



**CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U. nº 198, de 14/10/2016  
AELBRA EDUCAÇÃO SUPERIOR - GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO S.A.

Larissa Bavaresco Rezende

**LEVANTAMENTO E ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE PONTES  
DE CONCRETO ARMADO NO MUNICÍPIO DE PALMAS-TO**

**PALMAS-TO**

**2019**

Larissa Bavaresco Rezende

LEVANTAMENTO E ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE PONTES  
DE CONCRETO ARMADO NO MUNICÍPIO DE PALMAS-TO

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dr. Fábio Henrique de Melo Ribeiro

PALMAS-TO

2019

Larissa Bavaresco Rezende

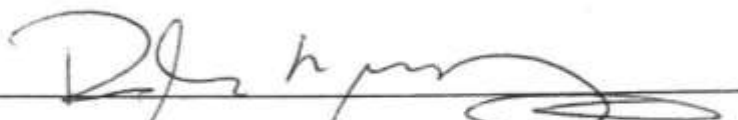
LEVANTAMENTO E ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE PONTES  
DE CONCRETO ARMADO NO MUNICÍPIO DE PALMAS-TO

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dr. Fábio Henrique de Melo Ribeiro

Aprovada em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Fábio Henrique de Melo Ribeiro

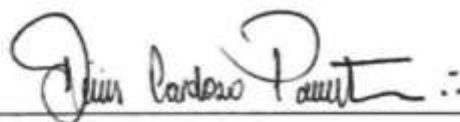
Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. M.e Daniel Iglesias de Carvalho

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Esp. Denis Cardoso Parente

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

PALMAS-TO

2019

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por me permitir viver os planos dEle em minha vida e me tornar mais forte diante de todas as dificuldades enfrentadas.

Minha família, minha maior fortaleza, agradeço por todo amor, dedicação, apoio, orações, ensinamentos, por acreditarem em mim, estarem sempre ao meu lado e não medirem esforços em me ajudar a realizar os meus sonhos.

Meus amigos Daniella Nicola, Mel Barbosa e Fernando Sebba, parceiros das lutas diárias, que estiveram a todo momento ao meu lado, me ajudando, apoiando e abriram mão de suas tarefas para me ajudarem nas inspeções.

A uma pessoa muito especial, Fabiano Neto, que me acompanhou nas inspeções, esteve a todo momento ao meu lado, acreditando em mim, torcendo, me ajudando a superar as dificuldades, amenizando as angústias e me erguendo nos momentos que achei que não teria forças para continuar.

Ao meu orientador Dr. Fábio Henrique de Melo Ribeiro, não somente pelo grande papel exercido no desenvolvimento desse estudo, pela ajuda, apoio e ensinamentos compartilhados, mas também pelo exemplo de pessoa e espelho de profissional, se tornando uma grande referência em minha trajetória de vida.

E por fim a coordenadora do Curso de Engenharia Civil, Kenia Parente Lopes Mendonça, pela compreensão, ajuda e apoio nos problemas enfrentados no decorrer do estudo.

## RESUMO

REZENDE, Larissa Bavaresco. **Levantamento E Análise Das Manifestações Patológicas De Pontes De Concreto Armado No Município De Palmas-To.** 2019. . Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2017.

Nenhuma estrutura possui durabilidade ilimitada, assim como qualquer outra construção que esteja exposta às intempéries e agentes agressivos, as pontes também estão sujeitas ao surgimento de manifestações patológicas, pois suas propriedades variam em decorrência da interação da sua estrutura, mais especificamente, da sua microestrutura com o meio ambiente. Porém, grande parte das manifestações patológicas podem ser corrigidas ou prevenidas pelo programa de manutenção de pontes, sendo elas manutenções preventivas ou corretivas, afim de avaliar, definir e corrigir os problemas presentes no local, evitando o aumento das falhas ou que algum dano maior seja causado. O estudo teve como objetivo analisar e avaliar a situação do estado de conservação das 4 (quatro) pontes mais antigas localizadas no plano diretor do município de Palmas-TO. As análises foram realizadas de acordo com a NBR 9452:16 – Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto e a norma DNIT 010/2004 - Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido, juntamente com a aplicação dos resultados no método GDE/UnB, para avaliação quantitativa do grau de deterioração de estruturas de concreto, visando a criticidade das peças estruturais das pontes analisadas, de modo que o conjunto comprovativo elaborado contribua para a restauração. Nos resultados foi possível concluir que as pontes analisadas se encontram em um alto grau de deterioração, necessitando de um plano de manutenção e recuperação das estruturas para evitar o aumento das manifestações patológicas e o aumento do comprometimento estrutural.

Palavras-chave: manifestações patológicas; estrutura; durabilidade.

## **ABSTRACT**

No structure has unlimited durability, just like any other construction that is exposed to weathering and aggressive agents, bridges are also subject to the emergence of damages, as their properties vary due to the interaction of their structure, more specifically their microstructure with the environment. However, most of the damages can be corrected or prevented by the bridge maintenance program, being preventive or corrective maintenance, in order to evaluate, define and correct the problems present in the site, avoiding the increase of faults or any major damage caused. The study aimed to analyze and evaluate the state of conservation of the four (4) oldest bridges located in the master plan of the city of Palmas-TO. The analyzes were performed according to NBR 9452: 16 - Inspection of bridges, viaducts and concrete walkways and DNIT 010/2004 - Inspections of reinforced and prestressed concrete bridges and viaducts, together with the application of the results in the GDE/UnB method, for quantitative evaluation of the degree of deterioration of concrete structures, aiming at the criticality of the structural parts of the analyzed bridges, so that the elaborated supporting set contributes to the restoration. In the results it was possible to conclude that the analyzed bridges are in a high degree of deterioration, requiring a structure maintenance and recovery plan to avoid the increase of damages and the increase of the structural impairment.

**Keywords:** damages; structure; durability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplos, (A) Ponte E (B) Viaduto. ....	16
Figura 2 - Elementos Componentes De Uma Ponte. ....	18
Figura 3 - Ponte Com Encontros Nas Extremidades. ....	19
Figura 4 - Ponte Em Viga. ....	21
Figura 5 - Ponte Em Treliça. ....	21
Figura 6 - Ponte Em Pórtico. ....	21
Figura 7 - Ponte Em Arco. ....	22
Figura 8 - Pontes Suspensas. (A) Ponte Pênsil; (B) Ponte Estaiada. ....	22
Figura 9 - Interrelacionamento Entre Conceitos De Durabilidade E Desempenho C.E.B – Boletim Nº 183. ....	24
Figura 10 - Conceituação De Vida Útil Das Estruturas De Concreto E De Seu Desempenho	27
Figura 11 - Diferentes Desempenhos De Uma Estrutura, Com O Tempo Em Função De Diferentes Fenômenos Patológicos. ....	29
Figura 12 - Variação Do Desempenho De Uma Estrutura De Concreto Armado Ao Longo Do Tempo. ....	30
Figura 13 - Configurações Genéricas De Fissuras De Acordo Com Os Esforços Que A Estrutura Está Submetida. ....	38
Figura 14 – Fissuras. ....	39
Figura 15 - Fissuras Em Pilares. ....	40
Figura 16 - Fatores Que Influenciam Na Carbonatação Do Concreto. ....	45
Figura 17 - Representação Da Frente De Carbonatação Ao Longo Do Tempo. ....	45
Figura 18 - Representação Esquemática Do Avanço Da Frente De Carbonatação. ....	46
Figura 19 - Fluxograma Da Metodologia Gde/Unb. ....	48
Figura 20 - Régua Fissurômetro Trident Fiss-02. ....	59
Figura 21 - Paquímetro 200 Mm - Mitutoyo. ....	60
Figura 22 - Ponte Na Avenida Teotônio Segurado, Próximo Ao Espaço Cultural. ....	61
Figura 23 - Croqui Da Ponte Na Av. Teotônio Segurado. ....	62
Figura 24 – Corrosão Das Armaduras E Destacamento Do Concreto Nos Pilares. ....	63
Figura 25 - Corrosão Das Armaduras E Destacamento Do Concreto Na Tr1, Ponte I. ....	64
Figura 26 – Eflorescências, Bolores E Manchas De Umidade Nos Tabuleiros. ....	65
Figura 27 - Corrosão Dos Tubos De Drenagem. ....	65
Figura 28 - Erosão Presente Nos Taludes Da Ponte I (A) E Ponte Ii (B). ....	66
Figura 29 - Deterioração De Passeio, Danos Nas Placas E Armaduras Expostas Das Pontes I E Ii. ....	67
Figura 30 - Análise De Rachaduras No Pilar 5, Ponte Ii. ....	68
Figura 31 - Ensaio De Carbonatação Nos Pilares. ....	69
Figura 32 - Ensaio De Carbonatação Na Viga Transversal 1 Da Ponte I. ....	70
Figura 33 – Ensaio De Cobrimento. ....	71
Figura 34 - Ponte Na Av. Ns 02, Sobre Córrego Brejo Comprido. ....	81
Figura 35 - Croqui Das Pontes Na Av. Ns 2. ....	82
Figura 36 – Mapeamento De Fissuras Nos Pilares. ....	83

Figura 37 – Carbonatação Em Vigas De Cintas Da Ponte Ii.....	84
Figura 38 – Ninho De Concretagem Na Viga De Cinta.....	84
Figura 39 – Presença De Eflorescência Nos Tabuleiros Das Pontes.....	85
Figura 40 – Mapeamento Das Fissuras No Pilar 2 E Pilar 4.....	86
Figura 41 – Vigas De Cinta Carbonatadas. ....	88
Figura 42 - Ensaio De Cobrimento.....	89



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classe De Agressividade Ambiental (Caa)	25
Tabela 2 - Correspondência Entre A Classe De Agressividade E A Qualidade Do Concreto.	25
Tabela 3 - Correspondência Entre A Classe De Agressividade Ambiental E O Cobrimento Nominal Para $\Delta C = 10\text{mm}$ .	26
Tabela 4 - Classificação Da Condição De Oae Segundo Os Parâmetros Estrutural, Funcional	34
Tabela 5 - Classificação De Fissuras.	36
Tabela 6 - Exigências De Durabilidade Relacionadas À Fissuração E À Proteção Da Armadura,	37
Tabela 7 - Classificações Dos Danos E Fatores De Intensidade (Fi ).	50
Tabela 8 - Classificação Dos Níveis De Deterioração Do Elemento	53
Tabela 9 - Fator De Relevância Estrutural (Fr)	55
Tabela 10 - Classificação Do Nível De Deterioração Da Estrutura Segundo	55
Tabela 11 - Análise De Fissuras Nos Pilares Da Ponte I E Ii	68
Tabela 12 - Resultados Dos Ensaio De Carbonatação Realizados Nos Elementos Das Pontes I E Ii.	70
Tabela 13 - Nota De Classificação Dos Elementos, Embasadas Na Abnt Nbr 9452:2016	72
Tabela 14 - Classificação Dos Elementos Quanto Sua A Estrutura, Funcionalidade E Durabilidade	73
Tabela 15 - Fator De Ponderação Do Dano	74
Tabela 16 - Grau De Dano Do Pilar 1, Da Ponte I	76
Tabela 17 - Grau De Deterioração De Uma Família De Elementos	77
Tabela 18 - Método Gde/Unb Aplicado Nos Elementos Da Ponte I Da Av. Teotonio Segurado	79
Tabela 19 - Método Gde/Unb Aplicado Nos Elementos Da Ponte Ii Da Av. Teotonio Segurado	80
Tabela 20 - Análise De Fissuras Nos Pilares Da Ponte I E Ii	87
Tabela 21 - Nota De Classificação Dos Elementos, Embasadas Na Abnt Nbr 9452:2016	90
Tabela 22 - Classificação Dos Elementos Quanto Sua A Estrutura, Funcionalidade E Durabilidade	92
Tabela 23 - Fator De Ponderação Do Dano Adotado	93
Tabela 24 - Grau De Deterioração Do Tabuleiro 1 Da Ponte I.	94
Tabela 25 - Grau De Deterioração Do Elemento Tabuleiro.	95
Tabela 26 - Grau De Deterioração Da Ponte I	97

## **LISTA DE ABREVIACÕES**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

DETRINS – Departamento de Estradas e Rodagens do Tocantins

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

GDE – Grau de Deterioração do Elemento

NBR - Norma Brasileira de Regulamentação

OAE – Obras de Artes Especiais

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.1 OBJETIVOS	14
<b>1.1.1 Objetivos Gerais</b>	<b>14</b>
<b>1.1.2 Objetivos Específicos</b>	<b>14</b>
1.2 JUSTIFICATIVA	14
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>16</b>
2.1 OBRAS DE ARTES ESPECIAIS	16
2.2 PONTES	16
<b>2.2.1 Pontes de Concreto</b>	<b>17</b>
<b>2.2.2 Elementos Constituintes da Ponte</b>	<b>18</b>
<b>2.2.3 Dispositivo de Segurança</b>	<b>19</b>
<b>2.2.4 Sobrelaje e Pavimentação</b>	<b>19</b>
<b>2.2.5 Acabamentos</b>	<b>20</b>
<b>2.2.6 Esquema Estrutural</b>	<b>20</b>
2.3 NORMATIZAÇÃO	23
2.4 DURABILIDADE	23
2.5 VIDA UTIL	27
2.6 DESEMPENHO	28
2.7 INSPEÇÕES	31
<b>2.7.1 Tipos de Inspeções</b>	<b>31</b>
<b>2.7.2 Roteiro para a realização de uma inspeção</b>	<b>32</b>
<b>2.7.3 Critérios de definição das notas de classificação</b>	<b>34</b>
2.8 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS MAIS INCIDENTES EM PONTES	36
<b>2.8.1 Fissuras</b>	<b>36</b>
<b>2.8.2 Deterioração do concreto por reações químicas</b>	<b>41</b>
2.9 METODOLOGIA GDE/UNB PARA QUANTIFICAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO	47
<b>2.9.1 Formulação</b>	<b>49</b>
<b>2.9.1.1 Fator de Ponderação (Fp)</b>	<b>49</b>
<b>2.9.1.2 Fator de Intensidade do Dano (Fi)</b>	<b>49</b>
<b>2.9.1.3 Grau do Dano (D)</b>	<b>52</b>

2.9.1.4	<b>Grau de Deterioração de um Elemento (Gde)</b>	<b>52</b>
2.9.1.5	<b>Grau de Deterioração da Família de Elementos (Gdf)</b>	<b>53</b>
2.9.1.6	<b>Grau de Deterioração da Estrutura (Gd)</b>	<b>54</b>
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>56</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	56
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	56
3.3	ANALISE VISUAL E LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO	57
3.4	ENSAIOS REALIZADOS	59
3.4.1	<b>Ensaio de Classificação de Fissuras</b>	<b>59</b>
3.4.2	<b>Ensaio de Carbonatação do Concreto</b>	<b>59</b>
3.4.3	<b>Ensaio de análise de Cobrimento</b>	<b>60</b>
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>61</b>
4.1	PONTE NA AVENIDA TEOTÔNIO SEGURADO PRÓXIMO AO ESPAÇO CULTURAL DE PALMAS.	61
4.1.1	<b>Análise Visual e Levantamento Fotográfico</b>	<b>62</b>
4.1.2	<b>Ensaio</b>	<b>67</b>
4.1.2.1	<b>Classificação das Fissuras</b>	<b>67</b>
4.1.2.2	<b>Ensaio de Carbonatação</b>	<b>69</b>
4.1.2.3	<b>Ensaio de Cobrimento</b>	<b>70</b>
4.1.3	<b>Análise Qualitativa, conforme NBR 9452:2016</b>	<b>71</b>
4.1.4	<b>Análise Quantitativa, conforme método GDE/UNB.</b>	<b>74</b>
4.2	PONTES NA AVENIDA NS 02, PRÓXIMO A FEIRA DA 304 SUL.	81
4.2.1	<b>Análise Visual e Levantamento Fotográfico</b>	<b>82</b>
4.2.2	<b>Ensaio</b>	<b>86</b>
4.1.2.1	<b>Classificação de Fissuras</b>	<b>86</b>
4.1.2.2	<b>Ensaio de Carbonatação</b>	<b>87</b>
4.1.2.3	<b>Ensaio de Cobrimento</b>	<b>88</b>
4.2.3	<b>Análise de Qualitativa, conforme NBR 9452:2016</b>	<b>89</b>
4.2.4	<b>Análise Quantitativa, conforme método GDE/UNB.</b>	<b>92</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>100</b>
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>102</b>
	<b>ANEXO</b>	<b>108</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As pontes e viadutos, denominadas no meio técnico como Obras de Arte Especiais (OAE), são obras de engenharia de extrema importância no desenvolvimento econômico e social do país (ARAÚJO, 2019).

De acordo com Marchetti (2008), pontes são obras destinadas à transposição de obstáculos que uma via de comunicação qualquer pode possuir. Esses obstáculos podem ser rios, braços de mar, vales profundos, outras vias, etc.

Segundo Araújo (2019), estas obras estão sujeitas a todo tipo de ação do meio ambiente, a desgastes naturais e a carregamentos acidentais durante sua vida útil. Devido a isso, é importante uma gestão de atividades de inspeção e manutenção para promover a sua adequada conservação. As inspeções permitem diagnosticar as anomalias existentes e indicar as terapias a serem realizadas e, as manutenções são atividades cuja função é o tratamento dessas anomalias.

A ausência crônica de manutenção em estruturas como pontes e viadutos tem causado inúmeros prejuízos, em termos econômicos e de segurança, aos cidadãos brasileiros. É notório que a ausência de gerenciamento e o baixo investimento público em manutenção preventiva diminuem a vida útil e aumentam o custo de recuperação e o risco de colapso das obras de arte especiais (OAE). A ausência de conhecimento sistematizado do estado de conservação dessas estruturas torna impraticável a destinação adequada de recursos às obras que carecem de intervenção (CREA-RS, 2015).

O Dnit (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes), vinculado ao Ministério dos Transportes, tem um programa para cuidar das cerca de 8.000 pontes e viadutos sob sua jurisdição. O próprio órgão detectou que 1.712 das estruturas (21%) necessitam de ajustes. Destas, 920 foram consideradas prioritárias (FOLHA DE SÃO PAULO, 2018).

Em novembro de 2018, o rompimento parcial da estrutura de um viaduto da pista expressa da Marginal Pinheiro, zona oeste de São Paulo, gerou problemas no trânsito devido a

interdição da via. Segundo o Globo News (2018), a reforma do viaduto representava quase cinco vezes o valor gasto pela Prefeitura de São Paulo com a manutenção de todos os viadutos e pontes da capital de janeiro de 2014 até o mês do incidente.

Visando a importância do tema em destaque, o estudo foi realizado em 4 (quatro) pontes de concreto armado presentes no município de Palmas-TO. A escolha das pontes para análise se deu por meio da classificação quanto a idade das OAE, o estado de deterioração e o nível de fluxo de veículos. Tendo como objetivo analisar o estado em que as mesmas se encontram, realizar inspeções especiais e análises do grau qualitativas e quantitativas do estado de deterioração dos elementos que compõem suas estruturas.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivos Gerais

Este trabalho tem como objetivo realizar inspeções em pontes de concreto armado deterioradas no município de Palmas-TO e classificar de forma qualitativa e quantitativa o estado de deterioração dos elementos da estrutura.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar inspeção especial nas pontes de concreto armado deterioradas;
- Diagnosticar as principais manifestações patológicas encontradas;
- Classificar de forma qualitativa a condição de OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional, conforme ABNT NBR 9452:2016;
- Classificar de forma quantitativa, o estado de deterioração da estrutura das pontes analisadas, conforme método GDE/UnB.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A degradação das pontes e viadutos, está vinculada a questões como a idade que estas estruturas possuem, o uso ao qual foram projetadas, a exposição ao meio ambiente onde está inserida e a falta de atividades de manutenção. As manutenções em OAEs são trabalhos destinados à preservação do patrimônio, visando manter e prolongar os aspectos estruturais, funcionais e de durabilidade das obras, retardando possíveis anomalias e tratando as que se desenvolvem ao longo da vida útil das estruturas (CIRO, 2019).

No Brasil, a falta de programas voltados à manutenção de pontes e viadutos é um dos maiores problemas enfrentados pelo sistema rodoviário. Um dos fatores que contribui para

isso, é a ausência de políticas e estratégias voltadas para a conservação dessas obras, que, por sua vez, estão sendo sobrecarregadas pelo grande fluxo de veículos pesados e com sobrepeso, podendo resultar em graves consequências, principalmente no que se refere aos riscos causados aos usuários pelos acidentes estruturais ocorridos com OAE's no País (VITÓRIO, 2005).

Em Gênova, na Itália, parte de uma ponte desmoronou em agosto de 2018, deixando cerca de 38 mortos. Segundo G1 (2018), a maior parte da estrutura caiu no leito do córrego Polcevera, mas trechos enormes caíram sobre casas, nos galpões e nas ruas abaixo, funcionários da Defesa Civil italiana informaram que havia cerca de 30 carros e entre 5 a 10 caminhões no trecho da ponte que desabou.

Porém os gastos com a manutenção são, muitas vezes, vistos como desperdício. Mas com aplicação de um plano de gestão de manutenção preventiva e de boas práticas construtivas, o dinheiro gasto é mínimo se comparado com consertos urgentes (GONÇALVES, 2016).

O desenvolvimento do município de Palmas-TO vem crescendo cada vez mais desde a sua criação, causando o aumento do fluxo de transportes nas principais vias que ligam a cidade de Norte a Sul, grande parte das pontes presentes nessas vias foram construídas junto com a cidade, em 1989. O aumento do uso, a idade e o ambiente inserido são fatores que influenciam nos desgastes dessas pontes e a falta de manutenção podem agravar esses danos.

A preocupação com o estado de conservação das Obras de Artes Especiais é de grande relevância, pois envolvem aspectos sociais, técnicos, econômicos e ambientais, sendo primordial a garantia de seu desempenho e durabilidade. Através das inspeções, diagnóstico e análise do estado de deterioração das pontes em estudo é possível caracterizar a importância da manutenção, evitando o comprometimento da estrutura, garantindo o seu uso e a segurança das pessoas que a utilizam.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 OBRAS DE ARTES ESPECIAIS

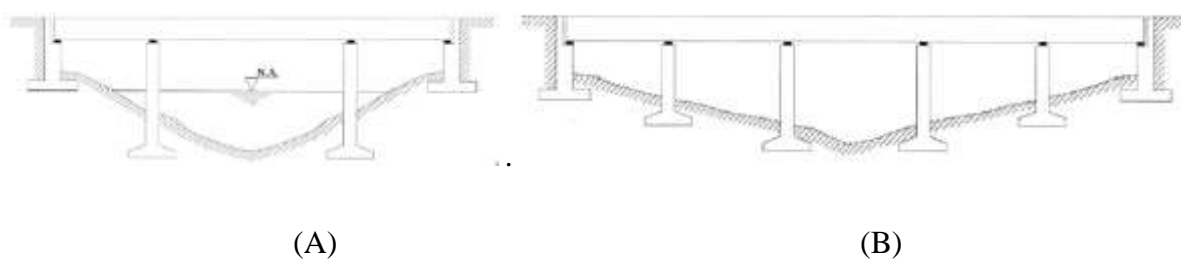
Obras de arte especiais são obras de arte tais como pontes, viadutos, passarelas, túneis e outras obras de vulto que, pelas suas proporções e características peculiares, requerem projetos específicos, desenvolvidos por engenheiros qualificados, e construções conduzidas e executadas por profissionais e mão de obra habilitados e experientes, sempre sob a supervisão constante e adequada, em todas as fases da construção (BRASIL, 1995).

### 2.2 PONTES

Segundo Pfeil (1979), denomina-se ponte a obra destinada a transposição de obstáculos à continuidade do leito normal de uma via, tais como rios, braços de mar, vales profundos, outras vias etc. Quando a ponte tem por objetivo a transposição de vales, outras vias ou obstáculos em geral não constituídos por água é, comumente, denominada viaduto

A Figura 1 mostra exemplos dessa classificação.

Figura 1 - Exemplos, (A) ponte e (B) viaduto.



Fonte: DEBS e TAKEYA, 2003, p2, citado por Sartorti (2008)

Segundo o DNIT (2004), pontes e viadutos podem ser definidas por estruturas construídas sobre uma depressão ou rio, que deve sustentar a pista de rolamento e que tem um vão livre de mais de seis metros.



Para Mattos (2001) as pontes devem ser classificadas quanto à utilização em rodoviárias, ferroviárias, para pedestres e para tubulações e canais (oleodutos e aquedutos, respectivamente). Ainda segundo Mattos (2001), as pontes podem ser de madeira, de pedra, de concreto armado ou protendido, de aço ou mistas.

A classificação das pontes pode ser realizada levando em consideração várias características tendo as mais comuns como a extensão do vão, a finalidade, os materiais utilizados para a sua construção, tipo estrutural, durabilidade e o tipo de tráfego a ser empregado (GAMA, 2014).

### **2.2.1 Pontes de Concreto**

Com a evolução das tecnologias construtivas, foi inventado o concreto armado, aliando as boas propriedades do concreto com as do aço. Inicialmente usado em vasos de planta e até mesmo barcos, o concreto armado migrou para a engenharia civil possibilitando a criação de grandes obras (JUNIOR; GONÇALVES, 2017).

Bastos (2014) afirmou que a aliança do concreto com o aço permitiu a execução de elementos com as mais variadas formas e volumes, com facilidade para os mais variados tipos de obras. Isso inclui a construção de pontes.

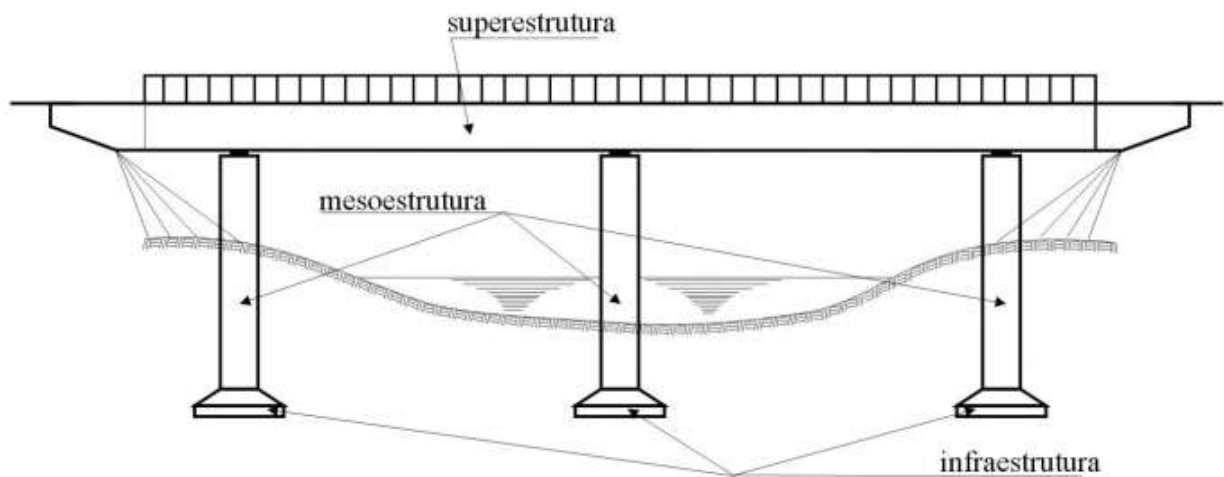
De acordo com Sartorti (2008) dentre vários processos construtivos os que se destacam são: o concreto moldado “in loco”; concreto pré-moldado; construção com balanços sucessivos e deslocamentos sucessivos.

Para Machado (2016), um sistema misto de aço e concreto, dentro do contexto de pontes, é aquele onde um perfil metálico trabalha em conjunto com o concreto. Essa associação pode se dar por atrito, por meios mecânicos ou, em alguns casos, por aderência e repartição de cargas.

### 2.2.2 Elementos Constituintes da Ponte

Uma ponte é estruturalmente distinguida em três partes fundamentais, sendo elas: Superestrutura, Mesoestrutura e Infraestrutura (Figura 2).

Figura 2 - Elementos componentes de uma ponte.



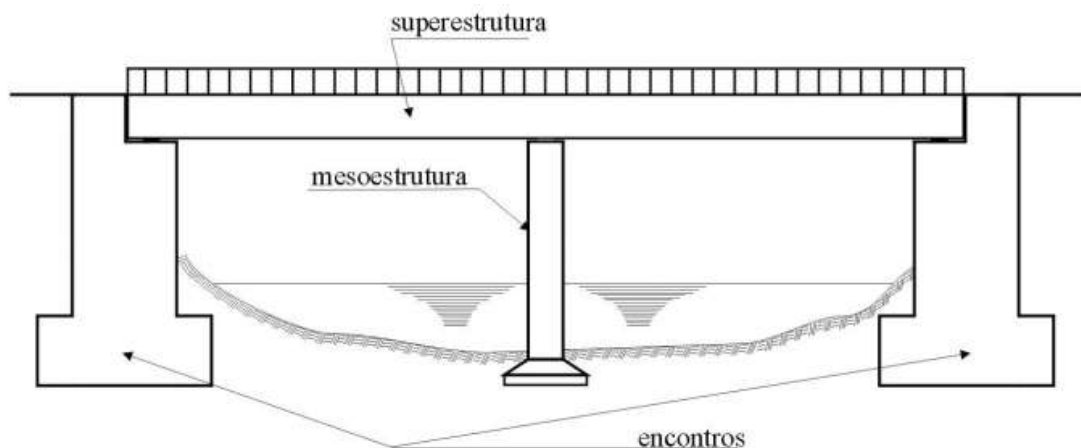
Fonte: VITÓRIO, (2002)

Segundo Marchetti (2008), as funções de cada divisão estrutural da ponte podem ser apresentadas como:

- a) Infraestrutura: constituída de elementos em contato com o solo de fundação, esta parte é responsável pela transmissão final dos esforços.
- b) Mesoestrutura: constituído em geral por pilares, esta parte transmite os esforços da superestrutura para a infraestrutura.
- c) Superestrutura: constituída de vigas e de lajes do tabuleiro, é o elemento de suporte do tráfego.

Para Vitório (2002), os encontros, utilizados em determinados tipos de obras, são elementos que, além de receberem as cargas provenientes da superestrutura, fazem a contenção dos aterros nas extremidades da ponte, recebendo, também, os empuxos horizontais causados por esses aterros (Figura 3).

Figura 3 - Ponte com encontros nas extremidades.



FONTE: VITÓRIO, (2002).

### 2.2.3 Dispositivo de Segurança

Basicamente, há dois tipos de dispositivos de segurança, o de veículos, como guardarodas, barreiras e defensas; e para pedestres, como guarda-corpos metálicos ou de concreto (DNIT, 2004).

Tais elementos tem como objetivo fornecer proteção, demarcando a via pavimentada e servindo como segurança para os veículos sem controle, forçando o seu retorno à pista (DNIT, 2009).

### 2.2.4 Sobrelaje e Pavimentação

Segundo DNIT (2009), a pista de rolamento das pontes e viadutos rodoviários pode ser de concreto convencional ou de concreto asfáltico.

- a) Sobrelaje de concreto: fina camada de concreto convencional constitui a pista de rolamento; pode ser substituída por uma espessura adicional da laje estrutural, com uma camada de desgaste não inferior a 3,0 cm, sempre observando as inclinações transversais de 2% ou a estabelecida no projeto.
- b) Sobrelaje de concreto asfáltico: já com inclinações transversais, aplica-se uma fina camada de 5cm de concreto asfáltico; é preferível nas recuperações, evitando grandes transtornos ao tráfego durante a execução e é de utilização imediata.

### **2.2.5 Acabamentos**

- ✓ Drenos da pista de rolamento – constituídos por tubos de pvc de 10 cm de diâmetro mínimo, comprimento mínimo excedente da estrutura de 15 cm, pontas em bisel e distanciados no máximo de 4,0 m, para meia pista. (DNIT, 2009)
- ✓ Drenos de estrutura em caixão - drenos de tubos de 7.5 cm de diâmetro, comprimento mínimo excedente da estrutura em 10 cm, pontas em bisel, colocados em todos os pontos baixos. (DNIT, 2009)
- ✓ Pingadeiras – pequenas saliências de concreto armado, triangulares, colocadas nas extremidades laterais das lajes em balanço, obrigatoriamente integrante do projeto estrutural. (DNIT, 2009)
- ✓ Sinalização balizadora – constituídas de catadióptricos fixados nas extremidades das pontes, viadutos e nas faces dos guarda-corpos e barreiras, estas últimas com faixas pintadas com inclinação de 45°. (DNIT,2009)
- ✓ Arremates e pinturas da estrutura – para pequenas correções são utilizados argamassas e pintura, com aguada de cimento, cal ou tintas encontradas no comércio, para obras construídas em meio agressivos, devem ser utilizados tintas protetoras especiais. (DNIT, 2009)

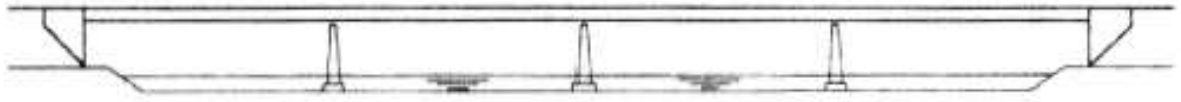
### **2.2.6 Esquema Estrutural**

Segundo Mattos (2001), as pontes podem ser estruturalmente definidas como em laje, em arcos ou abóbodas, em vigas retas de alma cheia ou vazada, em quadros rígidos, pênseis (suspensas) e estaiadas.

Pinho e Bellei (2007) citado por Sartorti (2008) indicam os seguintes sistemas estruturais da superestrutura:

- a) Ponte em viga (Figura 4): pode ser em vigas isostáticas ou hiperestáticas de seção constante ou variável, as vigas podem ainda ter seção em forma retangular, T, L invertido ou caixão, sendo que pontes metálicas possuem comumente vigas em forma de I e pontes de madeira em formato circular (madeira roliça).

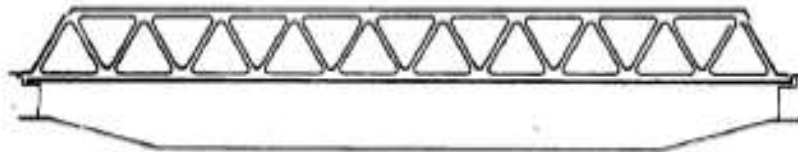
Figura 4 - Ponte em viga.



Fonte: DEBS e TAKEYA (2003, p.12) citado por Sartorti (2008)

b) Ponte em treliça (Figura 5): comumente empregada em aço e madeira.

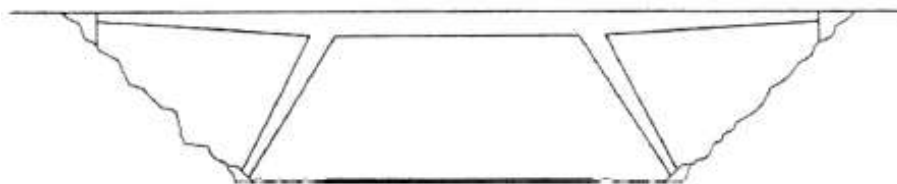
Figura 5 - Ponte em treliça



Fonte: DEBS e TAKEYA (2003, p.13) citado por Sartorti (2008)

c) Ponte em pórtico (Figura 6): este sistema é aquele em que as vigas do tabuleiro são contínuas com os pilares. Esta solução é utilizada para diminuir os vãos da viga reta.

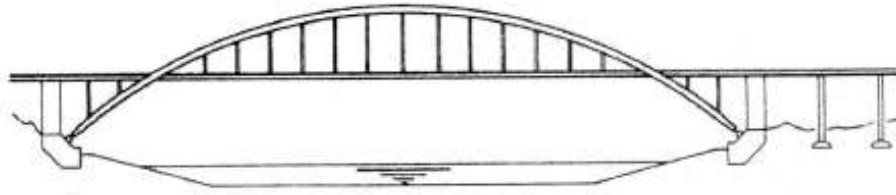
Figura 6 - Ponte em pórtico



Fonte: DEBS e TAKEYA (2003, p.12) citado por Sartorti (2008).

d) Ponte em arco (Figura 7): nestas estruturas os esforços predominantes são normais de compressão, agindo simultaneamente ou não, com momentos fletores.

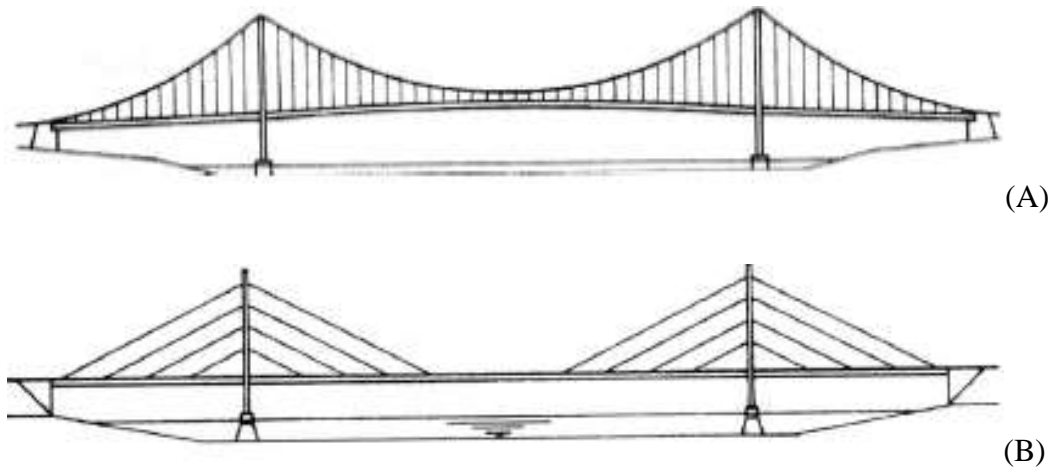
Figura 7 - Ponte em arco.



Fonte: DEBS e TAKEYA (2003, p.12) citado por Sartorti (2008)

- e) Pontes suspensas por cabos (estaiadas e pênseis, Figura 8): ideais pra médios e grandes vãos, estas pontes tiveram seu início como travessias de cipó e cordas usadas por Astecas e Incas na América do Sul bem como pelos povos do Japão, China, Índia e Tibet, conforme Wittfont (1984). Solicitações predominantemente por normal de tração, estas estruturas superam facilmente vãos maiores que 1000m conforme apresentado em exemplos de Pfeil (1983) e Podolny e Scalzi (1986).

Figura 8 - Pontes suspensas. (A) Ponte pênsil; (B) Ponte estaiada.



Fonte: DEBS e TAKEYA (2003, p.12) citado por Sartorti (2008).

### 2.3 **NORMATIZAÇÃO**

As pontes auxiliam na transposição de obstáculos para o tráfego de automóveis e pedestres, por isso é de grande importância a garantia da qualidade e segurança da estrutura. Para garantir os aspectos necessários é importante além de estudos e projetos, uma atenção com base nas especificações presentes nas normas, que auxiliam nas tomadas de decisões dos métodos a serem utilizados. Outro auxílio importante das normas está no procedimento da realização de inspeções das estruturas de pontes, por meio delas é possível caracterizar os tipos de análise a serem realizadas, métodos, condições de conservação em que apresenta a estrutura, entre outros. Entre essas normas específicas estão:

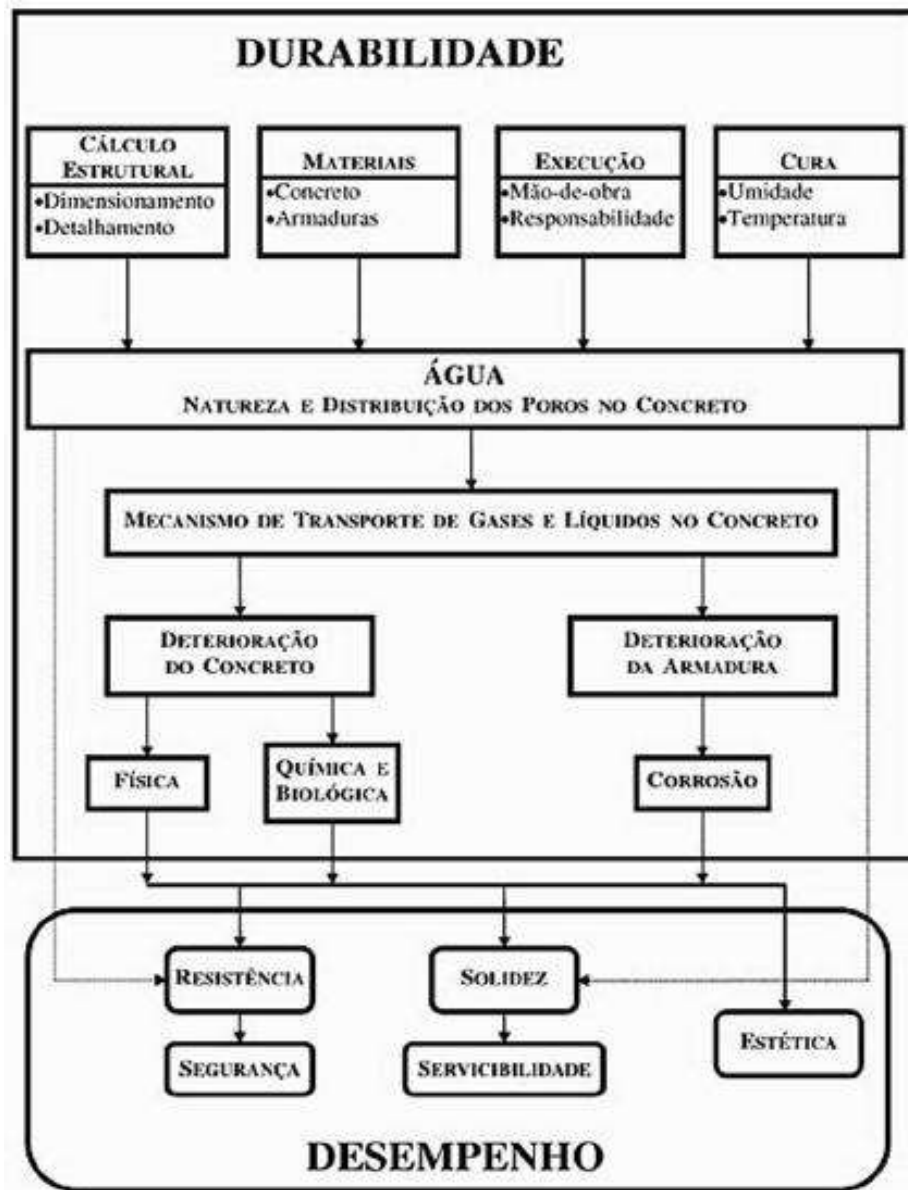
- ✓ ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento
- ✓ ABNT NBR 9452:2016 - Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento
- ✓ NORMA DNIT 010/2004 - Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido - Procedimento

### 2.4 **DURABILIDADE**

Durabilidade é o resultado da interação entre a estrutura de concreto, o ambiente e as condições de uso, de operação e de manutenção. Portanto não é uma propriedade inerente ou intrínseca à estrutura, à armadura ou ao concreto. Uma mesma estrutura pode ter diferentes comportamentos, ou seja, diferentes funções de durabilidade no tempo, segundo suas diversas partes, até dependente da forma de utilizá-la (MEDEIROS; ANDRADE; HELENE, 2011).

A concepção de uma construção durável implica a adoção de um conjunto de decisões e procedimentos que garantam à estrutura e aos materiais que a compõem um desempenho satisfatório ao longo da vida útil da construção. Quando se trata de durabilidade de estruturas de concretos, esse conceito, aplicado ao material concreto, está intimamente associado a água, visto que a quantidade de água junto com a quantidade de ligante, definirá características que são indicadores de qualidade do material (SOUZA; RIPPER, 1998). (Figura 9)

Figura 9 - Interrelacionamento entre conceitos de durabilidade e desempenho C.E.B – Boletim nº 183.



Fonte: SOUZA; RIPPER, 1998.

Segundo ABNT NBR 6118:2014, durabilidade consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.

Ainda segundo a ABNT NBR 6118:2014, são classificadas algumas diretrizes para durabilidade das estruturas de concreto, entre elas a agressividade do meio ambiente, no qual 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.

Essa agressividade ambiental é avaliada conforme a exposição da estrutura, de acordo com a classificação apresentada na Tabela 1, relacionando assim com a qualidade do concreto apresentada na Tabela 2, bem como o seu revestimento nominal apresentado na Tabela 3.

Tabela 1 – Classe de agressividade ambiental (CAA)

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 <sup>a, b</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>a</sup>	Grande
		Industrial <sup>a, b</sup>	
IV	Muito forte	Industrial <sup>a, c</sup>	Elevado
		Respingos de maré	

<sup>a</sup> Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

<sup>b</sup> 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 predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

<sup>c</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: ABNT NBR 6118:2014

Tabela 2 - Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto.

Concreto <sup>a</sup>	Tipo <sup>b, c</sup>	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 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

<sup>a</sup> O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.

<sup>b</sup> CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.

<sup>c</sup> CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: ABNT NBR 6118:2014

Tabela 3 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para  $\Delta c = 10\text{mm}$ .

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV <sup>c</sup>
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje <sup>b</sup>	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo <sup>d</sup>	30		40	50
Concreto protendido <sup>a</sup>	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

<sup>a</sup> Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

<sup>b</sup> Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal  $\geq 15$  mm.

<sup>c</sup> Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

<sup>d</sup> No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal  $\geq 45$  mm.

Fonte: ABNT NBR 6118:2014

Os conceitos de durabilidade de uma estrutura estão ligados com seus conceitos de vida útil, onde é necessário a existência de um equilíbrio no seu projeto e planejamento, pois além de durável é necessário que seus desempenhos e custos sejam atingidos.

Uma estrutura durável é aquela no qual mesmo exposta a condições previstas seu material mantém suas características estruturais e funcionais originadas pelo seu tempo esperado de vida útil. É de extrema importância que a estrutura desempenhe suas funções, garantido sua resistência e utilização prevista durante seu período vida útil, podendo assim suportar um processo de deterioramento previsto conforme sua execução, utilização e as intempéries submetidas.

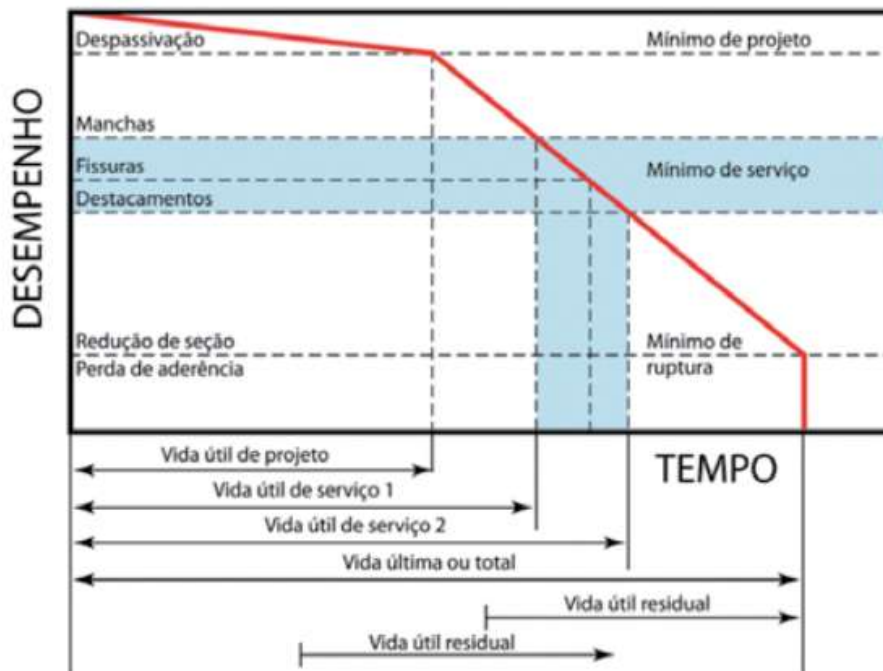
## 2.5 VIDA ÚTIL

Segundo Souza e Ripper (1998), por vida útil de uma estrutura ou material entende-se o período em que as propriedades permanecem acima de um limite mínimo especificado. Por desempenho, entende-se o comportamento de cada produto durante a utilização da edificação ao longo de sua vida útil.

Por vida útil de projeto, entende-se o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, sem intervenções significativas, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais. (ABNT NBR 6118:2014).

Pode-se afirmar que vida útil deve sempre ser analisada de um ponto de vista amplo que envolve o projeto, a execução, os materiais, o uso, operação e a manutenção sob um enfoque de desempenho, qualidade e sustentabilidade (MEDEIROS; ANDRADE; HELENE, 2011). (Figura 10)

Figura 10 - Conceituação de vida útil das estruturas de concreto e de seu desempenho



Fonte: HELENE, 1997.

Conforme a figura acima se estende que desempenho é o comportamento dos materiais de uma estrutura, conforme o tempo de vida útil e a importância dos seus resultados em relação aos processos de projeto, construção e manutenção. Observa-se que a vida útil de uma estrutura em relação ao seu desempenho pode ser dividida em:

- Vida útil de projeto, considerado o período de iniciação, onde deve-se ser definido em projeto, para garantir a segurança da estrutura.
- Vida útil de serviço, período que vai até o surgimento de manchas, fissuras ou destacamento do material. Podendo considerar também quando atinge o estado limite de utilização da estrutura, não possuindo mais condições adequadas para seu funcionamento.
- Vida útil última ou total, quando ocorre a ruptura da estrutura ou entra em colapso, podendo comprometer sua resistência ou aderência.
- Vida útil residual, quando a estrutura ainda é capaz de exercer sua função de desempenho.

Entende-se por vida útil de uma estrutura, o período no qual mesmo exposta a condições ambientais previstas, suas propriedades e resistências se mantem além dos limites de funcionalidade especificados, mantendo sua forma estética e segurança, sem que haja custos altos sem previsão com manutenção e reparo. A vida útil possui um ciclo no qual sua variação sofre influencias conforme a durabilidade dos materiais utilizados, seu uso, ambientes e condições em que são expostas, além das manutenções no qual devem ser realizadas periodicamente.

## 2.6 DESEMPENHO

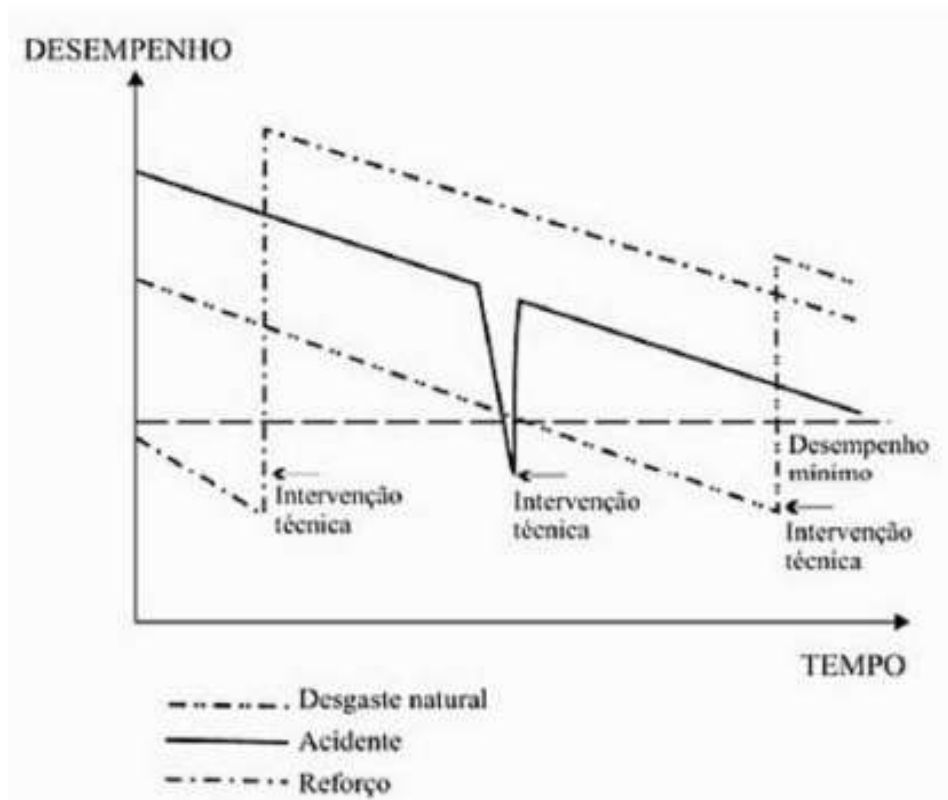
Segundo a ABNT NBR 6118:2014, desempenho consiste na capacidade de a estrutura manter-se em condições plenas de utilização, não devendo apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente o uso para o qual foi projetada.

Alguns materiais são instáveis ao longo do tempo, alterando suas propriedades físicas e químicas em função das características de seus componentes e das condicionantes impostas pelo meio ambiente. As consequências destes processos de alteração podem comprometer o desempenho dos mesmos, onde costuma-se ser chamado de deterioração. Cada material ou

componente reage a uma forma particular aos agentes de deterioração a que é submetido, sendo a forma de deterioração e a sua velocidade função da natureza do material ou componente e das condições de exposição aos agentes de deterioração. (SOUZA; RIPPER, 1998).

Ainda segundo Souza e Ripper (1998), o fato de uma estrutura e determinado momento apresentar-se com desempenho insatisfatório não significa que ela esteja necessariamente condenada, posto que está é a ocasião que requer imediata intervenção técnica, de forma que ainda seja possível reabilitar a estrutura. A situação ideal, será a de se desenvolver o projeto de forma que a construção possa ser bem feita e o trabalho de manutenção facilitado, mantendo-se a deterioração em níveis mínimos. (Figura 11)

Figura 11 - Diferentes desempenhos de uma estrutura, com o tempo em função de diferentes fenômenos patológicos.

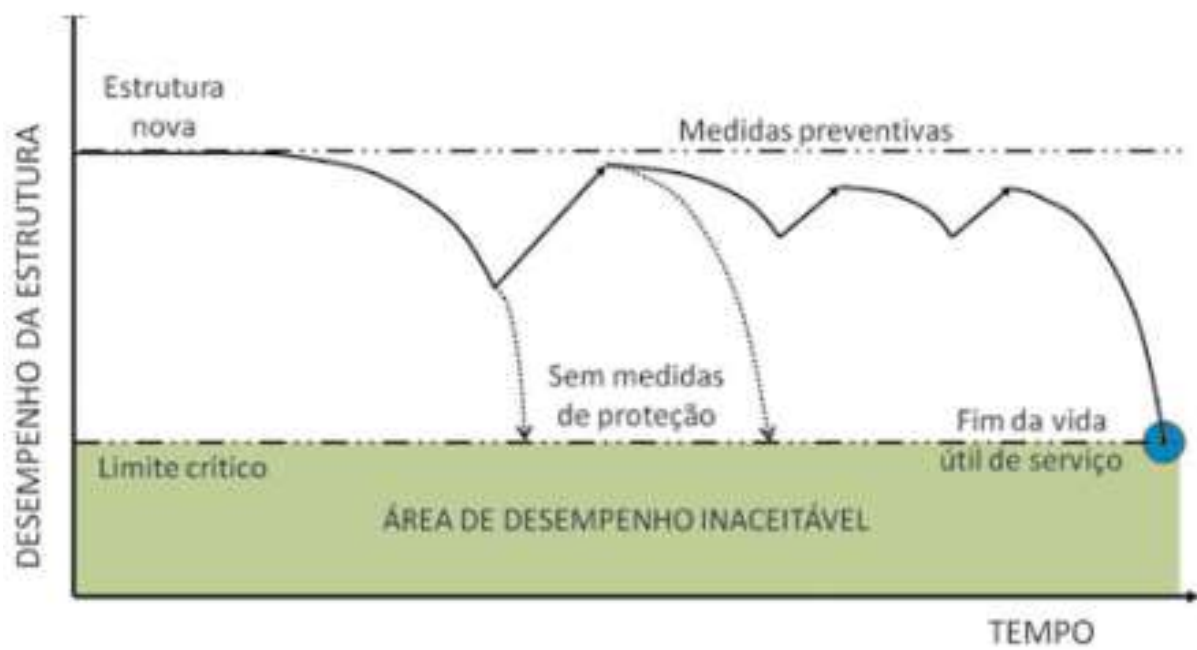


Fonte: SOUZA; RIPPER, 1998.

Existem níveis de desempenho mínimos aceitáveis e a estrutura vai perdendo sua capacidade inicial ao longo do tempo de utilização. Isso vem do fato incontestável de que nada é eterno e toda construção tem um tempo de vida útil que é finito (MEDEIROS; ANDRADE; HELENE, 2011).

A Figura 12 abaixo apresenta a questão citada acima e a importância e necessidade de manutenção para garantir o desempenho da estrutura.

Figura 12 - Variação do desempenho de uma estrutura de concreto armado ao longo do tempo.



Fonte: MEDEIROS; ANDRADE; HELENE, 2011.

Conclui-se que desempenho é caracterizado pela reação do material em serviço, durante sua vida útil e o resultado no qual se é esperado conforme as etapas de projeto, construção e manutenção. Podendo assim avaliar a existência de uma relação entre desempenho, qualidade, durabilidade, vida útil e sustentabilidade em uma estrutura.

## 2.7 INSPEÇÕES

Segundo a ABNT NBR 9452:2016, inspeção de estruturas de concreto é um conjunto de procedimentos técnicos e especializados que compreendem a coleta de dados necessários à formulação de um diagnóstico e prognóstico da estrutura, visando manter ou reestabelecer os requisitos de segurança estrutural, de funcionalidade e de durabilidade.

Para DNIT (2004), inspeção de ponte é considerada uma atividade técnica especializada que abrange a coleta de elementos, de projeto e de construção, o exame minucioso da ponte, a elaboração de relatórios, a avaliação do estado da obra e as recomendações, que podem ser de nova vistoria, de obras de manutenção, de obras de recuperação, de reforço ou de reabilitação.

De modo geral, as vistorias das obras de Arte Especiais devem ser constituídas das seguintes etapas: exame local da obra, análise do projeto original (ou das modificações, se for o caso) e relatório final (VITÓRIO, 2006).

### 2.7.1 Tipos de Inspeções

Segundo DNIT (2004), toda ponte deve ser inspecionada em intervalos regulares, não maiores que dois anos, por técnicos com a necessária qualificação; entretanto, o máximo intervalo entre inspeções ou o tipo de inspeção pode variar para certos tipos de pontes, quando esta atitude é justificada por relatórios anteriores, pelo histórico do comportamento estrutural ou pela análise estrutural.

No Brasil, a ABNT NBR 9452:2016 considera os seguintes tipos de inspeções:

- a) Inspeção Cadastral: é a primeira inspeção, devendo ser efetuada imediatamente após sua conclusão ou quando houver alterações na configuração da obra, como alargamento, acréscimo de comprimento, reforço e mudança no sistema estrutural.

- b) Inspeção Rotineira: acompanhamento periódico, visual, realizado em prazo não superior a um ano. Deve ser verificada a evolução de anomalias já observadas em inspeções anteriores, bem como novas ocorrências, reparos e/ou recuperações efetuadas no período.
- c) Inspeção Especial: realizada no intervalo de cinco anos, deve ser detalhada e contemplar mapeamento gráfico e quantitativo das anomalias de todos os elementos aparentes e/ou acessíveis da OAE, com o intuito de formular o diagnóstico e prognóstico da estrutura.
- d) Inspeção Extraordinária: gerada por demandas não programadas, como, análise criteriosa de um elemento, impacto na obra, eventos da natureza. Contendo relatório específico, descrição da obra, identificação das anomalias, mapeamento, documentação fotográfica e terapia recomendada.

### **2.7.2 Roteiro para a realização de uma inspeção**

Para Vitório (2006), a vistoria deve ser realizada de modo a atender as seguintes etapas:

#### **➤ Inspeção da obra;**

- ✓ Inspeção da infra-estrutura;
- ✓ Inspeção da mesoestrutura;
- ✓ Inspeção da superestrutura;
- ✓ Inspeção dos acabamentos;
- ✓ Inspeção dos acessos.



➤ **Análise do projeto (original e das modificações, se for o caso);**

- ✓ Planta de locação;
- ✓ Plantas de forma e armação das fundações;
- ✓ Plantas de forma e armação da mesoestrutura;
- ✓ Plantas de forma e armação da superestrutura;
- ✓ Detalhes especiais, quando necessário;
- ✓ Detalhes de escoramentos especiais, quando for o caso;
- ✓ Memória de cálculo contendo as hipóteses de cálculo formuladas e o dimensionamento de toda a estrutura;
- ✓ Relatório de sondagens utilizado para a definição das fundações adotadas;
- ✓ Levantamento topográfico plani-altimétrico do local da obra;
- ✓ Estudos hidrológicos utilizados para definir seção de vazão e o vão da obra.

➤ **Relatório final.**

O relatório final representa a última etapa da vistoria, devendo, portanto, para atender à sua finalidade, ser objetivo e apresentado em linguagem técnica adequada, com disposição racional de textos e ilustrações.

Segundo ABNT NBR 9452:2016 recomenda os seguintes itens para o relatório final de inspeção:

- a) Índice;
- b) Introdução;
- c) Relatórios preliminares, fichas cadastrais e rotineiras;
- d) Registros das observações de campo;

- e) Relatório técnico complementar (análise, estudos estruturais, hidrológicos ou geotécnicos, instrumentações, provas de carga, etc.)
- f) Parecer final;
- g) Recomendações;
- h) Bibliografia.

### 2.7.3 Critérios de definição das notas de classificação

De acordo com a ABNT NBR 9452:2016, a classificação da OAE consiste da atribuição de avaliação de sua condição, que pode ser excelente, boa, regular, ruim ou crítica, associando notas aos parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade. Essas notas de avaliação devem variar de 1 a 5, refletindo a maior ou menor gravidade dos problemas detectados, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Classificação da condição de OAE segundo os parâmetros estrutural, funcional

Nota de classificação	Condição	Caracterização estrutural	Caracterização funcional	Caracterização de durabilidade
5	Excelente	A estrutura apresenta-se em condições satisfatórias, apresentando defeitos irrelevantes e isolados.	A OAE apresenta segurança e conforto aos usuários.	A OAE apresenta-se em perfeitas condições, devendo ser prevista manutenção de rotina.
4	Boa	A estrutura apresenta danos pequenos e em áreas, sem comprometer a segurança estrutural.	A OAE apresenta pequenos danos que não chegam a causar desconforto ou insegurança ao usuário.	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.

Tabela 4. (Continuação...)

Nota de classificação	Condição	Caracterização estrutural	Caracterização funcional	Caracterização de durabilidade
3	Regular	Há danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra. Recomenda-se acompanhamento dos problemas. Intervenções podem ser necessárias a médio prazo.	A OAE apresenta desconforto ao usuário, com defeitos que requerem ações de médio prazo.	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de moderada a alta agressividade ambiental ou a OAE apresenta moderadas a muitas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.
2	Ruim	Há danos que comprometem a segurança estrutural da OAE, sem risco iminente. Sua evolução pode levar ao colapso estrutural. A OAE necessita de intervenções significativas a curto prazo.	OAE com funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança ao usuário, requerendo intervenções de curto prazo.	A OAE apresenta anomalias moderadas a abundantes, que comprometem sua vida útil, em região de alta agressividade ambiental.
1	Crítica	Há danos que geram grave insuficiência estrutural na OAE. Há elementos estruturais em estado crítico, com risco tangível de colapso estrutural. A OAE necessita intervenção imediata, podendo ser necessária restrição de carga, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramento provisório e associada instrumentação, ou não.	A OAE não apresenta condições funcionais de utilização.	A OAE encontra-se em elevado grau de deterioração, apontando problema já de risco estrutural e/ou funcional.

Fonte: ABNT NBR 9452:2016

## 2.8 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS MAIS INCIDENTES EM PONTES

### 2.8.1 Fissuras

A fissura é uma fratura linear no concreto que pode se estender parcial ou completamente através do elemento; excetuados alguns casos particulares, a fissuração, isoladamente, não indica perda de resistência ou de durabilidade: nos elementos de concreto armado convencional, a fissuração pode ser inevitável, em virtude de tensões de tração provocadas pela flexão, força cortante, torção e restrições a movimentação (DNIT, 2004)

Segundo Souza e Ripper (1998), ao se analisar uma estrutura de concreto que esteja fissurada, os primeiros passos a serem dados consistem na elaboração do mapeamento das fissuras e em sua classificação, que vem a ser a definição da atividade ou não das mesmas.

Para definir o grau de periculosidade e a urgência do problema em uma análise de fissuração, por exemplo, deve-se proceder à sua classificação e determinar se o processo encontra-se estabilizado ou se as causas ainda atuam sobre a peça (OLIVARI, 2003). Essas classificações são apresentadas conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Classificação de Fissuras.

<b>Classificação</b>	<b>Espessura</b>
<b>Fissura capilar</b>	Menor que 0,2 mm
<b>Fissura</b>	0,2 mm a 0,5 mm
<b>Trinca</b>	0,5 mm a 1,5 mm
<b>Rachadura</b>	1,5 mm a 5 mm
<b>Fenda</b>	5 mm a 10 mm
<b>Brecha</b>	Maior que 10 mm

Fonte: OLIVARI (2003).

Segundo Duarte (1998), as fissuras também podem ser classificadas segundo a sua atividade, em ativas ou passivas. Fissuras ativas são aquelas que mudam de espessura à medida em que as condições que as provocaram sofre alterações, comportando-se como juntas induzidas pela estrutura. Já as fissuras passivas encontram-se num estado estabilizado, não apresentam variação em sua espessura ou no seu comprimento no decorrer do tempo.

Para Thomaz (1989), os principais mecanismos de ocorrência das fissuras são por movimentações térmicas, movimentações higroscópicas, atuação de sobrecargas, deformabilidade excessiva, recalques de fundação, retração de produtos à base de cimento e alterações químicas dos materiais de construção.

Segundo a ABNT NBR 6118:2014, a fissuração em elementos estruturais de concreto armado é inevitável, devido à grande variabilidade e à baixa resistência do concreto à tração; mesmo sob as ações de serviço (utilização), valores críticos de tensões de tração são atingidos. Visando obter bom desempenho relacionado à proteção das armaduras quanto à corrosão e à aceitabilidade sensorial dos usuários, busca-se controlar a abertura dessas fissuras. (Tabela 6)

Tabela 6 - Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura,

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	--
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação freqüente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação freqüente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação freqüente
		ELS-D <sup>1)</sup>	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D <sup>1)</sup>	Combinação freqüente
<sup>1)</sup> A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 25$ mm (figura 3.1). NOTAS 1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2. 2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.			

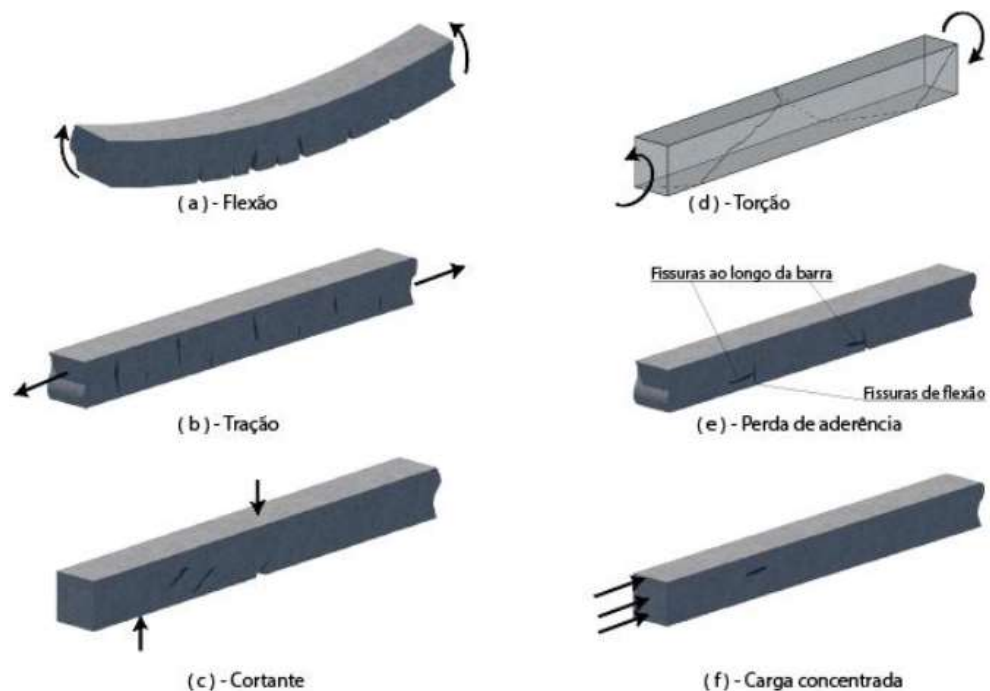
Fonte: ABNT NBR 6118:2014

- **Fissuras em Vigas**

As fissuras ocasionadas pela flexão de vigas ocorrem perpendicularmente às trajetórias dos esforços principais de tração, sendo praticamente verticais no terço médio do vão e apresentando aberturas maiores em direção à face inferior da viga. A localização, número, extensão e abertura das fissuras estão relacionadas às características geométricas da peça, às propriedades físicas e mecânicas dos materiais que a constituem e ao estágio de sollicitação da carga (THOMAZ, 1989).

As fissuras se configuram de acordo com o tipo de sollicitação em que suas estruturas estão submetidas, como demonstrado na Figura 13.

Figura 13 - Configurações genéricas de fissuras de acordo com os esforços que a estrutura está submetida.

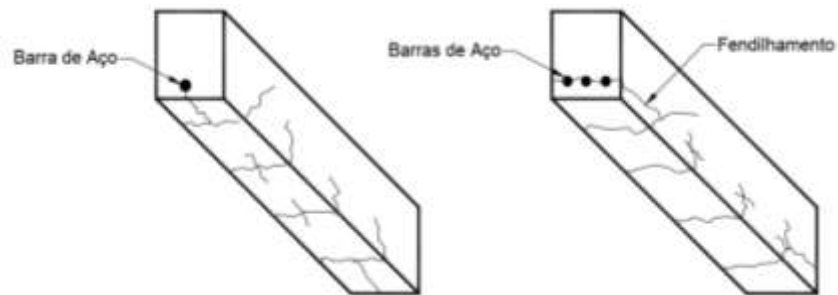


Fonte: Adaptado de SOUZA; RIPPER (1998).

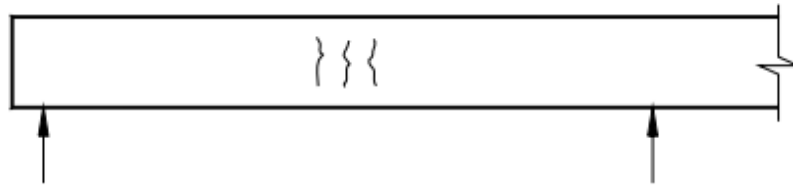
Outros tipos de manifestações típicas ocasionadas podem ser observados na Figura 14.

Figura 14 – Fissuras.

a) Fissura por Corrosão das Armaduras;

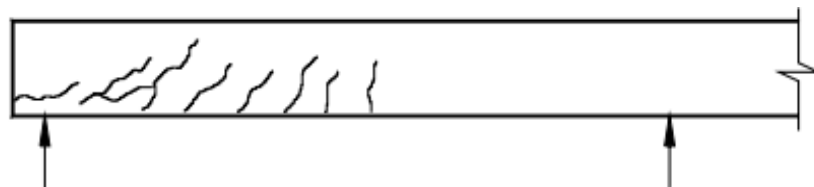


b) Fissura de Retração e Temperatura

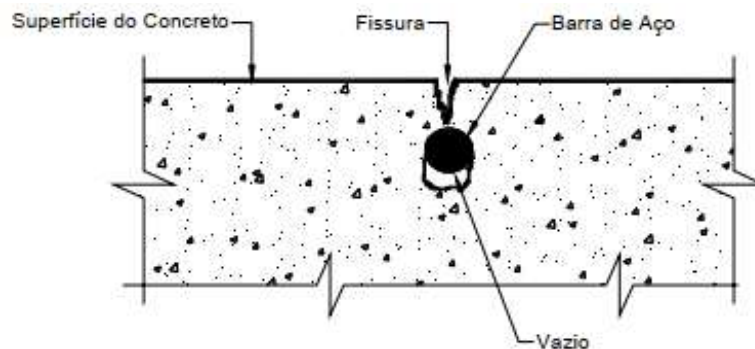


Sempre que as mudanças de volume nos elementos de concreto, causadas por gradientes de temperatura e umidade, provocarem tensões de tração superiores às tensões de tração admissíveis, poderá haver o aparecimento de fissuras de origem física (DNIT,2006).

c) Fissura por Perda de Aderência e Colapso da Ancoragem da Armadura



d) Fissuras por formação de espaços vazios ou poros sob barras horizontais.

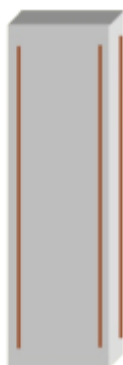
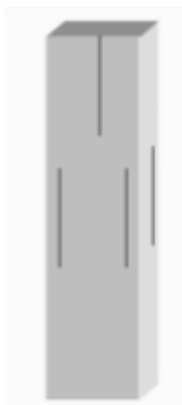
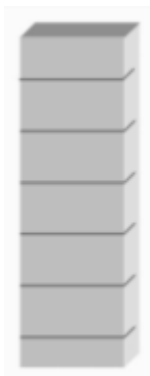


Fonte: DNIT (2004).

- **Fissuras em Pilares**

De acordo com Thomaz (1989), o surgimento de fissuras nos pilares pode se manifestar nas direções vertical, horizontal ou, até, ligeiramente inclinadas. Essas manifestações podem ocorrer de diversas formas, conforme a Figura 14.

Figura 15 - Fissuras em Pilares



**a) Retração Hidráulica em pilares.**

Possuem fissuras com distancia uma das outras, em locais que sofrem maior insolação. Ocorre devido o excesso de água ou deficiencia na cura; Armaduras com cobrimento escasso; Tração no cimento; Inertes inadequados;

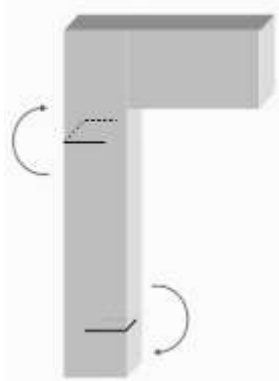
**b) Esmagamento em Pilares**

As fissuras se manifestam em diferentes faces do pilar ou em suas arestas. Ocorre devido a secção ou armadura insuficiente; Excesso de carga; Estribos incorretos ou muito afastados; Erro de cálculo;

**d) Corrosão das Armaduras**

Se a corrosão estiver muito avançada a ruina surge por encuvardura ou por insuficiencia da seção da armadura. Ocorre com zonas sujeitas a acção do vento; Água ou inertes inadequados; Insuficiencia de vibração;





Fonte: ARAÚJO, (2003).

### e) Flexão em Pilares

Fissuras horizontais na cabeça e no pé do pilar. Ocorre devido a armadura insuficiente; aumento do momento; erro de cálculo; falta de amarração; a não consideração de solicitações horizontais.

## 2.8.2 Deterioração do concreto por reações químicas

Os principais mecanismos causadores da deterioração do concreto podem ser classificados de acordo com sua natureza, dividindo os processos em mecânico, físico, químico, biológico e eletromagnético. Na realidade, a deterioração resulta, muitas vezes, da combinação de diversos fatores internos e externos (LAPA, 2008).

Segundo DNIT (2006), as reações químicas que provocam a degradação do concreto podem ser resultantes de interações químicas entre agentes agressivos presentes no meio ambiente externo e os constituintes da pasta de cimento ou podem resultar de reações internas, tipo reação álcaliagregado, ou da reação da hidratação retardada CaO e MgO cristalinos, se presentes em quantidades excessivas no cimento Portland, ou ainda, da corrosão eletroquímica da armadura do concreto.

A deterioração do concreto varia de acordo com as propriedades do meio onde se a estrutura está inserida, como a concentração de ácidos, sais e bases, de acordo com as propriedades do próprio concreto.

Convém ressaltar que as reações químicas se manifestam através de deficiências físicas do concreto, tais como aumento da porosidade e da permeabilidade, diminuição da resistência, fissuração e lascamento (DNIT, 2006).

- **Lixiviação e formação de Eflorescência**

Segundo HELENE (1997), lixiviação é a ação de águas puras, carbônicas agressivas e ácidas que dissolvem e carregam os compostos hidratados da pasta de cimento. Observa-se nestes casos uma superfície arenosa ou com agregados expostos sem a pasta superficial,

eflorescências de carbonato, com elevada retenção de fuligem e com probabilidade de existência de fungos e bactérias.

De acordo com Mehta e Monteiro (2014), em casos onde a pasta de cimento sofre a ação de águas puras da condensação de neblina ou vapor, estas tendem a hidrolisar ou dissolver os produtos contendo cálcio, visto que podem conter pouco ou nenhum íon de cálcio. Este processo acarreta na perda de resistência do concreto e no surgimento de crostas esbranquiçadas de carbonato de cálcio na superfície, fenômeno conhecido como eflorescência.

As eflorescências são depósitos de sais decorrentes da migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas, conseqüentemente alterando a aparência superficial do material e podendo ser agressivos ao mesmo (ROÇA, 2014).

De acordo com Granato (2005 apud TAGUCHI, 2010):

Quimicamente a eflorescência é constituída principalmente de sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-ferrosos (cálcio e magnésio, solúveis ou parcialmente solúveis em água). Pela ação da água da chuva ou do solo, estes sais são dissolvidos e migram para superfície e a evaporação da água resulta na formação de depósitos salinos.

Para Campante e Baía (2003), este problema consiste em depósitos cristalinos de cor branca, formados por sais solúveis, em água, presentes nos materiais utilizados na construção que podem ser transportados pela água também presente nos materiais ou oriunda de infiltração, que quando entram em contato com o ar se solidificam.

- **Reação álcali-agregado**

A reação álcali-agregado ocorre quando os álcalis libertados pelo cimento hidratado reagem com agregados que possuem constituintes reativos. Geralmente ocorrem dois tipos de ataques: Reação álcali-carbonato e álcali-sílica (FERREIRA, 2000; MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Segundo Valduga (2002), a reação álcali-agregado pode ser definida como um tipo de degradação que afeta o concreto através de um fenômeno de expansão. Os principais sintomas desta reação são a fissuração, descolamento, presença de gel nos vazios entre outros. Esta

reação resulta da interação entre a sílica reativa de alguns minerais dos agregados utilizados com os íons alcalis contidos nos cimentos.

Para Souza e Ripper (1998), a adição de pozolanas, em quantidades adequadas, pode inibir e até mesmo evitar tal reação.

As reações químicas ocasionadas entre estes componentes provocam um aparecimento de um gel expansivo que fatura o concreto. Este mecanismo está condicionado ao contato do cimento e do agregado reativo com a água, simultaneamente (OLIVARI, 2003).

- **Ataque de sulfatos**

Segundo Castro (1994), o ataque de sulfato é uma reação que consiste na formação de etringita (trisulfoaluminato de cálcio hidratado) a partir da reação de íons sulfatos com aluminatos do cimento. Este composto é muito expansivo e produz desagregação de toda a massa, com perdas de resistência muito notáveis. Também se produz expansão por formação de gesso a partir de sulfatos de cálcio.

Para Helene (1997), ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, originando reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado. Apresenta uma superfície com fissuras aleatórias, esfoliação e redução significativa da dureza e resistência superficial do concreto. Conforme Lapa (2008), esses compostos são potencialmente danosos ao concreto, sendo os sulfatos de sódio e cálcio mais comuns em solos, águas e processos industriais.

O ataque de sulfatos leva a uma fendilhação da pasta de cimento endurecido por um processo associado à formação de etringita, além de ocasionar perda de resistência e rigidez do concreto (FERREIRA, 2000).

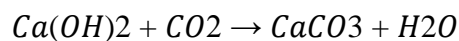
Segundo Neville (1997), o concreto atacado por sulfatos tem uma aparência esbranquiçada característica. A deterioração geralmente começa nos cantos e arestas seguida de uma fissuração progressiva e lascamento que reduzem o concreto a uma condição friável ou mesmo mole.

- **Carbonatação**

O contato dos gases ácidos do ambiente, como o dióxido de carbono, com a superfície da face exposta do concreto, é chamado de carbonatação, é um processo que acontece naturalmente e que consiste na transformação de íons alcalinos do concreto em carbonatos (KAZMIERCZAK, 1996; NEVILLE, 1997; ROY, 1999).

Para Cascudo (2000), a carbonatação é um dos principais fenômenos físico-químicos que pode limitar a vida útil das estruturas de concreto, pois, em geral, cria as condições termodinâmicas para a ocorrência da corrosão das armaduras.

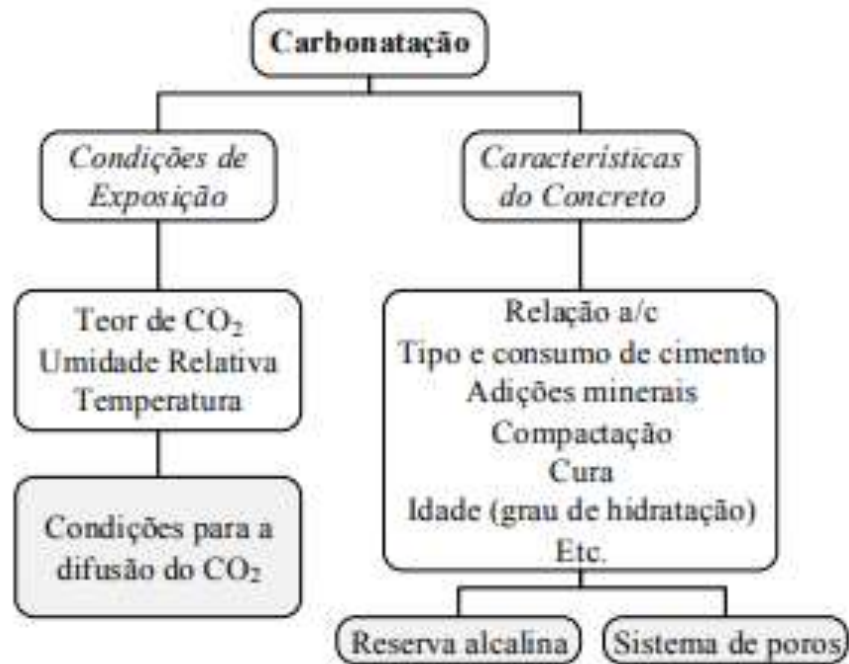
Segundo Ferreira (2000), a carbonatação é o processo pelo qual minerais do cimento hidratado reagem com o dióxido de carbono ( $CO_2$ ) presente na atmosfera, principalmente com o hidróxido de cálcio ( $Ca(OH)_2$ ), formando o carbonato de cálcio ( $CaCO_3$ ), conforme demonstrado na equação abaixo:



A formação do carbonato de cálcio a partir do hidróxido de cálcio é uma das causas mais frequentes da corrosão em estruturas de concreto, visto que trata da transformação de um elemento de pH alto em um elemento que possui um pH mais neutro. Essa perda de pH do concreto representa um grande risco, pois em seu ambiente alcalino – pH variando entre 12 e 13, as armaduras estão protegidas da corrosão, mas, quando este PH se encontra abaixo de 9,5, inicia-se o processo de formação de células eletroquímicas de corrosão (VITÓRIO, 2003).

A profundidade e a velocidade de carbonatação dependem de diversos fatores, os quais podem ser inerentes ao concreto, no que diz respeito à rede de poros do concreto e à reserva alcalina da fase líquida; assim como podem estar associados ao ambiente de exposição no qual a estrutura de concreto está inserida (CASCUDO, 1997). A Figura 16 apresenta um resumo dos fatores que influenciam na carbonatação do concreto.

Figura 16 - Fatores que influenciam na carbonatação do concreto



Fonte: CASCUDO; CARASEK, (2011)

A profundidade de carbonatação do concreto aumenta com o tempo, estando o seu crescimento em função de vários parâmetros intrínsecos do concreto e do meio ambiente, por exemplo, a resistência à compressão, o teor de CO<sub>2</sub> na atmosfera, a proteção a chuvas, e outros (FELIX, et. al., 2015), como demonstrado na Figura 17.

Figura 17 - Representação da frente de carbonatação ao longo do tempo



Fonte: FELIX, et. al. (2015)

Segundo Bazan (2014), essa camada carbonatada cuja espessura aumenta no decorrer do tempo chama-se frente de carbonatação, que avança progressivamente a partir da superfície para o interior do concreto e ao atingir a armadura gera sua despassivação, como demonstrado na Figura 18.

Figura 18 - Representação esquemática do avanço da frente de carbonatação



Fonte: TULA, (2000) apud Bazan.

De acordo com Granato (2002), a displicência na execução do concreto armado tem se demonstrado na principal causa do início precoce da corrosão das armaduras, principalmente pelos seguintes fatores:

- Recobrimento das armaduras abaixo dos valores recomendados pelas normas da ABNT.
- Concreto executado com elevado fator água/cimento, acarretando elevada porosidade do concreto e fissuras de retração.
- Ausência ou deficiência de cura do concreto, propiciando a ocorrência de fissuras, porosidade excessiva, diminuição da resistência, etc.
- Segregação do concreto com formação de ninhos de concretagem, erros de traço, lançamento e vibração incorretos, formas inadequadas e etc.

O concreto fornece a armadura uma dupla proteção, formando uma barreira física que separa o aço do contato direto com o meio ambiente e uma capa passivadora formada pelo meio alcalino do concreto. No entanto, quando as condições de utilização a ataque do meio

ambiente sobre o concreto armado ocorrem, se produz a perda da capa passivante, desencadeando uma tríplice consequência:

- O aço diminui sua seção, e se converte completamente em óxidos;
- O concreto pode fissurar ou delaminar-se devido às pressões de expansão dos óxidos;
- A aderência da armadura diminui ou desaparece.

## **2.9 METODOLOGIA GDE/UNB PARA QUANTIFICAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO**

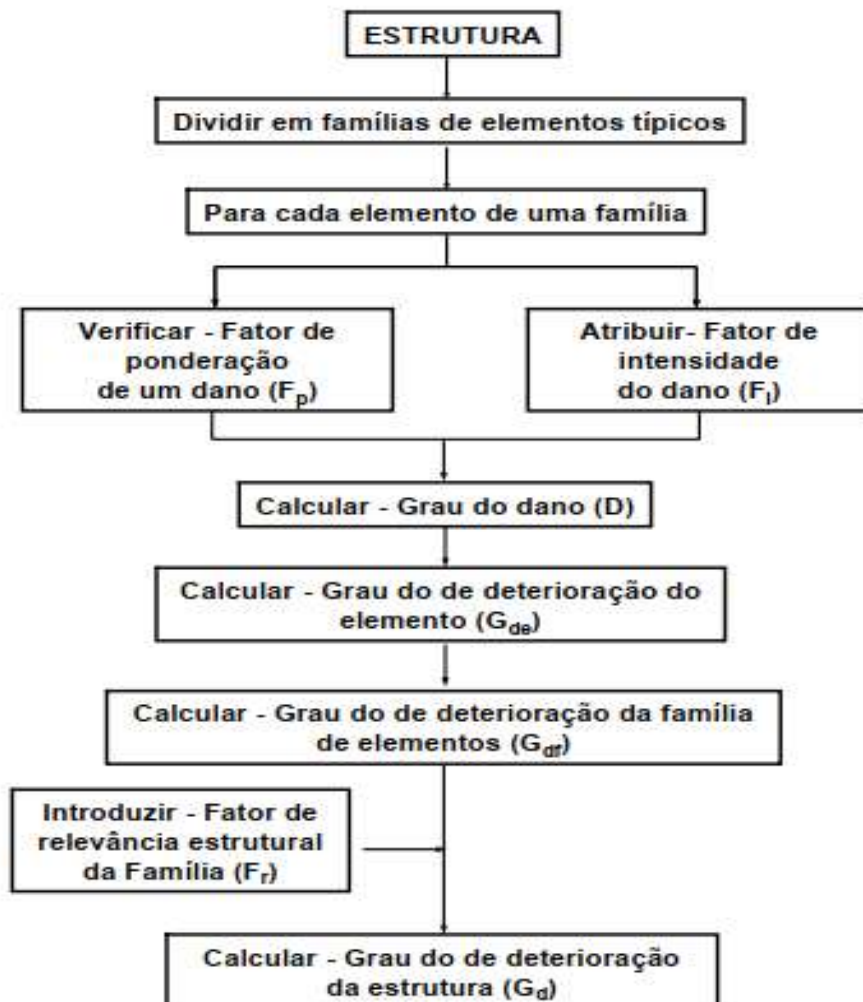
A metodologia de quantificação de Grau de Deterioração de Estruturas de Concreto foi desenvolvida por Klein et al (1991), por meio da Prefeitura de Porto Alegre e da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com o objetivo implementar um processo de vistorias sistematizadas em pontes, túneis e viadutos para averiguar o estado de conservação das mesmas verificando as lesões existentes.

O uso da metodologia GDE/UnB é pertinente para análises de manifestações patológicas uma vez que torna possível a comparação, de forma rápida e objetiva, do grau de deterioração de diferentes estruturas de concreto, por meio de dados coletados em inspeções visuais campo (LIMA et al., 2019).

Segundo Castro (1994), para cada elemento de uma família é elaborada uma matriz onde são listadas as possíveis manifestações de danos, específicas daquela família, com o respectivo "fator de ponderação do dano". Este fator, previamente estabelecido na matriz, visa quantificar a importância relativa de um determinado dano no que se refere às condições gerais de estética, funcionalidade e segurança do elemento.

A metodologia GDE/UnB segue as etapas descritas pelo fluxograma da Figura 19, criado por Castro (1994), que mostra os procedimentos a serem seguidos, de forma sistemática, para o desenvolvimento das inspeções estruturais e avaliação dos resultados.

Figura 19 - Fluxograma da metodologia GDE/UnB



Fonte: CASTRO, (1994)

Ainda segundo Castro (1994), na matriz de um elemento, deve ser atribuída, pelos profissionais responsáveis e segundo critérios pré-estabelecidos constantes do Caderno de Inspeção (Anexo B), uma pontuação que classifica o nível de gravidade de uma determinada manifestação de dano naquele elemento, denominada "fator de intensidade do dano", segundo o qual pode-se inferir a evolução da deterioração.



## 2.9.1 Formulação

### 2.9.1.1 Fator de Ponderação (Fp)

O Fator de Gravidade do Problema (FG) para a metodologia desenvolvida por Klein et al (1991) passa a ser chamada de Fator de Ponderação (Fp), mas mantêm-se as mesmas características e mesma escala de pontuação (0 a 10) preestabelecida.

Ainda segundo Castro (1994), uma determinada manifestação patológica pode ter fatores de ponderação diferentes de acordo com as características da família onde o elemento se insere, dependendo das consequências que o dano possa acarretar.

### 2.9.1.2 Fator de Intensidade do Dano (Fi)

O Fator de Intensidade do dano (Fi) é atribuído pelos vistoriadores na obra, considera a intensidade de cada manifestação patológica encontrada em cada elemento e o valor atribuído a ele varia em uma escala de 0 a 4, onde 0 é o valor atribuído ao elemento que não apresenta lesão e 4 o valor atribuído ao elemento que apresenta muitas lesões (estado crítico) (KLEIN, et al., 1991 apud EUQUERES, 2011).

Para Castro (1994), o fator de intensidade do dano ( Fi ) classifica o nível de gravidade e a evolução de uma manifestação de dano em um determinado elemento, segundo uma escala de 0 a 4, na forma proposta por Klein et al (1991), como segue:

Sem lesões →  $Fi = 0$

Lesões leves →  $Fi = 1$

Lesões toleráveis →  $Fi = 2$

Lesões graves →  $Fi = 3$

Estado crítico →  $Fi = 4$

Caso o dano seja classificado com fator de intensidade 4 (quatro), o elemento apresenta situação crítica com relação ao dano analisado, por isso deve ser realizada intervenção imediata do elemento para que seja reparado esse problema específico.

Na Tabela 7 são apresentadas algumas classificações quanto ao dano e seu fator de intensidade.

Tabela 7 - Classificações dos danos e fatores de intensidade (Fi ).

Tipos de danos	Fator de intensidade do dano - Tipos de manifestação
segregação	1 - superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça; 2 - significativa em relação às dimensões da peça; 3 - profunda em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura; 4 - perda relevante da seção da peça.
eflorescência	1 - início de manifestação; 2 - manchas de pequenas dimensões; 3 - manchas acentuadas, em grandes extensões.
esfoliação	2 - pequenas escamações do concreto; 3 - lascamento, de grandes proporções, com exposição da armadura; 4 - lascamento acentuado com perda relevante de seção.
desagregação	2 - início de manifestação; 3 - manifestações leves; 4 - por perda acentuada de seção e esfrelamento do concreto;
cobrimento	1 - menores que os previstos em norma sem, no entanto, permitir a localização da armadura; 2 - menor do que o previsto em norma, permitindo a localização da armadura ou armadura exposta em pequenas extensões; 3 - deficiente com armaduras expostas em extensões significativas.
manchas de corrosão/ corrosão da armadura	2 - manifestações leves; 3 - grandes manchas e/ou fissuras de corrosão; 4 - corrosão acentuada na armadura principal, com perda relevante de seção.
flechas	1 - não perceptíveis a olho nu; 2 - perceptíveis a olho nu, dentro dos limites previstos em norma; 3 - superiores em até 40% às previstas na norma; 4 - excessivas.
recalque	2 - indícios, pelas características de trincas na alvenaria; 3 - recalque estabilizado com fissuras em peças estruturais; 4 - recalque não estabilizado com fissuras em peças estruturais.
fissuras	1 - aberturas menores do que as máximas previstas em norma; 2 - estabilizadas, com abertura até 40% acima dos limites de norma; 3 - aberturas excessivas; estabilizadas; 4 - aberturas excessivas; não estabilizadas.

Continuação Tabela 7.

Tipos de dano	Fator de intensidade do dano - Tipos de manifestação
carbonatação	1 - localizada, com algumas regiões com pH <9, sem atingir a armadura; 2 - localizada, atingindo a armadura, em ambiente seco; 3 - localizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido; 4 - generalizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido.
infiltração	1 - indícios de umidade; 2 - pequenas manchas; 3 - grandes manchas; 4 - generalizada.
presença de cloretos	2 - em elementos no interior sem umidade; 3 - em elementos no exterior sem umidade; 4 - em ambientes úmidos.
manchas	2 - manchas escuras de pouca extensão, porém significativas; 3 - manchas escuras em todo o elemento estrutural
sinais de esmagamento	3 - desintegração do concreto na extremidade superior do pilar, causada por sobrecarga ou movimentação da superestrutura; fissuras diagonais isoladas; 4 - fissuras de cisalhamento bidiagonais, com intenso lascamento (esmagamento) do concreto devido ao cisalhamento e a compressão, com perda substancial de seção, deformação residual aparente; exposição e início de flambagem de barras da armadura.
desvio de geometria	2 - pilares e cortinas com excentricidade $\leq h/100$ ( h = altura) 3 - pilares e cortinas com excentricidade $\geq h/100$
infiltração na base	3 - indícios de vazamento em tubulações enterradas que podem comprometer as fundações; 4 - vazamentos em tubulações enterradas causando erosão aparente junto às fundações.
junta de dilatação obstruída	2 - perda de elasticidade do material da junta; 3 - presença de material não compressível na junta.
fissuras vizinhas as juntas de dilatação	2 - lajes com início de fissuras adjacentes às juntas; 3 - grande incidência de lajes com fissuras adjacentes às juntas; 4 - idem, com prolongamento das fissuras em vigas e/ou pilares de suporte.
deslocamento por empuxo	3 - deslocamento lateral no sentido horizontal, com excentricidade porém estável; 4 - deslocamento lateral no sentido horizontal, instável.

Fonte: Castro (1994)

### 2.9.1.3 Grau do Dano (D)

O Grau do Dano (D) é calculado em um elemento a partir do fator de ponderação (Fp) e do fator de intensidade (Fi), usando-se analogia com modelo proposto por Tuutti (1982) apud Castro (1994).

O grau do dano será, portanto, uma função com duas variáveis. Sendo o fator de ponderação (Fp), característico para cada família, e manifestando o fator de intensidade (Fi) atribuído pelo técnico responsável pela inspeção estrutural. As fórmulas para calcular o Grau do Dano (D) são:

$$D = 0,4 F_i F_p \quad \text{para } F_i \leq 2,0$$

$$D = (6 F_i - 14) F_p \quad \text{para } F_i \geq 3,0$$

### 2.9.1.4 Grau de Deterioração de um Elemento (Gde)

Segundo Castro, 1994, o "grau de deterioração de um elemento" estrutural isolado (Gde) é determinado em função das manifestações dos danos detectados no elemento pela inspeção, a partir do fator de intensidade atribuído a cada dano (Fi), segundo a Tabela 7, e do grau respectivo do dano (D). Chamando de "m" o número de danos detectados no elemento, o grau de deterioração será determinado a partir de uma das expressões seguintes:

$$G_{de} = D_{mx} \quad \text{para } m \leq 2$$
$$G_{de} = D_{mx} + \frac{\sum_{i=1}^{m-1} D_{(i)}}{m-1} \quad \text{para } m > 2$$

Onde:

m – número de danos no elemento;

Dmx – maior dano detectado no elemento.

Tornou-se, portanto, necessária elaboração de uma tabela com recomendações para elementos isolados indicando as medidas a serem adotadas em função do (Gde), a Tabela 8 apresenta as recomendações para os níveis de deterioração do elemento.

Tabela 8 - Classificação dos níveis de deterioração do elemento

Nível de deterioração	G <sub>de</sub>	Medidas a serem adotadas
Baixo	0 - 15	estado aceitável
Médio	15 - 50	observação periódica e necessidade de intervenção a médio prazo
Alto	50 - 80	observação periódica minuciosa e necessidade de intervenção a curto prazo
Crítico	> 80	necessidade de intervenção imediata para restabelecer funcionalidade e/ou segurança

Fonte: CASTRO, (1994).

#### 2.9.1.5 Grau de Deterioração da Família de Elementos (G<sub>df</sub>)

O "grau de deterioração de uma família" ( G<sub>df</sub> ) é definido como a média aritmética dos graus de deterioração daqueles elementos que apresentem danos expressivos. Ou seja, o cálculo do grau de deterioração da família deve evidenciar os elementos mais danificados e não ser mascarado por aqueles elementos com deterioração de menor grau (CASTRO,1994).

O Grau de Deterioração da Família de Elementos (G<sub>df</sub>) foi definido como sendo a média aritmética dos Graus de Deterioração dos Elementos, adotando a seguinte fórmula:

$$G_{df} = \frac{\sum_{i=1}^n G_{de(i)}}{n}$$

Onde: n – número de elementos com G<sub>de</sub> ≥ 15.

Somente serão computados no cálculo do Grau de Deterioração da Família de Elementos (Gdf) os elementos desta família que apresentem o Gde > 15.

#### 2.9.1.6 Grau de Deterioração da Estrutura (G<sub>d</sub>)

O grau de deterioração da estrutura como um todo ( G<sub>d</sub> ) é definido como uma função dos diferentes graus de deterioração das diversas famílias de elementos da edificação, afetados pelos respectivos fatores de relevância estrutural, na forma proposta por Klein et alli (1991). Considerando o conjunto de todas as "k" famílias de elementos que compõem uma estrutura tem se:

$$G_d = \frac{\sum_{i=1}^k F_{r(i)} \cdot G_{df(i)}}{\sum_{i=1}^k F_{r(i)}}$$

Onde:

k : número de famílias de elementos presentes na edificação;

Fr : fator de relevância estrutural de cada família;

Gdf : grau de deterioração da família

Segundo Castro (1994), o fator de relevância estrutural da família de elementos ( Fr ) tem por objetivo considerar a importância relativa das diversas família de elementos, dentro do conjunto em que a obra é subdividida, no comportamento da estrutura e bom desempenho da mesma. Este fator consta da metodologia proposta por Klein et alli (1991), obviamente, conforme objetivo do trabalho, com uma classificação específica para obras de arte, não aplicável a estruturas de edificações usuais.

Os fatores de Relevância (Fr) ficaram definidos conforme Tabela 9.

Tabela 9 - Fator de relevância estrutural (Fr)

<b>Família de elementos</b>	<b>Fr</b>
Elementos de composição arquitetônica	1,0
Reservatório superior	2,0
Escadas/Rampas, Reservatório inferior, Cortinas, Lajes secundárias	3,0
Lajes, Fundações, Vigas secundárias, Pilares secundários	4,0
Vigas e Pilares principais	5,0

Fonte: CASTRO, (1994).

Obtido o valor de  $G_d$ , da equação 5.8, uma estrutura pode ser classificada, segundo uma escala, como a mostrada pela Tabela 5.4, em quatro níveis de deterioração, que indicam a situação atual da estrutura e as medidas de intervenção que deverão ser tomadas, a médio e curto prazo, objetivando uma manutenção adequada para a estrutura.

Tabela 10 - Classificação do nível de deterioração da estrutura segundo

<b>Nível de deterioração</b>	<b><math>G_d</math></b>	<b>Medidas a serem adotadas</b>
Baixo	0 – 15	estado aceitável
Médio	15 – 40	observação periódica e necessidade de intervenção em médio prazo
Alto	40 – 60	observação periódica minuciosa e necessidade de intervenção em curto prazo
Crítico	> 60	Necessidade de intervenção imediata para restabelecer funcionalidade e/ou segurança

Fonte: CASTRO, (1994).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Na seção metodológica deve-se buscar expor os meios e as técnicas fundamentais para que os objetivos da pesquisa sejam alcançados. Deve-se relatar como a pesquisa será realizada, a “localidade” onde os dados ou informações serão obtidos, as ferramentas utilizadas na coleta, o período de observação ao objeto, assim como quando todas as ações cronologicamente planejadas serão realizadas (BEZZON, 2005).

Essa pesquisa foi um estudo de caso que teve como intuito de caracterizar a pesquisa, bem como descrever os procedimentos realizados e as considerações utilizadas na realização do desenvolvimento, a fim de possibilitar a analisar acerca do objetivo do estudo.

Conforme Gil (2002), pode-se dizer que esse tipo de pesquisa tem como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de instituições. Essa pesquisa é, portanto, bastante flexível, de modo que possibilite a avaliação dos mais variados aspectos relativos ao fato de estudo.

#### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

Inicialmente foi realizado um levantamento quantitativo total de pontes de concreto armado presentes no perímetro urbano do município de Palmas-TO, por meio de uma pesquisa referente as hidrografias presentes dentro do plano diretor e identificando as possíveis vias em que possuem transposição desses cursos d’água. Após essa identificação foram realizadas visitas in loco para análise da presença de pontes e o tipo de estrutura.

Foram identificadas um total de 10 (dez) pontes de concreto armado:

- ✓ Ponte na Avenida JK (Juscelino Kubitschek), próximo ao Shopping Capim Dourado;
- ✓ Ponte na Avenida Teotônio Segurado, próximo a agência dos Correios;
- ✓ Ponte na Avenida Teotônio Segurado, próximo ao Espaço Cultural de Palmas;
- ✓ Ponte na Avenida Teotônio Segurado, próximo ao Estádio Nilton Santos;
- ✓ Ponte na Avenida NS 01, próximo a Hospital Geral de Palmas;
- ✓ Ponte na Avenida NS 02, próximo a feira da quadra 304 Sul;



- ✓ Ponte na Avenida NS 15, próximo a Universidade Federal do Tocantins;
- ✓ Ponte na Avenida LO 05, próximo ao 1º Batalhão da Polícia Militar;
- ✓ Ponte na Rodovia TO 050 nas proximidades da Estação de Tratamento de Água da BRK;
- ✓ Ponte FHC (Fernando Henrique Cardoso), TO 080, na travessia do lago da hidrelétrica de Lajeado/TO.

Após identificadas as pontes totais, foram realizadas Inspeções Cadastrais conforme a ABNT NBR 9452:2016, a fim de analisar os estados de deterioração de cada ponte, para então, realizar uma seleção das pontes de concreto armado no qual apresentaram uma presença maior de manifestações patológicas. A escolha inicial das pontes se deu por meio dos resultados dessa inspeção, sendo consideradas as pontes com maior deterioração.

Adotado o método de Amostragem Proporcional Estratificada, no qual consiste na retirada de um número de amostras do grupo total apresentado, as pontes escolhidas para material de estudo foram definidas de acordo com o tempo de uso de cada ponte (variando entre idades maiores ou menores que 5 (cinco) anos), fluxo das vias e análise realizada na inspeção cadastral, a fim de classificar as pontes com maior índice de deterioração para o estudo.

As pontes escolhidas foram:

- ✓ Ponte na Avenida Teotônio Segurado, próximo ao Espaço Cultural de Palmas;
- ✓ Ponte na Avenida NS 02, próximo a feira da quadra 304 Sul.

### 3.3 ANÁLISE VISUAL E LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO

Segundo Vitório (2006), trata-se de detalhada inspeção da ponte, com minuciosa observação de todas as suas partes. Nessa ocasião são feitas todas as anotações com base no roteiro adotado, de modo que não escape qualquer detalhe que possa ser útil para a interpretação do comportamento da estrutura, bem como do diagnóstico a ser emitido no relatório final da vistoria. Também são realizadas fotografias que compõe o relatório e que possuem importante papel na elucidação das anomalias porventura existentes na obra.

As análises das incidências patológicas foram feitas de forma visual, em conformidade com a NBR 9452:16 – Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto (procedimento) e a NORMA DNIT 010/2004 - Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento.

De início as análises foram realizadas de forma visual, para que fosse observado de forma inicial as situações em que se apresentam as pontes, bem como as manifestações patológicas mais incidentes. Em sequência foram realizados um levantamento fotográfico das pontes, dos pontos analisados, bem como os locais identificados com manifestações patológicas, auxiliando em um melhor diagnóstico das causas e a situação em que as estruturas das pontes se encontram.

Em seguida foi realizado em cada ponte uma Inspeção Especial, conforme ABNT NBR 9452:2016, a fim de mapear e quantificar as anomalias de todos os elementos aparentes e acessíveis das pontes, auxiliando no diagnóstico e prognóstico da estrutura.

O método utilizado para análise foram realizados de forma a auxiliar em uma melhor compreensão da estrutura, sendo divididas em: análise da infraestrutura (fundações expostas, taludes), mesoestrutura (pilares, encontros, aparelhos de apoio), superestrutura (vigamento, lajes, cortinas, etc.), acabamentos (guarda-corpo, pavimentação, sinalização) e dos acessos, como especificado abaixo:

- Inspeção da infraestrutura: foram analisados os tipos de fundações de cada ponte, o estado de conservação, presença de estacas expostas, partidas ou com corrosão, características do terreno, ocorrência de erosão, condições dos taludes, os tipos e condições de proteções adotadas, entre outras observadas no local.
- Inspeção da mesoestrutura: nos encontros foram analisados o tipo estrutural e os materiais utilizados, condições atuais, sistema de drenagem, contenção. Já os pilares, foram registrados elementos como os tipos de pilares, estado atual e os desgastes causados por condições ambientais.
- Inspeção da superestrutura: foram observados o sistema estrutural, material empregado, largura e comprimento (pista, passeios e demais peças da plataforma), ocorrência de fissuras ou trincas, deficiências de concretagem, entre outros.

- Inspeção dos acabamentos: análise do estado dos guarda-corpos, verificação de ocorrência de danos no pavimento asfáltico, análise do sistema de drenagem (inexistência ou obstrução de drenos, empoçamento), desgastes nos guarda-rodas e passeios de pedestres, falhas ou ausência de sinalizações.

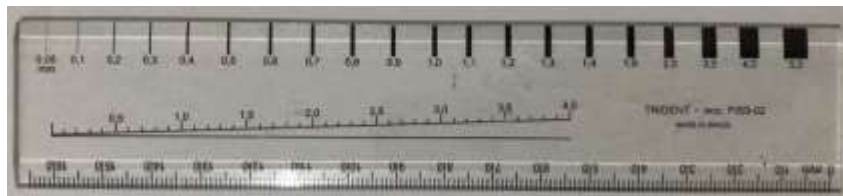
### 3.4 ENSAIOS REALIZADOS

#### 3.4.1 Ensaio de Classificação de Fissuras

Para a realização dos ensaios de classificação de fissuras, foi inicialmente realizada uma inspeção visual para identificar os locais que apresentavam as possíveis manifestações patológicas, como: fissuras, trincas e rachaduras.

Após a identificação da presença da manifestação patológica, foi realizado com o auxílio de um fissurômetro (Figura 20) uma análise quanto a medida de acordo com a Classificação de Fissuras, conforme a Tabela 7. Em seguida, utilizando um giz de quadro negro, foi realizado o mapeamento das fissuras para auxiliar na identificação da causa da manifestação, bem como a melhor visualização nos registros fotográficos das análises.

Figura 20 - Régua Fissurômetro Trident FISS-02



Fonte: O autor.

#### 3.4.2 Ensaio de Carbonatação do Concreto

Existem diversos métodos laboratoriais para a determinação da profundidade de carbonatação em estruturas de concreto. O método utilizado para avaliar a carbonatação dos elementos de concreto armado analisados, foi o de aplicação de fenolftaleína diluída em álcool na superfície exposta do mesmo. Sendo possível observar o hidróxido de cálcio livre reagindo tornando-se cor de rosa, enquanto as partes já carbonatadas permanecem incolores.

Por meio da análise visual, foram definidos os locais para a realização dos ensaios de carbonatação do concreto, observando a presença de fissuras, deslocamento do concreto, armaduras expostas ou armaduras já com o processo de corrosão. Para a realização dos ensaios foram utilizadas partes da estrutura já danificada, realizando a coleta do material e a

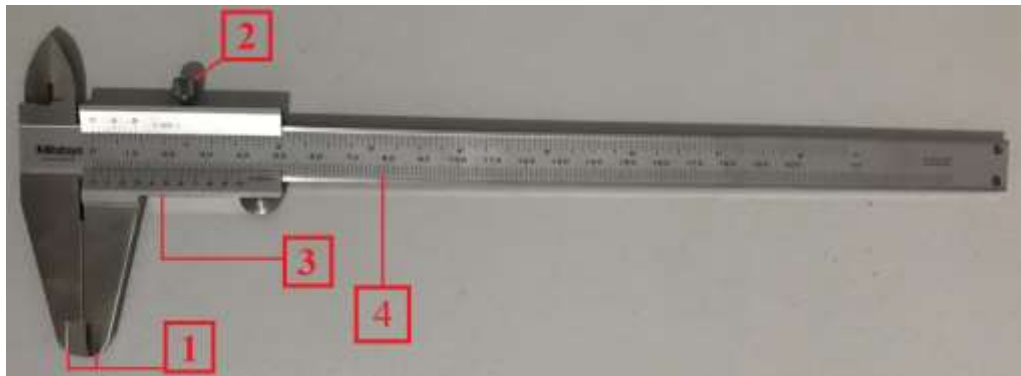
aplicação da fenolftaleína utilizando um borrifador, em seguida foram observados a reação da estrutura quanto a carbonatação.

### 3.4.3 Ensaio de análise de Cobrimento

O ensaio de análise do cobrimento foi possível de realizar somente em elementos da estrutura no qual apresentaram o cobrimento aparente e nos deslocamento encontrados no decorrer das inspeções.

Para obtenção dos valores de cobrimento desses elementos foi utilizado um paquímetro de 200 mm (Figura 21). As medidas foram tiradas usando a face de medição externa (1), fixando com o parafuso de fixação (2) e realizando a leitura por meio da escala do vernier inferior (3) com a escala inferior (4) (graduada em mm).

Figura 21 - Paquímetro 200 mm - MITUTOYO



Fonte: O autor.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 PONTE NA AVENIDA TEOTÔNIO SEGURADO PRÓXIMO AO ESPAÇO CULTURAL DE PALMAS.

A avenida Teotônio Segurado é considerada uma das principais e mais antigas avenidas de Palmas-TO, possui grande tráfego, pois interliga todo o município de Norte a Sul. As duas pontes analisadas estão situadas próximas ao Espaço Cultural José Gomes Sobrinho, entre as quadras 301 e 302 sul, conforme indicado na Figura 22.

Para melhor compreensão do estudo a ponte localizada na via Sul-Norte foi caracterizada como Ponte I e a ponte localizada na via Norte-Sul como Ponte II.

Figura 22 - Ponte na Avenida Teotônio Segurado, próximo ao Espaço Cultural.



Fonte: A autora.

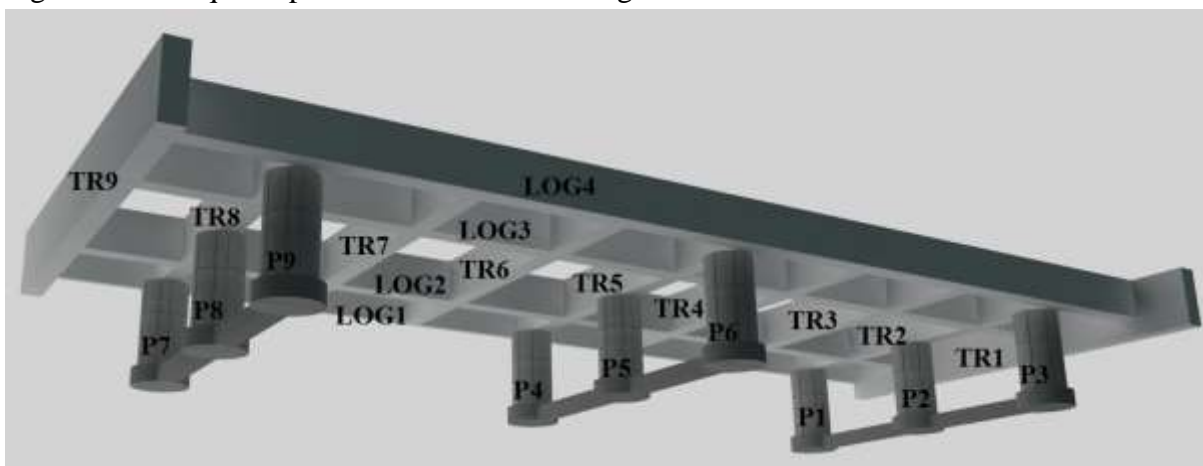
#### 4.1.1 Análise Visual e Levantamento Fotográfico

De acordo com a classificação apresentada na Tabela 1, as pontes estão localizadas em ambiente urbano, tendo como classe de agressividade ambiental II e agressividade moderada.

Entre as manifestações patológicas encontradas uma das mais preocupantes foram a deterioração nas bases inferiores dos pilares, onde foram identificadas fissuras e trincas longitudinais, desagregamento do concreto com deslocamento da camada de cobrimento, armaduras expostas, rompidas e em processo avançado de corrosão.

A Figura 23 apresenta um croqui das pontes com os elementos da estrutura para auxílio da análise, denominando, os pilares com a nomenclatura P, vigas transversais de TR e longarinas de LOG.

Figura 23 - Croqui da ponte na Av. Teotônio Segurado.



Fonte: A autora.

Nos pilares das pontes analisadas foi identificado uma aparente desagregação do concreto, com deslocamento da camada de cobrimento e armaduras expostas (Figura 24). A manifestação patológica ilustrada consiste em uma corrosão generalizada, decorrentes da despassivação do aço por meio de carbonatação, acarretando na diminuição da área de aço, podendo, em grau avançado, levar a estrutura à ruína. Para esses elementos é indicado uma análise mais detalhada da estrutura e o estado de resistência, para que sejam realizadas as intervenções necessárias.

A causa dessa manifestação patológica é devido a alta porosidade e permeabilidade do concreto, onde foi possível observar visualmente a porosidade do concreto e a presença de ninhos de concretagem; cobrimento inadequado, pois a medida encontrada no cobrimento foi de 21mm, não estando de acordo com a norma utilizada na elaboração do projeto desta obra de arte, NBR 6118/1978, no qual especifica que o cobrimento mínimo para obras em concreto aparente deve ser de 25 mm; agente agressivo (gás carbônico), identificados nos ensaios de carbonatação.

Não foram considerados os ataques por sulfatos, pois conforme Soares (2010), o microclima não apresenta agressividade para sulfatos, visto que nos ensaios realizados apresentou um resultado de teor de sulfato no valor de 0,48 % presente no concreto e 0,6 mg/l no resultado encontrado na água, considerado relativamente baixo, pois valores entre 0 (zero) e 150 (cento e cinquenta) ppm são estipulados como condições leves.

Figura 24 – Corrosão das armaduras e destacamento do concreto nos pilares



Fonte: A autora.

Foi identificado também a presença de corrosão da armadura na Viga Transversal 1 (TR) da Ponte I, como mostra as Figura 25.

Figura 25 - Corrosão das Armaduras e destacamento do concreto na TR1, Ponte I.



Fonte: A autora.

Outras manifestações patológicas encontradas nas pontes foram as eflorescências, bolores e manchas de umidade, presente em grande parte dos Tabuleiros, Longarinas e Vigas Transversais (Figura 26).

As eflorescências são caracterizadas por manchas esbranquiçadas de carbonato de cálcio presentes nas superfícies da estrutura de concreto. Esses danos foram causados devido a percolação de água, por meio da presença de fissuras e maior relação água/cimento originando na alta permeabilidade e a porosidade do concreto, identificados pelo aspecto visual. Essa percolação de água também é a maior causa das manchas e bolores devido a presença de umidade.

A falta de manutenções preventivas e/ou corretivas para evitar o desenvolvimento dessas manifestações patológicas podem acarretar, com passar do tempo uma desagregação e perda do cobrimento do concreto das armaduras.



Figura 26 – Eflorescências, Bolores e Manchas de Umidade nos tabuleiros.



Fonte: A autora.

Outro dano presente nos tabuleiros foram as corrosões dos dutos de drenagem (Figura 27). As manutenções dos sistemas de drenagem também são fundamentais, pois os drenos têm a função de captar as águas em ligeiros rebaixos da pavimentação, escoando através de tubos. Porém em alguns casos ocorrem a obstrução e corrosão desses tubos comprometendo sua função e podendo a vir comprometer a sua superestrutura.

Figura 27 - Corrosão dos tubos de drenagem



Fonte: A autora.

Já nos solos foram observadas erosões causadas por um processo de desgaste, transporte e sedimentação dos subsolos, gerados pelo efeito de ações de agentes erosivos, por meio de erosão pluvial (ação das chuvas) e erosão fluvial (ação da água do rio). Devido a bacia ser predominantemente urbana, em épocas de maior índice de chuvas ocorrem o aumento da vazão em um curto período de tempo e o aumento da força da água, causando a erosão do solo (Figura 27).

Nas análises realizadas foram identificadas grandes erosões presentes nos taludes das 2 (duas) pontes, em alguns pontos é possível a visualização de partes das fundações (vigas de cinta) da estrutura. É de grande importância a realização de uma manutenção corretiva, para evitar o agravamento desses danos, pois os taludes têm a função de proteção e sustentabilidade dos elementos estruturais da ponte, seu desgaste pode acarretar o comprometimento não só da estrutura, mas também ambientais, como o assoreamento do seu curso d'água.

Figura 28 - Erosão presente nos taludes da Ponte I (A) e Ponte II (B).



Fonte: A autora.

Nas análises dos dispositivos de segurança ambas as pontes apresentaram estado avançado de deterioração (Figura 29), como o grande avanço da vegetação, retendo umidade no local e auxiliando no surgimento de bolores e corrosões e a deterioração avançada de placas de concreto nas passarelas destinadas para o uso de pedestres.

É de grande preocupação alguns danos encontrados, pois o seu estado vem dificultando o uso da funcionalidade das pontes e podendo ocasionar acidentes com os pedestres que transitam pelo local.

Figura 29 - Deterioração de passeio, danos nas placas e armaduras expostas das Pontes I e II.



Fonte: A autora.

## 4.1.2 Ensaio

### 4.1.2.1 Classificação das Fissuras

Nas análises dos pilares foram identificadas rachaduras longitudinais de até 3 mm e aberturas por toda a superfície, caracterizadas pelo ataque já avançado do elemento e a corrosão das armaduras, sendo necessário a intervenção imediata da estrutura por um processo de recuperação estrutural (Figura 30).

Figura 30 - Análise de rachaduras no Pilar 5, Ponte II.



Fonte: A autora.

Na Tabela 11 foram apresentadas as espessuras das fissuras obtidas nas análises dos pilares da Ponte I e II, com o auxílio do fissurômetro.

Tabela 11 - Análise de fissuras nos pilares da Ponte I e II

ELEMENTO	PONTE I	PONTE 2
	ESPESSURA	ESPESSURA
P1	0,4 a 1,5 mm	0,3 a 2,0 mm
P2	0,3 a 3,0 mm	0,3 a 1,0 mm
P3	0,3 a 2,0 mm	0,4 a 1,5 mm
P4	0,6 a 1,4 mm	0,1 a 1,2 mm
P5	0,5 a 1,2 mm	0,4 a 3,0 mm
P6	0,2 a 3,0 mm	0,3 a 3,0 mm
P7	0,1 a 0,5mm	0,6 a 3,0 mm
P8	0,1 a 0,5mm	0,4 a 1,2 mm
P9	0,1 a 0,5mm	0,3 a 1,2 mm

Fonte: A autora.

Só foram realizados os ensaios nos pilares por serem os elementos de maior deterioração.

Conforme ensaio, os pilares que apresentaram maior abertura de fissuras, sendo o valor máximo de 3mm, foram os pilares P1 e P6 da ponte I e P5, P6 e P7 da ponte II.

#### 4.1.2.2 Ensaio de Carbonatação

Dentre as manifestações patológicas presentes em estruturas de concreto armado, a carbonatação é considerada uma das mais preocupantes. Esse dano resulta em mudanças nas suas microestruturas, diminuindo o pH do concreto, podendo acarretar na redução da proteção passiva das armaduras, aumentando a vulnerabilidade a corrosão e comprometendo a resistência e durabilidade da estrutura.

Na realização dos ensaios de carbonatação por meio da aplicação de fenolftaleína foi identificado a presença da manifestação patológica nas maiorias dos pilares da Ponte I e II (Figura 31), atingindo toda a armadura exposta.

Figura 31 - Ensaio de carbonatação nos pilares



Fonte: A autora.

O ensaio foi realizado também na Viga Transversal 1 da Ponte I (Figura 32), por apresentar as mesmas manifestações presentes nos pilares, onde foi possível identificar regiões já carbonatadas, com início de corrosão da armadura e uma parte ainda não carbonatada.

Figura 32 - Ensaio de carbonatação na Viga Transversal 1 da Ponte I.



Fonte: A autora.

A Tabela 12 apresenta os resultados obtidos nos ensaios da carbonatação realizados nos elementos das Ponte I e II.

Tabela 12 - Resultados dos ensaios de carbonatação realizados nos elementos das Pontes I e II.

ELEMENTO	PONTE I	PONTE 2
	RESULTADO	RESULTADO
P1	Carbonatado	Carbonatado
P2	Carbonatado	NA
P3	Carbonatado	Carbonatado
P4	Carbonatado	Carbonatado
P5	Carbonatado	Carbonatado
P6	Carbonatado	Carbonatado
P7	NA	Carbonatado
P8	NA	Carbonatado
P9	Carbonatado	Carbonatado
TR1	Carbonatada	NA
NA: Não se aplica, pois não foi realizado o ensaio.		

Fonte: A autora.

#### 4.1.2.3 Ensaio de Cobrimento

De acordo com a NBR 6118/1978, norma utilizada na elaboração do projeto desta obra de arte, tem-se que o cobrimento utilizado para proteção da armadura do pilar dessa ponte não está de acordo com o mínimo estabelecido, pois o cobrimento mínimo para obras em

concreto aparente deve ser de 25 mm, foram encontrados cobrimentos de até 21 mm, e diferentes medidas em um mesmo elemento. Isso implica que a armadura não possui proteção nem física nem química adequada ao ataque de agentes agressivos.

Na Figura 33 é possível observa valores distintos encontrados em locais diferentes do mesmo pilar.

Figura 33 – Ensaio de cobrimento



Fonte: A autora.

#### **4.1.3 Análise Qualitativa, conforme NBR 9452:2016**

Conforme ABNT NBR 9454:2016, a classificação da OAE consiste da atribuição de avaliação de sua condição, que pode ser excelente, boa, regular, ruim ou crítica, associando notas aos parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade. Essas notas de avaliação devem variar de 1 a 5, refletindo a maior ou menor gravidade dos problemas detectados.

A classificação foi estabelecida conforme a Tabela 4, correlacionando as notas com a condição da OAE e caracterizando os problemas encontrados, segundos os parâmetros estruturais, funcionais e de durabilidade.

Na Tabela 13 são apresentadas as Notas de Classificação de cada elemento analisado nas pontes.

Tabela 13 - Nota de classificação dos elementos, embasadas na ABNT NBR 9452:2016

ELEMENTO	PONTE I		PONTE II	
	NOTA DE CLASSIFICAÇÃO	CONDIÇÃO	NOTA DE CLASSIFICAÇÃO	CONDIÇÃO
Pilar 1	1	Crítica	1	Crítica
Pilar 2	1	Crítica	2	Ruim
Pilar 3	1	Crítica	1	Crítica
Pilar 4	1	Crítica	2	Ruim
Pilar 5	1	Crítica	2	Ruim
Pilar 6	1	Crítica	1	Crítica
Pilar 7	2	Ruim	1	Crítica
Pilar 8	2	Ruim	1	Crítica
Pilar 9	1	Crítica	1	Crítica
Tabuleiro 1	4	Boa	4	Boa
Tabuleiro 2	4	Boa	4	Boa
Tabuleiro 3	4	Boa	4	Boa
Tabuleiro 4	4	Boa	4	Boa
Tabuleiro 5	4	Boa	4	Boa
Tabuleiro 6	4	Boa	4	Boa
Tabuleiro 7	4	Boa	4	Boa
Longarinas 1	4	Boa	4	Boa
Longarinas 2	4	Boa	4	Boa
Longarinas 3	4	Boa	4	Boa
Longarinas 4	4	Boa	4	Boa
Transversal 1	2	Ruim	4	Boa
Transversal 2	4	Boa	4	Boa
Transversal 3	4	Boa	4	Boa
Transversal 4	4	Boa	4	Boa
Transversal 5	4	Boa	4	Boa
Transversal 6	4	Boa	4	Boa
Transversal 7	4	Boa	4	Boa
Transversal 8	4	Boa	4	Boa
Transversal 9	4	Boa	4	Boa
Pista de Rolamento	4	Boa	4	Boa
Guarda-Roda	5	Excelente	5	Excelente
Guarda-Corpo	3	Regular	3	Regular
Passeio	2	Ruim	2	Ruim
Drenagem	3	Regular	3	Regular

Fonte: A autora.



Os pilares são os elementos que apresentam uma situação mais preocupante, sendo classificada como condição ruim e crítica, pois encontra-se em elevado grau de deterioração, apontando problema de risco estrutural. Possuem danos que geram grave insuficiência estrutural da OAE, com o risco de um colapso estrutural, necessitando de intervenção imediata e podendo ser necessário a restrição de carga, interdição total ou parcial do trafego.

Já os Tabuleiros, Longarinas, Vigas Transversais e Pista de Rolamento foram classificadas como condição boa, pois apresentam danos pequenos e em áreas que não comprometem a segurança estrutural, porém devem ser realizadas manutenções para corrigi-los a médio prazo.

Os Guarda-roda foram classificados como condição excelente, pois apresentam no momento condições satisfatórias, apresentando defeitos irrelevantes e isolados, devendo ser prevista manutenção de rotina.

Guarda-corpo e drenagem foram classificados com condição regular pois apresentam danos funcionais que requerem ações de médio prazo. Já o passeio foi classificado com condição ruim, pois os danos encontrados com apresentaram funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança ao usuário, requerendo intervenções de curto prazo.

Na Tabela 14 são apresentadas as notas de forma resumida dos elementos, quanto sua a estrutura, funcionalidade e durabilidade.

Tabela 14 - Classificação dos elementos quanto sua a estrutura, funcionalidade e durabilidade

	<b>CARICTERIZAÇ ÃO ESTRUTURAL</b>	<b>CARICTERIZAÇÃ O FUNCIONAL</b>	<b>CARACTERIZAÇÃ O DE DURABILIDADE</b>
Pilares	1	1	1
Longarinas	4	4	4
Tabuleiros	4	4	4
Vigas Transversais	4	4	4
Pista de Rolamento	4	5	4
Guarda-Roda	5	5	5
Guarda-Corpo	4	3	4
Passeio	3	2	3
Drenagem	4	4	4

Fonte: A autora.

#### 4.1.4 Análise Quantitativa, conforme método GDE/UNB.

Inicialmente foi feita uma Ficha Descritiva da Estrutura, presente no Anexo C, com informações das pontes analisadas, para auxiliar na identificação de algumas informações necessárias.

As etapas da inspeção seguiram a estrutura da metodologia GDE/UnB conformes apresentado no fluxograma da Figura 19.

Inicialmente foram divididas as principais Famílias dos Elementos para a aplicação do método:

- Pilares;
- Longarinas;
- Tabuleiros;
- Vigas Transversais;

Em seguida foi realizado inspeções para auxiliar na composição dos dados, analisando as manifestações patológicas presentes nos elementos e o estado em que se encontra os danos.

- ✓ Fator de ponderação do dano (Fp) e Fator de Intensidade (Fi)

Os dados utilizados como Fator de ponderação do dano (Fp), foram adotados conforme adaptação feita por Fonseca (2007) para inspeção de pontes. (Tabela 15)

Tabela 15 - Fator de ponderação do dano

Danos	Fp
Carbonatação	3,00
Cobrimento deficiente	3,00
Contaminação por cloretos	4,00
Corrosão de armaduras	5,00
Desagregação	3,00
Desplacamento	3,00

Eflorescência	2,00
Falha de Concretagem	2,00
Fissuras	2,00
Flechas	5,00
Manchas	3,00
Sinais de Esmagamento	4,00
Umidade na base	3,00

Fonte: FONSECA, (2007)

O Fator de Intensidade ( $F_i$ ) foram especificados de acordo com as classificações dos danos e fatores de intensidade presentes na Tabela 7, classificando o nível de gravidade e a evolução dos danos nos elementos, segundo uma escala da 0 a 4, conforme método adotado por Klein et al. (1991). Sendo:

Sem lesões →  $F_i = 0$

Lesões leves →  $F_i = 1$

Lesões toleráveis →  $F_i = 2$

Lesões graves →  $F_i = 3$

Estado crítico →  $F_i = 4$

✓ Grau de Dano ( $D$ )

Para obter o Grau de Dano de cada dano foi utilizado as equações abaixo, conforme os valores obtidos para  $F_i$  e  $F_p$ :

$$D = 0,8 F_i F_p, \quad \text{para } F_i \leq 2,0$$

$$D = (12 F_i - 28) F_p, \quad \text{para } F_i > 2,0$$

A Tabela 16 apresenta os valores do grau do dano,  $D$ , calculados para cada dano no Pilar 1 da Ponte I. A maior pontuação ocorreu para *corrosão das armaduras* com  $D = 50$ , devido ao alto fator de ponderação do dano no elemento ( $F_p = 5$ ), conjugado à também alta

intensidade verificada. A menor pontuação se deu para *manchas e umidade na base* com  $D = 2,4$ , devido seu fator de intensidade do dano ser considerado menos agressivo a estrutura.

Tabela 16 - Grau de dano do Pilar 1, da ponte I

<b>PONTE I</b>			
LOCAL:			
<b>Nome do Elemento</b>	<b>PILAR 01</b>		
Danos	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	4,00	30,00
Cobrimento deficiente	3,00	3,00	12,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	4,00	50,00
Desagregação	3,00	4,00	30,00
Desplacamento	3,00	4,00	30,00
Eflorescência	2,00	0,00	0,00
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	3,00	8,00
Flechas	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	2,00	2,40
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	2,00	2,40
$\Sigma$	42,00	29,00	172,80

Fonte: A autora.

O exemplo mostra que elementos com danos de grande intensidade  $F_i$ , combinados com alto fator de ponderação  $F_p$ , são preocupantes e preponderantes no cálculo, certamente levando a altos valores do Gde.

✓ Grau de deterioração de um elemento (Gde)

O Grau de deterioração de um elemento (Gde) é classificado conforme o  $D_{\max}$  e o somatório dos graus de danos (D) encontrados nos elementos, aplicando conforme a equação abaixo:

$$G_{de} = D_{m\acute{a}x} \left[ 1 + \frac{\sum_{i=1}^m D_{(i)} - D_{m\acute{a}x}}{\sum_{i=1}^m D_{(i)}} \right]$$

- ✓ Grau de deterioração de uma família de elementos (Gde)

Os valores de Gde encontrados para os elementos das famílias foram analisados conforme seu nível de deterioração, adotando para os cálculos somente os elementos que tiveram valores de deterioração igual ou maior de 15 (estado aceitável).

O elemento Pilar I da Ponte I, isoladamente, apresenta um grau de deterioração médio, Gde = 85,53, portanto na faixa > 80, nível de deterioração crítica da Tabela 8, sugerindo necessidade de intervenção imediata para restabelecer funcionalidade e/ou segurança do elemento. (Tabela 17)

Tabela 17 - Grau de deterioração de uma família de elementos

ELEMENTOS	D máx	ΣD	Gde
Pilar 1	50,00	172,80	85,53

Fonte: A autora.

- ✓ Grau de deterioração de uma família de elementos (Gdf)

Definidos os valores de Gde de cada elemento, foram encontrados os valores de Grau de deterioração de uma família de elementos (Gdf), realizando uma média de todos os valores Gde encontrados nos elementos de cada família, conforme equação abaixo:

$$G_{df} = \frac{\sum_{i=1}^n G_{de(i)}}{n}$$

✓ Fator de relevância Estrutural ( $F_r$ )

Para obter os valores de Fator de relevância Estrutural ( $F_r$ ) foram utilizados os métodos adequados para o estudo em pontes de concreto armado proposto por Euqueres, (2011):

- Barreira de Defesas e/ou Guarda - rodas  $F_r = 1,0$
- Pista de Rolagem  $F_r = 2,0$
- Cortinas, Juntas de dilatação  $F_r = 3,0$
- Lajes, Fundações, Aparelho de Apoio, Vigas Secundárias  $F_r = 4,0$
- Vigas Principais e Pilares  $F_r = 5,0$

✓ Grau de Deterioração da estrutura como um todo (Gd)

Com os valores de Gdf e  $F_r$ , foi realizado os cálculos para obtenção dos valores do Grau de Deterioração da estrutura como um todo (Gd), definido como uma função dos diferentes graus de deterioração das diversas famílias de elementos da edificação, afetados pelos respectivos fatores de relevância estrutural, na forma proposta por Klein et alli (1991).

$$G_d = \frac{\sum_{i=1}^k F_{r(i)} \cdot G_{df(i)}}{\sum_{i=1}^k F_{r(i)}}$$

Nas Tabelas 18 e 19, são apresentados os conjuntos das famílias de elementos proposto para a Ponte I e II, juntamente com os valores encontrados por meio das informações, formulas e tabelas propostas na composição do método.

Tabela 18 - Método GDE/UnB aplicado nos elementos da Ponte I da Av. Teotonio Segurado

PONTE I							
ELEMENTOS	D máx	ΣD	Gde	Gdf	Fr	Gdf x Fr	Gd
Pilar 1	50,00	172,80	85,53	85,53	5,00	427,66	<b>37,90</b>
Pilar 2	50,00	172,80	85,53				
Pilar 3	50,00	184,80	86,47				
Pilar 4	50,00	172,80	85,53				
Pilar 5	50,00	136,80	81,73				
Pilar 6	50,00	172,80	85,53				
Pilar 7	12,00	54,40	21,35				
Pilar 8	12,00	54,40	21,35				
Pilar 9	12,00	54,40	21,35				
Longarina 1	12,00	42,80	20,64	20,64	5,00	103,18	
Longarina 2	12,00	42,80	20,64				
Longarina 3	12,00	42,80	20,64				
Longarina 4	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 1	12,00	42,80	20,64	20,64	4,00	82,54	
Tabuleiro 2	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 3	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 4	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 5	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 6	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 7	12,00	42,80	20,64				
Viga Transversal 1	12,00	54,00	21,33	21,33	5,00	106,67	
Viga Transversal 2	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 3	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 4	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 5	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 6	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 7	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 8	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 9	12,00	44,40	20,76				
Σ	576,00	2056,00	988,76	148,14	19,00	720,05	

Fonte: A autora.

Tabela 19 - Método GDE/UnB aplicado nos elementos da Ponte II da Av. Teotonio Segurado

PONTE II							
ELEMENTOS	D máx	ΣD	Gde	Gdf	Fr	Gdf x Fr	Gd
Pilar 1	50,00	172,80	85,53	85,53	5,00	427,66	37,59
Pilar 2	20,00	76,80	34,79				
Pilar 3	50,00	172,80	85,53				
Pilar 4	50,00	172,80	85,53				
Pilar 5	20,00	79,20	34,95				
Pilar 6	50,00	172,80	85,53				
Pilar 7	50,00	172,80	85,53				
Pilar 8	50,00	172,80	85,53				
Pilar 9	50,00	172,80	85,53				
Longarina 1	12,00	36,40	20,04	20,04	5,00	100,22	
Longarina 2	12,00	36,40	20,04				
Longarina 3	12,00	36,40	20,04				
Longarina 4	12,00	36,40	20,04				
Tabuleiro 1	12,00	42,80	20,64	20,64	4,00	82,54	
Tabuleiro 2	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 3	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 4	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 5	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 6	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 7	12,00	42,80	20,64				
Viga Transversal 1	12,00	44,40	20,76	20,76	5,00	103,78	
Viga Transversal 2	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 3	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 4	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 5	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 6	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 7	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 8	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 9	12,00	44,40	20,76				
Σ	630,00	2210,40	1079,90	146,97	19,00	714,21	

Fonte: A autora

Admitindo-se todas as famílias de elementos no cálculo do Grau de Deterioração da Estrutura (Gd) o valor encontrado foi de 37,90 para a Ponte I e 37,59 para a Ponte II. Conforme Tabela 10, sua classificação quanto ao nível de deterioração será MÉDIO para a estrutura como um todo, admitindo-se que o prazo para as ações sejam de no máximo de 2 anos.



Porém verificou-se que as pontes apresentam os resultados dos pilares preocupantes, pois seus valores de grau de deterioração individual (Gdf) estão em sua maioria classificados como Crítico ( $> 80$ ), além disso estes valores estão apresentados em famílias cuja relevância estrutural é classificada com alta, cujo  $Fr = 5,0$ . Nesse caso, para esses elementos há a necessidade de intervenção imediata para restabelecer funcionalidade e/ou segurança.

#### 4.2 PONTES NA AVENIDA NS 02, PRÓXIMO A FEIRA DA 304 SUL.

A Avenida NS 02 está localizada entre as quadras 302 Sul e 304 Sul, apresenta também um grande tráfego, pois, além de ligar as regiões de Norte a Sul de Palmas, está localizada tanto entre áreas comerciais quanto residenciais. A avenida é dividida em duas vias e ambas possuem pontes a fim de transpor o Córrego Brejo Comprido. (Figura 34)

Para auxílio do estudo também foi utilizado a denominação das pontes conforme o sentido das vias, sendo, a ponte localizada na via Sul-Norte caracterizada como Ponte I e a ponte localizada na via Norte-Sul como Ponte II.

Figura 34 - Ponte na Av. NS 02, sobre Córrego Brejo Comprido



Fonte: A autora.

#### 4.2.1 Análise Visual e Levantamento Fotográfico

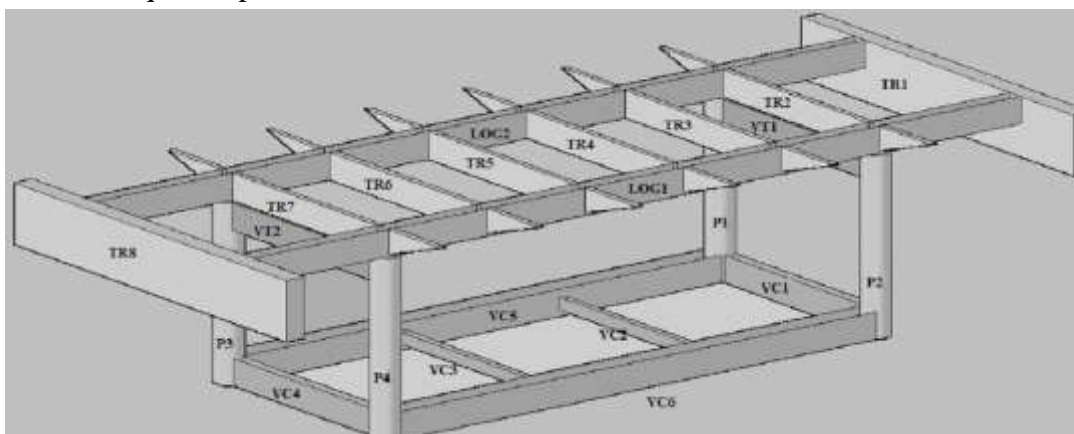
De acordo com a Tabela 1, as pontes estão situadas em ambiente urbano sendo classificadas como classe de agressividade ambiental II e agressividade moderada.

Através das análises foram possíveis constatar diversas manifestações patológicas, como, eflorescências, fissuras e trincas, abrasões, ninhos de concretagem, perda de seção em pilar, armaduras expostas e em alguns casos armaduras em estado de deterioração.

A Figura 35 apresenta um croqui das pontes com os elementos da estrutura para auxílio da análise, denominando, os pilares com a nomenclatura P, vigas transversais de TR e longarinas de LOG, vigas de cintas VC e vigas de travamento VT.

As Vigas de Cinta VC7 e VC8 não foram apresentadas no croqui pois fazem a ligação das duas pontes interligando com as vigas de cinta VC2 e VC3.

Figura 35 - Croqui das pontes na Av. NS 2

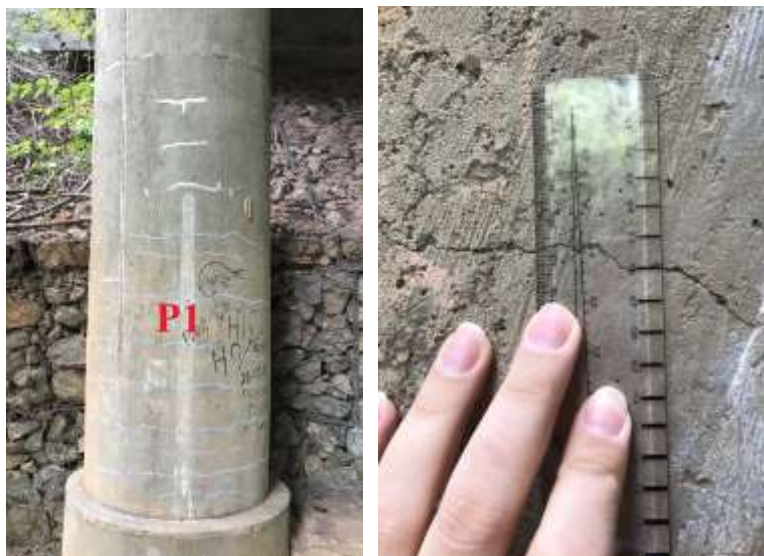


Fonte: Campos, et. al. (2018)

Conforme verificação os pilares apresentaram fissuras passivas no sentido transversal da seção do pilar, sendo manifestadas somente em uma das faces com intervalos semelhantes (Figura 36). Foram identificadas fissuras com aberturas de até 0,6mm, se tornando um alerta, pois facilitam o acesso de agentes agressivos a estrutura e a instalação de células de corrosão nas armaduras ou mesmo uma carbonatação mais intensa, também desprotegendo o aço.

Essas fissuras foram possivelmente causadas devido a cura mal efetuada do concreto ou desforma precoce.

Figura 36 – Mapeamento de fissuras nos pilares.



Fonte: A autora.

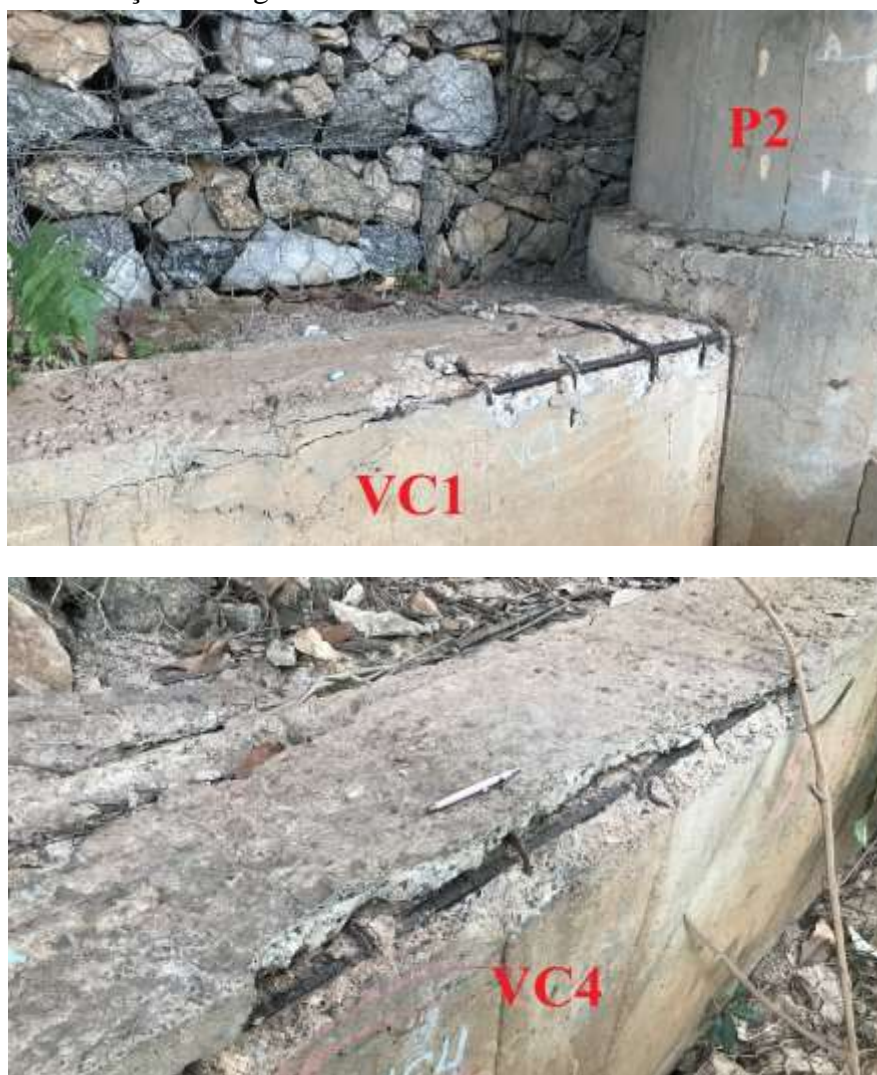
Grande parte das vigas de cintas apresentaram danos causados por carbonatação, porém, as vigas VC1 e VC4 apresentaram estado avançado com grande parte do seu cobrimento danificado e armaduras já deterioradas (Figura 37).

A causa dessa manifestação patológica é devido a alta porosidade e permeabilidade do concreto, pois foram identificadas a porosidade do concreto de forma visual e a presença de ninhos de concretagem (Figura 38); cobrimento inadequado, pois a medida encontrada no cobrimento foi de 13,5mm com diferentes medidas na mesma peça; e o agente agressivo (gás carbônico), identificados nos ensaios de carbonatação.

Não foram considerados os ataques por sulfatos, pois conforme Soares (2010), o microclima não apresenta agressividade para sulfatos, visto que nos ensaios realizados apresentou um resultado de teor de sulfato no valor de 0,41 % presente no concreto e 0,5 mg/l no resultado encontrado na água, considerado relativamente baixo, pois valores entre 0 (zero) e 150 (cento e cinquenta) ppm são estipulados como condições leves.

É necessário o reparo urgente dessas vigas deterioradas para que o desenvolvimento desses danos não cause maiores comprometimentos a estrutura.

Figura 37 – Carbonatação em vigas de cintas da Ponte II.



Fonte: A autora,

Figura 38 – Ninho de concretagem na viga de cinta



Fonte: A autora.

Outra manifestação patológica bastante presente nas pontes, são as eflorescências, no qual foram identificadas em todos os tabuleiros analisados, alguns com maior incidência que outros. Esse dano foi causado devido a percolação de água nas juntas; a porosidade e permeabilidade do concreto, identificados pelo aspecto visual e a presença de fissuras (Figura 39).

Figura 39 – Presença de eflorescência nos tabuleiros das pontes.



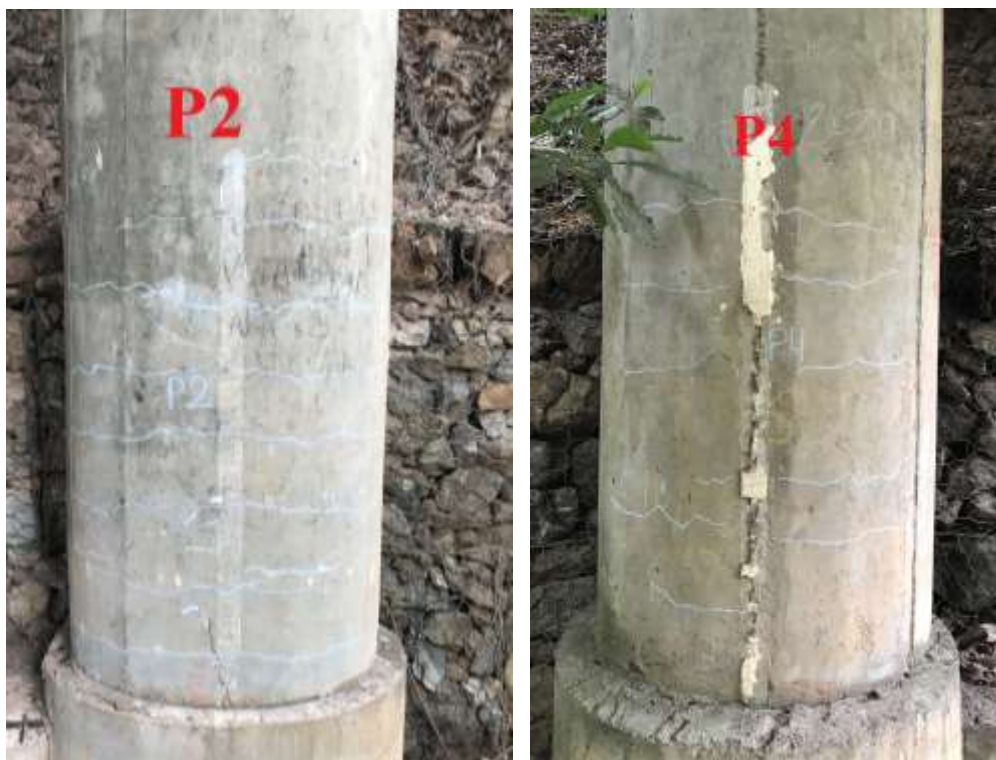
Fonte: A autora.

## 4.2.2 Ensaaios

### 4.1.2.1 Classificação de Fissuras

Na classificação das fissuras, foram realizadas as medidas de cada fissura encontrada nos pilares analisados e em seguida um mapeamento das fissuras encontradas em cada pilar (Figura 40).

Figura 40 – Mapeamento das fissuras no pilar 2 e pilar 4



Fonte: A autora.

As classificações foram realizadas somente nos pilares, pois foram os elementos de maiores incidências.

Na Tabela 20 foram apresentadas as espessuras das fissuras obtidas nas análises dos pilares da Ponte I e II, com o auxílio do fissurômetro.

Tabela 20 - Análise de fissuras nos pilares da Ponte I e II

	PONTE I	PONTE 2
ELEMENTO	ESPESSURA	ESPESSURA
P1	0,1 a 0,6 mm	0,1 a 0,2 mm
P2	0,1 a 0,2 mm	0,1 a 0,2 mm
P3	0,1 a 0,2 mm	0,1 a 0,2 mm
P4	0,1 a 0,2 mm	0,1 a 0,2 mm
VC2	0,2 a 3,0 mm	0,2 a 1,5 mm
VC3	0,1 a 0,3mm	0,2 a 1,2 mm
VC5	0,1 a 6,0 mm	0,1 a 1,0 mm
VC7	0,3 a 2,0 mm	0,3 a 2,0 mm
VC8	0,2 a 1,2 mm	0,2 a 1,2 mm

Fonte: A autora.

Só foram realizados os ensaios nos pilares e nas vigas de cintas por serem os elementos de maior deterioração.

Conforme a NBR 6118:2014, define que em estruturas de concreto armado, para a garantia das exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura em função da classe II de agressividade ambiental, as fissuras devem ser de até 0,3mm (Tabela 7). O pilar P1 da ponte II e as vigas de cinta VC2, VC3, VC5, VC7 e VC8 de ambas as pontes apresentaram valores maiores que os definidos por norma.

#### 4.1.2.2 Ensaios de Carbonatação

Os ensaios de carbonatação foram realizados somente nas vigas de cinta VC1 e VC4 da ponte II, pois foram as únicas que possuíam material de coleta para a aplicação da fenolftaleína.

Nos ensaios foram possíveis observar que ambas apresentaram o nível de carbonatação alto, atingindo toda a armadura da estrutura exposta, como apresentado na Figura 41.

Figura 41 – Vigas de cinta carbonatadas.



Fonte: A autora.

#### 4.1.2.3 Ensaio de Cobrimento

O cobrimento utilizado para proteção da armadura nas vigas de cinta VC1 e VC4 dessa ponte não está de acordo com o mínimo estabelecido, o cobrimento medido no local foi de no mínimo 20 mm, sendo encontrados cobrimentos inferiores a esta medida em vários pontos. Isso implica que a armadura não possui proteção nem física nem química adequada ao ataque de agentes agressivos.



Na Figura 42 é possível observa valores distintos encontrados em locais diferentes do mesmo pilar.

Figura 42 - Ensaio de cobrimento



Fonte: A autora.

#### **4.2.3 Análise de Qualitativa, conforme NBR 9452:2016**

Conforme ABNT NBR 9454:2016, a classificação da OAE consiste da atribuição de avaliação de sua condição, que pode ser excelente, boa, regular, ruim ou crítica, associando notas aos parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade. Essas notas de avaliação devem variar de 1 a 5, refletindo a maior ou menor gravidade dos problemas detectados.

A classificação foi estabelecida conforme a Tabela 4, correlacionando as notas com a condição da OAE e caracterizando os problemas encontrados, segundos os parâmetros estruturais, funcionais e de durabilidade.

Na Tabela 21 são apresentadas as Notas de Classificação de cada elemento analisado nas pontes.

Tabela 21 - Nota de classificação dos elementos, embasadas na ABNT NBR 9452:2016

ELEMENTO	PONTE I		PONTE II	
	NOTA DE CLASSIFICAÇÃO	CONDIÇÃO	NOTA DE CLASSIFICAÇÃO	CONDIÇÃO
Pilar 1	3	Regular	4	Boa
Pilar 2	4	Boa	4	Boa
Pilar 3	4	Boa	1	Crítica
Pilar 4	4	Boa	4	Boa
Tabuleiro 1	3	Regular	3	Regular
Tabuleiro 2	3	Regular	3	Regular
Tabuleiro 3	3	Regular	3	Regular
Tabuleiro 4	3	Regular	3	Regular
Tabuleiro 5	3	Regular	3	Regular
Tabuleiro 6	3	Regular	3	Regular
Tabuleiro 7	3	Regular	3	Regular
Longarinas 1	4	Boa	4	Boa
Longarinas 2	4	Boa	4	Boa
Transversal 1	4	Boa	4	Boa
Transversal 2	4	Boa	4	Boa
Transversal 3	4	Boa	4	Boa
Transversal 4	4	Boa	4	Boa
Transversal 5	4	Boa	4	Boa
Transversal 6	4	Boa	4	Boa
Transversal 7	4	Boa	4	Boa
Transversal 8	4	Boa	4	Boa
Viga da cinta 1	4	Boa	1	Crítica
Viga da cinta 2	2	Ruim	2	Ruim
Viga da cinta 3	4	Boa	3	Regular
Viga da cinta 4	4	Boa	1	Crítica
Viga da cinta 5	2	Ruim	4	Boa
Viga da cinta 6	2	Ruim	2	Ruim
Viga de Travamento 1	4	Boa	4	Boa
Viga de Travamento 2	4	Boa	4	Boa
Pista de Rolamento	4	Boa	4	Boa
Guarda-Roda	4	Boa	2	Ruim
Guarda-Corpo	4	Boa	4	Boa
Passeio	4	Boa	4	Boa
Drenagem	2	Ruim	2	Ruim

Fonte: A autora.

O Pilar 3 da ponte I, foram classificados como condição Regular, pois apresentou fissuras de 0,6mm, pois esse dano pode vir a gerar alguma deficiência estrutural, como ataque

de agentes agressivos, porém não apresentou sinais de comprometimentos da estabilidade da obra. Recomenda-se acompanhamento do problema e intervenções devem ser necessárias a médio prazo.

Já o Pilar 3, e as vigas de cintas VC1 e VC4 da ponte II, foram classificados com condição Crítica, pois foi identificado na cabeça do pilar deslocamento do cobrimento e a exposição da armadura, causadas por carbonatação. Esse dano causa grave insuficiência estrutural, com risco tangível de colapso da estrutura. Necessita de intervenção imediata, sendo necessária medidas provisórias para evitar o comprometimento maior da estrutura.

Os Tabuleiros apresentaram condição Regular, pois foram encontradas muitas eflorescências, bolores e manchas de umidade no seu substrato, esses danos podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, porém não houve sinais de comprometimento da estabilidade da estrutura. É necessário o acompanhamento dos problemas e intervenções a médio prazo.

As Longarinas, Vigas Transversais, Vigas de Travamento e algumas Vigas de Cintas apresentaram condição Boa, pois os elementos apresentam danos pequenos como bolor e manchas de umidade, no qual não comprometem a segurança estrutural, porém é recomendado uma manutenção a médio prazo para evitar maiores danos.

A Pista de Rolamento, Guarda-Roda, Passeio e Guarda-Corpo, encontram-se em condição Boa pois apresentam somente algumas fissuras e desgastes, sem comprometer a segurança estrutural. Somente o Guarda-Roda da ponte II apresentou condição Ruim, pois apresentam dois elementos deteriorados, necessitando de reparo para não comprometer sua função.

Por fim, as drenagens das pontes se encontram em condição Ruim, pois foram identificados dutos obstruídos e alguns apresentaram corrosão, comprometendo a sua função e podendo causar algum dano aos tabuleiros em que estão inseridos.

Na Tabela 22 são apresentadas as notas de forma resumida dos elementos, quanto sua a estrutura, funcionalidade e durabilidade.

Tabela 22 - Classificação dos elementos quanto sua a estrutura, funcionalidade e durabilidade

ELEMENTO	CARICTERIZAÇ ÃO ESTRUTURAL	CARICTERIZAÇÃO FUNCIONAL	CARACTERIZAÇÃO DE DURABILIDADE
Pilares	3	3	3
Tabuleiros	4	4	4
Longarinas	4	4	4
Transversais	4	4	4
Vigas de cinta	2	3	3
Vigas de Travamento	4	4	4
Pista de Rolamento	4	4	4
Guarda-Roda	2	4	4
Guarda-Corpo	4	4	4
Passeio	4	4	4
Drenagem	2	2	2

Fonte: A autora.

#### 4.2.4 Análise Quantitativa, conforme método GDE/UNB.

Inicialmente foi feita uma Ficha Descritiva da Estrutura, presente no Anexo E, com informações das pontes analisadas, para auxiliar na identificação de algumas informações necessárias.

As etapas da inspeção seguiram a estrutura da metodologia GDE/UnB conformes apresentado no fluxograma da Figura 19.

Inicialmente foram divididas as principais Famílias dos Elementos para a aplicação do método:

- Pilares;
- Longarinas;
- Tabuleiros;
- Vigas Transversais;
- Vigas de Cintas
- Vigas de Travamento

Em seguida foi realizado inspeções para auxiliar na composição dos dados, analisando as manifestações patológicas presentes nos elementos e o estado em que se encontra os danos.

✓ Fator de ponderação do dano (Fp) e Fator de Intensidade (Fi)

Os dados utilizados como Fator de ponderação do dano (Fp), foram adotados conforme adaptação feita por Fonseca (2007) para inspeção de pontes. (Tabela 23)

Tabela 23 - Fator de ponderação do dano adotado

Danos	Fp
Carbonatação	3,00
Cobrimento deficiente	3,00
Contaminação por cloretos	4,00
Corrosão de armaduras	5,00
Desagregação	3,00
Desplacamento	3,00
Eflorescência	2,00
Falha de Concretagem	2,00
Fissuras	2,00
Flechas	5,00
Manchas	3,00
Sinais de Esmagamento	4,00
Umidade na base	3,00

O Fator de Intensidade (Fi) foram especificados de acordo com as classificações dos danos e fatores de intensidade presentes na Tabela 7, classificando o nível de gravidade e a evolução dos danos nos elementos, segundo uma escala da 0 a 4, conforme método adotado por Klein et al. (1991). Sendo:

Sem lesões →  $Fi = 0$

Lesões leves →  $Fi = 1$

Lesões toleráveis →  $Fi = 2$

Lesões graves →  $Fi = 3$

Estado crítico →  $Fi = 4$

✓ Grau de Dano (D)

Para obter o Grau de Dano de cada dano foi utilizado as equações abaixo, conforme os valores obtidos para  $F_i$  e  $F_p$ :

$$D = 0,8 F_i F_p, \quad \text{para } F_i \leq 2,0$$

$$D = (12 F_i - 28) F_p, \quad \text{para } F_i > 2,0$$

A Tabela 24 apresenta os valores do grau do dano,  $D$ , calculados para cada dano no Tabuleiro 1 da Ponte I. A maior pontuação ocorreu para *manchas e umidade na base* com  $D = 30,0$ . A menor pontuação se deu para *falha de concretagem e fissuras* com  $D = 1,6$ , devido seu fator de intensidade do dano ser considerado menos agressivo a estrutura.

Tabela 24 - Grau de deterioração do tabuleiro 1 da ponte I.

PONTE I			
Nome do Elemento	TABULEIRO 1		
LOCAL:	Av. Teotonio Segurado		
Danos	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	0,00	0,00
Desplacamento	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	3,00	8,00
Falha de Concretagem	2,00	2,00	1,60
Fissuras	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	4,00	30,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	4,00	30,00
$\Sigma$	42,00	15,00	<b>71,20</b>

Fonte: A autora.

O valor total do grau de dano para o elemento Tabuleiro 1 da ponte I, foi de 71,20.

- ✓ Grau de deterioração de um elemento (Gde)

O Grau de deterioração de um elemento (Gde) é classificado conforme o  $D_{máx}$  e o somatório dos graus de danos (D) encontrados nos elementos, aplicando conforme a equação abaixo:

$$G_{de} = D_{máx} \left[ 1 + \frac{\sum_{i=1}^m D_{(i)} - D_{máx}}{\sum_{i=1}^m D_{(i)}} \right]$$

- ✓ Grau de deterioração de uma família de elementos (Gdf)

Os valores de Gde encontrados para os elementos das famílias foram analisados conforme seu nível de deterioração, adotando para os calculos somente os elementos que tiveram valores de deterioração igual ou maior de 15 (estado aceitavel).

O elemento Tabuleiro I da Ponte I, isoladamente, apresenta um grau de deterioração médio (Tabela 25),  $Gde = 47,36$ , conforme a classificação do nível de deterioração crítica da Tabela 8, é definido um prazo/natureza para nova inspeção, devendo planejar intervenção em longo prazo (máx. 2 anos)

Tabela 25 - Grau de deterioração do elemento tabuleiro.

<b>ELEMENTOS</b>	<b>D máx</b>	<b>ΣD</b>	<b>Gde</b>
Tabuleiro 1	30,00	71,20	47,36

- ✓ Grau de deterioração de uma família de elementos (Gdf)

Definidos os valores de Gde de cada elemento, foram encontrado os valores de Grau de deterioração de uma família de elementos (Gdf), realizando uma média de todos os valores Gde encontrados nos elementos de cada família, conforme equação abaixo:

$$G_{df} = \frac{\sum_{i=1}^n G_{de(i)}}{n}$$

✓ Fator de relevância Estrutural ( $F_r$ )

Para obter os valores de Fator de relevância Estrutural ( $F_r$ ) foram utilizados os métodos adequados para o estudo em pontes de concreto armado proposto por Euqueres, (2011):

- Barreira de Defesas e/ou Guarda - rodas  $F_r = 1,0$
- Pista de Rolagem  $F_r = 2,0$
- Cortinas, Juntas de dilatação  $F_r = 3,0$
- Lajes, Fundações, Aparelho de Apoio, Vigas Secundárias  $F_r = 4,0$
- Vigas Principais e Pilares  $F_r = 5,0$

✓ Grau de Deterioração da estrutura como um todo (Gd)

Com os valores de Gdf e  $F_r$ , foi realizado os cálculos para obtenção dos valores do Grau de Deterioração da estrutura como um todo (Gd), definido como uma função dos diferentes graus de deterioração das diversas famílias de elementos da edificação, afetados pelos respectivos fatores de relevância estrutural, na forma proposta por Klein et alli (1991).

$$G_d = \frac{\sum_{i=1}^k F_{r(i)} \cdot G_{df(i)}}{\sum_{i=1}^k F_{r(i)}}$$

Nas tabelas 26 e 27 são apresentados os conjuntos das famílias de elementos proposto para a Ponte I e II, juntamente com os valores encontrados por meio das informações, formulas e tabelas propostas na composição do método.



Tabela 26 - Grau de deterioração da Ponte I

PONTE I							
ELEMENTOS	D máx	ΣD	Gde	Gdf	Fr	Gdf x Fr	Gd
Pilar 1	2,40	8,00	4,08	4,08	5,00	20,40	20,47
Pilar 2	2,40	8,00	4,08				
Pilar 3	2,40	8,00	4,08				
Pilar 4	2,40	8,00	4,08				
Longarina 1	12,00	30,00	19,20	19,20	5,00	96,00	
Longarina 2	12,00	30,00	19,20				
Tabuleiro 1	30,00	71,20	47,36	47,36	4,00	189,44	
Tabuleiro 2	30,00	71,20	47,36				
Tabuleiro 3	30,00	71,20	47,36				
Tabuleiro 4	30,00	71,20	47,36				
Tabuleiro 5	30,00	71,20	47,36				
Tabuleiro 6	30,00	71,20	47,36				
Tabuleiro 7	30,00	71,20	47,36				
Viga Transversal 1	12,00	30,00	19,20	19,20	5,00	96,00	
Viga Transversal 2	12,00	30,00	19,20				
Viga Transversal 3	12,00	30,00	19,20				
Viga Transversal 4	12,00	30,00	19,20				
Viga Transversal 5	12,00	30,00	19,20				
Viga Transversal 6	12,00	30,00	19,20				
Viga Transversal 7	12,00	30,00	19,20				
Viga Transversal 8	12,00	30,00	19,20				
Viga de Cinta 1	12,00	26,40	18,55	18,55	4,00	74,18	
Viga de Cinta 2	20,00	100,40	36,02				
Viga de Cinta 3	12,00	26,40	18,55				
Viga de Cinta 4	12,00	26,40	18,55				
Viga de Cinta 5	12,00	44,40	20,76				
Viga de Cinta 6	12,00	44,40	20,76				
Viga de Cinta 7	12,00	32,80	19,61				
Viga de Cinta 8	12,00	32,80	19,61				
Viga de Travamento 1	12,00	30,00	19,20	19,20	4,00	76,80	
Viga de Travamento 2	12,00	30,00	19,20				
Σ	467,60	1224,40	750,62	127,59	27,00	552,82	

Fonte: A autora.

Tabela 27 - Grau de deterioração da Ponte II

<b>PONTE II</b>								
<b>ELEMENTOS</b>	<b>D máx</b>	<b>ΣD</b>	<b>Gde</b>	<b>Gdf</b>	<b>Fr</b>	<b>Gdf x Fr</b>	<b>Gd</b>	
Pilar 1	2,40	8,00	4,08	4,08	5,00	20,40	<b>21,07</b>	
Pilar 2	2,40	8,00	4,08					
Pilar 3	12,00	100,40	22,57					
Pilar 4	2,40	8,00	4,08					
Longarina 1	12,00	30,00	19,20	19,20	5,00	96,00		
Longarina 2	12,00	30,00	19,20					
Tabuleiro 1	30,00	71,20	47,36	47,36	4,00	189,44		
Tabuleiro 2	30,00	71,20	47,36					
Tabuleiro 3	30,00	71,20	47,36					
Tabuleiro 4	30,00	71,20	47,36					
Tabuleiro 5	30,00	71,20	47,36					
Tabuleiro 6	30,00	71,20	47,36					
Tabuleiro 7	30,00	71,20	47,36					
Viga Transversal 1	12,00	30,00	19,20	19,20	5,00	96,00		
Viga Transversal 2	12,00	30,00	19,20					
Viga Transversal 3	12,00	30,00	19,20					
Viga Transversal 4	12,00	30,00	19,20					
Viga Transversal 5	12,00	30,00	19,20					
Viga Transversal 6	12,00	30,00	19,20					
Viga Transversal 7	12,00	30,00	19,20					
Viga Transversal 8	12,00	30,00	19,20					
Viga de Cinta 1	12,00	100,40	22,57	22,57	4,00	90,26		
Viga de Cinta 2	20,00	100,40	36,02					
Viga de Cinta 3	12,00	26,40	18,55					
Viga de Cinta 4	0,00	100,40	0,00					
Viga de Cinta 5	12,00	26,40	18,55					
Viga de Cinta 6	12,00	100,40	22,57					
Viga de Cinta 7	0,00	0,00	0,00					
Viga de Cinta 8	0,00	0,00	0,00					
Viga de Travamento 1	12,00	30,00	19,20	19,20	4,00	76,80		
Viga de Travamento 2	12,00	30,00	19,20					
Σ	441,20	1437,20	714,96	131,61	27,00	568,90		

Fonte: A autora.

Admitindo-se todas as famílias de elementos no cálculo do Grau de Deterioração da Estrutura (Gd) o valor encontrado foi de 20,47 para a Ponte I e 21,07 para a Ponte II. Conforme Tabela 10, sua classificação quanto ao nível de deterioração será MÉDIO para a estrutura como um todo, admitindo-se que o prazo para as ações sejam de no máximo de 2 anos.

Porém as vigas de cintas VC1, VC4 e o pilar P3 da ponte II apresentaram grande deterioração do cobrimento e perda de seção, tornando-se uma situação preocupantes, além disso estão apresentados em famílias cuja relevância estrutural é classificada com alta, cujo  $Fr = 5,0$ . Nesse caso, para esses elementos há a necessidade de intervenção imediata para restabelecer funcionalidade e/ou segurança dos elementos.

## 5. CONCLUSÃO

No decorrer do estudo foi possível concluir que a qualidade, segurança e durabilidade e vida útil de uma ponte é caracterizada desde o seu planejamento, juntamente com projetos, aplicação das normas e a fiscalização no processo de construção, para garantir a funcionalidade e a qualidade de cada elemento. A falta de fiscalização pode vir a originar falhas que no decorrer do tempo de uso podem facilitar o surgimento de grandes danos.

Nas inspeções das pontes foram possíveis observar problemas causados no decorrer do processo de construção, como, ninhos de concretagem, deficiência de cobrimento, concreto com alta porosidade, fissuras por deficiência de cura, entre outros. Grande parte desses problemas foram as causas principais para o surgimento de maiores manifestações patológicas, como por exemplo o ataque de agentes agressivos resultando na carbonatação da armadura, causando problemas estruturais em pilares e vigas.

Conforme inspeção visual e análise das manifestações patológicas encontradas, as pontes da Av. Teotônio Segurado apresentaram manifestações patológicas preocupantes nos pilares das estruturas, causados devido o ataque de agentes e o surgimento de despassivação da armadura e deslocamento do cobrimento, causados por meio da carbonatação. Além de fissuras, erosão do solo, bolores, manchas, entre outros danos menos significativos.

As análises quanto a classificação qualitativa e quantitativa utilizando a ABNT NBR 9452:2016 e o Método GDE/UnB, as pontes no geral apresentaram grau de deterioração MEDIA, sendo proposto a realização de reparos a fim de evitar maiores danos. Porém como os pilares, elementos considerados com relevância estrutural alta ( $Fr = 5,0$ ), apresentaram manifestações patológicas preocupantes, seu grau de deterioração é considerado CRÍTICO, causando grande risco a estabilidade estrutural, podendo levar até mesmo a um colapso da estrutura. Nesse caso é necessário a intervenção imediata para restabelecer a funcionalidade das estruturas e garantir a segurança dos usuários

Já as pontes localizadas na NS 02 apresentam grandes fissuras e ninhos de concretagem nas vigas de cintas, facilitando o acesso a agentes agressivos. Além disso, na ponte II as vigas VC1 e VC4 e o Pilar 03 apresentaram processo de carbonatação avançado, levando a grande perda do cobrimento e armaduras com grandes perdas de seção.

Nas análises qualitativa e quantitativa foi possível classificar o grau de deterioração das pontes como MÉDIA, sendo necessária a realização de reparos imediatos nos elementos que apresentaram maiores danos, a fim de evitar maiores problemas estruturais e manutenções preventivas em danos menos significativos, a fim de evitar o desenvolvimento dos mesmos e o surgimento de danos maiores.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AGOSTINI, L. R. S. **Introdução ao Estudo das Pontes de Concreto**. Campinas, UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. Notas de Aula.

ALVES, L. F. **Obras de Arte Especiais BR-267/MG: patologias x fatores influentes**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora - MG, 2012.

AREIAS NETO, A. C. **Projeto e Calculo de Pontes de Concreto Armado**. Rio de Janeiro, IME – Instituto Militar de Engenharia, 1977. Notas de aula.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto armado - Procedimento NBR-6118**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Forças devidas ao vento em edificações NBR-6123**. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido - Procedimento NBR-7187**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Carga móvel em pontes rodoviárias e passarela de pedestre NBR-7188**. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ações e segurança nas estruturas - Procedimento NBR-8681**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas metálicas - Procedimento NBR-8800**. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ações e segurança nas estruturas - Procedimento NBR-14931**. Rio de Janeiro, 2004.

BOAS, Edna Lopes Brandão Vilas et al. **APLICAÇÃO DE METODOLOGIA GDE/UnB EM UMA EDIFICAÇÃO HABITACIONAL: ESTUDO DE CASO EM ÁGUAS LINDAS DE GOIÁS- GO**. Congresso Brasileiro de Concreto - IBRACON, [s. l.], 2018.

BUENO, J. A. N.; CALIXTO, J. G. Z. **Juntas de Dilatação com Selantes Pré-formados**. TÉCNICA, Edição 174 Set. 2011. Disponível em <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/174/artigo286856-4.aspx>>. Acesso em: 20 mai.2016

CÂNOVAS, M. F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. São Paulo: Pini,1988.

CASTRO, E.K.; 1994. **Desenvolvimento de Metodologia para Manutenção de Estruturas de Concreto Armado**. Dissertação de Mestrado, Publicação N°: E.DM-004A/94, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 129 p.

CAUDURU, E. L. **Manual para a Boa Execução de Estruturas Protendidas Usando Cordoalhas de Aço Engraxadas e Plastificadas**. 2ª ed. São Paulo: Belgo Mineira, 2003.

CAMPOS, Vinícius Chaves; et.al. **Inspecção De Uma Ponte De Acordo NBR 9452, Na Cidade De Palmas-TO: Análise Das Manifestações Patológicas**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 02, Vol. 02, pp. 98-109, Fevereiro de 2018. ISSN:2448-0959

COMITE EURO-INTERNACIONAL DU BETON. **Durable Concrete Structures**. Bulletin D'Information n°183. Suíça, 1992.

COMITE EURO-INTERNACIONAL DU BETON. **New Approach toDurability Design – Na Example for CarbonationInducedCorrosion**. Lausanne, May 1997. (Bulletin D'Information, 238).

COSTA, V. M. **Desempenho e Reabilitação de Pontes Rodoviárias: aplicação a casos de estudo**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho. Escola de engenharia. Portugal, 2009. 208p.

CUNHA, A. A. **Estudo das Patologias em Obras de Arte Especiais do Tipo Pontes e Viadutos Estruturados em Concreto**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Estadual de Goiás - UEG, Anápolis-GO, 2011.

CURCIO, R. C. L. **Pontes Rodoviárias: Levantamento de principais patologias estruturais**. Trabalho de Conclusão de Curso. Unidade Acadêmica da Área de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade São Francisco. Itatiba, 2008.

CREMONINI, R. A. **Incidência de Manifestações Patológicas em Unidades Escolares na Região de Porto Alegre** – Recomendações de Projeto, Execução e Manutenção. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1987. 153p.

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

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2004

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Tratamento de Trincas e Fissuras – especificações de serviços Norma DNIT 083**. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. 122/2009- ES: Pontes e viadutos rodoviários – Estruturas de concreto armado - Especificação de serviço. Rio de Janeiro: Dnit, 2009. 9 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Juntas de Dilatação- especificações de serviço Norma DNIT 092**. Rio de Janeiro, 2006.

DIAS, L. A. M. **Edificações de Aço no Brasil**. São Paulo: Zigurate, 1993.

DIAS, L. A. M. **Estruturas de Aço: conceitos, técnicas e linguagens**. São Paulo:Zigurate, 1997.

EUQUERES, Priscilla. **Metodologia de Inspeção em Estruturas de Pontes de Concreto Armado** [manuscrito] / Priscilla Euqeres. – 2011. 168 f. : il.

GNECCO, C.; MARIANO, R.; FERNANDES, F. **Tratamento de Superfície e Pintura**. Rio de Janeiro: CBCA, 2003.

HELENE, P. R. L. **Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 1992.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDSZATION (ISSO). General Principles on the Design of Structures for Durability. **ISO 13823**. Geneva: ISO/TC, 2008.



KLEIN, D., GASTAL, F., CAMPANOLO, J.L. & SILVA FILHO, L. C. (1991), "**Critérios adotados na vistoria de obras de arte**", XXV Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, Porto Alegre, pp. 185-196

LANER, F. J. **Manifestações Patológicas nos Viadutos, Pontes e Passarelas do Município de Porto Alegre**. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2001.

LEONHARDT, F.;MÖNNIG, E.**Construções de Concreto**. Vol. 1. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda, 1982.

LEONHARDT, F. **Construções de Concreto**: Princípios básicos da construção de pontes de concreto. Vol. 6. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda, 1979. 241p.

MACHADO, A. P. **Reforço de Estruturas de Concreto Armado com Fibras de Carbono**. São Paulo: Pini, 2002. 271p.

MARCELLI, M. **Sinistros na Construção Civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. São Paulo: Pini, 2007.

MARCHETTI, O. **Pontes de Concreto Armado**. 2008. 1 Reimpressão 2009. Editora BLUCHER

MASON, J. **Pontes Metálicas e Mistas em Viga Reta: projeto e calculo**. Rio de Janeiro: LTC,1976.

MASON, J. **Pontes em Concreto Armado e Protendido**. Rio de Janeiro: LTC,1977.

MENDES, L. C. **Pontes**. Niterói: EdUFF, 2003. 460p.

O'CONNOR, C. **Pontes Superestruturas**. Vol. 1. Rio de Janeiro: LTC, 1975.

OLIVEIRA, D. F. **O Conceito de Qualidade Aliado às Patologias na Construção Civil**. Monografia. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2013.

OLIVEIRA, Tatiane Rodrigues de, **ANÁLISE DA FRENTE DE CARBONATAÇÃO EM CONCRETO CONVENCIONAL: ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÕES COM**

**IDADE DIFERENCIADA NA CIDADE DE JUAZEIRO DO NORTE – CE:**  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, Juazeiro do Norte – CE, 2017.

PANNONI, F. D. **Princípios de Proteção de Estruturas Metálicas em Situação de Corrosão e Incêndio v.2.** 3ª ed. São Paulo: Gerda, 2004.

PEIXOTO, A. L. **Soldagem.** Belém: IFPA, 2012.

PFEIL, W.; PFEIL, M. S. **Estruturas de aço: dimensionamento prático.** 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000

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

PFEIL, W. **Pontes em Concreto Armado v.1 e v2.** 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1985.

PFEIL, W. **Ponte Presidente Costa e Silva, Rio Niterói: métodos construtivos.** Rio de Janeiro: LTC, 1975.

PICCHI, F. A. **Impermeabilização de Coberturas.** São Paulo: Pini, 1986.

PINHO, F. O.; BELLEI, I. H. **Pontes e Viadutos em Vigas Mistas.** Rio de Janeiro: CBCA, 2007.

RIPPER, T.; SOUZA, V. C. M. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto.** 1ª ed. São Paulo: Pini, 1998.

RODRIGUES, I. L. **Estados Limites de Serviço: estruturas de aço.** Palestra realizada no Instituto de Engenharia, em 19.06.2008.

SALES, J.J.; MALITE, M.; GONÇALVES, R. M.; MUNAIAR NETO, J. **Segurança nas Estruturas: teoria e exemplos.** 1ª ed. São Carlos: EESC-USP, 2005.

SARTORTI, A. L. **Identificação de Patologias em Pontes de Vias Urbanas e Rurais no Município de Campinas – SP.** Dissertação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2008.

SILVA, R. C. **Vigas de Concreto Armado com Telas Soldadas: análise teórica e experimental da resistência à força cortante e do controle da fissuração.** Tese

(Doutorado), São Carlos, EESC-USP, Departamento de Engenharia de Estruturas, 2003, 328p.

SOARES, Joel Faustiniano Lopes **ANALISE DO ESTADO DE CONSERVACAO DAS PRINCIPAIS OBRAS DE ARTE DA CIDADE DE PALMAS - TO. 2010 XX f.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Centro Universitário Luterano de Palmas - To.

SOUZA, R. H. F. (1990), " **Análise do comportamento de vigas de betão armado reforçadas à flexão e ao esforço transverso**", Tese de Doutorado, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 277 p, Julho.

TUUTTI, K. (1982), "**Corrosion Steel in Concrete**", Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm, 469p

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios**. 1ª ed. São Paulo: Pini, 1989.

VITÓRIO, A. **Fundamentos da Patologia das Estruturas nas Perícias de Engenharia**. Recife, 2003. Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícias de Engenharia.

VITÓRIO, A. **Manutenção e Gestão de Obras de Arte Especiais**. Recife, 2005. Trabalho apresentado durante o VII Encontro Nacional das Empresas de Arquitetura e Engenharia Construtiva – VII ENAENCO.

VITÓRIO, A. **Pontes Metálicas e Mistas: tópicos de conservação, danos e reforços estruturais**. Notas de Aula. Escola Politécnica de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação. Recife, 2015.

KLEIN, D., GASTAL, F., CAMPANOLO, J.L. & SILVA FILHO, L. C. (1991), " *Crerios adotados na vistoria de obras de arte*", XXV Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, Porto Alegre, pp. 185-196, Novembro.

## ANEXO

ANEXO A – Ficha de Inspeção Cadastral, NBR

9452:2016

<b>Ficha de inspeção cadastral</b>	
Inspeção Cadastral (ano):	OAECódigo:
Jurisdicção (Orgão, Concessão ou outro):	Data da inspeção:
<b>Parte I - Cadastro</b>	
<b>A - Identificação e localização</b>	
Via/município:	Sentido:
Obra:	Localização (km ou endereço):
Ano da construção:	Projetista:
Trem-tipo:	Construtor:
<b>B - Características da estrutura</b>	
<b>Comprimento e largura</b>	
Comprimento total (m):	Largura total (m):
	Largura útil (m):
<b>Tipologia estrutural</b>	
Sistema construtivo (ver Tabela A.3):	
Natureza da transposição (ver Tabela A.4):	Material (ver Tabela A.5):
Seção tipo:	
Longitudinal (superestrutura) (ver Tabela A.2):	Mesoestrutura (ver Tabela A.2):
Transversal (superestrutura) (ver Tabela A.2):	Infraestrutura (ver Tabela A.2):
<b>Características particulares</b>	
Número de vãos:	Comprimento do vão típico (m):
Número de apoios:	Comprimento do maior vão (m):
Número de pilares por apoio:	Altura dos pilares (m):
Aparelhos de apoio (quantidade e tipo):	Juntas de dilatação (quantidade e tipo):
Encontros:	
Outras peculiaridades (exemplos: existência de dentes Gerber, no caso de seção celular registrar se há acesso):	
<b>C - Características funcionais</b>	
<b>Características plani-altimétricas</b>	
(exemplo: informar se a região é plana, ondulada ou montanhosa, traçado em tangente ou curvo, esconsidade, rampa)	

ANEXO A – (Continuação...)

<b>Características da pista</b>	
Número de faixas:	Largura de faixa (m):
Acostamento:	Largura do acostamento (m):
Refúgios:	Largura de refúgio (m):
Passeio:	Largura do passeio (m):
Barreira rígida:	Guarda-corpo:
Pavimento (asfáltico, concreto):	Drenos:
Pingadeiras:	
<b>Gabaritos</b>	
Gabarito vertical do viaduto (m):	Gabarito navegável da ponte (m):
<b>Tráfego</b>	
Frequência de passagem de carga especial:	
<b>Parte II - Registro de anomalias</b>	
<b>A - Elementos estruturais</b>	
Superestrutura:	
Mesoestrutura:	
Infraestrutura:	
Aparelhos de apoio:	
Juntas de dilatação:	
Encontros:	
Outros elementos:	
<b>B - Elementos da pista ou funcionais</b>	
Pavimento:	
Acostamento e refúgio:	
Drenagem:	
Guarda - corpos:	
Barreira de concreto / Defesa metálica:	
<b>C - Outros elementos</b>	
Taludes:	
Iluminação:	
Sinalização:	

ANEXO B – Ficha de Inspeção Especial, NBR 9452:2016

Inspeção especial (ano):	OAE Código:
Jurisdição (DNIT, Concessão ou outro):	
Data da inspeção:	Início: Término:
<b>PARTE I - Síntese do relatório de patologia</b>	
<b>1 - Localização</b>	
Rede via município: Obra:	Sentido: Localização (km e endereço):
<b>2 - Descrição da obra</b>	
Quantidade de vãos:	Comprimento total:
Pilares:	Vigas:
Largura total:	Juntas de dilatação:
Tipologia transversal da superestrutura:	Tipologia longitudinal da superestrutura:
Classe:	
Observações:	
<b>3 - Ensaíos realizados</b>	
<b>4 - Classificação da OAE (Ver Seção 5)</b>	
Estrutural:	Funcional:
Durabilidade:	
<b>5 - Vistoria</b>	
Data da vistoria:	
Recursos de aproximação empregados:	
<b>6 - Descrição das anomalias</b>	
<b>Superestrutura</b>	
Laje superior:	
Vigas longarinas:	
Vigas transversinas:	
<b>Mesoestrutura</b>	
Vigas travessas:	
Aparelho de apoio:	
Pilares:	
<b>Infraestrutura</b>	
Blocos:	
Fundações:	

ANEXO B – (Continuação...)

<b>Encontro</b>
Estruturas de encontro:
<b>Elementos complementares</b>
Pavimento, sinalização e gabaritos:
Passeios e guarda-corpo:
Barreiras rígidas/defensas metálicas:
Juntas:
Drenagem:
<b>PARTE II - Síntese do relatório de terapia</b>
<b>1 - Parecer técnico</b>
Informar as conclusões da inspeção:
<b>2 - Resumo da análise estrutural (caso necessário)</b>
<b>3 - Proposição de restauração e/ou reforço</b>
A considerar: Informar as medidas necessárias para a restauração ou reforço.

ANEXO C – FICHA DESCRITIVA DA ESTRUTURA DAS PONTES ANALISADAS NA  
AV. TEOTONIO SEGURADO

FICHA DESCRITIVA DA ESTRUTURA

Nome: Ponte na Av. Teotonio Segurado, sobre Córrego Brejo Comprido

Localização: Av. Teotonio Segurado, entre as quadras 301 Sul e 302 Sul  
próximo ao Espaço Cultural de Palmas

Data da Inspeção: 25 / 11 / 2019 Extensão: \_\_\_\_\_

Idade: 29 anos Número de vãos: \_\_\_\_\_

Sistema Construtivo: \_\_\_\_\_

Largura: \_\_\_\_\_

Classe de agressividade ambiental (NBR 6118:2016): Classe II - Urbano

Observações: \_\_\_\_\_

RESPONSÁVEL (IS) PELA INSPEÇÃO:

Nome (s): Larissa Bavareso Rezende

Profissão: Graduanda do Curso de Engenharia Civil

Cargo/Função: Estudante

Empresa/órgão: CEULP/ULBRA

Projetos consultados: Sem acesso

Empresa Construtora e Projetista: Sem acesso a documentação



ANEXO D – APLICAÇÃO DO METODO GDE/UnB NA PONTE I NA AVENIDA  
TEOTONIO SEGURADO

PONTE I									
Av. Teotônio Segurado									
LOCAL:									
Nome do Elemento	PILAR 01			PILAR 02			PILAR 03		
Danos	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00
Cobrimento deficiente	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	4,00	50,00	5,00	4,00	50,00	5,00	4,00	50,00
Desagregação	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00
Desplacamento	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00
Eflorescência	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
<b>Σ</b>	<b>42,00</b>	<b>29,00</b>	<b>172,80</b>	<b>42,00</b>	<b>29,00</b>	<b>172,80</b>	<b>42,00</b>	<b>30,00</b>	<b>184,80</b>
	PILAR 04			PILAR 05			PILAR 06		
Danos	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00
Cobrimento deficiente	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	4,00	50,00	5,00	4,00	50,00	5,00	4,00	50,00
Desagregação	3,00	4,00	30,00	3,00	3,00	12,00	3,00	4,00	30,00
Desplacamento	3,00	4,00	30,00	3,00	3,00	12,00	3,00	4,00	30,00
Eflorescência	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
<b>Σ</b>	<b>42,00</b>	<b>29,00</b>	<b>172,80</b>	<b>42,00</b>	<b>27,00</b>	<b>136,80</b>	<b>42,00</b>	<b>29,00</b>	<b>172,80</b>
	PILAR 07			PILAR 08			PILAR 09		
Danos	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	3,00	0,00	3,00	3,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	2,00	4,00	5,00	2,00	4,00	5,00	2,00	4,00
Desagregação	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Desplacamento	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Eflorescência	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
<b>Σ</b>	<b>42,00</b>	<b>20,00</b>	<b>54,40</b>	<b>42,00</b>	<b>23,00</b>	<b>54,40</b>	<b>42,00</b>	<b>23,00</b>	<b>54,40</b>

ANEXO D - (Continuação...)

Nome do Elemento	LONGARINA 1			LONGARINA 2			LONGARINA 3		
	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Desplacamento	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	15,00	42,80	42,00	15,00	42,80	42,00	15,00	42,80

LONGARINA 4			
Danos	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	1,00	1,20
Desplacamento	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	3,00	8,00
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	15,00	42,80

ANEXO D - (Continuação...)

LOCAL:	TABULEIRO 4			TABULEIRO 5			TABULEIRO 6		
	Av. Teotonio Segurado			Av. Teotonio Segurado			Av. Teotonio Segurado		
Danos	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Desplacamento	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	15,00	42,80	42,00	15,00	42,80	42,00	15,00	42,80

LOCAL:	TABULEIRO 7		
	Av. Teotonio Segurado		
Danos	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	1,00	1,20
Desplacamento	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	3,00	8,00
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	15,00	42,80

Nome do Elemento	VIGA TRANSVERSAL 1			VIGA TRANSVERSAL 2			VIGA TRANSVERSAL 3		
	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Danos									
Carbonatação	3,00	3,00	12,00	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Cobrimento deficiente	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	1,00	2,00	5,00	1,00	2,00	5,00	1,00	2,00
Desagregação	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Desplacamento	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Eflorescência	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	21,00	54,00	42,00	20,00	44,40	42,00	20,00	44,40

ANEXO D - (Continuação...)

Danos	VIGA TRANSVERSAL 4			VIGA TRANSVERSAL 5			VIGA TRANSVERSAL 6		
	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Cobrimento deficiente	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	1,00	2,00	5,00	1,00	2,00	5,00	1,00	2,00
Desagregação	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Desplacamento	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Eflorescência	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	20,00	44,40	42,00	20,00	44,40	42,00	20,00	44,40

Danos	VIGA TRANSVERSAL 7			VIGA TRANSVERSAL 8			VIGA TRANSVERSAL 9		
	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Cobrimento deficiente	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	1,00	2,00	5,00	1,00	2,00	5,00	1,00	2,00
Desagregação	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Desplacamento	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Eflorescência	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	20,00	44,40	42,00	20,00	44,40	42,00	20,00	44,40

PONTE I							
ELEMENTOS	D máx	ΣD	Gde	Gdf	Fr	Gdf x Fr	Gd
Pilar 1	50,00	172,80	85,53	85,53	5,00	427,66	37,90
Pilar 2	50,00	172,80	85,53				
Pilar 3	50,00	184,80	86,47				
Pilar 4	50,00	172,80	85,53				
Pilar 5	50,00	136,80	81,73				
Pilar 6	50,00	172,80	85,53				
Pilar 7	12,00	54,40	21,35				
Pilar 8	12,00	54,40	21,35				
Pilar 9	12,00	54,40	21,35				
Longarina 1	12,00	42,80	20,64	20,64	5,00	103,18	
Longarina 2	12,00	42,80	20,64				
Longarina 3	12,00	42,80	20,64				
Longarina 4	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 1	12,00	42,80	20,64	20,64	4,00	82,54	
Tabuleiro 2	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 3	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 4	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 5	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 6	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 7	12,00	42,80	20,64				
Viga Transversal 1	12,00	54,00	21,33	21,33	5,00	106,67	
Viga Transversal 2	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 3	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 4	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 5	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 6	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 7	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 8	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 9	12,00	44,40	20,76				
Σ	576,00	2056,00	988,76	148,14	19,00	720,05	

ANEXO E - APLICAÇÃO DO METODO GDE/UnB NA PONTE II NA AVENIDA TEOTONIO SEGURADO

LOCAL:		PONTE II								
		Av. Teotonio Segurado								
Nome do Elemento	PILAR 01			PILAR 02			PILAR 03			
	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	
Danos										
Carbonatação	3,00	4,00	30,00	3,00	0,00	0,00	3,00	4,00	30,00	
Cobrimento deficiente	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	
Corrosão de armaduras	5,00	4,00	50,00	5,00	3,00	20,00	5,00	4,00	50,00	
Desagregação	3,00	4,00	30,00	3,00	3,00	12,00	3,00	4,00	30,00	
Desplacamento	3,00	4,00	30,00	3,00	3,00	12,00	3,00	4,00	30,00	
Eflorescência	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	
Fissuras	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	
Manchas	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	
Umidade na base	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	
Σ	42,00	29,00	172,80	42,00	22,00	76,80	42,00	29,00	172,80	

Danos	PILAR 04			PILAR 05			PILAR 06		
	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	4,00	30,00	3,00	2,00	2,40	3,00	4,00	30,00
Cobrimento deficiente	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	4,00	50,00	5,00	3,00	20,00	5,00	4,00	50,00
Desagregação	3,00	4,00	30,00	3,00	3,00	12,00	3,00	4,00	30,00
Desplacamento	3,00	4,00	30,00	3,00	3,00	12,00	3,00	4,00	30,00
Eflorescência	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Σ	42,00	29,00	172,80	42,00	24,00	79,20	42,00	29,00	172,80

Danos	PILAR 07			PILAR 08			PILAR 09		
	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00
Cobrimento deficiente	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	4,00	50,00	5,00	4,00	50,00	5,00	4,00	50,00
Desagregação	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00
Desplacamento	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00
Eflorescência	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Σ	42,00	29,00	172,80	42,00	29,00	172,80	42,00	29,00	172,80

ANEXO E – (Continuação...)

Nome do Elemento	LONGARINA 1			LONGARINA 2			LONGARINA 3		
	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Desplacamento	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	14,00	36,40	42,00	14,00	36,40	42,00	14,00	36,40

LONGARINA 4			
Danos	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	1,00	1,20
Desplacamento	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	2,00	1,60
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	14,00	36,40

Nome do Elemento	TABULEIRO 1			TABULEIRO 2			TABULEIRO 3		
	Av. Teotonio Segurado			Av. Teotonio Segurado			Av. Teotonio Segurado		
Danos	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Desplacamento	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	15,00	42,80	42,00	15,00	42,80	42,00	15,00	42,80

ANEXO E – (Continuação...)

LOCAL:	TABULEIRO 4			TABULEIRO 5			TABULEIRO 6		
	Av. Teotonio Segurado			Av. Teotonio Segurado			Av. Teotonio Segurado		
Danos	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Desplacamento	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	15,00	42,80	42,00	15,00	42,80	42,00	15,00	42,80

LOCAL:	TABULEIRO 7		
	Av. Teotonio Segurado		
Danos	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	1,00	1,20
Desplacamento	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	3,00	8,00
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	15,00	42,80

Nome do Elemento	VIGA TRANSVERSAL 1			VIGA TRANSVERSAL 2			VIGA TRANSVERSAL 3		
	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Cobrimento deficiente	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	1,00	2,00	5,00	1,00	2,00	5,00	1,00	2,00
Desagregação	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Desplacamento	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Eflorescência	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	20,00	44,40	42,00	20,00	44,40	42,00	20,00	44,40

ANEXO E – (Continuação...)

Danos	VIGA TRANSVERSAL 4			VIGA TRANSVERSAL 5			VIGA TRANSVERSAL 6		
	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Cobrimento deficiente	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	1,00	2,00	5,00	1,00	2,00	5,00	1,00	2,00
Desagregação	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Desplacamento	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Eflorescência	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	20,00	44,40	42,00	20,00	44,40	42,00	20,00	44,40

Danos	VIGA TRANSVERSAL 7			VIGA TRANSVERSAL 8			VIGA TRANSVERSAL 9		
	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Cobrimento deficiente	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	1,00	2,00	5,00	1,00	2,00	5,00	1,00	2,00
Desagregação	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Desplacamento	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Eflorescência	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	20,00	44,40	42,00	20,00	44,40	42,00	20,00	44,40

PONTE II							
ELEMENTOS	D máx	ΣD	Gde	Gdf	Fr	Gdf x Fr	Gd
Pilar 1	50,00	172,80	85,53	85,53	5,00	427,66	37,59
Pilar 2	20,00	76,80	34,79				
Pilar 3	50,00	172,80	85,53				
Pilar 4	50,00	172,80	85,53				
Pilar 5	20,00	79,20	34,95				
Pilar 6	50,00	172,80	85,53				
Pilar 7	50,00	172,80	85,53				
Pilar 8	50,00	172,80	85,53				
Pilar 9	50,00	172,80	85,53				
Longarina 1	12,00	36,40	20,04	20,04	5,00	100,22	
Longarina 2	12,00	36,40	20,04				
Longarina 3	12,00	36,40	20,04				
Longarina 4	12,00	36,40	20,04				
Tabuleiro 1	12,00	42,80	20,64	20,64	4,00	82,54	
Tabuleiro 2	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 3	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 4	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 5	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 6	12,00	42,80	20,64				
Tabuleiro 7	12,00	42,80	20,64				
Viga Transversal 1	12,00	44,40	20,76	20,76	5,00	103,78	
Viga Transversal 2	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 3	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 4	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 5	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 6	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 7	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 8	12,00	44,40	20,76				
Viga Transversal 9	12,00	44,40	20,76				
Σ	630,00	2210,40	1079,90	146,97	19,00	714,21	



ANEXO F - FICHA DESCRITIVA DA ESTRUTURA DAS PONTES ANALISADAS NA AV. NS 02

<u>FICHA DESCRITIVA DA ESTRUTURA</u>	
Nome:	<u>Ponte na Av. 02, próximo a feira da quadra da 304 sul</u>
Localização:	<u>Av. NS 02, entre as quadras 302 e 304 sul</u>
<hr/>	
Data da Inspeção:	<u>25 / 11 / 2019</u> Extensão: _____
Idade:	<u>Sem acesso</u> Número de vãos: _____
Sistema Construtivo:	_____
Largura:	_____
Classe de agressividade ambiental (NBR 6118:2016):	<u>Classe II - Urbano</u>
Observações:	_____
<hr/>	
RESPONSÁVEL (IS) PELA INSPEÇÃO:	
Nome (s):	<u>Larissa Bavaresco Rezende</u>
<hr/>	
Profissão:	<u>Graduanda do Curso de Engenharia</u>
Cargo/Função:	<u>Civil Esturante</u>
Empresa/órgão:	<u>CEULP/ULBRA</u>
Projetos consultados:	<u>Sem acesso</u>
Empresa Construtora e Projetista:	<u>Sem acesso</u>
<hr/>	

ANEXO G - APLICAÇÃO DO METODO GDE/UnB NA PONTE I NA AV. NS

<b>PONTE I</b>						
<b>LOCAL:</b>	Av. Teotonio Segurado					
<b>Nome do Elemento</b>	<b>PILAR 01</b>			<b>PILAR 02</b>		
Danos	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Desplacamento	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
Falha de Concretagem	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
<b>Σ</b>	<b>42,00</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>	<b>42,00</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>
<b>Nome do Elemento</b>	<b>PILAR 03</b>			<b>PILAR 04</b>		
Danos	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Desplacamento	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
Falha de Concretagem	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
<b>Σ</b>	<b>42,00</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>	<b>42,00</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>

02

<b>Nome do Elemento</b>	<b>LONGARINA 1</b>			<b>LONGARINA 2</b>		
Danos	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Desplacamento	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Falha de Concretagem	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
<b>Σ</b>	<b>42,00</b>	<b>13,00</b>	<b>30,00</b>	<b>42,00</b>	<b>13,00</b>	<b>30,00</b>

ANEXO G – (Continuação...)

Nome do Elemento	TABULEIRO 1			TABULEIRO 2			TABULEIRO 3		
LOCAL:	Teotonio Segurado			Av. Teotonio Segurado			Av. Teotonio Segurado		
Danos	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Desplacamento	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Falha de Concretagem	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00
Σ	42,00	15,00	71,20	42,00	15,00	71,20	42,00	15,00	71,20

	TABULEIRO 4			TABULEIRO 5			TABULEIRO 6		
LOCAL:	Teotonio Segurado			Av. Teotonio Segurado			Av. Teotonio Segurado		
Danos	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Desplacamento	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Falha de Concretagem	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00
Σ	42,00	15,00	71,20	42,00	15,00	71,20	42,00	15,00	71,20

	TABULEIRO 7		
LOCAL:	Teotonio Segurado		
Danos	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	0,00	0,00
Desplacamento	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	3,00	8,00
Falha de Concretagem	2,00	2,00	1,60
Fissuras	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	4,00	30,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	4,00	30,00
Σ	42,00	15,00	71,20



ANEXO G – (Continuação...)

Nome do Elemento	VIGA DE CINTA1			VIGA DE CINTA2			VIGA DE CINTA3		
	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	4,00	30,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	3,00	12,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	3,00	20,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	0,00	0,00	3,00	2,00	2,40	3,00	0,00	0,00
Desplacamento	3,00	0,00	0,00	3,00	2,00	2,40	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
Falha de Concretagem	2,00	1,00	0,80	2,00	3,00	8,00	2,00	1,00	0,80
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	9,00	26,40	42,00	25,00	100,40	42,00	9,00	26,40

Danos	VIGA DE CINTA 4			VIGA DE CINTA 5			VIGA DE CINTA 6		
	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	1,00	2,00	5,00	1,00	2,00
Desagregação	3,00	0,00	0,00	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Desplacamento	3,00	0,00	0,00	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Eflorescência	2,00	0,00	0,00	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Falha de Concretagem	2,00	1,00	0,80	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	9,00	26,40	42,00	20,00	44,40	42,00	20,00	44,40

Danos	VIGA DE CINTA 7			VIGA DE CINTA 8		
	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Desplacamento	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
Falha de Concretagem	2,00	1,00	0,80	2,00	1,00	0,80
Fissuras	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	10,00	32,80	42,00	10,00	32,80

Danos	VIGA DE TRAVAMENTO 1			VIGA DE TRAVAMENTO 2		
	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloretos	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Desplacamento	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Falha de Concretagem	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	13,00	30,00	42,00	13,00	30,00

ANEXO G – (Continuação...)

PONTE I							
ELEMENTOS	D máx	ΣD	Gde	Gdf	Fr	Gdf x Fr	Gd
Pilar 1	2,40	8,00	4,08	4,08	5,00	20,40	20,47
Pilar 2	2,40	8,00	4,08				
Pilar 3	2,40	8,00	4,08				
Pilar 4	2,40	8,00	4,08				
Longarina 1	12,00	30,00	19,20	19,20	5,00	96,00	
Longarina 2	12,00	30,00	19,20				
Tabuleiro 1	30,00	71,20	47,36	47,36	4,00	189,44	
Tabuleiro 2	30,00	71,20	47,36				
Tabuleiro 3	30,00	71,20	47,36				
Tabuleiro 4	30,00	71,20	47,36				
Tabuleiro 5	30,00	71,20	47,36				
Tabuleiro 6	30,00	71,20	47,36				
Tabuleiro 7	30,00	71,20	47,36				
Viga Transversal 1	12,00	30,00	19,20	19,20	5,00	96,00	
Viga Transversal 2	12,00	30,00	19,20				
Viga Transversal 3	12,00	30,00	19,20				
Viga Transversal 4	12,00	30,00	19,20				
Viga Transversal 5	12,00	30,00	19,20				
Viga Transversal 6	12,00	30,00	19,20				
Viga Transversal 7	12,00	30,00	19,20				
Viga Transversal 8	12,00	30,00	19,20				
Viga de Cinta 1	12,00	26,40	18,55	18,55	4,00	74,18	
Viga de Cinta 2	20,00	100,40	36,02				
Viga de Cinta 3	12,00	26,40	18,55				
Viga de Cinta 4	12,00	26,40	18,55				
Viga de Cinta 5	12,00	44,40	20,76				
Viga de Cinta 6	12,00	44,40	20,76				
Viga de Cinta 7	12,00	32,80	19,61				
Viga de Cinta 8	12,00	32,80	19,61				
Viga de Travamento 1	12,00	30,00	19,20	19,20	4,00	76,80	
Viga de Travamento 2	12,00	30,00	19,20				
Σ	467,60	1224,40	750,62	127,59	27,00	552,82	

ANEXO H - APLICAÇÃO DO METODO GDE/UnB NA PONTE II NA AV. NS 02

<b>PONTE I</b>						
LOCAL:	Av. Teotonio Segurado					
Nome do Elemento	PILAR 01			PILAR 02		
Danos	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloreto	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Desplacamento	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
Falha de Concretagem	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40
<b>Σ</b>	<b>42,00</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>	<b>42,00</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>
<b>PILAR 03</b>						
Nome do Elemento	PILAR 03			PILAR 04		
Danos	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	4,00	30,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	3,00	12,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloreto	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	3,00	20,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	2,00	2,40	3,00	0,00	0,00
Desplacamento	3,00	2,00	2,40	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00	2,00	2,00	1,60
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	2,00	2,40
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	2,00	2,40
<b>Σ</b>	<b>42,00</b>	<b>25,00</b>	<b>100,40</b>	<b>42,00</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>

Nome do Elemento	LONGARINA 1			LONGARINA 2		
Danos	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloreto	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Desplacamento	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Falha de Concretagem	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
<b>Σ</b>	<b>42,00</b>	<b>13,00</b>	<b>30,00</b>	<b>42,00</b>	<b>13,00</b>	<b>30,00</b>

ANEXO H – (Continuação...)

Nome do Elemento	TABULEIRO 1			TABULEIRO 2			TABULEIRO 3		
LOCAL:	Teotônio Segurado			Av. Teotônio Segurado			Av. Teotônio Segurado		
Danos	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloreto	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Desplacamento	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Falha de Concretagem	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00
Σ	42,00	15,00	71,20	42,00	15,00	71,20	42,00	15,00	71,20

	TABULEIRO 4			TABULEIRO 5			TABULEIRO 6		
LOCAL:	Teotônio Segurado			Av. Teotônio Segurado			Av. Teotônio Segurado		
Danos	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloreto	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Desplacamento	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00
Falha de Concretagem	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00
Σ	42,00	15,00	71,20	42,00	15,00	71,20	42,00	15,00	71,20

	TABULEIRO 7		
LOCAL:	Teotônio Segurado		
Danos	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloreto	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	0,00	0,00
Desplacamento	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	3,00	8,00
Falha de Concretagem	2,00	2,00	1,60
Fissuras	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	4,00	30,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	4,00	30,00
Σ	42,00	15,00	71,20



ANEXO H – (Continuação...)

Nome do Elemento	VIGA TRANSVERSAL 1			VIGA TRANSVERSAL 2			VIGA TRANSVERSAL 3		
	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Danos									
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloreto	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Deslocamento	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Falha de Concretagem	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
<b>Σ</b>	<b>42,00</b>	<b>13,00</b>	<b>30,00</b>	<b>42,00</b>	<b>13,00</b>	<b>30,00</b>	<b>42,00</b>	<b>13,00</b>	<b>30,00</b>
	VIGA TRANSVERSAL 4			VIGA TRANSVERSAL 5			VIGA TRANSVERSAL 6		
Danos	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloreto	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Deslocamento	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Falha de Concretagem	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
<b>Σ</b>	<b>42,00</b>	<b>13,00</b>	<b>30,00</b>	<b>42,00</b>	<b>13,00</b>	<b>30,00</b>	<b>42,00</b>	<b>13,00</b>	<b>30,00</b>
	VIGA TRANSVERSAL 7			VIGA TRANSVERSAL 8					
Danos	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D			
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00			
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00			
Contaminação por cloreto	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00			
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00			
Desagregação	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20			
Deslocamento	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00			
Eflorescência	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60			
Falha de Concretagem	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60			
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60			
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00			
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00			
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00			
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00			
<b>Σ</b>	<b>42,00</b>	<b>13,00</b>	<b>30,00</b>	<b>42,00</b>	<b>13,00</b>	<b>30,00</b>			

ANEXO H – (Continuação...)

Nome do Elemento	VIGA DE CINTA1			VIGA DE CINTA2			VIGA DE CINTA3		
	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Danos									
Carbonatação	3,00	4,00	30,00	3,00	4,00	30,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloreto	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	3,00	20,00	5,00	3,00	20,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	0,00	0,00
Desplacamento	3,00	2,00	2,40	3,00	2,00	2,40	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00	2,00	3,00	8,00	2,00	1,00	0,80
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	25,00	100,40	42,00	25,00	100,40	42,00	9,00	26,40

Nome do Elemento	VIGA DE CINTA 4			VIGA DE CINTA 5			VIGA DE CINTA 6		
	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Danos									
Carbonatação	3,00	4,00	30,00	3,00	0,00	0,00	3,00	4,00	30,00
Cobrimento deficiente	3,00	3,00	12,00	3,00	0,00	0,00	3,00	3,00	12,00
Contaminação por cloreto	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	3,00	20,00	5,00	0,00	0,00	5,00	3,00	20,00
Desagregação	3,00	2,00	2,40	3,00	0,00	0,00	3,00	2,00	2,40
Desplacamento	3,00	2,00	2,40	3,00	0,00	0,00	3,00	2,00	2,40
Eflorescência	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
Falha de Concretagem	2,00	3,00	8,00	2,00	1,00	0,80	2,00	3,00	8,00
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	25,00	100,40	42,00	9,00	26,40	42,00	25,00	100,40

Nome do Elemento	VIGA DE TRAVAMENTO 1			VIGA DE TRAVAMENTO 2		
	Fp	Fi	D	Fp	Fi	D
Danos						
Carbonatação	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Cobrimento deficiente	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Contaminação por cloreto	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Corrosão de armaduras	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Desagregação	3,00	1,00	1,20	3,00	1,00	1,20
Desplacamento	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Eflorescência	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Falha de Concretagem	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Fissuras	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00	1,60
Flechas	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00
Manchas	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Sinais de Esmagamento	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Umidade na base	3,00	3,00	12,00	3,00	3,00	12,00
Σ	42,00	13,00	30,00	42,00	13,00	30,00

ANEXO H – (Continuação...)

PONTE II								
ELEMENTOS	D máx	ΣD	Gde	Gdf	Fr	Gdf x Fr	Gd	
Pilar 1	2,40	8,00	4,08	4,08	5,00	20,40	21,07	
Pilar 2	2,40	8,00	4,08					
Pilar 3	12,00	100,40	22,57					
Pilar 4	2,40	8,00	4,08					
Longarina 1	12,00	30,00	19,20	19,20	5,00	96,00		
Longarina 2	12,00	30,00	19,20					
Tabuleiro 1	30,00	71,20	47,36	47,36	4,00	189,44		
Tabuleiro 2	30,00	71,20	47,36					
Tabuleiro 3	30,00	71,20	47,36					
Tabuleiro 4	30,00	71,20	47,36					
Tabuleiro 5	30,00	71,20	47,36					
Tabuleiro 6	30,00	71,20	47,36					
Tabuleiro 7	30,00	71,20	47,36					
Viga Transversal 1	12,00	30,00	19,20	19,20	5,00	96,00		
Viga Transversal 2	12,00	30,00	19,20					
Viga Transversal 3	12,00	30,00	19,20					
Viga Transversal 4	12,00	30,00	19,20					
Viga Transversal 5	12,00	30,00	19,20					
Viga Transversal 6	12,00	30,00	19,20					
Viga Transversal 7	12,00	30,00	19,20					
Viga Transversal 8	12,00	30,00	19,20					
Viga de Cinta 1	12,00	100,40	22,57	22,57	4,00	90,26		
Viga de Cinta 2	20,00	100,40	36,02					
Viga de Cinta 3	12,00	26,40	18,55					
Viga de Cinta 4	0,00	100,40	0,00					
Viga de Cinta 5	12,00	26,40	18,55					
Viga de Cinta 6	12,00	100,40	22,57					
Viga de Cinta 7	0,00	0,00	0,00					
Viga de Cinta 8	0,00	0,00	0,00					
Viga de Travamento 1	12,00	30,00	19,20	19,20	4,00	76,80		
Viga de Travamento 2	12,00	30,00	19,20					
Σ	441,20	1437,20	714,96	131,61	27,00	568,90		

CopySpider

Ferramentas Ajudas

Arquivo URL Imprimir Limpar Opções

E-mail larissabavarescor@gmail.com

Modo de pesquisa Buscar em arquivos da internet

Nome do arquivo de entrada

C:\Users\larissa\Desktop\TCOB - LEVANTAMENTO E ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE PONT...

Relatório

Aplicar

Tempo	Progresso	Chance	Status	Principal	Remover
00:04:15	100%	2,84%	Ok		X

**APOIA.UE**  
 Torne-se um Apoiador e tenha acesso a licenças exclusivas com todos os recursos do CopySpider.

VERSÃO 1.0.1.1 (2013)

Exportar relatório

Referências ABNT

Visualizar ▼

TCCII - LEVANTAMENTO E ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE PONTES DE CONCRETO ARMADO NO MUNICÍPIO DE PALMAS-TO (10/12/2019):

#### Documentos candidatos

- docplayer.com.br/325... [2,84%]
- docplayer.com.br/197... [2,84%]
- scielo.br/scielo.php... [2,08%]
- uenf.br/cct/lecv/fi... [1,38%]
- ctec.ufal.br/ees/dis... [1,19%]
- abpe.org.br/trabalho... [0,72%]
- scielo.br/scielo.php... [0,43%]
- academia.edu/3196494... [0,01%]
- livrozilla.com/doc/4... [0%]
- megaflex.net.br/long... [0%]

Arquivo de entrada: TCCII - LEVANTAMENTO E ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE PONTES DE CONCRETO ARMADO NO MUNICÍPIO DE PALMAS-TO.pdf (13429 termos)

Arquivo encontrado	Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)
docplayer.com.br/325...	Visualizar	1049	2,84
docplayer.com.br/197...	Visualizar	1049	2,84
scielo.br/scielo.php...	Visualizar	383	2,08
uenf.br/cct/lecv/fi...	Visualizar	421	1,38
ctec.ufal.br/ees/dis...	Visualizar	422	1,19
abpe.org.br/trabalho...	Visualizar	113	0,72
scielo.br/scielo.php...	Visualizar	86	0,43
academia.edu/3196494...	Visualizar	2	0,01
livrozilla.com/doc/4...	Visualizar	0	0
megaflex.net.br/long...	Visualizar	0	0