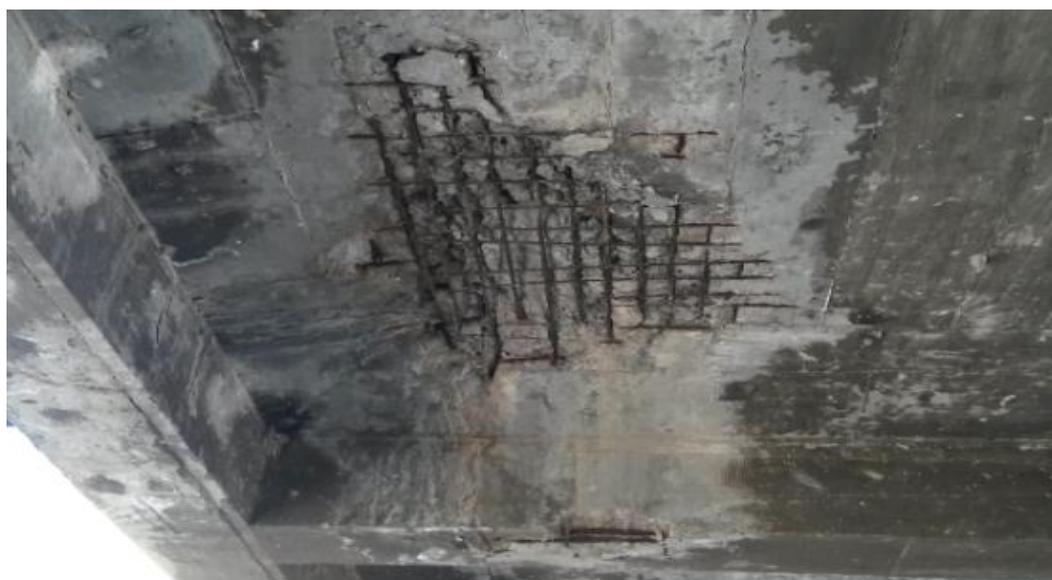


Figura 34: Desagregação do concreto e corrosão de armadura da ponte AL 220.

Os pilares apresentam brechas, visto que apresentam uma abertura com mais de 10 mm, em sua base, provocadas pelo cobrimento mínimo no pilar e disgregação do concreto, como mostra a figura 35.



Figura 35: Brecha na base do pilar da ponte AL 220.

Já figura 36 mostra o desgaste na superfície dos pilares e o destacamento da camada de cobrimento do concreto protetor das armaduras. Deixando a armadura sem a proteção física garantida pela norma NBR 6118:2014.



Figura 36: desgaste na superfície do pilar da ponte AL 220.

5. CONCLUSÃO

Levando em consideração que o objetivo deste trabalho foi fomentar uma apuração das patologias e defeitos encontrados na obra de arte especial do tipo pontes, situado no bairro Pedra Velha na cidade de Delmiro Gouveia (AL), foram verificadas diversas patologias, a falta de conservação e manutenção do patrimônio público. As patologias e defeitos comuns foram: presença de vegetação entre as estruturas, corrosão e manchas no concreto nas faces inferiores das lajes e faces laterais das vigas por conta do deficiente sistema de drenagem, falta ou inexistência de compatibilidade com as normas vigentes quanto à espessura da camada de cobrimento de concreto, exposição das armaduras e processos de corrosão, fissurações, tratamentos ineficientes e inadequados de pintura dos elementos, falta de sinalização, entre outros.

As estruturas de uma obra de arte especial do tipo ponte são levadas em consideração uma importância extrema nas etapas de projeto e utilização, com isso, deverão ser executadas de forma a potencializar a eficiência, reduzindo a possibilidade do surgimento de patologias que reduzem a vida útil da estrutura.

Assim, pode-se classificar que a obra de arte especial do bairro Pedra Velha da cidade de Delmiro Gouveia necessita de manutenção, tanto preventiva como corretiva.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, D. L. **Projeto de ponte em concreto armado com duas longarinas – notas de aula**. Goiás, UFG – Universidade Federal de Goiás, 1999.

ABNT. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento** – Rio de Janeiro, 2014.

ABNT. NBR 7187: **Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento** – Rio de Janeiro, 2003.

CUNHA, A. A. **Estudo das patologias em obras de arte especiais do tipo pontes e viadutos estruturados em concreto**. Trabalho de Conclusão de Curso pela Universidade Estadual de Goiás, Goiás, 2011.

CURCIO, R. C. L. **Pontes rodoviárias: Levantamento das principais patologias estruturais**. Trabalho de conclusão de curso pela Universidade São Francisco, Itatiba, 2008.

DEBS, M. K.; TAKEYA, T. **Pontes de concreto**. São Carlos, USP – Universidade de São Paulo, 2003. Notas de aula.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de projeto de obras de arte especiais**. 1ª Ed. Rio de Janeiro, 2004.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de inspeção de pontes rodoviárias**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, 2004.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Norma DNIT 010/2004 – PRO: **Inspeção em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

GORGES, W. **Introdução à engenharia de pontes - notas de aula**. Paraná, PUCPR – Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

LAPA, J. S. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. Dissertação (Especialização) da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2008.

MARCHETTI, O. **Pontes de concreto armado**. São Paulo: Editora Blucher, 2008.

PFEIL, W. **Pontes: curso prático**. Rio de Janeiro: Campus, 1983.

RIPPER, T.; SOUZA, V. C. M. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1ª Ed. São Paulo: Pini, 1998.

SARTORTI, A. L. **Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas-SP**. Dissertação (mestrado) da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008.

SOUZA, E. S. **Nova metodologia para inspeções rotineiras expeditas em pontes**. Trabalho de Conclusão de Curso pela Universidade Paulista, São Paulo, 2014.

VITÓRIO, A. **Pontes rodoviárias – fundamentos, conservação e gestão**. 1ª Ed. Pernambuco, 2002.