

Nilcy Taveiro Santos

**AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DE PONTE COM PROTENSÃO NO
EXTRADORSO SEGUNDO GDE/UnB: caso Ponte dos Imigrantes Nordestinos.**

Palmas – TO

2020

Nilcy Taveiro Santos

**AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DE PONTE COM PROTENSÃO NO
EXTRADORSO SEGUNDO GDE/UnB: caso Ponte dos Imigrantes Nordestinos.**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. M.e Daniel Iglesias.

Palmas – TO

2020

Nilcy Taveiro Santos

**AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DE PONTE COM PROTENSÃO NO
EXTRADORSO SEGUNDO GDE/UnB: caso Ponte dos Imigrantes Nordestinos.**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) I elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Psicologia pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. M.e Daniel Iglesias Carvalho.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.e Daniel Iglesias Carvalho

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA

Prof. Dr. Fábio Henrique de Melo Ribeiro

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA

Prof.

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA

Palmas – TO

2020

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu agradeço a Deus pelo cuidado diário e proteção. Ele sempre com sua imensa sabedoria tem me dado força e determinação para lutar pelos meus objetivos, mesmo diante de alguns obstáculos. Sem o Pai de todos nada disso na minha estaria acontecendo.

Agradeço aos meus pais Jetro (In Memoria) e Edinalva, pela decisão acertada de um dia terem escolhido ser meus pais. A minha mãe em especial pela guerreira que é mesmo a vida não tendo sido tão fácil com ela, sempre buscou dá o melhor para os filhos e a educação foi o melhor presente. Saiba minha mãezinha que você é meu amparo nas minhas jornadas, sem você eu não teria chegado tão longe.

Quero agradecer aos meus irmãos que sempre estão dispostos a me ajudar, como eu costumo dizer, eu posso afirmar que tenho os melhores irmãos, obrigada pelo companheirismo e apoio, sem vocês nada disso estaria sendo possível.

Gratidão pela minha joia mais preciosa que é minha filha, Maysa, você é meu porto seguro. Sua energia e alegria sempre contagiante me impulsionam todas as manhãs para correr atrás dos meus sonhos. Saiba que com você meu mundo é mais radiante o que me permite sempre ousar mais.

Gratidão aos meus tios Josué e Maria Da Guia, que são meus segundos pais, obrigada por todo amor, carinho e o investimento em mim dado em educação. Seus sábios conselhos e exemplo sempre me motivaram a ser uma mulher melhor. Saibam que vocês têm um grande papel fundamental em tudo o que está acontecendo na minha vida.

À minha segunda família, os Medeiros, em especial a Gleiciane, que me acolheram numa fase difícil, me deram apoio e sempre estão comigo para o que der e vier. Obrigada a todos.

Ao meu namorado, Marcos Cândido por tanta paciência e disponibilidade em ajudar sempre que preciso. Você teve um papel fundamental na conclusão dessa minha jornada me ajudando a fazer com que tudo desse certo, meu muito obrigada.

Aos meus amigos, pela compreensão e por fazerem dos dias mais leves mesmo em meio a algumas turbulências e por dividirem comigo a loucura da vida acadêmica.

Ao meu orientador o professor Daniel Iglesias que com muita sabedoria se disponibilizou a me ajudar com seus ensinamentos que foram extremamente importantes para a conclusão desse trabalho. E a todos que indiretamente estiveram presentes em alguma fase, me deram força e me compreenderam em qualquer circunstância, muito obrigada.

"Nunca se deve engatinhar quando se tem o impulso de voar".

(Hellen Keller)

RESUMO

SANTOS, Nilcy Taveiro. Avaliação do Estado de Conservação de Ponte com Protensão no Extradorso Segundo Gde/Unb: Caso Ponte dos Imigrantes Nordestinos. 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas – TO, 2020

Este trabalho teve como objetivo avaliar o estado de conservação atual de ponte com protensão no extradorso localizada no rio Tocantins, situada na BR – 445, entre os municípios de Lajeado e Miracema do Tocantins, aplicando a metodologia GDE/UnB. A metodologia tem como foco principal identificar os danos em cada elemento da estrutura, atribuir um Grau e um Nível de Deterioração desse elemento e da obra como um todo. Diante a abordagem do estudo, utilizou-se esse método para uma análise da ponte em estudo. Nota-se durante o estudo que mesmo a estrutura tendo apenas dez anos de execução, a mesma já apresenta pequenos danos que se não reparado podem vir a se tornar danos maiores e com maiores transtornos. Após o estudo realizado, foi identificado que a estrutura tem nível de deterioração MÉDIO com Grau de 25,0 tendo como recomendação pela norma a definir prazo e natureza de nova inspeção, devendo ter um planejamento interventivo em um prazo máximo de dois anos. Os resultados obtidos apontam que as cortinas e as barreiras rígidas de proteção são os elementos que mais apresentam danos na estrutura contendo manchas, fissuras, eflorescência, excesso de umidade e deslocamento do concreto. Dessa forma fica indicado que seja feito os reparos necessários para que futuramente ocasione problemas mais sérios na estrutura.

Palavras Chaves: Danos, Obra de Artes Especiais, Deterioração.

ABSTRACT

SANTOS, Nilcy Taveiro. **Assessment of the Conservation Status of Bridge with Protension in Extradados according to Gde / Unb: Case of the Northeastern Immigrants Bridge**. 87 f. Course Conclusion Paper (Bachelor in Civil Engineering) - Lutheran University Center of Palmas, Palmas - TO, 2020

The main objective of this work is to evaluate the current state of conservation of a bridge with prestressing on the extradados over the Tocantins River, located on BR - 445, between the municipalities of Lajeado and Miracema do Tocantins, applying the GDE / UnB methodology. The methodology has as its main focus to identify the damages in the house element of the structure, assign a Degree and a Deterioration Level of that element and the work as a whole. In view of the study approach, this method was used for an analysis of the bridge under study. It is noted during the study that even the structure having only ten years of execution, it already shows minor damages that, if not repaired, could become greater damages and with greater disturbances. After the study carried out, it was identified that the structure has a level of AVERAGE deterioration with a Degree of 25.0 having as a recommendation by the standard to define the term and nature of the new one concluded, and must have an intervention plan within a maximum period of two years. The results found point out that curtains and rigid protection barriers are the elements that most present damage to the structure containing stains, cracks, efflorescence, excess moisture and concrete detachment. Thus, it is indicated that informed repairs are made so that in the future it will cause more serious problems in the structure.

Keywords: Damage, Special Arts, Deterioration.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: ESQUEMAS ILUSTRATIVOS DE PONTE E VIADUTO.....	18
FIGURA 2: ESQUEMA ILUSTRATIVO DOS ELEMENTOS CONSTITUINTES DE PONTE.....	19
FIGURA 3: ESQUEMA ILUSTRATIVO DE PONTE COM VIADUTO DE ACESSO.....	20
FIGURA 4: ESQUEMA ILUSTRATIVO DOS ELEMENTOS CONSTITUINTES NA SEÇÃO TRANSVERSAL.....	21
FIGURA 5: ESQUEMA ILUSTRATIVO DOS ELEMENTOS CONSTITUINTES NA SEÇÃO LONGITUDINAL.....	21
FIGURA 6: ESQUEMA ILUSTRATIVO DE UMA PONTE RETA ORTOGONAL.....	22
FIGURA 7: ESQUEMA ILUSTRATIVO DE PONTES RETAS.....	23
FIGURA 8: REPRESENTAÇÃO DA SIMILARIDADE ENTRE PONTE ESTAIADA, VIGA RETA E DE PROTENSÃO NO EXTRADORSO.....	24
FIGURA 9: PONTE ODAWARA BLUEWAY BRIDGE, JAPÃO.....	25
FIGURA 10: ESQUEMA DOS COMPONENTES DE UM CABO.....	25
FIGURA 11: CABOS EM LEQUE.....	26
FIGURA 12: CABOS EM HARPA.....	26
FIGURA 13: METAL DETERIORADO POR OXIDAÇÃO E CORROSÃO.....	32
FIGURA 14: SINTOMAS DE CORROSÃO COM MANCHAS, DESPLACAMENTO E FISSURAS.....	33
FIGURA 15: DESPLACAMENTO DE CONCRETO DEVIDO CORROSÃO DAS ARMADURAS.....	33
FIGURA 16: DESALINHAMENTO DA BARREIRA DE PROTEÇÃO E APARELHO DE APOIO FORA NO LUGAR.....	34
FIGURA 17: ESMAGAMENTO DO CONCRETO.....	35
FIGURA 18: FALHAS NA CONCRETAGEM.....	36
FIGURA 19: FISSURAS DE RETRAÇÃO PLÁSTICA.....	37
FIGURA 20: FISSURAS DE ASSENTAMENTO PLÁSTICO.....	38
FIGURA 21: FISSURAS DE MOVIMENTAÇÃO DE FORMAS.....	38
FIGURA 22: FISSURAS SOB EFEITOS DE CARGAS.....	40
FIGURA 23: FISSURA DE CORROSÃO.....	41
FIGURA 24: FLECHA EXCESSIVA.....	41
FIGURA 25: FORMAÇÃO DE EFLORESCÊNCIA EM LAJES SEM E COM ESTALACTITES.....	42
FIGURA 26: MANCHAS EM ESTRUTURAS EXPOSTAS.....	43
FIGURA 27: OBSTRUÇÃO DA JUNTA DE DILATAÇÃO COM PAVIMENTO.....	44
FIGURA 28: UMIDADE EXCESSIVA EM OEAS.....	44
FIGURA 29: FLUXOGRAMA PARA A AVALIAÇÃO QUANTITATIVA.....	47
FIGURA 30: MAPA DO TOCANTINS.....	50
FIGURA 31: LOCALIZAÇÃO DA PONTE DOS IMIGRANTES NORDESTINOS.....	51
FIGURA 32: PONTES DOS IMIGRANTES NORDESTINOS.....	52
FIGURA 33: PERFIL LONGITUDINAL DA PONTE.....	52
FIGURA 34: FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DA PESQUISA.....	54
FIGURA 35: DANOS DOS PILONES DO APOIO 7.....	57

FIGURA 36: MANCHAS DE BOLOR NO BLOCO DE FUNDAÇÃO BF4, BF5 E BF6.....	58
FIGURA 37: ATERRO DOS APOIOS 1 E 10.	59
FIGURA 38: ATERROS DOS APOIOS 2 E 4.	59
FIGURA 39: MANCHA NOS PILARES 5 E 9.	60
FIGURA 40: MANCHA DE BOLOR NA TRAVESSA 3.....	61
FIGURA 41: MANCHA DE BOLOR NA LONGARINA VL20.	62
FIGURA 42: FALHA DE CONCRETAGEM NA LONGARINA VL 5.	62
FIGURA 43: DESPLACAMENTO DO CONCRETO NA LONGARINA VL 20.	63
FIGURA 44: BARREIRA RÍGIDA COM MANCHAS E DESPLACAMENTO DO CONCRETO.	63
FIGURA 45: GUARDA-CORPO.....	64
FIGURA 46: DANOS ENCONTRADOS NA PISTA DE ROLAMENTO.....	65
FIGURA 47: JUNTA DE DILATAÇÃO COM VEGETAÇÃO.....	66
FIGURA 48: TABULEIRO E LAJES.....	66
FIGURA 49: CORTINAS A E B.	67
FIGURA 50: APARELHO DE APOIO DO APOIO 1.	68
FIGURA 51: ESTACAS DO APOIO 6.....	68
FIGURA 52: BARREIRA DE PROTEÇÃO ANTI-CHOQUE.....	69
FIGURA 53: PARTE SUPERIOR DA BARREIRA ANTI-CHOQUE.....	70
FIGURA 54: ESTAIS.....	70
FIGURA 55: ACESSO A INSTALAÇÃO ELÉTRICA DA PONTE.....	71
FIGURA 56: TUBULAÇÃO DE DRENAGEM OBSTRUÍDA.	71

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: TIPOS DE INSPEÇÕES EM OAES.....	28
TABELA 2: CORRESPONDÊNCIA ENTRE A CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL E O COBRIMENTO NOMINAL PARA $\Delta C = 10$ MM.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGETO	Agência Tocantinense de Transportes e Obras
CEB	Comitê Euro-Internacional de Concreto
D	Grau do Dano
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
C_{\min}	Cobrimento Mínimo
C_{nom}	Cobrimento Nominal
F_i	Fator de intensidade do dano
FIP	Federação Internacional de Pré-Estresse
F_p	Fator de ponderação de um dano
F_r	Fator de Relevância Estrutural
G_d	Grau de Deterioração do Elemento
GDE	Grau de Deterioração da Estrutura
G_d^f	Grau de deterioração de uma família
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
MEO	Cota de máxima enchente
NBR	Norma Brasileira
OAE	Obra de Arte Especial
PECC	Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil
UnB	Universidade de Brasília

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA.....	15
1.2	HIPÓTESE.....	15
1.3	OBJETIVOS.....	15
1.3.1	Objetivo Geral	15
1.3.2	Objetivos Específicos	16
1.4	JUSTIFICATIVA.....	16
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	OBRAS DE ARTE ESPECIAIS – OAES.....	18
2.1.1	Principais requisitos de uma ponte.....	18
2.1.2	Elementos constituintes das pontes	19
2.2	PONTE COM PROTENSÃO NO EXTRADORSO.....	24
2.2.1	Cabos.....	25
2.2.2	Torre	26
2.3	DURABILIDADE, DESEMPENHO E VIDA ÚTIL DO CONCRETO ARMADO.	27
2.4	INSPEÇÃO VISUAL E AVALIAÇÃO EM OAES.....	28
2.5	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM OAES.....	29
2.6	DANOS EM OAES.....	30
2.6.1	Cobrimento deficiente	30
2.6.2	Corrosão das armaduras e peças metálicas	31
2.6.3	Desplacamento do concreto	33
2.6.4	Desvios de geometria	34
2.6.5	Esmagamento do concreto	35
2.6.6	Falhas de concretagem	35
2.6.7	Fissura	36
2.6.8	Flechas excessivas.....	41
2.6.9	Lixiviação e Eflorescência em superfícies de concreto	42
2.6.10	Manchas	43
2.6.11	Obstrução de juntas de dilatação	43
2.6.12	Umidade excessiva.....	44
2.7	MEDOTOLOGIA GDE/UNB.....	45

2.7.1 Origem da metodologia	45
2.7.2 Formulação	46
3. METODOLOGIA.....	50
3.1 CARACTERÍSTICA DO ESTUDO	50
3.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA	50
3.3 OBJETO DE ESTUDO	51
3.4 PESQUISA	53
3.5 INSPEÇÃO ROTINEIRA.....	55
4. ANÁLISE DOS DADOS	56
5. TRATAMENTO DOS DADOS E RESULTADOS	57
5.1 PILONE OU TORRE.....	57
5.2 BLOCOS DE FUNDAÇÃO E ATERRO	58
5.3 PILAR	60
5.4 TRAVESSAS	61
5.5 VIGA LONGARINA	61
5.6 BARREIRA RÍGIDA DE PROTEÇÃO	63
5.7 GUARDA – CORPO	64
5.8 PISTA DE ROLAMENTO	64
5.9 JUNTA DE DILATAÇÃO.....	65
5.10 LAJE E TABULEIRO	66
5.11 CORTINAS	67
5.12 APARELHO DE APOIO	67
5.13 ESTACA	68
5.14 OUTROS ELEMENTOS	69
5.14.1 Barreira de proteção anti-choque	69
5.14.2 Estais	70
5.14.3 Iluminação	71
5.14.4 Sistema de Drenagem.....	71
6. CONCLUSÃO.....	72
REFERÊNCIAS.....	74
ANEXOS.....	79
APÊNDICES	84

1. INTRODUÇÃO

Por muito tempo, acreditou-se que as construções de concreto eram previstas para durar por períodos indeterminados, dispensando manutenção e reparos. No entanto, o concreto como qualquer outro material, está propenso a deteriorar com o tempo e a depender das suas condições de preparo, produção e conservação, o desempenho da estrutura pode ficar prejudicado.

As pontes e viadutos por serem elementos de grande importância para o transporte de cargas são necessários cuidados que vão além de um bom projeto, execução e a sua correta utilização; requerendo assim as devidas inspeções e manutenções.

Todavia, ainda é possível constatar a negligência dos órgãos competentes, ligadas à manutenção destas obras, a qual pode ser evidenciada através da preocupação somente com a execução do projeto em detrimento de manutenções.

Desta forma, a maioria das pontes apresentam estado patológico comprometedor, oferecendo riscos à segurança da sociedade e causando prejuízos econômicos devido ao estado de abandono. (CALIL; GÓES, 2004).

A falta de manutenção faz com que mínimas manifestações patológicas, que teriam baixo custo de recuperação, se desenvolvam para situações de desempenho insatisfatório, interferência no aspecto estético e possível insegurança estrutural levando a alto custo de recuperação.

Diante deste contexto, Helene (1992) declara que boa parte dos problemas patológicos se retratam em manifestações visíveis, ou sintomas, que possibilita fazer perspectiva acerca das demais partes do diagnóstico do problema. Os sintomas são denominados fissuras, manchas, desgastes superficiais, segregação, defeitos ou manifestações patológicas.

Dessa forma, sabendo que uma inspeção rotineira, caracterizada por observações visuais, tem como propósito identificar os sintomas externos existentes na estrutura, este trabalho é importante, pois irá identificar as manifestações aparentes nos elementos da estrutura fazendo uma análise final do grau de deterioração da ponte.

As manutenções preventivas contribuem para o prolongamento da vida útil das estruturas, pois a identificação e estudo das manifestações patológicas aparentes existentes em uma estrutura podem auxiliar na tomada de decisões quanto à intervenção mais adequada de recuperação das estruturas. Contudo na inspeção, será possível prevenir danos futuros antes que eles tenham um grau irreversível e permitir que as autoridades idealizem planos de manutenção, que podem ser preventivas ou corretivas.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A avaliação do estado de conservação de uma Obra de Arte Especial - OAE é determinante para tomada de decisão quanto à intervenção adequada. A avaliação inicia-se com as inspeções, sendo possível identificar as condições reais das estruturas e quais as medidas que devem ser tomadas para garantir a vida útil, durabilidade e o desempenho da função para qual foi projetada.

Diante disso, questiona-se, qual o estado de conservação atual da ponte dos Imigrantes Nordestinos, situada na BR – 445, entre os municípios de Lajeado e Miracema do Tocantins?

1.2 HIPÓTESE

Por se tratar de uma estrutura que foi liberada para uso em 2011 não terá indícios de corrosão nas armaduras, recalque de apoio, desalinhos dos guarda-corpos e barreiras de proteção e nem junta de dilatação deteriorada.

Mas como a estrutura encontra-se exposta às intempéries, será encontrado fissuras superficiais nas quatro faces dos pilones e nas barreiras rígidas de proteção, manchas nos tabuleiros onde tenham possíveis acúmulos de água, manchas próximas aos tubos do sistema de drenagem, acúmulo de água na superfície superior das barreiras de proteção anti-choque e sinais de esmagamento e deslocamento do concreto próximo aos aparelhos de apoios.

Serão encontrados ainda, vestígios de oxidação de ferro nos parafusos da capa de proteção dos estais, nos parafusos da ancoragem dos estais ao dorso da ponte e nos aparelhos de apoios das extremidades externas do viaduto de acesso e guarda-corpos de proteção dos pedestres.

Ao final desta pesquisa o *nível de deterioração da estrutura* será o intervalo $0 > 15$, considerado *baixo*, estado aceitável, tendo como ações recomendadas apenas manutenções preventivas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

O principal objetivo deste trabalho é avaliar o estado de conservação atual de ponte com protensão no extradorso sobre o rio Tocantins, situada na BR – 445, entre os municípios de Lajeado e Miracema do Tocantins, aplicando a metodologia GDE/UnB.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar inspeção visual de acordo com o Manual de aplicação da metodologia GDE/UnB em OAEs;
- Quantificar os danos encontrados durante a vistoria;
- Classificar a ponte de acordo com a metodologia GDE/UnB.

1.4 JUSTIFICATIVA

Helene (1992) declara que boa parte dos problemas patológicos se retratam em manifestações visíveis, ou sintomas, que possibilita fazer perspectiva acerca das demais partes do diagnóstico do problema. Os sintomas são denominados fissuras, manchas, desgastes superficiais, segregação ou defeitos ou manifestações patológicas.

Os sintomas podem vir a comprometer a durabilidade, vida útil e desempenho da edificação e este trabalho é importante ao governo, pois vai estudar as patologias presentes na estrutura, permitindo escolher qual a melhor intervenção a ser adotada antes que a vida útil seja afetada.

Uma vez a estrutura tendo seu desempenho comprometido, a mesma sofrerá interdições, causando transtornos para a sociedade e este estudo é fundamental para a comunidade, pois ao estudar as patologias na ponte, futuros danos podem ser previstos, impedindo o comprometimento da vida útil da estrutura evitando assim possíveis interdições.

Segundo a Agência Tocantinense de Transportes e Obras - AGETO (2008) a ponte de Lajedo é a solução de maior segurança, conforto, diminuição da velocidade de percurso e dos custos de transporte dos usuários, principalmente para o tráfego de longa distância, portanto esta pesquisa é essencial para o transporte público, pois com a identificação de possíveis problemas patológicos que permitirá uma intervenção adequada por parte dos órgãos competentes, o tráfego estará livre de possíveis interrupções.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas - IBGE (2013), a região de Miracema do Tocantins está entre os 30 maiores produtores de abacaxi do país, onde são produzidas mais de 62 mil toneladas de abacaxi. Portanto este trabalho é fundamental para a economia, onde ao estudar as patologias presentes na ponte estará advertindo sobre possíveis danos futuros, impedindo assim interrupção no escoamento agrícola da região.

Este trabalho também é importante para todos os Engenheiros Cíveis e acadêmicos que buscarem por pesquisas sobre o tema aqui abordado, servindo de parâmetro para estruturas

semelhantes, banco de dados para estudos comparativos na mesma OAE e ampliações quanto a novos trabalhos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 OBRAS DE ARTE ESPECIAIS – OAES

Conforme descrito por Pfeil (1979), uma ponte pode ser definida como: “obra destinada à 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”.

Resumidamente, ponte é estrutura que dar continuidade de uma via com destino qualquer transpondo obstáculos. Quando o obstáculo transposto é um rio define-se ponte. Quando o obstáculo transposto é um vale ou outra via denomina-se viaduto, independente da classificação, o tratamento estrutural de ambos é idêntico em quase todo o conjunto com diferenças significativas apenas na transposição a ser vencida conforme ilustrado na figura 1.

Figura 1: Esquemas ilustrativos de ponte e viaduto.



Fonte: DNIT/Divulgação (2013).



Fonte: Prefeitura Botafogo/Divulgação (2019).

Segundo Vitório (2015), as pontes e viadutos são conhecidos no Brasil como Obras de Arte Especiais - OAEs compreendendo um acervo público de grande valor e importância, pois são fundamentais para o desenvolvimento econômico e social da comunidade.

2.1.1 Principais requisitos de uma ponte

De acordo com Bastos e Miranda (2017) para facilitar a mobilidade da população nos centros urbanos, as pontes e viadutos são elementos primordiais. As OAEs interligam e

sobrepõem caminhos em virtude de grandes desníveis geográficos e cruzamentos de avenidas e ruas.

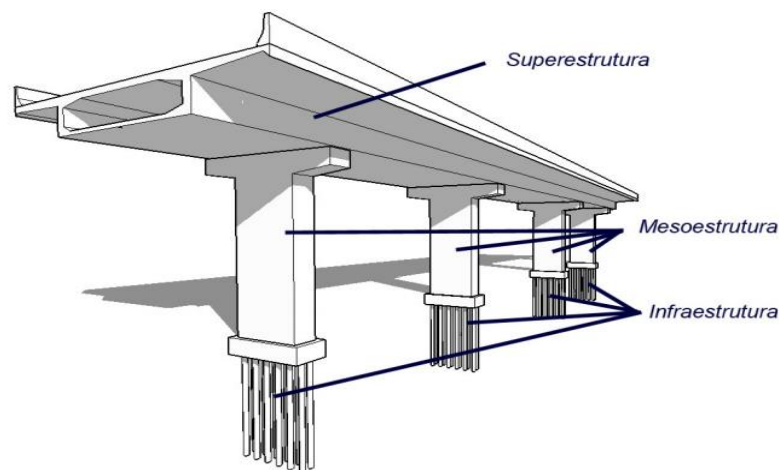
Levando em consideração a grande utilidade das estruturas de pontes e viadutos, a preocupação com funcionalidade, segurança, durabilidade, economia e outros, levou Marchetti (2013) a definir os seguintes requisitos principais de uma OAE que são: funcionalidade, segurança, estética, durabilidade e economia.

- **Segurança** – materiais que suportem de forma satisfatória às tensões aplicadas pelos carregamentos;
- **Estética** – arquitetura condizente com o ambiente;
- **Economia** – opção que atenda os demais requisitos levando em conta o menor custo;
- **Durabilidade** – deve atender às exigências de uso durante certo período previsto.

2.1.2 Elementos constituintes das pontes

Para Mason (1977) e Pfeil (1983), os elementos de uma ponte são fragmentados em três grupos: superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura como mostrada na figura 2.

Figura 2: Esquema ilustrativo dos elementos constituintes de ponte.



Fonte: Adaptada por Silva (2006, p. 21).

A **superestrutura** entende-se a parte da ponte destinada a vencer o obstáculo, que recebe diretamente os esforços, sendo composta por vigas, longarinas, tabuleiro, lajes, tábuas ou chapas metálicas.

A **mesoestrutura** recebe os esforços da superestrutura, e transferem-nos para as fundações tendo como componentes os pilares, encontros e aparelhos de apoio.

E a **infraestrutura** tem o objetivo de distribuir os esforços provenientes da superestrutura e da mesoestrutura ao terreno. Compõe os elementos de fundação os blocos, estacas e tubulões.

O rio, às vezes, está localizado em meio a um vale muito aberto, tendo então a necessidade da construção de estrutura que seja possível acessar a ponte. A construção de acesso pode ser aterro ou viaduto, sendo assim denominado por Marchetti (2008) de viaduto de acesso, como mostra a figura 3.

Figura 3: Esquema ilustrativo de ponte com viaduto de acesso.

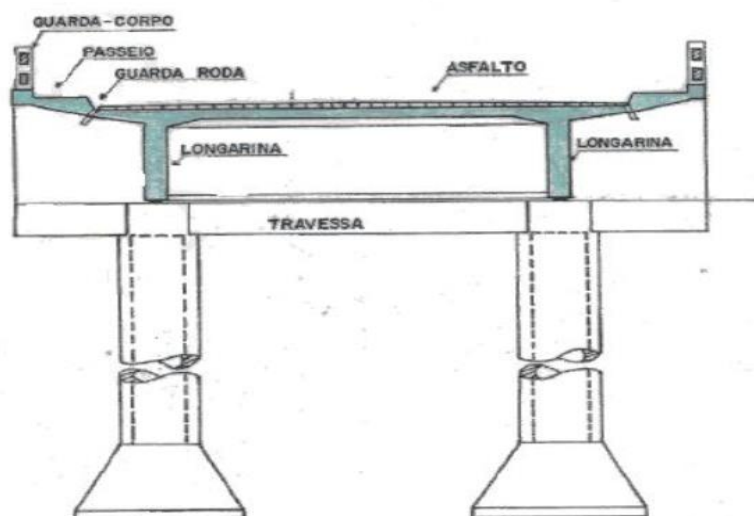


Fonte: Disponível em <http://comiteobrasbr116.blogspot.com/2012/12/ponte-estaiada-um-dos-destaques-do.html>

Leonhardt (1979) e Debs e Takeya (2003) apresentam alguns elementos que são executados atualmente na seção transversal e longitudinal.

Na **seção transversal** temos: pista de rolamento (asfalto), a largura disponível para o tráfego normal dos veículos podendo ser subdividida em faixas; acostamento que é a largura adicional à pista de rolamento destinada à utilização em casos de emergência pelos veículos; defesa são os elementos de proteção aos veículos colocados lateralmente ao acostamento; passeio é a largura adicional destinada apenas ao tráfego de pedestres; guarda-rodas são os elementos que impedem os veículos invadirem os passeios e o guarda corpo que são elementos de proteção aos pedestres (Figura 4).

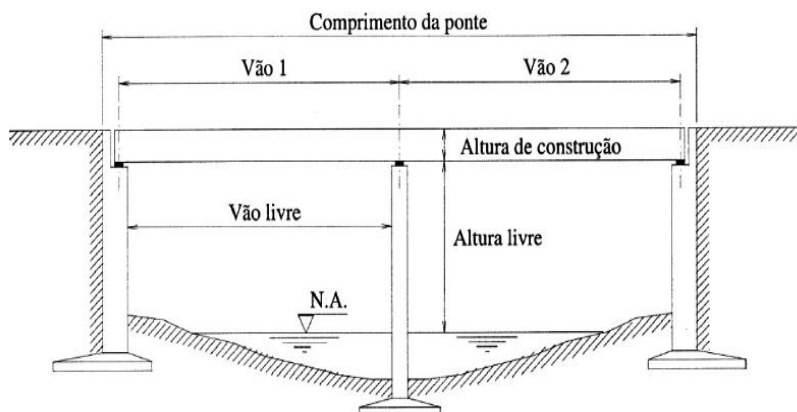
Figura 4: Esquema ilustrativo dos elementos constituintes na seção transversal



Fonte: Debs e Takeya (2003).

Na **seção longitudinal**, como mostrada na figura 5, é possível identificar o comprimento da ponte ou vão total, vãos, vão livre, altura de construção e altura livre.

Figura 5: Esquema ilustrativo dos elementos constituintes na seção longitudinal



Fonte: Debs e Takeya (2003)

Não podendo deixar também de citar os elementos constituintes complementares que fazem parte de qualquer estrutura de OAE que são juntas de dilatação, iluminação, drenagem e sinalização horizontal e vertical.

2.1.3 Classificação das OAEs

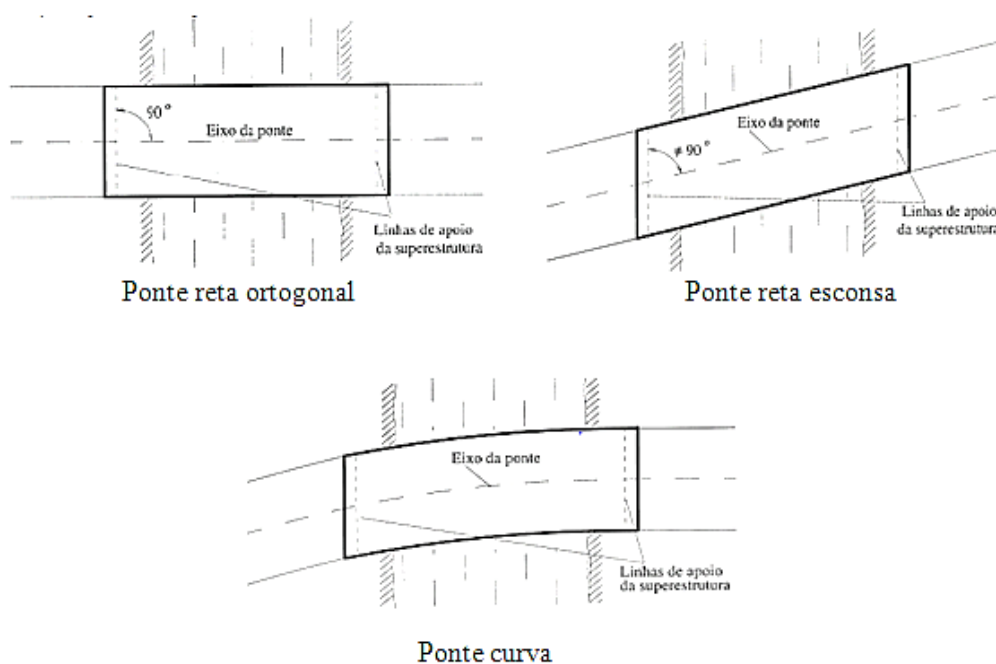
Vários autores abordam de maneira diferentes a catalogação das pontes. Dentre os vários critérios utilizados para classificar uma OAE, serão abordados aqui os mais utilizados conforme Leonhardt (1979), Debs e Takeya (2003) que destacam as pontes quanto: material da superestrutura, natureza do tráfego, planimetria, altimetria, comprimento, esquema estrutural da superestrutura, posição do tabuleiro, seção transversal, processo construtivo, período de utilização e conforme as cargas móveis.

Quanto ao material da superestrutura, deve-se considerar que cada tipo de material apresentará concepções estruturais particulares, os mais utilizados são: alvenaria de tijolos; aço; concreto simples; concreto armado; concreto protendido; mistas (aço/concreto e madeira/concreto) e madeira.

Quanto à natureza do tráfego as pontes se classificam em pontes rodoviárias, ferroviárias, aeroviárias, passarelas, canais e mistas. São mistas quando atendem a dois tipos de tráfego.

Quanto à planimetria as pontes são correlacionadas em função do traçado da via e das condições de interferência no local da obra. Sendo então classificadas em retas: de eixo reto e se subdividem em ortogonais e esconsas; e curvas: de eixo curvo, como representado na figura 6.

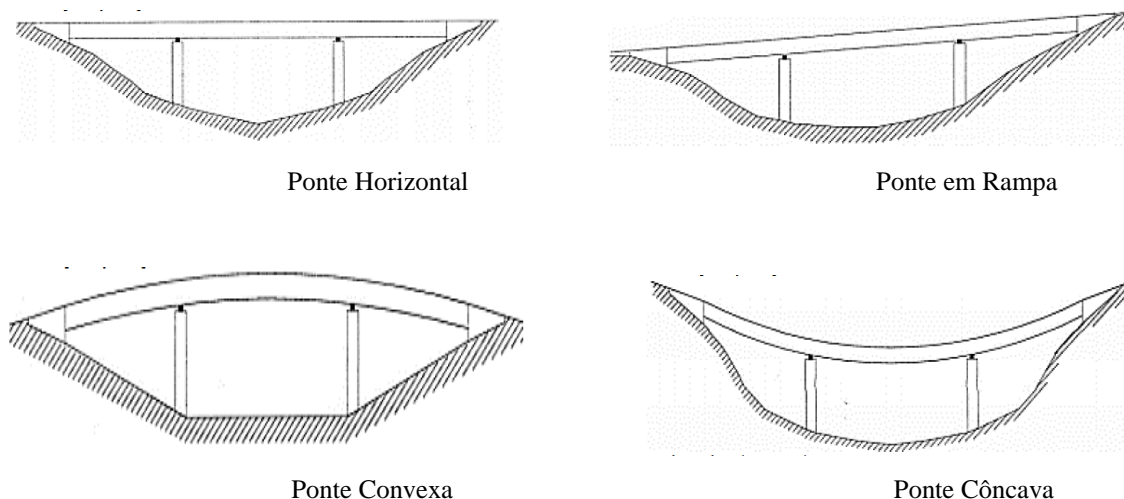
Figura 6: Esquema ilustrativo de uma ponte reta ortogonal



Fonte: Debs e Takeya (2007, p. 14).

Quanto à altimetria as OAEs podem ser retas (horizontais ou em rampa) ou curvas (tabuleiro convexo ou côncavo) como representado na figura 7.

Figura 7: Esquema ilustrativo de pontes retas.



Fonte: Debs e Takeya (2007, p. 14).

Quanto ao comprimento as pontes recebem denominações como: Galerias (bueiros) – 2,00 a 3,00m; Pontilhões – de 3,00 a 10,00m; Pontes e viadutos – acima de 10,00m de vão.

Quanto ao esquema estrutural da superestrutura a classificação das pontes se dá como: ponte em viga; ponte em treliça usualmente empregada em aço e madeira; ponte em pórtico sistema em que as vigas do tabuleiro são contínuas com os pilares, esta solução é utilizada para diminuir os vãos da viga reta; ponte em arco; pontes suspensas por cabos (penseis, estaiadas e protensão no extradorso) estas estruturas superam facilmente vãos maiores que 1000m.

Quanto à seção transversal as mais comuns são as pontes de laje, podendo ser maciça ou vazada, viga tendo seção T ou I, seção celular e treliçada.

Quanto à disposição do tabuleiro a classificação se dá como: ponte com tabuleiro superior; ponte com tabuleiro intermediário e ponte com tabuleiro inferior.

Quanto aos processos construtivos tem-se: construção com concreto moldado “in loco”; construção com concreto pré-moldado; construção com balanços sucessivos; construção com deslocamentos sucessivos.

Quanto ao seu período de utilização as pontes podem ser classificadas em provisórias e permanentes. As pontes provisórias são utilizadas em casos de emergências para restabelecer acessos, tráfegos ou passagens importantes provisoriamente.

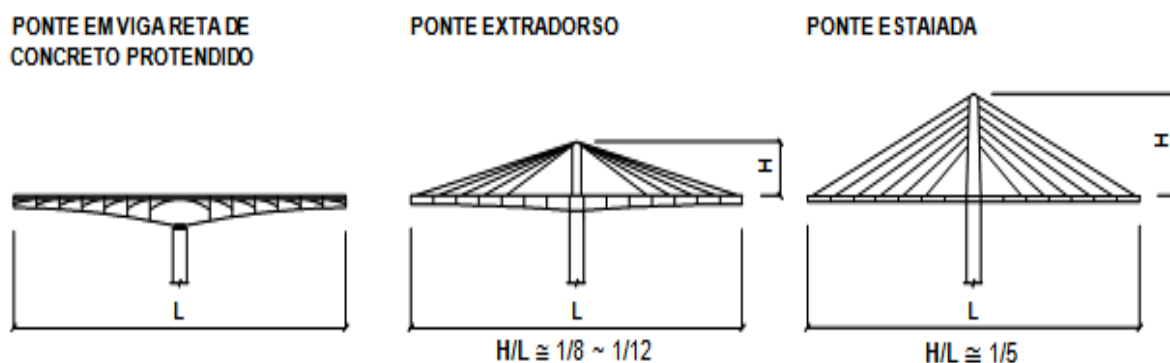
2.2 PONTE COM PROTENSÃO NO EXTRADORSO

Diante o aprimoramento e evolução das técnicas em concreto protendido e métodos construtivos empregado nas últimas décadas, novos sistemas estruturais vêm sendo utilizados na execução de pontes e viadutos, como é o caso da ponte conhecida como “extradorso”. Conceção esta que foi proposta pelo engenheiro francês Jacques Mathivat em 1988.

Mathivat (1988) sugere que pontes disponham de altura constante no tabuleiro, com valores entre $L/35$ e $L/30$, e sugere também o valor da altura da torre em $L/15$, sendo L o comprimento do vão principal.

Para Ishii (2006), quando deparamo-nos com uma ponte extradorso tendemos a considerá-la uma ponte estaiada, mas o apropriado é saber que esse tipo de estrutura é uma modificação da ponte em viga de concreto protendido e a estaiada, reunindo algumas características de cada uma delas como apresentado na ilustração na figura 8.

Figura 8: Representação da similaridade entre ponte estaiada, viga reta e de protensão no extradorso.



Fonte: Ishii (2006).

Na figura 9 esta ilustrada a ponte pioneira com a técnica extradorso que foi construída em 1994, no Japão, e batizada como Odawara Blueway Bridge, sua extensão total é de 270 metros, subdivididos em três vãos contínuos de 74, 122 e 74 metros. A partir de então, muitas outras pontes extradorso vem sendo executadas no Japão, Coréia do Sul e Brasil com as pontes sobre o Rio Acre, a integração Brasil-Peru e a Ponte dos Imigrantes Nordestinos sobre o Rio Tocantins, viabilizando essa nova concepção estrutural como alternativa para vãos entre 100 e 200 metros.

Figura 9: Ponte Odawara Blueway Bridge, Japão.



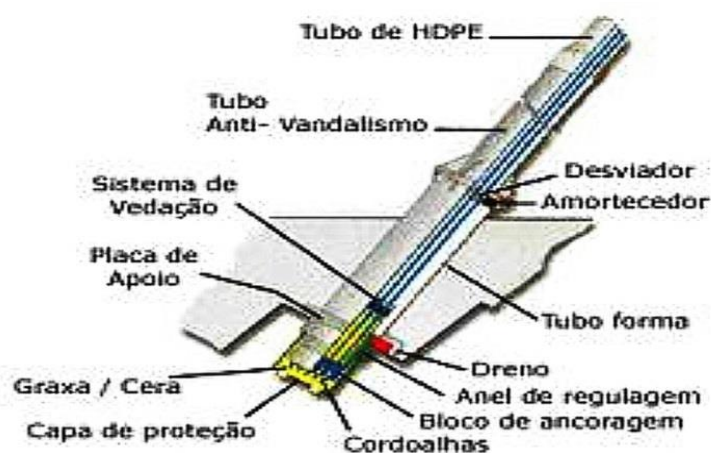
Fonte: Disponível em <http://www.mmddesign.jp/003highway/odawara.html>

Oyamada (2006) afirma que as pontes extradorso são mais visadas por serem capazes de vencer vãos medindo entre 100 e 200 metros, possibilitando a redução da altura da viga principal e dos pilões. Esse tipo de estrutura apresenta maior facilidade de execução, em relação a uma ponte estaiada, onde a liberdade de projeto tem desenvolvido pontes com estéticas e qualidade cada vez melhor.

2.2.1 Cabos

Os cabos de pontes com protensão no extradorso são tecnologicamente semelhantes à protensão externa convencional, localizados acima do tabuleiro e que desviados ou ancorados em pequenas torres. Os cabos são compostos por um conjunto de cordoalhas e itens utilizados na proteção do conjunto distribuídos paralelamente como apresentado na figura 10.

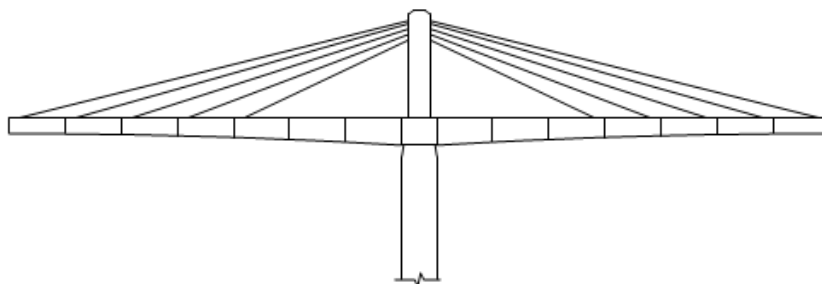
Figura 10: Esquema dos componentes de um cabo.



Fonte: Disponível em <https://www.protende.com.br/estais-servicos>

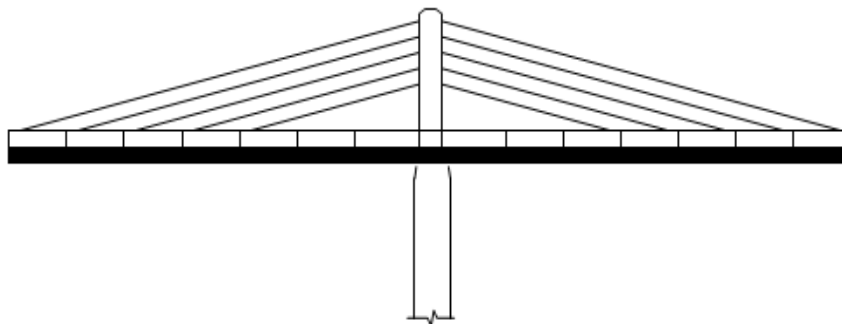
Nas configurações apresentadas abaixo, temos na figura 11, a distribuição em **leque**, onde os cabos extradorso estão ancorados ao longo do tabuleiro e fixos na parte superior da torre. Na representação da figura 12 temos o sistema em **harpa**, onde os cabos se distribuem paralelamente ao longo do tabuleiro até a pilone.

Figura 11: Cabos em leque



Fonte: Ishii (2006).

Figura 12: Cabos em harpa.



Fonte: Ishii (2006).

2.2.2 Torre

Nas pontes de protensão no extradorso as torres têm uma altura limitada em relação ao vão e proporciona um aspecto estético bastante interessante em locais onde se deseja que a ponte não entre em conflito com a paisagem em volta. Além disso, em locais próximos a aeroportos e que necessitam de grandes vãos livres para a navegação essa solução parece ser a ideal.

Mathivat (1988) sugere que ponte que tenham essas características tenha altura constante no tabuleiro, com valores entre $L/35$ e $L/30$, e sugere também o valor da altura da torre em $L/15$, sendo L o comprimento do vão principal.

2.3 DURABILIDADE, DESEMPENHO E VIDA ÚTIL DO CONCRETO ARMADO.

Em virtude de grandes números de problemas patológicos, colapsos parciais e até mesmo colapsos totais em estruturas de concreto armado, o estudo das Patologias das Estruturas vem crescendo há algumas décadas. Segundo Souza e Ripper (1988), no meio profissional começa a existir uma preocupação de que as estruturas estejam entrando na terceira idade, exigindo cuidados e atenção diferente às dadas a elas até o momento.

Diante tal evidência, começou a ser difundidos conceitos até agora nunca abordados como, desempenho, durabilidade, meio ambiente, conformidade, vida útil e manutenção.

O conceito de qualidade tem adquirido grandes alterações ao longo das décadas. A mais ou menos uns 40 ou 50 anos atrás, qualidade estava intimamente ligada aos critérios de resistência, onde atender o Fck era o suficiente para estipular que a estrutura era de qualidade. Com a evolução dos métodos construtivos o conceito de durabilidade já não bastava, pois a edificação além de resistente deveria ser durável.

Em 1997 Neville introduziu o conceito de desempenho, ao afirmar que, as estruturas são consideradas duráveis quando desempenham as funções que lhe foram atribuídas, mantendo a resistência e a utilidade esperada durante o período de vida previsto. Nota-se que desempenho é mais abrangente que durabilidade, pois o desempenho tem haver com a funcionalidade que a edificação deve exercer.

De acordo com NBR 6118:2014, no item 6.2.1, entende-se que vida útil de projeto é o período de tempo no qual se mantém a característica da estrutura de concreto, sem que haja interferências significativas, atendendo sempre os requisitos de uso e manutenção estabelecidos pelo projetista e pelo construtor, bem como das disposições de execução dos reparos necessários ao longo do tempo, decorrentes de danos acidentais.

Sales et al (2005), comenta que a vida útil das estruturas tem variação de acordo com a finalidade do projeto, salvo algum inconveniente ou incidentes. A pouca durabilidade nas estruturas vai desde a precariedade nos planejamentos da obra até a falta de manutenção, onde neste intervalo envolve erros de projeto, mão de obra desqualificada que termina em erros de execução encaminhando a problemas patológicos.

Cruz (2017, p. 20) afirma que “manter o desempenho, durabilidade e prevenir as OAEs do surgimento de manifestações patológicas são necessários a realização de inspeções ao longo das etapas de operação”. Nakamura (2017) diz que é possível fazer uma gestão de

manutenções das estruturas através das inspeções, permitindo fazer avaliações sob a visão da segurança estrutural, funcionalidade e durabilidade.

2.4 INSPEÇÃO VISUAL E AVALIAÇÃO EM OAES

Segundo Almeida (2013) as inspeções são divididas em rotineira, principais, especiais, particulares e detalhadas, tendo diferentes intervalos de tempo para serem realizadas (tabela 1).

Tabela 1:Tipos de inspeções em OAES.

TIPO	DESCRIÇÃO	PERIODICIDADE
Rotina	Observação visual da parte emersa da ponte, sobretudo para avaliar o seu estado de manutenção.	12 a 15 meses
Principais	Observação da estrutura emersa e imersa se possível com meios de acesso que permitam fazer a observação a uma distância ao toque de todos os componentes da ponte e possibilitem a caracterização das anomalias.	3 a 6 anos
Especiais	Devem ser previstas na sequência de situações acidentais (ex: sismo, cheia, impacto, etc.) ou quando necessário para esclarecimento de eventuais dúvidas (ex: extracaro de corpos de prova). Pode englobar a realização de ensaios não destrutivos sobre a estrutura e de estudos de caracterização estrutural.	
Particulares	Em zonas particulares como partes submersas (com batimetria e, por exemplo, coleta de imagens de Sonar), aparelhos de apoio, etc.	
Detalhadas	No âmbito de projetos de intervenções.	

Fonte: Adaptado de ALMEIRA (2013).

As manutenções periódicas colaboram para que se mantenha a integridade e funcionalidade da estrutura, as inspeções por sua vez ajudam a diagnosticar se existe hospedado um problema patológico na edificação e assim mediar um processo de reabilitação.

Ainda para Almeida (2013) inspeção visual é um método que garante informações confiáveis a um custo relativamente baixo quando realizada por pessoal qualificado, fornecendo em um curto prazo uma visão geral da condição da estrutura.

A periodicidade das inspeções visuais é definida geralmente em um ano ou em 15 meses, possibilitando a realização de inspeções em períodos diferentes no ano. Inspeções mais detalhadas são realizadas entre três a seis anos, sendo que inspeções em locais de difícil acesso, como aparelhos de apoio, e inspeções subaquáticas são realizadas a cada quatro anos.

Para Fontes et al (2014) com as inspeções visuais é possível identificar novos danos e acompanhar a evolução desses danos em inspeções futuras, vale ressaltar também que nem todos os danos detectados exige ensaios ou testes.

2.5 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM OAES

Para Helene (1992), “Patologia pode ser entendida como a parte da Engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, sendo estas as partes do diagnóstico do problema”. É importante conhecer as consequências que os problemas causam no comportamento da estrutura, essa abordagem chama-se de prognóstico.

Para Costa (2009) todas as obras especialmente as pontes, ao longo de sua vida útil, interage com o meio ambiente e vão sendo submetidas a diferentes solicitações, sofrendo degradação com o tempo.

As manifestações patológicas identificadas em pontes se apresentam em intensidade e incidências bem relevantes, podendo acarretar custos bem elevados para sua reparação, como comenta Helene (1992). Devido a esse fato, os aspectos estéticos, e na maioria das vezes, a capacidade resistente da estrutura, pode ficar comprometidos. Podendo interferir no desempenho e chegar ao colapso total ou parcial da estrutura.

Conforme Souza e Ripper (1998):

“O fato de uma estrutura em determinado momento apresentar-se com desempenho insatisfatório não significa que ela esteja necessariamente condenada. A avaliação desta situação é, talvez, o objetivo maior da Patologia das Estruturas, posto que esta é a ocasião que requer imediata intervenção técnica, de forma que ainda seja possível reabilitar a estrutura”.

As origens dos processos de deterioração de uma estrutura variam entre falhas humanas, causas naturais dos materiais ou ações externas, capazes de influenciar nas propriedades físicas e mecânicas dos materiais constituintes das estruturas.

A partir dos resultados obtidos nas vistorias, se torna possível elaborar métodos de prevenção e intervenções necessárias às estruturas.

No presente trabalho, quando se tratar de manifestações patológicas o vocábulo adotado será dano. Essa escolha se baseia na terminologia descrita pela metodologia GDE/UnB.

2.6 DANOS EM OAES

Cada tipo de material apresenta diferentes mecanismos de deterioração. Dependendo a qual ambiente o material está inserido, os mesmos podem vir a reduzir seu desempenho, como consequência dessa deterioração com o meio.

Nos metais, pode ocorrer perda de material, devido à corrosão que também pode ser chamada de dissolução ou pela formação de uma película não metálica denominada de oxidação. Já nas estruturas de concreto a deterioração ocasiona de forma física ou química.

As causas físicas podem ser: desgaste superficial e fissuração. Enquanto que as causas químicas podem ser: reações troca catiônica entre fluidos agressivos e a pasta de cimento; hidrólise e lixiviação de produtos de hidratação do cimento; e as reações envolvendo a formação de produtos expansivos (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Nesta pesquisa não será considerado os danos de carbonatação e contaminação por cloretos, mesmo estando catalogados nas fichas de inspeção da metodologia, justifica-se tal ação devido não poderem ser detectados de forma visual, necessitando que sejam coletadas amostras ou removida uma parte do concreto de cobrimento. Diante dessas restrições, e por se tratar de inspeções rotineiras, serão avaliados apenas os danos que puderem ser detectados visualmente. A seguir serão apresentados os danos encontrados com maior frequência em pontes e viadutos.

2.6.1 Cobrimento deficiente

É um dano quando o cobrimento da peça de concreto não está considerando ao cobrimento mínimo estipulado de acordo com a agressividade ambiental. A deficiência do cobrimento na peça estrutural é mais suscetível à penetração de agentes agressivos que podem atacar as armaduras e dar início ao processo corrosivo.

Na NBR 6118:2014 é descrito que o cobrimento mínimo da armadura é uma menor dimensão que deve ser acatada ao longo de todo o elemento considerado. Durante o projeto e também na execução a garantia do cobrimento mínimo (C_{\min}), se dá pela observância do cobrimento nominal (C_{nom}), que é o cobrimento mínimo acrescido de uma tolerância de

execução (Δc). Assim, durante a execução as dimensões das armaduras e os espaçadores devem obedecer aos cobrimentos nominais estipulados de acordo com a classe de agressividade do ambiente, estabelecidos na Tabela 2.

Quando nas obras não houver com controle tecnológico o valor de Δc deve ser maior ou igual a 10 mm, caso tenha um controle satisfatório de qualidade, pode ser adotado o valor $\Delta c = 5$ mm, lembrando que a exigência de controle rigoroso deve ser salientada nos desenhos de projeto para que possa haver essa redução dos cobrimentos nominais, prescritos na Tabela 2, em 5 mm.

Tabela 2: Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

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

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

^b 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 ≥ 15 mm.

^c 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.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: NBR 6118:2014

Segundo a norma, os cobrimentos nominais e mínimos são sempre, referidos à superfície da armadura externa, em geral a face externa do estribo. O cobrimento nominal de uma determinada barra deve sempre ser:

$$C_{\text{nom}} \geq \emptyset \text{ barra}$$

$$C_{\text{nom}} \geq \emptyset \text{ feixe}$$

$$C_{\text{nom}} \geq 0,5 \emptyset \text{ bainha}$$

Quando se trata de elementos estruturais pré-moldados, a norma para cobrimentos mínimos das armaduras é a NBR 9062.

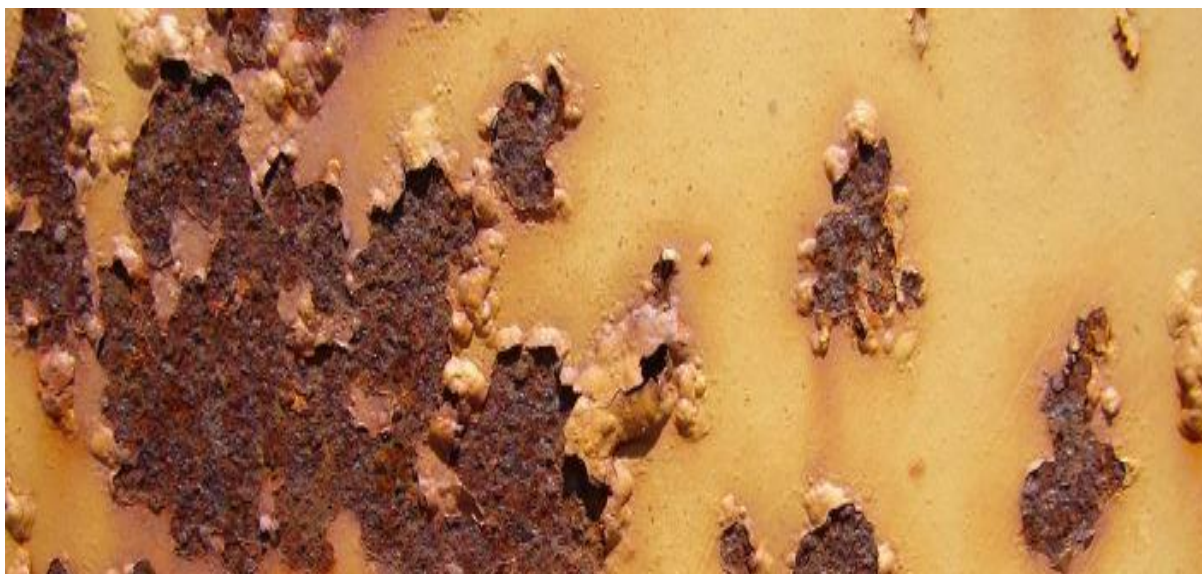
2.6.2 Corrosão das armaduras e peças metálicas

O químico Pacheco (2017) explica a diferença entre, oxidação, corrosão e ferrugem, informando ainda que o tratamento correto de cada fase de desgaste ajuda a evitar a perda precoce das mais diversas estruturas metálicas.

No processo de deterioração de um metal a fase inicial da degradação é denominada de oxidação, sendo importante ser tratada logo no início para não evoluir à corrosão e a ferrugem. A oxidação ocorre devido à superfície metálica está sem pintura ou corrompida por riscos ou impactos tornando-a desprotegida entrando em contato direto com o ar, vapor d'água ou água.

A corrosão de estruturas metálicas é a segunda fase da deterioração das peças metálicas logo após a oxidação. Ocorre desprendimento do metal em pontos variados, que vai ficando cada vez mais exposto aos danos causados pelo contato com a atmosfera aparecendo manchas sobre a superfície (Figura 13).

Figura 13: Metal deteriorado por oxidação e corrosão.

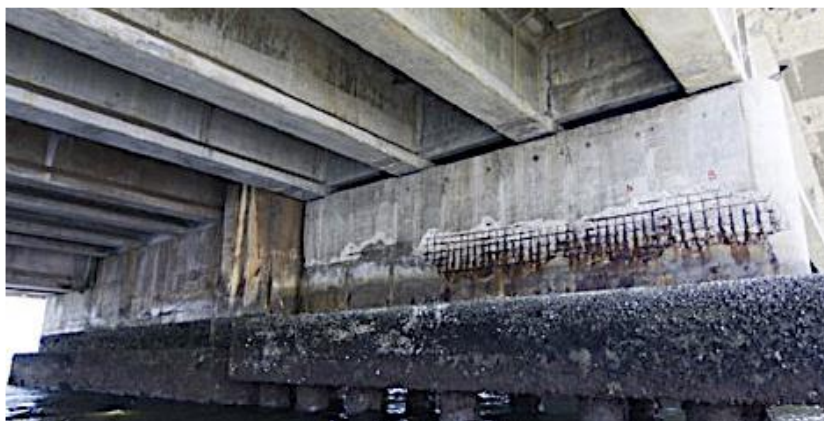


Fonte: Disponível em <https://www.quimatic.com.br/blog/2017/03/entender-a-diferenca-entre-oxidacao-ferrugem-e-corrosao-garante-melhor-protecao-aos-metais/>

A ferrugem é uma camada avermelhada de hidróxido de ferro que fica na superfície do metal quando os metais ferrosos como aço e ferro fundido já estão oxidados e corroídos.

A corrosão das armaduras pode ser identificada na superfície de elemento estrutural através das manifestações como manchas marrom-avermelhadas ou esverdeadas, deslocamento ou fissuras, como mostrado na figura 14.

Figura 14: Sintomas de corrosão com manchas, deslocamento e fissuras.



Fonte: Verly (2015)

A corrosão é um processo físico-químico que gera óxidos e hidróxidos de ferro e ocorre um aumento do volume original da armadura, causando expansão de até 6 vezes o volume real. A expansão elevada causa no concreto tensões de tração de até 15 Mpa, originando fissuras e lascamentos do cobrimento (CÁNOVAS, 1988)

2.6.3 Deslocamento do concreto

O deslocamento é a presença de lascas ou escamas de concreto na face do elemento. Esse fenômeno ocorre devido a choques, pressão, movimentações térmicas ou expansão das armaduras no interior do concreto (corrosão), conforme figura 15.

Figura 15: Deslocamento de concreto devido corrosão das armaduras.



Fonte: Andrade (2016)

Segundo Sousa (1999) esse tipo de dano também é indícios de ataques químicos do concreto, de diversas formas como: lixiviação, reação álcali-agregado, reações expansivas com sulfatos, causando a separação física de fatias ou placas de concreto, podendo causar a perda da resistência de engrenamento entre os agregados e da capacidade aglomerante da pasta.

Pode ocorrer, também, por ações biológicas como raízes e micro-organismos ou, ainda, por ações dos agentes agressivos (abrasão, vento, chuva, etc.) devido à dosagem incorreta e execução deficiente do cobrimento do concreto.

2.6.4 Desvios de geometria

Alteração do alinhamento ou da verticalidade de elementos estruturais em relação ao seu eixo, produzindo excentricidade adicional das forças atuantes, como representado na figura 16.

Figura 16: Desalinhamento da barreira de proteção e aparelho de apoio fora no lugar.



Fonte: Verly (2015)

Esse tipo de dano pode ter como causas: mau posicionamento das formas na hora da execução, alguns movimentos acidentais na estrutura, efeitos de esforços não previstos ou não considerados corretamente no projeto.

2.6.5 Esmagamento do concreto

Processo de fragmentação do concreto, podendo ter diversas causas como: erros de cálculo, sobrecargas excessivas, redistribuição de esforços ou movimentação da estrutura. Esse tipo de dano em pilares é identificado pelo surgimento de fissuras diagonais e/ou verticais, avançando para um acentuado lascamento do concreto, com perda de seção do elemento e flambagem das armaduras (Figura 17).

Figura 17: Esmagamento do concreto



Fonte: Verly (2015)

Os aparelhos de apoio que são os responsáveis em transmitir os esforços entre elementos estruturais, liberando alguns movimentos e suas respectivas reações, também podem conter falhas devido algum desalinhamento, causando tensões e esmagamentos.

2.6.6 Falhas de concretagem

Existência de vazios no concreto do elemento estrutural, onde muitas vezes deixa exposta a armadura alavancando um processo corrosivo nesta região (Figura 18).

Figura 18: Falhas na concretagem.



Fonte: Verly (2015)

Os fatores que levam a este encadeamento de falhas são: dosagem inadequada do concreto, escolha errada do diâmetro máximo do agregado graúdo que não condiz com as dimensões da peça, inadequação no lançamento e/ou adensamento, taxas de aço excessivas ou espaçamento inadequado de armaduras e perda de nata de cimento por falhas nas formas.

2.6.7 Fissura

O concreto estrutural quando é projetado o projetista já considerando a possibilidade de fissuração. A presença dessas fissuras em elementos estruturais de concreto armado, não é indício de comprometimento na resistência ou funcionamento.

Devido à baixa resistência aos esforços de tração do concreto, as fissuras em elementos estruturais se tornam inevitáveis. Porém, as aberturas devido à fissuração devem estar condizente com o que preconiza a NBR 6118:2014 no item **13.4**, levando em consideração o tipo de ambiente ao qual a estrutura está situada, para não haver entrada de agentes agressivos, atacando assim o concreto e as armaduras.

Ainda na NBR 6118:2014 é prescindível estabelecer que as aberturas das fissuras na superfície de concreto não devem ultrapassar 0,4mm para concreto armado e 0,2mm para concreto protendido.

Os principais tipos de fissura são: fissuração em estado plástico; fissuração em estado endurecido; fissuras devido a cargas impostas; fissuras devido à corrosão de armaduras.

Fissuração em estado plástico

Segundo Clímaco (1990) e Cánovas (1988) durante o início de pega do concreto, aparecem fissuras com características típicas, como:

– *Fissuração de retração*: As fissuras são superficiais e longas, geralmente perpendiculares ao maior vão de lajes ou com um ângulo de 90° no cruzamento de duas fissuras. São provocadas pela evaporação rápida da água da mistura provocando retração do concreto. Essas fissuras têm abertura suficiente para promover corrosão e são indício de concreto pouco resistente e permeável, mas não são prejudiciais (Figura 19).

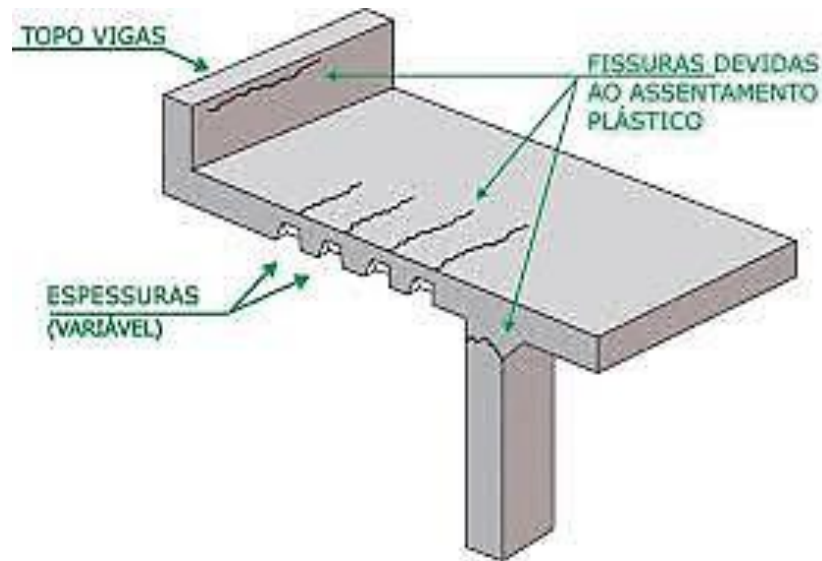
Figura 19: Fissuras de Retração Plástica.



Fonte: Disponível em <https://www.slideshare.net/GabriellaRibeiro7/tcnicas-de-restaurao-de-pavimentos-rgidos>

– *Fissuras de assentamento*: está ligada com inadequada compactação e cobrimento do concreto. Durante o adensamento do concreto, a água tende a fluir para cima e os materiais sólidos descem. Geralmente em regiões com grande concentração de armaduras a passagem da pasta fica obstruída impedindo o fluxo de evaporação da água, podendo o concreto fresco e pouco resistente sofrer tensões suficientes para provocar fissuras. Esse tipo de fissura é comum de se propagar ao longo das barras mais espessas com cobrimento insuficiente e, nestes casos, podem ocorrer problemas de corrosão (figura 20).

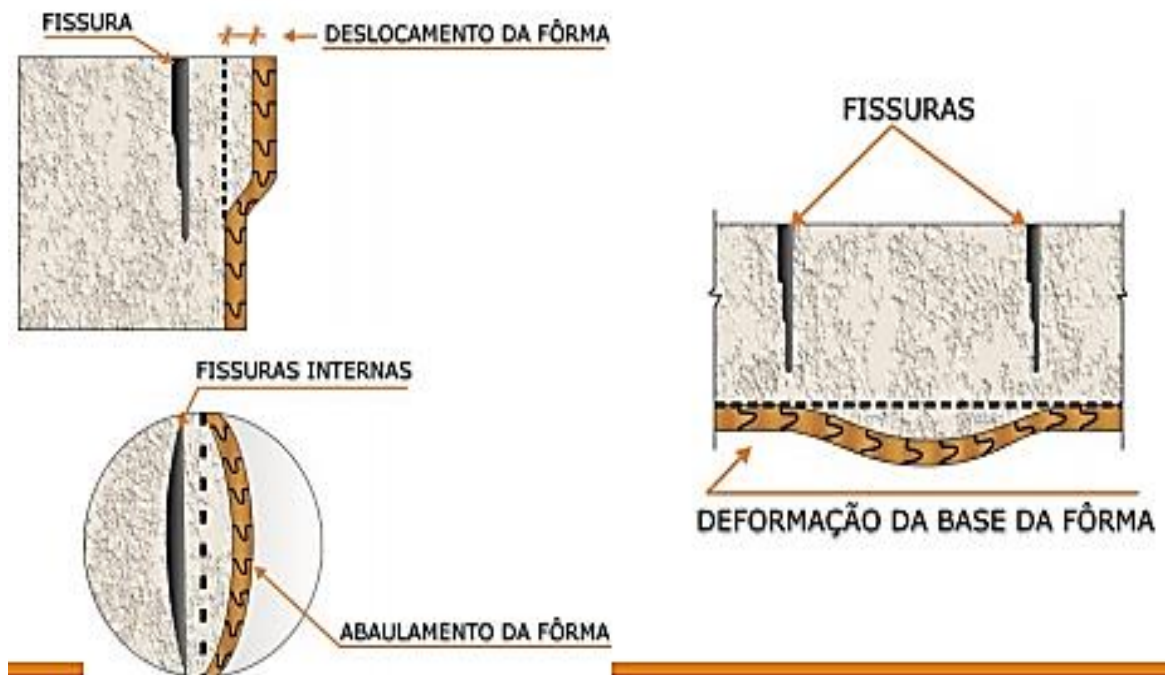
Figura 20: Fissuras de Assentamento Plástico.



Fonte: Meneghetti (2016)

– *Fissuras de movimentação de formas*: inadequação na rigidez das formas e escoramentos (figura 21).

Figura 21: Fissuras de movimentação de formas.



Fonte: Meneghetti (2016)

Fissuração em estado endurecido

— *Fissuração por retração hidráulica*: ocorre geralmente em grandes vãos de lajes de concreto com baixa espessura. Aparecem nas primeiras horas de concretagem devido o efeito de secagem ser mais rápido quanto mais elevada é a temperatura ambiente com ventos secos. A disposição das fissuras lembra um "mapeamento hidrográfico" em virtude de serem distribuídas de forma irregular.

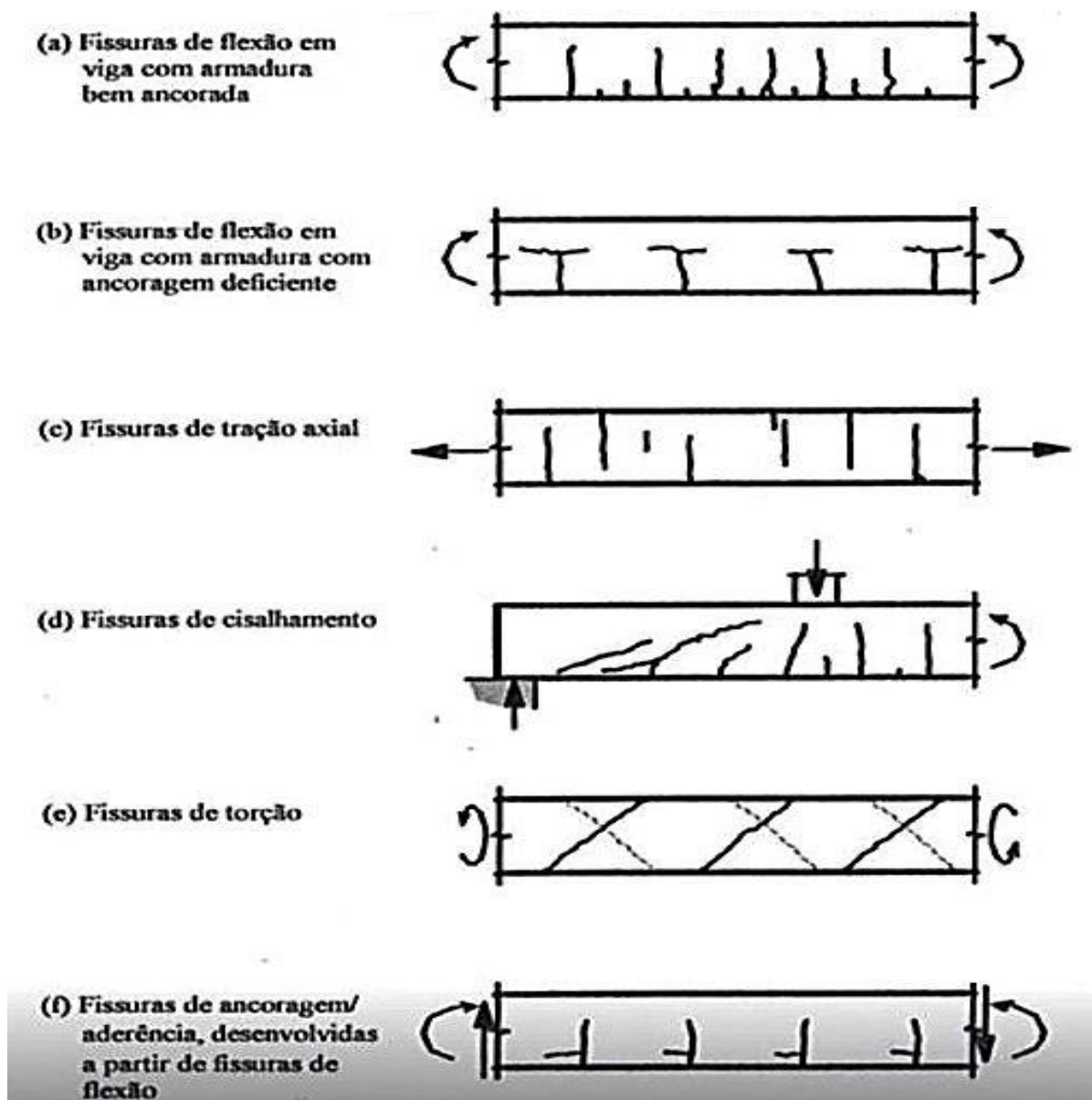
— *Fissuras térmicas da massa do concreto*: durante a hidratação do cimento, devido a baixa condutividade do concreto, a parte interna tem temperatura diferente da parte externa, formando assim um gradiente térmico. Portanto na superfície ocorre um esfriamento mais acelerado ocasionando retração, enquanto que o núcleo ainda está aquecido devido à hidratação do cimento, se formando fissuras na superfície.

— *Fissuras devido à variação de temperatura no ambiente*: Em geral, as fissuras são perpendiculares ao eixo principal do elemento, podendo seccioná-lo. Este processo se dá devido a grande variação de temperatura do ambiente ao qual está inserido o elemento estrutural. Com o diferencial muito elevando nas temperaturas gera contrações, formando tensões gerando assim fissuras. Caso na estrutura não tenham juntas de dilatação ou esteja com mal funcionamento poderá dar lugar a fissuras, se o concreto não puder resistir às tensões geradas.

Fissuras devido a cargas impostas

Estruturas quando submetidas a grandes carregamentos sofrem diferentes tipos de fissuras como são mostrados na Figura 22.

Figura 22: Fissuras sob efeitos de cargas.



Fonte: Disponível em <https://construcaocivil.info/>

Fissuras devido à corrosão de armaduras

Quando no interior do concreto há corrosão das armaduras, os óxidos que se formam são expansivos, gerando grandes tensões. Esse processo provoca o rompimento do concreto, com o aparecimento de fissuras e lascamento do concreto ao longo da armadura como identificado na figura 23.

Figura 23: Fissura de corrosão



Fonte: Verly (2015)

2.6.8 Flechas excessivas

A NBR 6118:2014 dita limites para os deslocamentos das peças de estruturas de concreto em relação a flechas, aos quais variam de $L/200$ até $L/350$. Também é feita distinção entre a “aceitabilidade sensorial” que previne a ocorrência de sensações desagradáveis aos usuários, efeitos específicos referentes à utilização da estrutura, efeitos nos elementos não estruturais e efeitos nos elementos estruturais. Segue na figura 24 uma ilustração de flechas excessivas.

Figura 24: Flecha excessiva



Fonte: Verly (2015)

2.6.9 Lixiviação e Eflorescência em superfícies de concreto

A lixiviação é uma manifestação patológica de origem química que consiste na presença de água sob gravidade no elemento estrutural. A Eflorescência são manchas esbranquiçadas em evidência na superfície do concreto. O aparecimento de manchas brancas é resultante das águas que percolam o concreto em virtude da lixiviação, carregando a cal liberada na hidratação do cimento que é extremamente solúvel em águas, principalmente águas puras e brandas, como ilustrado na figura 25.

Figura 25: Formação de eflorescência em lajes sem e com estalactites.



Fonte: Verly (2015)

Mehta (1994) detalha que a crosta branca de carbonato de cálcio na superfície do concreto, se dá quando os produtos da lixiviação interagem com o CO_2 presente no ar. Ocorrem normalmente em lajes onde tem fissuras, podendo, com o tempo formar estalactites. O processo produz géis de sílica e alumina, com pouca ou nenhuma resistência, tendo a perda significativa da resistência da pasta de cimento pela lixiviação da cal.

Para Souza (1999) todo esse processo ocasiona um aumento da porosidade do concreto, sendo considerado equivalente à osteoporose do osso humano e podendo levar, em um espaço de tempo considerado curto, à ruína do elemento estrutural.

De acordo com Vasconcelos (2018), esse fenômeno, além de reduzir o pH do concreto, torna-o mais poroso devido ao arraste de material, e deixa a armadura mais vulnerável à corrosão devido a facilidade de entrada dos agentes agressivos.

2.6.10 Manchas

Ocorrência de manchas escuras em superfícies nas partes expostas da estrutura de concreto, causadas pela contaminação por fungos, bolor etc (figura 26). Quando se trata de manchas, não devem ser consideradas outras manchas como as relacionadas à corrosão e eflorescências.

Figura 26: Manchas em estruturas expostas



Fonte: Verly (2015)

De acordo com Molin (1988) o bolor possui origem biológica e advém do desenvolvimento de microrganismos do grupo de fungos, que necessitam de umidade elevada para se desenvolverem. O processo de proliferação é acelerado caso haja ausência de iluminação e ventilação natural, além da presença de um agente causador da umidade.

Verly (2015) relata que esse processo gera um biofilme que se manifesta através das manchas esverdeadas que impactam diretamente na estética. Além disso, pode promover a desagregação do concreto.

2.6.11 Obstrução de juntas de dilatação

Segundo Verly (2015) junta de dilatação é um acessório constituinte nas edificações que separa fisicamente partes da estrutura, para que possam permitir movimentos sem a transmissão de forças e deslocamentos entre os elementos separados pela junta. Caso a junta seja coberta por material rígido ou o preenchimento da junta tenha perdido a sua elasticidade passa a existir tensões indesejáveis na estrutura, podendo favorecer o aparecimento de fissuras em elementos estruturais adjacentes à junta (figura 27). Os sistemas de vedação e enchimento das juntas devem permitir e acomodar a amplitude dos seus movimentos.

Figura 27: Obstrução da junta de dilatação com pavimento.



Fonte: Brito e Lima (2007)

2.6.12 Umidade excessiva

Para Verly (2015) a umidade excessiva (figura 28) pode ser proveniente de deficiência no sistema de drenagem de águas pluviais, acúmulo indevido de águas em lajes, vazamento em tubulações da própria edificação ou adjacentes. Quando esta umidade está submetida à base de pilares e/ou em blocos de fundação, é um fator em potencial para o surgimento de recalques, sendo considerado um dano específico.

Figura 28: Umidade excessiva em OEAs.



Fonte: Disponível em <https://www.bnews.com.br/noticias/principal/salvador/217295.blitz-bnews-com-estrutura-precaria-viadutos-de-salvador-apresentam-risco-a-populacao.html>

Quando a umidade se faz presente nos tabuleiros da ponte, Lottermann (2013) justifica essa umidade como sendo mais frequente em tempos chuvosos, devido à exposição direta da estrutura à água. Apesar do processo não parecer danoso, a exposição contínua pode provocar umidade interna, por falta de uma impermeabilização eficiente ou devido o concreto ser muito poroso, que faz com que ela gere pressão e infiltre nas lajes e vigas principalmente gerando assim as eflorescências e manchas.

2.7 METODOLOGIA GDE/UNB

2.7.1 Origem da metodologia

A ideia central utilizada na elaboração da metodologia GDE/UnB, foi o método de trabalho que Klein et al. (1991) formulou e aplicou na inspeção de onze OAEs situadas na região metropolitana de Porto Alegre/RS, durante a vigência de um convênio firmado entre a Prefeitura Municipal de Porto Alegre e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

Esse método se mostrou eficaz na classificação das onze obras em função da gravidade dos danos detectados. A finalidade do estudo era evidenciar os problemas existentes nas estruturas, sistematizar um processo de inspeção e classificar as estruturas em função da gravidade dos problemas encontrados por meio da definição de um grau de risco.

Klein et al. (1991) orientou que o método utilizado poderia ser adaptado a outros tipos de estruturas, devido à facilidade dos parâmetros adotados. Posteriormente a metodologia foi ajustada e aplicada em vistorias de diferentes tipos de estruturas.

Então Castro (1994) desenvolveu a metodologia chamada GDE/UnB com ênfase no trabalho apresentado por Klein et al. (1991), visando avaliar quantitativamente estruturas de concreto convencionais, e a aplicou em dois empreendimentos de ocupações diferenciadas. Após as adaptações necessárias, os resultados obtidos se mostraram coerentes com real estado de deterioração das estruturas analisadas.

A metodologia GDE/UnB é uma maneira de inspecionar estruturas de concreto armado proposto no Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília – PECC/UnB, atribuindo valores de 1 a 282,8 aos danos encontrados, de forma que expresse do estado de conservação das estruturas.

Durante o processo de elaboração da GDE, Castro (1994) utilizou como auxílio para as inspeções um documento denominado Caderno de Inspeção e indicou a futuros pesquisadores sobre a necessidade de um número maior de aplicações do método para o melhor ajuste da formulação e dos parâmetros empregados.

Posteriormente Lopes (1998) aplicou a metodologia a seis edificações comerciais do Banco do Brasil e alterou o “Caderno de Inspeção” para Roteiro de Inspeção para Estruturas de Concreto.

Já Boldo (2002) fez uso da GDE em quarenta edificações do Exército Brasileiro, atualizando também o documento para auxílio e denominando-o de Roteiro de Inspeção para Estruturas de Concreto.

Fonseca (2007) ao inspecionar estruturas de concreto de edificações no Instituto Central de Ciências da UnB, também apresentou nova adaptação do roteiro da metodologia GDE/UnB propondo as alterações nas fórmulas de cálculo do *Grau de deterioração de uma família* - G_{df} , do *Grau do Dano* – D .

Mais uma alteração na GDE foi feita por Euqueres (2011), onde foi realizado vistorias em onze pontes escolhidas aleatoriamente no estado de Goiás. Também foi utilizado e alterado o documento foi elaborado com base no roteiro apresentado por Fonseca (2007) e recebeu a denominação Roteiro de Inspeção para Estruturas e Pontes de Concreto Armado.

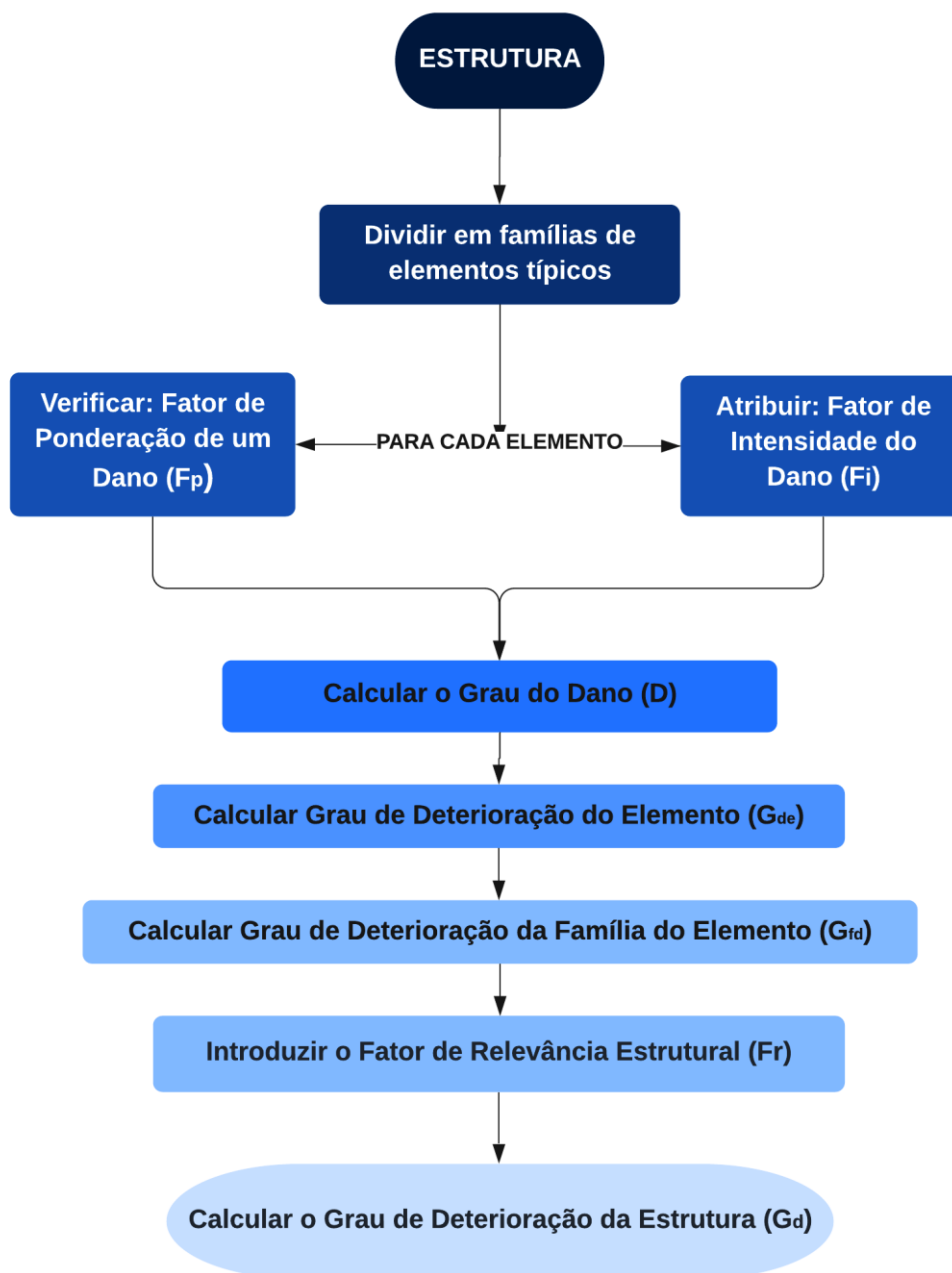
E por fim, Verly (2015) fez a atualização que será utilizada nesta pesquisa. Foram realizadas inspeção em 22 OAEs na região metropolitana de Brasília e a elaboração do Manual de aplicação da metodologia GDE/UnB a Obras de Artes Especiais.

Ainda neste método de análise, houve adaptação para inspeções rotineiras que são essencialmente visuais, então os danos que necessitavam de ensaios de campo para sua constatação foram eliminados. Outro ajuste necessário foi a inclusão de duas novas famílias de elementos: travessas e transversinas. A proposta da atual avaliação é que seja aplicada a metodologia GDE/UnB em túneis;

2.7.2 Formulação

As etapas da aplicação da metodologia se dão conforme o fluxograma apresentado a seguir na figura 29.

Figura 29: Fluxograma para a avaliação quantitativa.



Fonte: Adaptado de CASTRO, (1994).

A metodologia abrange atuações desde o escritório até o campo, onde ao final é possível determinar um valor do grau de deterioração da estrutura e ações de recomendações quanto à necessidade e o tempo de intervenção da obra.

As atividades do escritório são facilitadas caso a documentação, como projetos, memoriais de cálculo e arquivos de inspeções anteriores estejam disponíveis podendo assim ser feito a divisão dos elementos em *famílias de elementos estruturais típicos* e a

etapa do campo pode se limitar à atribuição dos valores para os *Fatores de ponderação de um dano (Fp)* e *Fatores de intensidade do dano (Fi)*.

Inicialmente identifica-se a estrutura mediante o preenchimento de uma ficha descritiva da OAE, constante no Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB à Obras de Artes Especiais elaborado por Verly (2015) disponível nos anexos.

Em seguida os elementos da estrutura são agrupados em famílias de acordo com suas características estruturais peculiares e com a sua função estrutural no conjunto.

Todos os elementos inclusos nas famílias são tratados durante a avaliação da metodologia de forma igual, mas, no entanto, essa divisão não é fixa e deve ser avaliada sempre que a metodologia for aplicada. Isso decorre do fato de elementos estruturais com o mesmo nome terem importância estrutural distintas em sistemas estruturais diferentes.

Seguindo o fluxograma apresentado, deve-se primeiro avaliar os elementos separadamente e para cada elemento avaliado deve-se preencher uma tabela onde os danos existentes estão listados conforme os modelos presentes nas tabelas B.1, B.2, B.3 e B.4 do Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB à Obras de Artes Especiais elaborado por Verly (2015).

De acordo com Castro (1994), o Fator de ponderação do dano – Fp, que já vem especificado nas planilhas, tem o objetivo de quantificar a importância relativa de um determinado dano no que se refere às condições gerais de segurança, funcionalidade e estética dos elementos de uma determinada família.

Os valores de Fp referente às fissuras são definidos no momento da inspeção de acordo com as Tabelas C.1 e C.2 do Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB em OAEs.

Para atribuir o Fator de Intensidade do Dano - Fi para cada elemento utilizam-se as tabelas A.1 e A.2 presentes no Manual elaborado por Verly (2015).

Conforme ainda o fluxograma, o Grau de dano (D) deve ser calculado para cada anomalia encontrada no elemento estrutural. Castro (1994) formulou o cálculo baseado no fator de intensidade do dano e do fator de ponderação do dano. A partir disso, foram geradas duas equações para encontrar o valor de D, indicadas nas equações constantes no Manual de Verly (2015).

Após a obtenção dos graus isolados de cada dano (D) é feita uma análise dos efeitos de todos os danos no elemento. Essa equação, proposta por Lopes (1998),

procura preservar a filosofia da metodologia, fazendo com que aos efeitos do maior dano sejam adicionados os efeitos dos demais.

Mediante o valor de Gde calculado para cada elemento, são feitas recomendações das ações a serem adotadas, conforme a Tabela 1 do Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB à Obras de Artes Especiais elaborado por Verly (2015).

Ainda conforme o fluxograma calcula-se o Grau de deterioração de uma família de elementos - Gdf que tem como objetivo avaliar o conjunto de elementos que fazem parte da mesma família. Para isso, leva em consideração os valores de Gde obtidos para cada elemento pertencente à família em estudo.

Observa-se que na Equação 4 são considerados apenas os valores de Gde iguais ou superiores a 15. A consideração de um valor mínimo para o Gde foi referenciado no desenvolvimento da metodologia por Castro (1994) a fim de caracterizar o que denominou *danos expressivos* sendo, portanto, também considerado nesta pesquisa.

Em seguida atribui-se o Fator de Relevância Estrutural da Família - Fr que leva em consideração a importância relativa de uma família de elementos no comportamento e no desempenho da estrutura como um todo, dependendo assim do sistema estrutural em análise.

Por fim, é calculado o Grau de deterioração da estrutura - Ga como um todo definido em função dos valores de Gdf obtidos por cada família da estrutura ponderados pelos respectivos fatores de relevância estrutural (Fr),

A equação apresentada se trata de uma média ponderada dos valores de Gdf em função dos respectivos valores de Fr. Após a definição do valor de Gd, assim como foi feito para cada elemento, a estrutura pode ser classificada em uma escala com a indicação do nível de deterioração e a recomendação de ações a serem tomadas conforme tabela 2 do Manual aqui adotado.

Segundo Verly (2015) os resultados obtidos, se mostraram mais consistentes quando considerados todos os valores de Gde, inclusive os menores que 15, uma vez que, mesmo em casos de estruturas com danos de baixa intensidade, é possível a priorização entre elas.

3. METODOLOGIA

3.1 CARACTERÍSTICA DO ESTUDO

De acordo com a escolha do tema e o objeto de estudo a pesquisa classificou-se como pesquisa aplicada, devido à utilização de pesquisas já realizadas a respeito da metodologia GDE/UnB, a fim de alcançar os objetivos definidos inicialmente.

A natureza da pesquisa caracterizou-se como quantitativa, pois buscou quantificar e identificar os danos existentes na estrutura, com a análise quantitativa dos dados coletados, gerou-se estatísticas a respeito das manifestações patológicas encontradas.

Seu objetivo metodológico foi explicativo, que segundo Gil (2008), tem como objetivo a identificação dos fatores que contribuem para o surgimento de um fenômeno, neste caso as anomalias na estrutura.

O procedimento metodológico adotado classificou-se como estudo de caso, que segundo Yin (2005, p.32) é um estudo empírico que investiga um fenômeno atual dentro do seu contexto de realidade, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas e no qual são utilizadas várias fontes de evidência.

3.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA

O Tocantins é o estado mais novo do Brasil, tendo Palmas como capital e fundado após a divisão do estado de Goiás que antes abrangia toda a área que hoje é o Tocantins (figura 32).

Figura 30: Mapa do Tocantins.



Fonte: Disponível em <https://br.depositphotos.com/48823267/stock-photo-map-of-tocantins-brazil.html>

A pesquisa aconteceu no segundo semestre de 2020, entre os meses de julho e outubro, sendo entregue em definitivo no mês de novembro com todas as correções realizadas.

3.3 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo deste trabalho está localizado a 65 km de distância de Palmas. A ponte rodoviária de concreto armado tem protensão no extradorso, sendo denominada de Ponte dos Imigrantes Nordestinos “Padre Cícero José de Sousa”, localizada na rodovia TO – 445 fazendo união com a TO-010, situada sobre o rio Tocantins, trecho entre Lajeado e Miracema do Tocantins (figura 31).

Figura 31: Localização da ponte dos Imigrantes Nordestinos.



Fonte: Disponível em <https://www.google.com.br/maps>

A estrutura liga a capital, Palmas, ao norte do Estado e foi inaugurada em 2011. Tem por coordenadas geográficas: N = 8923988,22m e E = 789604,77m, Zona 22L, com extensão total de 609,12m incluindo os viadutos de acesso (figura 32).

Figura 32: Pontes dos Imigrantes Nordestinos.

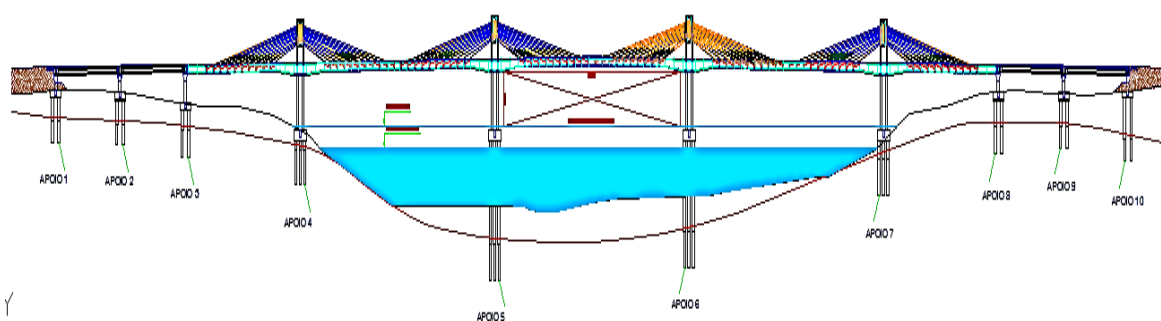


Fonte: Autora

A OAE é classificada como ponte rodoviária, ortogonal reta, de concreto armado, protensão no extradorso, permanente e método construtivo em balanços sucessivos.

Ela é composta por três vãos centrais de 110m, dois vãos laterais de equilíbrio com 65,00m cada vencendo toda a região molhada do curso d'água e dois viadutos de acesso medindo 37m cada, atingindo com isso o total de 609,12m, como mostra a figura 33. Todas as informações aqui abordadas sobre a OAE estão condizentes com o projeto original da estrutura fornecido pela AGETO (2011).

Figura 33: Perfil longitudinal da ponte.



Fonte: AGETO (2011)

Possui oito pilones de 12m de altura, 2m de comprimento e 85cm de espessura. Cada pilone tem ancorado vinte estais, sendo 10 de cada lado, totalizando 160 estais variando entre 19m e 55m de comprimento.

O retângulo previsto para a navegação possui dimensões de 100m na horizontal e altura de 15m livres. Sendo que estas dimensões se basearam em informações de cotas de máxima enchente - M.E.O.= 122,00. Quando em regime normal das águas foram observadas cotas de NA = 117,640. Portanto, em condições normais, o gabarito terá dimensões verticais da ordem de 20m, aproximadamente.

Na largura do tabuleiro contém duas pistas de 3,50m cada, dois acostamentos com 2,50m cada e dispositivos de segurança tais como duas barreiras rígidas de concreto armado, tipo New Jersey, com 0,40m cada e, ainda, dois passeios para pedestres com largura de 1,60m em cada extremidade, resultando uma largura total de tabuleiro de 16,00m.

A estrutura possui dez apoios e dezesseis pilares em, sendo os pilares do viaduto de acesso de seção circular de 1,50m de diâmetro e variando de 4 a 7m de altura. Os oito pilares da ponte têm seção octogonal com quatro lados opostos medindo 4m cada e as outras quatro faces também opostas medindo em torno de 63 cm cada. A altura dos pilares da ponte varia entre 15 e 16m.

Os viadutos de acesso possuem vinte longarinas de seção I com comprimento de 37m e altura de 2m cada. A ponte possui ainda quatro travessas com 13,80 de comprimento, 2m de altura e 2,5m de largura. Contém duas juntas de dilatação Profip de 48 cm de largura e 44 pares de apoio metálicos.

A fundação está aterrada, mas o projeto original e laudos geotécnicos indicam que, foram executadas por estacas escavadas, sendo que a profundidade da fundação nos viadutos de acesso variando entre 5,5 a 12m em solo mais 6 a 8m em rocha. Já na parte molhada a profundidade varia de 2,5 a 29m em solo mais 10m em solo impenetrável ou rocha.

3.4 PESQUISA

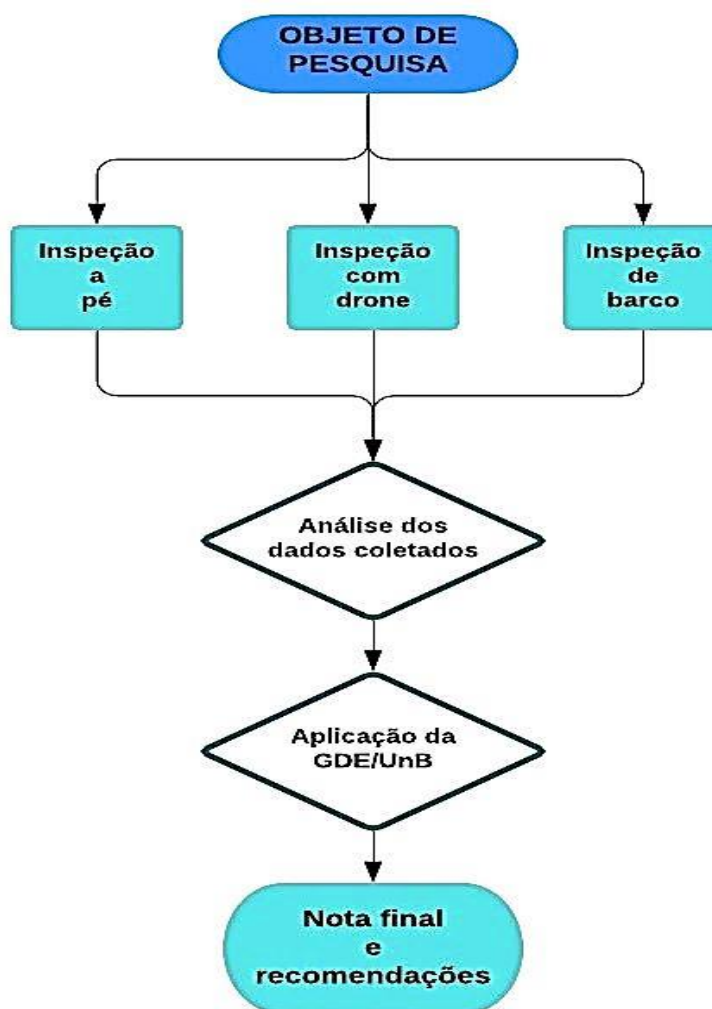
O trabalho teve início com estudos de bibliografias renomadas e confiáveis como dissertações de doutorado, teses de mestrado, livros, artigos e revistas onde os mesmos abordam sobre as patologias que podem surgir em estruturas de concreto armado.

Foi realizado também um estudo sobre os tipos de ponte suspensas por cabos e seu histórico ao longo dos tempos. Abordando também as diferenças e semelhanças existentes entre Pontes Estaiadas e Pontes com Protensão no Extradorso.

Em contato com a Agência Tocantinense de Transportes e Obras do Tocantins – AGETO, sobre a existência de possíveis laudos e relatórios de inspeções já realizadas na Ponte em estudo, mas não foi possível localizar os documentos.

Na figura 34, que está representada abaixo é possível identificar o fluxograma seguido durante as etapas desta pesquisa.

Figura 34: Fluxograma das etapas da pesquisa.



Fonte: Autora (2020)

Após pesquisas sobre as patologias e danos mais frequentes em OAEs de concreto armado e concreto protendido, a ponte vistoriada foi minuciosamente estudada e identificado seus elementos através do projeto original, fornecido pela AGETO.

Em eventos posteriores, realizou-se vistoria rotineira dividida em três visitas, sendo, vistorias a pé, com veículo aéreo não tripulável (drone) e pelo leito do rio utilizando barco. Esses três momentos de inspeção se faz necessário e é indicada pela metodologia devido à extensão da estrutura visando assim uma maior qualidade das informações coletadas e melhor quantificação dos danos existentes.

3.5 INSPEÇÃO ROTINEIRA

Durante a realização das inspeções, foram utilizadas trena, binóculos, escalímetro, máquina fotográfica, prancheta, planilhas, croquis da estrutura, drone, escada extensiva e barco. Sendo também importante frisar que durante todas as inspeções utilizou-se EPIs (capacete, luvas, botas, colete salva-vidas, etc.) adequados por parte do pesquisador e colaboradores.

Na inspeção visual a pé, que ocorreu no dia 30 de agosto de 2020, foi inspecionada a parte da superestrutura como: passeio de pedestres, guarda – corpos, barreira física, pilones e estais até a altura perceptível ao visual, sistema de drenagem pluvial, sinalização horizontal e vertical, iluminação, pavimento asfáltico e longarinas dos viadutos de acesso. Na mesoestrutura foram vistoriados os aparelhos de apoios, travessa, pilares que estavam na parte seca, encontro e aterro.

Na inspeção com barco, que aconteceu dia 12 de outubro do ano corrente, inspecionou-se a parte da estrutura dos pilares, barreira de proteção contra impactos, blocos de fundação ou estacas que estavam ao alcance visual e não submersos. Foi utilizado nessa etapa câmera digital de longo alcance e binóculos para registro de possíveis danos encontrados também na parte inferior do tabuleiro.

A vistoria com veículo aéreo não tripulável (drone) da marca Dji Phantom 4, tendo como operador o Senhor Sebastião Borba Júnior, aconteceu no dia 25 de outubro de 2020. Durante o processo foi vistoriado a parte superior dos pilones e estais, as ancoragens dos estais na parte externa ao dorso da ponte e a parte superior dos pilares sobre o leito do rio.

4. ANÁLISE DOS DADOS

Após as inspeções em campo, foi feita a tabulação dos dados coletados em planilhas no Software Excel, anexadas no APÊNDICE A, separando os elementos e quantificando os danos em cada um deles.

No croqui do projeto original foram identificados com legendas os elementos como forma ilustrativa para melhor visibilidade da situação por parte do leitor.

Os dados coletados em campo foram tratados de acordo com os métodos estipulados pela metodologia GDE/UnB. O Manual da metodologia estipula que sejam considerados para cálculos do *Grau de Deterioração das Famílias* apenas os elementos que alcançarem notas de dano superiores a 15. Portanto, a fim de considerar todos os danos expressivos da OAE estudada, foram considerados nesta pesquisa todos os elementos que obtiverem notas de *Danos* superiores à zero.

A nota final da estrutura foi estipulada conforme os cálculos abordados no Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB a Obras de Arte Especiais com as sugestões e recomendações também presentes no manual.

Por fim para uma melhor análise da estrutura como um todo foi também vistoriado elementos que a GDE não aborda no seu método avaliativo, como: sistema de drenagem, aterro, iluminação, sinalização horizontal e vertical.

5. TRATAMENTO DOS DADOS E RESULTADOS

Por se tratar de uma ponte muito extensa, visando uma melhor qualidade nos dados apresentados, foi necessário dividir a estrutura em dois lados: lado A (Miracema) e Lado B (Lajeado), conforme consta nos ANEXOS I. Os elementos foram todos identificados individualmente pelo projeto original da ponte fornecida pela AGETO.

Durante as vistorias foram observados os danos em todas as partes da superestrutura, mesoestrutura, infraestrutura e elementos complementares. Durante todo o procedimento das inspeções visuais realizadas na ponte, foram verificadas, de forma geral, os seguintes danos patológicos: trincas e fissuras, erosão (abrasão), manchas de umidade, eflorescência, deslocamento, desagregação do concreto, “ninhos” de concretagem, patologias por causas físicas na pavimentação e juntas de dilatação.

Foi atribuída legenda aos elementos para auxiliar a identificação conforme consta nos croquis e na lista de danos apresentadas nos APÊNDICES.

A seguir estão descritos os danos encontrados na vistoria de acordo com os elementos ao qual se encontram.

5.1 PILONE OU TORRE

A Pontes dos Imigrantes contam oito pilones ou torres, distribuídas em paralelo estando localizadas nos APOIOS 4,5,6 e 7. Os pilones foram vistoriados a pé e com veículo aéreo não tripulável.

Dentre as oitos torres as que mais apresentam manifestações patológicas ou danos são as torres que estão no APOIO 7. Na figura 35 é possível notar manchas de bolor, fissuras, eflorescência e deslocamento presente nesses pilones.

Figura 35: Danos dos Pilones do APOIO 7.



Fonte: Autora

As manchas de bolor encontradas em todos os pilones, segundo a GDE, ocorrem devido à presença de umidade.

Também segundo a metodologia GDE as fissuras provavelmente ocorreram em estado endurecido, decorrentes das altas temperaturas na região. Podendo as fissuras serem por retração hidráulica que lembra um "mapeamento hidrográfico" e devido à variação de temperatura no ambiente estando presentes perpendiculares ao maior vão.

A Eflorescência segundo Metha(1994), ocorre onde tem fissuras, pois por ela a água carrega o cal presente no concreto, formando as manchas esbranquiçadas. O deslocamento do concreto é localizado a uma altura de mais ou menos 1,60 de altura a contar da pista de rolamento.

Todos os Pilones apresentam manchas de bolor e algumas fissuras com formas mapeadas e cortando o maior vão. Todos os elementos alcançaram Nível de Deterioração BAIXO, mas os pilones sete e o oito estão com os danos mais aparentes como é possível notar no Grau de Deterioração do Elemento que obtiveram nota 10,50 enquanto os outros elementos estão com nota 7,80 de acordo com as planilhas dos apêndices.

5.2 BLOCOS DE FUNDAÇÃO E ATERRO

Os blocos de fundação dos APOIOS 4,5,6 e 7, aos quais estão em contato direto com a água apresentam manchas escuras de bolor acordo com a figura 37.

Figura 36: Manchas de Bolor no bloco de fundação BF4, BF5 e BF6.



Fonte: Autora

Os apoios que estão dentro do Rio, todas as faces apresentam manchas de bolor, mas o que estão nas margens do Rio, somente apresentam manchas nas faces que estão viradas para a água.

O aterro do APOIO 1 contém o início de uma fenda de 8 cm de largura do lado esquerdo ao apoio, acompanhando toda a inclinação do aterro como mostrado na Figura 37. No APOIO 10 constam fendas causadas também pela erosão que percorre toda a extensão do aterro.

Figura 37: Aterro dos apoios 1 e 10.



Fonte: Autora

De acordo com a figura 38, o aterro da face oeste do APOIO 2 já foi levado boa parte pela erosão, deixando a base do lado sul do bloco de fundação exposta.

No APOIO 4 o aterro da face leste foi levado parcialmente pela erosão deixando as estacas expostas a uma altura de 1,65 m, como mostrado na Figura 38.

Figura 38: Aterros dos apoios 2 e 4.



Fonte: Autora

O Nível de Deterioração dos blocos foi considerado BAIXO tendo como Grau de Deterioração nota igual a 4,8, conforme Tabela do apêndice A.

Mesmo sendo visível o deslocamento na base do bloco, o mesmo é advindo do desprendimento do lastro de concreto magro, não tendo prejuízo ao bloco.

5.3 PILAR

Dos vinte pilares vistoriados, os pilares P5 e o P9 apresentaram manchas escuras de bolor nas faces norte e Sul conforme a figura 39. Após a aplicação da GDE o Nível de Deterioração dos elementos foi considerado BAIXO e todos alcançaram o mesmo Grau de Deterioração com nota 4,80, pois as manchas são similares.

Figura 39: Mancha nos pilares 5 e 9.



Fonte: Autora

Todos os outros pilares se encontram em perfeito estado de conservação, não apresentando nenhum dano aparente.

5.4 TRAVESSAS

Sobre as travessas que apresentaram danos são as que estão localizadas nos APOIOS 3 e 8. O dano encontrado foi uma mancha escura que percorre toda a seção transversal do elemento, como apresentado na figura 40.

Figura 40: Mancha de bolor na Travessa 3.



Fonte: Autora

Nesses Apoios estão localizadas as Juntas de Dilatação, que possivelmente possam está permitindo a passagem de umidade e causando as manchas. Após a aplicação da GDE o Nível de Deterioração das duas travessas foi considerado BAIXO, tendo uma nota de Grau de deterioração de 4,8 conforme consta nos apêndices.

5.5 VIGA LONGARINA

Já nas longarinas foi encontrado manchas nas laterais das VL 1, VL 5, VL 16 e VL 20, que são nas longarinas que ficam nas extremidades do viaduto de acesso como apresentado na figura 41 abaixo.

Figura 41: Mancha de bolor na Longarina VL20.



Fonte: Autora

Conforme mostrado abaixo na Figura 42, foi encontrado também falha de concretagem na VL 5 na parte que fica próximo ao aparelho de apoio.

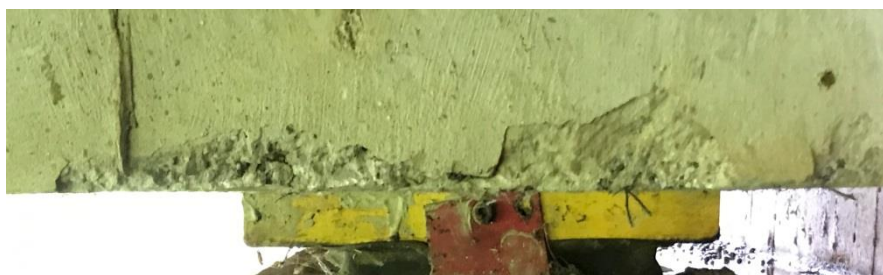
Figura 42: Falha de concretagem na Longarina VL 5.



Fonte: Autora

Também foi encontrado deslocamento do concreto na VL 20 na parte em contato com o parêlho de apoio que está na cortina B, como mostrado na figura 43 abaixo.

Figura 43: Deslocamento do concreto na longarina VL 20.



Fonte: Autora

O Nível de Deterioração das Longarinas foi considerado BAIXO e o Grau de Deterioração das longarinas VL 1 e VL 16 foi de 4,8, da longarina VL 5 foi de 6,0 e da VL20 foi de 8,0, esses valores estão também constando no Apêndice A.

5.6 BARREIRA RÍGIDA DE PROTEÇÃO

Dentre todos os elementos, as barreiras rígidas foram o segundo elemento que mais apresentaram danos de forma significativa. O nível de deterioração de cada barreira foi considerado MÉDIO e o Grau de Deterioração foi de 35,04 para cada barreira.

O elemento está totalmente coberto de manchas escuras nas laterais e apresenta várias fissuras perpendicular ao maior vão com distância entre elas de mais ou menos 30 cm ao longo de toda a estrutura na parte superior.

Em alguns pontos é possível visualizar o deslocamento do concreto, como apresentado na figura 42 abaixo.

Figura 44: Barreira rígida com manchas e deslocamento do concreto.



Fonte: Autora

Alguns danos a GDE não consideram para efeito de cálculo do nível de deterioração, um exemplo disso nas barreiras rígidas é a presença de vegetação como consta na foto acima já mencionada. Mesmo não sendo considerada para os cálculos, é importante salientar a presença dessa manifestação na estrutura.

5.7 GUARDA – CORPO

Os guarda-corpos são elementos em aço e boa parte da estrutura está com manchas avermelhadas, características de corrosão, como mostra a Figura 45. Próximo às extremidades do Lado A e do Lado B a base de apoio do guarda-corpo em alguns pontos consta focos de partes corroídas, como mostra a figura na mencionada.

Figura 45: Guarda-corpo.



Fonte: Autora

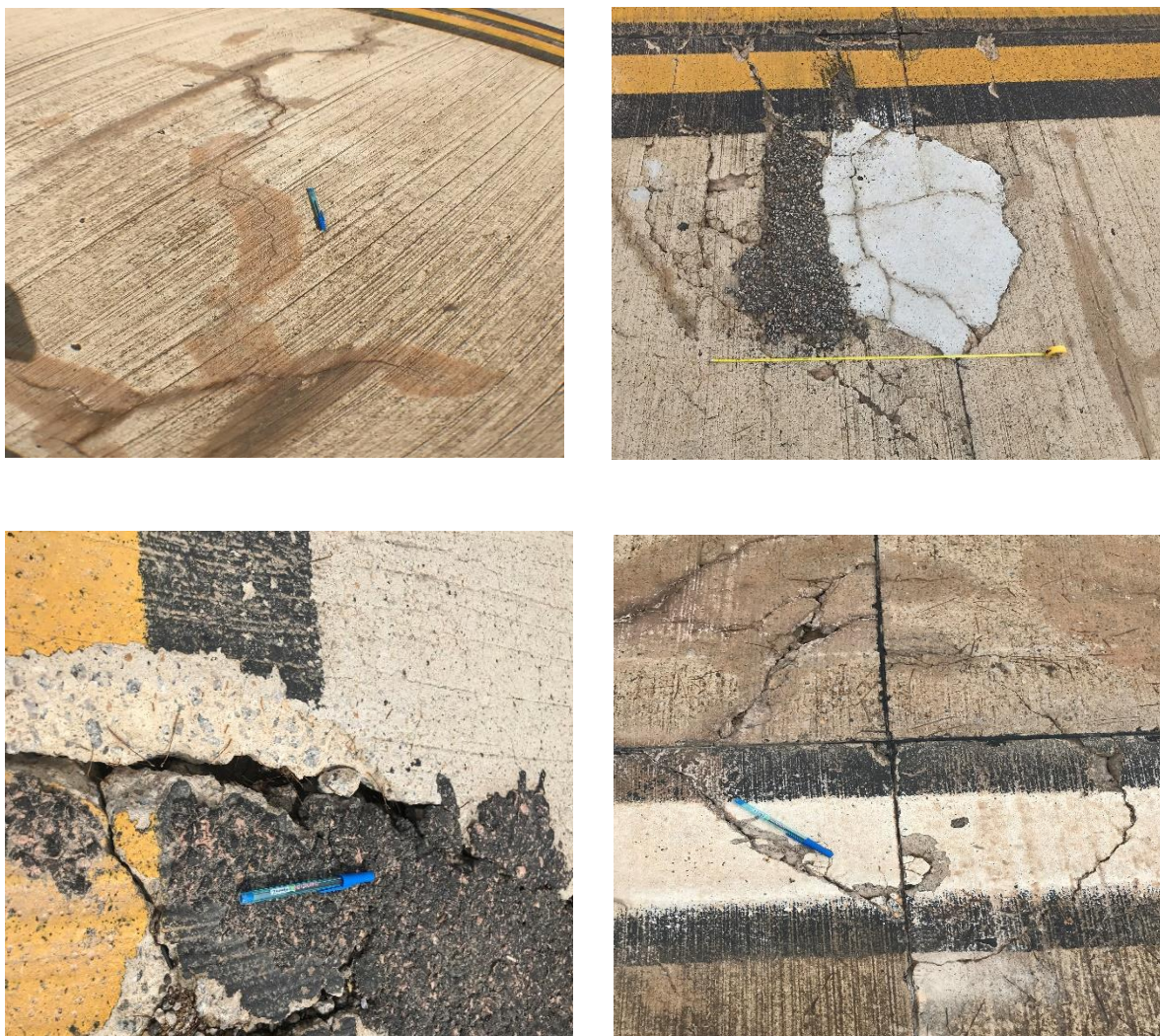
Nas extremidades da ponte e nos viadutos de acesso, é possível notar que nessas regiões existe acúmulo de água das chuvas, o que ocasiona boa parte da corrosão dos guarda-corpos.

O nível de deterioração dos guarda-corpos foi considerado BAIXO e com nota de Grau de Deterioração sendo 11,00.

5.8 PISTA DE ROLAMENTO

No pavimento asfáltico foram encontrados danos como buracos, armaduras expostas do pavimento de concreto, remendos, fissuras e trincas.

Figura 46: Danos encontrados na pista de rolamento.



Fonte: Autora

A parte da estrutura mais afetada por esses danos esta localizada em cima do APOIO 4, estando o restante da pista de rolamento apenas com fissuras causadas devido às altas temperaturas e ao desgaste natural da estrutura.

O Grau de Deterioração do pavimento tem nota 12 e é considerado BAIXO pela metodologia GDE.

5.9 JUNTA DE DILATAÇÃO

Na OAE temos quatro juntas de dilatação, sendo duas nas extremidades e as outras duas no encontro da ponte com o viaduto. As extremidades das juntas estão com acúmulo de resíduo, que é trazido pelo acúmulo de água próximo ao local, sem contar na vegetação presente, como apresentado abaixo na figura 47.

Figura 47: Junta de dilatação com vegetação.



Fonte: Autora

Segundo a GDE o Grau de Deterioração da junta de dilatação é 4,00, sendo considerado o Nível de Deterioração como BAIXO.

5.10 LAJE E TABULEIRO

Conforme a Figura 48 o Tabuleiro na parte inferior foi possível verificar manchas de bolor entre os pilares 7 e 8 do APOIO 4. Próximos aos APOIOS 1 e 10, as lajes L1, L6, L20 e L25 que fica nas extremidades dos viadutos de acesso, apresentam manchas e eflorescência, devido ao acúmulo de água na passagem de pedestres que fica na parte superior da estrutura.

Figura 48: Tabuleiro e lajes.



Fonte: Autora

Segundo a GDE o Nível de Deterioração dos elementos é baixo e o Grau de Deterioração é 4,8 conforme consta nos Apêndice A.

5.11 CORTINAS

As cortinas dos viadutos de acesso é o elemento com nota mais alta, tendo alcançado Grau de Deterioração de 36,16 com Nível de deterioração MÉDIO. Na estrutura é possível visualizar, manchas, eflorescência e excesso de umidade, como esta mostrada na Figura 49.

Figura 49: Cortinas A e B.



Fonte: Autora

Esses danos apontados são causados pela insuficiência no sistema de drenagem.

5.12 APARELHO DE APOIO

A estrutura contém quarenta e quatro aparelhos de apoio como está demonstrado no Anexo IV. Dos cinco aparelhos do APOIOS 1, um já perdeu a borracha de proteção por completo e os outros 4 as borrachas estão se desprendendo.

Dez aparelhos apresentam umidade por estarem fixados nos APOIOS 1 e 10, apoios estes que temos as cortinas. Mesmo tendo a presença de umidade algum período do ano, os aparelhos de apoio não apresentam danos aparentes conforme a Figura 50 mostrada abaixo.

Figura 50: Aparelho de apoio do apoio 1.



O Nível de Deterioração dos pares de apoio foi considerado BAIXO, tendo 2,4 como nota de Grau de Deterioração.

5.13 ESTACA

Na vistoria de barco, foi possível vistoriar uma parte das estacas dos apoios 5 e 6 que estão sobre o leito do Rio.

Como mostrado na Figura 5, em todas as estacas é possível notar uma faixa de mancha esbranquiçada que mostra que o nível da água chega até aquele ponto.

Figura 51: Estacas do apoio 6.



Fonte: Autora

Foi possível notar também que no apoio 6 onde estão localizados os pilares 11 e 12, as estacas do centro do bloco, estavam úmidas na parte superior. A mancha de umidade está localizada no encontro de estaca com bloco.

O Grau de Deterioração pela GDE das estacas analisadas foi de 4,8 sendo o Nível de Deterioração considerado BAIXO.

5.14 OUTROS ELEMENTOS

De acordo com a metodologia GDE, os elementos apresentados neste item não estão contidos como elementos a serem incluído nos cálculos de Grau de Deterioração. Mas vale ressaltar a importância da conservação deles também na estrutura.

5.14.1 Barreira de proteção anti-choque

Já as barreiras de proteção anti-choque dos apoios 5 e 6 foi notado que todas as faces estão com manchas escuras de bolor como apresentado na Figura 52.

Figura 52: Barreira de proteção anti-choque.



Fonte: Autora

Na barreira de proteção do APOIO 6 é possível identificar na face oeste, que existe pequenos deslocamento de concreto na parte inferior das vigas que protegem o bloco.

É possível também identificar que na parte superior das barreiras nota-se manchas, eflorescência, fissuras e umidade excessiva como está ilustrado na Figura 53.

Figura 53: Parte superior da barreira anti-choque.



Fonte: Autora

5.14.2 Estais

Na estrutura em estudo é composta por vinte estais em cada torre, totalizando cento e sessenta estais. Não foram encontrados danos aparentes nos estais, mas nas capas protetoras de dois estais do APOIO 7 do lado sul, foram detectados dois parafusos faltando de acordo com a Figura 54.

Figura 54: Estais.



Fonte: Autora

Em todos os Estais foram encontrados nas capas protetoras, em média três parafusos por estai, com início de oxidação conforme apresentado na figura acima já mencionada.

5.14.3 Iluminação

A iluminação da ponte está desativada tendo em vista que levaram boa parte da fiação. Muitas placas de acesso aos fios já foram arrancadas como ilustrado na figura

Figura 55: Acesso a instalação elétrica da ponte.



Fonte: Autora

5.14.4 Sistema de Drenagem

Nos viadutos de acesso foi possível constatar, conforme ilustrado na Figura 56, que os drenos estavam obstruídos, levando ao acúmulo de água o que ocasiona as várias manchas nos outros elementos já citados anteriormente.

Figura 56: Tubulação de drenagem obstruída.



Fonte: Autora



6. CONCLUSÃO

Este trabalho se iniciou com pesquisas bibliográficas sobre os danos mais frequentes em estruturas de concreto armado, a fim de obter o padrão apresentados por ela para facilitar a identificação dessas manifestações durante o estudo.

Foi também estudado sobre a metodologia GDE/UnB e suas alterações e foi escolhida a versão mais recente do Rogério Verly para aplicação na ponte em estudo localizada sobre o Rio Tocantins entre os municípios de Lajeado do Tocantins e Miracema.

Das hipóteses estimadas para a estrutura só não foi encontrado sinais de esmagamento, mas foram encontrados danos como: fissuras, manchas, eflorescência, excesso de umidade, deslocamento do concreto, falhas de concretagem, corrosão e presença de vegetação. Foram encontrados também falta de iluminação e deficiência no sistema de drenagem o que gera acúmulo de água na estrutura levando ao aparecimento de manchas.

Em relação aos elementos de aço, como estais, ancoragem e guarda-corpos, diante a hipótese afirmada foi encontrado vestígios de oxidação nos parafusos das capas protetoras dos estais e no guarda-corpo, não sendo encontrado nenhum dano nas ancoragens dos cabos ao dorso da estrutura.

Ainda foi afirmado nas hipóteses que o nível de deterioração da estrutura seria menor que 15, considerado baixo tendo como ações recomendadas apenas manutenções preventivas, devido ser uma obra com 10 anos de vida. Mas o que foi encontrado durante o estudo é que a obra teve **Nível de Deterioração Médio e Grau de Deterioração 25,0** tendo como recomendação pela norma a definição de prazo e natureza de nova inspeção e planejando intervenção em longo prazo (máximo 2 anos).

Diante a análise dos dados em percentual dos elementos quem apresentou algum dano foi: 100% dos pilones, 100% dos guarda-corpos, 100% das cortinas, 100% das barreiras de proteção, 100% das barreiras anti-choque, 40% dos blocos de fundação, 33,3 das travessas, 24% das lajes, 22,73% dos aparelhos de apoio, 20% das longarinas, 10% dos pilares e apenas duas estacas apresentaram danos aparentes.

Dentre os danos encontrados as manchas e eflorescência seriam totalmente sanadas das lajes, tabuleiros, longarinas e pilares se o sistema de drenagem fosse mais eficiente, pois estaria sem evitado o acúmulo de água o que gera o excesso de umidade causando as manchas.

A fim de manter o desempenho da estrutura, estudos sobre esse tema são sempre aceitos para acrescentar o conhecimento. Por isso, fica como sugestão para trabalhos futuros

um diagnóstico mais aprofundado das anomalias encontradas na ponte, com a realização de ensaios complementares que permitam a confirmação das causas, como extração de corpos de prova para análise de resistência ou existência de cloretos. Também podem ser realizados trabalhos com a utilização de outras metodologias para ser feita uma comparação do estado da estrutura aqui apresentado.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. M. M. R. M. O. **Sistema de gestão de pontes com base em custos de ciclo de vida**. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2013. p. 380.
- ANDRADE, T. Patologia das estruturas. In: ISAIA, G. C. **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005. p. 953-983.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: projeto de estruturas de concreto: procedimento**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2014.
- BARRETO, Y. **Blitz BNews: com estrutura precária, viadutos de Salvador apresentam risco à população**. Disponível em: <<https://www.bnews.com.br/noticias/principal/salvador/217295,blitz-bnews-com-estrutura-precaria-viadutos-de-salvador-apresentam-risco-a-populacao.html>> acesso em: 25 de abril de 2020.
- BASTOS, H. C. N.; MIRANDA, M. Z. **Principais Patologias em Estruturas de Concreto de Pontes e Viadutos: Manuseio e Manutenção das Obras de Arte Especiais**. Revista CONSTRUINDO, Belo Horizonte, v 9, Ed. Esp. de Patologia. Belo Horizonte, 2017.
- BOLDO, P. **“Avaliação quantitativa de estruturas de concreto armado de edificações no âmbito do Exército Brasileiro”**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2002. 295p.
- CALIL JUNIOR, C.; GÓES, J. L. N. **Programa emergencial das pontes de madeira para o Estado de São Paulo**, São Paulo, 2004.
- CÁNOVAS, M. F. **Patologia e terapia do concreto armado**. São Paulo: Pini, 1988. 522 p.
- CASTRO, E. K., **“Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado”**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1994.185p.
- CEB-FIB. **bulletin 17 - Management, maintenance and strengthening of concrete structures, Technical Report**, 2002.
- CEB-FIB. **bulletin 182 - Pervasiveness of Excessive Segmental Bridge Deflections: Wake-Up Call for Creep**, 1989.
- CLÍMACO, J. C. T. S, NEPOMUCENO, A. A. **Patologia, recuperação e manutenção de estruturas**, Notas de Aula, Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Universidade de Brasília, 1999.
- CRUZ, R. B. C. et. al.. **Contribuições sobre Inspeções em Pontes e Viadutos Conforme NBR 9452:2016 – Vistoria de Pontes, Viadutos e Passarelas de Concreto**. Engenharia Estudo e Pesquisa, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p.19-29, jan./jun., 2017. Semestral.

COSTA, V. M. **Desempenho e Reabilitação de Pontes Rodoviárias: Aplicação a casos de Estudo**. Dissertação (Mestrado), Universidade de Minho, Braga, 2009.

DAL MOLIN, D. C. C. **Fissuras em Estruturas de Concreto Armado : Análise das Manifestações Típicas e Levantamento de Casos Ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul**. 1988. 238 p. Mestrado (Engenharia Civil)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

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

DEBS, M. K.; TAKEYA, T. **Pontes de Concreto**. São Carlos, USP – Universidade de São Paulo, Notas de aula. São Paulo, 2007.

DEPOSITPHOTOS. **Mapa do Tocantins**. Disponível em: <<https://br.depositphotos.com/48823267/stock-photo-map-of-tocantins-brazil.html>> acesso em: 25 de abril de 2020

DNIT. **Ponte estaiada, um dos destaques do complexo, avança**. Disponível em: <<http://comiteobrasbr116.blogspot.com/2012/12/ponte-estaiada-um-dos-destaques-do.html>> Acesso em: 25 de fevereiro de 2020.

EUQUERES, P. “**Metodologia de inspeção de pontes de concreto armado**”, Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2011. 168 p.

FIGUEREDO. A. **Produção de abacaxi reúne dezenas de produtores e técnicos em Miracema**. Disponível em: <<https://seagro.to.gov.br/noticia/2014/10/3/producao-de-abacaxi-reune-dezenas-de-produtores-e-tecnicos-em-miracema/>>. Acesso em 23 de fevereiro de 2020.

FONSECA, R. P. “**A estrutura do Instituto Central de Ciências: Aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e propostas de manutenção**”. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2007. 213 p.

FONTES, F. F. VERLY, R. C. SANTOS, G. S. MAGALHÃES, E. P. **A bridge management system for Brazil**. In: IABMAS 2014 - *Bridge Maintenance, Safety, Management, Resilience and Sustainability*, Stresa, Italy, 537–543, 2014.

GUAIBA, R. **Chega À FEPAM Projeto da Segunda Ponte do Guaíba**. DISPONÍVEL EM: <<https://www.correiodopovo.com.br/not%3%adcias/geral/chega-%c3%a0-fepam-projeto-da-segunda-ponte-do-gua%c3%adba-1.146203>> Acesso em: 24 de fevereiro de 2020.

Gil, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social** - 6. ed. - São Paulo : Atlas, 2008.

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

ISHII, M. **Sistemas Estruturais de Pontes Extradorso**. Dissertação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

KLEIN, D. L. *et al.* “Critérios adotados na vistoria e avaliação de obras de arte”. In: **XXV JORNADAS SULAMERICANAS DE ENGENHARIA ESTRUTURAL**, 1991, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: UFRGS, 1991, p. 185-197.

LEONHARDT, F. **Construções de Concreto v. 6**. Rio de Janeiro: Interciência, 1979.

LOPES, B. A. R. “Sistema de manutenção predial para grades estoques de edifícios: Estudo para inclusão do componente ‘Estrutura de Concreto’”. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1998. 308 p.

LOTTERMANN, A. F. **Patologia em estruturas de concreto**: estudo de caso. 2013. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

LIMA J. M. e BRITO J. **Inspecção e diagnóstico de juntas de dilatação em obras de arte rodoviárias**. Brisa Engenharia e Gestão S.A. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2007, 14 p.

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

MARCHETTI, O. **Pontes de concreto armado**. 3. Blucher Reimpr. São Paulo-SP, 2013.

MATHIVAT, J. *Recent developments in prestressed concrete driges*. FIP notes, London, 1988, p.15 – 21.

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

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008. 674 p.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais Propriedades e Materiais**. Ibracon, 1994.

M + M D. *Environmental Design*. Disponível em: <<http://www.mmdesign.jpn.org/003highway/odawara.html>> Acesso em: 25 de fevereiro de 2020.

MENEGHETTI, L. C. **PEF 2503 – Estruturas Danificadas: Segurança e Ações Corretivas**. 2016.

NAKAMURA, J. **Revista Digital AECweb**, 2017. Disponível em:<https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/novos-procedimentos-para-inspecao-de-pontes-iadutos-e-passarelas_16119_10_22>. Acesso em: 23 fevereiro de 2020.

NEVILLE, A. *Consideration of durability of concrete structures: past, present and future. Materials and Structures*. Nova Iorque, 1997.

OYAMADA, R. N. **Ponte Protendida no Extradorso (Extradosed) sobre o Rio Acre.** Em: Simpósio Ibero-Americano O Betão nas Estruturas - SIABE 05 Coimbra, Portugal, 2005.

PACHECO, M. **Oxidação, corrosão e ferrugem não são a mesma coisa! Saiba como proteger os metais** Disponível em: <<https://www.quimatic.com.br/blog/2017/03/entender-a-diferenca-entre-oxidacao-ferrugem-e-corrosao-garante-melhor-protecao-aos-metais/>> Acesso em 16 de maio de 2020.

PFEIL, W. **Pontes em concreto armado.** Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora, 1979.

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

PINHEIRO E. **Prolongamento da Leste-Oeste terá dois novos viadutos.** Disponível em: <<https://www.emaigoias.com.br/prolongamento-da-leste-oeste-tera-dois-novos-viadutos/>> Acesso em: 24 de fevereiro de 2020.

PROTENDE. **Estais:** Disponível em: <<https://www.protende.com.br/estais-servicos>> Acesso em: 25 de fevereiro de 2020.

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

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

SHAREDE. S. **Técnicas de Restauração de Pavimentos Rígidos.** Disponível em: <<https://www.slideshare.net/gabriellaribeiro7/tcnicas-de-restaurao-de-pavimentos-rgidos>> acesso em: 25 de fevereiro de 2020.

SOUZA, V. C. RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: Pini, 1988. 257 p.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: Pini, 1999. 255 p.

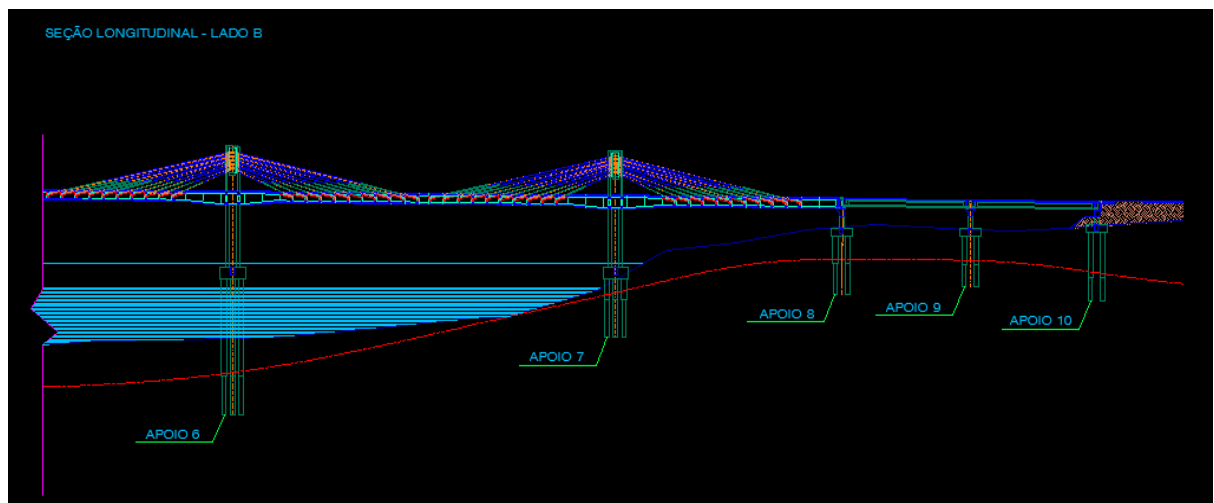
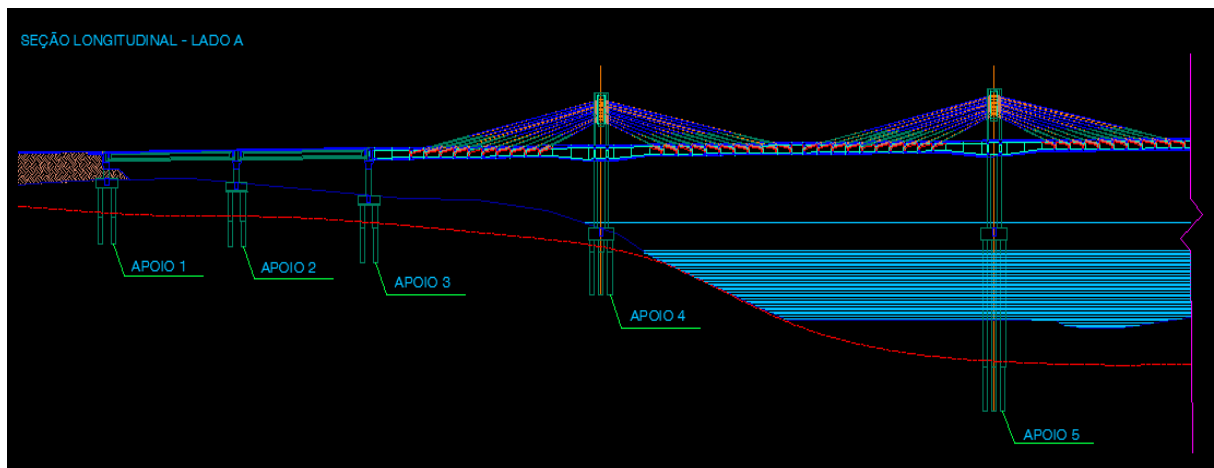
VASCONCELOS, A. C. **Pontes Brasileiras, Viadutos e Passarelas Notáveis.** São Paulo: Pini, 2018.

VERLY, Rogério Calazans. **Avaliação de metodologias de inspeção como instrumento de priorização de intervenções em obras de arte especiais.** 2015. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

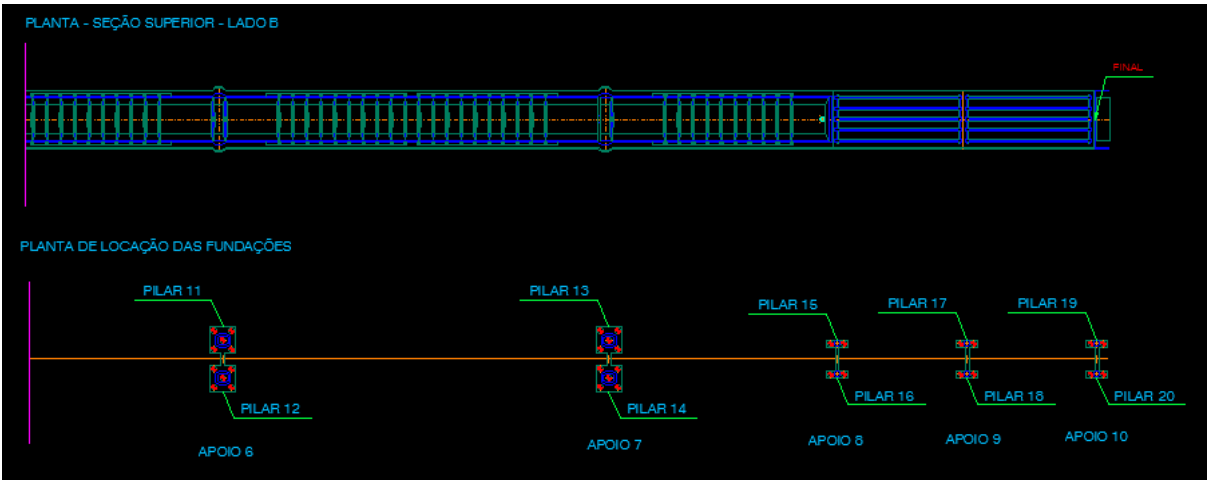
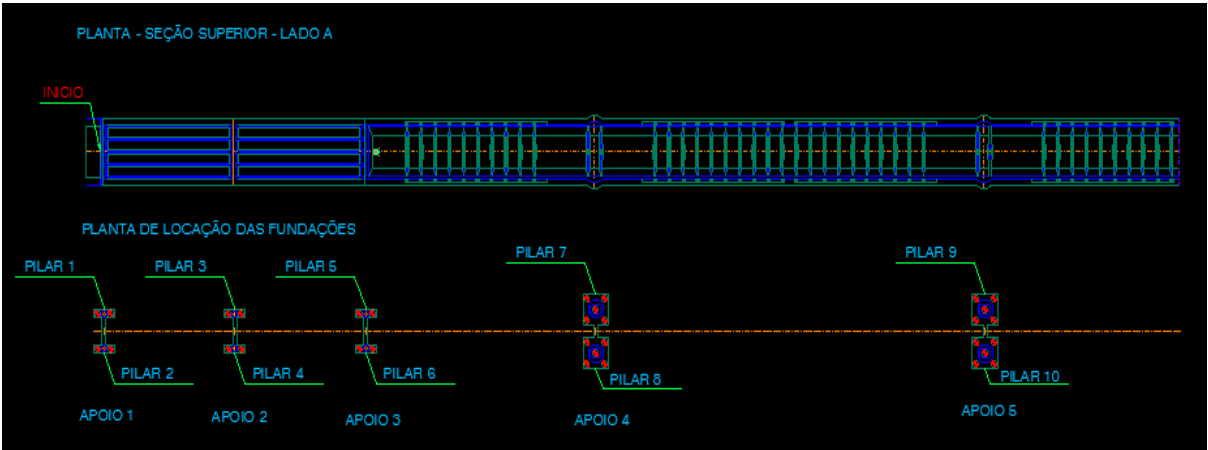
VITÓRIO, J. A. P. **PONTES E VIADUTOS RODOVIÁRIOS: Conceituação, conservação, segurança e reforço estrutural.** Escola Politécnica de Pernambuco, Recife, p.27-27, 2015.

ANEXOS

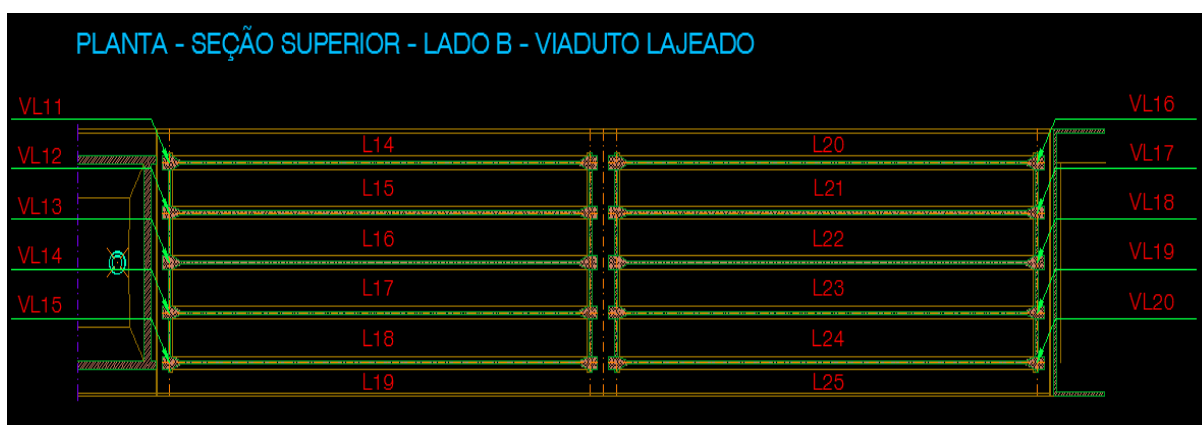
ANEXO I – Seção longitudinal da ponte do lado A e lado B



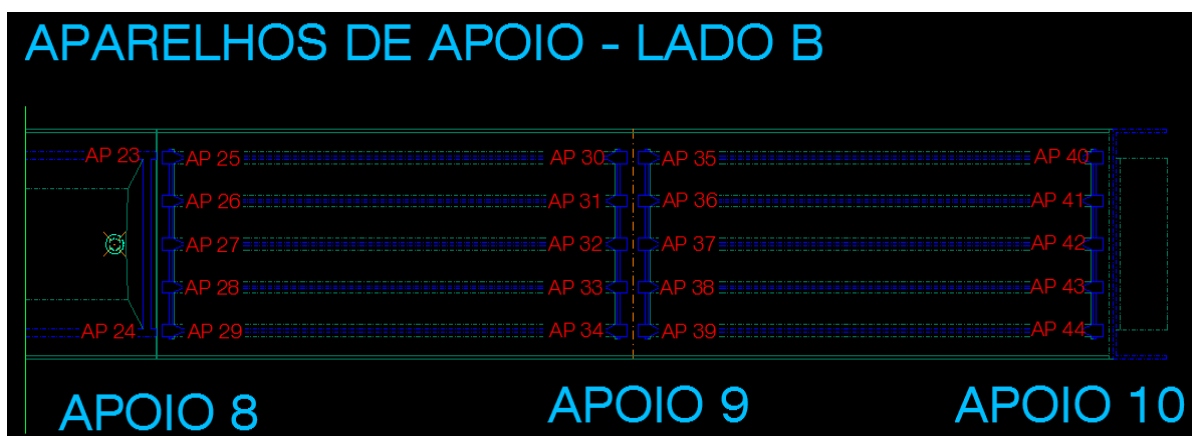
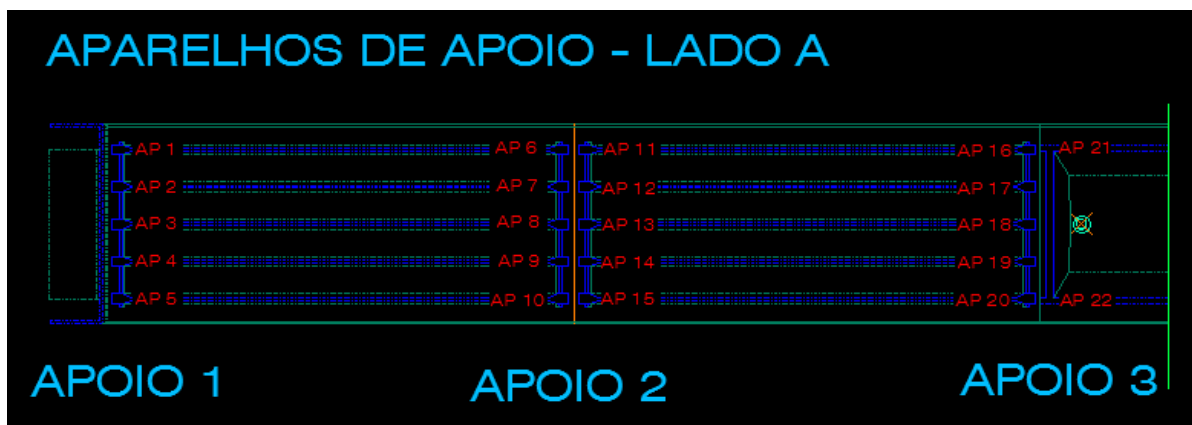
ANEXO II – Planta Superior da ponte com identificação dos pilares



ANEXO III – Planta Superior da ponte com identificação das longarinas e das lajes



ANEXO IV – Planta Superior da ponte com identificação dos aparelhos de apoio.



APÊNDICES

APÊNDICE A - Nível de deterioração dos elementos

ELEMENTO	SÍMBOLO	DANO	Fp	Fi	D	Gde	NÍVEL DE DETERIORAÇÃO
Pilone	MT2	Manchas	3	2	4,8	7,80	BAIXO
		Fissuras Retração	3	1	2,4		
		Fissuras Mapeadas	2	1	1,6		
Pilone	MT3	Manchas	3	2	4,8	7,80	BAIXO
		Fissuras Retração	3	1	2,4		
		Fissuras Mapeadas	2	1	1,6		
Pilone	MT5	Manchas	3	2	4,8	7,80	BAIXO
		Fissuras Retração	3	1	2,4		
		Fissuras Mapeadas	2	1	1,6		
Pilone	MT6	Manchas	3	2	4,8	7,80	BAIXO
		Fissuras Retração	3	1	2,4		
		Fissuras Mapeadas	2	1	1,6		
Pilone	MT7	Manchas	3	2	4,8	7,80	BAIXO
		Fissuras Retração	3	3	7,2		
		Fissuras Mapeadas	2	2	3,2		
		Desplacamento	3	2	4,8		
Pilone	MT8	Manchas	3	2	4,8	10,50	BAIXO
		Fissuras Retração	3	3	7,2		
		Fissuras Mapeadas	2	2	3,2		
		Desplacamento	3	2	4,8		
Pilar	P5	Manchas	3	2	4,8	4,80	BAIXO
Pilar	P9	Manchas	3	2	4,8	4,80	BAIXO
Longarina	VL1	Manchas	3	2	4,8	4,80	BAIXO
Longarina	VL5	Falha de concretagem	2	1	1,6	6,00	BAIXO
		Manchas	3	2	4,8		
Longarina	VL16	Manchas	3	2	4,8	4,80	BAIXO
Longarina	VL20	Desplacamento	3	2	4,8	8,00	BAIXO
		Manchas	3	2	4,8		
ELEMENTO	SÍMBOLO	DANO	Fp	Fi	D	Gde	NÍVEL DE DETERIORAÇÃO
Barreira Rígida	BR1	Manchas	3	3	24	35,04	MÉDIO
		Fissuras	2	1	1,6		
		Eflorescência	2	1	1,6		
		Desplacamento	3	2	4,8		
		Desagregação	3	2	4,8		
Barreira Rígida	BR2	Manchas	3	3	24	35,04	MÉDIO
		Fissuras	2	1	1,6		
		Eflorescência	2	1	1,6		
		Desplacamento	3	2	4,8		
Guarda - Corpo	GC01	Manchas	3	2	4,8	11,00	BAIXO
		Corrosão	5	2	8		
Guarda - Corpo	GC02	Manchas	3	2	4,8	11,00	BAIXO
		Corrosão	5	2	8		
Pista de rolamento	PR	Desgaste Superficial	5	2	8	12	BAIXO
		Desgaste da Sinalização	5	2	8		

ELEMENTO	SÍMBOLO	DANO	Fp	Fi	D	Gde	NÍVEL DE DETERIORAÇÃO
Junta de dilatação	JD1	Umidade	5	1	4	4	BAIXO
Junta de dilatação	JD2	Umidade	5	1	4	4	BAIXO
Junta de dilatação	JD3	Umidade	5	1	4	4	BAIXO
Junta de dilatação	JD4	Umidade	5	1	4	4	BAIXO
ELEMENTO	SÍMBOLO	DANO	Fp	Fi	D	Gde	NÍVEL DE DETERIORAÇÃO

Travessas	T2	Mancha	3	2	4,8	4,8	BAIXO
Travessas	T7	Mancha	3	2	4,8	4,8	BAIXO
Cortina Lado A	CA	Manchas	3	2	4,8	36,16	MÉDIO
		Infiltração de água	3	1	2,4		
Cortina Lado B	CB	Manchas	3	2	4,8	36,16	MÉDIO
		Infiltração de água	3	1	2,4		
ELEMENTO	SÍMBOLO	DANO	Fp	Fi	D	Gde	NÍVEL DE DETERIORAÇÃO
Laje	L01	Mancha	3	2	4,8	4,8	BAIXO
Laje	L06	Mancha	3	2	4,8	4,8	BAIXO
Laje	L07	Mancha	3	2	4,8	4,8	BAIXO
Laje	L14	Mancha	3	2	4,8	4,8	BAIXO
Laje	L20	Mancha	3	2	4,8	4,8	BAIXO
Laje	L25	Mancha	3	2	4,8	4,8	BAIXO
Aparelhos de apoio	AP1	Infiltração de água	3	1	2,4	2,4	BAIXO
Aparelhos de apoio	AP2	Infiltração de água	3	1	2,4	2,4	BAIXO
Aparelhos de apoio	AP3	Infiltração de água	3	1	2,4	2,4	BAIXO
Aparelhos de apoio	AP4	Infiltração de água	3	1	2,4	2,4	BAIXO
Aparelhos de apoio	AP5	Infiltração de água	3	1	2,4	2,4	BAIXO
Aparelhos de apoio	AP40	Infiltração de água	3	1	2,4	2,4	BAIXO
Aparelhos de apoio	AP41	Infiltração de água	3	1	2,4	2,4	BAIXO
Aparelhos de apoio	AP42	Infiltração de água	3	1	2,4	2,4	BAIXO
Aparelhos de apoio	AP43	Infiltração de água	3	1	2,4	2,4	BAIXO
Aparelhos de apoio	AP44	Infiltração de água	3	1	2,4	2,4	BAIXO
Bloco de Fundação	BF4	Manchas	3	2	4,8	4,8	BAIXO
Bloco de Fundação	BF5	Manchas	3	2	4,8	4,8	BAIXO
Bloco de Fundação	BF6	Manchas	3	2	4,8	4,8	BAIXO
Bloco de Fundação	BF7	Manchas	3	2	4,8	4,8	BAIXO
Estaca	ET Sul Apoio 6	Umidade Excessiva	2	2	3,2	4,80	BAIXO
	ET Norte Apoio 6	Umidade Excessiva	2	2	3,2		
Tabuleiro	TB	Manchas	3	2	4,8	4,8	BAIXO

APÊNDICE B - Nível de deterioração das famílias

ELEMENTO	SÍMBOLO	Gde	Gdf	NÍVEL DE DETERIORAÇÃO DA FAMÍLIA
Pilone	MT1	7,80	19,91	MÉDIA
Pilone	MT2	7,80		
Pilone	MT3	7,80		
Pilone	MT4	7,80		
Pilone	MT5	7,80		
Pilone	MT6	7,80		
Pilone	MT7	10,50		
Pilone	MT8	10,50		
Pilar	P5	4,80		
Pilar	P9	4,80		
Longarina	VL1	4,80	93,28	ALTO
Longarina	VL5	6,00		
Longarina	VL16	4,80		
Longarina	VL20	8,00		
Pista de rolamento	PR	12		
ELEMENTO	SÍMBOLO	Gde	Gdf	NÍVEL DE DETERIORAÇÃO DA FAMÍLIA
Barreira Rígida	BR1	35,04	7	BAIXO
Barreira Rígida	BR2	35,04		
Guarda - Corpo	GC01	11,00		
Guarda - Corpo	GC02	11,00		
ELEMENTO	SÍMBOLO	Gde	Gdf	NÍVEL DE DETERIORAÇÃO DA FAMÍLIA
Junta de dilatação	JD1	4	36,16	MÉDIO
Junta de dilatação	JD2	4		
Junta de dilatação	JD3	4		
Junta de dilatação	JD4	4		
ELEMENTO	SÍMBOLO	Gde	Gdf	NÍVEL DE DETERIORAÇÃO DA FAMÍLIA
Travessas	T2	4,8	36,16	MÉDIO
Travessas	T7	4,8		
Cortina Lado A	CA	36,16		
Cortina Lado B	CB	36,16		
ELEMENTO	SÍMBOLO	Gde	Gdf	NÍVEL DE DETERIORAÇÃO DA FAMÍLIA
Laje	L01	4,8	36,16	MÉDIO
Laje	L06	4,8		
Laje	L07	4,8		
Laje	L14	4,8		
Laje	L20	4,8		
Laje	L25	4,8		
Aparelhos de apoio	AP1	2,4		
Aparelhos de apoio	AP2	2,4		

Aparelhos de apoio	AP3	2,4	13,73	BAIXO
Aparelhos de apoio	AP4	2,4		
Aparelhos de apoio	AP5	2,4		
Aparelhos de apoio	AP40	2,4		
Aparelhos de apoio	AP41	2,4		
Aparelhos de apoio	AP42	2,4		
Aparelhos de apoio	AP43	2,4		
Aparelhos de apoio	AP44	2,4		
Bloco de Fundação	BF4	4,8		
Bloco de Fundação	BF5	4,8		
Bloco de Fundação	BF6	4,8		
Bloco de Fundação	BF7	4,8		
Estaca	ET Sul Apoio 6	4,80		
Estaca	ET Norte Apoio 6	4,80		
Tabuleiro	TB	4,8		

CopySpider

Ferramentas

Ajuda

Arquivo

URL

Iniciar

Parar

Limpar

Opções

Scholar

E-mail

nilcytaveiro@gmail.com

Nome do arquivo de entrada

1 C:\Users\Notebook\Downloads\TCC II - NILCY TAVEIRO SANTOS.pdf

Relatório

Analisar

Tempo

06:24

Progresso

100.0%

Chance

1,95%

Status

Ok

Principal

✖

Buscar em arquivos da internet

Verão 1.6.6

PT

00:12

04/11/2020

ANEXOS

TABELAS, PLANILHAS E FÓRMULAS CONSTANTES NO MANUAL DE APLICAÇÃO
DA METODOLOGIA GDE/UNB A OBRAS DE ARTES ESPECIAIS.

Grau de um Dano (D)

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

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

Grau de deterioração de um elemento (G_{de})

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

Tabela 1 – Classificação dos níveis de deterioração do elemento e ações recomendadas

Nível de deterioração	G_{de}	Ações recomendadas
Baixo	0 - 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	15 - 50	Definir prazo e natureza de nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máximo 2 anos).
Alto	50 - 80	Definir prazo para inspeção especializada. Planejar intervenção em médio prazo (máximo 1 ano).
Sofrível	80 - 100	Definir prazo para inspeção especializada rigorosa. Planejar intervenção em curto prazo (máximo 6 meses).
Crítico	> 100	Inspeção especializada imediata e medidas emergenciais (alívio de cargas, escoramento, etc.). Planejar intervenção imediata.

Grau de deterioração de uma família de elementos (G_{df})

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

Fatores de relevância estrutural das famílias de elementos (F_r)

Família	F_r
Barreiras, guarda-corpo, guarda rodas, pista de rolamento	1
Juntas de dilatação	2
Transversinas, cortinas, alas	3
Lajes, fundações, vigas secundárias, aparelhos de apoio	4
Vigas e pilares principais	5

Grau de Deterioração da Estrutura (G_d)

$$G_d = \frac{K_{\max}}{7,07} \sqrt{1 + \frac{\left(\sum_{i=1}^k K_i \right) - K_{\max}}{\sum_{i=1}^k K_i}}$$

Tabela 2 – Classificação dos níveis de deterioração da estrutura e ações recomendadas

Nível de deterioração	G_{de}	Ações recomendadas
Baixo	$0 > 15$	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	$15 - 50$	Definir prazo e natureza de nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máximo 2 anos).
Alto	$50 - 80$	Definir prazo para inspeção especializada. Planejar intervenção em médio prazo (máximo 1 ano).
Sofrível	$80 > 100$	Definir prazo para inspeção especializada rigorosa. Planejar intervenção em curto prazo (máximo 6 meses).
Crítico	> 100	Inspeção especializada imediata e medidas emergenciais (alívio de cargas, escoramento, etc.). Planejar intervenção imediata.

Tabela A.1: Classificação dos danos e fatores de intensidade (F_i)

Tipos de danos	Valores de F_i
Carbonatação	$1 \rightarrow$ localizada, com regiões com $\text{pH} < 9$, sem afetar as armaduras. $2 \rightarrow$ localizada, atingindo a armadura, em ambiente seco. $3 \rightarrow$ localizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido. $4 \rightarrow$ generalizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido.
Cobrimento deficiente	$1 \rightarrow$ menores que os previstos em norma sem, no entanto, permitir a localização da armadura. $2 \rightarrow$ menor que o previsto em norma, permitindo a localização visual da armadura ou armadura exposta em pequenas extensões. $3 \rightarrow$ deficiente, com armaduras expostas em extensões significativas.
Contaminação por cloretos	$2 \rightarrow$ elementos abrigados sem umidade $3 \rightarrow$ elementos no exterior sem umidade $4 \rightarrow$ ambientes úmidos.
Corrosão de armaduras	$2 \rightarrow$ manifestações leves, pequenas manchas. $3 \rightarrow$ grandes manchas e/ou fissuras de corrosão. $4 \rightarrow$ corrosão acentuada da armadura principal, com perda relevante de seção ($> 20\%$ do diâmetro).
Desagregação	$2 \rightarrow$ início de manifestação. $3 \rightarrow$ manifestações leves, início de estofamento do concreto. $4 \rightarrow$ por perda acentuada de seção e esfrelamento do concreto.
Deslocamento por empuxo	$3 \rightarrow$ deslocamento lateral da cortina no sentido horizontal, estável. $4 \rightarrow$ deslocamento lateral da cortina no sentido horizontal, instável.
Desplacamento	$2 \rightarrow$ pequenas escamações do concreto. $3 \rightarrow$ lascamento de grandes proporções, com exposição da armadura. $4 \rightarrow$ lascamento acentuado com perda relevante de seção.
Desvios de Geometria	$2 \rightarrow$ pilares e cortinas com excentricidade $e \leq h/100$ ($h = \text{altura}$). $3 \rightarrow$ pilares e cortinas com excentricidade $h/100 \leq e < h/50$. $4 \rightarrow$ pilares e cortinas com excentricidade $e \geq h/50$.
Eflorescência	$1 \rightarrow$ início de manifestações. $2 \rightarrow$ manchas de pequenas dimensões. $3 \rightarrow$ manchas acentuadas, em grandes extensões. $4 \rightarrow$ grandes formações de crostas de carbonato de cálcio (estalactites).
Falha de concretagem	$1 \rightarrow$ superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça. $2 \rightarrow$ significativa em relação às dimensões da peça. $3 \rightarrow$ significativa em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura. $4 \rightarrow$ perda relevante da seção transversal da peça ($> 20\%$ da área).
Fissuras	$1 \rightarrow$ abertura menores do que as máximas previstas em norma. $2 \rightarrow$ estabilizadas, com abertura até 40% acima dos limites de norma. $3 \rightarrow$ aberturas excessivas; estabilizadas. $4 \rightarrow$ aberturas excessivas; não estabilizadas.

Tabela A.2: Classificação dos danos e fatores de intensidade (F_i)

Tipos de danos	Valores do Fator de Intensidade do Dano
Flechas	<p>1 → não perceptíveis a olho nu.</p> <p>2 → perceptíveis a olho nu, dentro dos limites previstos na norma.</p> <p>3 → superiores em até 40% às previstas na norma.</p> <p>4 → excessivas.</p>
Impermeabilização deficiente	<p>2 → danos na camada protetora e/ou perda de elasticidade do material da impermeabilização.</p> <p>3 → descontinuada, degradada em alguns pontos (pontos de infiltração).</p> <p>4 → degradação acentuada, com perda relevante da estanqueidade.</p>
Infiltração de água	<p>1 → indícios de umidade.</p> <p>2 → pequenas manchas.</p> <p>3 → grandes manchas.</p> <p>4 → generalizada.</p>
Manchas	<p>2 → manchas escuras de pouca extensão, mas significativas (< 50% da área visível do elemento estrutural).</p> <p>3 → manchas escuras de grande extensão (>50%).</p> <p>4 → manchas escuras em todo o elemento estrutural (100%).</p>
Obstrução de juntas de dilatação	<p>2 → perda de elasticidade do material da junta; início de fissuras paralelas às juntas nas lajes e paredes adjacentes.</p> <p>3 → presença de material não compressível na junta; incidência significativa de fissuras paralelas às juntas nas lajes e paredes adjacentes.</p> <p>4 → fissuras em lajes e paredes adjacentes às juntas, com prolongamento em vigas e/ou pilares de suporte.</p>
Recalques	<p>2 → indícios de recalque pelas características das trincas na alvenaria;</p> <p>3 → recalque estabilizado com fissuras em peças estruturais.</p> <p>4 → recalque não estabilizado com fissuras em peças estruturais.</p>
Sinais de esmagamento do concreto	<p>3 → desintegração do concreto na extremidade superior do pilar, causada por sobrecarga ou movimentação da estrutura; fissuras diagonais isoladas.</p> <p>4 → fissuras bi-diagonais, com lascamento e/ou esmagamento do concreto por cisalhamento-compressão, com perda substancial de material; exposição e início de flambagem de armaduras.</p>

Tabela B.1: Famílias de elementos estruturais e fatores de ponderação (F_p)

PILARES

Nome do Elemento →				
Local →				
Danos	F_p	F_i	D	Croquis/Observações
Carbonatação do concreto	3			
Cobrimento deficiente	3			
Contaminação por cloretos	4			
Corrosão de armaduras	5			
Desagregação	3			
Desplacamento	3			
Desvio de geometria	4			
Eflorescência	2			
Falha de concretagem	3			
Fissuras	2 a 5*			
Manchas	3			
Recalque	5			
Sinais de esmagamento	5			
Umidade excessiva na infraestrutura	4			

* Consultar Tabelas C

VIGAS E TRANSVERSINAS

Nome do elemento →				
Local →				
Danos	F_p	F_i	D	Croquis/Observações
Carbonatação do concreto	3			
Cobrimento deficiente	3			
Contaminação por cloretos	4			
Corrosão de armaduras	5			
Desagregação	3			
Desplacamento	3			
Eflorescência	2			
Fissuras	2 a 5*			
Falhas de concretagem	2			
Flechas	5			
Infiltração de água	3			
Manchas	3			
Sinais de esmagamento	5			

* Consultar Tabelas C

Tabela B.2: Famílias de elementos estruturais e fatores de ponderação (F_p)

LAJES

Nome do elemento →				
Local →				
Danos	F_p	F_i	D	Croquis/Observações
Carbonatação do concreto	3			
Cobrimento deficiente	3			
Contaminação por cloretos	3			
Corrosão de armaduras	5			
Desagregação	3			
Desplacamento	3			
Eflorescência	2			
Falhas de concretagem	2			
Fissuras	2 a 5*			
Flechas	5			
Infiltração de água	3			
Manchas	3			

* Consultar Tabelas C

GUARDA-CORPOS, BARREIRAS, GUARDA-RODAS

Nome do elemento →				
Local →				
Danos	F_p	F_i	D	Croquis/Observações
Carbonatação do concreto	3			
Cobrimento deficiente	3			
Contaminação por cloretos	4			
Corrosão de armaduras	5			
Desagregação	3			
Desplacamento	3			
Eflorescência	2			
Falha de concretagem	2			
Fissuras	2 a 5*			
Manchas	3			
Sinais de esmagamento	4			

* Consultar Tabelas C

Tabela B.3: Famílias de elementos estruturais e fatores de ponderação (F_p)

CORTINAS, ALAS

Nome do elemento →				
Local →				
Danos	F_p	F_i	D	Croquis/Observações
Carbonatação do concreto	3			
Cobrimento deficiente	3			
Contaminação por cloretos	4			
Corrosão de armaduras	5			
Desagregação	3			
Deslocamento por empuxo	5			
Desplacamento	3			
Desvio de geometria	3			
Eflorescência	2			
Falha de concretagem	2			
Fissuras	2 a 5*			
Infiltração de água	3			
Manchas	3			
Sinais de esmagamento	5			

* Consultar Tabelas C

BLOCOS DE FUNDAÇÃO

Nome do elemento →				
Local →				
Danos	F_p	F_i	D	Croquis/Observações
Carbonatação do concreto	3			
Cobrimento deficiente	3			
Contaminação por cloretos	4			
Corrosão de armaduras	5			
Desagregação	3			
Desplacamento	3			
Eflorescência	2			
Falha de concretagem	3			
Fissuras	2 a 5*			
Recalque	5			
Sinais de esmagamento	5			
Umidade excessiva na infraestrutura	3			

* Consultar Tabelas C

**Tabela B.4: Famílias de elementos estruturais e fatores de ponderação (F_p)****JUNTAS DE DILATAÇÃO**

Nome do elemento →				
Local →				
Danos	F_p	F_i	D	Croquis/Observações
Obstrução de junta	5			
Desgaste do material de preenchimento da junta	5			
Umidade	5			

PISTA DE ROLAMENTO

Nome do elemento →				
Local →				
Danos	F_p	F_i	D	Croquis/Observações
Descontinuidade	5			
Desgaste superficial	5			
Desgaste da sinalização	5			

Tabela C.1: Classificação de fissuras em elementos de concreto armado e fatores de ponderação indicados (F_p)

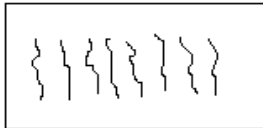
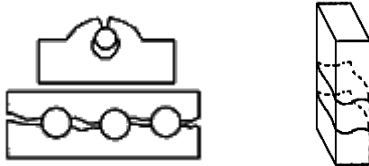
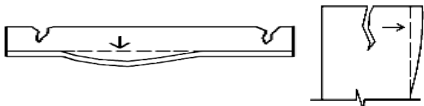
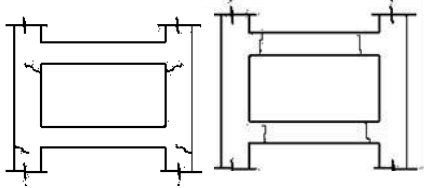
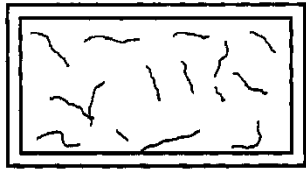
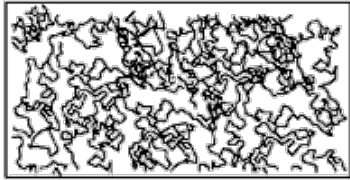
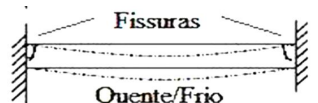
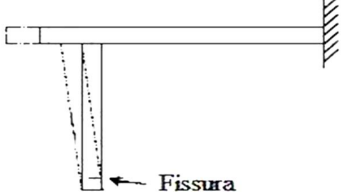
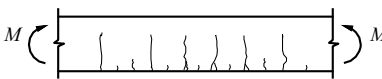
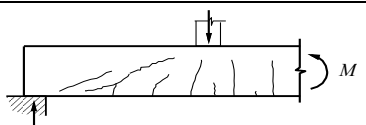
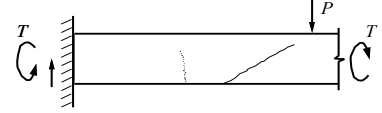
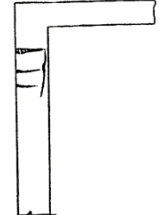
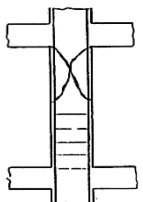
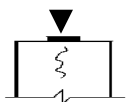
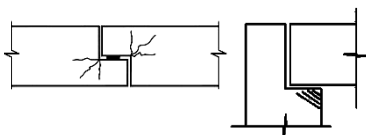
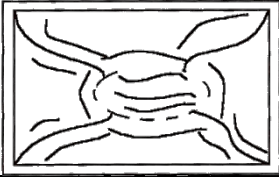
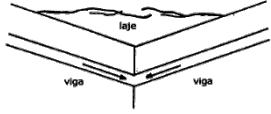

	Fissuras*	Descrição	Croquis	F_p
ESTADO PLÁSTICO	De retração plástica do concreto	<ul style="list-style-type: none"> - comuns em lajes e paredes. - aproximadamente paralelas, superficiais e afastadas entre si de 0,3 a 1 m. 		2
	De assentamento do concreto	<ul style="list-style-type: none"> - sobre as armaduras. - em pilares, ficam abaixo dos estribos. - interação com armaduras vizinhas. 		3
	De movimentação de fôrmas	<ul style="list-style-type: none"> - indicam posicionamento e/ou fixação incorretos ou resistência insuficiente de fôrmas/escoramentos 		3
ESTADO ENDURECIDO	De retração do concreto por secagem	<ul style="list-style-type: none"> - fissuras em pilares e/ou vigas, por diferença grande de rigidezes (a). - aspecto de mosaico em lajes e paredes, podendo aparecer em ambas as faces (b). - indicam restrição de movimentos. - profundidade reduzida. - aberturas < 0,1 a 0,2 mm. 	 (a)  (b)	3
	Mapeadas	<ul style="list-style-type: none"> - mais visíveis em superfícies lisas de lajes e paredes. - abertura e extensão reduzidas. - superfícies de concreto com desempenho excessivo. - danos só estéticos, em geral 		2
	De variações de temperatura	<ul style="list-style-type: none"> - em geral, normais ao eixo de elementos lineares, - indicam restrição de movimento por mau funcionamento de juntas de dilatação ou sua ausência. 	 	3

Tabela C.2: Classificação de fissuras em elementos de concreto armado e fatores de ponderação indicados (F_p)

	Fissuras*	Descrição	Croquis	F_p
ERROS DE PROJETO/ EXECUÇÃO OU CARGAS EXCESSIVAS	De flexão	- normais ao eixo, em trechos de momento fletor elevado e com boa aderência aço-concreto.		4
	De força cortante e flexão	- mesma inclinação nas duas faces. - podem entrar na zona de compressão e se dirigir aos apoios.		4
	De flexão, cortante e torção	- inclinações diferentes nas faces laterais, com menor abertura da fissura em uma das faces.		4
	De flexo-tração em pilares	- normais ao eixo do pilar na face tracionada e paralelas na face comprimida: podem indicar esmagamento do concreto. - mais próximas de extremidades com maior momento.		5
	De compressão	- paralelas ao eixo ou bi-digonais no centro iminência de ruptura. - indicam espaçamento excessivo ou deslocamento de estribos.		5
	De carga concentrada em área reduzida	- em apoios de pontes, estruturas pré-moldadas e apoios indiretos - indicam armadura deficiente de fretagem e mau detalhamento		3
	Em apoios do tipo Gerber (vigas e pilares)	- comuns em pontes e estruturas pré-moldadas. - indicam deficiência ao movimento em aparelhos de apoio e/ou detalhamento inadequado.		3
	De flexão em lajes	- na face inferior, saindo dos cantos e paralelas a bordos com continuidade ou vãos maiores. - na face superior, paralelas a bordos com continuidade.		4
	De momentos volventes	- em cantos de lajes extremas, podendo surgir nas duas faces. - influenciadas por variações de temperatura e retração.		3



	Fissuras*	Descrição	Croquis	F_p
	De punção	- traçado circunferencial e/ou radial em torno do pilar.		5

FATORES DE INTENSIDADE (F_i) SUGERIDOS



Figura 1: corrosão de armadura ($F_i = 2$)



Figura 2: corrosão de armadura ($F_i = 3$)



Figura 3: corrosão de armadura ($F_i = 4$)



Figura 4: desagregação ($F_i = 2$)



Figura 5: deslocamento ($F_i = 2$)



Figura 6: deslocamento ($F_i = 3$)



Figura 7: deslocamento ($F_i = 4$)



Figura 8: eflorescência ($F_i = 2$)



Figura 9: eflorescência ($F_i = 3$)



Figura 10: eflorescência ($F_i = 4$)



Figura 11: falha de concretagem ($F_i = 1$)



Figura 12: falha de concretagem ($F_i = 2$)



Figura 13: falha de concretagem ($F_i = 3$)



Figura 14: falha de concretagem ($F_i = 3$)



Figura 15: falha de concretagem ($F_i = 4$)



Figura 16: manchas ($F_i = 2$)



Figura 17: manchas ($F_i = 3$)



Figura 18: manchas ($F_i = 4$)



Figura 19: sinais de esmagamento do concreto ($F_i = 3$)



Figura 20: sinais de esmagamento do concreto ($F_i = 4$)



Figura 21: flecha ($F_i = 4$)



Figura 22: recalque ($F_i = 4$)



FICHA DESCRITIVA DA OBRA DE ARTE ESPECIAL

Dados básicos			
Nome da OAE:			Data da inspeção: ____/____/____
Cidade mais próxima:			UF: _____
Coordenadas GPS:	Altitude (m):	Latitude (S) (°)	Longitude (W) (°)
Localização (km):			
Natureza da transposição: <input type="checkbox"/> Ponte <input type="checkbox"/> Viaduto sobre rodovia <input type="checkbox"/> Viaduto sobre ferrovia <input type="checkbox"/> Passagem Inferior			
Sistema construtivo: <input type="checkbox"/> Moldado no local <input type="checkbox"/> Pré-moldado <input type="checkbox"/> Balanços sucessivos <input type="checkbox"/> Outro _____			
Comprimento (m):		Largura (m):	
Classe de Agressividade Ambiental (NBR 6118:2014): <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV			
Projetista:			
Construtor:			
Ano da construção:			
Características da região: <input type="checkbox"/> Plana <input type="checkbox"/> Ondulada <input type="checkbox"/> Montanhosa			
Traçado: <input type="checkbox"/> Tangente <input type="checkbox"/> Curvo			
Características dos vãos:			
Número de vãos: _____	Descrição dos vãos:		
Responsável pela inspeção:			
Nome:			
Formação:			
Empresa:			