



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

CENTRO DE ENGENHARIAS

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

NATANAEL FERREIRA DE OLIVEIRA

ANÁLISE DO ESTADO DE DETERIORAÇÃO DA PONTE DA ILHOTA UTILIZANDO
A METODOLOGIA GDE/UNB E A NORMA DNIT 010/2004-PRO

MOSSORÓ-RN

2018

NATANAEL FERREIRA DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DO ESTADO DE DETERIORAÇÃO DA PONTE DA ILHOTA UTILIZANDO
A METODOLOGIA GDE/UNB E A NORMA DNIT 010/2004-PRO**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus Mossoró, para obtenção do título de Engenheiro civil.

Orientador: Prof. Max Weden Pinto
Diógenes Filho.

MOSSORÓ-RN

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

048a Oliveira, Natanael Ferreira de .
 ANÁLISE DO ESTADO DE DETERIORAÇÃO DA PONTE DA
 ILHOTA UTILIZANDO A METODOLOGIA GDE/UNB E A NORMA
 DNIT 010/2004-PRO / Natanael Ferreira de
 Oliveira. - 2018.
 102 f. : il.

 Orientador: Max Weden Pinto Diógenes Filho.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
 2018.

 1. Pontes. 2. Patologias. 3. Metodologias de
 inspeção. 4. Deterioração. I. Diógenes Filho, Max
 Weden Pinto, orient. II. Título.

NATANAEL FERREIRA DE OLIVEIRA

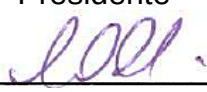
**ANÁLISE DO ESTADO DE DETERIORAÇÃO DA PONTE DA ILHOTA UTILIZANDO
A METODOLOGIA GDE/UNB E A NORMA DNIT 010/2004-PRO**

Monografia apresentada ao curso de
Engenharia Civil da Universidade Federal Rural
do Semi-Árido – UFERSA, Campus Mossoró,
para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

APROVADA EM: 23 / 03 / 2018

BANCA EXAMINADORA


Prof. Max Weden Pinto Diógenes Filho – UFERSA.
Presidente


Prof. Dr. John Eloi Bezerra – UFERSA.
Primeiro Membro


Prof. Msc. Eriberto Carlos Mendes da Silva – UFERSA.
Segundo Membro

MOSSORÓ-RN
2018

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer à Deus, não somente por me proporcionar a capacidade de realizar esse trabalho, e chegar até onde cheguei e onde ainda vou chegar, mas também por tudo que tenho na vida e por todas as pessoas que agradecerei a seguir. Nada sem ti é possível.

Agradeço aos meus pais, José de Fátima (*in memoriam*) e Maria de Fátima, por lutarem e trabalharem duro para que eu possa ter a oportunidade que não tiveram. Pai, sou infinitamente grato ao senhor por me ensinar a ser um homem de verdade, não poderia querer um exemplo melhor. E mãe nunca se esqueça de que tudo que faço é para que sinta orgulho de mim, esse é um dos motivos para que eu sempre continue lutando.

Não poderia se esquecer de agradecer a toda a minha família que de formas diferentes contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho, bem como da minha formação pessoal e acadêmica. Minha família é a minha fundação.

Agradeço ao Serviço Público Federal e a Universidade Federal Rural do Semi Árido, por todo o suporte necessário para a realização deste trabalho que permite a conclusão do curso de Engenharia Civil.

Ao meu orientador Prof. Max Weden Pinto Diógenes Filho, obrigado por tornar possível a realização desse trabalho, pelos conselhos, por dar-me um norte no desenvolvimento deste.

Agradeço a minha namorada Manoela Rebouças, que contribuiu para o desenvolvimento deste trabalho, dando dicas do que poderia ser melhorado, além de me apoiar nos momento mais difíceis.

Agradeço a todos os meus queridos amigos que tive o prazer de conhecer e conviver durante a graduação, Mateus Noronha, Wallace Kácio, Gustavo Sombra, Abdias Valente, Ingrid, Gian Cleiton, Diogo Lima, Rafael, Ivo Júnior, Vinicius, entre outros que participaram desta caminhada.

RESUMO

As pontes, assim como os viadutos, são estruturas de grande importância na infraestrutura de um país, devido às suas funcionalidades, como intermediar tráfegos de importância socioeconômica. Desta forma, é notável a necessidade de prolongar ao máximo a vida útil dessas estruturas mantendo seu bom desempenho, como também a realização de intervenções tanto preventivas como corretivas. Para isto, torna-se necessário um sistema de gestão que possibilite o controle dos períodos e ações corretas a serem realizadas a fim de antecipar a evolução de um possível dano que venha a representar um grande problema para a vida da estrutura, como também prejudicar financeiramente. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi identificar as principais patologias presentes na Ponte Governador Gonzaga Mota (Ponte da Ilhota) localizada na zona rural da cidade de Russa-CE, quantificar e classificar estas manifestações utilizando as metodologias GDE/UnB e a norma DNIT 010/2004-PRO, identificar os danos que proporcionam maior influência para o resultado das metodologias além de propor soluções técnicas para a reabilitação de alguns elementos danificados. Para a realização do estudo foram realizadas inspeções na referida estrutura juntamente com o preenchimento de questionários disponibilizados pelas metodologias supracitadas. A partir da aplicação dos questionários, foi possível constatar que de acordo com a metodologia DNIT 010/2004-PRO e a metodologia GDE/UnB, a estrutura foi classificada como “Sofrível”, necessitando de um monitoramento, inspeção especializada rigorosa e intervenção em curto prazo. As classificações fornecidas pelas duas metodologias ocorreram principalmente devido à gravidade dos problemas identificados em um dos blocos de fundação. Verificou-se ainda que, grande parte dos problemas identificados foram desencadeados pela ineficiência do sistema de escoamento de água da estrutura. Portanto, percebeu-se que é necessário intervenções para que haja a recuperação dos elementos mais deteriorados, a fim de prolongar a vida útil da ponte.

Palavras-chaves: *Pontes. Patologias. Deterioração. Metodologias de inspeção.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desempenho e vida útil com e sem manutenção	15
Figura 2 - Evolução dos custos com o tempo.....	16
Figura 3 - Divisão dos elementos de uma ponte	17
Figura 4 - Elementos da mesoestrutura	18
Figura 5 - Soluções para pilares em pontes de concreto	19
Figura 6 - Elementos da superestrutura	20
Figura 7 - Tipos de fissuras em concreto armado	25
Figura 8 - Laje com sinais de corrosão da armadura e deslocamento do concreto	26
Figura 9 - Metodologia de cálculo do Grau de Deterioração da Estrutura (GD)	31
Figura 10 - Modelo de ficha de inspeção com valores de F_p	32
Figura 11 - Parte da Tabela com tipos de danos e seus respectivos F_i	33
Figura 12 - Parte da ficha de inspeção utilizada na metodologia DNIT	39
Figura 13 - Fluxograma da análise realizada nesta pesquisa	40
Figura 14 - Localização da Ponte da Ilhota	41
Figura 15 - Equipamento utilizados na inspeção.....	41
Figura 16 - Estrutura da Ponte da Ilhota	46
Figura 17 - Elementos constituintes da ponte da ilhota.....	47
Figura 18 - Escamação do concreto no primeiro vão	48
Figura 19 - Danos identificados nas lajes em balanço	49
Figura 20 - Danos identificados nas vigas longarinas	51
Figura 21 - Danos nas vigas longarinas	52
Figura 22 - Danos identificados nas vigas transversinas	52
Figura 23 - Manifestações encontradas nas cortinas	53
Figura 24 - Manifestações observadas nos pilares	54
Figura 25 - Aparelho de apoio	55
Figura 26 - Patologia observadas nas vigas de contraventamento dos pilares.....	56
Figura 27- Danos identificados nas vigas de contraventamento	57
Figura 28 - Patologias observadas nos blocos de fundação	58
Figura 29 - Manifestações visualizadas no bloco 10 (Direita)	59
Figura 30 - Manifestações identificadas nos guarda-corpos	60
Figura 31 - Guarda-corpo destruído	61
Figura 32 - Danos identificados nos guarda-rodas.....	61

Figura 33 - Junta de dilatação interna 1	62
Figura 34 - Junta de dilatação interna 2	63
Figura 35 - Acesso da ponte	64
Figura 36 - Dano relacionado a pingadeiras e como executá-las corretamente	82
Figura 37 - Corrosão da armadura e deslocamento do concreto	83
Figura 38 - Processo de tratamento de corrosão da armadura	84
Figura 39 - Formação de ninhos de concretagem	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais erros de projeto observados em pontes	21
Tabela 2 - Patologias originadas na fase construção da ponte	22
Tabela 3 - Patologias originadas na fase serviço de pontes de concreto.....	23
Tabela 4 - Classificação dos níveis de deterioração e ações recomendadas	36
Tabela 5 - Instruções para atribuição de notas pela metodologia DNIT	38
Tabela 6 - Divisão estrutural dos elementos inspecionados.....	42
Tabela 7- Classe de agressividade ambiental.....	42
Tabela 8 - Classificação em famílias para o cálculo da metodologia GDE/UnB	43
Tabela 9 - Composição das famílias com seus respectivos Fr.....	44
Tabela 10 - Dimensões da Ponte da Ilhota	45
Tabela 11 - Resultados obtidos na metodologia DNIT	65
Tabela 12 - Grau de deterioração e classificação de cada Longarina.....	70
Tabela 13 - Grau de deterioração e classificação de cada pilar	71
Tabela 14 - Grau de deterioração e classificação das vigas de contraventamento...	72
Tabela 15 - Grau de deterioração e classificação de cada cortina.....	72
Tabela 16 - Grau de deterioração e classificação das vigas transversinas	73
Tabela 17 - Grau de deterioração e classificação das Lajes	74
Tabela 18 - Grau de deterioração e classificação dos guarda-rodas	74
Tabela 19 - Grau de deterioração e classificação dos blocos de fundação	75
Tabela 20 - Grau de deterioração e classificação das juntas de dilatação.....	76
Tabela 21 - Grau de deterioração e classificação dos guarda-corpos	76
Tabela 22 - Classificação em função do grau de deterioração das famílias	77
Tabela 23 - Classificação do grau de deterioração das família com aplicação dos fatores de relevância estrutural (Fr)	78
Tabela 24 - Resultado final obtido na análise.....	79

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 CONCEITOS GERAIS	14
3.1.1 Patologia.....	14
3.1.2 Durabilidade e vida útil de estruturas de concreto armado	14
3.2 PONTES DE CONCRETO ARMADO E SUAS ESTRUTURAS.....	16
3.2.1 Infraestrutura.....	17
3.2.2 Mesoestrutura	18
3.2.3 Superestrutura	19
3.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO COM ENFOQUE EM PONTES	21
3.3.1 Origem das manifestações patológicas	21
3.3.2 Principais Patologias observadas em pontes de concreto.....	23
3.3.2.1. Fissuras.....	23
3.3.2.2 Corrosão de armaduras.....	26
3.3.2.3 Desagregação	27
3.3.2.4 Carbonatação	27
3.3.2.5 Eflorescência	27
3.3.2.6 Ninhos de concretagem.....	27
3.3.3 Análise geral de alguns problemas incidentes em pontes	28
3.3.3.1 Problemas na superestrutura	28
3.3.3.2 Problemas na mesoestrutura.....	28
3.3.3.3 Problemas na infraestrutura	29

3.4	METODOLOGIAS DE INSPEÇÃO.....	30
3.4.1	Metodologia GDE/UnB.....	30
3.4.1.1	Divisão em Famílias de elementos típicos.....	32
3.4.1.2	Análise dos fatores de Ponderação (Fp) e Intensidade (Fi).....	32
3.4.1.3	Grau do dano (D).....	33
3.4.1.4	Grau de deterioração do elemento (GDE)	34
3.4.1.5	Grau de deterioração da família de elementos (GDF).	34
3.4.1.6	Grau de deterioração da estrutura (Gd).....	35
3.4.2	Norma DNIT 010/2004-PRO	37
4.	METODOLOGIA	40
4.1	INSPEÇÕES VISUAIS NA ESTRUTURA	41
4.2	APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE INSPEÇÃO	43
4.2.1	Aplicação da metodologia DNIT 010/2004-PRO	43
4.2.2	Aplicação da metodologia GDE/UnB	43
4.3	SOLUÇÕES TÉCNICAS	44
5.	RESULTADOS E DISCURSÕES.....	45
5.1	DESCRIÇÃO DA PONTE DA ILHOTA.....	45
5.2	PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PRESENTES NA PONTE DA ILHOTA	48
5.2.1	Patologias na superestrutura	48
5.2.1.1	Lajes	48
5.2.1.2	Vigas Longarinas	50
5.2.1.3	Vigas Transversinas	52
5.2.1.4	Cortinas	53
5.2.2	Patologias na Mesoestrutura.....	54
5.2.2.1	Pilares.....	54
5.2.2.2	Aparelhos de apoio.....	55

5.2.2.3 Vigas de contraventamento	55
5.2.3 Patologias na infraestrutura	57
5.2.3.1 Blocos de fundação	57
5.2.4 Outros elementos	60
5.2.4.1 Guarda-corpos.....	60
5.2.4.2 Guarda-rodas	61
5.2.4.3 Juntas de dilatação.....	62
5.2.4.4 Pista de rolamento.....	63
5.3 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DNIT E GDE/UnB.....	64
5.3.1 Resultados obtidos com a metodologia DNIT 010/2004.....	64
5.3.2 Resultados obtidos com a metodologia GDE/UnB	69
5.3.2.1 Considerações realizadas na análise dos elementos	69
5.3.2.2 Grau do dano dos elementos	70
5.3.2.3 Grau de dano das Famílias	77
5.3.2.4 Grau de deterioração da estrutura (Gd).....	79
5.4 ANÁLISE COMPARATIVA DA METODOLOGIA GDE/UNB E NORMA DNIT .	80
5.5 SOLUÇÕES TÉCNICAS PARA REPAROS NA PONTE DA ILHOTA.....	80
5.5.1 Intervenções no sistema de escoamento de água.....	80
5.5.2 Remoção das manchas	82
5.5.3 Correção da corrosão de armaduras seguidas de deslocamento do concreto.....	83
5.5.4 Ninhos de concretagem	85
6. CONCLUSÃO	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
APÊNDICES	91
ANEXOS	100

1. INTRODUÇÃO

Diante do grande desenvolvimento da construção civil nas últimas décadas, surgiu a preocupação no que se refere à durabilidade, vida útil e desempenho das estruturas. A indústria da construção civil tem como principal função, desenvolver projetos e processos construtivos para a realização de diversos tipos de obras importantes para o desenvolvimento de um país (MEDEIROS, 2015).

Nesse contexto, pontes e viadutos são estruturas de grande importância na infraestrutura de um país, pois considerável parcela dos insumos produzidos pelo mesmo depende do transporte rodoviário ou ferroviário, utilizando-os como meio de transpor obstáculos como rios e vales para abranger as mais diversas regiões. Estudos destacam a importância das pontes e viadutos, através das consequências que a limitação ou a interdição destas proporcionam, onde podem causar desde transtornos aos usuários até perdas de cargas de insumos perecíveis (VERLY, 2015).

Assim como qualquer estrutura, pontes e viadutos estão sujeitos à degradação ocasionada tanto pela própria utilização devido às solicitações incidentes na estrutura quanto pelo ambiente a qual está contida. Grande parte das estruturas utilizam como componente principal o concreto devido à sua boa resistência e valor econômico. A priori não se atentava para a durabilidade e vida útil das estruturas de concreto, no entanto com o passar do tempo constatou-se que este material não estava imune à degradação, ou seja, este também possui suas limitações e que sem a devida importância no controle do preparo e manutenção, sua durabilidade, vida útil e desempenho, poderiam ser prejudicados. Atualmente passou a ser essencial aos projetistas o desenvolvimento de planos de intervenção nas estruturas de modo a possibilitar a manutenção do desempenho ao longo de sua vida útil. (FERREIRA, 2016).

Diante disso, pesquisas relacionadas ao estudo da durabilidade e dos mecanismos de deterioração do concreto, vem possibilitando a obtenção de informações e o desenvolvimento de novos métodos cada vez mais representativos que permitem a quantificação e a qualificação do estado de deterioração das estruturas, além de instruções que servem de subsídios para a prevenção e o tratamento das manifestações (MEDEIROS, 2015).

A norma DNIT 010/2004-PRO fixa condições necessárias para a realizações de inspeções em ponte e viadutos de concreto armado e protendido. Através desta é possível quantificar e qualificar as condições observadas em pontes e viadutos, além de apresentar o planejamento a ser seguido para a manutenção ou recuperação das condições de estabilidade da estrutura.

Outra maneira para a realização de uma análise visual de estruturas é a metodologia GDE/UnB a qual vem passando por modificações e adaptações para a obtenção de resultados cada vez mais significativos. A avaliação da estrutura por esta metodologia é realizada com o auxílio de um caderno de inspeções, o qual contém instruções necessárias para a realização da avaliação da estrutura (MEDEIROS, 2015).

Por conseguinte, neste trabalho realizou-se a verificação do estado atual da ponte Governador Gonzaga Mota (Ponte da Ilhota) localizada na cidade de Russas-CE, através da identificação dos danos e da aplicação dos modelos de avaliação, do nível de deterioração de pontes e viadutos de concreto, onde para isso foram utilizadas a “Norma DNIT 010/2004-PRO” que institui procedimento para inspeções de pontes e viadutos e o “Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB a OBRAS DE ARTES ESPECIAIS”, para que assim seja possível a quantificação e qualificação dos danos além de estabelecer ações a serem tomadas de modo a garantir a vida útil e a segurança dos usuários.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o estado de deterioração da Ponte da Ihota, identificando as principais patologias e quantificando-as utilizando a metodologia GDE/UnB e a norma DNIT 010/2004-PRO e comparar os resultados obtidos em ambas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a inspeção visual e identificar as manifestações patológicas da ponte.
- Expor as principais manifestações patológicas existentes.
- Identificar a patologia e os elementos que representam maior influência nos resultados da metodologia GDE/UnB e norma DNIT 010/2004-PRO.
- Avaliar os resultados obtidos pelas metodologias utilizadas e compará-los.
- Propor soluções técnicas para algumas patologias identificadas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CONCEITOS GERAIS

3.1.1 Patologia

Toda construção está condicionada ao aparecimento de manifestações patológicas, uma vez que está exposta a ações de agentes agressivos como calor, umidade e sobrecargas, que com o passar do tempo intensificam-se cada vez mais. Essas anomalias que surgem ao longo de sua utilização são chamadas de patologias (SOUZA, 2008).

De acordo com a NBR 15575-1 (2013), patologia é a não conformidade que se manifesta no produto em função de fatores como, falhas de projeto, fabricação, execução, montagem, uso e manutenção. Helene (1992), conceitua patologia como sendo a área da engenharia que estuda os sintomas, mecanismos, causas e defeitos encontrados nas estruturas.

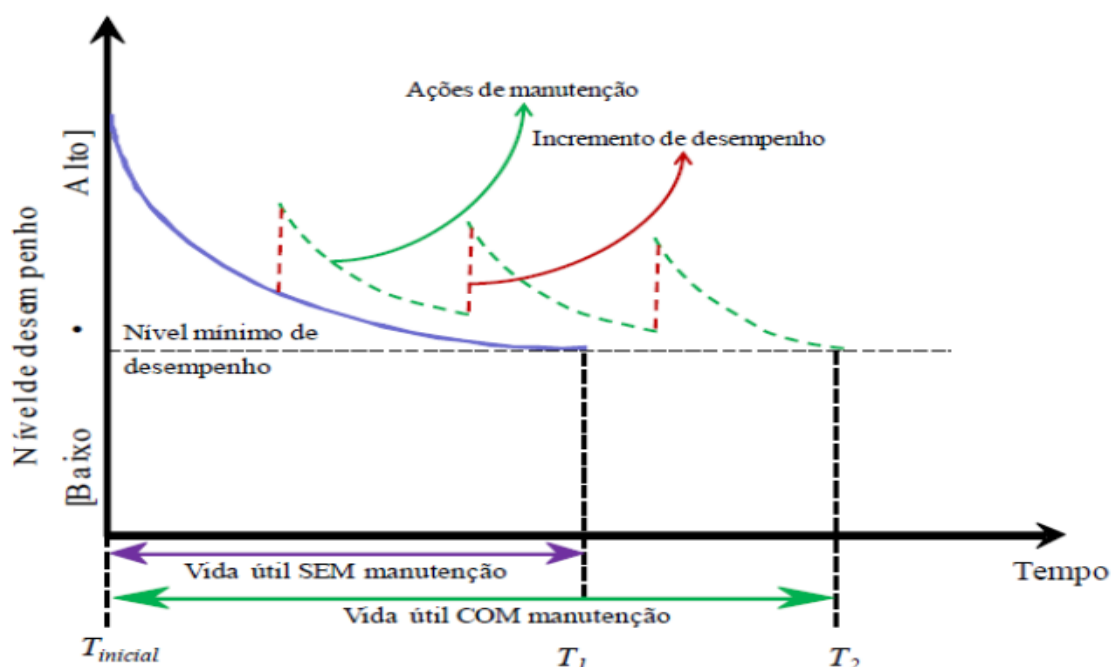
3.1.2 Durabilidade e vida útil de estruturas de concreto armado

Diante dos vários estudos, constatou-se limitações no uso do concreto, no qual o conhecimento apenas de sua resistência passou a ser insuficiente para atender as exigências de projetos. Portanto, é necessário atentar ao estudo da durabilidade da estrutura e de seus constituintes. Aliada a isto, é importante analisar o comportamento da estrutura em uso, onde posteriormente dará origem ao estudo da vida útil, a qual incorpora a variável tempo. O desempenho de uma estrutura está diretamente relacionado com sua durabilidade e vida útil, estas por sua vez, são dependentes dos materiais empregados e sua interação com o meio onde está contido. Nesse contexto o conhecimento da durabilidade dos materiais é essencial para uma estimativa de comportamento das estruturas de concreto ao longo de sua vida útil (POSSAN, 2010).

De acordo com a NBR 6118 (2014), durabilidade é a capacidade de uma estrutura satisfazer os requisitos de utilização durante sua vida útil, não podendo apresentar anomalias que comprometam a finalidade a qual foi projetada. A durabilidade não pode ser atrelada como uma propriedade intrínseca do material, uma vez que, um mesmo elemento pode apresentar comportamentos diferentes de acordo com as condições ambientais o qual está submetido (POSSAN et al., 2013).

Quanto a vida útil, a norma supracitada define como sendo o período de tempo que as características da estrutura são conservadas dentro dos limites especificados, sem a necessidade de grandes intervenções, mas sendo cumpridos os requisitos de uso e manutenção. Possan et al. (2013), resume vida útil como período compreendido entre o início de operação até o momento em que a estrutura deixa de atender as exigências do usuário, tendo condicionantes deste tempo, a agressividade do meio e o plano de manutenção. A Figura 1, mostra um comparativo da vida útil com e sem manutenção.

Figura 1 - Desempenho e vida útil com e sem manutenção



Fonte: Possan et al. (2013)

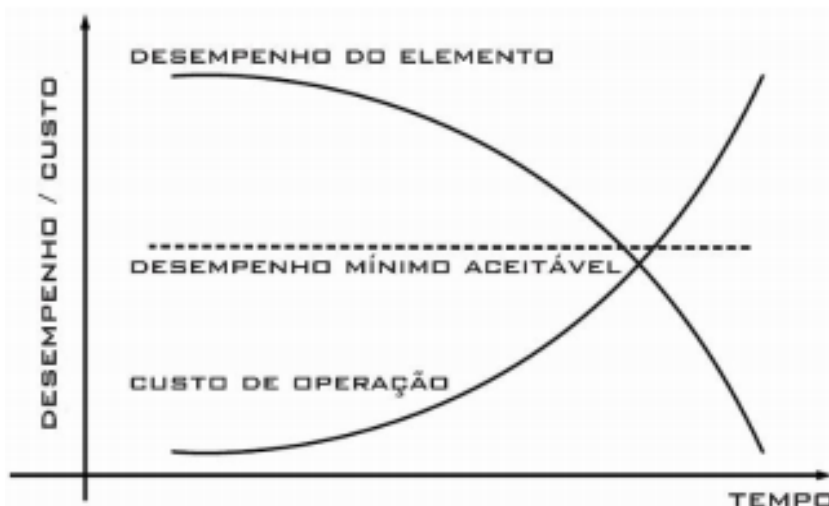
Uma das maiores dificuldades em estimar a vida útil de uma estrutura de concreto é que seus componentes apresentam diferentes taxas de deterioração. Possan et al. (2013) destaca que nos últimos anos tem chamado atenção acontecimentos relacionados a colapsos de estruturas de concreto, onde constata-se que a vida útil dessas obras tem atingido valores menores que os previstos. Estes acontecimentos vêm despertando a comunidade da construção para a importância de um projeto completo, englobando o controle de materiais e execução além de um plano de monitoramento e manutenção.

Outro conceito importante a ser destacado e que tem influência direta no desempenho, durabilidade e vida útil de uma estrutura de concreto, é a manutenção.

Segundo a NBR 15575-1 (2013), manutenção é um conjunto de atividades realizadas ao longo da vida útil da estrutura, que tem por objetivo preservar e se necessário recuperar, a capacidade de funcionamento da estrutura, de modo a atender com segurança as necessidades do usuário.

Segundo Vitório (2002), grande parte dos danos encontrados nas estruturas são devido a ineficiência de manutenção, a qual origina situações onde pequenos defeitos que demandam pequenos recursos, tornem-se grandes problemas onerosos. Para Helene (1992), os problemas patológicos seguem uma linha evolutiva, tendendo a agravar-se com o passar do tempo, além de originar outros problemas em decorrência do primeiro. Um exemplo disso é o caso de uma fissura, a qual pode servir de entrada para agentes agressivos que provocam a corrosão da armadura, que por sua vez pode proporcionar o deslocamento do concreto. Giovannetti (2014) afirma que, quanto mais demorada for a realização da manutenção de uma obra, maiores serão os reparos e consequentemente os custos. A Figura 2 mostra a evolução dos custos e a queda de desempenho em função do tempo.

Figura 2 - Evolução dos custos com o tempo



Fonte: Pelicani (2010)

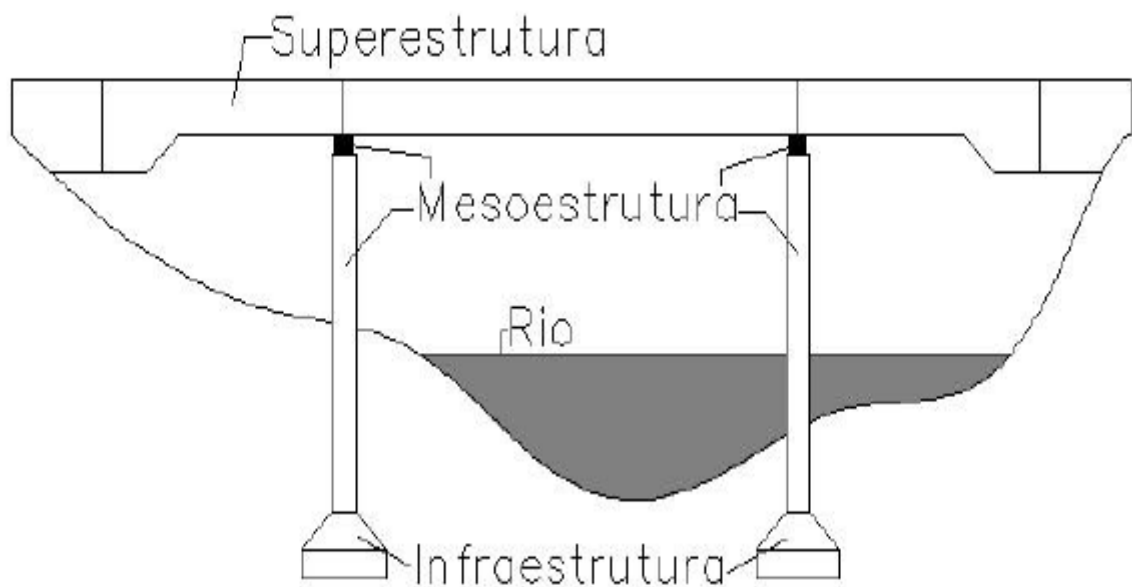
3.2 PONTES DE CONCRETO ARMADO E SUAS ESTRUTURAS

De acordo com a norma DNIT 010/2004-PRO, pontes são estruturas construídas sobre depressões ou obstruções, como curso d'água, rodovias e ferrovias, as quais têm a função de transpor estes obstáculos, proporcionando a passagem de veículos e outras cargas móveis. Para Sartorti (2008), a definição de ponte é muito ampla, onde aspectos como obstáculo a ser transposto e tamanho do

vão, proporcionam uma diferente denominação, podendo receber outros nomes, como pontilhão ou viadutos. As pontes e viadutos também recebem a denominação de obras de artes especiais (OAE), isto devido a singularidade de seus sistemas estruturais, pois possuem formas e solicitações mais específicas, diferentes de obras comuns da engenharia como casas e edifícios.

A literatura apresenta diferentes classificações dos elementos das pontes, os quais são divididos em grupos. A mais comumente utilizada divide estes elementos em três famílias: superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura (DNIT IPR XXX, 2016). A Figura 3 representa esta divisão.

Figura 3 - Divisão dos elementos de uma ponte



Fonte: Medeiros (2015)

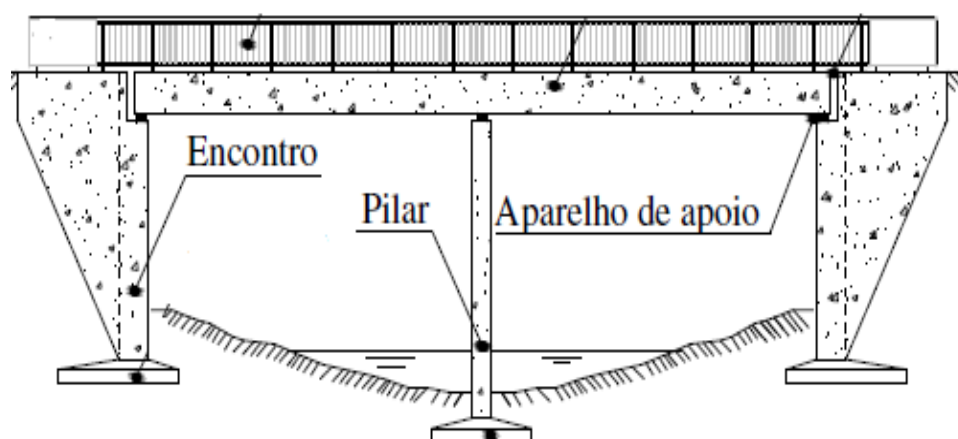
3.2.1 Infraestrutura

A Infraestrutura ou fundação de uma ponte, é composta por elementos que desempenham a função de receber as solicitações provenientes da mesoestrutura e transmiti-la ao solo ou rochas. As fundações podem ser classificadas como rasas (sapatas, blocos e radier) ou profundas (estacas e tubulões). O primeiro tipo é utilizado quando, em pequenas profundidades, o solo apresenta boa capacidade de carga. Já o segundo, utiliza-se quando são necessárias grandes profundidades para atingir a resistência do solo. Para a escolha da melhor alternativa é necessário o estudo detalhado do solo, além da correta quantificação das ações incidentes na estrutura (DNIT IPR XXX, 2016).

3.2.2 Mesoestrutura

A mesoestrutura pode ser considerada a família intermediária, a qual detém a incumbência de transmitir as ações provenientes da superestrutura para a infraestrutura. Os elementos que compõem essa família são basicamente os aparelhos de apoio e os pilares com suas vigas de contraventamento, além do encontro que é incorporado neste grupo por alguns autores (DNIT IPR XXX, 2016). A Figura 4 mostra a disposição destes elementos na estrutura.

Figura 4 - Elementos da mesoestrutura

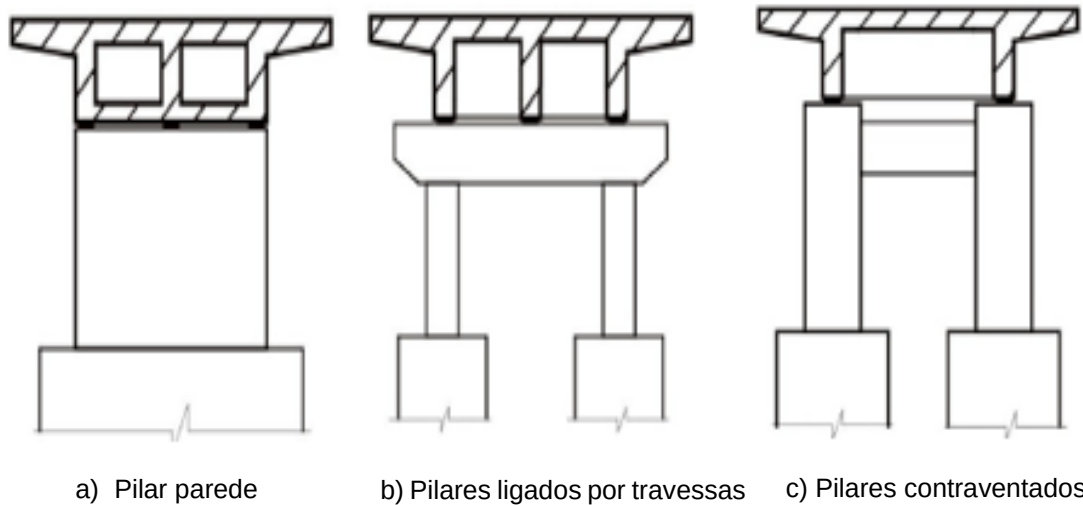


Fonte: Costa (2009)

Os aparelhos de apoio são dispostos entre o viga principal e os pilares ou encontros. Estes são idealizados para absorver e amortecer os esforços incidentes na superestrutura de modo a transmitir as reações de apoio e permitir a movimentação da mesma. De acordo com Medeiros (2015), os aparelhos de apoio podem ser classificados em fixos, móveis ou elastoméricos podendo ser confeccionado em aço, concreto ou por um empilhamento de elastômeros e chapas de aço aderidas entre si (Neoprene), sendo este último o mais comumente utilizados.

Com relação aos pilares, estes são elementos verticais que possuem a função de receber os esforços incidentes na superestrutura e transmiti-los para a infraestrutura. Além desses esforços já citados, estes elementos também devem ser projetados para suportar outros esforços bem específicos desse tipo de estrutura como por exemplo a pressão proveniente da água em movimento, e dos ventos. A presença da viga de contraventamento está sujeita ao tipo de estrutura de pilares adotada, podendo esta ser utilizada ou não na estrutura (DNIT IPR XXX, 2016). A Figura 5 apresenta algumas soluções para a estrutura dos pilares.

Figura 5 - Soluções para pilares em pontes de concreto



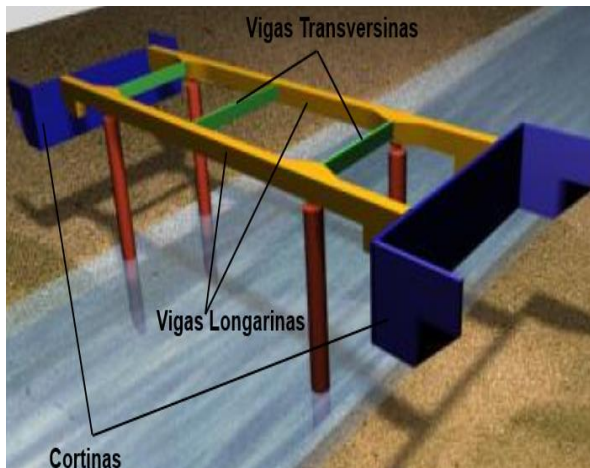
Fonte: Vitório (2002)

Quanto ao encontro, alguns autores incluem este como elemento da mesoestrutura, enquanto outros o consideram como sendo obras complementares que contribuem para o sistema estrutural. De maneira geral, o encontro é disposto nas extremidades da ponte possuindo a função de receber o empuxo proveniente do aterro de modo a não transmiti-lo aos elementos da estrutura (MEDEIROS, 2015).

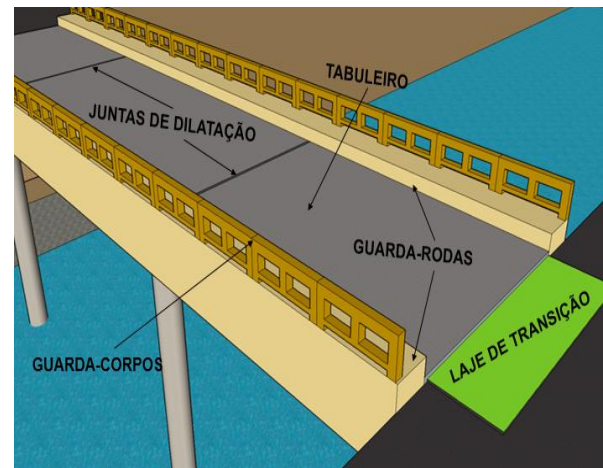
3.2.3 Superestrutura

Denomina-se superestrutura o sistema composto pelo tabuleiro, um sistema de suporte principal e cortinas. Ela recebe diretamente as cargas do tráfego, exercendo a função de suportar e transmitir os esforços incidentes para a mesoestrutura. Além dos elementos que detêm função estrutural, outros são importantes para segurança e o funcionamento correto da estrutura como um todo, como é o caso das juntas de dilatação, guarda-corpos, guarda-rodas e as lajes de transição (DNIT IPR XXX, 2016). A Figura 6 mostra a disposição desses elementos na estrutura.

Figura 6 - Elementos da superestrutura



a) Longarinas; Transversinas; Cortinas.



b) Tabuleiro; Juntas de dilatação; Guarda corpo; Guarda-rodas; Lajes de transição.

Fonte: a) Adaptada de Andrade Filho (2008); b) Autoria própria (2018)

O tabuleiro ou laje de uma ponte, tem a função de dar continuidade à estrada de modo a suportar as ações incidentes da estrutura do pavimento e das cargas de tráfego. As lajes podem ser executadas no próprio local da obra ou confeccionadas em elementos pré-fabricados, sendo este último muito utilizado atualmente devido a maior rapidez no processo de montagem (ANDRADE FILHO, 2008).

Quanto ao sistema de suporte principal, este é formado pelas vigas longarinas e transversinas, onde a primeira detém a função de suportar as cargas atuantes no tabuleiro e distribui-la longitudinalmente no elemento, fazendo a transmissão para os pilares, enquanto a segunda funciona como auxiliar na distribuição de cargas do tabuleiro para o viga principal. Já as cortinas são dispostas nas extremidades das pontes sem encontro, com a finalidade de contenção parcial do aterro de acesso, além de conferir enrijecimento transversal à estrutura (VITÓRIO, 2002).

Por fim, é válido destacar a laje de transição, elemento este nem sempre tratado com sua devida importância, o que acaba causando desconforto ao usuário além de possíveis problemas nos veículos que ali transitam. Este elemento é construído em concreto armado e executado sobre o aterro de aproximação da ponte, com o intuito de combater possíveis diferenças de níveis entre a estrutura da ponte e a estrada. Sua correta execução proporciona uma transição suave entre a estrada e a ponte, minimizando o impacto muito comum de sentir-se ao acessar este tipo de estrutura (ANDRADE FILHO, 2008).

3.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO COM ENFOQUE EM PONTES

3.3.1 Origem das manifestações patológicas

De acordo com Branco (2014), as manifestações patológicas podem ser originadas em três fases: projeto, execução e serviço. Grande parte das patologias se manifestam por falhas na concepção do projeto, causadas por falta de detalhamento, erros na modelação da estrutura, descumprimento de especificações de materiais, desconhecimento do local de assente da estrutura, entre outros. Um projeto ineficiente, desencadeia problemas nas fases subsequentes, pois o executor terá dúvidas na interpretação do projeto (BRANCO, 2014). A Tabela 1 mostra erros de projetos observados em pontes de concreto com suas possíveis consequências.

Tabela 1 - Principais erros de projeto observados em pontes

Erros de projeto	Fundamentação	Possíveis Causas	Possíveis patologias
Cargas Subestimadas	Devido à subestimação de cargas de exploração ou das cargas permanentes.	•Acidentais •Tráfego •Vento •Peso próprio •Sobrecarga	•Fissuração •Deformações excessivas •Vibrações excessivas
Erros de modelação	Os programas de cálculo apesar de ser uma ferramenta útil na análise estrutural, podem originar problemas de mau funcionamento da OAE, caso a modelação esteja simplificada.	•Incompatibilidade entre o modelo e a estrutura analisada •Desprezo de importantes condicionantes	•Fissuração •Deformações excessivas •Vibrações excessivas
Deficiência no detalhamento da armadura	Detalhamento ilegível, incorreto e não rigoroso pode originar anomalias estruturais.	•Cobrimento inferior ao mínimo •Espaçamento reduzido entre armaduras •Emendas em zonas críticas	Armadura: •Corrosão Concreto: •Fissuração •Ninho de concretagem
Materiais de qualidade inadequada	Consideração incorreta das propriedades dos materiais pode originar anomalias caso estes não suportem as ações agressivas.	Origem biológica: •Poluição biológica •Vegetação Origem Física: •Gelo e degelo Origem Química: •Abrasão •Carbonatação •Ação de cloretos	•Deterioração do concreto •Fissuração •Corrosão de armaduras
Cobrimento insuficiente	O Cobrimento insuficiente e a agressividade do ambiente, pode ocasionar anomalias.		

Fonte: Adaptada de Branco (2014)

A fase de execução está diretamente associada à fase de projeto, uma vez que um projeto deficiente, gera dúvidas ao executor, que por sua vez poderá optar por uma solução inadequada para correção deste. Esta fase é responsável pelo surgimento de diferentes tipos de patologias, desde a utilização de materiais inadequados, desqualificação de mão-de-obra até a má interpretação de projetos. As patologias originadas nesta fase podem manifestar-se durante a duração da mesma ou até mesmo durante a fase subsequente (COSTA, 2009). A Tabela 2, mostra problemas originados na fase de execução de pontes com suas possíveis causas.

Tabela 2 - Patologias originadas na fase construção da ponte

Elementos	Origem	Consequências	Patologias
Fôrma	• Não estanque	• Perda da calda de cimento • Segregação	• Ninho de concretagem
	• Remoção prematura	• Deformação estrutural (flecha excessiva e deslocamentos)	• Fissuração • Ninho de vazios
Escoramento	• Remoção prematura • Mau dimensionamento	• Deformação estrutural (flecha excessiva e deslocamentos)	• Fissuração
Armaduras	• Má conservação em obra	• Perda de resistência	• Oxidação
	• Má disposição	• Ninho de vazios • Cobrimento insuficiente	• Corrosão • Carbonatação • Desplacamento do concreto
Concreto	• Vibração inadequada	• Segregação • Perda de resistência	• Ninhos de concretagem • Fissuração
	• Má cura	• Secagem rápida	• Fissuração
	• Má qualidade • Cobrimento insuficiente	• Penetração de agentes agressivos	• Despassivação da armadura • Início da corrosão
Impermeabilização e rede de drenagem	• Montagem incorreta	• Eflorescência • Umidade	• Deterioração do concreto • Corrosão

Fonte: Adaptada de Branco (2014)

Por fim, a fase de serviço e manutenção, sendo esta uma das principais fases que causam a redução da vida útil das pontes. A maior parte das patologias existentes em uma estrutura advêm da fase de projeto e execução, no entanto estas são

percebidas apenas na fase de serviço. Além disso, nesta fase ainda manifesta-se problemas provenientes da falta de manutenção, alteração do uso, ou por ações humanas (COSTA, 2009). A Tabela 3 mostra algumas patologias originadas na fase de serviço de pontes de concreto.

Tabela 3 - Patologias originadas na fase serviço de pontes de concreto

Causa	Origem	Consequências	Patologias
Modificação da plataforma	• Aumento do número de vias (sem reforço) • Renovação da camada de asfalto sem ser feita a fresagem	• Aumento das cargas rodoviárias • Fadiga	• Fissuração • Deformações
Evolução do tráfego rodoviário	• Aumento do tráfego de veículo • Passagem mais frequentes de cargas pesadas		
Agressões exteriores de origem humana	• Colisões de veículos ou barcos • Incêndios • Vandalismo • Queda de objetos	• Danificação	• Degradação • Corrosão • Deformações

Fonte: Adaptada de Branco (2014)

3.3.2 Principais Patologias observadas em pontes de concreto

De acordo como o manual DNIT IPR 744 (2010), as pontes estão sujeitas ao aparecimento de diferentes tipos de patologias, ocasionadas tanto por fatores inerentes à estrutura, como os relacionados a qualidade dos materiais, quanto por fatores externos, como choques na estrutura. O manual supracitado destaca algumas patologias comuns de serem observadas em pontes de concreto, onde parte destas serão descritas nos itens a seguir.

3.3.2.1. Fissuras

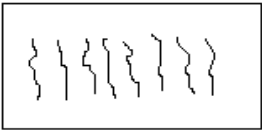
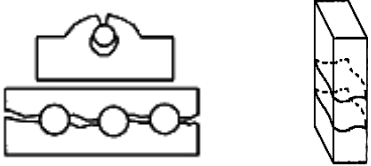
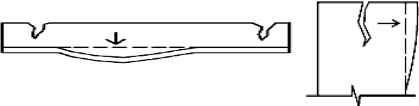
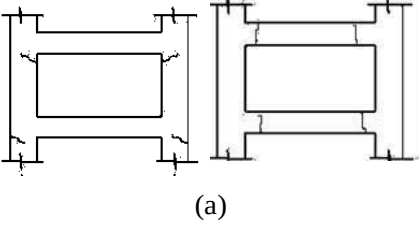
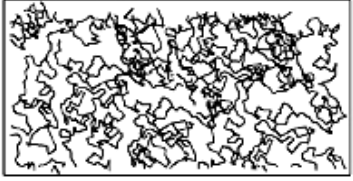
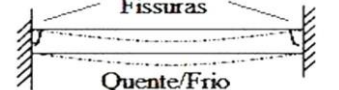
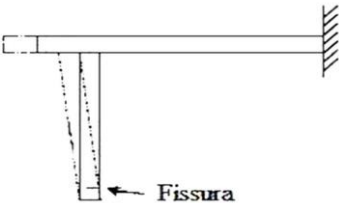
As fissuras são manifestações muito comuns de serem observadas em estruturas de concreto, estas podem ser causadas por diversos fatores. As fissuras de tração são as mais comumente encontradas, uma vez que o concreto apresenta

baixa resistência a este esforço, cerca de 10% com relação a resistência à compressão. As fissuras de compressão, são menos comuns, entretanto quando presentes geram grande preocupação. Seu aparecimento pode significar que o concreto esteja sofrendo esmagamento e ruptura frágil. Além das causas já citadas, essa patologia pode também ser causada por processo de cura ineficiente, fissuras de corrosão da armadura, fissuração por recalque, por expansão do material, por retração plástica, entre outras. O surgimento de fissuras além de gerar um desconforto visual ao usuário também proporciona uma falha na proteção das armaduras da estrutura de concreto armado, funcionando como um meio de entrada para agentes agressivos (SARTOTI, 2008).

De acordo como a NBR 6118 (2014), as aberturas das fissuras não devem ultrapassar 0,2 mm para peças expostas em meio agressivo (industrial), 0,3 mm para peças expostas a meio agressivo moderadamente forte (urbano) e 0,4 mm para peças expostas a meios fracos (rural), assim, quando estes limites são ultrapassados a armadura perde sua proteção ficando despassivada.

As fissuras ainda podem ser classificadas como passivas (estáveis), ou ativas (em movimento). A identificação e a correta classificação da fissura são de grande importância, uma vez que o tratamento e o material a ser utilizado no reparo depende deste fator. As fissuras ativas são aquelas provocadas por ações de magnitudes variáveis as quais provocam deformações variáveis no concreto, como é o caso das fissuras de origem térmicas e das provocadas por ações dinâmicas, onde estas só podem ser extintas se a causa que gerou for eliminada ou controlada. Já as fissuras passivas são aquelas que quando atingem sua máxima amplitude se estabilizam devida a interrupção da causa geradora, como é o caso das fissuras de retração hidráulica (VITÓRIO, 2002). A Figura 7 mostra alguns tipos de fissuras e suas causas.

Figura 7 - Tipos de fissuras em concreto armado

	Fissuras*	Descrição	Croquis	F_p
ESTADO PLÁSTICO	De retração plástica do concreto	- comuns em lajes e paredes. - aproximadamente paralelas, superficiais e afastadas entre si de 0,3 a 1 m.		2
	De assentamento do concreto	- sobre as armaduras. - em pilares, ficam abaixo dos estribos. - interação com armaduras vizinhas.		3
	De movimentação de fôrmas	- indicam posicionamento e/ou fixação incorretos ou resistência insuficiente de fôrmas/escoramentos		3
ESTADO ENDURECIDO	De retração do concreto por secagem	- 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	- 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	- em geral, normais ao eixo de elementos lineares, - indicam restrição de movimento por mau funcionamento de juntas de dilatação ou sua ausência.	 	3

Fonte: Fonseca (2007)

3.3.2.2 Corrosão de armaduras

Uma das características inerentes do concreto é a sua alta alcalinidade, fato este que proporciona uma proteção para as armaduras contidas em seu interior, também chamada de passivação da armadura. No entanto, esta passivação pode ser destruída pela penetração de agentes agressivos, os quais alteram as condições iniciais de proteção através da redução do pH do concreto, que por sua vez ocasiona a despassivação da armadura e consequentemente o início da corrosão (CARMONA, 2005).

Os dois principais mecanismos responsáveis pela perda da camada passivadora é a carbonatação e a presença de íons cloreto. Além disso, trincas, cobrimento insuficiente e porosidade do concreto contribuem para a exposição da armadura à agentes agressivos. A oxidação da armadura pode proporcionar outros problemas além da corrosão, uma vez que quando oxidada seu volume aumenta cerca de 8 vezes, onde esta expansão acaba por destruir a camada de concreto, ocorrendo o deslocamento do mesmo (COSTA, 2009). A Figura 8 mostra uma laje de uma ponte com a armadura exposta com sinais de corrosão.

Figura 8 - Laje com sinais de corrosão da armadura e deslocamento do concreto



Fonte: DNIT IPR 744 (2010)

3.3.2.3 Desagregação

De acordo com Mehta e Monteiro (2008), desagregação é a perda de massa do concreto em decorrência de um ataque químico de produtos inerentes ao concreto ou a baixa resistência destes, fazendo com que ocorra a perda da capacidade aglomerante do cimento, que acaba deixando os agregados livres. Bauer (2013), afirmou que as principais causas da desagregação do concreto são as reações com o hidróxido de cálcio proveniente da hidratação do cimento e reações do íon sulfato com aluminato tricálcio hidratado do cimento, originando sua expansão.

3.3.2.4 Carbonatação

Um dos tipos mais frequentes de corrosão em estruturas de concreto é a carbonatação, esta é a reação do dióxido de carbono (CO_2) presente na atmosfera que penetra pelos poros e aberturas existentes na estrutura e reage com os componentes do concreto. A carbonatação reduz o pH do concreto, fazendo com que o mesmo atinja um valor insuficiente, de modo a não proporcionar mais a proteção das armaduras contra corrosão. Fatores como umidade, permeabilidade do concreto e existência de fissuras tem influência direta no avanço da carbonatação. Caso não seja feita a correção, a profundidade vai aumentando com o tempo, prejudicando cada vez mais a estrutura (DNIT IPR 744, 2010).

3.3.2.5 Eflorescência

De acordo com o manual DNIT IPR 744 (2010), eflorescência são depósitos de sais brancos dispostos sobre a superfície do concreto, originada do vazamento de soluções que contém sais através da alvenaria ou do concreto. Segundo Souza (2008), esta patologia pode surgir em qualquer elemento da estrutura, podendo ser responsável por modificações estéticas, alterando apenas a aparência do elemento. Contudo, esta manifestação pode ocorrer de maneira agressiva e causar degradações relevantes nos elementos devido a agressividade dos sais constituintes.

3.3.2.6 Ninhos de concretagem

Os Ninhos ou falhas de concretagem, ocorrem devido a deficiência no instante de concretagem da peça, proporcionando a ocorrência de vazios e exposição de agregados. Esta patologia está relacionada com falhas no lançamento do concreto,

com perda da nata de cimento nas aberturas das fôrmas, espaçamento das armaduras inadequado, entre outras causas. Além do comprometimento estético do elemento, em determinadas situações esta patologia pode chegar a expor as armaduras, deixando as mesmas sujeitas ao ataque de agentes agressivos (DNIT IPR 744, 2010)

Além destas patologias supracitadas, outras também podem ocorrer nesse tipo de estrutura, como: esfoliação, manchas de umidade, desgaste superficial da estrutura.

3.3.3 Análise geral de alguns problemas incidentes em pontes

3.3.3.1 Problemas na superestrutura

A superestrutura é o local da ponte mais exposto às intempéries, estando sujeita tanto aos desgastes naturais quanto aos provocados por ações humanas. O tabuleiro da ponte é o elemento da superestrutura mais suscetível à degradação, uma vez que sua face inferior está exposta a ação das águas evaporadas dos rios ou mares, ocasionando o acúmulo de umidade que dão origem à patologias como manchas, corrosão entre outras. Além disso, a parte superior deste elemento, por receber diretamente ações como tráfego e chuvas, sofre com problemas de fissuras, infiltrações de água, o que acaba por acelerar a degradação do elemento (ANDRADE FILHO, 2008).

Outro problema comum de ser visualizado é a ausência ou a precariedade dos guarda-corpos devido os mesmos além de sofrerem ações de cunho natural, estarem também expostos a ações humanas como por exemplo colisões de veículo ou vandalismo. Além desses problemas, é comum observar diferença de nível da transição entre a estrada e a ponte, desagregação do concreto, armadura exposta, fissuras nos elementos e empoçamento de água na pista de rolamento (ANDRADE FILHO, 2008).

3.3.3.2 Problemas na mesoestrutura

A mesoestrutura funciona como meio de transmissão de cargas da superestrutura para a infraestrutura, em função disso é necessário uma maior atenção com a presença de determinados problemas. A falta de verticalidade e o desalinhamento dos pilares, permitem o surgimento de esforços não planejados no

modelo estrutural além de falha na distribuição dos esforços. Esta situação causa sobrecarga em alguns elementos, e consequentemente o surgimento de manifestações patológicas graves ou até mesmo o colapso da estrutura. Os principais problemas patológicos observados na mesoestrutura é corrosão da armadura, fissuras, desagregação do concreto e aparelhos de apoio danificados (ANDRADE FILHO, 2008).

3.3.3.3 Problemas na infraestrutura

Para uma identificação com maior precisão das patologias na infraestrutura, é importante de início identificar o tipo de fundação utilizada. A corrosão da armadura e o desgaste por abrasão são patologias comuns nestes elementos, uma vez que as fundações tem contato direto com a água, a qual pode deteriorar o concreto deixando a armadura sujeita a corrosão. Outro problema observado é a erosão do solo que recebe as cargas das fundações, que além de reduzir a capacidade de suporte, pode expor a estrutura da fundação. Segundo Andrade Filho (2008), no estado do Ceará a erosão é causada pela comercialização da areia dos rios. É comum observar também a segregação do material devido a ineficiência da estanqueidade das fôrmas e até mesmo pela vibração excessiva do concreto fresco, onde ocasiona a formação de ninhos de concretagem. É de grande importância o acompanhamento e controle rigoroso na execução da fundação, pois uma má execução pode originar problemas como recalques diferenciais causados por assentamento da base da fundação em solo não compatível com o de projeto, desencadeando problemas como rachaduras e desnivelamento da pista de rolamento (ANDRADE FILHO, 2008).

3.4 METODOLOGIAS DE INSPEÇÃO

3.4.1 Metodologia GDE/UnB

A origem da metodologia GDE/UnB está nos estudos realizados por Klein et al.(1991), onde seu trabalho tinha como objetivo a implementação de um processo sistematizado de vistorias em Obras de Artes Especiais, onde fosse possível verificar o estado de conservação das mesmas, através da identificação de lesões e a classificação destas em função da gravidade das manifestações (EUQUERES, 2011).

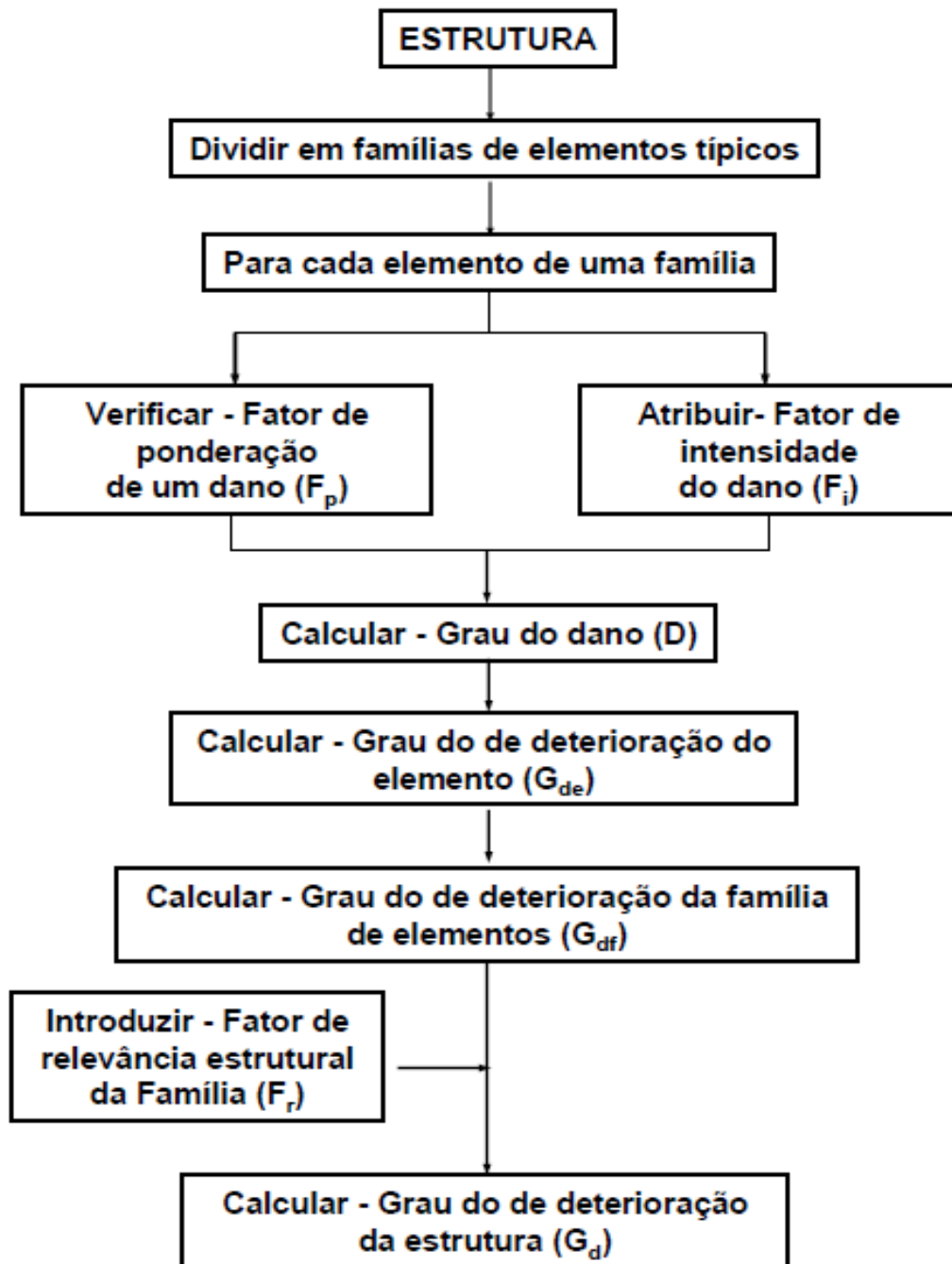
Baseado na metodologia proposta por Klein et al. (1991), Castro (1994) idealizou a metodologia GDE/UnB para manutenção de estrutura de concreto armado de edificações usuais, onde este efetuou modificações e adaptações necessárias para que fosse possível quantificar a evolução dos danos ao longo da vida útil de uma estrutura convencional.

Após sua criação esta metodologia tem sido bastante utilizada no âmbito de pesquisas relacionadas ao estudos de durabilidade de estruturas de concreto. O método de trabalho desenvolvido por Castro (1994) consiste na quantificação do Grau de deterioração da estrutura, através da análise de cada elementos individualmente e em grupos, além da inserção de fatores que destacam a importância de determinado dano ou elemento (MEDEIROS, 2015).

A metodologia GDE/UnB vem sendo adotada na análise de diversas estruturas, esta vem passando por modificações e adaptações para a obtenção de resultados cada vez mais representativos. Essas remodelações nesta metodologia, foram implementadas por Lopes (1998), Boldo (2002), Fonseca (2007) e mais recente Euqueres (2011), Medeiros (2015) e Verly (2015) os quais propuseram a inserção de novos elementos e uma nova classificação destes, para a utilização da metodologia em OAE.

A avaliação da estrutura por esta metodologia é realizada com o auxílio de um caderno de inspeções, o qual contém instruções necessárias para a realização da avaliação da estrutura (MEDEIROS, 2015). A Figura 9 apresenta o fluxograma proposto por Castro (1994) e utilizados pelos demais autores supracitados, o qual expõe a sequência de execução do cálculo para a definição do grau de deterioração da estrutura.

Figura 9 - Metodologia de cálculo do Grau de Deterioração da Estrutura (GD)



Fonte: Castro (1994)

A metodologia de cálculo GDE/UnB proposta por Verly (2015), utilizada neste trabalho, utiliza como base as metodologias dos autores já citados e implementa ajustes em alguns fatores e formulações para a obtenção de resultados que representem melhor as condições da estrutura. O roteiro seguido na metodologia GDE/UnB proposta por Verly (2015) corroborado pelos demais autores será descrito a seguir. É válido destacar que esta proposta de Verly (2015) é a modificação mais recente desta metodologia.

3.4.1.1 Divisão em Famílias de elementos típicos

A primeira etapa consiste em dividir os elementos típicos em famílias, agrupando-os de acordo com suas funções e características estruturais, como por exemplo a família dos pilares e família das lajes.

3.4.1.2 Análise dos fatores de Ponderação (F_p) e Intensidade (F_i)

Após a divisão em famílias, realiza-se a análise dos fatores de ponderação de um dano (F_p) e o fator de intensidade do dano (F_i). O primeiro quantifica a importância de um determinado dano no que se refere ao comprometimento estrutural e funcional causado pela manifestação patológica. Esta situação permite que um mesmo dano receba fatores distintos, como por exemplo, uma fissura em uma viga pode receber um valor diferente do que a fissura em um guarda-corpo. A quantificação deste valor é estabelecida através de uma escala de 1 a 5 (MEDEIROS, 2015). A Figura 10 mostra o modelo de ficha proposta desde a primeira versão da metodologia GDE/UnB com os respectivos valores de F_p para cada dano.

Figura 10 - Modelo de ficha de inspeção com valores de F_p

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 infra-estrutura	3			

Fonte: Verly (2015)

Vale salientar que para fissuras, os valores de F_p variam de acordo com o tipo desta, onde o fator é definido com o auxílio de uma tabela que contém os tipos de fissuras e seus respectivos F_p (VERLY, 2015). Parte desta tabelas pode ser vista na Figura 7 contida na seção 3.3.2.1.

Já o fator de intensidade (F_i) diferente do F_p , não considera em que elemento o dano está contido. O F_i tem como objetivo classificar a gravidade e evolução isolada da manifestação, seguindo uma escala que varia de 0 a 4, sendo a quantificação definida pelo avaliador das patologias. Para a diminuição da subjetividade deste valor, o caderno de inspeções contém documentações fotográficas de danos e seus respectivos F_i , além de uma tabela com a descrição de algumas manifestações e recomendações de valores a serem atribuídos para os danos (MEDEIROS, 2015). Na Figura 11 pode ser visualizada parte desta tabela.

Figura 11 - Parte da Tabela com tipos de danos e seus respectivos F_i

Tipos de danos	Valores de F_i
Carbonatação	1 → localizada, com regiões com $pH < 9$, sem afetar as armaduras. 2 → localizada, atingindo a armadura, em ambiente seco. 3 → localizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido. 4 → generalizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido.
Cobrimento deficiente	1 → menores que os previstos em norma sem, no entanto, permitir a localização da armadura. 2 → menor que o previsto em norma, permitindo a localização visual da armadura ou armadura exposta em pequenas extensões. 3 → deficiente, com armaduras expostas em extensões significativas.

Fonte: Verly (2015)

3.4.1.3 Grau do dano (D)

O grau do dano (D) é calculado em função de F_p e F_i , usando a analogia do modelo proposto por Tuuti (1982), o qual considera que a deterioração ocorre em duas fases distintas, iniciação e propagação (MEDEIROS, 2015). As Equações 1.1 e 1.2, apresentam as formulações utilizadas para o grau de dano.

$$D = 0,8 * F_i * F_p \quad \text{para } F_i \leq 2,0 \quad (1.1)$$

$$D = (12 * F_i - 28) * F_p \quad \text{para } F_i > 2,0 \quad (1.2)$$

Onde:

D= Grau do dano do elemento;

F_p = Fator de ponderação do dano;

F_i = Fator de intensidade do dano.

3.4.1.4 Grau de deterioração do elemento (GDE)

Este parâmetro indica o grau de deterioração de cada elemento individualmente. Uma vez calculado, é possível realizar a classificação do elemento quanto ao nível de deterioração e definir prazos para a realização de intervenções nos elementos (EUQUERES, 2011). O GDE é calculado através da Equação 1.3.

$$Gde = Dmáx * \left[1 + \frac{(\sum_{i=1}^n Di) - Dmáx}{\sum_{i=1}^n Di} \right] \quad (1.3)$$

Onde:

Gde= Grau de deterioração do elemento;

Dmáx= Maior grau de dano de um elemento;

Di= Grau de dano de ordem i;

n= Número de danos encontrados no elemento.

3.4.1.5 Grau de deterioração da família de elementos (GDF).

O GDF representa a deterioração de elementos que apresentam mesmas características. Para a realização dos cálculos são necessários os valores do GDE de todos os elementos pertencentes a família estudada. Castro (1994), instituiu que para a quantificação do GDF seria necessário a utilização apenas dos valores de GDE igual ou superior a 15, com a justificativa que o objetivo era evidenciar os danos mais relevantes e não mascarar os valores com danos de menor gravidade. Esta consideração fazia com que determinadas famílias apresentassem grau de deterioração igual a zero, mesmo apresentando algum tipo de dano.

Verly (2015) corroborado por Euqueres (2011), propôs a inserção de todos os valores de GDE diferentes de zero para o cálculo do GDF, pois assim faria com que todos os danos existentes contribuíssem em sua avaliação global, além da possibilidade de utilizar esta ferramenta como um sistema de gestão de OAE, onde poderia acompanhar a evolução de todos os danos existentes. Além desta consideração, a equação proposta por Castro (1994) passou por alterações, sendo a

última proposta por Fonseca (2007). A Equação 1.4 mostra a formulação do cálculo do GDF adotada por Verly (2015).

$$Gdf = Gde, máx * \left[\sqrt{1 + \frac{(\sum_{i=1}^m Gde, i) - Gde, máx}{\sum_{i=1}^m Gde, i}} \right] \quad (1.4)$$

Onde:

Gdf= Grau de deterioração da família;

Gde,máx= Maior valor de GDE de uma família;

Gde,i= Grau de deterioração de ordem i.

3.4.1.6 Grau de deterioração da estrutura (Gd)

Antes do início do cálculo do Grau de deterioração global da estrutura, é necessário a definição do fator de relevância (Fr), o qual é definido em função da importância relativa da família de elementos no desempenho da estrutura como um todo (VERLY, 2015).

É válido salientar que nesta etapa encontra-se a principal alteração da formulação proposta por Verly (2015) em relação aos demais autores que estudaram esta metodologia. Castro (1994), seguido pelos demais autores, definiu o cálculo do Gd como sendo a média ponderada dos graus de deterioração das famílias onde tinha como peso o fator de relevância estrutural (Fr). Esta formulação está representada na Equação 1.5.

$$Gd = \frac{\sum_{i=1}^m Fr(i) * Gdf(i)}{\sum_{i=1}^m Fr(i)} \quad (1.5)$$

Verly (2015) constatou que em determinadas situações ao considerar todos os valores de GDE no cálculo do GDF, e utilizar a Equação 1.5 para o cálculo do Gd faz com que o aparecimento de um dano de menor relevância na estrutura e consequentemente sua contabilização no cálculo, represente uma redução no grau de deterioração, assim como a correção de um dano faça com que este valor aumente, situação inversa ao esperado.

Diante disso, Verly (2015) propôs uma nova equação para o cálculo do Gd onde a inserção de um dano representa um aumento no Gd e a correção deste faz com que ocorra a diminuição do grau de deterioração. Vale ressaltar que para não ocorrer a descaracterização da metodologia, o autor atentou em manter a faixa de valores possíveis, a mesma da formulação vista na equação 1.5. A Equação 1.6 representa a formulação proposta por Verly (2015).

$$Gd = \frac{Kmáx}{7,07} \sqrt{1 + \frac{(\sum_{i=1}^k Ki) - Kmáx}{\sum_{i=1}^k Ki}} \quad (1.6)$$

Onde:

k= Número de famílias da estrutura;

K=Produto do Gdf,i pelo respectivo Fr;

Kmáx= Maior valor do produto do Gdf,i pelo respectivo Fr.

Após calcular o Gd é possível realizar a classificação da estrutura quanto ao seu nível de deterioração e observar os prazos recomendados para a realização de intervenções. Para efetuar esta classificação utiliza-se a Tabela 4.

Tabela 4 - Classificação dos níveis de deterioração e ações recomendadas

Nível de deterioração	Gde	Ações recomendadas
Baixo	≤ 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	15,1 a 50	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máximo 2 anos).
Alto	50,1 a 80	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em médio prazo (máximo 1 ano).
Sofrível	81,1 a 100	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máximo 6 meses).
Crítico	≥100,1	Inspeção especializada imediata e medidas emergenciais (alívio de cargas, escoramento, etc.). Planejar intervenção imediata.

Fonte: Adaptada de Verly (2015)

Vale ainda destacar, que esta metodologia possui limitações quando trata-se de pontes com extensão superior a 70 metros, devido à dificuldade em conseguir contato visual com todos os elementos da estrutura. Euqueres (2011) diz que para pontes com extensão superiores a 70 metros, é necessário a utilização de equipamentos náuticos para que se possa ter acesso a regiões centrais da ponte.

3.4.2 Norma DNIT 010/2004-PRO

A norma DNIT 010/2004-PRO estabelece procedimentos para a realização de inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido. De acordo com Euqueres (2011), a norma DNIT 010/2004-PRO contém em seus anexos A e B, modelos de fichas que são utilizadas para a realização de inspeções cadastrais e rotineiras em pontes e viadutos. Além disso, em seu anexo C apresenta instruções direcionadas para a avaliação dos elementos, de acordo com o sistema de gerência de obras de artes especiais (SGO) (EUQUERES, 2011).

O sistema SGO, é um banco de dados que armazena informações de inspeções realizadas no âmbito do cadastro e inspeção. Este serve como subsidio para a realização de intervenções e priorizações a serem realizadas nas OAE. A necessidade de intervenção e a priorização da realização desta, é realizada em função do nível de urgência, o qual é definido por uma nota técnica atribuída para a estrutura (DNIT IPR 709, 2004). As instruções para a atribuição das notas podem ser visualizadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Instruções para atribuição de notas pela metodologia DNIT

NOTA	DANOS NO ELEMENTO/ INSUFICIÊNCIA ESTRUTURAL	AÇÃO CORRETIVA	CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE	CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA PONTE
5	Não há danos nem insuficiência estrutural	Nada a fazer.	Boa	Obras sem problemas
4	Há alguns danos, mas não há sinais de que estejam gerando insuficiência estrutural	Nada a fazer; apenas serviços de manutenção.	Boa	Obra sem problemas importantes
3	Há danos gerando alguma insuficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra.	A recuperação da obra pode ser postergada, devendo-se, porém, neste caso colocar-se o problema em observação sistemática	Boa aparentemente	Obra potencialmente problemática Recomenda-se acompanhar a evolução dos problemas através das inspeções rotineiras, para detectar, em tempo hábil, um eventual agravamento da insuficiência estrutural.
2	Há danos gerando significativa insuficiência estrutural na ponte, porém, não há ainda, aparentemente, um risco tangível de colapso estrutural.	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) da obra deve ser feita no curto prazo.	Sofrível	Obra problemática Postergar demais a recuperação da obra pode leva-la a um estado crítico, implicando também sério comprometimento da vida útil da estrutura. Inspeções intermediárias são recomendáveis para monitorar os problemas.
1	Há danos gerando grave insuficiência estrutural na ponte; o elemento em questão encontra-se em estado crítico, havendo um risco tangível de colapso estrutural.	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) - ou em alguns casos, substituição da obra – deve ser feita sem tardar.	Precária	Obra crítica Em alguns casos, pode configurar uma situação de emergência, podendo a recuperação da obra ser acompanhada de medidas preventivas especiais, tais como: restrição de carga na ponte, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramentos provisórios, instrumentação com leituras contínuas de deslocamentos e deformações

Fonte: DNIT 010/2004- PRO (2004)

A análise da estrutura é realizada utilizando a ficha de inspeção rotineira, onde atribui-se notas aos elementos da estrutura seguindo os parâmetros vistos na Tabela 5. Essa nota varia de 1 a 5 de acordo com o estado de deterioração do elemento, sendo que, quanto menor for a nota mais graves são os problemas encontrados (MEDEIROS, 2015). Verly (2015), ressalta que aos elementos não estruturais é limitado ao intervalo das notas de 2 a 5, uma vez que a nota 1 é atribuída apenas aos elementos com função estrutural que apresenta estado crítico.

A estrutura é avaliada por inteira, atribuindo-se notas técnicas para todos os grupos de elementos, onde ao fim da análise, atribui-se uma nota que representa sua condição como um conjunto, a qual corresponde a nota técnica mais baixa recebida pelo grupo de elementos de função estrutural (ROSA et.al.,2014). A Figura 12 mostra parte da ficha de inspeção utilizada na aplicação desta metodologia.

Figura 12 - Parte da ficha de inspeção utilizada na metodologia DNIT

4.INFRAESTRUTURA		Nota técnica: ☐	Local	Quantidade (Opcional)
Recalque de Fundação	☐ Há			
Deslocamento de Fundação	☐ Há			
Erosão Terreno de Fundação	☐ Há			
Estacas Desenterradas	☐ Há			

Fonte: DNIT 010/2004-PRO (2004)

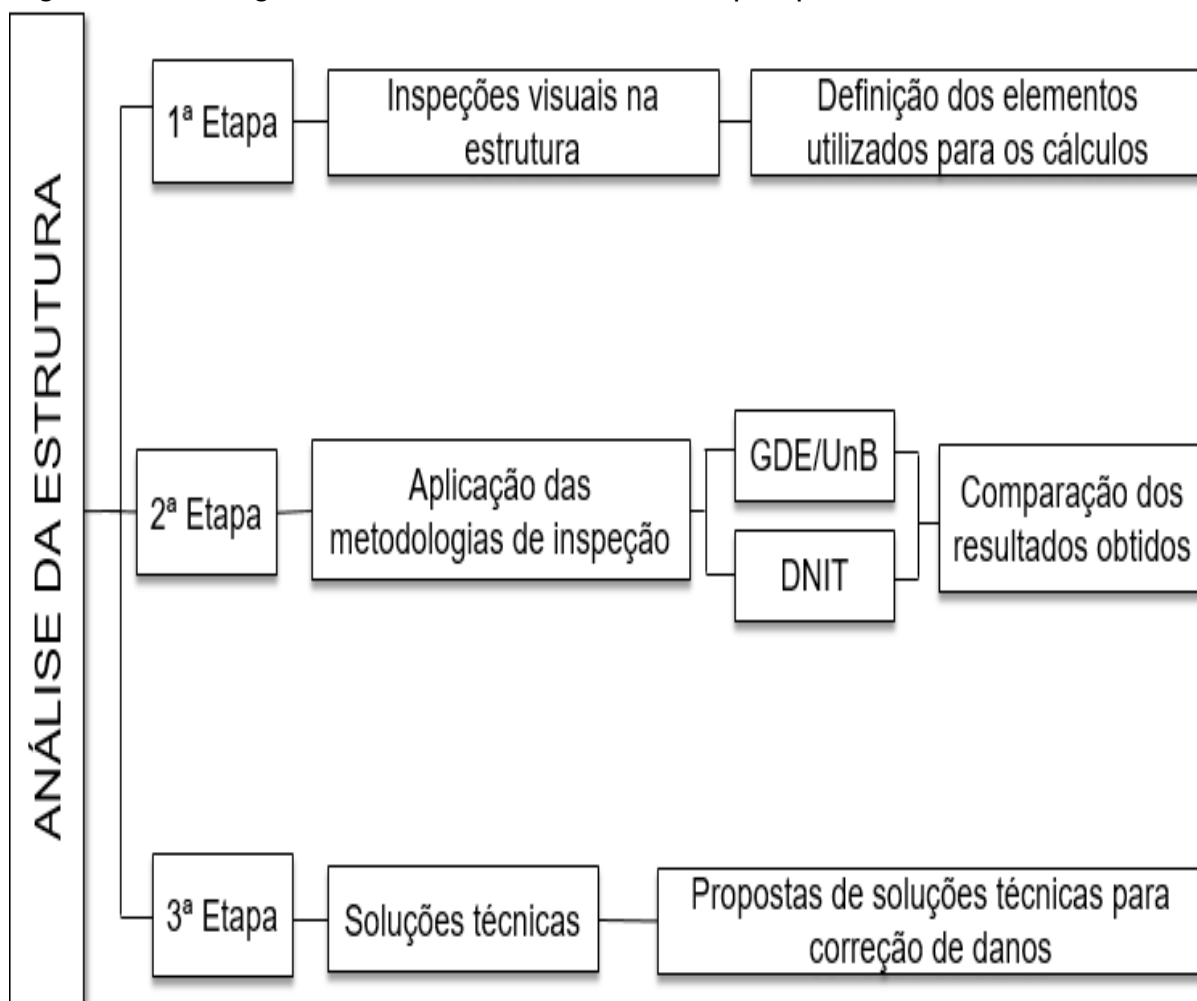
A norma DNIT 010/2004-PRO, institui alguns procedimentos a serem seguidos durante a inspeção, como: a documentação fotográfica deve conter no mínimo seis fotos as quais devem registrar a vista superior, vista inferior, vistas laterais, detalhes de apoio, articulações e juntas. Além disso, realizar a limpeza de algumas áreas para a verificação de ocorrência de trincas, fissuras e corrosão.

Segundo a norma DNIT 010/2004-PRO, as inspeções rotineiras são periódicas e realizadas normalmente a cada dois anos. Verly (2015), diz que em ambientes agressivos ou em locais com grande volume de tráfego, este intervalo de inspeções pode diminuir para 1 ano ou menos. O Autor ainda ressalta que as inspeções rotineiras são visuais, motivo que justifica a impossibilidade da análise de todos os elementos da estrutura, como por exemplo as fundações que em sua maioria não são visíveis.

4. METODOLOGIA

Neste tópico será abordado os procedimentos e equipamentos que foram utilizados para a realização desta pesquisa, a fim de cumprir os objetivos propostos. As etapas realizadas nesta análise é visualizada no fluxograma ilustrado na Figura 13.

Figura 13 - Fluxograma da análise realizada nesta pesquisa



Fonte: Autoria própria (2018)

A metodologia deste trabalho consistiu na utilização de métodos de inspeção de OAE, para o estudo do estado de deterioração da ponte sobre o Rio Jaguaribe (ponte da Ilhota) localizada no Km 161 da CE-356, na zona rural do município de Russas-CE. Vale destacar que não foi possível ter acesso a projetos relacionados à estrutura, fato este que dificultou a análise de alguns elementos da mesma. A Figura 14 mostra a localização da Ponte da Ilhota.

Figura 14 - Localização da Ponte da Ilhota



Fonte: Adaptada de Google Earth (2018)

4.1 INSPEÇÕES VISUAIS NA ESTRUTURA

Nesta etapa foram realizadas visitas ao local, para a realização de inspeções visuais com o objetivo de identificar patologias presentes na estrutura. Além da inspeção visual, efetuou-se medições em elementos da ponte para uma melhor caracterização da mesma.

Para a execução dos procedimentos supracitados, foi necessária a realização de registros fotográficos dos elementos que compõem a ponte onde utilizou-se uma câmera Nikon coolpix 16 Mp, além de medições em alguns elementos onde utilizou-se uma trena de 30 metros (Brasfort) e uma régua graduada em milímetros, para detalhar o estado de cada elemento. Estes objetos são vistos na Figura 15.

Figura 15 - Equipamento utilizados na inspeção



a) Câmera fotográfica



b) Trena



c) Régua graduada

Fonte: Autoria própria (2018)

As informações colhidas nas visitas realizadas foram utilizadas inicialmente para o agrupamentos dos elementos visualizados na estrutura. Este agrupamento pode ser visualizado na Tabela 6.

Tabela 6 - Divisão estrutural dos elementos inspecionados

Divisão estrutural	Elementos
Superestrutura	Vigas longarinas e transversinas; Lajes; Cortinas
Mesoestrutura	Pilares; Vigas de contraventamento; Aparelhos de apoio.
Infraestrutura	Blocos de fundação.
Outros elementos	Guarda-rodas; Guarda-corpos; Juntas de dilatação; Pista de rolamento.

Fonte: Adaptada de Medeiros (2015)

Nesta etapa ainda foi realizada a classificação da estrutura quanto à agressividade ambiental, para definir seu risco de deterioração. Para tanto, utilizou-se a tabela contida na NBR 6118/2014 que pode ser visualizada na Tabela 7.

Tabela 7- Classe de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Frac	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

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

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR 6118 (2014)

Ressalta-se que não foi possível realizar a inspeção em todos os elementos da ponte, pois alguns eram inacessíveis, impossibilitando o contato visual dos mesmos.

4.2 APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE INSPEÇÃO

4.2.1 Aplicação da metodologia DNIT 010/2004-PRO

Para a aplicação da norma DNIT foi necessário identificar todos os elementos estruturais e não estruturais presentes na ponte, estes podem ser visualizados na Tabela 6. Efetuada a divisão, utilizou-se as fichas de inspeção rotineira contida na Norma DNIT 010/2004- PRO, além da tabela de instruções para atribuição de notas técnicas as quais estão representadas na Figura 12 e na Tabela 5 respectivamente. Após realizada a análise de todos os elementos, a nota final da estrutura foi atribuída utilizando o critério descrito na norma supracitada, onde a mesma institui que a nota técnica da estrutura é o menor valor atribuído a um elemento de função estrutural. Definida a nota técnica final da estrutura, realizou-se a classificação da ponte quanto as condições de estabilidade e ações corretivas de acordo com a norma DNIT.

4.2.2 Aplicação da metodologia GDE/UnB

Após realizada a identificação dos elementos constituintes da ponte (Tabela 6), foi feita a classificação em famílias como sugere a metodologia GDE/UnB. Esta classificação pode ser visualizada na Tabela 8.

Tabela 8 - Classificação em famílias para o cálculo da metodologia GDE/UnB

Famílias	
Pista de Rolamento	Guarda-rodas
Juntas de dilatação	Guarda-corpos
Cortinas	Vigas Longarinas
Lajes	Aparelhos de apoio
Pilares	Blocos de fundação
Vigas transversinas	Vigas de contraventamento

Fonte: Adaptado de Medeiros (2015)

Devido à grande extensão da ponte e de alguns de seus elementos, foi realizada a divisão de alguns destes em trechos para evitar que um dano pontual seja generalizado. Os elementos os quais foram necessários realizar esta divisão foram as vigas longarinas, guarda-corpos, guarda-rodas e as lajes.

Desta forma, foi feita a identificação dos danos existentes em cada elemento, bem como a atribuição dos fatores de Ponderação (Fp) e intensidade (Fi) para a

obtenção do grau do dano (D). Para a atribuição de valores aos fatores supracitados, foi utilizado o Manual de aplicação da metodologia GDE/UnB a obras de artes especiais proposto por Verly (2015), no qual contém tabelas que identificam as manifestações com seus respectivos valores de F_p e F_i e ainda possuem fotos ilustrativas de danos e fatores sugeridos para estas patologias. No Anexo A pode-se visualizar a tabela utilizada para auxiliar a atribuição dos fatores de intensidade.

Após definição dos fatores, iniciaram-se os cálculos, os quais foram realizados com o auxílio de planilhas eletrônicas seguindo o roteiro descrito na seção 3.4.1.1 deste trabalho. De acordo com a descrição do tópico supracitado, antes de realizar o cálculo do Gd é necessário definir os fatores de relevância estrutural (Fr) para cada família. Para a definição destes, fez-se um comparativo entre as literaturas disponíveis, para chegar-se a um a uma configuração que represente a estrutura. Estes fatores atribuídos para cada família podem ser visualizados na Tabela 9.

Tabela 9 - Composição das famílias com seus respectivos Fr

Famílias	Fr
Guarda-corpos; Guarda-rodas; Pista de rolamento	1
Juntas de dilatação	2
Cortinas	3
Lajes; Blocos de fundação; Vigas transversinas; Aparelhos de apoio	4
Vigas Longarinas, Vigas de contraventamento e Pilares	5

Fonte: Adaptado de Verly (2015); Medeiros (2015); Euqueres (2011)

Ao fim da realização de todos os cálculos necessários foi obtido o valor do grau de deterioração global da estrutura (Gd). Em seguida, realizou-se a classificação da estrutura de acordo com os níveis de deterioração e as ações recomendadas.

4.3 SOLUÇÕES TÉCNICAS

Depois de realizada a análise de todos os elementos de acordo com as metodologias GDE/UnB e DNIT, fez-se a escolha de alguns danos identificados e realizou-se análises de possíveis soluções técnicas de engenharia para o reparo destes problemas. Para a realização desta análise foi feito um levantamento bibliográfico a respeito de correções em estruturas de concreto armado e OAE, além de consultas a alguns Engenheiros Civis especialistas em estudos patológicos.

5. RESULTADOS E DISCURSÕES

5.1 DESCRIÇÃO DA PONTE DA ILHOTA

A ponte Governador Gonzaga Mota (ponte da Ilhota), é um obra de arte especial inaugurada em 1987, localizada na CE-356 no trecho conhecido como estrada da fruta, que interliga os municípios de Russas-CE à Baraúna-RN. A ponte da Ilhota recebe esta denominação por estar situada na comunidade Sítio Ilhota pertencente à cidade de Russas, permitindo a travessia do Rio Jaguaribe. Com o desenvolvimento da região houve a evolução do tráfego de veículos de grande porte sobre a ponte, pois este trecho passou a ser a principal via do escoamento da produção frutífera da chapada do Apodi e posteriormente para o deslocamento da produção cimenteira da fábrica Apodi, localizada às margens desta rodovia. A Tabela 10 mostra algumas dimensões desta estrutura.

Tabela 10 - Dimensões da Ponte da Ilhota

LARGURA TOTAL (m)	COMPRIMENTO (m)	PISTA DE ROLAMENTO (m)	ALTURA (m)
7,10	480	6,10	17

Fonte: Autoria própria (2018)

De acordo com a NBR 6118/2014, com relação à classe de agressividade ambiental, a ponte da Ilhota é situada em um ambiente fracamente agressivo com risco de deterioração insignificante.

A estrutura da ponte é constituída de concreto armado com altas taxas de agregados de seixo rolado de dimensões variadas. A superestrutura da ponte é composta por um tabuleiro dividido em doze vãos internos e dois em balanço dispostos um em cada lado da estrutura. Além disso, possui duas vigas longarinas ao longo de todo o comprimento, as quais são subdivididas em trechos de eixo a eixo dos pilares e sessenta vigas transversinas dispostas transversalmente ao longo das longarinas.

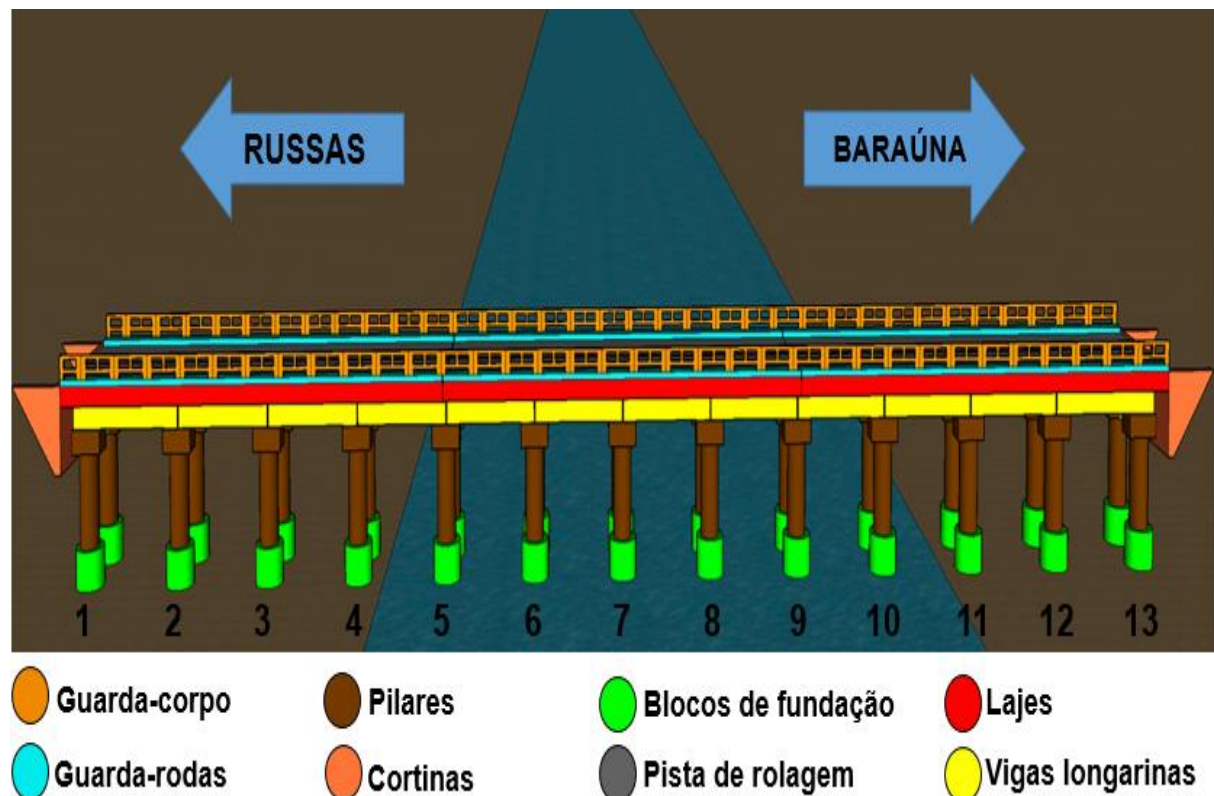
A Mesoestrutura é composta por 26 pilares disposto dois a dois a cada 40 metros, onde cada conjunto de pilar possui uma viga de contraventamento. É possível observar também a presença de aparelhos de apoio Neoprene de formato quadrado situados entre os pilares e as vigas.

Com relação a infraestrutura, só foi possível a identificação dos blocos de fundação de seção circular, disposta na extremidade inferior de cada pilar. Devido a não ter acesso ao projeto não foi possível identificar o tipo de fundação existente abaixo dos blocos.

Além dos elementos estruturais supracitados, a ponte possui outros que compõe o sistema de segurança e funcionamento da estrutura. A OAE possui quatro juntas de dilatação, sendo que duas dispostas nas extremidades da ponte as quais são juntas abertas e duas dispostas no trecho interno do tabuleiro, onde estas são preenchidas com material flexível. A estrutura ainda dispõe de guarda-corpos e guarda-rodas, onde ambos são disposto nas laterais da pista de rolagem, além de possuir um sistema de drenagem constituído de buzinetes localizados ao longo da face inferior das lajes em balanço.

A Figura 16 ilustra uma visão geral da Ponte da Ilhota, onde ainda é possível identificar que o intervalo do pilar cinco até o pilar dez está contido no leito do rio, estando mais susceptível a degradação. Destaca-se que, o sentido adotado como referência foi Russas-Baraúna, portanto quando for mencionado lado direito ou esquerdo é em relação ao sentido adotado demonstrado na Figura 16.

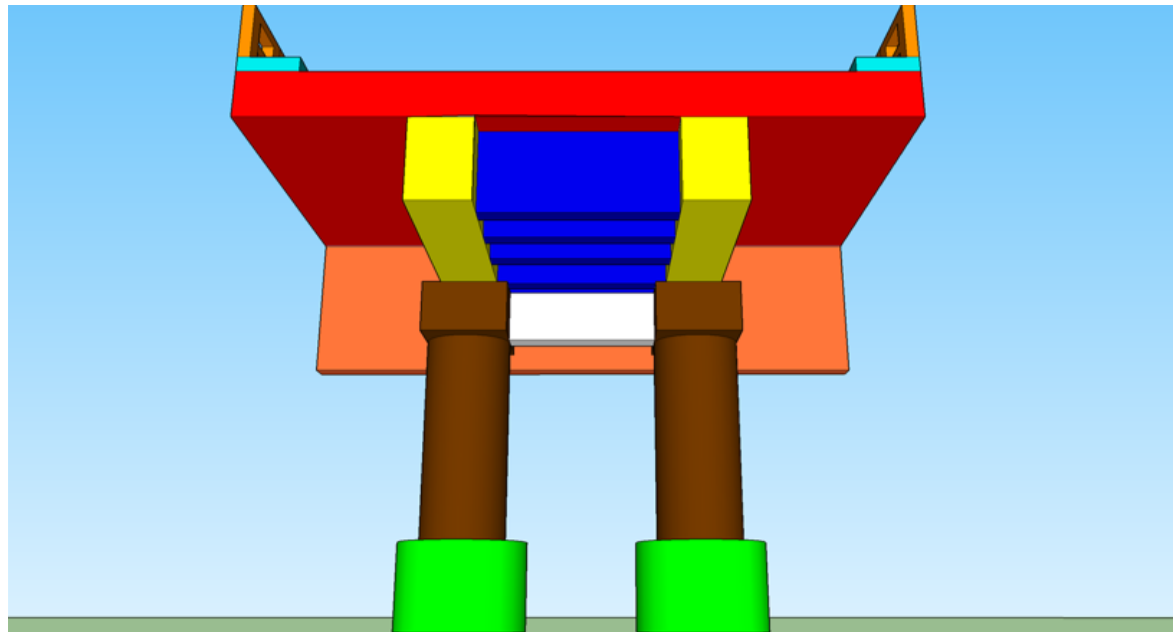
Figura 16 - Estrutura da Ponte da Ilhota



Fonte: Autoria própria (2018)

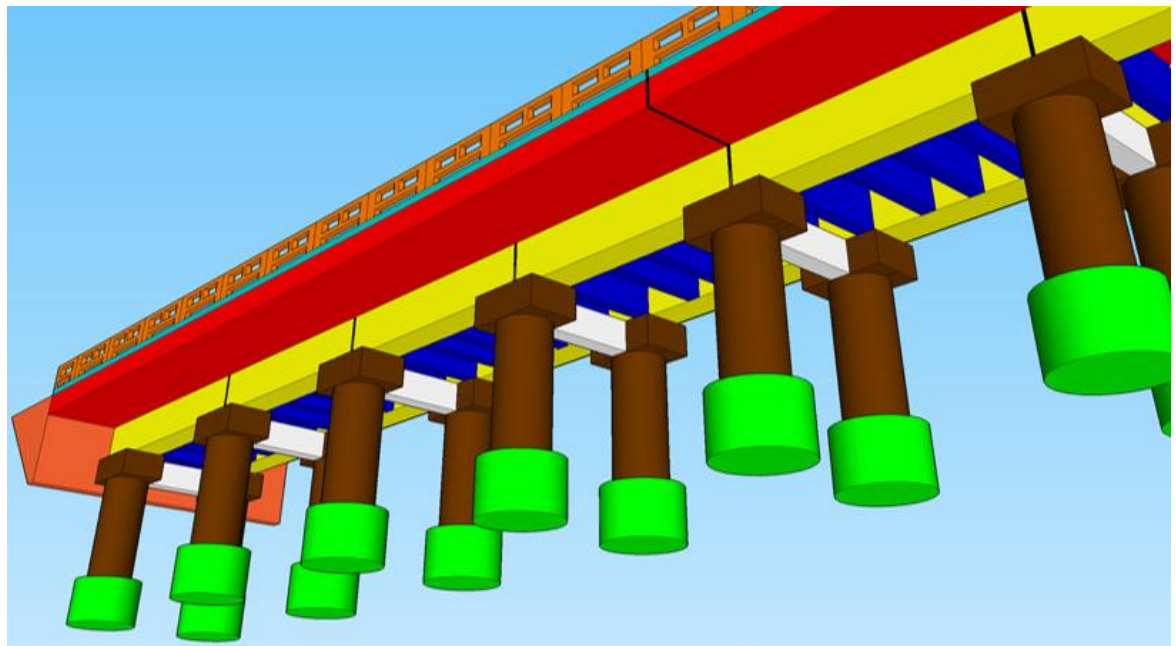
Através da Figura 17 é possível a identificação da disposição dos elementos constituintes da estrutura, esta identificação será necessária para melhor entendimento das descrições das manifestações patológicas e da análise destas.

Figura 17 - Elementos constituintes da ponte da ilha



- | | | | | |
|--|--|---|---|--|
| ● Lajes | ● Guarda-rodas | ● Blocos de fundação | ● Vigas transversinas | ● Cortinas |
| ● Pilares | ● Guarda-corpo | ○ Viga de contraventamento | ● Vigas longarinas | |

a) Seção transversal



- | | | | | |
|--|--|--|---|--|
| ● Lajes | ● Guarda-rodas | ● Blocos de fundação | ● Vigas transversinas | ● Cortinas |
| ● Pilares | ● Guarda-corpo | ○ Vigas de contraventamento | ● Vigas longarinas | ● Juntas |

b) Visão inferior da estrutura

5.2 PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PRESENTES NA PONTE DA ILHOTA

5.2.1 Patologias na superestrutura

5.2.1.1 Lajes

Nos doze vãos que constituem a laje interna, foi possível observar um bom estado de conservação apresentando apenas pequenos sinais de escamação do concreto no primeiro vão. A Figura 18 mostra a situação descrita.

Figura 18 - Escamação do concreto no primeiro vão



Fonte: Autoria própria (2018)

Quanto às lajes em balanço, foi possível constatar maior incidência das manifestações patológica, onde nos trechos em que os elemento de drenagem dos efluentes (buzinotes) estão danificados e nas regiões onde estão situadas as juntas de dilatação apresentam danos mais significativos. A Figura 19 representa alguns danos encontrados nas lajes em balanço.

Figura 19 - Danos identificados nas lajes em balanço



a) Manchas de umidade, corrosão, eflorescência



b) Desagregação ao redor dos buzinos



c) Deslocamento e corrosão



d) Armadura exposta, cobrimento insuficiente

Fonte: Autoria própria (2018)

Na Figura 19 (a) é possível constatar uma grande mancha escura seguida de corrosão da armadura e deslocamento de parte do concreto. Além disso, ainda é possível observar a formação de manchas brancas, as quais sinalizam a presença de eflorescência. Destaca-se que esta situação descrita ocorre no alinhamento das duas juntas de dilatação internas da estrutura, portanto pode-se atribuir este dano a ineficiência da vedação das juntas de dilatação.

Já na Figura 19 (b) observa-se uma mancha muito escura ao redor de um buzinode, juntamente com a desagregação do concreto e corrosão acentuada de parte da armadura. Ainda é possível constatar que ocorre o alastramento da mancha escura para o restante da laje. Estas manifestações descritas possivelmente foram desencadeadas pela insuficiência do elemento de drenagem por não possuir um

direcionamento do fluxo, onde acaba permitindo que os efluente permeiem pela superfície do concreto. Situação similar pode ser visualizada também na Figura 19 (c) a qual ilustra ineficiência do buzinode, que acaba desencadeando o deslocamento do concreto e consequentemente a exposição de parte da armadura, além de constatar a incidência de manchas diversas. Além da deficiência dos buzínates serem desencadeadores destes danos, outra situação possível é a execução destes após a concretagem da laje, fazendo com que possa ocorrer a danificação do concreto próximo a estes elementos, deixando assim aberturas para a entrada de agentes agressivos no concreto.

Na Figura 19 (d) é possível visualizar a presença de manchas escuras e esbranquiçadas, as quais podem ser devido a incidência de umidade e eflorescência respectivamente, além de ser possível identificar partes da armadura exposta servindo como meio para a proliferação da corrosão. A ausência de pingadeiras nas extremidades laterais e o baixo cobrimento podem ser as causas da ocorrência destes danos.

De modo geral, as lajes em balanço apresentaram a ocorrência de manchas ao longo de todos os trechos, no entanto naqueles onde os buzínates estão disfuncionais, percebe-se a acentuação deste dano além do surgimento de outros. Portanto, observa-se que a ineficiência da drenagem dos efluentes é a principal causa dos danos identificados nas lajes em balanço, onde este problema funciona como facilitador da penetração de umidade dos poros do concreto.

5.2.1.2 Vigas Longarinas

Na análise das vigas longarinas identificou-se danos como deslocamento, manchas escuras, corrosão e ninhos de concretagem. Constatou-se que parte dos danos observados tem sua origem na ineficiência do sistema de drenagem da ponte além de poder ter como causa, falhas no processo de execução deste sistema. A Figura 20 mostra alguns danos observados nas vigas longarinas.

Figura 20 - Danos identificados nas vigas longarinas



a) Manchas de umidade na face lateral da viga



b) Presença de mofo e deslocamento

Fonte: Autoria própria (2018)

Através da Figura 20 (a) é possível constatar que a disfuncionalidade do sistema de drenagem está proporcionando o surgimento de danos nas longarinas, onde visualiza-se um trecho de escoamento de efluentes por toda a face lateral da viga até atingir sua face inferior. Identifica-se a incidência de mofo nos locais onde as manchas são mais escuras.

Na Figura 20 (b) observa-se em (1) uma mancha escura com presença de mofo, o qual desencadeia a deterioração do concreto e consequentemente exposição da armadura devido a perda do cobrimento. Ainda na mesma figura, visualiza-se em (2), o deslocamento do concreto deixando parte da armadura exposta e susceptível a sofrer corrosão.

Outro dano observado foram formações de ninhos de concretagem, esta manifestação foi observada em determinados pontos destes elementos, onde são causadas normalmente no momento da concretagem devido a ineficiência da estanqueidade das fôrmas. Além disso observou-se um trecho com deslocamento mais relevante e grande incidência de manchas de corrosão, sinalizando o início do processo de corrosão da armadura. Estas situações descritas podem ser visualizadas na Figura 21.

Figura 21 - Danos nas vigas longarinas



a) Desplacamento



b) Ninhos de concretagem

Fonte: Autoria própria (2018)

5.2.1.3 Vigas Transversinas

As vigas transversinas apresentaram de maneira geral um bom estado de conservação, não manifestando danos preponderantes. Foi constatado em algumas peças, danos como escamação do concreto, sinais de início de corrosão, cobrimento insuficiente, manchas e ninhos de concretagem. A Figura 22 mostra alguns danos encontrados nestes elementos.

Figura 22 - Danos identificados nas vigas transversinas



a) Ninhos de concretagem e armadura exposta



b) Manchas de corrosão

Fonte: Autoria própria (2018)

A Figura 22 (a) mostra em (1) a formação de ninhos de concretagem acompanhados da exposição de parte da armadura e em (2) a formação de outro ponto de aglomerado de agregados na parte inferior da viga transversina. Essa situação descrita é visualizada em apenas algumas transversinas, e quando presentes estão dispostas na face inferior destas.

Já na figura 22 (b), é possível observar manchas alaranjadas, as quais podem ser atribuídas ao início de corrosão da armadura do elemento. Este tipo de mancha foi observada nas vigas transversinas situadas abaixo das juntas de dilatação internas da OAE, indicando assim que a ineficiência da vedação das juntas permitem a infiltração dos efluentes e o escoamento dos mesmos, através dos elementos que às circundam.

5.2.1.4 Cortinas

As Cortinas da ponte apresentaram grandes manchas escuras com a presença de mofo, alguns pontos com manchas de corrosão e sinais de eflorescência, além de áreas deslocadas. A Figura 23 mostra alguns dos danos identificados.

Figura 23 - Manifestações encontradas nas cortinas



Fonte: Autoria própria (2018)

A Figura 23 ilustra em (1) a desagregação de parte do concreto e em (2) a formação de ninhos de concretagem com a exposição de parte da armadura. Além disso percebe-se a incidência generalizada de manchas escuras com presença de mofo e pontos com manchas alaranjadas que podem indicar a presença de corrosão.

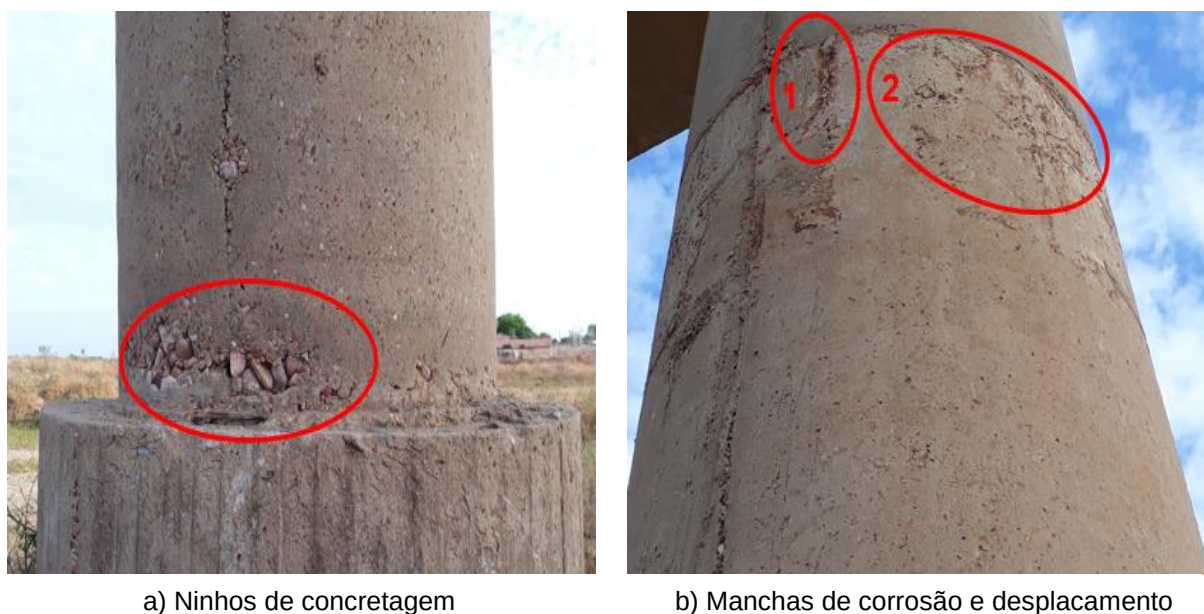
Esta situação é visualizada nas duas cortinas da ponte sendo que na cortina 1 (sentido Russas-Baraúna), os danos apresentam-se com menor intensidade do que na cortina 2. Grande parte destes danos podem ser atribuídos as juntas de encontro, dispostas nas extremidades da ponte, entre a pista de acesso e a estrutura, as quais por serem do tipo aberta permitem a penetração e o escoamento dos efluentes nos elementos que às circundam.

5.2.2 Patologias na Mesoestrutura

5.2.2.1 Pilares

Quanto aos pilares, observou-se que todos apresentaram similares estados de deterioração, onde constatou-se baixa intensidade dos danos. Foram encontrados manifestações como ninhos de concretagem, cobrimento insuficiente, desagregação do concreto e manchas de umidade. A Figura 24 ilustra algumas destas patologias.

Figura 24 - Manifestações observadas nos pilares



a) Ninhos de concretagem

b) Manchas de corrosão e deslocamento

Fonte: Autoria própria (2018)

Na Figura 24 (a) é possível constatar a formação de ninhos de concretagem, com aglomeração de agregados de grandes dimensões. Já na figura 24 (b) pode-se observar em (1) e em (2) manchas alaranjadas, indicando presença de corrosão da armadura. Ainda em (b) é possível identificar deslocamento do concreto, ocasionando a redução do cobrimento de proteção das armaduras, levando a exposição das mesmas, como pode ser visto em (1).

Destaca-se a presença de manchas de umidade na face externa de alguns pilares, sendo que a maior incidência estão naqueles situados próximos aos pontos em que os elementos de drenagem estão danificados, onde os mesmos permitem o escoamento dos efluentes ao longo de toda a peça.

5.2.2.2 Aparelhos de apoio

Com relação aos aparelhos de apoio, foi possível analisar apenas os presentes nos pilares das extremidades da OAE. Ao realizar a análise destes, constatou-se um bom estado de conservação, apresentando apenas detritos em volta dos elementos e pequenos sinais de desgaste, apresentando pequenas fissuras, possivelmente devido ao ressecamento do material. A Figura 25 mostra um dos aparelhos de apoio da ponte.

Figura 25 - Aparelho de apoio



Fonte: Autoria própria (2018)

5.2.2.3 Vigas de contraventamento

As principais manifestações patológicas observadas nas vigas de contraventamento foram eflorescência, descamação do concreto, sinais de cobertura insuficiente e presença de manchas diversas. Parte destas patologias podem ser visualizadas na Figura 26.

Figura 26 - Patologia observadas nas vigas de contraventamento dos pilares



a) Desagregação junto com exposição da armadura

b) Escamação do concreto e corrosão

Fonte: Autoria própria (2018)

A Figura 26 (a) mostra a desagregação de parte do concreto juntamente com a exposição da armadura, com sinais de corrosão. Além disso percebe-se ainda a incidência de manchas esbranquiçadas, as quais podem representar a existência de eflorescência. Já na Figura 26 (b) é possível visualizar em (1) a presença de eflorescência seguida de descamação do concreto e em (2) constata-se a existência de uma mancha alaranjada juntamente com marcas da armadura do estribo no concreto, remetendo assim a presença de corrosão e cobertura insuficiente respectivamente. A situação descrita na Figura 26 (b) foi observada em grande parte das vigas de contraventamento.

Nas vigas de contraventamento 5 e 9, constatou-se maior intensidade quanto a presença de manifestações. Fato este, pode ser atribuído a estas vigas estarem dispostas nas regiões abaixo das juntas de dilatação internas, as quais permitem que os efluentes infiltrem na estrutura e escurram nos elementos que a circundam. A Figura 27 mostra a situação descrita.

Figura 27- Danos identificados nas vigas de



a) Viga de contraventamento 5



b) Viga de contraventamento 9

Fonte: Autoria própria (2018)

Na Figura 27 (a) é possível visualizar na face inferior da viga de contraventamento cinco, deslocamento de partes do concreto, manchas de corrosão e marcas da armadura do estribo. Além disso, nas duas faces laterais é visto grande incidência de manchas escuras e pontos com manchas brancas, sinalizando a presença de mofo e eflorescência respectivamente, o que acaba por promover a deterioração do concreto.

Na Figura 27 (b) é possível visualizar os danos presentes na viga de contraventamento nove, onde em (1) observa-se na face inferior marcas das armaduras dos estribos além da presença de mofo e em (2) a formação de mofo e eflorescência. Assim as vigas de contraventamento cinco e nove apresentaram estados semelhantes de deterioração, destacando-se das demais que tiveram a incidência de danos de menor intensidade.

5.2.3 Patologias na infraestrutura

5.2.3.1 Blocos de fundação

Através da análise dos blocos de fundação, constatou-se a presença de diversas patologias entre as principais: manchas de umidade e de corrosão, armaduras expostas e danificadas, ninhos de concretagem e cobrimento insuficiente. A Figura 28 ilustra algumas destas patologias.

Figura 28 - Patologias observadas nos blocos de fundação



Fonte: Autoria própria (2018)

Na Figura 28 (a) é possível visualizar em (1) e em (2) as armaduras transversais, expostas e apresentando corrosão. Em (1) ainda é visto o surgimento de linhas de fissuras que podem ter sido desencadeadas pela corrosão das armaduras onde estas aumentam seu volume e causam o aparecimento deste tipo de fissura, acarretando ainda o deslocamento do concreto. Em (2) percebe-se também manchas escuras e brancas, sinalizando presença de mofo e eflorescência respectivamente.

Na Figura 28 (b) constata-se em (1) a exposição das armaduras longitudinais e a corrosão das mesmas, além de ser possível perceber a insuficiência do cobrimento. Em (2) é visto manchas esbranquiçadas, remetendo a presença de eflorescência.

As patologias supracitadas foram as mais recorrentes nos blocos de fundação, sendo as manchas de umidade e eflorescência presentes em quase todos. O bloco 10 situado no lado direito da estrutura (sentido Russas-Baraúna) foi o que apresentou as manifestações mais significantes e de maior intensidade. A Figura 29 mostra algumas das patologias encontradas no bloco 10 (Direita).

Figura 29 - Manifestações visualizadas no bloco 10 (Direita)



Fonte: Autoria própria (2018)

Através da análise da Figura 29, é possível constatar em (1) a exposição das armaduras longitudinais e transversais, além de verificar a falta de parte da armadura transversal (estribo) e aglomerados de agregados. Em (2) observa-se a armadura longitudinal em processo de corrosão, além de ser possível perceber a existência de curvatura da armadura na região onde o estribo está danificado. Esta curvatura pode ser atribuída a falta do estribo, uma vez que a ausência do mesmo permite que a armadura longitudinal sofra flambagem.

Ainda na Figura 29, observa-se em (3) o rompimento da armadura longitudinal a qual ainda apresenta corrosão e aglomerados de agregados. Em (4) é visto a presença de manchas causadas pela umidade na parte inferior do bloco, além da formação de ninhos de agregados. É possível constatar também, cobrimento insuficiente do bloco, uma vez que consegue-se visualizar partes das armaduras ao redor de todo o elemento. O grande deslocamento observado neste elemento pode ter sido desencadeado pela flambagem da armadura e até mesmo pelo desgaste por abrasão causado por detritos levados pelas águas do rio, quando cheio.

5.2.4 Outros elementos

5.2.4.1 Guarda-corpos

Os guarda-corpos apresentaram avançado estado de deterioração em todos os elementos, onde foi possível visualizar corrosão das armaduras, fissuras, deslocamentos, manchas e ausência destes elementos em determinado trecho. As principais manifestações podem ser observadas na Figura 30.

Figura 30 - Manifestações identificadas



a) Deslocamento e armadura exposta



b) Corrosão da armadura e fissuras de corrosão

Fonte: Autoria própria (2018)

A Figura 30 (a) e (b) ilustram o estado de deterioração observado na extensão de todos os módulos que compõem os guarda-corpos, tanto os situados no lado direito da pista quanto os do lado esquerdo. Ao analisar a Figura 30 (a) é possível identificar armadura exposta com acentuado estado de deterioração, além de observar deslocamento do concreto e descamação deste em vários pontos do elemento.

Na Figura 30 (b) em (1) é visualizada a armadura totalmente exposta com parte do concreto deslocado e em (2) consegue-se identificar fissuras juntamente com o deslocamento do concreto. Além disso observa-se a presença de manchas causadas por umidade em diversos pontos.

Destaca-se uma situação identificada próximo ao trecho intermediário da OAE, onde observou-se a ausência de um módulo do guarda-corpo, onde o mesmo encontrava-se destruído e suspenso para o lado externo da estrutura. Este dano foi

ocasionado pela colisão de um veículo contra este elemento. Vista esta situação, destaca-se a importância destes, pois sua presença evitou a ocorrência de um acidente de maior gravidade. A Figura 31 mostra a situação deste trecho.

Figura 31 - Guarda-corpo destruído



a) Guarda-corpo destruído



b) Guarda-corpo suspenso para fora da ponte

Fonte: Autoria própria (2018)

5.2.4.2 Guarda-rodas

Os guarda-rodas apresentaram estados similares em toda sua extensão, onde foi possível identificar: corrosão da armadura, deslocamento e desagregação do concreto, além de manchas de umidade e eflorescência e acentuado desgaste do concreto. Na Figura 32 pode-se visualizar algumas destas patologias.

Figura 32 - Danos identificados nos guarda-rodas



a) Desgaste do concreto



b) Deslocamento e armadura exposta

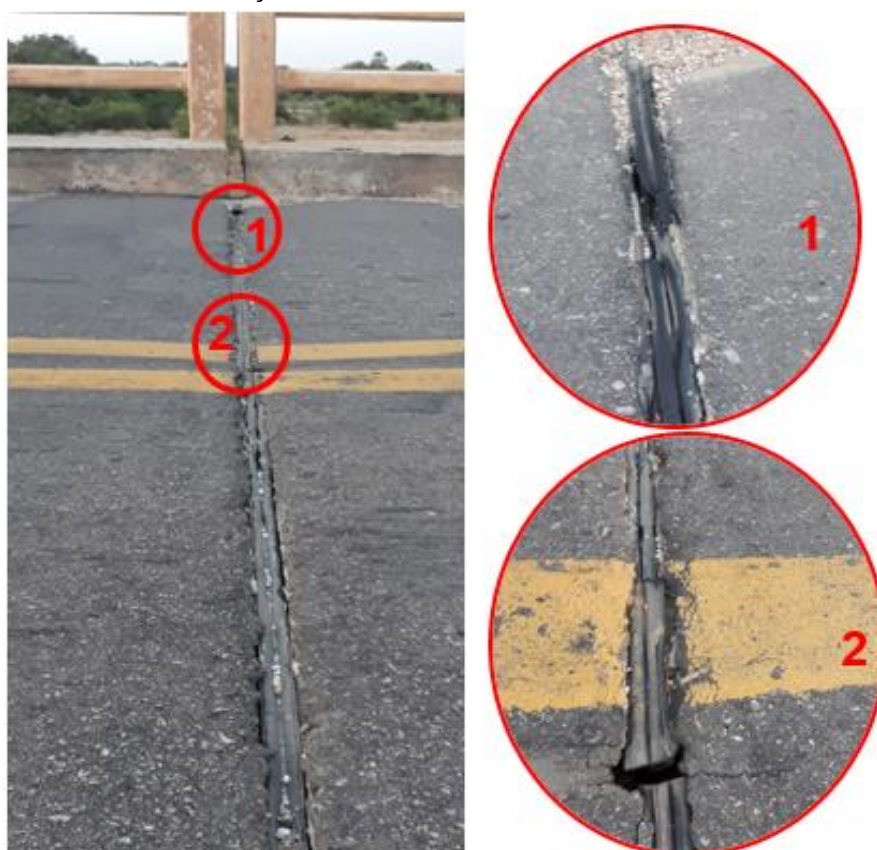
Fonte: Autoria própria (2018)

Na Figura 32 (a) observa-se grande desgaste do concreto, juntamente com deslocamento do mesmo. A Figura 32 (b), além de apresentar os mesmos danos visualizados em (a), constata-se grande parte da armadura exposta apresentando sinais de corrosão. Além disso percebe-se a formação de manchas brancas, indicando a presença de eflorescência e na face externa deste elemento observa-se em toda extensão a incidência de manchas umidade, sinalizando a presença de mofo que acabam por deteriorar o concreto.

5.2.4.3 Juntas de dilatação

Ao analisar as juntas de dilatação observou-se o acúmulo de detritos em vários pontos destas, além do acentuado estado de deterioração do material de preenchimento e ausência deste em partes das juntas. A Figura 33 ilustra o estado da junta de dilatação interna 1.

Figura 33 - Junta de dilatação interna 1

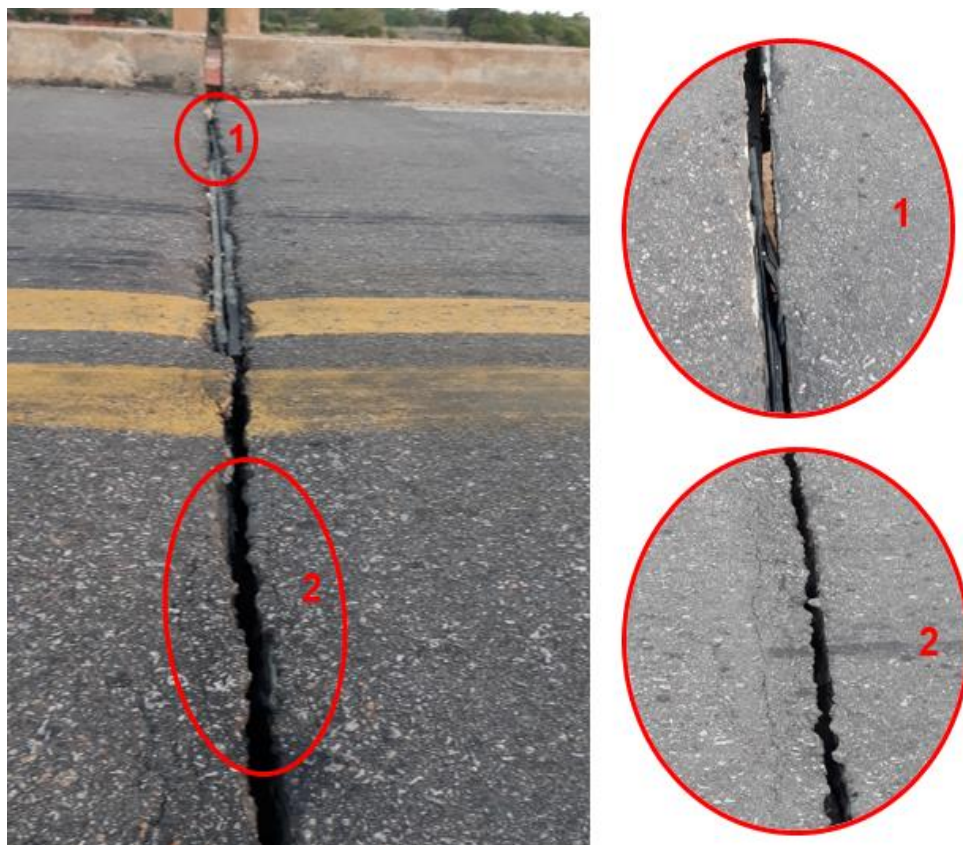


Fonte: Autoria própria (2018)

A Figura 33 representa a junta de dilatação interna 1, onde é possível identificar em (1) e em (2) acentuado desgaste do material de preenchimento, desprendimento de parte deste, além da presença de detritos em alguns pontos.

A junta de dilatação interna 2, apresenta danos com maior intensidade. Esta situação está representada na Figura 34, onde é possível identificar avançado estado de deterioração deste material além de perceber a inexistência do material de preenchimento em parte da junta.

Figura 34 - Junta de dilatação interna 2



Fonte: Autoria própria (2018)

Destaca-se ainda que as juntas de dilatação externas ou juntas de encontro, dispostas nas extremidades da ponte entre a estrutura e a pista de acesso, não apresentaram danos relevantes. No entanto estas são responsáveis por proporcionar grande incidência de manifestações nas cortinas, pois são juntas abertas o que facilita a penetração dos efluentes.

5.2.4.4 Pista de rolamento

A pista de rolamento apresenta um bom estado de conservação, sendo observado apenas pequenas manchas de frenagem dos veículos. Além disso verificou-se ondulações no primeiro acesso da ponte (sentido Russas – Baraúna) que pode ter sido causado pela acomodação do aterro de acesso da estrutura. A Figura 35 mostra a situação descrita.

Figura 35 - Acesso da ponte



Fonte: Autoria própria (2018)

5.3 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DNIT E GDE/UnB

Neste tópico serão abordados os resultados obtidos com a aplicação das metodologias de inspeção conforme vistas na seção 3.4. Será realizada uma análise destes resultados destacando os elementos que necessitam de uma maior urgência de intervenção, propondo soluções técnicas para algumas das patologias identificadas. Além disso será feito um comparativo dos resultados obtidos pelas duas metodologias.

5.3.1 Resultados obtidos com a metodologia DNIT 010/2004

A aplicação da metodologia DNIT 010/2004-PRO procedeu de modo a aplicação das fichas de inspeção do Anexo B da referida norma, onde a avaliação e quantificação dos danos foram realizadas de acordo com o Anexo C da mesma. A Tabela 11 mostra os resultados obtidos com suas devidas avaliações.

Tabela 11 - Resultados obtidos na metodologia DNIT

DNIT 010/2004-PRO		
LAJES		Há sinais de corrosão, desagregação, deslocamento, umidade e eflorescência na extensão de todas as lajes em balanço, porém observa-se maior concentração destes no entorno dos drenos e das juntas de dilatação.
Nota técnica	4 (Boa)	- Cobrimento insuficiente. - Nas lajes internas contém pequenas descamações.
VIGAS LONGARINAS		- Há deslocamento, exposição da armadura e corrosão em alguns trechos. - Possui incidências de manchas na faces externa e inferior, oriundas da falta de pingadeiras e de drenos. - Há ninhos de concretagem.
Nota técnica	4 (Boa)	
VIGAS TRANSVERSINAS		- Há ninhos de concretagem em algumas peças. - Manchas de umidade e corrosão nas peças próximas as juntas de dilatação. - Escamação do concreto em poucas peças.
Nota técnica	4 (Boa)	
CORTINAS		- Há grandes manchas de umidade, com presença de mofo e fungos. - Manchas de corrosão. - Áreas com deslocamento. - Pontos com sinais de eflorescência.
Nota técnica	4 (Boa)	

DNIT 010/2004-PRO		
PILARES		- Há ninhos de concretagem em diversos pontos. - Cobrimento insuficiente em algumas áreas. - Manchas de corrosão. - Não possui desaprumo visível. - Desagregação do concreto em pontos distintos.
Nota técnica	4 (Boa)	
APARELHOS DE APOIO		Sinais de ressecamento do material.
Nota técnica	4 (Boa)	
VIGAS DE CONTRAVENTAMENTO		- Há incidência de eflorescência e manchas de umidade. - Há regiões com desagregação do concreto seguida de exposição da armadura. - Cobrimento insuficiente em algumas peças com exposição do estribo. - Presença de corrosão em algumas peças.
Nota técnica	4 (Boa)	
BLOCOS DE FUNDAÇÃO		- Há ninhos de concretagem. - Manchas de umidade e corrosão. - Estribos rompidos e corroídos. - Armadura longitudinal rompida com presença de corrosão. - Desgaste superficial dos blocos. - Exposição de grande área de armadura. - Armadura longitudinal apresentando curvatura, devido à ausência de estribos.
Nota técnica	2 (Sofrível)	

DNIT 010/2004-PRO		
GUARDA-CORPOS		- Há fissuras oriundas da corrosão da armadura, as quais originam grandes áreas de deslocamento. - Exposição das armaduras. - Ausência de um trecho, onde parte encontra-se destruído. - Incidência de manchas de umidade e corrosão, principalmente na face externa.
Nota técnica	3 (Boa aparentemente)	
GUARDA-RODAS		- Exposição de armaduras em determinados trechos. - Desgaste e deslocamento do concreto. - Manchas de umidade e eflorescência, principalmente na face externa.
Nota técnica	4 (Boa)	
JUNTAS DE DILATAÇÃO		- Acentuado desgaste do material de preenchimento. - Ausência do material de preenchimento em um trecho. - Acumulo de detritos em alguns pontos.
Nota técnica	3 (Boa aparentemente)	
PISTA DE ROLAMENTO		- Acesso da pista com pequeno degrau. - Bom estado no restante da pista
Nota técnica	4 (Boa)	
NOTA TÉCNICA DA OAE		2 (SOFRÍVEL)

Fonte: Autoria própria (2018)

Ao analisar a Tabela 11, verifica-se que a Ponte da Ilhota recebeu uma nota técnica igual a 2, sendo portanto classificada quanto as condições de estabilidade como “Sofrível” e quanto às condições gerais como uma “obra problemática”, na qual se a recuperação for postergada pode levar a estrutura a atingir um estado crítico. Ainda com relação à classificação, essa nota atribuída indica que os danos estão gerando significativa insuficiência estrutural, no entanto, não aparenta proporcionar um risco de colapso da estrutura. Através da Tabela 11 ainda é possível destacar que

dos doze elementos analisados, 75% destes receberam a nota 4, 16,67% receberam a nota 3 e 8,33% a nota 2.

Com relação às ações corretivas, os elementos que receberam nota 4, a norma indica a realização apenas de serviços de manutenção ou nada a fazer, aqueles que receberam a nota 3 recomenda-se a observação sistemática da evolução do problema e os que receberam a nota 2 a recuperação da obra deve ser realizada em curto prazo.

Giovannetti (2014), ao aplicar esta metodologia em uma outra ponte, ressaltou que a classificação atribuída a alguns elementos podem variar de acordo com o parâmetro a ser analisado. Por exemplo, ao atribuir a nota técnica 4 a um determinado elemento o mesmo é classificado pela coluna “Danos no elemento/insuficiência estrutural” como elemento que possui alguns danos, mas que não apresenta insuficiência estrutural. Ao analisar a coluna “Ação corretiva” para a mesma nota 4, observa-se a indicação de “Nada a fazer; apenas serviços de manutenção”. No entanto ao sentir necessidade da observação sistemática da evolução do dano daquele elemento, mesmo sem a identificação de insuficiência estrutural, o mesmo já receberia a nota técnica 3 ao analisar a coluna “Ação corretiva”. Portanto Giovannetti (2014) ao analisar o dano, realizava a análise individualmente de cada coluna da tabela de instruções para a atribuição das notas técnicas (Tabela 5) e escolhia por questão de segurança a descrição que representava a menor nota técnica.

Portanto corroborado por Giovannetti (2014), realizou-se a classificação analisando cada coluna da tabela de instruções. No entanto, apenas na análise dos blocos de fundação observou-se a mudança de notas em função das colunas. Os blocos receberam a nota técnica 2, devido a análise da coluna “Ação corretiva” pois observou-se mais especificamente no bloco 10 situado no lado direito da estrutura (sentido Russas-Baraúna), a necessidade de recuperação em curto prazo, em função do avançado estado de deterioração observado, com rompimento e início de flambagem de parte da armadura longitudinal, estribos rompidos e com avançado estado de corrosão, deslocamento de grandes áreas entre outras patologias. No entanto, não constatou-se que os danos estão gerando significativa insuficiência estrutural na ponte, sendo assim possível de ser atribuída a nota 3 de acordo com a coluna “Danos no elemento/insuficiência estrutural”. Por questão de segurança, resolveu-se manter a menor nota técnica da análise de cada parâmetro. Para os demais elementos observou-se resultados condizentes entre as colunas.

É possível observar ainda que ao comparar alguns elementos que apresentam danos distintos e de diferentes intensidades, obtém-se notas técnicas iguais. Este fato foi observado também por Verly (2015), onde o mesmo diz que esta metodologia possui uma faixa limitada a cinco valores possíveis e os critérios de classificação são em função da existência do danos e da descrição do comportamento da estrutura, onde não é possível quantificar a intensidade destes.

Contudo, a ponte da Ilhota recebeu um nota técnicas igual a 2, devido os blocos de fundação, mais especificamente o bloco B10 (Direita), sendo a mesma classificada quanto as condições de estabilidade como “Sofrível” sendo uma “obra problemática” onde se sua recuperação for postergada pode levar a estrutura a atingir um estado crítico, embora esta não tenha apresentado insuficiência estrutural significativa.

5.3.2 Resultados obtidos com a metodologia GDE/UnB

5.3.2.1 Considerações realizadas na análise dos elementos

Para a análise das patologias na metodologia GDE/UnB realizou-se considerações para obter-se uma melhor representatividade da estrutura, diminuindo a ocorrência de generalização de um dano para todo um elemento e permitindo a intervenção em trechos de maior precariedade, uma vez que a ponte possui grande extensão.

As lajes internas (L) delimitadas lateralmente pelas vigas longarinas, foram divididas em vãos entre os eixos dos pilares dando um total de doze vãos internos sendo enumerados de 1 a 12 no sentido Russas-Baraúna. As vigas longarinas direita e esquerda foram analisadas em trechos delimitados pelas juntas construtivas situadas no eixos dos pilares, totalizando assim doze trechos para a Viga longarina direita (VL-Direita) e doze para a viga longarina esquerda (VL-Esquerda).

As Lajes em balanço (LB), os guarda-rodas (GR) e guarda-corpos (GC) foram delimitados pelas juntas de dilatação internas (JI) e de encontro (JE), dando origem a três trechos de cada elemento situados à direita e à esquerda do sentido adotado. Para as vigas transversinas (VT) devido à grande quantidade de elementos e a pequena incidência de danos, foi identificado um elemento presente em cada vão que representasse as condições das vigas dispostas neste vão, totalizando doze vigas transversinas.

5.3.2.2 Grau do dano dos elementos

Conforme dito no item 3.4.1.4 o grau de deterioração do elemento (GDE) representa a situação de cada elemento analisado individualmente, sendo possível através deste parâmetro determinar o nível de deterioração. As tabelas expostas a seguir especificam os níveis de deterioração de todos os elementos analisados, permitindo a identificação dos mais afetados. No Apêndice A é possível visualizar como foi realizada esta quantificação, e os fatores atribuídos à cada dano para que fosse possível chegar aos resultados visualizados nestas tabelas. Além disso, ainda é possível observar o grau de deterioração de cada família de elementos (GDF).

A Tabela 12 apresenta o GDE e os níveis de deterioração obtidos para as vigas longarinas de acordo com a metodologia de cálculo descrita.

Tabela 12 - Grau de deterioração e classificação de cada Longarina

Vigas Longarinas	GDE	Nível de deterioração
VL1 (Direita)	12,92	Baixo
VL2(Direita)	12,92	Baixo
VL3(Direita)	49,23	Médio
VL4 (Direita)	49,23	Médio
VL5(Direita)	51,83	Alto
VL6(Direita)	12,92	Baixo
VL7 (Direita)	12,92	Baixo
VL8(Direita)	49,23	Médio
VL9(Direita)	49,23	Médio
VL10(Direita)	12,92	Baixo
VL11(Direita)	12,92	Baixo
VL12(Direita)	12,92	Baixo
VL1(Esquerda)	12,92	Baixo
VL2(Esquerda)	12,92	Baixo
VL3(Esquerda)	51,83	Alto
VL4(Esquerda)	51,83	Alto
VL5(Esquerda)	49,23	Médio
VL6(Esquerda)	51,83	Alto
VL7(Esquerda)	49,23	Médio
VL8(Esquerda)	49,23	Médio
VL9(Esquerda)	12,92	Baixo
VL10(Esquerda)	12,92	Baixo
VL11(Esquerda)	12,92	Baixo
VL12(Esquerda)	12,92	Baixo
GDF	71,97	

Fonte: Autoria própria (2018)

A partir da análise da Tabela 12 observa-se que as vigas longarinas apresentaram três níveis de deterioração distintos onde a maior parte apresentou um nível baixo, sendo necessário apenas manutenções preventivas de modo a combater a evolução dos danos. As longarinas classificadas com deterioração média e alta apresentaram valores muito próximos devido à similaridade dos danos visualizados, apresentando diferença apenas na identificação do dano desagregação nas vigas que apresentaram alto nível de deterioração.

Já a Tabela 13 apresenta os resultados obtidos para os pilares, onde identifica-se que grande parte apresentaram o nível de deterioração baixo, apenas dois pilares foram classificados com nível médio de deterioração.

Tabela 13 - Grau de deterioração e classificação de cada pilar

Pilares	GDE	Nível de deterioração
P2(Direita)	6,98	Baixo
P2(Esquerda)	6,98	Baixo
P3(Direita)	6,98	Baixo
P3(esquerda)	6,98	Baixo
P4(Direita)	6,98	Baixo
P4(Esquerda)	6,98	Baixo
P5(Direita)	13,50	Baixo
P5(Esquerda)	13,50	Baixo
P6(Direita)	13,50	Baixo
P6(Esquerda)	13,50	Baixo
P7(Direita)	6,98	Baixo
P7(Esquerda)	6,98	Baixo
P8(Direita)	6,98	Baixo
P8(Esquerda)	6,98	Baixo
P9(Direita)	34,42	Médio
P9(Esquerda)	34,42	Médio
P10(Direita)	6,98	Baixo
P10(Esquerda)	6,98	Baixo
P11(Direita)	6,98	Baixo
P11(Esquerda)	6,98	Baixo
P12(Direita)	6,98	Baixo
P12(Esquerda)	6,98	Baixo
GDF	46,67	

Fonte: Autoria própria (2018)

Os Pilares que apresentaram o nível de deterioração médio foram os P9(Direita) e P9(Esquerda). Estes pilares estavam situados abaixo da junta de dilatação mais danificada, por onde as águas incidentes no tabuleiro ao escoarem penetravam facilmente e atingiam os elementos que à circundavam além deste estarem contido dentro do leito do rio, mais susceptível a incidência de água.

Já as vigas de contraventamento, assim como as longarinas, apresentaram três níveis de deterioração: alto, médio e baixo, sendo o nível baixo de maior recorrência. Além disso, observa-se que as vigas VC-5 e VC-9 destacaram-se em relação as demais apresentando classificação média e alta respectivamente. Isto ocorre devido estas estarem situadas abaixo das juntas de dilatação às quais estão danificadas e permitem a infiltração de água na estrutura. A Tabela 14 mostra os valores de GDE e os níveis de deterioração de cada viga de contraventamento.

Tabela 14 - Grau de deterioração e classificação das vigas de contraventamento

Vigas de contraventamento	GDE	Nível de deterioração
VC-2	12,52	Baixo
VC-3	13,42	Baixo
VC-4	12,52	Baixo
VC-5	35,14	Médio
VC-6	7,68	Baixo
VC-7	12,52	Baixo
VC-8	7,68	Baixo
VC-9	52,60	Alto
VC-10	7,68	Baixo
VC-11	7,68	Baixo
VC-12	7,68	Baixo
GDF	68,65	

Fonte: Autoria própria (2018)

Através da Tabela 15 é possível ver os resultados obtidos para as cortinas.

Tabela 15 - Grau de deterioração e classificação de cada cortina

Cortinas	GDE	Nível de deterioração
C1	36,75	Médio
C2	36,75	Médio
GDF	55,13	

Fonte: Autoria própria (2018)

Constata-se que as duas cortinas apresentaram o mesmo GDE e consequentemente os mesmos níveis de deterioração, pois identificou-se os mesmos danos presentes. A cortina 2 apresentou algumas manifestações mais intensas, no

entanto, a atribuição dos fatores de intensidades realizado de acordo com a descrição presente no Anexo A e a observação de imagens em outros trabalho, fez com que fossem atribuídos os mesmos fatores de intensidade para ambas, fazendo com que resultassem nos mesmos valores de GDE. Ressalta-se que grande parte dos danos observados nas cortinas foram em decorrência das mesma estarem situadas próximas às juntas de dilatação das extremidades, as quais são juntas abertas e permitem o escoamento de água através de si.

A Tabela 16 ilustra os GDE e os níveis de deterioração das vigas transversinas, onde pode-se constatar o baixo nível de deterioração de todos os elementos analisados. Além disso observa-se que mesmo todos os elementos obtendo a mesma classificação, os valores de GDE variaram entre três números distintos, devido a identificação de diferentes tipos de patologias presentes em cada elemento. As transversinas mais atingidas foram VT-5 e VT-9, pois estão situadas próximo às juntas de dilatação.

Tabela 16 - Grau de deterioração e classificação das vigas transversinas

Vigas transversinas	GDE	Nível de deterioração
VT- 1 (1º vão)	4,80	Baixo
VT- 2 (2º vão)	4,80	Baixo
VT- 3 (3º vão)	4,80	Baixo
VT- 4 (4º vão)	12,52	Baixo
VT- 5 (5º vão)	13,04	Baixo
VT- 6 (6º vão)	4,80	Baixo
VT- 7 (7º vão)	12,52	Baixo
VT- 8 (8º vão)	12,52	Baixo
VT- 9 (9º vão)	13,04	Baixo
VT- 10 (10º vão)	4,80	Baixo
VT- 11 (11º vão)	12,52	Baixo
VT- 12 (12º vão)	12,52	Baixo
GDF	17,90	

Fonte: Autoria própria (2018)

Com relação as Lajes é possível constatar através da Tabela 17, que grande parte não apresentou nenhum dano representativo para esta metodologias, obtendo assim um GDE igual a zero. Percebe-se que apenas uma laje interna apresentou um dano que representa um baixo nível de deterioração. No mais, verifica-se que todas as lajes em balanços, apresentaram algum tipo de patologia mostrando níveis de deterioração baixos e altos. Essa maior incidência de danos pode ser atribuída à sua

maior exposição às ações de degradação natural além do ineficiente sistema de escoamento de águas pluviais.

Tabela 17 - Grau de deterioração e classificação das Lajes

Lajes	GDE	Nível de deterioração
L1	4,80	Baixo
L2	0,00	-
L3	0,00	-
L4	0,00	-
L5	0,00	-
L6	0,00	-
L7	0,00	-
L8	0,00	-
L9	0,00	-
L10	0,00	-
L11	0,00	-
L12	0,00	-
LB1(Direita)	13,24	Baixo
LB2(Direita)	14,05	Baixo
LB3(Direita)	13,24	Baixo
LB1(Esquerda)	13,24	Baixo
LB2(Esquerda)	59,80	Alto
LB3(Esquerda)	59,80	Alto
GDF	77,15	

Fonte: Autoria própria (2018)

A Tabela 18 mostra os resultados obtidos para os guarda-rodas, onde a partir de sua análise, certifica-se que este elemento foi classificado em três níveis distintos de deterioração: baixo, médio e alto, sendo que o GR1(Esquerda) apresentou o nível mais elevado. Os guarda-rodas no geral apresentaram danos similares, no entanto a intensidade de ocorrência destes foram discrepantes o que fez com que fossem atribuídos diferentes valores.

Tabela 18 - Grau de deterioração e classificação dos guarda-rodas

Guarda-rodas	GDE	Nível de deterioração
GR1 (Esquerda)	57,27	Alto
GR2(Esquerda)	12,92	Baixo
GR3(Esquerda)	33,60	Médio
GR1 (Direita)	33,60	Médio
GR2(Direita)	12,92	Baixo
GR3(Direita)	12,92	Baixo
GDF	94,45	

Fonte: Autoria própria (2018)

Com relação aos blocos de fundação, seus resultados podem ser visualizados na Tabela 19.

Tabela 19 - Grau de deterioração e classificação dos blocos de fundação

Blocos de fundação	GDE	Nível de deterioração
B3(Direita)	7,91	Baixo
B3(Esquerda)	7,91	Baixo
B4(Direita)	7,91	Baixo
B4(Esquerda)	7,91	Baixo
B6(Direita)	59,80	Alto
B6(Esquerda)	7,91	Baixo
B7(Direita)	7,91	Baixo
B7(Esquerda)	8,16	Baixo
B8(Direita)	8,16	Baixo
B8(Esquerda)	61,48	Alto
B9(Direita)	8,16	Baixo
B9(Esquerda)	8,16	Baixo
B10(Direita)	98,05	Sofrível
B10(Esquerda)	8,16	Baixo
B11(Direita)	13,95	Baixo
B11(Esquerda)	13,95	Baixo
B12(Direita)	7,91	Baixo
B12(Esquerda)	8,16	Baixo
GDF	128,63	

Fonte: Autoria própria (2018)

Os blocos de fundações apresentaram três níveis distintos de deterioração, classificados em baixo, alto e sofrível. A maior parte dos blocos apresentaram um nível baixo de deterioração, dois foram classificados com níveis altos e um como sofrível. O bloco B10(Direita), destacou-se significativamente dos demais, apresentando danos peculiares e de grande intensidade, fazendo com que quando realizada a contabilização chegasse ao nível sofrível.

Outro elemento que também apresentou níveis elevados de deterioração foram as juntas de dilatação. A partir da Tabela 20 é possível observar que as juntas receberam dois níveis de deterioração: médio e crítico. O nível crítico é a classificação mais grave desta metodologia, onde é necessário o planejamento de uma intervenção imediata. A junta de dilatação J12 foi assim classificada devido ao material de preenchimento está totalmente deteriorado. É possível visualizar parte deste material suspenso na face inferior do tabuleiro. Destaca-se que as juntas de dilatação situadas

nas extremidades da ponte não apresentaram nenhum dano abordado pela metodologia em questão, portanto não foi realizada sua classificação.

Tabela 20 - Grau de deterioração e classificação das juntas de dilatação

Juntas de dilatação	GDE	Nível de deterioração
Jl1	46,67	Médio
Jl2	107,41	Critico
GDF	139,94	

Fonte: Autoria própria (2018)

Por fim destaca-se os guarda-corpos, onde estes foram os elementos que apresentaram danos mais relevantes. Isto pode ser visto na Tabela 21.

Tabela 21 - Grau de deterioração e classificação dos guarda-corpos

Guarda-corpos	GDE	Nível de deterioração
GC1(Direita)	58,26	Alto
GC2(Direita)	126,24	Crítico
GC3(Direita)	58,26	Alto
GC1(Esquerda)	58,26	Alto
GC3(Esquerda)	58,26	Alto
GC3(Esquerda)	58,26	Alto
GDF	164,49	

Fonte: Autoria própria (2018)

Os guarda-corpos foram classificados em níveis altos e críticos, onde o trecho de guarda-corpos GC2(Direita) obteve o nível de deterioração crítico, devido a um dos módulos deste trecho está totalmente devastado, pendurado apenas pela armadura além dos demais módulos apresentarem avançado estado de deterioração. A falta deste módulo representa um risco a segurança dos usuário desta ponte, pois o mesmo representa uma barreira contra quedas de pedestres e veículos.

Ressalta-se que os aparelhos de apoio e a pista de rolamento, não receberam uma classificação devido apresentarem apenas manifestações não abordadas pela metodologia em questão. Os aparelhos de apoio aparentemente apresentaram estado aceitável, com pequenas fissuras que podem ser de ressecamento do material, onde na literatura disponível a respeito desta metodologia não contém a classificação pra este tipo de dano. Já a pista de rolamento apresenta pequeno abaulamento nos acessos da pista, fazendo com que sintam-se um pequeno impacto ao acessar a ponte.

De acordo com sua classificação, cada elemento recebeu a indicação de uma ação recomendada a ser realizada. Os elementos classificados com nível de deterioração “Baixo” necessitam apenas de manutenção preventiva, para os que receberam a classificação “Médio” deve-se planejar intervenções de no máximo dois anos, para a classificação “Alto” deve-se haver planejamento de intervenção de no máximo 1 ano, para a classificação “Sofrível” a indicação é para intervenção em no máximo seis meses e para a classificação “Crítica” deve haver planejamento para intervenção imediata.

5.3.2.3 Grau de dano das Famílias

Utilizando as tabelas expostas no item 5.3.2.2 é possível realizar uma classificação em função do grau de deterioração das famílias de elementos. Esta classificação pode ser visualizada na Tabela 22.

Tabela 22 - Classificação em função do grau de deterioração das famílias

Posições	Famílias	GDF
1º	Guarda-corpos	164,49
2º	Juntas de dilatação	139,94
3º	Blocos de fundação	128,63
4º	Guarda-rodas	94,45
5º	Lajes	77,15
6º	Vigas Longarinas	71,97
7º	Vigas de contraventamento	68,65
8º	Cortinas	55,13
9º	Pilares	46,67
10º	Vigas Transversinas	17,90
11º	Aparelhos de apoio	0
11º	Pista de rolamento	0

Fonte: Autoria própria (2018)

Com base na Tabela 22 é possível constatar que a família dos guarda-corpos é a que apresenta maior grau de deterioração. Estes elementos são os mais expostos da ponte, tanto à ações naturais quanto à ações humanas. Já as vigas transversinas, dentre os elementos quantificados é o que apresenta o menor grau de deterioração.

Devido a grandiosidade da estrutura, realizar a classificação das famílias de elementos é algo importante, pois estabelece uma ordem de prioridades para a realização de intervenções na estrutura, em caso de limitação de recursos disponíveis. No entanto a classificação apenas em função do grau de deterioração das famílias

não é suficiente, sendo necessário considerar também a importância estrutural do elemento para a estabilidade da ponte. Para isso utiliza-se o fator de relevância estrutural (Fr). Esta nova classificação pode ser visualizada na Tabela 23.

Tabela 23 - Classificação do grau de deterioração das famílias com aplicação dos fatores de relevância estrutural (Fr)

Posições	Famílias	GDF	Fr	K (GDFxFr)
1º	Blocos de fundação	128,63	4	514,52
2º	Vigas longarinas	71,97	5	359,84
3º	Vigas de contraventamento	68,65	5	343,23
4º	Lajes	77,15	4	308,58
5º	Juntas de dilatação	139,94	2	279,88
6º	Pilares	46,85	5	233,34
7º	Cortinas	55,13	3	165,38
8º	Guarda-corpos	164,49	1	164,49
9º	Guarda-rodas	94,45	1	94,45
10º	Vigas Transversinas	17,90	4	71,58
11º	Aparelhos de apoio	0	4	0
11º	Pista de rolamento	0	1	0

Fonte: Autoria própria (2018)

A variável K representa o grau de deterioração das famílias majorados pelo Fr de acordo com sua importância estrutural para a ponte. A partir da análise da Tabela 23 observa-se uma grande mudança nas posições quando comparadas com a da Tabela 22. Os blocos de fundação passaram a ser o elemento mais crítico destacando-se muito em relação aos demais, pois estes apresentam danos significativos que podem comprometer a estabilidade de estrutura. As vigas transversinas apesar de possuírem um alto fator de relevância estrutural, mantiveram-se na mesma posição pois seus danos são de baixa importância. Portanto, esta última classificação permite que seja realizado um planejamento de intervenções mais condizente com o nível de importância dos elementos para a estabilidade da estrutura. Contudo, constata-se que os blocos de fundação, mais especificamente o bloco B10(Direita) necessita de uma intervenção mais urgente para que seja possível evitar o agravamento das manifestações atuante neste elemento.

5.3.2.4 Grau de deterioração da estrutura (Gd)

A Tabela a 24 indica o grau de deterioração da estrutura (Gd), assim como todos as variáveis utilizadas para a obtenção do resultado final.

Tabela 24 - Resultado final obtido na análise

Famílias	GDF	Fr	K (GDFxFr)
Blocos de fundação	128,63	4	514,52
Vigas longarinas	71,97	5	359,84
Vigas de contraventamento	68,65	5	343,23
Lajes	77,15	4	308,58
Juntas de dilatação	139,94	2	279,88
Pilares	46,85	5	233,34
Cortinas	55,13	3	165,38
Guarda-corpos	164,49	1	164,49
Guarda-rodas	94,45	1	94,45
Vigas Transversinas	17,90	4	71,58
Aparelhos de apoio	0	4	0
Pista de rolamento	0	1	0
ΣK		2535,30	
Kmáx		514,52	
Gd		97,56	
Nível de deterioração		Sofrível	

Fonte: Autoria própria (2018)

O Grau de deterioração da ponte foi 97,56 sendo assim classificada como “Sofrível”, tendo como ações recomendadas a realização de inspeções rigorosas na estrutura e um planejamento de intervenção em curto prazo (máximo 6 meses). Constata-se na Tabela 24 que a família dos blocos de fundação contribuíram de maneira relevante para a obtenção desta classificação. Estes elementos apresentaram diversos danos, principalmente o bloco B10(Direita) o qual apresentou manifestações que podem comprometer a estabilidade da ponte.

5.4 ANÁLISE COMPARATIVA DA METODOLOGIA GDE/UNB E NORMA DNIT

A partir da análise realizada da metodologia GDE/UnB e da norma DNIT 010/2004-PRO foi possível observar formas bem distintas de analisar e quantificar os danos presentes na estrutura. A primeira metodologia permitiu a análise tanto individual de cada elemento bem como estes agrupados em famílias. Já a segunda limitou-se a análise dos elementos como um todo onde a nota final é a menor nota obtida por um elemento estrutural. Medeiros (2015) disse ainda que na metodologia GDE/UnB existe uma maior especificidade dos danos, onde os mesmos são descritos e catalogados, dando origem à diversas tabelas que servem como auxílio para a atribuição dos fatores e além disso permitem a quantificação de cada dano existente nos elementos. Já a metodologia da norma DNIT 010/2004-PRO não permite a quantificação de cada dano, sendo apenas a atribuição de uma nota técnica que representa o nível de deterioração do elemento, apresentado assim maior subjetividade na atribuição da nota além de exigir uma maior qualificação do inspetor.

A metodologia GDE/UnB apresentou um nível de deterioração “Sofrível” onde recomenda-se a realização de inspeções rigorosas e intervenção em curto prazo enquanto a norma DNIT apresentou quanto às condições de estabilidade a classificação também de “Sofrível” onde indica-se o monitoramento do problema assim como a intervenção em curto prazo, onde postergar a recuperação dos danos pode levar a estrutura a um estado crítico. Além disso percebe-se que em ambas as metodologias os blocos de fundação foram os elementos que elevaram a classificação da ponte. Portanto, observa-se que mesmo as metodologias apresentando diferentes parâmetros para a classificação da estrutura, estas receberam a mesma indicação de “Sofrível” e indicações similares de procedimentos a serem realizados, de observação mais rigorosa do problema e a necessidade de intervenção em curto prazo.

5.5 SOLUÇÕES TÉCNICAS PARA REPAROS NA PONTE DA ILHOTA

5.5.1 Intervenções no sistema de escoamento de água

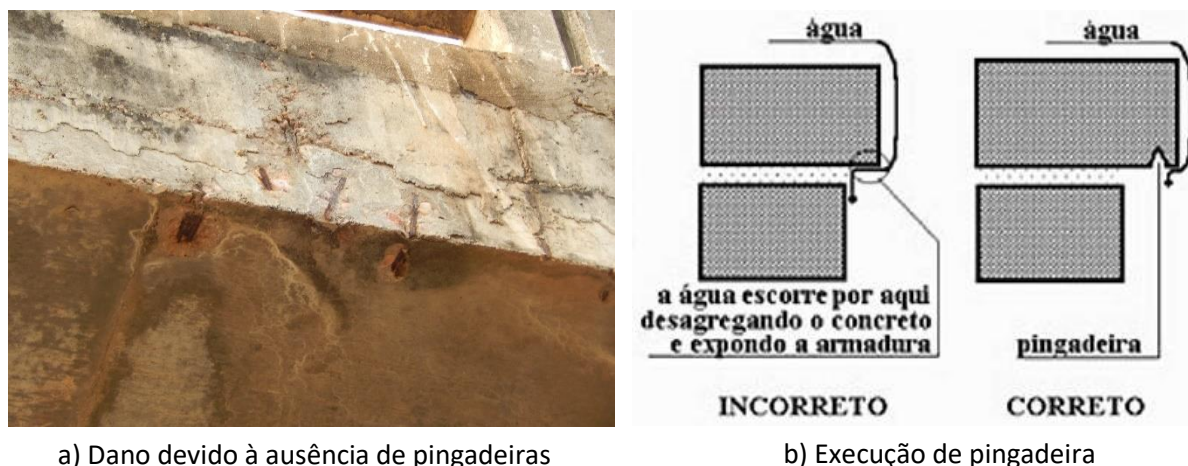
A partir da análise das patologias identificadas na ponte da Ilhota, foi possível concluir que o sistema de drenagem ineficiente é responsável por grande parte das manifestações presentes na estrutura. Identificou-se buzinetes deteriorados, juntas com deficiência de vedação além da ausência de pingadeiras.

Com relação aos buzínates, estes são tubos de aço ou PVC de pequena extensão, situados nas duas extremidades da seção transversal de pontes, detendo a função de esgotamento dos efluentes que incidem no tabuleiro. A Norma DNIT 086/2006-ES denominada de Recuperação do Sistema de drenagem-Especificação de Serviço, institui que os buzínates devem dispor de um diâmetro de 100 mm, um comprimento livre inferior de 10 cm e estar suficientemente afastados dos demais elementos estruturais para que a água captada por eles e desviada pelos ventos não atinjam a estrutura. Além disso sua execução deve ser realizada juntamente com a concretagem da laje onde os mesmos serão dispostos, pois se forem instalados posteriormente podem danificar o concreto da peça, e originar meios de entrada para os agentes agressivos. Portanto, para a correção da funcionalidade deste sistema e para evitar a ocorrência de novos danos, é necessário a substituição de todos os buzínates deteriorados e desconforme com a norma, através da inserção de novos que desempenhem corretamente sua função, além de atentar para a recuperação do concreto próximo aos buzínates.

As juntas de dilatação observadas na ponte também são responsáveis por grandes problemas, pois as mesmas já não proporcionam a estanqueidade necessária para evitar passagem dos efluentes para os elementos estruturais. A Norma DNIT 086/2006-ES institui que as juntas de dilatação devem garantir estanqueidade de modo a evitar a deterioração dos elementos que a circundam. Portanto, para a solução dos problemas relacionados a infiltração através das juntas de dilatação é necessário a substituição do material de preenchimento, uma vez que devido ao seu avançado estado de deterioração não é possível a recuperação destes.

Observou-se também a necessidade da execução de pingadeiras nas extremidades das lajes em balanço para evitar o escoamento dos efluentes nos demais elementos. De acordo com a Norma DNIT 086/2006-ES as pingadeiras são saliências ou sulcos dispostos nas extremidades laterais da estrutura que impedem o escoamento natural das águas pluviais. Portanto para evitar a proliferação dos danos causados pela ausência deste elemento é necessário a execução de pingadeiras conforme descrito na norma, nas extremidades da laje em balanço. A Figura 36 em (a) ilustra um problema identificado na ponte da Ilhota possivelmente devido à ausência de pingadeiras somado ao baixo cobrimento e em (b) como deve ser realizada a execução destas na estrutura.

Figura 36 - Dano relacionado a pingadeiras e como executá-las corretamente



Fonte: Autoria própria (2018); Adaptada de Souza e Ripper (1998)

5.5.2 Remoção das manchas

As manchas foram patologias presentes em quase todos os elementos, no entanto apresentando intensidades diferentes. Observou-se manchas de umidade, corrosão e manchas esbranquiçadas que caracterizam eflorescência. Para a remoção destas pode ser realizado o procedimento de lixamento e lavagem da estrutura com soluções ácidas, alcalinas ou através de água.

Para a remoção das manchas de umidade e eflorescência, inicialmente realiza-se o lixamento manual ou mecânico para a limpeza da superfície afetada e após este procedimento é feito o jateamento com água em alta pressão, para a retirada dos resíduos do lixamento (Souza e Ripper, 1998)

Já para a remoção das manchas de corrosão, o uso do jateamento de água pode não ser suficiente para a retirada das mesmas, portanto indica-se a utilização de soluções ácidas ou alcalinas. As ácidas mostram-se um pouco mais eficiente para a remoção das manchas de corrosão, no entanto esta técnica requer controle rigoroso da aplicação, além de representar um risco para a armadura em estruturas com baixo cobrimento. Portanto, ao observar que determinados elementos da ponte da ilha apresentaram deficiência no cobrimento, a melhor alternativa é o uso de soluções alcalinas. Os procedimentos de aplicação são similares, apenas o risco de prejudicar a estrutura que é reduzido. Primeiramente, é necessário realizar a molhagem da região a ser tratada, em seguida aplica-se a solução alcalina progressivamente nas regiões das manchas, espera-se um tempo e é feita a lavagem com água abundante para a retirada dos resíduos de partículas e de solução (Souza e Ripper, 1998).

5.5.3 Correção da corrosão de armaduras seguidas de deslocamento do concreto

Outro problema observado foi a incidência de corrosão nas armaduras, juntamente com o deslocamento do concreto. Para a realização do reparo desta manifestação pode-se utilizar a técnica de corte da área do concreto deteriorado, limpeza da corrosão e reconstrução da peça. A Figura 37 ilustra o problema de corrosão seguido de deslocamento do concreto.

Figura 37 - Corrosão da armadura e deslocamento do concreto



a) Corrosão e deslocamento no bloco de fundação b) Corrosão e deslocamento no guarda-rodas

Fonte: Autoria própria (2018)

Uma vez identificado o local que apresenta armaduras com presença de corrosão, é necessário efetuar a remoção profunda do concreto da região degradada através da escarificação manual ou mecânica. De acordo com Souza e Ripper (1998) o corte do concreto deve ir além da armadura cerca de 2 cm na profundidade até que se alcance a camada de concreto sem presença de resquícios de corrosão e o corte longitudinal só deve ser interrompido no ponto onde não se detecta mais sinais de corrosão, pois todo o trabalho pode ser perdido se a limpeza da área não for completa.

Após identificar os limites da presença de corrosão, é feita a delimitação da área de corte do concreto em regiões retangulares ou quadradas, uma vez que não é indicado que o corte seja feito acompanhando o contorno da superfície degradada. Com o uso de um disco de corte efetua-se o corte de toda a região, após isso realiza-se a limpeza do aço corroído e do substrato do concreto com jatos de água, areia ou ar comprimido. Feita esta primeira limpeza, realiza-se a escovação manual do aço com escovas de cerdas de aço e aplica-se o tratamento de proteção das armaduras

expostas com aplicação de pintura anticorrosiva, argamassas poliméricas ou de outro método de proteção (SANTOS,2012).

Depois de realizar o tratamento da armadura é feita a saturação da superfície com água, de modo a garantir melhor aderência entre os materiais que irão preencher a abertura. O preenchimento pode ser realizado com diversos tipos de argamassa ou concretos. Após realizar o preenchimento procede-se com a cura da região tratada para evitar trincas e fissuras na superfície. Ressalta-se que o preenchimento pode ser realizado da maneira convencional se os reparos forem em pequenas regiões ou através de jateamento se for em grandes extensões (SANTOS,2012). A sequência descrita pode ser visualizada na Figura 38.

Figura 38 - Processo de tratamento de corrosão da armadura



Fonte: Adaptada de Aguiar (2011)

Este processo é necessário ser realizado em parte dos guarda-rodas, em alguns blocos de fundação, vigas longarinas e lajes em balanço. Souza e Ripper (1998) alerta que dependendo da localização, intensidade e extensão do dano será necessário realizar o escoramento para a realização da intervenção.

Vale ressaltar ainda que se constatado o estado avançado de corrosão da armadura com perda superior a 15% de seu diâmetro, Souza e Ripper (1998) recomenda a inserção de um nova barra de mesmo diâmetro, obedecendo o comprimento de amarração necessário para a garantia de uma ligação eficiente entre as barras. O processo de tratamento continua o mesmo do efetuado para a limpeza

de corrosão, sendo acrescentado apenas o passo de inserção de uma nova barra após a escovação das armaduras.

5.5.4 Ninhos de concretagem

Os ninhos de concretagem foram identificados em diversos elementos, mas com maior incidência nos pilares e blocos de fundação. Para a correção desta patologia inicialmente é necessário identificar a intensidade e extensão da manifestação, para definir a necessidade de escoramento da estrutura. Em seguida identifica-se há exposição ou não das armaduras devido a formação dos aglomerados e se apresentam corrosão. Se identificada a exposição da armadura, o processo a ser realizado é o mesmo realizado para a correção da corrosão da armadura seguida de deslocamento, caso contrário, deve-se fazer a escarificação superficial e remover o material segregado do ninho. Em seguida, realiza-se a limpeza do concreto e a saturação da região, para o recebimento do novo concreto ou argamassa. Souza e Ripper (1998) indica que para este tipo de patologia pode-se utilizar concreto convencional. A Figura 39 mostra situações observadas na OAE que necessita a realização deste reparo.

Figura 39 - Formação de ninhos de concretagem



a) Ninho de concretagem com exposição da armadura no bloco de fundação



b) Ninho de concretagem no pilar

Fonte: Autoria própria (2018)

6. CONCLUSÃO

Grande parte das patologias analisadas no presente trabalho, ocorreram devido aos efeitos causados pelo sistema de drenagem disfuncional, o qual desencadeou diversos outros danos como: manchas de umidade, corrosão, deslocamento, desagregação, entre outros. Os blocos de fundação foram os elementos que apresentaram danos mais relevantes estruturalmente, onde destacou-se o bloco B10 (Direita), apresentando rompimento da armadura longitudinal e transversal, flambagem da armadura longitudinal e deslocamento de grandes áreas. Além disso este elemento também foi o mais influente para o resultados obtidos em ambas as metodologias.

Na aplicação da norma DNIT verificou-se a necessidade da realização de recuperação em curto prazo para evitar que a estrutura atinja um estado crítico. Na aplicação da metodologia GDE/UnB observou-se que grande parte dos elementos foram classificados com nível de deterioração baixo. Entretanto, de forma distinta, os guarda-corpos foram os elementos que apresentaram maiores índices de deterioração, com diversas manifestações como deslocamento acentuado, corrosão em estado avançado e destruição total de um dos módulos, entre outros.

Quando comparadas as duas metodologias, percebeu-se que para a aplicação da norma DNIT 010/2004-PRO é necessária uma maior qualificação do inspetor. Já para a metodologia GDE/UnB, embora a qualificação do inspetor seja necessária, a mesma dispõe de outras ferramentas que auxiliam na atribuição dos fatores necessários para obter a classificação final. Dessa forma, pode-se concluir que a metodologia GDE/UnB torna-se mais exequível se comparada com a norma DNIT010/2004-PRO.

Portanto, as informações obtidas ajudaram a pautar as alternativas de intervenção, em curto prazo, na Ponte da Ilhota, de modo a evitar a evolução das patologias e prolongar a vida útil da estrutura. Os objetivos deste trabalho foram atingidos no âmbito da aplicação das metodologias de inspeções GDE/UnB e norma DNIT 010/2004-PRO e das sugestões de soluções técnicas para a execução de reparos para determinadas patologias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, José Eduardo de. **Durabilidade, proteção e recuperação das estruturas**. Notas de aula. Especialização em Construção Civil (Especialização /Aperfeiçoamento) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Arquivo em .ppt.

ANDRADE FILHO, Antônio Edvar. **Estudo comparativo da degradação de pontes de concreto armado e mistas nos estados do Ceará e Amazonas**. 2008. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014, 238p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, **NBR 15575-1: Edificações Habitacionais — Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013. 60 p.

BAUER, L.A.F. **Materiais de Construções** v. 1. 5ª edição revisada. Editora LTC. 2012.

BRANCO, José Venâncio Telo. **Reabilitação de pontes rodoviárias de betão armado**. 2014. 119p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade da madeira, Lisboa, 2014.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (2016): **Manual de manutenção de obras de arte especiais**. IPR –XXX. Brasília, p. 102.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (2010): **Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários**. IPR -744, Rio de Janeiro, p. 161.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (2004): **Manual de inspeção de pontes rodoviárias**. IPR -709, Rio de Janeiro, p. 253.

CARMONA, Thomas Garcia. **Modelos de Previsão da despassivação das armaduras em estruturas de concreto sujeitas à carbonatação**. 2005. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CASTRO, Eliane Kraus de. **Desenvolvimento de Metodologia para Manutenção de Estruturas de Concreto Armado**. 129 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, 1994.

COSTA, Vanessa Miranda da. **Desempenho e Reabilitação de Pontes Rodoviárias: Aplicação a Casos de Estudo**. 2009. 182 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Minho, Minho, 2009.

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

EUQUERES, Priscilla. **Metodologia de inspeção em estruturas de pontes de concreto armado**. 2011. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2011.

FONSECA, Régis Pamponet da. **A estrutura do instituto central de ciências: aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e proposta de manutenção**. 2002. 213 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

FERREIRA, Bárbara Macêdo. **ANÁLISE QUANTITATIVA DA PONTE DO BRAGUETO – DF UTILIZANDO A METODOLOGIA GDE/UnB**. 2016. 107 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2016.

GIOVANNETTI, Ana Carolina Virmond Portela. **AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DE PONTES - ESTUDO DE CASO**. 2014. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

HELENE, Paulo. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2. Ed. São Paulo: Pini, 1992.

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

MEDEIROS, Alisson Gadelha de. **Análise de durabilidade da ponte do Rio do Carmo utilizando ensaios não destrutivos, norma Dnit e a metodologia GDE/UnB**. 2015. 149 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

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

PELACANI, Valmir Luiz. **Responsabilidade na construção civil**. Curitiba, n. 7, p. 13-50, 2010.

POSSAN, Edna. **Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano**. 2010. 263 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) -Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

POSSAN, Edna; DEMOLINER, Carlos Alberto. **Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral**. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná. Paraná, 2013.

ROSA, F. B. et al. (2014) **Comparação das metodologias de inspeção em obras de arte: metodologia GDE/UnB e DNIT**. Anais do 56º Congresso Brasileiro do Concreto – IBRACON. Natal.

SANTOS, Maurício Ruas Gouthier dos. **Deterioração das estruturas de concreto armado – Estudo de caso.** 2012. 122 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

SARTORTI, Artur Lenz. **Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas-SP.** 2008. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

SOUZA, Marcos Ferreira de. **Patologias Ocasionadas pela Umidade nas Edificações.** 54 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: PINI, 1998. 257 p.

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

VITÓRIO, Jose Afonso Pereira. **Pontes rodoviárias: fundamentos, gestão e construção.** CREA-PE, Recife, 2002.142 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A-Quadros de avaliação dos elementos da Ponte da Ilhota pela metodologia GDE/UnB

NOME DO ELEMENTO	VIGAS LONGARINAS			
LOCAL	VL5-D;VL3-E;VL4-E;VL6-E			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	1	2,4	
Corrosão de armaduras	5	3	40	
Desagregação	3	2	4,8	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescência	2	0	0	
Fissuras	1	0	0	
Falhas de concretagem	2	0	0	
Infiltração de água	3	0	0	
Manchas	3	2	4,8	
Dmáx			40	
ΣD			56,8	
Gde			51,83	Nível de deterioração Alto

NOME DO ELEMENTO	VIGAS LONGARINAS			
LOCAL	VL3-D;VL4-D;VL7-E;VL8-D;VL9-E;VL9-D			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	1	2,4	
Corrosão de armaduras	5	3	40	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescência	2	0	0	
Fissuras	1	0	0	
Falhas de concretagem	2	0	0	
Infiltração de água	3	0	0	
Manchas	3	2	4,8	
Dmáx			40	
ΣD			52	
Gde			49,23	Nível de deterioração Médio

NOME DO ELEMENTO	VIGAS LONGARINAS			
LOCAL	VL1-D;VL1-E;VL2-D;VL2-E;VL5-E;VL6-D;VL7-D;VL9-E;VL10-D;VL10-E;VL11-D;VL11-E;VL12-D;VL12-E			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	0	0	
Corrosão de armaduras	5	2	8	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescência	2	1	1,6	
Falhas de concretagem	2	0	0	
Fissuras	2	1	1,6	
Manchas	3	2	4,8	
Sinais de esmagamento	4	0	0	
Dmáx			8	
ΣD			20,8	
Gde			12,92	Nível de deterioração Baixo

NOME DO ELEMENTO	PILARES			
LOCAL	P2D;P2E;P3D;P3E;P4D;P4E;P7D;P7E;P8D;P8E;P10D;P10E;P11D;P11E;P12D;P12E			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	0	0	
Corrosão de armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescência	2	1	1,6	
Falhas de concretagem	3	1	2,4	
Fissuras	2	0	0	
Manchas	3	0	0	
Sinais de esmagamento	5	0	0	
Umidade excessiva	4	0	0	
Dmáx			4,8	
ΣD			8,8	
Gde			6,98	Nível de deterioração Baixo

NOME DO ELEMENTO		PILARES			
LOCAL	P9D;P9E				
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO	
Cobrimento deficiente	3	0	0		
Corrosão de armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	2	4,8		
Eflorescência	2	2	3,2		
Falhas de concretagem	3	1	2,4		
Fissuras	2	0	0		
Manchas	3	3	24		
Sinais de esmagamento	5	0	0		
Umidade excessiva	4	0	0		
Dmáx			24	Nível de deterioração	
ΣD			42,4		Médio
Gde			34,42		

NOME DO ELEMENTO	PILARES			
LOCAL	P5D;P5E;P6D;P6E			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	1	2,4	
Corrosão de armaduras	5	2	8	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescência	2	2	3,2	
Falhas de concretagem	3	1	2,4	
Fissuras	2	0	0	
Manchas	3	2	4,8	
Sinais de esmagamento	5	0	0	
Umidade excessiva	4	0	0	
Dmáx			8	
ΣD			25,6	
Gde			13,50	Nível de deterioração
				Baixo

NOME DO ELEMENTO	VIGAS DE CONTRAVENTAMENTO			
LOCAL	VC9			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	2	4,8	
Corrosão de armaduras	5	3	40	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescência	2	1	1,6	
Fissuras	5	0	0	
Falhas de concretagem	2	0	0	
Infiltração de água	3	1	2,4	
Manchas	3	2	4,8	
Sinais de esmagamento	5	0	0	
Dmáx			40	
ΣD			58,4	
Gde			52,60	Nível de deterioração
				Alto

NOME DO ELEMENTO	VIGAS DE CONTRAVENTAMENTO				
LOCAL	VC5				
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO	
Cobrimento deficiente	3	1	2,4		
Corrosão de armaduras	5	2	8		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	2	4,8		
Eflorescência	2	1	1,6		
Fissuras	5	0	0		
Falhas de concretagem	2	1	1,6		
Infiltração de água	3	1	2,4		
Manchas	3	3	24		
Sinais de esmagamento	5	0	0		
Dmáx			24	Nível de deterioração	
ΣD			44,8		Médio
Gde			35,14		

NOME DO ELEMENTO	VIGAS DE CONTRAVENTAMENTO			
LOCAL	VC3			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	1	2,4	
Corrosão de armaduras	5	2	8	
Desagregação	3	2	4,8	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescência	2	2	3,2	
Fissuras	5	0	0	
Falhas de concretagem	2	1	1,6	
Infiltração de água	3	0	0	
Manchas	3	0	0	
Sinais de esmagamento	5	0	0	
Dmáx			8	
ΣD			24,8	
Gde			13,42	Nível de deterioração Baixo

NOME DO ELEMENTO	VIGAS DE CONTRAVENTAMENTO			
LOCAL	VC2;VC4;VC7			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	1	2,4	
Corrosão de armaduras	5	2	8	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescência	2	1	1,6	
Fissuras	5	0	0	
Falhas de concretagem	2	1	1,6	
Infiltração de água	3	0	0	
Manchas	3	0	0	
Sinais de esmagamento	5	0	0	
Dmáx			8	
ΣD			18,4	
Gde			12,52	Nível de deterioração Baixo

NOME DO ELEMENTO	VIGAS DE CONTRAVENTAMENTO			
LOCAL	VC6;VC8;VC10;VC11;VC12			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	1	2,4	
Corrosão de armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescência	2	2	3,2	
Fissuras	5	0	0	
Falhas de concretagem	2	1	1,6	
Infiltração de água	3	0	0	
Manchas	3	0	0	
Sinais de esmagamento	5	0	0	
Dmáx			4,8	
ΣD			12	
Gde			7,68	Nível de deterioração Baixo

NOME DO ELEMENTO	CORTINAS			
LOCAL	C1;C2			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	0	0	
Corrosão de armaduras	5	2	8	
Desagregação	3	2	4,8	
Deslocamento por empuxo	5	0	0	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescência	2	2	3,2	
Falhas de concretagem	2	1	1,6	
Fissuras	1	0	0	
Infiltração de água	3	2	4,8	
Manchas	3	3	24	
Sinais de esmagamento	5	0	0	
Dmáx			24	
ΣD			51,2	
Gde			36,75	Nível de deterioração Médio

NOME DO ELEMENTO	TRANSVERSINAS			
LOCAL	VT1;VT2;VT3;VT6;VT10			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	0	0	
Corrosão de armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescência	2	0	0	
Fissuras	1	0	0	
Falhas de concretagem	2	0	0	
Infiltração de água	3	0	0	
Manchas	3	0	0	
Dmáx			4,8	
ΣD			4,8	
Gde			4,80	Nível de deterioração Baixo

NOME DO ELEMENTO	TRANSVERSINAS			
LOCAL	VT4;VT7;VT8;VT11;VT12			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	1	2,4	
Corrosão de armaduras	5	2	8	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescência	2	0	0	
Fissuras	1	0	0	
Falhas de concretagem	2	2	3,2	
Infiltração de água	3	0	0	
Manchas	3		0	
Dmáx			8	
ΣD			18,4	
Gde			12,52	Nível de deterioração Baixo

NOME DO ELEMENTO	TRANSVERSINAS			
LOCAL	VT5;VT9			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	1	2,4	
Corrosão de armaduras	5	2	8	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescência	2	1	1,6	
Fissuras	1	0	0	
Falhas de concretagem	2	0	0	
Infiltração de água	3	0	0	
Manchas	3	2	4,8	
Dmáx			8	
ΣD			21,6	
Gde			13,04	Nível de deterioração Baixo

NOME DO ELEMENTO	LAJES			
LOCAL	L1			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	0	0	
Corrosão de armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescência	2	0	0	
Falhas de concretagem	2	0	0	
Fissuras	2	0	0	
Infiltração de água	3	0	0	
Manchas	3	0	0	
Dmáx			4,8	
ΣD			4,8	
Gde			4,80	Nível de deterioração Baixo

NOME DO ELEMENTO	LAJES			
LOCAL	LB2-E;LB3-E			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	2	4,8	
Corrosão de armaduras	5	3	40	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	3	24	
Eflorescência	2	2	3,2	
Falhas de concretagem	2	0	0	
Fissuras	2	0	0	
Infiltração de água	3	1	2,4	
Manchas	3	2	4,8	
Dmáx			40	
ΣD			79,2	
Gde			59,80	Nível de deterioração
				Alto

NOME DO ELEMENTO	LAJES			
LOCAL	LB2-D			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	2	4,8	
Corrosão de armaduras	5	2	8	
Desagregação	3	2	4,8	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescência	2	2	3,2	
Falhas de concretagem	2	0	0	
Fissuras	2	0	0	
Infiltração de água	3	1	2,4	
Manchas	3	2	4,8	
Dmáx			8	
ΣD			32,8	
Gde			14,05	Nível de deterioração
				Baixo

NOME DO ELEMENTO	LAJES			
LOCAL	LB1-D;LB3-D;LB1-E			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	0	0	
Corrosão de armaduras	5	2	8	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescência	2	2	3,2	
Falhas de concretagem	2	0	0	
Fissuras	2	0	0	
Infiltração de água	3	1	2,4	
Manchas	3	2	4,8	
Dmáx			8	
ΣD			23,2	
Gde			13,24	Nível de deterioração
				Baixo

NOME DO ELEMENTO	GUARDA-RODAS			
LOCAL	GR2-E;GR2-D;GR3-D			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	0	0	
Corrosão de armaduras	5	2	8	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescência	2	1	1,6	
Falhas de concretagem	2	1	1,6	
Fissuras	2	0	0	
Manchas	3	2	4,8	
Sinais de esmagamento	4	0	0	
Dmáx			8	
ΣD			20,8	
Gde			12,92	Nível de deterioração
				Baixo

NOME DO ELEMENTO	GUARDA-RODAS			
LOCAL	GR3-E;GR1-D			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	0	0	
Corrosão de armaduras	5	2	8	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	3	24	
Eflorescência	2	1	1,6	
Falhas de concretagem	2	1	1,6	
Fissuras	2	0	0	
Manchas	3	2	4,8	
Sinais de esmagamento	4	0	0	
Dmáx			24	
ΣD			40	
Gde			33,60	Nível de deterioração Médio

NOME DO ELEMENTO	GUARDA-RODAS			
LOCAL	GR1-E			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	0	0	
Corrosão de armaduras	5	3	40	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	3	24	
Eflorescência	2	1	1,6	
Falhas de concretagem	2	0	0	
Fissuras	2	0	0	
Manchas	3	2	4,8	
Sinais de esmagamento	4	0	0	
Dmáx			40	
ΣD			70,4	
Gde			57,27	Nível de deterioração Alto

NOME DO ELEMENTO	BLOCOS DE FUNDAÇÃO			
LOCAL	B10D			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	2	4,8	
Corrosão de armaduras	5	3	40	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	4	60	
Eflorescência	2	1	1,6	
Falhas de concretagem	3	2	4,8	
Fissuras	5	2	8	
Sinais de esmagamento	5	3	40	
Manchas	3	2	4,8	
Dmáx			60	
ΣD			164	
Gde			98,05	Nível de deterioração Sofrível

NOME DO ELEMENTO	BLOCOS DE FUNDAÇÃO			
LOCAL	B8E			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	2	4,8	
Corrosão de armaduras	5	3	40	
Desagregação	3	2	4,8	
Desplacamento	3	3	24	
Eflorescência	2	1	1,6	
Falhas de concretagem	3	2	4,8	
Fissuras	2	1	1,6	
Sinais de esmagamento	5	0	0	
Manchas	3	2	4,8	
Dmáx			40	
ΣD			86,4	
Gde			61,48	Nível de deterioração Alto

NOME DO ELEMENTO	BLOCOS DE FUNDAÇÃO			
LOCAL	B6D			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	1	2,4	
Corrosão de armaduras	5	3	40	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	3	24	
Eflorescência	2	2	3,2	
Falhas de concretagem	3	2	4,8	
Fissuras	2	0	0	
Sinais de esmagamento	5	0	0	
Manchas	3	2	4,8	
Dmáx			40	
ΣD			79,2	
Gde			59,80	Nível de deterioração Alto

NOME DO ELEMENTO	BLOCOS DE FUNDAÇÃO			
LOCAL	B11D;B11E			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	1	2,4	
Corrosão de armaduras	5	2	8	
Desagregação	3	2	4,8	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescência	2	1	1,6	
Falhas de concretagem	3	2	4,8	
Fissuras	2	0	0	
Sinais de esmagamento	5	0	0	
Manchas	3	2	4,8	
Dmáx			8	
ΣD			31,2	
Gde			13,95	Nível de deterioração Baixo

NOME DO ELEMENTO	BLOCOS DE FUNDAÇÃO			
LOCAL	B7E;B8D;B9D;B9E;B10E;B12E			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	0	0	
Corrosão de armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescência	2	1	1,6	
Falhas de concretagem	3	2	4,8	
Fissuras	2	0	0	
Sinais de esmagamento	5	0	0	
Manchas	3	2	4,8	
Dmáx			4,8	
ΣD			16	
Gde			8,16	Nível de deterioração Baixo

NOME DO ELEMENTO	BLOCOS DE FUNDAÇÃO			
LOCAL	B3D;B3E;B4D;B4E;B6E;B7D;B12D			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	0	0	
Corrosão de armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescência	2	1	1,6	
Falhas de concretagem	3	1	2,4	
Fissuras	2	0	0	
Sinais de esmagamento	5	0	0	
Manchas	3	2	4,8	
Dmáx			4,8	
ΣD			13,6	
Gde			7,91	Nível de deterioração Baixo

NOME DO ELEMENTO	JUNTAS				
LOCAL	JI1				
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO	
Obstrução da junta	5	1	4		
Desgaste do material de preenchimento da junta	5	3	40		
Umidade	5	1	4		
Dmáx			40		
ΣD			48		
Gde			46,67	Nível de deterioração	Médio

NOME DO ELEMENTO	JUNTAS				
LOCAL	JI2				
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO	
Obstrução da junta	5	1	4		
Desgaste do material de preenchimento da junta	5	4	100		
Umidade	5	1	4		
Dmáx			100		
ΣD			108		
Gde			107,41	Nível de deterioração	Crítico

NOME DO ELEMENTO		GUARDA-CORPOS			
LOCAL	GC2-D				
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO	
Cobrimento deficiente	3	0	0		
Corrosão de armaduras	5	3	40		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	4	60		
Eflorescência	2	1	1,6		
Falhas de concretagem	2	0	0		
Fissuras	2	2	3,2		
Manchas	3	2	4,8		
Sinais de esmagamento	4	4	80		
Dmáx			80		
ΣD			189,6		
Gde			126,24		
			Nível de deterioração	Crítico	

NOME DO ELEMENTO	GUARDA-CORPOS			
LOCAL	GC1-D;GC3-D;GC1-E;GC2-E;GC3-E			
DANOS	Fp	Fi	D	FOTO
Cobrimento deficiente	3	0	0	
Corrosão de armaduras	5	3	40	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	3	24	
Eflorescência	2	1	1,6	
Falhas de concretagem	2	0	0	
Fissuras	2	2	3,2	
Manchas	3	2	4,8	
Sinais de esmagamento	4	0	0	
Dmáx			40	
ΣD			73,6	
Gde			58,26	
			Nível de deterioração	Alto

ANEXOS

**ANEXO A- TABELA DE CLASSIFICAÇÃO DOS DANOS E FATORES DE
INTENSIDADE (F_i)**

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

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