



**FAPAC – FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

**DAVI DE SOUZA MENDES
GEOVANNY DA SILVA GUILHERME**

**DETERMINAÇÃO DA VIDA ÚTIL DA PONTE SOBRE O RIO TOCANTINS EM
PORTO NACIONAL TOCANTINS.**

**PORTO NACIONAL-TO
2015**

**DAVI DE SOUZA MENDES
GEOVANNY DA SILVA GUILHERME**

**DETERMINAÇÃO DA VIDA ÚTIL DA PONTE SOBRE O RIO TOCANTINS EM
PORTO NACIONAL TOCANTINS.**

Monografia submetida ao Curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto LTDA, como requisito para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Me. Alexandre Cerqueira de Jesus.

PORTO NACIONAL-TO

2015

**DAVI DE SOUZA MENDES
GEOVANNY DA SILVA GUILHERME**

**DETERMINAÇÃO DA VIDA ÚTIL DA PONTE SOBRE RIO TOCANTINS EM PORTO
NACIONAL-TO**

Monografia submetida ao Curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto LTDA, como requisito para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil, junto à faculdade de Engenharia Civil.

Monografia apresentada e defendida em ____/____/____ e aprovada perante a banca examinadora constituída pelos os professores:

Orientador: Prof. Me Alexandre Cerqueira de Jesus

Dr. Talita Caroline Miranda

Me. Flávio Augusto Xavier Carneiro Pinho

De modo especial, a os nossos pais, irmãos e namorada, e a todos os nossos amigos e professores, que com amizade e companheirismo caminharam junto conosco em toda essa etapa importante de nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente queria agradecer ao meu bom e maravilhoso Deus, por ter me iluminado e ajudado ao longo de toda esta trajetória, desde a iniciação neste curso até a conclusão desta Monografia.

Aos meus pais João de Souza Mendes e Hilda Araújo de Souza Mendes, que mesmo com todas as dificuldades, sempre estiveram presentes, me dando apoio financeiro e moral.

Aos meus irmãos João de Souza Mendes Filho, Rogério de Souza Mendes e Tiago de Souza Mendes por acreditarem em mim.

Ao motivo de toda minha dedicação, a minha esposa Cinthya Silva Almeida Mendes, que sempre esteve ao meu lado, me dando apoio e companheirismo a todos os momentos.

Ao meu companheiro de Monografia, Geovanny, que se fez presente em todo andamento deste trabalho, demonstrando bastante interesse e compromisso na realização deste.

Ao nosso Orientador, Prof. Me. Alexandre Cerqueira de Jesus, que jamais deixou de nos incentivar e sempre se mostrou presente, sendo muito minucioso e coerente em suas correções. Sem a sua orientação e auxílio, este trabalho aqui apresentado seria praticamente impossível. Também a sua esposa professora Dra. Talita.

A professora Me. Silvia Barroso, pelas orientações e esclarecimentos para a conclusão desta monografia.

À Instituição e aos professores em geral, pois cada um, com seu ensinamento, contribuíram e tiveram seu papel de importância até o presente momento.

Aos meus amigos laboratoristas Cleiton Turibio e a Cárta Maia, que nos ajudaram nos ensaios realizados para a conclusão desse trabalho.

E por fim, agradeço novamente a Deus, pela benção de concluir essa última etapa do curso e por realizar-me pessoalmente.

“DAVI DE SOUZA MENDES”

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, força sobrenatural que tenho buscado por meio da fé e sou vitorioso por isso.

Ao meu pai Nelcione e a minha mãe Me. Ordália, os quais oram todos os dias agradecendo a Deus pela nossa família e além de me educarem para a vida me proporcionaram a oportunidade de estudar um curso tão desejado e confiar na minha capacidade.

À minha irmã Sâmella que eu amo e admiro muito e também a minha namorada Samylla, a qual também orou a Deus e me incentivou a conquistar.

Aos meus avós, tios e primos, os quais sempre depositaram confiança a mim.

Aos meus professores que tanto me ensinaram com ênfase no Coordenador do curso Me. Cleber Decarli que se dedica ao máximo para buscar a melhor forma de capacitar os futuros engenheiros e buscando melhores resultados para o curso de Engenharia Civil.

Ao meu orientador professor Me. Alexandre Cerqueira, pela atenção, pelo incentivo, pela dedicação, enfim, tudo que fez por nos diretamente ou indiretamente. Também a sua esposa professora Dra. Talita.

A professora Me. Silvia Barroso, pelas orientações e esclarecimentos para a conclusão desta monografia.

Ao meu grande parceiro, irmão em cristo e considero mais que um amigo, Davi de Souza Mendes, que é um grande aluno, um grande parceiro de trabalho e será um bom Engenheiro Civil. Que Deus o abençoe muito.

Meus amigos que forneceram os equipamentos para pesquisa na ponte, aos laboristas Cleiton Turibio e a Cárita Maia, meu amigo Tarsis Coelho que nos ajudou chegar e executar os ensaios ponte sem medir esforços.

Enfim, Agradeço a toda minha família, que irei tentar retribuir da melhor forma possível a todos vocês.

“GEOVANNY DA SILVA GUILHERME”

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo identificar o tempo de vida útil das estruturas de concreto da ponte sobre o rio Tocantins localizada na cidade de Porto Nacional-TO, bem como a determinação do seu grau de deterioração e identificação das principais mecanismos causadores das patologias identificadas durante as vistorias realizadas. Os procedimentos metodológicos para determinação do grau de deterioração consistiram nas inspeções e ensaios realizados na estrutura, referenciando nos métodos de Castro (1994), DNIT (2004) através da deliberação de uma discussão teórica e conceitual. Para a definição da vida útil da estrutura foram utilizados o método Fatorial (ZARZAR JUNIOR,2007) e o modelo proposto por Posan (2010), para estruturas de concreto armado sobre ação de carbonatação. Os resultados obtidos através dos ensaios e vistoriais indicam que a estrutura se encontra em um estágio de degradação médio a alto ocasionados por conta de mecanismos das reações álcali-agregado e carbonatação que inserem processos patológicos de fissuramento e oxidação do aço que corroboram para a perda da capacidade resistente do concreto. Os modelos de curva de vida útil utilizados para predição do desempenho indicam que a estrutura se encontra no estado limite de deterioração o que repercute na segurança estrutural da ponte.

Palavras chave: Ponte, vida útil, grau de deterioração, patologias do concreto armado.

Abstract

This study aims to identify the useful life of the bridge concrete structures on the Tocantins River located in National-TO Porto, as well as determining the degree of deterioration and identify the main mechanisms causing the identified conditions for the surveys carried out. The methodological procedures for determining the degree of deterioration consisted in the inspections and tests carried out in the structure, referencing the methods of Castro (1994), DNIT (2004) through the resolution of a theoretical and conceptual discussion. To define the life of the structure we used the Factorial method (Zarzar JUNIOR, 2007) and the model proposed by Possan 2010 for reinforced concrete structures on carbonation action. The results obtained from the tests and vistoriais indicate that the structure is in an average degradation stage to high caused by mechanisms account of the alkali-aggregate reaction and carbonation inserting pathological processes of cracking and oxidation of the steel corroborate the loss of bearing capacity of the concrete. The lifetime curve models used for performance prediction indicate that the structure is in the limit state of deterioration, which affects the structural safety of the bridge.

Keywords: Bridge, life, deterioration degree, pathologies of reinforced concrete.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1 PONTES DE CONCRETO ARMADO	20
2.1.1 Elementos Constituintes das Pontes	20
2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES E VIADUTOS	21
2.2.1 Origem das Manifestações Patológicas.....	21
2.2.2 Manifestações Patológicas Usuais em Pontes de Concreto Armado no Brasil	22
2.2.2.1 Causas Físicas de Patologias em Pontes de Concreto Armado	22
2.2.2.2 Causas Químicas de Patologias em Pontes de Concreto Armado	25
2.3 VIDA ÚTIL DAS CONSTRUÇÕES	32
2.4 DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES.....	33
2.5 OBSOLESCÊNCIA.....	33
2.6 FIM DA VIDA ÚTIL DAS CONSTRUÇÕES	34
2.7 VIDA ÚTIL DE PROJETO	35
2.8 MÉTODOS PARA PREVISÃO DA VIDA ÚTIL	37
2.8.1 Método com Base nas Experiências Anteriores.....	37
2.8.2 Método com Base em Ensaios Acelerados.....	38
2.8.3 Método com Base em Enfoque Determinista (Método Fatorial).....	39
2.8.3.1 Vida Útil de Referência (VUR).....	40
2.8.3.2 Fatores Modificadores	42
2.9 CONSERVAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS	51
2.10 TIPOS DE INSPEÇÃO.....	52
2.10.1 Vistoria Cadastral.....	52
2.10.2 Inspeção Rotineira	52
2.10.3 Inspeção Especial	52
2.10.4 Inspeção Extraordinária.....	53

2.10.5 Inspeção Intermediária	53
2.11 INSTRUÇÕES PARA ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS DE AVALIAÇÃO	53
2.12 METODOLOGIA DE CASTRO	55
2.12.1 – Princípios Gerais	55
2.12.2 - Definição dos Parâmetros	56
2.12.2.1 O Fator de Ponderação	56
2.12.2.2 Fator de Intensidade do Dano	57
2.12.2.3 Grau de Dano (D)	59
2.12.4 Grau de deterioração de uma Família	61
2.12.5 Grau de Deterioração da Estrutura	62
3 OBJETIVO	63
A. OBJETIVO GERAL	63
B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	63
4 MATERIAIS E MÉTODOS	64
4.1 LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES	66
4.2 MODELO DA PATOLOGIA	66
4.3 SIMULAÇÕES	67
4.4 METODOLOGIA PARA DETERMINAR VIDA ÚTIL	67
4.4.1 Método DNIT	67
4.4.2 Metodologia Por método Determinístico – Fatorial	68
4.4.3 Método de Castro	69
4.4.4 Ensaio de Esclerometria	69
4.4.5 Ensaio de Carbonatação	70
4.5 MATERIAIS	71
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	72
5.1 ANAMINESE	72
5.1.1 Características Geométricas	72

5.1.2 Vistoria de Campo	74
5.1.2.1 Caixaão	74
5.1.2.2 Pilares	74
5.1.3 Caracterização dos Elementos Estruturais de Concreto	76
5.1.4 Monitoramento Geométrico	77
5.1.5 Estudo Petrográfico	82
5.1.6 Cenário do Carregamento Atual e o Considerado na Época de Projeto ...	83
5.2 LEVANTAMENTO DE CAMPO	84
5.2.1 Método de Castro	84
5.2.1.1 Tabuleiro	84
5.2.1.2 Pilares	90
5.2.2 Método do DNIT	94
5.2.3 Ensaio de Esclerometria	96
5.2.4 Ensaio de Carbonatação	100
6- CONCLUSÃO	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Identificação da superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura.....	20
FIGURA 2 - figura típica de assentamento plástico.....	23
FIGURA 3 - Retração plástica do concreto e presença de eflorescência.....	23
FIGURA 4 - Fissura ou trinca devido a retração.....	24
FIGURA 5 - Fissura ou trincas provocada por corrosão da armadura	24
FIGURA 6 - Retração na alma da viga.....	25
FIGURA 7 - Fissuras típicas de flexão, força cortante, variação de temperatura e/ou retração, impedidas ou não.	25
FIGURA 8 - Carbonatação do concreto e armaduras expostas.	27
FIGURA 9 - Reação álcalis-agregado no bloco de fundação	28
FIGURA 10 - Face inferior de laje em balanço sem pingadeira: Concreto deteriorado e armaduras aparentes com corrosão.....	31
FIGURA 11 - Corrosão da armadura.....	31
FIGURA 12 - Eflorescência na parte interna da laje da ponte.....	32
FIGURA 13 - Degradação esquemática dos diferentes grupos de propriedades.....	35
FIGURA 14 - Metodologia para a previsão do tempo de vida útil.....	41
Figura 15 - Fluxograma para avaliação quantitativa da estrutura.....	55
Figura 16 - Grau do dano (D) x Fator de intensidade do dano (Fi).....	60
FIGURA 17 - Marcação de Porto Nacional.....	64
FIGURA 18 - Marcação da ponte do Rio Tocantins em Porto Nacional-TO.....	65
Figura 19- Vista frontal da Ponte Sobre o Rio Tocantins	65
FIGURA 20 - Fluxograma da metodologia	66
FIGURA 21 - Princípio do Rebound Schmidt Hammer.....	69
Figura 22- vista lateral do ponte	73
Figura 23- Seção Transversal da seção caixão	74
Figura 24- danos observados os elementos submersos da estrutura, pilares, bloco de fundações e tubulões.	75
Figura 25- Redução da seção transversal e armadura exposta observadas no tubulão no apoio 6.....	75
Figura 26- Locação dos Pontos no tabuleiro da ponte para levantamento geométrico	77

Figura 27- Deslocamentos medidos no greide entre 2003 e 2010.	78
Figura 28 - cotas adotadas para avaliar deslocamentos dos balanços	79
Figura 29- Disposição dos trechos do tabuleiro	85
Figura 30- nota DNIT trecho 1.....	95
Figura 31 - Fotos do trecho 1.....	95
Figura 32- Buraco tapado com revestimento asfáltico no trecho 1.....	96
Figura 33- Demarcação da área a ser ensaiada	96
Figura 34- Realização do Ensaio de Esclerometria.....	97
Figura 35- curva comparativa do ensaio de esclerometria.....	99
Figura 36- Abertura da Superfície para Ensaio de Carbonatação.....	100
Figura 37- Ensaio de Carbonatação (2015).	101
Figura 38 - Trecho 1	119
Figura 39 - Trecho 2.....	121
Figura 40 - Trecho 3.....	123
Figura 41 - Trecho 4.....	125
Figura 42 - Trecho 5.....	127
Figura 43 - Trecho 6.....	129
Figura 44- Trecho 7.....	131
Figura 45 - Trecho 8.....	133
Figura 46 - Trecho 9.....	135
Figura 47 - Trecho 10.....	137
Figura 48 - Trecho 11	139
Figura 49 - Trecho 12.....	141
Figura 50 - Trecho 13.....	143
Figura 51 - Trecho 14.....	145
Figura 52 - Trecho 15.....	147
Figura 53 - Trecho 16.....	149
Figura 54 - Trecho 17.....	151
Figura 55 - trecho 18	153
Figura 56 - trecho 19.....	155

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Classe de agressividade ambiental	29
QUADRO 2 - Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto	29
QUADRO 3 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm.....	30
QUADRO 4 - Vida útil de projeto mínima e superior.	36
QUADRO 5 - Correlação da nota com a categoria dos problemas detectados em cada elemento.....	54
Quadro 6- Classificação dos danos e fatores de intensidade	59
Quadro 7 - classificação do nível de deterioração do elemento	61
Quadro 8- classificação dos níveis de deterioração da estrutura	62
Quadro 9- Medidas da seção reduzida na extremidade do tubulão do apoio 6	75
Quadro 10- Resistência e Deformabilidade das amostras de concreto (resumo)	76
Quadro 11- Deslocamentos dos balanços ocorridos entre 2003 e 2010, perfil montante.	80
Quadro 12- Deslocamentos dos balanços ocorridos entre 2003 e 2010, perfil jusante	81
Quadro 13 - Resultados da análise petrográfica.	82
Quadro 14 - Numero de remendos, fissuras, trincas e comprimento de cada trecho.	86
Quadro 15 - Valor de ponderação.	87
Quadro 16- Valor de ponderação e Fator de Intensidade.	87
Quadro 17- Valor de ponderação, fator de Intensidade e grau de danos.....	88
Quadro 18- Valor do grau de deterioração do elemento	89
Quadro 19- classificação dos trechos do tabuleiro.....	90
Quadro 20- Valor de ponderação.	91
Quadro 21- Valor de ponderação e fator de intensidade.....	92
Quadro 22 - Valor grau de danos	92
Quadro 23 - Valor grau de deterioração do elemento	93
Quadro 24- Valor grau de deterioração da família	94
Quadro 25 - Média dos índices esclerométricos	97
Quadro 26 – Média, desvio padrão e coeficiente de variação.....	98

Quadro 27 - Média do índice esclerométrico e a resistência à compressão de cada pilar	98
Quadro 28- Análise da resistência a compressão do concreto atual com a resistência especificada em projeto.	99
Quadro 29 - Resultados dos ensaios carbonatação.....	101
Quadro 30 - Resultado trecho 1	118
Quadro 31 - Resultado trecho 2	120
Quadro 32- Resultado trecho 3	122
Quadro 33 - Resultado trecho 4	124
Quadro 34 - Resultado trecho 5	126
Quadro 35 - Resultado Trecho 6	128
Quadro 36 - Resultado Trecho 7	130
Quadro 37 - Resultado Trecho 8	132
Quadro 38- Resultado trecho 9	134
Quadro 39 - Resultado trecho 10	136
Quadro 40 - Resultado trecho 11	138
Quadro 41 - Resultado trecho 12	140
Quadro 42 - Resultado Trecho 13	142
Quadro 43 - Resultado trecho 14	144
Quadro 44 - Resultado Trecho 15	146
Quadro 45- Resultado Trecho 16	148
Quadro 46 - Resultado Trecho 17	150
Quadro 47 - Resultado Trecho 18	152
Quadro 48 - Resultado Trecho 19	154

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Vida útil de projeto recomendada pelos ingleses, BS 7543.....	36
TABELA 2 - Vida útil de projeto recomendada pelas normas na Europa.	37
TABELA 3 - Valores de desvio sugeridos pela norma ISO 15686.....	43
TABELA 4 - Principais fatores modificadores da vida útil.....	43
TABELA 5 - Índices aplicáveis ao Fator A	44
TABELA 6 - Índices aplicáveis ao fator B.....	45
TABELA 7 - Índices aplicáveis ao fator C.....	45
TABELA 8 - Índices aplicáveis ao Fator D.	46
TABELA 9 - Definição das atmosferas exteriores em função dos índices de poluição do ar e da Influência marítima.	46
TABELA 10 - Definição das atmosferas exteriores em função dos índices de poluição do ar e da	47
TABELA 11 - Índices aplicáveis ao fator E.....	48
TABELA 12 - Categorias associadas aos impactos nos paramentos exteriores da envolvente vertical dos edifícios.....	49
TABELA 13 - Classificação UPEC: descrição das classes.	49
TABELA 14 - Índices aplicáveis ao Fator F.....	50
TABELA 15 - Classes de facilidade de reparação segundo a classificação revertir..	50
TABELA 16 - Classes de necessidades de manutenção segundo a classificação reVERTIR.....	51
TABELA 17 - Índices aplicáveis ao Fator G	51
Tabela 18- Família de elementos estruturais, danos e fatores de ponderação (Fp) .	57
Tabela 19- Acréscimo de esforço em porcentagens do TB-45 em relação ao TB-36	83
Tabela 20 - Vida útil estimada (VUE)	103

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AGETOP - Agência Goiana de Transporte e obras

A/c - relação água/cimento

BR - Brasil

CaCL₂ - cloreto de cálcio.

Cm - centímetro

DERGO - Departamento de Estrada e Rodagem de Goiás

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte

f_{ck} - Resistência Característica do Concreto a Compressão.

GD – Grau de Deterioração da Estrutura

GDE – Grau de Deterioração do Elemento

GDF – Grau de Deterioração da Família

Kg/m³ - Quilograma por Metro Cúbico.

M - Metros

NBR - Normas Regulamentadoras Brasileiras

OAE's - obras de Artes Especiais

TO - Tocantins

VUE - Vida útil estimada

VUR - vida útil de referência

Δc - variação do cobrimento nominal

1 INTRODUÇÃO

Pontes, viadutos, passagens inferiores, túneis também chamados de Obras de Artes Especiais (OAE's) são de grande importância para o desenvolvimento das diferentes regiões do país, por unir cidades e reduzir distâncias.

Pesquisadores e profissionais técnicos da área de patologia e engenharia, informam que no Brasil ainda não existe a cultura de fazer manutenção nas OAE's, o que contribui para que essas tenham sua vida útil reduzida.

De acordo com Lemos (2005), o que acontece na realidade da maioria dos casos é o abandono quase que total dessas estruturas. Isso faz com que atinjam um elevado grau de deterioração e só a partir daí, que se pensam na recuperação dessas estruturas, o que ocasiona um custo elevado se comparado as manutenções preventivas e pequenos reparos.

Nesse contexto, o presente trabalho traz como objetivo principal avaliar e discutir a vida útil da Ponte sobre o Rio Tocantins em Porto Nacional – TO, construída na década de 1970 e passível do procedimento da falta de manutenção. Com objetivos específicos as investigações das informações sobre a ponte e a inspeção da situação atual para comparar com pesquisas anteriores e dados de outras OAE's.

A pergunta norteadora dessa investigação foi: Qual o tempo de vida útil da estrutura de concreto armado da ponte sobre o Rio Tocantins? Hipoteticamente a prévia afirmação de que o crescimento socioeconômico atual do estado do Tocantins e devido a necessidade de escoar os grãos produzidos na região acarretou em um grande aumento do fluxo de veículos de cargas e passeios que trafegam sobre a ponte do rio Tocantins.

No entanto a hipótese foi negada, pois o fator preponderante para a redução da vida útil foram as patologias geradas pela reação álcalis-agregados, a carbonatação dos elementos e a falta de manutenção ao decorrer do tempo.

Nesse sentido, os procedimentos metodológicos consistiram na deliberação de uma discussão teórica e conceitual com base nas inspeções e ensaios na estrutura, referenciados nos métodos de Castro (1994), DNIT (2004), NBR 7584/1995 e na realização da anamnese para complementação das informações.

O trabalho apresenta estruturação descrita abaixo:

No segundo capítulo são apresentados os conceitos do tipo da obra de arte avaliada e as manifestações patológicas comuns na estrutura, baseada nos autores Mendes (2003), Marchetti(2008), DNIT (2010) e entre outros. Relaciona também a durabilidade das construções baseada no conceito de vida útil, suas aplicações e a determinação a partir dos métodos de previsão.

No capítulo seguinte, apresenta-se o objetivo geral do presente trabalho assim como os objetivos específicos.

O quarto capítulo traz a metodologia aplicada para efetivação da pesquisa.

No capítulo cinco são apresentados os resultados realizados durante as inspeções (vistorias de campo) a anamnese, ensaios in situ, assim como as modelagens da curva de vida útil.

Por fim são apresentados no capítulo seis as considerações a respeito dos resultados obtidos e conclusões sobre a luz das especificações normativas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PONTES DE CONCRETO ARMADO

A Norma 010/2004 do Departamento Nacional de Infraestrutura de transporte (DNIT, 2004) de Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento, define ponte como estrutura, inclusive apoios, construída sobre uma depressão ou uma obstrução, tais como água, rodovia ou ferrovia, que sustenta uma pista para passagem de veículos e outras cargas móveis, e que tem um vão livre, medido ao longo do eixo da rodovia, de mais de seis metros. Ficam incluídos nesta definição viadutos, passagens superiores e passagens inferiores.

Marchetti (2008), denomina ponte a obra destinada a permitir a transposição de obstáculo à continuidade de uma via de comunicação qualquer. Os obstáculos podem ser: rios, braços de mar, vales profundos, outras vias, etc.

Mendes (2003), diz que as pontes são estruturas de obra de arte destinadas a vencer obstáculos naturais como curso d'água, vales profundos, baías ou obstáculos criados pelo homem como, por exemplo, um centro urbano ou uma via expressa. De modo geral, quando o obstáculo é um centro urbano ou uma via expressa, a ponte recebe o nome de viaduto ou elevado.

2.1.1 Elementos Constituintes das Pontes

A ponte divide seus elementos estruturais em superestrutura, mesoestrutura, e infraestrutura (MENDES, 2003).

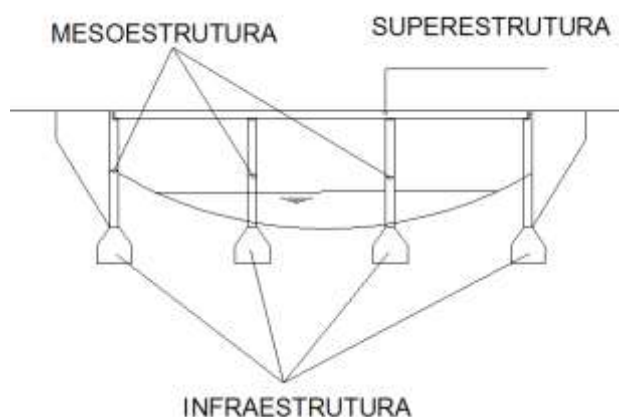


FIGURA 1 - Identificação da superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura.

Fonte: Elaboração própria (2015).

A superestrutura corresponde ao conjunto de vigas lajes, transversinas, cortinas, dentes, consoles, chanfros e entre outros. É o elemento que recebe diretamente as cargas do tráfego, sendo assim, a parte útil da obra (MENDES, 2003; MARCHETTI, 2008).

A mesoestrutura é a parte da ponte constituída pelos pilares. É o elemento que recebe os esforços da superestrutura e os transmite à infraestrutura (MARCHETTI, 2008).

Mendes (2003), descreve que a infraestrutura compõe-se das fundações e tem como função transmitir as cargas para o solo. Podem ser diretas (sapatas, blocos, radier, etc.) e indiretas (estacas).

2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES E VIADUTOS

Segundo Degussa (2003), a área da engenharia que estuda os sintomas, os modos de ocorrência, as causas e origens dos defeitos das obras da construção civil, sendo considerado o estudo das partes componentes do diagnóstico são denominadas patologias.

DNIT (2004), conceitua defeito como sendo falta de conformidade com qualquer das condições preestabelecidas no projeto. E classifica ainda os defeitos em três tipos:

- Defeito tolerável – defeito que não prejudica o desempenho da obra.
- Defeito grave – defeito que pode prejudicar, em parte, o desempenho da obra.
- Defeito crítico – defeito que pode prejudicar de forma acentuada o desempenho da obra.

Para avaliar as condições de uma estrutura deve ser feito um julgamento confiável dos defeitos nela encontrados, bem como sua capacidade de carga, tempo de serviço remanescente, utilidade e funcionalidade, assim como determinar os reparos necessários (GIOVANNETTI, 2014).

2.2.1 Origem das Manifestações Patológicas

Segundo Giovannetti (2014), as manifestações patológicas têm origem em pelo menos uma das cinco grande etapas do processo construtivos da obra, sendo

elas o planejamento, a elaboração de projeto, nos materiais empregados na obra, o processo executivo e a utilização da obra.

Silva (2006), ressalta que as patologias do concreto são advindas dos seguintes fatores descritos abaixo:

- Falha da concepção do projeto – dedução errônea dos carregamentos, má avaliação da capacidade de carga do solo de fundação, erros no dimensionamento, falta de detalhes construtivos entre outros;
- Utilização incorreta dos materiais – concreto com f_{ck} (resistência característica do concreto a compressão) inferior que o especificado em projeto, utilização do aço com características diferentes das especificadas, tanto em termo de categoria, quanto de bitolas, utilização de materiais reativos, que podem causar reações expansivas no concreto, concreto com relação água/cimento (a/c) elevada, entre outros;
- Processo executivo – falta de mão-de- obra capacitada, falta de qualidade e controle do processo executivo, irresponsabilidade do meio técnico, entre outros;
- Utilização da obra – quando obra é utilizada para cargas maiores que as consideradas em projeto.

2.2.2 Manifestações Patológicas Usuais em Pontes de Concreto Armado no Brasil

2.2.2.1 Causas Físicas de Patologias em Pontes de Concreto Armado

De acordo com o DNIT (2010), as causas físicas de patologias em pontes de concreto armado são: trincas e fissuras do concreto na fase plástica, trincas e fissuras do concreto endurecido, fissura do concreto na utilização da estrutura e fissuras do concreto causadas pelas cargas móveis. O mesmo autor descreve cada uma destas fissuras, sendo:

- Trincas e fissuras na fase plástica – Podem ser de vários tipos, e sua importância depende do sistema estrutural da obra, assim como se as fissuras encontram em seu estado ativo (quando a abertura aumenta com o tempo) ou inativo (quando a abertura não aumenta com o tempo). E ainda divide as fissuras e trincas na fase plástica em: assentamento plástico, retração térmica, retração plástica.

A FIGURA 2 mostra a fissura típica do assentamento plástico.

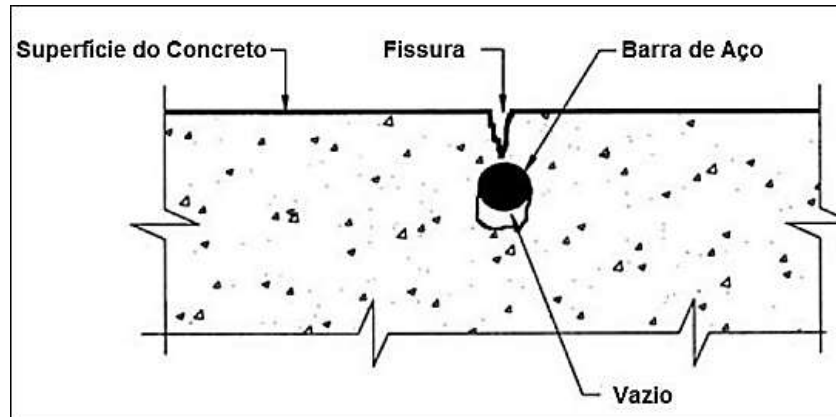


FIGURA 2 - figura típica de assentamento plástico
Fonte: DNIT (2010).

A FIGURA 3 ilustra a retração do concreto no estado plástico.



FIGURA 3 - Retração plástica do concreto e presença de eflorescência.
Fonte: DNIT (2010).

- Trincas e fissuras no concreto endurecido – esse tipo de fissuras são causadas por retração e corrosão das armaduras.

Fissura provocada por retração do concreto (FIGURA 4).

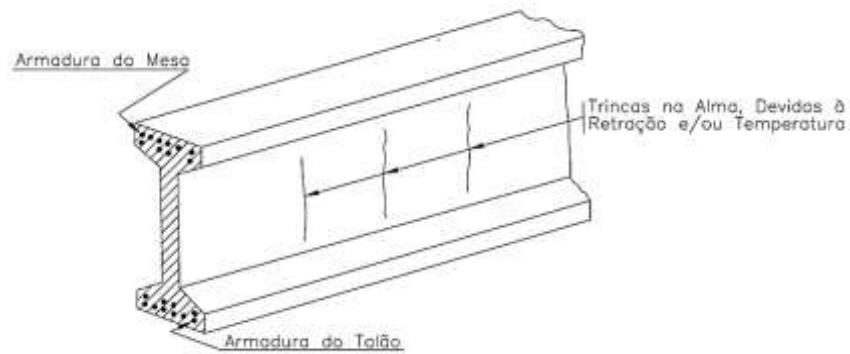


FIGURA 4 - Fissura ou trinca devido a retração.
Fonte: DNIT (2010).

Fissuras provocadas pela a corrosão das armaduras do concreto armado (FIGURA 5).



FIGURA 5 - Fissura ou trincas provocada por corrosão da armadura
Fonte- DNIT (2010).

- Fissuras do concreto na fase de utilização da estrutura – causada quando a estrutura é impedida de se movimentar (FIGURA 6).

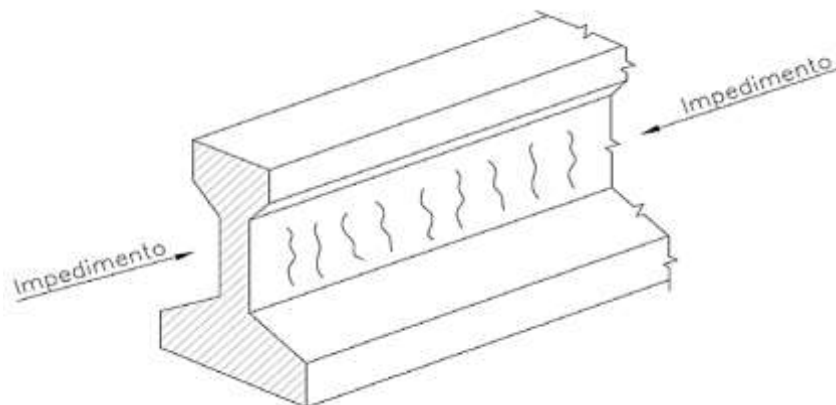


FIGURA 6 - Retração na alma da viga
Fonte- DNIT (2010).

- Fissura do concreto causado pelo tráfego móvel – causadas por excesso de cargas ou dimensionamento errado da estrutura da ponte (FIGURA 7).

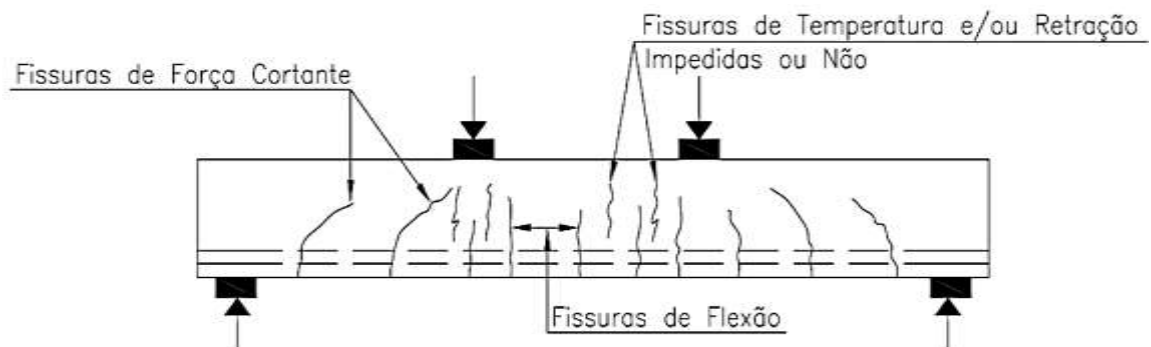


FIGURA 7 - Fissuras típicas de flexão, força cortante, variação de temperatura e/ou retração, impedidas ou não.
Fonte: DNIT (2010).

2.2.2.2 Causas Químicas de Patologias em Pontes de Concreto Armado

Segundo Mehta *et. al.* (1994), as ações químicas se manifestam a partir de efeitos físicos nocivos, como alta porosidade do concreto, diminuição da resistência, fissuração e destacamento que facilitará a entrada dos agentes agressivos no interior do concreto. O autor ressalta ainda que é necessário se ter uma atenção especial ao ataque por sulfatos, reação álcalis-agregado, carbonatação e corrosão das armaduras, uma vez que esses fenômenos são responsáveis pela deterioração de grandes partes das estruturas.

A. Ataque de sulfatos

As trincas ocorrem devido à reações químicas expansivas entre os sulfatos que podem ser encontrados no solo, na água do mar, ou até mesmo nos agregados e cimento que compõem o concreto, e que podem penetrar em concretos úmidos e permeáveis (DNIT, 2010).

B. Ataque de cloretos

De acordo com Lapa (2008), as ações dos cloretos são umas das principais causas da corrosão da armadura do concreto armado. Há várias formas dos cloretos chegar ao concreto, seja no uso dos aceleradores de pega que contém CaCl_2 (cloreto de cálcio), impureza da água de amassamento e agregados do concreto, sais de degelo e processos industriais, entre outros. A relação a/c (água/cimento), o adensamento e a cura do concreto tem influência direta na qualidade do concreto e penetração dos cloretos.

C. Carbonatação do concreto

Para Vitório (2002), o processo de carbonatação é a transformação de Hidróxido de Cálcio com pH alto, em carbonato de cálcio com pH mais neutro. O baixo pH do concreto é um problema, pois, facilita a corrosão da armadura.

O pH do concreto normalmente está em torno de 13, mas na transformação do hidróxido de cálcio em carbonato de cálcio faz o com baixe esse pH para 9,4 fator preponderante para o início da corrosão da armadura (LAPA, 2008). Observa-se a patologia causada pela carbonatação na FIGURA 8.



FIGURA 8 - Carbonatação do concreto e armaduras expostas.
Fonte: DNIT (2004).

D. Reação álcalis-agregado

Segundo o DNIT (2010), a reação álcalis-agregados é a expansão do concreto provocando fissuras na superfície do mesmo pela reação de certos tipos de sílicas e carbonatos presentes nos agregados que compõem o concreto com os álcalis do cimento geralmente em condições de elevada umidade.

Andrade (2005), relata que alguns agregados com formas reativas a sílica, reagem com o potássio, sódio, hidróxido de cálcio presentes no cimento, e forma um gel em volta dos agregados reativos que na presença de umidade aumenta de volume, criando tensões internas que causam fissuras no concreto (umidade interna do concreto em torna de 80%). Na FIGURA 9 é demonstrada a reação álcalis-agregado no bloco de fundação.



FIGURA 9 - Reação álcalis-agregado no bloco de fundação
Fonte: DNIT (2010).

E. Classe de agressividade do ambiente

A NBR 6118/2014 diz que a agressividade do meio ambiente depende das ações químicas e físicas que atuam diretamente sobre as estruturas de concreto, e estas independem das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica entre outros.

A agressividade do meio ambiente pode aparecer através da poluição atmosférica, através do dióxido de carbono e chuvas ácidas que penetram no interior do concreto através de fissuras, diminuindo assim a vida útil da estrutura (DNIT, 2010).

Ainda a NBR 6118/ 2014 apresenta tabelas para que nos projetos de estruturas correntes seja classificada a agressividade ambiental, correspondência entre a classe de agressividade e qualidade do concreto, correspondência entre a classe de agressividade e cobrimento nominal das armaduras apresentadas abaixo:

O QUADRO 1 apresenta a classe de agressividade da agressividade ambiental.

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

^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.

QUADRO 1 - Classe de agressividade ambiental
Fonte: ABNT, (2014) (NBR 6118).

No QUADRO 2 é apresentada a relação entre a agressividade ambiental e a qualidade do concreto.

Concreto ^a	Tipo ^{b, c}	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

^a O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.

^b CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.

^c CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

QUADRO 2 - Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto
Fonte: ABNT, (2014) (NBR 6118).

No QUADRO 3 demonstra a correspondência entre a agressividade ambiental e o cobrimento nominal mínimo e para os elementos estruturais.

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

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

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

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

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

QUADRO 3 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm
Fonte: ABNT, (2014) (NBR 6118).

F. Corrosão do concreto

Os agentes ácidos, os sulfatos, o cloro e seus compostos, os nitratos e nitritos, são os principais agentes que promovem a corrosão do concreto. Até mesmo a água pura, pode ocasionar problemas no concreto devido a infiltração e acúmulo proporcionado pela ausência ou deficiência do sistema de drenagem (VITÓRIO, 2002).

Para o DNIT (2010), a corrosão do concreto é um fenômeno químico que ocorre com a reação da pasta de cimentos com alguns elementos químicos presente no ambiente, que provoca a dissolução e/ou formação de compostos expansivos, que são fatores preponderantes de degradação do concreto (FIGURA 10).



FIGURA 10 - Face inferior de laje em balanço sem pingadeira: Concreto deteriorado e armaduras aparentes com corrosão.
Fonte: DNT (2010).

G. Corrosão da armadura

Vitório (2002), diz que a corrosão da armadura dá-se quando os agentes agressivos destroem a película protetora formada pela alta alcalinidade do concreto ($\text{pH} = 13$), e atacam a armadura. A armadura pode aumentar de volume em torno de 8 vezes causando uma tensão interna que fissa o concreto de cobertura, expondo a armadura ao meio conforme mostra a (FIGURA 11).



FIGURA 11 - Corrosão da armadura
Fonte: Giovannetti (2014).

H. Eflorescência

Eflorescência é o acúmulo de sais de origens diversas (materiais de construção, água existente no subsolo, entre outros) que forma no substrato, resultado da migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas. Esse tipo de patologia traz problemas mais de ordem estética do que estrutural, mas por se tratar de um fenômeno complexo preocupa construtores e fabricantes no que diz respeito aos reflexos econômicos, (MENEZES, et al. 2006). Demonstrado na FIGURA 12.



FIGURA 12 - Eflorescência na parte interna da laje da ponte.
Fonte: DNIT (2010).

2.3 VIDA ÚTIL DAS CONSTRUÇÕES

Devido a crescente preocupação com o termo durabilidade e desempenho das construções tem-se verificado a necessidade de fazer uma previsão de vida útil destas. Existem muitos conceitos sobre o tema, pois o seu consenso não reúne um conceito global, não sendo possível então uniformizar seu significado (SANTOS 2010).

Segundo a norma ISO 15686-1 (2000), a vida útil é definida como o período de tempo, após instalação, durante o qual a construção ou suas partes atingem ou extrapolam os requisitos de desempenho, sendo os requisitos de desempenho o nível mínimo aceitável de uma propriedade crítica.

Contudo Ripper (2003), define vida útil de uma construção como sendo o tempo durante o qual esta conserva os requisitos estabelecidos em projeto quanto a segurança, funcionalidade e estética, sem custos inesperados de manutenção.

A exposição deste conceito altera, fundamentalmente, no que diz respeito às usanças de manutenção, sendo imprescindível implementar um conceito global e normalizado, abrangente de igual maneira por todos os intervenientes na construção (SANTOS, 2010).

2.4 DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES

Para a definição da vida útil das construções é de fundamental importância conhecer a durabilidade dos materiais nestas utilizados (SANTOS, 2010).

Segundo Gomes e Ferreira (2009):

Uma construção é durável se for capaz de desempenhar as funções para que foi concebida, durante o período de vida previsto, sem que para tal seja necessário despender custos de manutenção e reparação imprevistos. A durabilidade, sendo caracterizada pela vida útil de um conjunto de materiais e componentes, desempenha uma função importante para a obtenção duma construção sustentável.

Porém a ISO 15686-1 (2000), define-a como sendo a aptidão de um edifício ou de uma parte de um deste de cumprir a sua função durante um determinado período de tempo, sob a ação dos agentes presentes em serviço, adicionando uma nota importante de que esta não é uma característica essencial de um produto ou componentes, mas sim uma propriedade que depende das condições a que está sujeito, em serviço.

Durante a fase construtiva, um adequado controle de qualidade o melhor artifício para afiançar a vida útil planejada. O controle de qualidade deve ser atingido pelo empreiteiro e apurado pela fiscalização, necessitando manter-se em contanto com o projetista para análise das anormalidades (BRANCO, GARRIDO e PAULO, 2013).

2.5 OBSOLESCÊNCIA

A obsolescência é um problema que também interfere na vida útil das construções. Esta não está ligado ao processo de degradação do material, mas ao método de utilização da edificação pelo utilizador (SANTOS, 2010).

Segundo John et al (2001), a obsolescência pode ser estudada quanto a vida útil de serviço definida socialmente. Como não é possível aferir as mudanças sociais que irão ocorrer em longo prazo, é impossível controlar obsolescência.

Porém Pinto (2011), descreve obsolescência como sendo a perda da capacidade de uma determinada estrutura em desempenhar de maneira satisfatória as suas funções, devido a alteração do seu nível de desempenho.

2.6 FIM DA VIDA ÚTIL DAS CONSTRUÇÕES

Quando um elemento deixa de desempenhar adequadamente as funções que lhes eram exigidas, devido a modificações no desempenho solicitado em relação a utilização destinada o elemento de construção atinge o fim da vida útil (SANTOS, 2010).

Pinto (2011), afirma que fim de vida útil das construções é a perda de capacidade para um desempenho satisfatório das suas funções.

Segundo Hovde e Moser (2004), dividem-se as propriedades de um elemento de construção em segurança, função e aparência, ponderando que o fim da vida útil sucede quando uma dessas funções deixa de ser cumprida. Desse modo as exigências para cada uma dessas funções é cumprida quando:

- Segurança: quando a integridade do elemento e mantida no nível mínimo aceitável de segurança:
- Função: quando a função para qual o elemento foi projetado é cumprida:
- Aparência: Quando se verifica a aparência desejada da construção.

Estes conceitos podem ser representados graficamente, comparando as diferentes degradações destes três conjuntos e identificando diferentes níveis mínimos aceitáveis. Dentre as três propriedades citadas acima a segurança é a mais significativa, tendo por isso nível de exigências superiores aos demais. Sendo a propriedade aparência o grupo que atinge os níveis mínimos aceitáveis mais rápidos, sendo estas muitas vezes condicionantes da vida útil (SOUZA, 2008; SILVA, 2009). O gráfico é demonstrado na FIGURA 13.

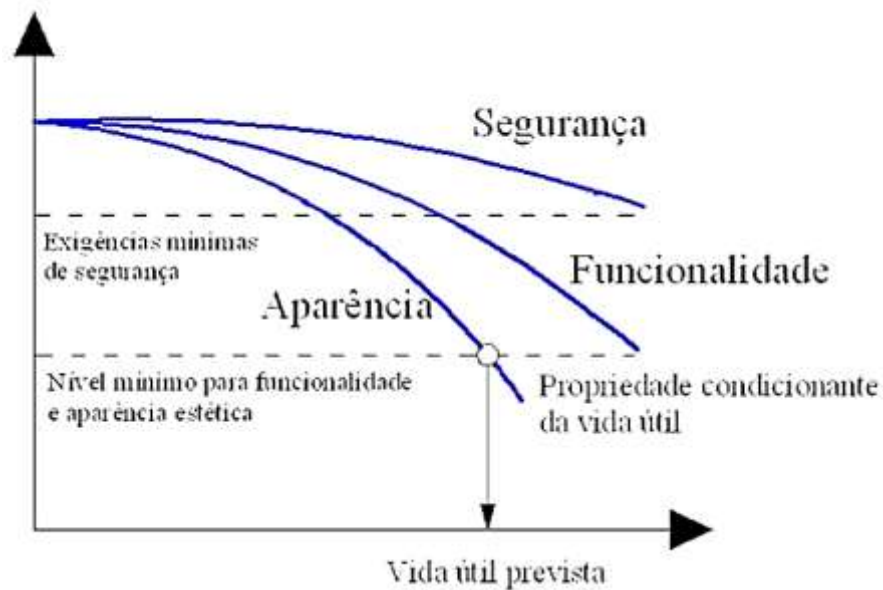


FIGURA 13 - Degradação esquemática dos diferentes grupos de propriedades.
Fonte: Silva (2009).

2.7 VIDA ÚTIL DE PROJETO

Segundo a NBR 6118/2014 (Projeto de estruturas de concreto — Procedimento):

Por vida útil de projeto, entende-se o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, sem intervenções significativas, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, conforme 7.8 e 25.3, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais.

Já Helene (1997), diz que vida útil de projeto é o período de tempo decorrente até que a frente de carbonatação ou de cloretos atinjam as armaduras proporcionando a sua despassivação.

Porém a NBR 15575/2012, define vida útil de projeto como sendo o período estimado para que as construções atendam aos requisitos mínimos de desempenho.

Por vida útil de projeto pode-se definir então que esta está intimamente ligada as condições de durabilidade das construções, sejam por parte do projetista sejam por parte do utilizador (SANTOS, 2010).

A durabilidade dos edifícios e dos seus componentes variam devido diversos aspectos, deferindo de acordo com suas propriedades, o que origina a variabilidade da sua vida útil (SANTOS, 2010).

Quanto a vida útil de projeto a NBR 15575/2012 as especificam por partes das edificações. Em princípio fica subentendido que para as estruturas de concreto a vida útil de projeto é um período maior ou igual há 50 anos.

Parte da edificação	Exemplos	VUP anos	
		Mínimo	Superior
Estrutura principal	Fundações, elementos estruturais (pilares, vigas, lajes e outros), paredes estruturais, estruturas periféricas, contenções e arrimos	≥ 50	≥ 75
Estruturas auxiliares	Muros divisórios, estrutura de escadas externas	≥ 20	≥ 30
Vedação externa	Paredes de vedação externas, painéis de fachada, fachadas-cortina	≥ 40	≥ 60
Vedação interna	Paredes e divisórias leves internas, escadas internas, guarda-corpos	≥ 20	≥ 30
Cobertura	Estrutura da cobertura e coletores de águas pluviais embutidos	≥ 20	≥ 30
	Telhamento	≥ 13	≥ 20
	Calhas de beiral e coletores de águas pluviais aparentes, subcoberturas facilmente substituíveis	≥ 4	≥ 6
	Rufos, calhas internas e demais complementos (de ventilação, iluminação, vedação)	≥ 8	≥ 12
Revestimento interno aderido	Revestimento de piso, parede e teto: de argamassa, de gesso, cerâmicos, pétreos, de tacos e assoalhos e sintéticos	≥ 13	≥ 20

QUADRO 4 - Vida útil de projeto mínima e superior.

Fonte: NBR 15575 (2012).

Helene (2004), diz que após muitas discussões no âmbito da Comissão de Estudo da ABNT, foi escolhido o período de referência mínimo de 50 anos. Na realidade a vida útil de uma estrutura de concreto depende de vários fatores, inclusive da importância da obra. Em obras de caráter provisório, transitório ou efêmero é tecnicamente adotar-se vida útil de projeto de pelo menos um ano. Para as pontes e outras obras de caráter permanente, poderão ser adotados períodos de 50, 75 ou até mais de 100 anos conforme recomendado pelas normas internacionais, BS 75433, apresentada na

TABELA 1, e europeias, CEN / EN 2064, apresentada na TABELA 2.

TABELA 1 - Vida útil de projeto recomendada pelos ingleses, BS 7543

Vida Útil	Tipo de Estrutura
≤ 10 anos	Temporárias
≥ 10 anos	Substituíveis
≥ 30 anos	Edifícios industriais e Reforma
≥ 60 anos	Edifícios novos e reformas de edifícios públicos
≥ 120 anos	Obras de artes e Edifícios Públicos Novos

Fonte: Norma BS 7543 (1992).

O principal obstáculo para a integração da exigência da durabilidade na fase de projeto tem sido a inexistência de informação tratada e acessível (HELENE, 2004).

Na TABELA 2 é demonstrado a vida útil de projeto recomendada pelos ingleses.

TABELA 2 - Vida útil de projeto recomendada pelas normas na Europa.

Comitê Europeu de Normalização CEN/EN - 206, 1994	
Vida Útil	Tipo de Estrutura
≤ 10 anos	Temporárias
≥ 10 anos	Substituíveis
≥ 30 anos	Edifícios industriais e Reforma
≥ 60 anos	Edifícios novos e reformas de edifícios públicos
≥ 120 anos	Obras de artes e Edifícios Públicos Novos

Fonte: Norma EN 206-1 (2007).

2.8 MÉTODOS PARA PREVISÃO DA VIDA ÚTIL

Nos documentos que indicam a durabilidade e os métodos de previsão de vida útil, permanecem também recomendações e explicações dos dados de entrada necessários para o emprego dos métodos e para uma avaliação e utilização segura e confiável dos resultados. Os resultados devem ser abordados como uma indicação do que será a vida útil, quando se tem em consideração os fatores e circunstâncias reais que influenciam a durabilidade e vida útil (HOVDE, 2002).

De acordo com Helene (2004), a estimativa de vida útil de estruturas de concreto pode ser efetuada através de um dos quatro procedimentos a seguir:

- Com base nas experiências anteriores;
- Com base em ensaios acelerados;
- Com base em enfoque determinista.

2.8.1 Método com Base nas Experiências Anteriores

De acordo Helene (1997), por meio de tentativas na aplicação do concreto, a primeira norma sobre estruturas de concreto na Suíça em 1903. No Brasil a primeira norma sobre estrutura de concreto foi publicada pela Associação Brasileira de Concreto (ABC), data de junho de 1931:

- Consumo de cimento $\geq 240 \text{ kg/m}^3$, sempre;

- Consumo de cimento $\geq 270 \text{ kg/m}^3$, partes expostas;
- Consumo de cimento $\geq 300 \text{ kg/m}^3$, para pontes;
- Água de amassamento não deve conter cloretos, sulfatos e nem matéria orgânica;
- Cobrimento $\geq 1,0\text{cm}$ para lajes interiores e $\geq 1,5$ para exteriores;
- Cobrimento $\geq 1,5\text{cm}$ para pilares e vigas interiores e $\geq 2,0\text{cm}$ para exteriores.

Observa-se, a norma brasileira, mesmo mais completa que a norma americana de 1910, era muito ousada em permitir cobrimentos bem inferiores e desprezando a agressividade do meio ambiente (MEDEIROS, ANDRADE e HELENE, 2011).

Esse método chamado de “com base na experiência anterior” continuou sendo usados nas normas brasileiras durante as atualizações em 1937, 1940, 1943, 1950, 1960 e 1978. Em todas elas permaneceram aplicando os valores de cobrimento bem inferiores aos exigidos nos países desenvolvidos (HELENE, 1997).

Esses três textos normativos NBR 6118/2007, ACI 318-08 e Eurocode II, apresentam várias tabelas de cobrimentos mínimos e qualidades mínimas do concreto de cobrimento, consumo de cimento, relação a/c máxima, evidentemente com requisitos melhores que no início do século XX, porém utilizando os mesmos conceitos praticados há mais de cem anos, ora atrasados, retrógrados e até insuficientes em alguns casos (MEDEIROS, ANDRADE e HELENE, 2011).

2.8.2 Método com Base em Ensaios Acelerados

Trata-se de um método americano em 1978, sua aplicação é de maior aceitação ao estudo de produtos orgânicos, enquanto para aplicação em projetos de estruturas é de difícil aceitação, pois a natureza dos materiais aplicados nesta é inorgânica (HELENE, 1997).

O método tem o objetivo de reproduzir, de forma relativamente rápida, as mudanças que ocorrem nas condições de uso do componente ou também podem ser feitas nas condições de uso do componente (sem acelerar o processo de envelhecimento), aplicando-se aos casos em que as mudanças nas propriedades podem ser determinadas em curto espaço de tempo (SANTOS, 2010).

Nos últimos anos tem havido um grande desenvolvimento de métodos de ensaio acelerados, de fundamento eletroquímico, em câmaras de carbonatação e em câmaras de salt-spray, é possível que futuramente venha a ser mais utilizado no projeto e construção de estruturas de concreto (MEDEIROS, ANDRADE e HELENE, 2011).

2.8.3 Método com Base em Enfoque Determinista (Método Fatorial)

O Método Fatorial é uma forma de reunir a consideração de cada uma das variáveis que é susceptível de afetar a vida útil. Pode ser usado para fazer uma avaliação sistemática, mesmo quando as condições de referência não coincidem totalmente com as condições previstas de utilização. A sua utilização pode reunir o conhecimento de projetistas, observações, finalidades dos gestores, e garantias dos fabricantes, bem como dados de laboratórios de ensaios (HOVDE, 2012).

Partindo de uma duração da vida útil de referência, esperada em condições padrão, obtém-se uma estimativa da vida útil para as condições particulares esperadas através da multiplicação da vida útil de referência por uma série de fatores pertinentes com inúmeros aspectos determinantes para a durabilidade (PINTO, 2011).

Ainda o mesmo autor diz que os fatores a considerar são os seguintes:

- Fator A – Qualidade do produto de construção;
- Fator B – Nível de qualidade do projeto;
- Fator C – Nível de qualidade da execução;
- Fator D – Características do ambiente interior;
- Fator E – Características do ambiente exterior;
- Fator F – Características do uso;
- Fator G – Nível de manutenção.

Santos (2010), ressalta que o método para estimar a vida útil de determinado produto da construção se expressa pela seguinte equação:

$$(VUE) = (VUR) \times fA \times fB \times fC \times fD \times fE \times fF \times fG \quad \text{Equação 1}$$

VUE – Vida útil estimada

VUR – Vida útil de referencia

fA - Fator modificador A, qualidade dos materiais ou componentes;

- fB – Fator modificador B, nível de qualidade do projeto;
- fC – Fator modificador C, nível de qualidade de execução;
- fD e fE – Fator modificador D e E, características dos ambientes interior e exterior;
- fF- Fator modificador F, degradação do material ou componente;
- fG – Fator modificador G, manutenção adequada.

2.8.3.1 Vida Útil de Referência (VUR)

Segundo a ISO 15686-1 (2011), vida útil de referência se define na vida útil padrão que serve de base para estimativa da vida útil de um edifício ou de uma parte do edifício. Este método permite uma estimativa da vida útil a ser feita para um componente particular ou um conjunto de componentes em condições específicas.

Pinto (2011), descreve que independentemente do método utilizado para chegar a uma previsão da vida útil, deverão ser considerados alguns aspectos que são sempre relevantes para essa avaliação, nomeadamente:

- Os agentes de degradação;
- Os efeitos da intensidade e da variação da ação desses agentes;
- A sobreposição dos efeitos da ação de vários deles.

Segundo Santos (2010), deve se chegar a um valor mais próximo o real a vida útil de referência, ou seja, o mais confiável e detalhado possível, portanto, de preferência com base numa rigorosa metodologia de previsão de vida útil, como sugerida na ISO 15686-1 (2000). Analisa-se conforme a FIGURA 14.

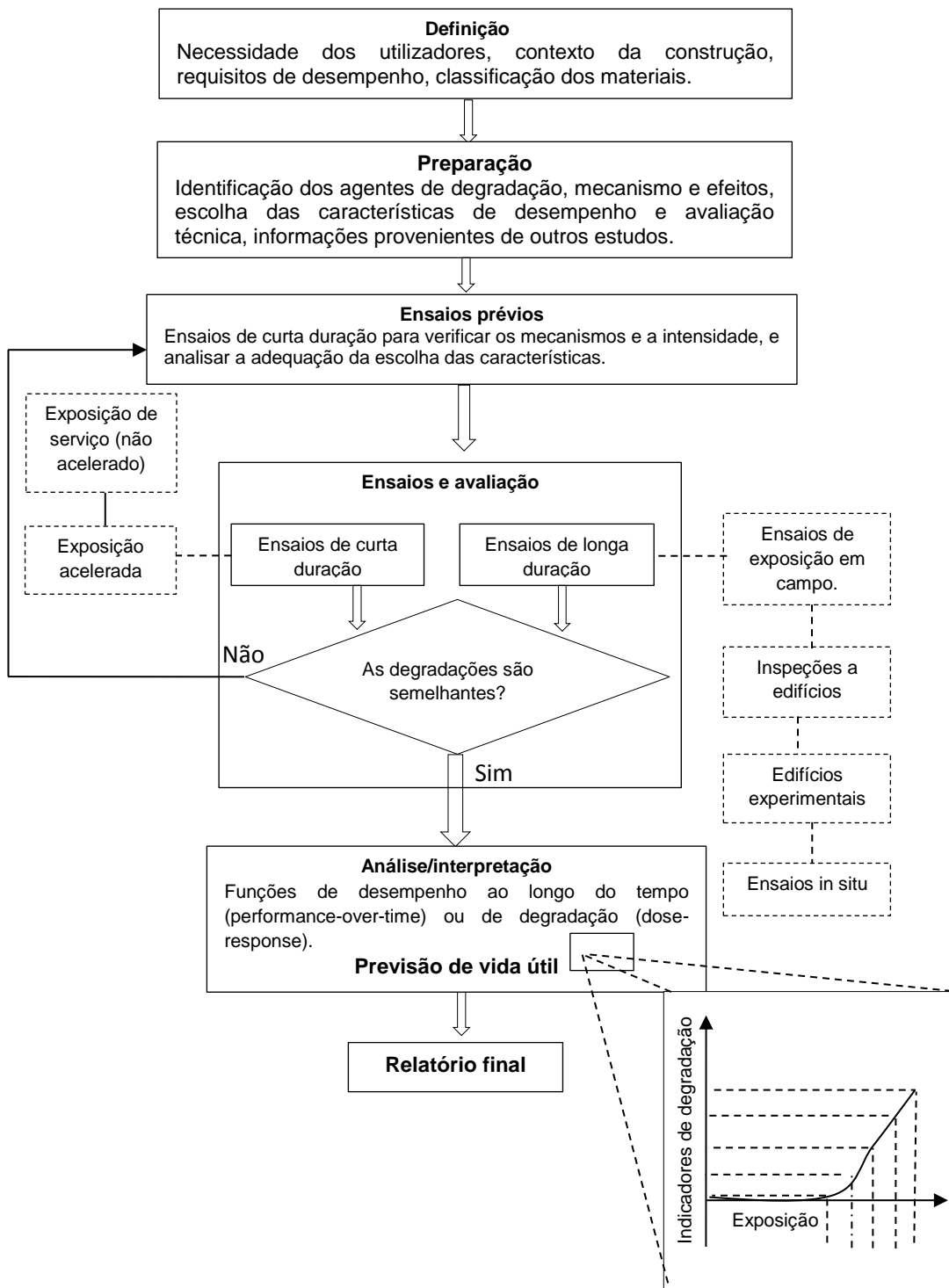


FIGURA 14 - Metodologia para a previsão do tempo de vida útil
Fonte: ISO 15686-2 (2001), (adaptado).

Ainda o mesmo autor descreve a previsão de vida útil de acordo com esta metodologia baseia-se num processo iterativo, com tomadas de decisão durante as etapas intermediárias, permitindo melhorar as previsões, em função do conhecimento disponível. A descrição das etapas do fluxograma é:

- **Definição do problema:** identificar os fatores e obter as informações e conhecimentos necessários, identificar os níveis de desempenho e caracterizar o material ou componente nas suas propriedades físicas e químicas.
- **Preparação:** após a definição do problema deve-se compreender como vai ocorrer a degradação nas condições particulares identificadas.
- **Realização de ensaios prévios:** testar a certeza do plano de ensaios estabelecido e para proceder a ajustes eventualmente necessários.
- **Ensaio:** Dividem-se em ensaios de curta duração, por exposição aos agentes de degradação com duração consideravelmente menor que a vida útil esperada, e de longa duração, por exposição a condições de uso por período de tempo da mesma ordem de grandeza da vida útil.
- **Interpretação:** Através da análise de desempenho efetuada ao longo de vários programas de exposição, é determinada a vida útil prevista envolvendo etapas como: dados da avaliação de desempenho onde são estabelecidas as funções desempenho *versus* tempo ou degradação, nas condições de exposição.

2.8.3.2 Fatores Modificadores

Os valores dos fatores poderão ser baseados em experiência prévia. Com a importância na identificação das condições específicas sobre a vida útil, é necessário obter as informações do fabricante, documentos de laboratório ou a bibliografia especializada (SANTOS, 2010).

O método fatorial descrito na norma ISO 15686-1 (2000) possui uma boa base para desenvolvimento e aplicação dos métodos, mas ainda existem muitos assuntos que devem ser avaliados antes de uma aplicação prática como a determinação e escolha de dados para VUR e fatores individuais, combinações nos métodos de engenharia em combinação os benefícios dos mais sofisticados métodos probabilísticos e dos simples métodos determinísticos e a utilização prática dos métodos na avaliação do ciclo de vida dos materiais (HOVDE e MOSER, 2004).

Pinto (2011), ressalta que os valores a adotar representam o desvio em relação às condições de referência e, por isso, deverão ser sempre próximos de 1. Os valores sugeridos pela norma ISO 15686-1 encontram-se na TABELA 3.

TABELA 3 - Valores de desvio sugeridos pela norma ISO 15686.

Valor	Desvio em Relação à condição de referência
0,8	Quando o fator tem uma influência negativa sobre o elemento
1,0	Quando o fator não tem influência sobre o desempenho do elemento
1,2	Quando o fator tem uma influência positiva no elemento

Fonte: ISO 15686-1(2011).

Segundo a norma ISO 15686-1 as descrições dos fatores modificadores descritas na tabela 3 são representados na TABELA 4.

TABELA 4 - Principais fatores modificadores da vida útil

Fatores Modificadores da Vida Útil		Condições Relevantes (exemplos)
Fatores de Qualidade	A- Qualidade dos componentes	Qualidade e características das placas e das fixações
		Qualidade da Empresa
		Condições de Fabrico
		Aplicações de Acabamentos
		Processos de Qualidade implementados
	B- Qualidade do Projeto	Qualidade das peças desenhadas e escritas
		Nível de detalhe do Projeto
		Compatibilização do Sistema com o Edifício
		Qualificação do Projetista para o sistema em causa
		Apoio Técnico dos Fabricantes
	C- Qualidade da Execução	Qualidade de mão-de-obra
		Processos de aplicação
		Adequabilidade das ferramentas
		Condições climáticas aquando da aplicação
		Apoio do Projetista
Fatores Ambientais	D - Característica do ambiente interior	Humidade
		Temperatura
		Condições de Ventilação
	E - Características do Ambiente Exterior	Humidade
		Temperatura
		Água Gelo
Fatores operacionais	F - Condições de uso	Chuvas Ácidas
		Vento
		Exposição das Fachadas
		Altura do Edifício e presença de sais

Fatores Modificadores da Vida Útil		Condições Relevantes (exemplos) continuação...
Fatores operacionais	F - Condições de uso	Choques
		Impactos
		Riscagens
		Tipo de utilizadores
		Vandalismo
	G - Nível de Manutenção	Existência de Plano de Manutenção
		Qualidade e Frequência das intervenções
		Facilidade de acesso
		Necessidades de produtos especiais
		Necessidade de apoio técnico

Fonte: ISO 15686-1 (2011).

A. Fator A – Qualidade do produto de construção

O fator A mede a qualidade dos elementos a aplicar em obra, medindo desde suas características da matéria-prima a suas condições de fabricação. A construção de qualquer obra deve satisfazer as exigências expostas, por isso, a análise da qualidade do produto que vai ser aplicado é imprescindível. Da mesma forma, os meios de transporte e depósitos dos materiais, devem ter garantia de proteção e manutenção até sua aplicação (PINTO, 2011).

Segundo o mesmo autor, a Diretiva europeia 89/106/CEE, apresenta conformidades em produto emitido pelo próprio fabricante em declaração ou por organismo notificado. Fortificando as obras, todos os produtos devem estar aptos ao uso com suas verificações comprovadas e declaradas pela marcação CE.

Contudo a norma ISO 15686 estabelece como critérios de avaliação do produto de construção as qualificação da TABELA 5.

TABELA 5 - Índice aplicáveis ao Fator A

Classificação segundo o fornecimento do produto à obra	Índices aplicáveis
Com declaração de conformidade CE e Certificado de qualidade	1,2
Com declaração de conformidade CE emitida pelo fabricante ou com Certificado de Qualidade	1,0
Sem Declaração de conformidade CE e sem Certificação	0,8

Fonte: ISO 15686-1 (2011).

B. Fator B – Nível de Qualidade de Projeto

Santos (2010), define o fator B como nível de qualidade do projeto. O fator responsável na escolha adequada da solução construtiva específica, grau de informação fornecido, das medidas de proteção, e entre outras.

De acordo com a quantidade de informações fornecida à obra como, projetos detalhados, avalia o nível de qualidade e define o índice a aplicar (PINTO, 2011).

TABELA 6 - Índices aplicáveis ao fator B

Níveis de Qualidade do projeto	Índices aplicáveis
Projeto sem cumprimento com o artigo 80º do D.L 555/99	0,8
Projeto sem cumprimento com o artigo 80º do D.L 555/99 e portaria 1110/2001 incluindo no projeto de execução memória descritivo com descrição sistemática das principais soluções construtivas adaptadas.	1,0
Projeto de acordo com o D.L 555/99 e portaria 1110/2001 incluindo no projeto de desenho à escala adequada ao trabalho a executar em obra, a definição de todos os produtos a aplicar, bem como Caderno de Encargos e Respectivas Especificações Técnicas.	1,2

Fonte: ISO 15686-1 (2011).

C. Fator C – Nível de Qualidade da Execução

Este fator está condicionado ao controle de execução da obra e as recomendações descritas pelo fabricante. Está relacionada à qualidade da mão-de-obra, condições e processos de aplicação, condições climáticas e apoio técnico da fiscalização e do projetista (PINTO, 2011).

Para avaliar a qualidade de execução, a norma optou a dividir o nível de qualificação da mão de obra e a regularidade da fiscalização em obra. Apresenta-se no TABELA 7.

TABELA 7 - Índices aplicáveis ao fator C

Regularidade de fiscalização em obra	Qualificação da mão-de-obra	
	Qualificada	Não qualificada
Regular	1,2	1,0
Pontual	1,0	0,8
Ausente	0,8	0,8

Fonte: ISO 15686-1 (2011).

D. Fator D – Características do Ambiente Interior

A ponderação desse fator tem importância para todos os materiais de construção ao serem aplicados no interior dos edifícios. Entre as patologias de interiores, a presença de umidade é a mais comum e influencia diretamente na durabilidade dos produtos de construção. Portanto a classificação do Fator D se divide em produtos higroscópicos e não higroscópicos, onde um material se diz higroscópico devido ao seu teor de umidade variar em função da umidade relativa do ar, como especificado na TABELA 8 (SANTOS, 2010).

TABELA 8 - Índices aplicáveis ao Fator D.

Higroscopicidade do produto	Exposição à umidade em ambientes Interiores				
	EA	EB	EB+	EB++	EC
Higroscópicos	1,2	1,0	0,8	0,8
Não Higroscópicos	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0*

Relativamente aos índices aplicáveis aos produtos não higroscópicos em locais dos tipos EB++ e EC, será de referir que alguns produtos, tais como os metais, apesar de não higroscópicos e partindo do pressuposto de uma correta seleção exigencial, serão sujeitos a uma umidade superficial muito elevada, pelo que para este tipo de produtos (não higroscópicos, mas particularmente susceptíveis a umidade superficial) colocados nestes locais deverá considerar-se o índice 0,8.

Fonte: ISO 15686-1 (2011).

E. Fator E – Características do Ambiente Exterior

Pinto (2011), define a avaliação das características do fator E com no mesmos estado da obra com o fator D, após a que a sua aplicação tenha contato permanente, mas no ambiente exterior. Para a sua deterioração deverão ser tidos em conta os agentes de degradação.

Divide-se área avaliada em zonas de precipitação, para avaliar os dados pluviométricos da região, expresso na TABELA 9.

TABELA 9 - Definição das atmosferas exteriores em função dos índices de poluição do ar e da Influência marítima.

Zonas de precipitação para Portugal continental		
P1	P2	P3
Pouco pluvioso	Moderadamente Pluvioso	Muito pluvioso
≤ 600 mm	600 a 1200 mm	≥1200 mm

Fonte: ISO 15686-1 (2011).

A ISO 15686-1 divide as definições atmosféricas para determinados na TABELA 10.

TABELA 10 - Definição das atmosferas exteriores em função dos índices de poluição do ar e da Influência marítima.

Atmosfera	Definição da atmosfera
E1	Atmosfera rural não poluída. Meio correspondente ao exterior das construções situadas em zonas rurais sem presença de poluição
E2	Atmosfera normal urbana e industrial. Meio correspondente ao Exterior das construções situadas em pequenos ou médios aglomerados e/ou em zonas de desenvolvimento industrial que comportem uma ou várias produções de gases e fumos, mais que não contenha forte teor em compostos químicos.
E3	Atmosfera severa urbana e industrial. Meio correspondentes ao exterior das construções situadas em importantes aglomerados e/ou numa zona de desenvolvimento industrial. Aumento da agressividade é devido à presença de compostos químicos contínuos ou interrompida sem que estes sejam de forte teor e de corrosão com importância.
E4	Atmosfera das construções situadas entre os 10 e os 20 Km do litoral.
E5	Atmosfera das construções situadas entre os 3 e os 10 Km do litoral.
E6	Atmosfera das construções situadas a menos de 3 km do litoral.
E7	Atmosfera mista normal: combinação da Atmosfera E2 e E6
E8	Atmosfera mista severa: combinação da atmosfera E3 e E6.
E9	Atmosfera agressiva: combinação das atmosferas E3 e E6 com agressividade agravada por fatores climáticos

Fonte: ISO 15686-1 (2011).

A tabela 11 correlaciona os índices aplicáveis.

TABELA 11 - Índices aplicáveis ao fator E

Precipitação	Atmosfera	Zona Climática de Verão									
		V1			V2			V3			
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	
Zona climática de Inverno	I1	E1*, E1+E4	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0
		E2*, E2+E4	1,2	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,2	1,0	0,8
		E3*, E3+E4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8
		E1+E5, E2+ E5	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
		E3+E5, E1+E6, E7	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8
		E8, E9	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	I2	E1*, E1+E4	1,2	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
		E2*, E2+E4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
		E3*, E3+E4	1,0	1,0	0,8	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8
		E1+E5, E2+ E5	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8
		E3+E5, E1+E6, E7	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
		E8, E9	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	I3	E1*, E1+E4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
		E2*, E2+E4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8
		E3*, E3+E4	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
		E1+E5, E2+ E5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8
		E3+E5, E1+E6, E7	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
		E8, E9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

*Deverá subentender-se que as construções estão situadas a mais de 20 Km do litoral

Fonte: ISO 15686-1 (2011).

F. Fator F – Condições de Uso

Segundo Santos (2010), o fator refere ao efeito do uso de deterioração do material ou componente, derivado a ao uso do local aplicado e a sua exposição ao mesmo.

A Norma ISO 15686-1 (2011), define seis categorias, relacionadas ao tipo de exposição os impactos dos parâmetros dos edifícios. As categorias apresenta na TABELA 12.

TABELA 12 - Categorias associadas aos impactos nos paramentos exteriores da envolvente vertical dos edifícios.

Categoria	Descrição	Exemplos
A	Facilmente acessível ao público e a outros e pouco incentivo aos cuidados. Uso propenso ao vandalismo	Paredes externas das casas e edifícios públicos com áreas propensas ao vandalismo
B	Moderadamente acessível ao público e a outros e pouco incentivos aos cuidados. Probabilidade de ocorrência de acidentes e de uso indevido.	Paredes adjacentes a vias de pedestres ou campos de jogos, quando não pertencem à categoria A.
C	Acessível principalmente para aqueles que prestam alguns cuidados. Alguma probabilidade da ocorrência de acidentes e de uso indevido.	Paredes adjacentes para jardins privados abertos. Parte de trás das paredes das varandas.
D	Apenas acessível, mais não perto de uma rota comum, para aqueles com grandes incentivos de cuidados. Pequena probabilidade para a ocorrência de acidentes ou uso indevidos.	Paredes adjacentes aos jardins limitados por pequenas peças decorativas e sem acesso direto.
E	Zona acima dos impactos das pessoas, mas sujeitas a impactos de objetos.	1,5m a 6m acima do nível do chão nos locais das categorias A e B.
F	Acima da zona de impacto normal de pessoas e não sujeita os impactos de objetos.	Paredes de superfície em posição mais elevada que as definidas em E

Zonas de parede com 1,5m acima do nível do chão.

Fonte: ISO 15686-1 (2011).

A TABELA 13 caracteriza a classe por letra, onde é um método aplicável nos tipos de produtos revestidos de pavimento e a todo o tipo de edifícios, relacionado às ações de desgastes relevantes pelo uso de corrente.

TABELA 13 - Classificação UPEC: descrição das classes.

Classe	Descrição
Classe u	Traduz os efeitos do uso de Circulação no local;
	A noção que está implícita nesta classe é mais ampla que a resistência à abrasão
	Para efeito são consideradas as alterações de aspecto (perda de brilho), de desgaste (perda de matéria) e outros processos diversos.
Classe P	Punçoamento (resistência mecânica):
	Traduz essencialmente as ações mecânicas do mobiliário (efeito estático, arrastamento ou rolagem) e objetos (choques).
Classe E	Caracteriza a frequência da presença da água e da umidade sob o piso:
	Frequência da ação da água no pavimento, nomeadamente a relacionada com a utilização.
Classe C	Caracteriza a resistência aos agentes físico-químicos e manchas:
	Caracteriza a incidência destes produtos na durabilidade dos revestimentos de piso.

Fonte: ISO 15686-1 (2011).

A TABELA 14 avalia o fator F através das conformidades e atribuições do produto verificadas.

TABELA 14 - Índice aplicáveis ao Fator F.

Classificação do produto segundo a sua adequação ao uso	Índices aplicáveis
Possui classificação superior à exigida em todos os níveis	1,2
Possui a classificação mínima exigida	1,0
Inexistência de classificação ao uso aplicável ao produto	0,8

Fonte: ISO 15686-1 (2011)

G. Fator G – Nível de manutenção

Para avaliação do fator G, deverá considerar para todos os produtos da obra as ações de manutenção, reparação e/ou substituição, para o conjunto desempenhar sua função de modo satisfatório ao longo da sua vida útil. Portanto a reVETIR, proposta pelo Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), divide classificação quanto ao grau de dificuldade da reparação. Descrita na TABELA 15 (PINTO, 2011).

TABELA 15 - Classes de facilidade de reparação segundo a classificação revertir.

Classe de reparação	Descrição do tipo de reparação
r1	Se a reparação é difícil e necessita de produtos ou componentes específicos
r2	Se a reparação é fácil mais necessita de produtos ou componentes específicos ou se a reparação é difícil mais pode ser efetuada com os produtos correntes no mercado.
r3	Se a reparação é fácil e pode ser realizada com os produtos correntes no mercado, mais necessita de intervenção além da zona a reparar.
r4	Se a reparação é fácil e pode ser realizada com produtos correntes no mercado e sem necessitar de intervenção além da zona a reparar.

Fonte: ISO 15686-1 (2011).

Logo as necessidades de manutenção (e). A TABELA 16 descreve os intervalos de tempo entre as manutenções (ISO 15686-1, 2011).

TABELA 16 - Classes de necessidades de manutenção segundo a classificação reVERTIR.

Classe de manutenção	Descrição do tipo de manutenção
e1	Se necessitar de manutenção frequente
	(intervalos de tempo entre os 3 e os 10 anos)
e2	Se necessitar de manutenção normal
	(intervalos de tempo entre os 10 e 20 anos).
e3	Se necessitar de manutenções espaçadas
	(intervalos de tempo iguais ou superiores a 20 anos)
e4	Se as intervenções necessárias forem apenas a lavagem periódica.
	(intervalos de tempo iguais ou superiores há 10 anos)

Fonte: ISO 15686-1 (2011).

Com os dados das tabelas, a possibilidade de fazer as combinações e avaliar o índice aplicável ao fator G, na TABELA 17.

TABELA 17 - Índices aplicáveis ao Fator G

Classe de manutenção - e	Classe de recuperação - r			
	R1	R2	R3	R4
e1	0,8	0,8	0,8	1
e2	0,8	0,8	1,0	1,2
e3	0,8	1,0	1,2	1,2
e4	0,8	1,0	1,2	1,2

Fonte: ISO 15686-1 (2011).

2.9 CONSERVAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS

A conservação de uma estrutura é conceituada pelo conjunto de ações indispensável para que ela mantenha as características resistentes funcionais, e estéticas para qual foi projetada e construída até mesmo em Pontes e Viadutos (VITÓRIO, 2006).

Ainda o mesmo autor define como inspeção e vistoria o conjunto de procedimentos técnicos, que são realizados com um planejamento prévio, que fornece todos os dados de uma obra em um determinado instante.

Vitório (2002), diz que é nesta etapa que são realizadas as anotações com base no roteiro de inspeção adotado, de maneira que não se esqueça nenhum detalhe que possa comprometer na interpretação do comportamento estrutural, assim como no diagnóstico final da vistoria. Nessa etapa é imprescindível o registro das anomalias com fotografias que irão compor o relatório.

2.10 TIPOS DE INSPEÇÃO.

O DNIT (2004), apresenta cinco tipos de inspeção: cadastral, Rotineira, Especial, Extraordinária e a Intermediária.

2.10.1 Vistoria Cadastral

De acordo com a NBR-9452/86 é uma vistoria de referência, onde será anotados os principais elementos que relacionam à segurança e a durabilidade da obra.

Giovannetti (2014), relata que essa inspeção é realizada logo após a construção da OAE (obra de arte especial), quando ainda se encontram disponíveis os elementos de projeto e os relatórios de fiscalização. Essa inspeção servirá de referência para todas as outras e por isso deve ser realizada minuciosamente por uma equipe capacitada.

2.10.2 Inspeção Rotineira

Inspeção rotineira é um inspeção programada com intervalo de tempo de dois anos, com o objetivo de observar e identificar qualquer tipo de anomalia em desenvolvimento ou qualquer alteração em relação à vistoria anterior ou à vistoria cadastral. Esta inspeção registram os defeitos visualizados no exterior das estruturas (DNIT, 2004).

Giovannetti (2014), diz que o objetivo dessa inspeção e avaliar o estado em geral da estrutura, observando qualquer alteração e identificar os defeitos na estrutura e/ou no seu entorno que podem representar perigo para os utilizadores, ou acarretar um elevado custo de manutenção.

2.10.3 Inspeção Especial

A inspeção especial deverá ser realizada em intervalos de tempo máximos de cinco anos, em todas as pontes consideradas excepcionais, seja pelo seu porte, sistema estrutural, comportamento problemático (DNIT, 2004).

Porém a NBR-9452/86 define a vistoria especial como vistoria pormenorizada da obra, realizada por engenheiro especialista, com objetivo de avaliar e interpretar ocorrências danosas detectadas na vistoria rotineira.

2.10.4 Inspeção Extraordinária

É solicitada quando e preciso avaliar um dano causado na estrutura causado pelo o homem o pela natureza chamado de dano excepcional. Nesse tipo de vistoria o inspetor deverá avaliar se é necessário limitar as cargas de tráfego ou até mesmo interromper o tráfego. Devera também avaliar qual será as providencias necessárias para a recuperação da obra e reestabelecimento do tráfego (GIOVANNETTI, 2014).

2.10.5 Inspeção Intermediária

Esse tipo de inspeção é recomendado quando a necessidade de monitorar uma anormalidade suspeita ou já detectada, como um recalque da fundação, uma erosão incipiente, entre outros (DNIT, 2004).

Essa inspeção também poderá ser realizada quando houver ocorrido um evento incomum, que pode afetar o desempenho da estrutura como inundações, deslizamentos de terra, acidente grave, vazamento de produto químico sobre a estrutura entre outros (GIOVANNETTI, 2014).

2.11 INSTRUÇÕES PARA ATRIBUIÇÃO DAS NOTAS DE AVALIAÇÃO

O DNIT (2004), orienta atribuir notas que variam de 1 a 5 para cada elemento componente da ponte, a qual refletirá na maior ou menor gravidade dos problemas presentes em cada elemento. A seguir é demonstrado o QUADRO 5 que correlaciona a nota com a categoria dos problemas detectados em cada elemento.

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	Obra sem problemas.
4	Há alguns danos, mas não há sinal de que estejam gerando insuficiência estrutural.	Nada a fazer apenas serviços de manutenção.	Boa	Obras em problemas importantes.
3	Há danos gerando alguma insuficiência estrutural, mas não há sinal de comprometimento da estabilidade da estrutura da obra.	A recuperação da obra pode ser postergada, devendo-se, porém, neste caso, colocar 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, porém não há ainda, aparentemente, um risco tangível do colapso da estrutura.	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) da obra deve ser feito em curto prazo.	Sofrível	Obra problemática Postergar demais a recuperação da obra pode leva-la a um estado crítico, implicando também num sério comprometimento da vida útil da estrutura. Inspeções intermediárias são recomendáveis para monitorar o problema.
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 e alguns casos substituição da obras – deve ser feita sem tardar	Precária	Obra crítica Em alguns casos, pode configurar uma situação de emergência, podendo a recuperação da obra ser acompanhadas de medidas preventivas especiais, tais como: restrições de carga na ponte, intervenção parcial ou total do tráfego, escoramento provisório, instrumentos com leituras contínuas de deslocamentos e deformação etc.

Obs.: a nota final da ponte corresponde a menor nota dentre as notas recebidas pelos seus elementos com função estrutural.

QUADRO 5 - Correlação da nota com a categoria dos problemas detectados em cada elemento.

Fonte: DNIT (2004) (adaptado.)

2.12 METODOLOGIA DE CASTRO

2.12.1 – Princípios Gerais

Segundo Boldo (2002), a metodologia de Castro (1994), tomou-se como partida a proposta de Klein *et. al.* (1991), constatando que sua aplicação em estruturas convencionais não eram satisfatórias devido, caráter demais específicos para estruturas de obras de artes.

De acordo com Castro (1994), sua metodologia é representada pelo fluxograma (Figura 15):

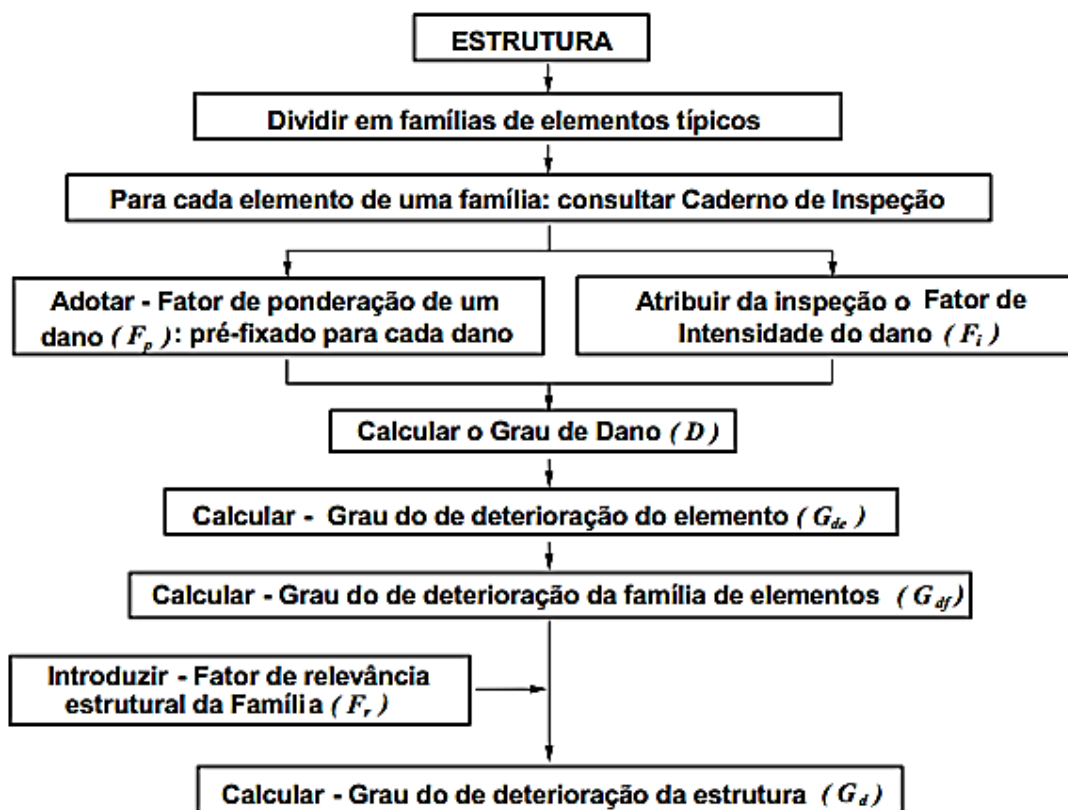


Figura 15 - Fluxograma para avaliação quantitativa da estrutura.

Fonte: CASTRO, (1994) (modificado).

As estruturas usuais de concreto são divididas em famílias de elementos típicos: pilares, vigas, lajes, cortinas, escadas e rampas, reservatório superior, reservatório inferior, blocos de fundação, juntas de dilatação e elementos de composição arquitetônica. Para cada família é listada numa planilha as possíveis manifestações e danos específicos daquela família, com um fator de ponderação (KLEIN *et al.* 1991).

Os danos relacionados às diversas matrizes podem ser: carbonatação, cobertura deficiente, desagregação, deslocamento por empuxo, desvio de geometria, eflorescência, esfoliação, fissuração inaceitável, flechas excessivas, infiltração, manchas, manchas de corrosão/corrosão de armaduras, obstrução das juntas de dilatação, presença de cloretos, recalque, segregação e sinais de esmagamento do concreto (BOLDO, 2002).

De acordo com Castro (1994), por meio de inspeções visuais feitos por engenheiros vistoriadores preenchem Fichas de Inspeção com as características gerais da obra e as patologias encontradas nos elementos de cada família atribuindo um grau para cada lesão encontrada segundo um fator de intensidade.

De acordo com o mesmo autor Calcula-se com os graus de danos, para cada elemento de uma família, um grau de deterioração individual e o consequente grau de deterioração da família de elementos.

Adquiridos os graus de deterioração das diferentes famílias que compõem a estrutura e entrando com um fator de importância estrutural da família, antecipadamente estabelecido segundo a importância relativa na funcionalidade e segurança estrutural, determina-se o grau de deterioração da estrutura (KLEIN *et al.* 1991).

2.12.2 - Definição dos Parâmetros

De acordo com Castro (1994), para a aplicação de sua metodologia é necessário utilizar os seguintes parâmetros descritos nos itens a seguir.

2.12.2.1 O Fator de Ponderação

Fator de Ponderação - quantifica a importância relativa de um determinado dano, no que se refere às condições gerais de estética, funcionalidade e segurança de um elemento estrutural. Para cada família de elementos, o Caderno de Inspeção apresenta planilhas com as possíveis manifestações de dano e os respectivos valores de F_p , numa escala de 0 a 10 (CASTRO, 1994).

Tabela 18- Família de elementos estruturais, danos e fatores de ponderação (Fp)

DANOS	FAMILIA DE ELEMENTOS (FP)			
	PILAR	VIGAS	LAJES	RESERV. INFERIOR
Desvio da geometria	8	-	-	
Recalque	10	-	-	
Infiltração na base	6	-	-	
Segregação	6	4	5	5
Eflorescência	5	5	3	7
Esfoliação	8	8	8	10
Desagregação	7	7	7	7
Sinais de esmagamento	10	-	-	-
Cobrimento deficiente	6	6	6	7
Manchas de corrosão	7	7	7	9
Fissuras	10	10	10	10
Carbonatação	7	7	7	7
Presença de Cloretos	10	10	10	10
Manchas	5	5	5	-
Flechas	-	10	10	-
Infiltração	-	6	6	-
Vazamentos	-	-	-	10
Permeabilidade	-	-	-	8

Fonte: (Castro 1994).

2.12.2.2 Fator de Intensidade do Dano

Fator de Intensidade do dano - é atribuído, a partir de vistorias, de acordo com a gravidade da manifestação em um elemento, classificando os danos em: sem lesões ($F_i = 0$), lesões leves ($F_i = 1$), lesões toleráveis ($F_i = 2$), lesões graves ($F_i = 3$) e estado crítico ($F_i = 4$) (KLEIN *et al*, 1991).

Segundo Rilem (1991), uma pontuação desse tipo pode ser muito subjetiva caso não seja seguida de uma detalhada classificação, onde se identifique o grau da seriedade das lesões e a sua progressão apresentado no Quadro 6.

TIPO DE DANOS	FATOR DE INTENSIDADE DO DANO- TIPOS DE MANIFESTAÇÃO
Segregação	1-superficial e pouca significativa em relação a dimensão da peça; 2- significativa em relação às dimensões da peça; 3- profunda em relação as dimensões da peça, com ampla exposição da armadura; 4- perda relevante da seção da peça.
Eflorescência	1- Início de manifestação; 2-Manchas de pequenas dimensões; 3-Manchas acentuadas em grandes extensões.
Esfoliação	2-pequenas escamações do concreto; 3-lascamento, de grandes proporções, com exposição das armaduras; 4-lascamento acentuado com perda relevante da seção.
Desagregação	2- início da manifestação; 3- manifestação leve; 4- por perda acentuada da seção e esfarelamento do concreto.
Cobrimento	1-menores que os previstos em normas sem, permitir a localização da armadura; 2- menor que o previsto em norma, permitindo a localização da armadura ou armaduras expostas em pequenas extensões. 3- deficientes com armaduras expostas em extensões significativas.
Manchas de corrosão/corrosão da armadura	2-manifestações leves; 3-grandes manchas e/ou fissuras de corrosão; 4- corrosão acentuada da armadura principal, com perda relevantes de seção.
Flechas	1-não perceptíveis a olho nu; 2- perceptíveis a olho nu, dentro dos limites previsto em normas; 3- superiores até 40% às previstas em normas; 4- excessivas.
Recalques	2-indícios, pelas características de trincas na alvenaria; 3- recalque estabilizado com fissura em peças estruturais; 4- recalque não estabilizado com fissura em peças estruturais;
Fissuras	1-aberturas menores do que às previstas em normas; 2-aberturas até 40% acima dos limites de normas; 3- aberturas excessivas; estabilizadas; 4- aberturas excessivas; não estabilizadas.
Carbonatação	1-localizada, com algumas regiões com $\text{Ph} < 9$, sem atingir a armadura; 2- localizada, atingindo a armadura, em ambiente seco; 3- localizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido; 4- generalizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido.
Infiltração	1-indícios de umidade; 2- pequenas manchas; 3- grandes manchas; 4- generalizada.
Presença de cloretos	2- em elementos no interior sem umidade; 3- em elementos no exterior sem umidade; 4- em ambientes úmidos.

Tipo de danos	Fator de intensidade do dano- tipos de manifestação (continuação)
Manchas	2- manchas escuras de pouca extensão, porém significativas; 3- manchas escuras em todo elemento estrutural.
Sinais de Esmagamento	3- desintegração do concreto no extremidade superior do pilar, causada por sobrecarga ou movimentação da superestrutura; fissuras diagonais isoladas; 4- fissuras de cisalhamento bidiagonais, com extenso lascamento (esmagamento) do concreto devido ao cisalhamento e a compressão, com perda substancial de seção, deformação residual aparente; exposição e início de flambagem de barras da armadura.
Desvio de geometria	2-pilares e cortinas com excentricidades $\Sigma h/100$ (h- altura); 3-pilares e cortinas com excentricidades $\Sigma h/100$.
Infiltração na base	3- índices de nível de lençol freático acima do nível das estruturas de fundação que podem comprometer as fundações; 4- vazamentos em tubulações enterradas causando erosão aparente junto às fundações.
Junta de dilatação obstruída	2- perda de elasticidade do material da junta; 3- presença de material não compressível na junta.
Fissuras vizinhas as juntas de dilatação	2- lajes com início de fissuras adjacentes às juntas; 3- grande incidência de lajes com fissuras adjacentes às juntas; 4- idem, com prolongamento das fissuras em vigas e/ou pilares de suporte.
Deslocamento por Empuxo	3- deslocamento lateral no sentido horizontal, com excentricidade porém estável; 4- deslocamento lateral no sentido horizontal, instável.

Quadro 6-Classificação dos danos e fatores de intensidade

Fonte: (RILEM, 1991) (adaptado 2015)

2.12.2.3 Grau de Dano (D)

Grau de Dano - em um elemento é calculado utilizando os valores adequados do fator de ponderação ($0 \leq F_p \leq 10$) e o fator de intensidade ($0 \leq F_i \leq 4$), tem por objetivo quantificar a manifestação de cada dano no elemento (TUTTI, 1982).

Segundo Boldo (2002), o cálculo do grau de um dano, para o fator $F_p = 10$ (máximo). As fases “iniciação” e “propagação” do dano são representadas nas abcissas, numa escala de 0 a 4, segundo o fator de intensidade (F_i), adotando-se como abcissa de mudança de fase, o valor 2,5, intermediário entre o fator 2,0, indicativo de lesões toleráveis, e o fator 3,0, de lesões graves. O gráfico estabelece um limite máximo $D = 100$ para o grau de dano correspondente a $F_i=4,0$, estado crítico de uma manifestação, conforme a (Figura 16).

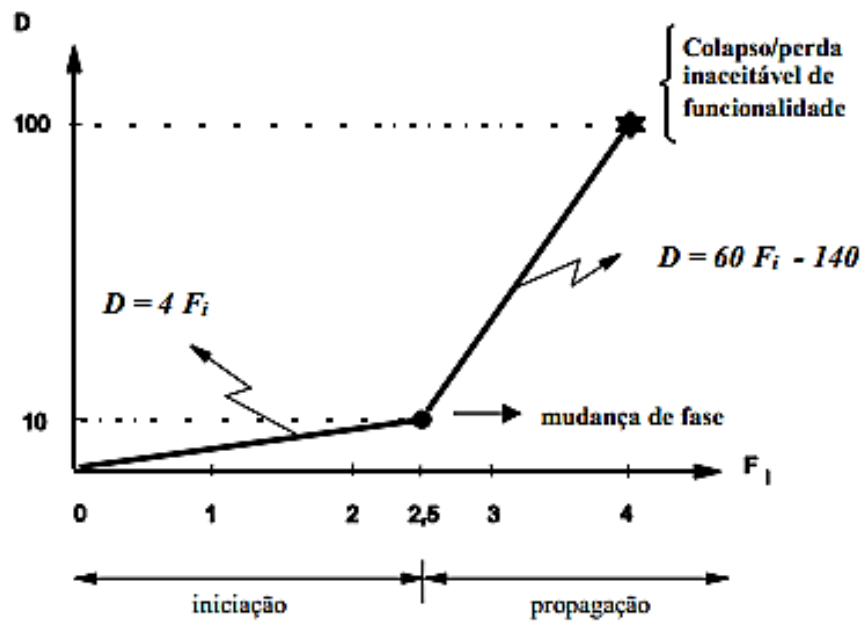


Figura 16 - Grau do dano (D) x Fator de intensidade do dano (Fi)
Fonte:(Castro,1994).

Segundo Castro (1994), o grau do dano na situação mais desfavorável ($F_p=10$) pode ser expresso por:

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

$$D = 60F_i - 140 \quad \text{para } F_i \geq 3,0 \quad \text{Equação 3}$$

E para os fatores de ponderação inferiores ao máximo ($F_p < 10$), obtém-se o grau de dano, multiplicados as equações (2) e (3) pela razão $F_p/10$, resultando nas seguintes expressões:

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

$$D = (6F_i - 14) * F_p \quad \text{para } F_i \geq 3,0 \quad \text{Equação 5}$$

Conforme Boldo (2002), o grau de degradação de um componente estrutural (Gde) é verificado em função dos graus de dano D das inúmeras manifestações detectadas no componente. Designado como (m) o número de danos no elemento e D_i o grau do dano de ordem (i), definir-se o grau de deterioração segundo uma das seguintes expressões:

$$D = D_{m\acute{a}x} \quad \text{para } m \leq 2,0 \quad \text{Equação 6}$$

$$Gde = Dmáx + \frac{\sum_{i=1}^{m-1} D(i)}{m-1} \quad \text{Para } m > 2,0 \quad \text{Equação 7}$$

Castro (1994), justifica essa formulação, argumentando que em um elemento com dois danos devem utilizar-se o maior, não fazendo nenhum sentido adotar qualquer tipo de média que resultasse inferior ao maior grau de dano ou, de outra forma, somar os graus de dano, pois, em qualquer dos casos poder-se-ia ter uma ideia equivocada da situação do elemento. No caso em que o número de danos é maior que 2, o grau de deterioração do elemento é obtido somando-se o dano máximo com a média aritmética dos demais danos.

A Quadro 7 apresenta as medidas a serem tomadas para os elementos isolados, em função do grau de deterioração, G_{de} .

Nível de deterioração	G_{de}	Ações a serem adotadas
Baixo	0-15	Estado aceitável
Médio	15-50	Observação periódica e intervenção em médio prazo
Alto	50-80	Observação periódica minuciosa e intervenção em curto prazo
Crítico	>80	Intervenção imediata para restabelecer funcionalidade e/ou segurança

Quadro 7 - classificação do nível de deterioração do elemento
Fonte: Castro (1994).

2.12.4 Grau de deterioração de uma Família

Segundo Castro (1994), o grau de deterioração de uma família (G_{df}) é determinada como sendo uma média aritmética dos graus de deterioração dos elementos estruturais com danos significativos, de modo a colocar em evidencia os elementos estruturais em pior circunstância de deterioração. Os danos expressivos foram caracterizados assumindo a hipótese que nas matrizes das diferentes famílias de elementos, houvesse a ocorrência de todos os danos possíveis com um fator de intensidade $F_i = 2,5$, valor hipotético que corresponde a mudança de fase de iniciação para a de propagação do dano, que resultou de todos os cálculos um valor aproximadamente constante, superior a $G_{de} \geq 15$:

$$Gdf = \left[\sum_{i=1}^n \frac{Gde(i)}{n} \right] \quad \text{Equação 8}$$

2.12.5 Grau de Deterioração da Estrutura

Segundo Klein et al. (1991), o grau de deterioração da estrutura (G_d) é resultado dos diferentes graus de deterioração das diferentes famílias do elemento estrutural da edificação, afetados diferentes fatores de relevância estrutural (Fr) com a seguinte escala para as diversas famílias:

- Elementos de composição arquitetônica: $Fr = 1,0$
- Reservatório superior: $Fr = 2,0$
- Escadas/rampas, reservatório inferior, cortinas, lajes secundárias: $Fr = 3,0$
- Lajes, fundações, vigas secundárias, pilares secundários: $Fr = 4,0$
- Vigas e Pilares principais: $Fr = 5,0$

Denominado de “k” todas as famílias de elementos que compõem uma estrutura tem-se:

$$Gd = (\sum_{i=1}^k Fr(i). Gdf(i)) / \sum_{i=1}^k Fr(i) \quad \text{Equação 9}$$

Sendo:

K= número de família de elementos

Fr= fator de relevância estrutural de cada família

Gdf= grau de deterioração da família

A estrutura pode ser classificada de acordo com G_d encontrado conforme o Quadro 8.

Nível de deterioração	GD	MEDIDAS A SEREM ADOTADAS
Baixo	0 a 15	Estado aceitável
Médio	15 a 40	Observação periódica, e necessidade de intervenção a médio prazo
Alto	40 a 60	Observação periódica minuciosa e necessidade de intervenção em curto prazo
Limite	> 60	Necessidade de intervenção imediata para restabelecer funcionalidade e/ou segurança

Quadro 8- classificação dos níveis de deterioração da estrutura

Fonte: Klein et al. (1991).

3 OBJETIVO

A. OBJETIVO GERAL

Avaliar a vida útil da estrutura da ponte construída sobre o Rio Tocantins em Porto Nacional – TO, estrutura construída em concreto armado na década de 70, com base em metodologias física e determinista (fatorial).

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Planejar um resgate histórico de informações técnicas a respeito da obra de arte avaliada;
- Identificar e mapear as patologias da ponte sobre o Rio Tocantins em Porto Nacional – TO;
- Determinar o grau de deterioração dos elementos da família da estrutura;
- Determinar valores da vida útil da ponte em condições atuais e comparar o que foi estimado em projeto com base na norma do ano que foi planejada.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Escolheu-se a obra de arte especial (ponte) que passa sobre o Rio Tocantins, em Porto Nacional TO, construída na década de 70. Situada na TO-255, a passagem de veículos está limitada ao uso. A FIGURA 17 apresenta a sua localização.

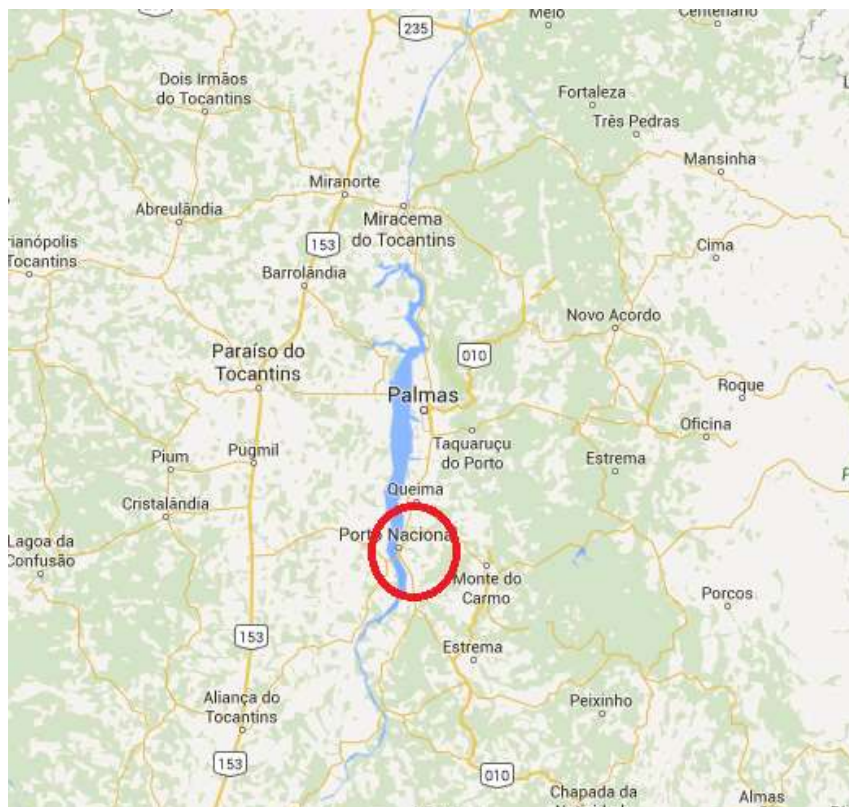


FIGURA 17 - Marcação de Porto Nacional
Fonte: Google maps (2015).

A metodologia para escolha de estudo do caso, foi a preocupação social no uso diário estrutura antiga, em função das suas patologias estarem facilmente visíveis. A localização da obra em estudo situa-se na FIGURA 18 e Figura 19.



FIGURA 18 - Marcação da ponte do Rio Tocantins em Porto Nacional-TO
Fonte: Google maps (2015)



Figura 19- Vista frontal da Ponte Sobre o Rio Tocantins
Fonte: Google maps (2015)

A metodologia aplicada para elaboração da pesquisa sob forma de fluxograma é representado na FIGURA 20.

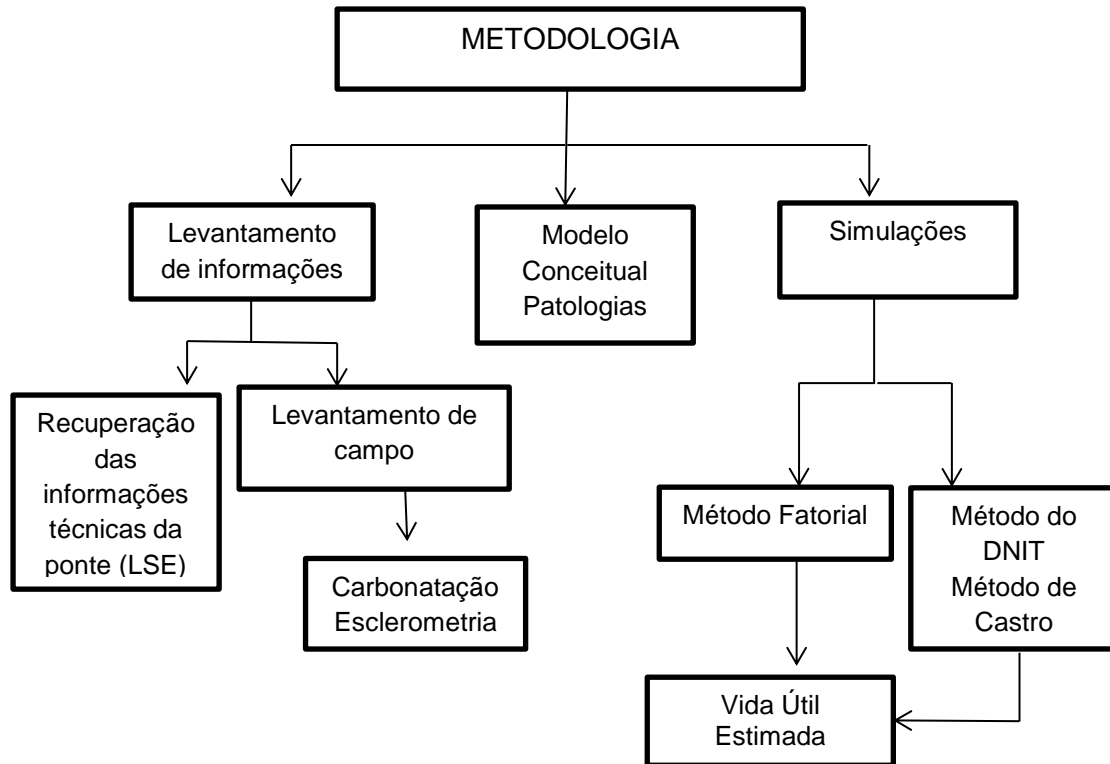


FIGURA 20 - Fluxograma da metodologia
Fonte: Elaboração própria (2015)

4.1 LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES

O levantamento das informações foi realizado em duas etapas distintas. A primeira etapa denominada Anamnese, tem por objeto identificar todas as informações técnicas relacionadas a estrutura da Ponte, utilizando-se de informações de relatórios técnicos realizados por diferentes órgãos governamentais.

A segunda etapa constituída pelas vistorias preliminares e detalhadas realizadas na ponte durante o segundo semestre de 2015

4.2 MODELO DA PATOLOGIA

Na visita de campo foram analisadas as principais patologias encontradas na OAE, dividindo segundo os elementos estruturais tabuleiro, longarinas, transversinas e pilares.

4.3 SIMULAÇÕES

As simulações consiste na integração de dados entre o método fatorial, método do DNIT e o Método de Castro, para consolidar a vida útil estimada para o sistema estrutural e desempenho da ponte.

4.4 METODOLOGIA PARA DETERMINAR VIDA ÚTIL

Serão aplicados três métodos para a verificação da vida útil e desempenho da estrutura da ponte, sendo elas, método do DNIT baseado na Norma DNIT 010/2004 – Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – procedimento, Método de Castro (1994) e o Método determinista fatorial.

4.4.1 Método DNIT

A norma do DNIT 010/2004 – PRO – Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento, tem objetivo estabelecer normas fixas as condições exigíveis para as inspeções de pontes, e viadutos de concreto armado ou protendido, presente em estradas de rodagem. Trabalhado com a associação de outras normas vigentes, como a NBR 6118/2014 de projetos e execução de obras de concreto armado e outras normas, a norma do DNIT define e detalha a inspeção.

Para inspeção técnica a norma exige qualificação ao inspetores, onde será sempre um Engenheiro Diplomado no CREA; dependendo das responsabilidades quem lhe serão atribuídas, deverão ser comprovadas. E quanto a qualificação de auxiliares técnicos para a vistoria pede-se ter curso de segundo grau completo, bom nível de inteligência e vivacidade, boas condições físicas na necessidade de subir e descer em estruturas altas, respeitando as normas de segurança do trabalho, habilidade de ler projeto estrutural, bom conhecimento do manual de inspeção de pontes.

De conduzir à inspeção de uma ponte de forma organizada e sistemática, a favor de garantir que todo o elemento estrutural seja inspecionado. Para arquivos fotográficos ou imagens digitalizadas a norma pede um mínimo de seis fotos deve registrar vista superior, vista inferior, vista lateral e detalhes de apoios, articulações, juntas, etc. Elementos estruturais com defeitos devem ser cuidadosamente

examinados e registrados para permitir avaliar suas causas. Observa-se durante a passagem de cargas pesadas, para verificar presença de vibrações ou deformações excessivas.

Nas inspeções Cadastral e Rotineira registra seus resultados em fichas específicas, cujos modelos constam na norma DNIT/2004 e nos Anexos deste trabalho juntamente com as instruções para atribuição de notas de avaliação aos elementos de uma ponte.

4.4.2 Metodologia Por método Determinístico – Fatorial

Os métodos fatoriais provem da multiplicação da vida útil de referência e uma série de fatores modificadores com aspectos determinantes diferentes para a durabilidade, por exemplo, qualidade do produto de construção, nível de qualidade do projeto, nível de qualidade da execução, característica do uso e entre outros.

A norma ISSO 15686 – 8/2008 fornece um método sistemático sobre como encontrar a vida útil de referência e a vida útil estimada da construção. Os responsáveis por norma a fornecer as informações sobre Vida útil de referência (VUR) são:

- Construtores de edifícios e fabricantes de produtos ou materiais de construção;
- Laboratórios;
- Organizações de aprovação técnica e corporações de avaliações;
- Entre outros fornecedores de dados descritos na (ISO 15686-8, 2008)

Os fatores modificadores são divididos em 7 classificando de A-G, cada com suas respectivas funções.

- Fator A – Qualidade do produto de construção
- Fator B – Nível de qualidade do projeto
- Fator C – Nível de qualidade da execução
- Fator D – Características do ambiente interior
- Fator E – Características do ambiente exterior
- Fator F – Características do uso
- Fator G – Nível de manutenção

4.4.3 Método de Castro

O método de Castro (1994), utilizados para classificar o grau de deterioração do elemento (Gde), grau de deterioração da família (Gdf) e grau de deterioração da estrutura (Gd), terá como finalidade determinar em que nível de deterioração se encontra os elementos, a família e a estrutura e indicar quais as ações a serem adotadas para garantir a segurança do tráfego sobre a ponte.

4.4.4 Ensaio de Esclerometria

A norma brasileira 7584/1995 – Concreto Endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de flexão – Método de Ensaio, rege o método de ensaio não destrutivo em que avalia a dureza superficial do concreto endurecido com uso do esclerômetro de reflexão. O ensaio é comum nas obras em período de execução, para avaliar a resistência do concreto cujo corpo de prova padrão não atingiu o resultado esperado, usado também em caso de estudos de obras antigas, avalia com o esclerômetro para resultar em uma noção da resistência concreto, possibilitando encontrar problema em determinada parte da estrutura.

O ensaio se inicia na escolha da estrutura a ser ensaiada, pode ser na vertical ou na horizontal, deve-se limpar a superfície e chegar ao concreto “vivo” para não ter presença de irregularidades e sujeiras. A norma exige no mínimo 9 impactos, no entanto, faz 16 quadros de 30cm na superfície de ensaio para aplicação dos golpes, mas diante a quantidade de impactos aproveita a metade e descarta aquelas cujo as medidas muito distantes da média

O esclerômetro funciona segundo a figura a seguir:

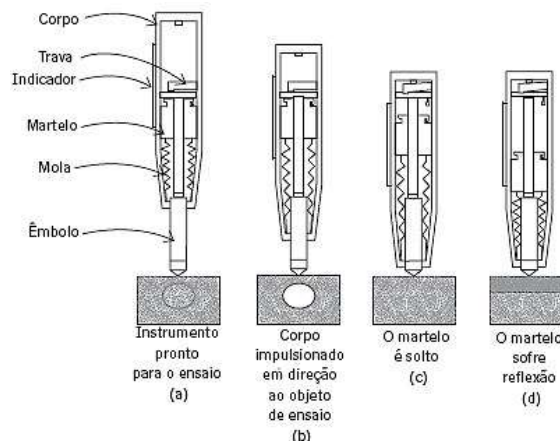


FIGURA 21 - Princípio do Rebound Schmidt Hammer
Fonte: MEHTA e MONTEIRO, (2008).

Deve-se corrigir, o valor médio do índice esclerométrico obtido de uma área de ensaio para um índice correspondente à posição horizontal. Os coeficientes de correção devem ser fornecidos pelo fabricante do esclerômetro.

O relatório de ensaio deve conter as seguintes informações:

- Modelo, marca tipo e número de fabricação de esclerômetro de flexão utilizados;
- Índices esclerométricos individuais da verificação do aparelho de cada área de ensaio, obtidos diretamente;
- Descrição ou, preferencialmente, croquis da estrutura e localização de cada área de ensaio;
- Coeficientes utilizados na correção de cada um dos índices esclerométricos, em função da posição do aparelho;
- Valor do índice esclerométrico médio (I_E) de cada área de ensaio;
- Coeficientes utilizados nas eventuais correções, em função de umidade, cura, idade, carbonatação, e outros;
- Valor do índice esclerométrico médio efetivo ($I_{E\alpha}$) de cada área de ensaio
- Todas as demais informações que os profissionais envolvidos no estudo considerem necessárias.

4.4.5 Ensaio de Carbonatação

O ensaio fenolftaleína é recomendado pelo RILEM 1988 – (Recommendation CPC 18). O procedimento do ensaio é simples e consiste em analisar a camada carbonatada do concreto.

O ensaio consiste em submeter uma superfície do concreto, recentemente exposta (fraturada) do concreto, com um indicador químico a base de fenolftaleína ou timolftaleína, e verificar a coloração da superfície do concreto. Em função da cor é possível analisar a frente de carbonatação, pois é possível estimar o pH do concreto. Quando a superfície do concreto é submetida ao indicador químico a base de fenolftaleína a cor violeta representa um concreto com PH superior a 13 (alcalino), e a superfície sem coloração é a superfície carbonatada com pH inferior a 9.

4.5 MATERIAIS

- Paquímetro universal analógico 200
- Esclerômetro analógico biogarnas – Solopac Geotecnologia Rodovia
- Fenolftaleína 100 gramas composto $C_{20}H_{14}O_4$
- Luvas plásticas
- Régua metálica e Trena
- Lápis de Marcação grosso
- Lápis de Marcação fino
- Conjunto de Esquadros
- Máquina Fotográfica com boa resolução
- Pranchetas
- Tabelas DNIT 2004
- Papel A4
- Marreta de 2kg
- Ponteira
- Corda para ancoragem do barco aos pilares (5m)
- Barco para acesso aos pilares

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apresenta-se a seguir os resultados obtidos durante a investigação de campo realizado para este trabalho. O mesmo foi dividido em duas etapas distintas.

5.1 ANAMINESE

As informações apresentadas a seguir foram obtidas através dos relatórios técnicos realizados em 2003 e 2010 pela LSE.

5.1.1 Características Geométricas

De acordo com o contrato da LSE/ DERTINS N° 196/2010 (Diagnóstico para Recuperação Estrutural da Ponte Sobre o Rio Tocantins em Porto Nacional -TO), a Ponte sobre o Rio Tocantins construída em 1978, possui:

- Uma pista com faixa simples para os dois sentidos entre Porto Nacional e Pinheirópolis;
- As dimensões do tabuleiro são de 900 m de comprimento e 13,40 m de largura. O tabuleiro está apoiado em 9 pilares, distantes entre si de 97,80 m, e em dois encontros distantes dos pilares adjacentes de 58,80 m (Figura 22). A superestrutura é formada por caixões, com seção unicelular variável, e grelhas (Figura 23);
- As grelhas são apoiadas em dois dentes Gerber nas extremidades dos caixões;
- A estrutura do encontro é um pórtico formado por dois tubulões de um metro de diâmetro e uma viga travessa de seção transversal retangular de 1,2 m x 1 m;
- Os pilares estão fixados em um bloco de fundação de 10,6m x 8m de base corando cinco tubulões de 1,6 m de diâmetro.

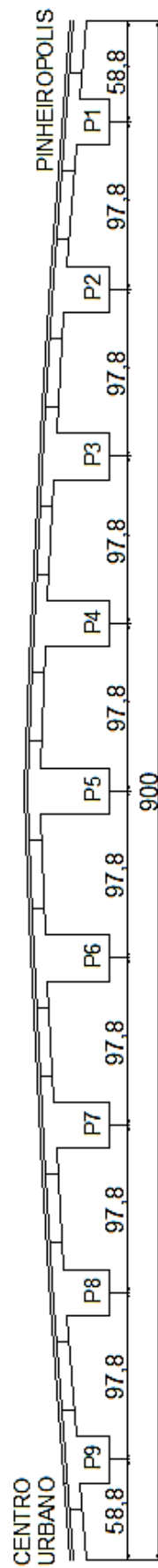


Figura 22- vista lateral do ponte
 Fonte: Arquivo Próprio (2015).

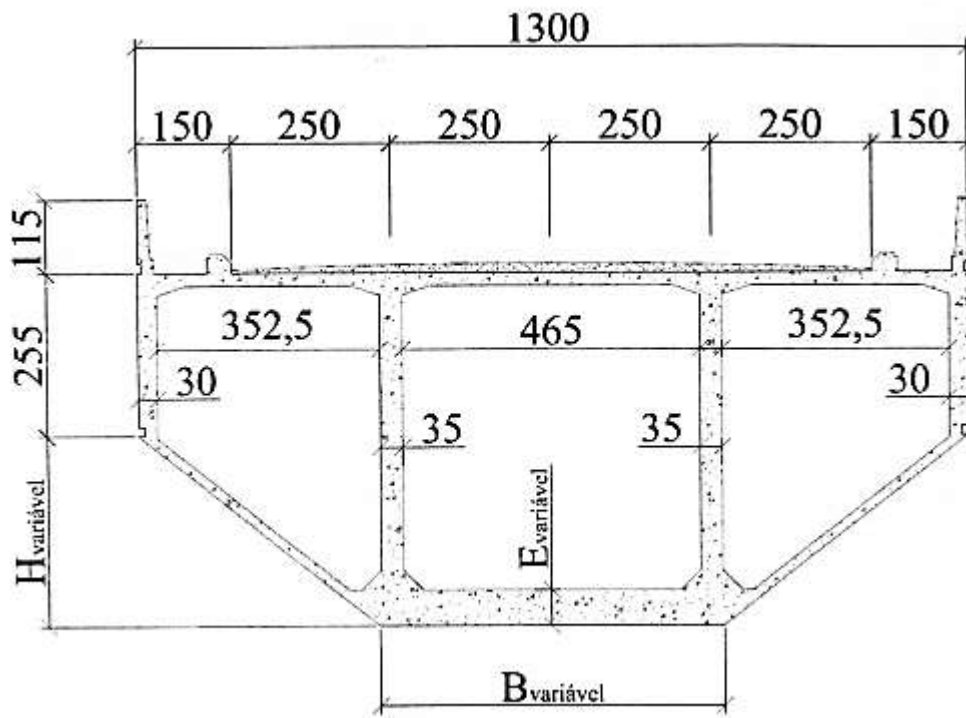


Figura 23- Seção Transversal da seção caixa
Fonte: LSE, (2010).

5.1.2 Vistoria de Campo

5.1.2.1 Caixaão

As vistorias de campos realizada, identificaram ocorrência de fissuras com aberturas de até 1,5mm, superando o limite recomendado pela NBR-6118/2014, que é 0,4mm para a classe de agressividade 1, além de armaduras expostas em todos os caixaões vistoriados devido a reação álcalis-agregados.

5.1.2.2 Pilares

Os principais danos observados nos pilares, bloco de fundações e tubulões na vistoria realizada pela foram fissuras verticais nos pilares, fissuras nos blocos de fundações e nas bases dos pilares, armadura expostas nos blocos, fissuras nos tubulões e nas interfaces com os blocos, redução as seção transversal do tubulão do apoio 6 e armadura exposta no tubulão (Figura 24 e Figura 25).

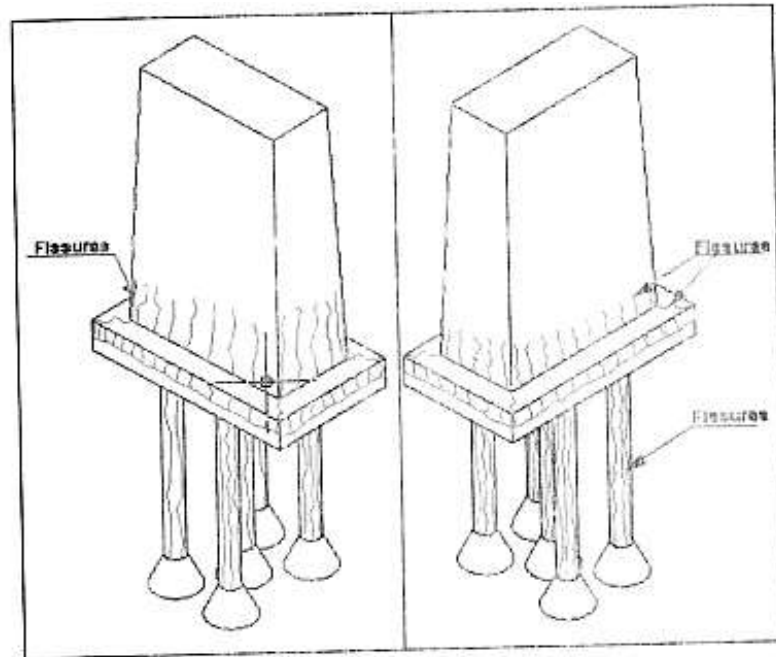


Figura 24- danos observados os elementos submersos da estrutura, pilares, bloco de fundações e tubulões.
Fonte: LSE, (2010).

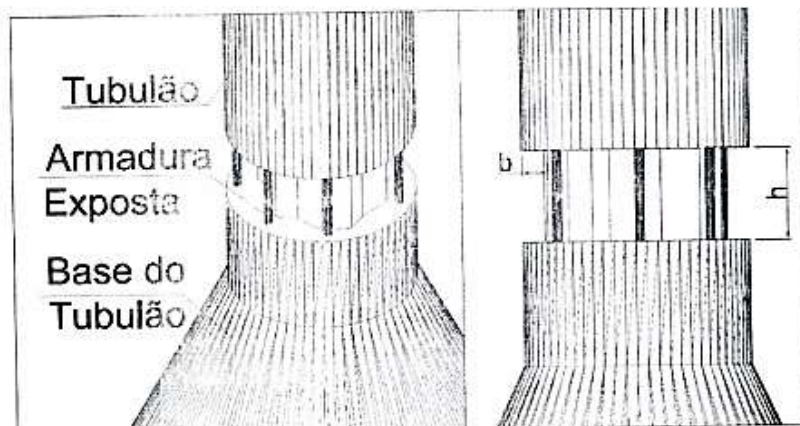


Figura 25- Redução da seção transversal e armadura exposta observadas no tubulão no apoio 6.
Fonte: LSE, (2010).

Os danos mais preocupantes da ponte, é a redução da seção transversal do tubulão do apoio 6 (B, H) demonstrada na Figura 25 com a exposição da armadura que antecede a base demonstrada no Quadro 9.

	2010
B	De 17cm a 22 cm
H	De 25cm a 40 cm

Quadro 9-Medidas da seção reduzida na extremidade do tubulão do apoio 6
Fonte: LSE, (2010) (adaptado 2015).

5.1.3 Caracterização dos Elementos Estruturais de Concreto

A LSE, assumiu o Módulo de elasticidade com o valor de $E_{cs} = 23,8 \text{ GPa}$, correspondente a um $f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$ (Especificado pelo projetista para a estrutura da ponte). O valor do módulo de elasticidade foi calculado considerando a expressão da NBR-6118/2007 (Equação 10).

$$E_{cs} = 0,85 * 5600 * f_{ck}^{\frac{1}{2}} \quad \text{Equação 10}$$

Foram extraídos 18 corpos de provas os quais foram ensaiados apenas 12 corpos de provas devido à dificuldade de conseguirem amostras integra do concreto. Desses 12 corpos de provas foram extraídos três dos pilares, oito das seções dos caixões, e 1 do coroamento do bloco submerso. O Quadro 10 apresenta uma síntese dos resultados relacionados aos ensaios de caracterização mecânica do concreto.

Variável	Valor de referência	Valor medido	
Pilares			
Módulo de elasticidade do concreto E_c (Gpa)	23,8	19,51	0,82
Ruptura a compressão do concreto F_{ck} (Mpa)	25	21,86	0,87
Seção Celular			
Módulo de elasticidade do concreto E_c (Gpa)	23,8	10,36	0,44
Ruptura a compressão do concreto F_{ck} (Mpa)	25	25,79	1,03
Bloco de Fundação -Submerso			
Módulo de elasticidade do concreto E_c (Gpa)	18,44	27,36	1,48
Ruptura a compressão do concreto F_{ck} (Mpa)	15	7,56	0,50

Quadro 10- Resistência e Deformabilidade das amostras de concreto (resumo)
Fonte: LSE, (2010).

Como observado no Quadro 10 os valores dos módulos de elasticidade e de ruptura a compressão das amostras extraídas dos pilares, balanços e dos blocos

são inferiores à aqueles especificados no projeto da ponte, e deve-se principalmente às reações químicas em curso na estrutura, reação álcali-agregado.

5.1.4 Monitoramento Geométrico

Foram realizados monitoramento dos greides (cotas) em diferentes pontos da ponte nas proximidades do guarda-rodas do lado interno da pista de rolamento. A Figura 26 apresenta a localização dos pontos de controle.

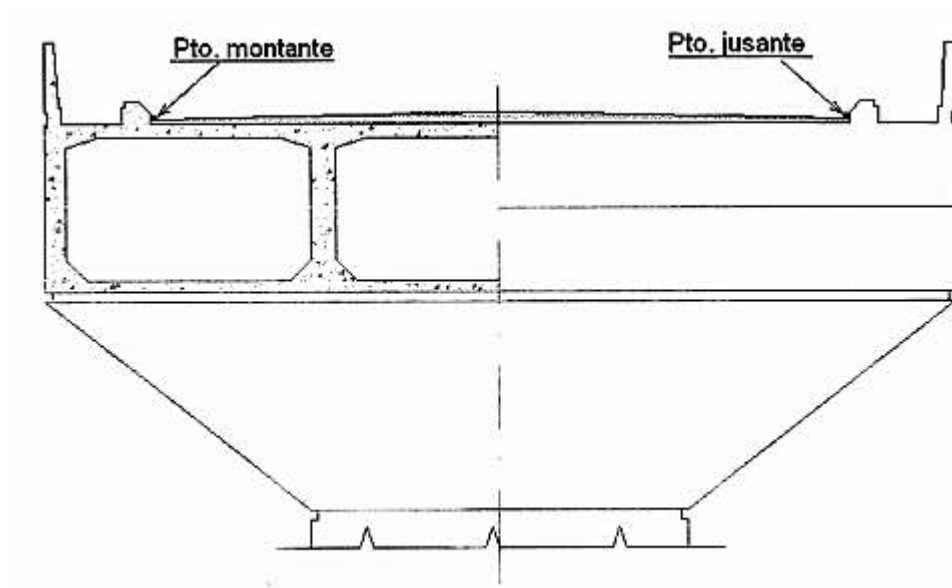


Figura 26- Localização dos Pontos no tabuleiro da ponte para levantamento geométrico
Fonte: LSE (2010)

Os resultados do levantamento geométrico e apresentado na Figura 27. Tomou-se como referência a primeira junta da ponte de entrada da Cidade de Porto Nacional. Os maiores pontos de deslocamentos na jusante do tabuleiro foram nos pilares P7 e P8, todos para baixo, enquanto para os deslocamentos de montante ocorreram maiores deslocamentos nos pilares P2 e P5.

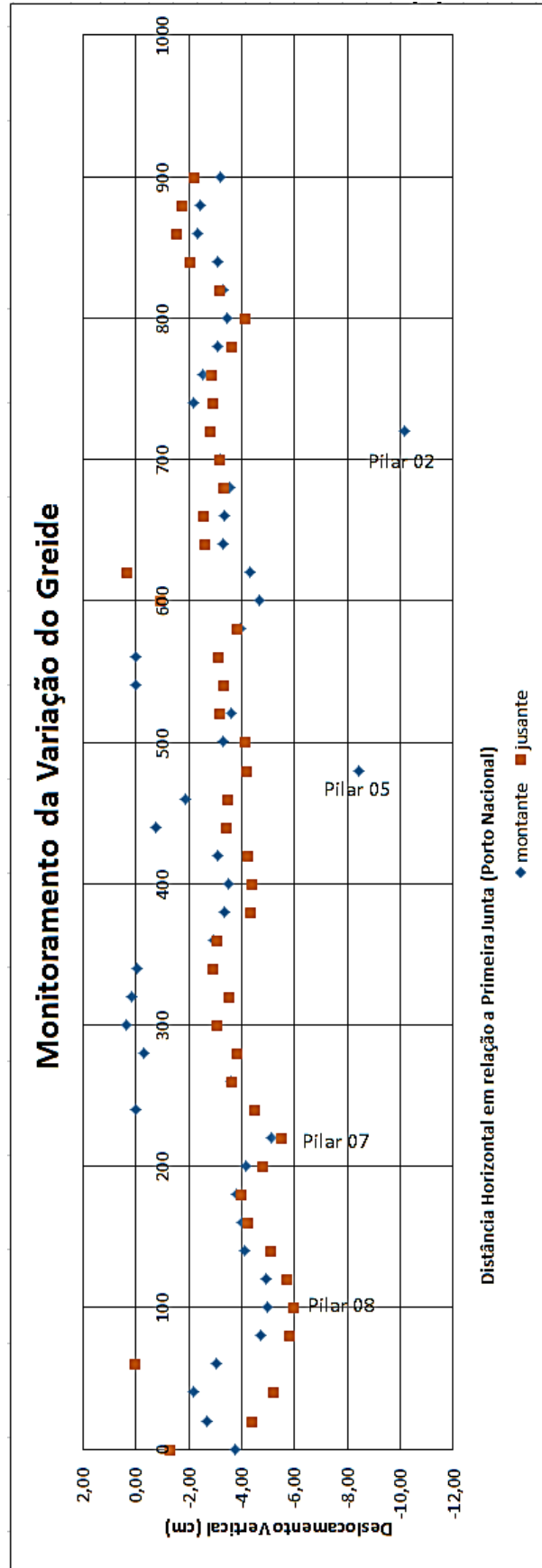


Figura 27- Deslocamentos medidos no greide entre 2003 e 2010.
 Fonte: Arquivo Próprio (2015).

Observa-se que ocorreu um rebaixamento global no greide da ponte entre 2003 e 2010, mais intenso do lado jusante (média 3,5 cm) do que do lado montante (média 3,2 cm).

Para avaliar os deslocamentos ocorridos somente nas extremidades dos balanços, foram analisadas as diferenças de cotas medidas nas juntas dos dentes gerber (extremidades dos balanços, A e B mostrados na Figura 28) e as cotas medidas acima dos respectivos pilares.

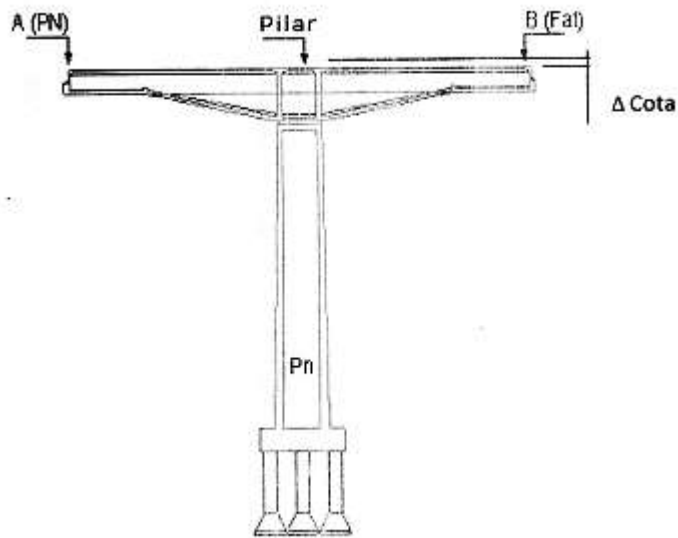


Figura 28 - cotas adotadas para avaliar deslocamentos dos balanços
Fonte: LSE, (2010)

O resumo dos deslocamentos ocorridos nos balanços da ponte da montante, calculado pela diferença entre as cotas medidas em 2010 e 2003 é demonstrado no Quadro 11.

	Distância em relação a junta de entrada Porto Nacional (m)	Cota medida em 2003	Cota medida em 2010	$\Delta 2010 - \Delta 2003$ (cm)	Status	Tendência de movimento
	30,3	201,1	201,11	1,10	Cima	
P1	58,8	202,2	202,2	0,00		Rotação
	87,5	203,18	203,14	-4,80	Baixo	
	128	204,84	204,83	-1,10	Baixo	
P2	156,6	206,16	206,16	0,00		desloc p/ baixo
	185,3	207	206,18			
	225,8	207,56	207,53	-2,30	Baixo	
P3	254,4	207,72	207,72	0,00		Rotação
	283,3	207,65	207,68	3,55	Cima	
	323,8	207,61	207,64	2,73	Cima	
P4	352,2	207,74	207,74	0,00		desloc p/ cima
	381,1	207,71	207,7	-0,80	Estável	
	421,6	207,66	207,65	-1,40	Baixo	
P5	450	207,73	207,73	0,00		desloc p/ baixo
	478,9	207,73	207,67	-5,80	Baixo	
	519,3	207,63	207,67	3,40	Cima	
P6	547,8	207,75	207,75	0,00		desloc p/ cima
	576,9	207,67	207,72	4,45	Cima	
	617,3	207,65	207,64	-1,35	Baixo	
P7	645,6	207,81	207,81	0,00		desloc p/ baixo
	674,6	207,77	207,76	-0,65	Estável	
	715,1	207,41	207,34	-7,05	Baixo	
P8	743,4	205,78	205,78	0,00		desloc p/ baixo
	772,4	205,2	205,19	-0,65	Estável	
	812,9	203,39	203,38	-1,28	Baixo	
P9	841,2	201,55	201,55	0,00		desloc p/ baixo
	870,1	201,12	201,12	-0,22	Estável	

Quadro 11- Deslocamentos dos balanços ocorridos entre 2003 e 2010, perfil montante.

Fonte: LSE, (2010).

O resumo dos deslocamentos ocorridos nos balanços da ponte da jusante é calculado pela diferença entre as cotas medidas em 2010 e 2003 é demonstrada no Quadro 12.

	Distância em relação a junta de entrada Porto Nacional (m)	Cota medida em 2003	Cota medida em 2010	$\Delta 2010 - \Delta 2003$ (cm)	Status	Tendência de movimento
	30,3	201,11	201,13	2,12	Cima	
P1	58,8	202,238	202,24	0,00		Desloc p/ cima
	87,5	203,19	203,2	0,32	Estável	
	128	204,88	204,86	-1,65	Baixo	
P2	156,6	206,123	206,16	0,00		desloc p/ baixo
	185,3	206,99	207	0,40	Estável	
	225,8	207,56	207,53	-2,35	Baixo	
P3	254,4	207,704	207,7	0,00		desloc p/ baixo
	283,3	207,68	207,69	0,15	Estável	
	323,8	207,66	207,65	-0,75	Estável	
P4	352,2	207,776	207,78	0,00		desloc p/ baixo
	381,1	207,72	207,7	-1,25	Baixo	
	421,6	207,65	207,65	0,15	Estável	
P5	450	207,759	207,76	0,00		Estável
	478,9	207,69	207,69	-0,80	Estável	
	519,3	207,63	207,62	-1,05	Baixo	
P6	547,8	207,737	207,74	0,00		desloc p/ baixo
	576,9	207,7	207,69	-0,20	Estável	
	617,3	207,65	207,64	-0,73	Estável	
P7	645,6	207,769	207,77	0,00		Estável
	674,6	207,73	207,73	0,00	Estável	
	715,1	207,37	207,34	-2,15	Baixo	
P8	743,4	206,612	206,61	0,00		Rotação
	772,4	205,13	205,18	4,45	Cima	
	812,9	203,37	203,35	-1,95	Baixo	
P9	841,2	202,326	202,33	0,00		desloc p/ baixo
	870,1	201,12	201,12	0,50	Estável	

Quadro 12- Deslocamentos dos balanços ocorridos entre 2003 e 2010, perfil jusante

Fonte: LSE, (2010).

Analisando os Quadro 11 e Quadro 12, observa-se que houve na maioria dos balanços (70%), um deslocamento vertical para baixo. Em suas extremidades quando comparadas com as cotas de referência medidas em cima dos eixos dos pilares. Além disso, observou-se que houve aumento de danos durante as inspeções visuais quando comparadas com os danos encontrados em 2003. Essas evidências confirmam que houve redução na rigidez na superestrutura da ponte.

5.1.5 Estudo Petrográfico

O presente estudo tem por finalidade verificar e caracterizar petrograficamente aspectos indicativos de deterioração do concreto, especialmente da reação álcali-agregado.

Para a análise petrográfica foi executada uma lamina delgada, confeccionada da seguinte forma: primeiramente foi extraído da amostra um bloquete de dimensões centimétricas, impregnado a vácuo com resina e corante. Após a secagem em estufa (60°C, 24h), o mesmo foi lixado e colado em lamina de vidro e cortado novamente (espessura de ± 2 mm). Posteriormente o material foi desgastado e lixado até atingir a espessura de 30 μ m, sendo então coberto com lamina de vidro e achando-se pronto para estudo.

São apresentadas as características petrográficas resumidas das amostras (porcentagens estimadas dos constituintes de deterioração do concreto) Quadro 13.

Amostra/Lamina	Pasta (%)	Agregados (%)	Vazios (%)	Evidência de reações álcali- agregado
CP - 05 (10303)	10	80 a 85	5 a 10	Bolhas de ar preenchidas com gel.
CP - 06 (10304)	10 a 15	80	5 a 10	Microfissura preenchidas por gel, contornando ou atravessando grãos de agregados Bolhas de ar aprisionado, preenchidas por gel.
CP - 10 (10305)	10 a 15	80 a 85	5 a 10	Bolhas de ar aprisionado, preenchidas por gel; Raras bordas de reação no contato de agregado graúdo com a pasta.

Quadro 13 - Resultados da análise petrográfica.
Fonte: LSE (2003).

Foram observadas evidências de reação álcali-agregado nas três amostras analisadas, quais seja a presença de gel no interior de bolhas de ar aprisionado, presença de borda de reação entre pasta e o agregado e presença de gel preenchendo microfissuras.

Os aspectos decorrentes da deterioração do concreto observado acham-se relacionados à reação álcali-agregado. Os três tipos petrográficos utilizados como

agregado graúdo (seixo rolado, quartzito) são potencialmente reativos com os álcalis do cimento, visto que são compostos essencialmente por sílica, na forma de quartzo com granulometria fina (<0,15mm) ou mesmo como sílica criptocristalina (chert). A abundância de grãos de quartzo tensionado, com forte extinção ondulante ou mosaico também fornece a reação álcali- agregado.

5.1.6 Cenário do Carregamento Atual e o Considerado na Época de Projeto

A ponte sobre o rio Tocantins foi projetada considerando as cargas do trem-tipo classe 36, estando de acordo com o nível de solicitação e norma vigente da época. Porém, atualmente os veículos que trafegam pela ponte são de classe ao considerado aumentando assim o nível de solicitação dos elementos estruturais.

Na Tabela 19 será demonstrado os esforços fletores e cortantes causado pelo tráfego do trem-tipo (TB-36) e os esforços causados pelo trem-tipo (TB 45) e apresentar o acréscimo em porcentagem dos esforços do TB-45 em relação ao TB-36.

Tabela 19- Acréscimo de esforço em porcentagens do TB-45 em relação ao TB-36

	Carga permanente+TB-36		Carga permanente + TB-45		ACRESCIMO DE ESFORÇOS	
	Momento fletor (kn.m)	Força cortante (KN)	Momento fletor (kn.m)	Força cortante (KN)	MOMENTO FLETOR (%)	ESFORÇO CORTANTE (%)
S1f	-250308	14913,8	-265588,4	15647,3	6,1	4,9
S1p	-247126	-14854,5	-264547,5	-15722,9	7,0	5,8
S2f	-245702,7	14717,3	-250829,5	15449,1	2,1	5,0
S2p	-249144,3	-14832,4	-264330,2	-15561	6,1	4,9
S3f	-249043,6	14860,2	-264022,4	15589,7	6,0	4,9
S3p	-247278,6	-14806,9	-262286,1	-15536,6	6,1	4,9
S4f	-249640,1	14857,9	-264701,1	15598,1	6,0	5,0
S4p	-248857,5	-14855	-263843,9	-15584,2	6,0	4,9
S5f	-250230,5	14875,3	-265469,2	15606,5	6,1	4,9
S5p	-249586,2	-14849	-264752,6	-15578,3	6,1	4,9
S6f	-256824,7	14863,1	-272872	15605,2	6,2	5,0
S6p	-251597,5	-14862,9	-268903,8	-15698,1	6,9	5,6
S7f	-255647,8	14855	-271536,3	15590,5	6,2	5,0
S7p	-256310,3	-14860,1	-272257,2	-15591,2	6,2	4,9
S8f	-254603,1	14836,8	-269902,7	15565,7	6,0	4,9
S8p	-255047,5	-14854,4	-270830,3	-15593,6	6,2	5,0
S9f	-223945,1	13734,8	-236638,7	14388,2	5,7	4,8
S9p	-254207	-14895,3	-269203	-15627,9	5,9	4,9

Fonte: LSE (2010) (Adaptado 2015)

Diante os valores expostos na Tabela 19, conclui-se que o nível de solicitação considerando o cenário do carregamento atual da ponte não tem diferença significativa quando comparadas com as solicitações adotadas de projeto.

5.2 LEVANTAMENTO DE CAMPO

Para a complementação do trabalho foram realizadas vistorias na cabeceira da ponte, no tabuleiro e nos pilares com intuito de identificação das Patologias nas estruturas de concreto. Adicionalmente foram realizados ensaios de índice esclerométrico e carbonatação nos pilares.

Durante a inspeção foram utilizados dois métodos expeditos para verificação e qualificação das patologias. Os resultados deste trabalho será apresentado a seguir.

5.2.1 Método de Castro

O método de Castro (1994) foi aplicado na estrutura da ponte sobre o Rio Tocantins em Porto Nacional –TO, dividindo-a em famílias de elementos típicos: fundações, pilares, vigas e lajes com o objetivo de avaliar o grau de deterioração da família. Para cada família é definida uma planilha onde estão listadas as possíveis manifestações de danos como desvio de geometria, eflorescência, esfoliação, fissuração, etc. Cada elemento daquela família possui um fator de ponderação definido na tabela 18.

5.2.1.1 Tabuleiro

A Inspeção do tabuleiro da ponte foi executada por vistoria de campo. Dividindo o tabuleiro por trecho, de uma junta a outra, conforme na Figura 29.

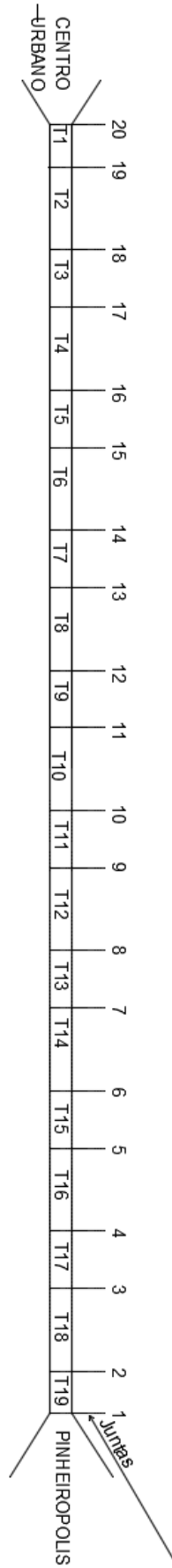


Figura 29- Disposição dos trechos do tabuleiro
Fonte: Arquivo próprio (2015).

Em cada trecho foi analisado a quantidade de trincas, fissuras e remendos. Os remendos foram executados com material asfáltico flexível e são provenientes dos buracos que existia no tabuleiro. O Quadro 14 representa a quantidade de remendos, fissuras e o comprimento de cada trecho.

PONTE SOBRE RIO TOCANTINS PORTO NACIONAL				
TRECHO	VÃOS ENTRE AS JUNTAS	Nº DE REMENDOS	Nº. DE FISSURAS E TRINCAS	COMPRIMENTO (M)
1	20 E 19	0	3	29,9
2	19 E 18	0	10	57,8
3	18 E 17	0	9	40
4	17 E 16	10	21	57,8
5	16 E 15	6	12	40
6	15 E 14	9	20	57,8
7	14 E 13	7	14	40
8	13 E 12	6	20	57,8
9	12 E 11	9	21	40
10	11 E 10	15	31	57,8
11	10 E 09	14	17	40
12	09 E 08	14	25	57,8
13	08 E 07	8	26	40
14	07 E 06	20	36	57,8
15	06 E 05	12	16	40
16	05 E 04	7	19	57,8
17	04 a 03	8	13	40
18	03 a 02	11	25	57,8
19	02 a 01	4	12	29,9
	SOMA	160	350	900

Quadro 14 - Numero de remendos, fissuras, trincas e comprimento de cada trecho.

Fonte: Arquivo próprio (2015).

Através da quantidade de fissuras e dimensões destas pode-se determinar o valor de F_i utilizando o Quadro 6.

Segue como exemplo a determinação do grau de deterioração do Trecho 1. Deve-se iniciar a determinação do nível de deterioração encontrando os valores do fator de ponderação, separado por família baseado na Tabela 18 e descrito no Quadro 15.

Trecho 1	
Local	
Danos	<i>Fp</i>
Carbonatação	7
Cobrimento deficiente	6
Contaminação por cloretos	10
Corrosão de armaduras	7
Desagregação	7
Eflorescência	3
Esfoliação	8
Fissuras	10
Flechas	10
Infiltração	6
Manchas	5
Segregação	5

Quadro 15 - Valor de ponderação.

Fonte: Arquivo próprio (2015).

Logo é possível determinar o valor de $Fi-1$, aplicando notas que variam de 1 a 4 presente no Quadro 6 deste trabalho. No caso do trecho 1 no tabuleiro, foi constatado apenas a presença de fissuras que de acordo com o quadro suas manifestações obteve nota 1, aberturas menores do que às previstas em normas, demonstrado no Quadro 16.

Trecho 1		
Local		
Danos	<i>Fp</i>	<i>Fi-1</i>
Carbonatação	7	
Cobrimento deficiente	6	
Contaminação por cloretos	10	
Corrosão de armaduras	7	
Desagregação	7	
Eflorescência	3	
Esfoliação	8	
Fissuras	10	1
Flechas	10	
Infiltração	6	
Manchas	5	
Segregação	5	

Quadro 16- Valor de ponderação e Fator de Intensidade.

Fonte: Arquivo próprio (2015).

O grau do dano (D) em um elemento é calculado a partir dos fatores de intensidades, $D = 4F_i$ para $F_i \leq 2,0$ ou $D = 60 F_i - 140$ para $F_i \geq 3,0$ para $F_p = 10$ e para $F_p < 10$ usado $D = 0,40F_i * f_p$ para $F_i \leq 2,0$ ou $D = (6 F_i - 14) * f_p$ para $F_i \geq 3,0$. No caso do trecho 1 segue o resultado no Quadro 17.

Local		Trecho 1	
Danos	<i>F_p</i>	<i>F_{i-1}</i>	<i>D-1</i>
Carbonatação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Contaminação por cloretos	10		
Corrosão de armaduras	7		
Desagregação	7		
Eflorescência	3		
Esfoliação	8		
Fissuras	10	1	4
Flechas	10		
Infiltração	6		
Manchas	5		
Segregação	5		

Quadro 17- Valor de ponderação, fator de Intensidade e grau de danos.
Fonte: Arquivo próprio (2015).

O grau de Deterioração de um elemento estrutural (Gde) é determinado em função dos graus de dano D das várias manifestações detectadas no elemento. Denomina-se m como o número de danos no elemento e D_i o grau do dano de ordem(i), portanto o grau de deterioração é encontrado segundo a equação 6 e equação 7. No trecho 1 existe apenas uma manifestação detectada sendo $m \leq 2,0$ então foi utilizado a equação $Gde = D_{m\acute{a}x}$. Resultando o valor do Quadro 18.

Local	Trecho 1		
	<i>Fp</i>	<i>Fi-1</i>	<i>D-1</i>
Carbonatação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Contaminação por cloretos	10		
Corrosão de armaduras	7		
Desagregação	7		
Eflorescência	3		
Esfoliação	8		
Fissuras	10	1	4
Flechas	10		
Infiltração	6		
Manchas	5		
Segregação	5		
		Gde	4

Quadro 18- Valor do grau de deterioração do elemento
 Fonte: Arquivo próprio (2015).

De acordo do valor do Gde encontrado para o Trecho 1, foi classificado como um nível baixo de deterioração, não há necessidade de fazer intervenção no respectivo trecho, pois a deterioração se encontra em estado aceitável.

O Quadro 19 demonstra a classificação do nível de deterioração dos trechos do tabuleiro em nível baixo, médio, alto e crítico. Para classificar o nível de deterioração analisa-se em que intervalo se encontra o valor de Gde no Quadro 7.

Tabuleiro				
Trecho	Gde	Nível de Deterioração	Fr	Fr x Gde
1	4	Baixo	4	16
2	8	Baixo	4	32
3	4	Baixo	4	16
4	40	Médio	4	160
5	8	Baixo	4	32
6	40	Médio	4	160
7	8	Baixo	4	32
8	40	Médio	4	160
9	40	Médio	4	160
10	40	Médio	4	400
11	8	Baixo	4	32
12	40	Médio	4	160
13	40	Médio	4	160
14	40	Médio	4	400
15	8	Baixo	4	32
16	8	Baixo	4	32
17	8	Baixo	4	32
18	40	Médio	4	160
19	40	Médio	4	160
Soma	584		76	2336
Gdf	30,73684		Gd	30,73684

Quadro 19- classificação dos trechos do tabuleiro

Fonte: Arquivo próprio (2015).

Foi executado todo esse processo em cada um dos 19 trechos da ponte, logo sendo possível calcular o grau de deterioração da família (Gdf) pela equação 8 e então determinar o Grau de deterioração da estrutura (Gd) pela equação 9.

O Quadro 8 classifica as medidas a serem adotadas de acordo com o valor de Gd encontrado baseado em Castro (1994), para o elemento estrutural tabuleiro, o nível de deterioração (Gd) é médio e a medida a ser adotada é de observação periódica e necessidade de intervenção a médio prazo.

5.2.1.2 Pilares

Para realizar as inspeções, os pilares foram nomeados de P1 a P9. A nomeação destes iniciou no logo de Pinheirópolis seguindo para o centro urbano de Porto Nacional, como demonstra a Figura 22.

Para os pilares foi possível encontrar o Grau de Deterioração do elemento estrutural (Gde), a partir dos danos analisados. Segue o exemplo da determinação do Gde no pilar P1.

De acordo com a Tabela 18 os fatores de ponderação para a família dos pilares são demonstrados no Quadro 20.

PILAR 1	
Local	
Danos	Fp
Desvio de geometria	8
Recalque	10
Infiltração na base	6
Segregação	6
Eflorescência	5
Esfoliação	8
Desagregação	7
Sinais de esmagamento	10
Cobrimento deficiente	6
Mancha de corrosão	7
Fissuras	10
Carbonatação	7
Presença de cloretos	10
Manchas	5

Quadro 20- Valor de ponderação.

Fonte: Arquivo próprio (2015).

O próximo passo é determinar o valor do fator de intensidade (Fi), representado no quadro 6, com notas variadas de 1 a 4. No caso do P1 foi encontrado mais de um tipo de dano, havendo a necessidade de verificar cada dano como demonstra o Quadro 21.

PILAR 1		
Local		
Danos	Fp	Fi-1
Desvio de geometria	8	
Recalque	10	
Infiltração na base	6	2
Segregação	6	
Eflorescência	5	
Esfoliação	8	
Desagregação	7	
Sinais de esmagamento	10	
Cobrimento deficiente	6	
Mancha de corrosão	7	
Fissuras	10	3
Carbonatação	7	1
Presença de cloretos	10	
Manchas	5	

Quadro 21- Valor de ponderação e fator de intensidade
Fonte: Arquivo próprio (2015).

O grau do dano (D) de um elemento é calculado a partir dos fatores de intensidades, $D = 4F_i$ para $F_i \leq 2,0$ ou $D = 60 F_i - 140$ para $F_i \geq 3,0$ para $F_p = 10$ e para $F_p < 10$ usado $D = 0,40 F_i * f_p$ para $F_i \leq 2,0$ ou $D = (6 F_i - 14) * f_p$ para $F_i \geq 3,0$. No caso do P1 segue o resultado no Quadro 22.

Local	PILAR 1		
	Fp	Fi-1	D-1
Danos			
Desvio de geometria	8		
Recalque	10		
Infiltração na base	6	2	4,8
Segregação	6		
Eflorescência	5		
Esfoliação	8		
Desagregação	7		
Sinais de esmagamento	10		
Cobrimento deficiente	6		
Mancha de corrosão	7		
Fissuras	10	3	40
Carbonatação	7	1	2,8
Presença de cloretos	10		
Manchas	5		

Quadro 22 - Valor grau de danos
Fonte: Arquivo próprio (2015).

O grau de Deterioração de um elemento estrutural (Gde) é determinado em função dos graus de dano (D) das várias manifestações detectadas no elemento. Denomina-se (m) como o número de danos no elemento e Di o grau do dano de ordem (i), portanto o grau de deterioração é encontrado segundo a equação 6 ou equação 7. No P1 há 3 danos identificados no elemento, portanto utiliza-se a equação 7.

Local	PILAR 1		
	<i>Fp</i>	<i>Fi-1</i>	<i>D-1</i>
Danos			
Desvio de geometria	8		
Recalque	10		
Infiltração na base	6	2	4,8
Segregação	6		
Eflorescência	5		
Esfoliação	8		
Desagregação	7		
Sinais de esmagamento	10		
Cobrimento deficiente	6		
Mancha de corrosão	7		
Fissuras	10	3	40
Carbonatação	7	1	2,8
Presença de cloretos	10		
Manchas	5		
Grau de deterioração do elemento		Gde	43,8

Quadro 23 - Valor grau de deterioração do elemento
Fonte: Arquivo próprio (2015).

De acordo com o resultado encontrado e a classificação que é apresentada no Quadro 7, a classificação do nível de deterioração do elemento (Gde) é médio com ações serem adotadas de observação periódica e intervenção a médio prazo.

Foi executado todo esse processo em cada pilar da ponte do P1 ao P9, logo sendo possível calcular o grau de deterioração da família (Gdf) do elemento pela equação 8 e então o determinar o Grau de deterioração da estrutura (Gd) pela equação 9 como demonstra o Quadro 24.

Pilar	Gde
P1	43,8
P2	43,8
P3	44,7
P4	49,5
P5	44,7
P6	49,5
P7	43,5
P8	44,7
P9	44,7
Gdf	45,42

Quadro 24- Valor grau de deterioração da família
Fonte: Arquivo próprio (2015).

De acordo com a equação 9, o valor do grau de deterioração de família (Gdf) é de 45,42, portanto o quadro 8 classifica o valor de Gdf em nível de deterioração alto, as ações a serem tomadas são observação periódica minuciosa e intervenção a curto prazo.

5.2.2 Método do DNIT

A inspeção pelo método do DNIT(2004), foi realizada no laje, com necessidade de verificar anomalias no concreto, tais como fissuras, trincas, deslocamentos, desagregação, infiltrações e eflorescência. Verificar e anotar a existência de cobrimento deficientes, de armadura exposta e armaduras corroídas.

A pista de rolamento foi inspecionada com objetivo de verificar se proporciona um tráfego fluente e seguro, se está íntegra ou incompleta, desgastada e trincada.

O tabuleiro da ponte sobre o Rio Tocantins foi dividida em 19 trechos, representado na Figura 29- Disposição dos trechos do tabuleiro) para melhor detalhamento da inspeção. A nota técnica varia de 1 a 5, de acordo com os danos no elemento, insuficiência estrutural e a condição de estabilidade.

O trecho 1 por exemplo, está posicionado entre a cabeceira e a primeira junta de dilatação partindo de Pinheirópolis para o Centro urbano de Porto Nacional.

É possível observar a abertura de buracos e uma grande incidência de fissuras. Devido as patologias serem muito superficiais, sem extensões estruturais, a nota foi aplicada de acordo com o quadro 5.

A nota para o trecho 1 foi 4, os danos no elemento/ insuficiência estrutural é descrito em que há alguns danos, mas não há sinais que estejam gerando insuficiência estrutural, a ação corretiva é nada a fazer, apenas serviços de manutenção, a condição de estabilidade é boa e a classificação das condições da ponte é obras em problemas importantes.

1. LAJE		Nota Técnica:	4
Buraco (abertura)	<input type="checkbox"/> Existe	<input type="checkbox"/> É Iminente	.
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	.
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	.
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	.
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	.
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade		.
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco		.

Figura 30- nota DNIT trecho 1.
 Fonte: Arquivo Próprio (2015).

Além da coleta de dados da ponte, foi feito um documento fotográfico do trecho, o qual também é uma exigência da norma do DNIT 010/2010.



Figura 31 - Fotos do trecho 1.
 Fonte: Arquivo Próprio (2015).

Em anexo, possui os dados da inspeção, a nota e o documento fotográfico dos 19 trechos. As notas variaram entre 4 e 3 e foi encontrada com o mesmo procedimento citado a cima.

Como resultado, foi verificado que as patologias presentes, são resultados do excessivo carregamento sobre a ponte que é diferente do dimensionado em

projeto, causando além do esmagamento da pista de rolamento a abertura de fissuras. Devido abertura de fissuras e a falta de manutenção na ponte, inicia-se o desgaste do concreto e o aparecimento de buracos, o qual foi verificado no local que é tapado com material asfáltico e impróprio para a situação. Demonstrado na Figura 32.



Figura 32- Buraco tapado com revestimento asfáltico no trecho 1
Fonte: Arquivo Próprio (2015).

5.2.3 Ensaio de Esclerometria

Os ensaios de Esclerometria foram realizados em todos os pilares, de acordo com a NBR- 7584/2012, onde foram realizados para cada pilar 3 áreas de impactos efetuando 9 impactos para cada área conforme as Figura 33 e Figura 34.



Figura 33- Demarcação da área a ser ensaiada
Fonte: Arquivo Próprio (2015).



Figura 34- Realização do Ensaio de Esclerometria
Fonte: Arquivo Próprio (2015).

Como exemplo o pilar p1, foi aplicado em tabelas no Excel as leituras dos nove pontos coletados nas três áreas e separadas, logo calcula-se a média do índice esclerométrico do aparelho (Quadro 25).

Pilar 1					
Elemento 1		Elemento 2		Elemento 3	
Ponto	Leitura	Ponto	Leitura	Ponto	Leitura
1	32	1	42	1	45
2	40	2	50	2	40
3	42	3	30	3	30
4	40	4	50	4	32
5	42	5	50	5	42
6	30	6	42	6	45
7	37	7	42	7	35
8	37	8	48	8	32
9	39	9	48	9	32
Média	37,67	Média	44,67	Média	37,00

Quadro 25 - Média dos índices esclerométricos
Fonte: Arquivo Próprio (2015).

Feito para todos os pilares, o resultado da média dos três pontos nos pilares estão descritos no Quadro 26. Para análise de concordância dos valores coletados,

foi calculado também o desvio padrão, o coeficiente de variação, covariância e a discrepância.

	Média	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
P1	39,8	6,506	16,36
P2	33,4	6,034	18,06
P3	34,6	6,435	18,60
P4	33,9	3,751	11,06
P5	36,0	4,201	11,68
P6	37,0	3,952	10,68
P7	39,0	5,144	13,19
P8	33,0	3,747	11,37
P9	36,9	4,668	12,66

Quadro 26 – Média, desvio padrão e coeficiente de variação.
Fonte: Arquivo Próprio (2015).

A partir dos resultados médios das leituras do aparelho, buscou-se definir a resistência à compressão do concreto (Fck) presente nos pilares, por meio da Equação 11, fornecida pelo fabricante do esclerômetro. O Quadro 27 apresenta as informações do Fck de cada pilar com a correção.

$$fck = 2,77 * e^{0,048Q}$$

Equação 11

Sendo:

Fck = Resistência característica à compressão do concreto, (Mpa).

Q = índice esclerométrico do aparelho.

	Média do Índice escl. Do aparelho	Fck correção (MPa)
P1	39,8	18,69359
P2	33,4	13,76877
P3	34,6	14,57477
P4	33,9	14,11576
P5	36,0	15,5657
P6	37,0	16,36013
P7	39,0	18,00856
P8	33,0	13,47815
P9	36,9	16,27311

Quadro 27 - Média do índice esclerométrico e a resistência à compressão de cada pilar
Fonte: Arquivo Próprio (2015).

A partir da média do índice esclerométrico de cada pilar, definiu-se o Fck médio do concreto dos pilares, comparando com a resistência em projeto e o real.

Média do fck do concreto dos pilares (Mpa)	
	15,65
Fck de projeto	
	25,00

Quadro 28- Análise da resistência a compressão do concreto atual com a resistência especificada em projeto.

Fonte: Arquivo Próprio (2015).

Outro método para encontrar a resistência do concreto é observar diretamente à curva comparativa do ensaio de esclerometria, sendo a abcissa o valor do índice esclerométrico e ordenada a resistência à compressão do concreto (Figura 35).

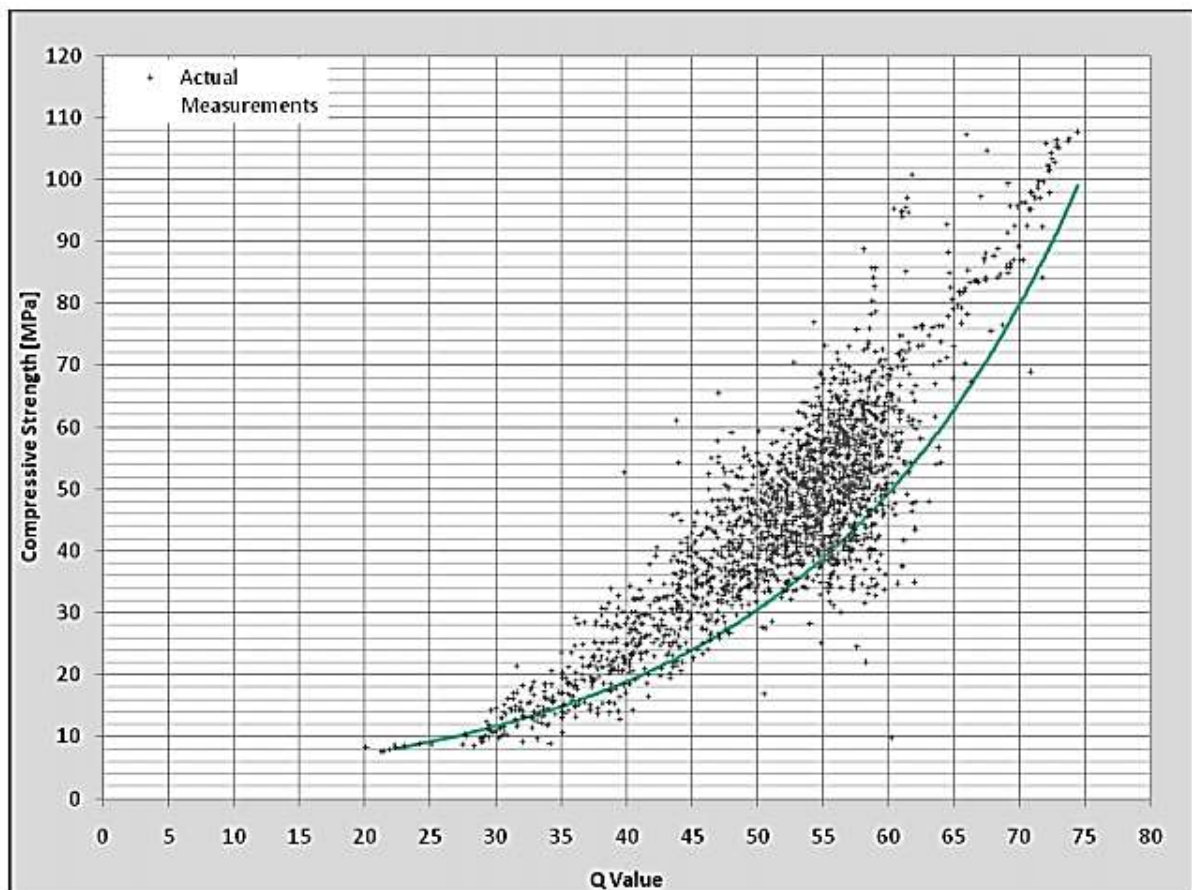


Figura 35- curva comparativa do ensaio de esclerometria.

Fonte: SOUZA *et al.* (2015).

5.2.4 Ensaio de Carbonatação

O ensaio de carbonatação foi realizado conforme RILEM 1988 – (Recommendation CPC 18) em todos os pilares, foram verificados diversos pontos para fins de análise de provável ocorrência do processo de carbonatação, executado um furo de aproximadamente 50 mm e a aplicação da solução fenolftaleína, indicador químico, a 0,1 por cento dissolvida em álcool etílico

O primeiro passo foi à abertura da superfície a ser ensaiado com auxílio de marreta e ponteira demonstrada na Figura 36.



Figura 36- Abertura da Superfície para Ensaio de Carbonatação.
Fonte: Arquivo Próprio (2015).

Logo após a abertura nas superfícies foram realizadas as limpezas das mesmas e jogado a solução alcoólica de fenolftaleína diluída a 0,1 por cento ($C_{20}H_{14}O_4$). A parte não carbonatada apresenta a coloração rosa, enquanto a parte carbonatada não apresenta coloração conforme Figura 37.



Figura 37- Ensaio de Carbonatação (2015).
 Fonte: Arquivo Próprio (2015).

O resultado dos ensaios de carbonatação é apresentado na Quadro 29.

Pilar	Profundidade de carbonatação(mm)
P1	21
P2	20
P3	15
P4	20
P5	14
P6	15
P7	Sem carbonatação
P8	12
P9	18

Quadro 29 - Resultados dos ensaios carbonatação.
 Fonte: Arquivo próprio (2015).

Pode-se verificar a existência de carbonatação na estrutura da ponte, analisando com os possíveis motivos:

- Alta concentração de CO₂ na região. O estado do Tocantins com sua vegetação predominante o cerrado é marcado por dois períodos climáticos, estiagem no inverno e chuvoso no verão. No período de estiagem as evidências de queimas são grandes na região, por questão cultural de senso comum e ação mal planejada do homem utilizada para limpar o campo e

renovar a vegetação, em especial às pastagens. As queimadas causa a produção de CO_2 aumentando a chance de ataque ao concreto;

- Em relação à emissão de CO_2 gerados pelos veículos, não há necessidade ser levada em consideração, devido à dimensão da ponte, sua localização e se encontrar apenas na pista de tráfego;
- Um dos efeitos para a carbonatação da estrutura é a umidade relativa do ar, devido à obra de arte está sobre um lago, durante o processo de evaporação da água a umidade próxima à estrutura principalmente dos pilares, agride o concreto. Este parâmetro influencia sobre a quantidade de água nos poros do concreto, condicionando a velocidade de difusão no CO_2 através dos poros do material.

5.1 DETERMINAÇÃO DA VIDA ÚTIL

Com base no método determinista fatorial, pode ser encontrado o valor da vida útil da estrutura, onde é o produto do valor de vida útil de referência com uma série de fatores modificadores sendo:

- fA – Qualidade dos materiais ou componentes
- fB – nível de qualidade de projeto
- fC – nível de qualidade de execução
- fD e fE – Característica dos ambientes interior e exterior
- fF – Degradação do material ou componente
- fG – Manutenção adequada

Foi avaliado dois valores de vida útil de referência, o primeiro com a norma de desempenho NBR 15575/2012 com o valor maior ou igual a 50 anos para estruturas de concreto armado e o segundo método baseado nas normas europeias Norma EN 206-1 (2007), a qual recomenda para obras de artes novas a vida útil maior ou igual a 100 anos demonstrado na Tabela 20.

Tabela 20 - Vida útil estimada (VUE)

Métodos	VUR (anos)	fA	fB	fC	fD	fE	fF	fG	VUE (anos)
NBR 15575(2012)	50	0,8	1	1,2	1	0,8	0,8	0,8	24,58
EN 206-1(2007)	100	0,8	1	1,2	1	0,8	0,8	0,8	49,15

Fonte: Arquivo próprio (2015).

Fatores adotados:

- a. fA - 0,8 devido o resultado do ensaio de álcali agregados, ou seja, sem conformidade de qualidade.
- b. fB - 1,2 Projeto com bom detalhamento.
- c. fC - 1,0 durante a execução da ponte a empresa tinha um bom quadro de efetivos e apoio técnico como engenheiros, arquitetos, encarregados e entre outros.
- d. fD - 1,0 Adota-se a nota para não ter alteração, pois não tem ambientes interiores.
- e. fE - 0,8 Baseado no ensaio de carbonatação, houve a contaminação do concreto e em alguns casos atingiu a armadura devido a deficiência do cobrimento.
- f. fF - 0,8 nota adotada devido ao mal uso da ponte e o trafego sem limitação até 2010.
- g. fG - 0,8 devido à falta de manutenção.

Como apresentado na Tabela 20, verificou-se que tanto para a vida útil de referência de 50 anos proposto pela a NBR 15575/2012, assim como a estipulada pela Norma Europeia EN 206-1(2007) de 100 anos, houve uma redução da vida útil em 50,85%. As patologias preponderantes para essa redução foram as reações álcalis- agregados e a carbonatação do concreto. Devido essas patologias houve uma maior facilidade dos agentes agressivos atingirem as armaduras, causando sua corrosão.

6- CONCLUSÃO

A ponte durante sua vida útil apresenta diversos processos de deterioração, devido à falta de manutenção e a modificação do trem tipo, induzindo a solicitações superiores idealizada para a ponte. A modificação do trem-tipo não foi o fator preponderante na redução da vida útil da estruturas, pois o acréscimo médio do carregamento em relação ao TB-45 em relação ao TB-36 não superou 6%.

Pressupondo da existência de carbonatação na estrutura da ponte, os motivos da patologia presente são devido à alta produção de CO₂ na região gerada pelas excessivas queimadas em pastos, lavouras ou até mesmo na vegetação nativa.

Outro fator que contribui para a carbonatação é a umidade relativa do ar, a qual é extremamente baixa na região, mas devido a ponte estar presente sobre um lago de grande dimensão e a diferença do nível após a formação do lago no ano de 2002, durante o período de evaporação a umidade chega aos poros do concreto, aumentando a velocidade de difusão do CO₂ até chegar a armadura por capilaridade.

Foram observadas evidências de reação álcali-agregado nas três amostras analisadas, quais seja a presença de gel no interior de bolhas de ar aprisionado, presença de borda de reação entre pasta e o agregado e presença de gel preenchendo microfissuras.

Os aspectos decorrentes da deterioração do concreto observado acham-se relacionados à reação álcali-agregado devido os três tipos petrográficos utilizados como agregado graúdo (seixo rolado, quartzito, chert) são potencialmente reativos com os álcalis do cimento.

Com base na metodologia de Castro (1994) o grau de deterioração foi dividido por elementos, tabuleiro e pilares, o grau de deterioração da estrutura do tabuleiro foi de 30,736, portanto a estrutura está em um nível de deterioração médio e a medida a ser adotada é observação periódica e a necessidade de intervenção em médio prazo.

Para os pilares o valor resultante do grau de deterioração da família de 45,42, afirmando que o nível de deterioração é alto e a necessidade de intervenção com observação minuciosa e manutenção a curto prazo.

Analisando cada pilar, foi detectado grande evidencia de fissuras e trincas, provocadas a maioria pela reação álcali-agregado ou a própria retração do concreto, a falta de manutenção faz que essas fissuras e trincas aumentem provocando outras patologias, como a corrosão da armadura, segregação do concreto, esfoliação e entre outros. Portando recomenda-se iniciar uma intervenção a curto prazo para não aumentar a quantidade de patologias e perder sua capacidade afetando a segurança da estrutura.

Em inspeção visual no tabuleiro foi percebida a necessidade da manutenção de forma correta com reparos dos buracos. Essas aberturas são provocadas devido o esmagamento do concreto mais concentradas nas juntas de dilatação do tabuleiro.

Foram observadas algumas manutenções superficiais no tabuleiro, porém foi utilizado pavimento flexível onde deveria ser utilizado o mesmo material do tabuleiro, o concreto. A alteração do material causa descontinuidade na linha de rodagem da estrutura, apresentando um desconforto para os usuários, aumento das aberturas e impactos nas suspensões dos veículos e aplicam as forças dinâmicas no tabuleiro.

Quanto o levantamento geométrico do greide verifica-se que ocorreu um rebaixamento global no greide da ponte entre 2003 e 2010, mais intenso do lado jusante (média 3,5 cm) do que do lado montante (média 3,2 cm).

Nas extremidades do balanço observa-se que houve na maioria (70%), um deslocamento vertical para baixo. Em suas extremidades quando comparadas com as cotas de referência medidas em cima dos eixos dos pilares. Essas evidências confirmam que houve redução na rigidez na superestrutura da ponte.

A importância do conhecimento resgate histórico da ponte, possibilitou um melhor entendimento dos mecanismos patológicos, conhecendo a estrutura que foi construída em 1978, possui uma pista com faixa simples para os dois sentidos entre Porto Nacional e Fátima. O tabuleiro está apoiado em nove pilares, distantes entre si de 97,80 metros e em dois encontros distantes dos pilares adjacentes de 58,80m. A superestrutura é formada por caixões, com seção unicelular variável e as grelhas são apoiadas em dois dentes Gerber nas extremidades dos caixões.

O método do DNIT (2004) aplicado no tabuleiro por forma de inspeção e preenchimento da tabela aplicando as notas de 1 a 5 dependendo do estado do trecho. Os resultados das notas para 19 trechos, variaram entre 3 e 4, sendo a pior nota a 3 presente nos trechos 10, 12, 14 e 18, avaliando como uma obra

potencialmente problemática, recomendando acompanhar a evolução dos problemas através de inspeções rotineiras, para detectar em tempo hábil, um eventual agravamento da insuficiência estrutural.

Porem no método de Castro (1994) os mesmos trechos possui níveis de deterioração médio como o trecho 12 e 18, com a necessidade de observação periódica e intervenção a médio prazo e os trechos 10 e 14 possui o nível de deterioração crítico com ações a serem adotadas intervenção imediata para estabelecer funcionalidade e segurança.

A vida útil estimada pelo método determinista verificou que houve redução em relação a vida útil de projeto, a qual foi estimada em 50 anos com base na NBR15575/12, aplicando os fatores modificadores a vida útil reduziu para 24,58 anos, porém não está muito distante da realidade.

Ao ser inaugurado em 1978 a ponte não passou por manutenção na estrutura e só depois de 25 anos em 2003 foi feito um diagnóstico para recuperação estrutural da ponte, devido ter observado as patologias já em grande escala e a preocupação com a segurança. Analisando então que com a idade de 24,58 anos a ponte já estava com sua vida útil comprometida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8802: Concreto Endurecido – determinação da velocidade de propagação de onda ultra-sônica. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações Habitacionais- Desempenho-Parte 1- Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7584: concreto endurecido – avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão. Rio de Janeiro, 1995.

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

ANDRADE, J. J. O. **Vida Útil das Estruturas de Concreto**. In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.) Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. São Paulo. IBRACON, 2005. 2. v, cap. 31, p. 923- 951.

BOLDO, P. Avaliação Quantitativa de Estrutura de Concreto Armado de Edificações no Âmbito do Exército Brasileiro, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

BRANCO, F.; PAULO, P.; GARRIDO, M. Vida útil na construção civil. Boletín Técnico, Lisboa, v. 4, 2013.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários. - Rio de Janeiro, 2010. 159 p

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Manual de inspeção de pontes rodoviárias, 2. ed. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviárias, Rio de Janeiro, 2004.

BUNGEY, J. H.; MILLARD, S. G. GRANTHAM, M.G. Testing of concrete in structures. 4.ed. New York, USA: Champan e Hall, 2006. 310p.

CORVACHO, M. **Durabilidade da construção**: Metodologia do projeto para a durabilidade -Planeamento da vida útil de um edifício. Textos de apoio à disciplina de Patologia da Construção no âmbito do Mestrado em Reabilitação do Património Edificado, Novembro, FEUP. (2000).

DEGUSSA. Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto. Red. Reabilitar, editores, São Paulo, 2003.

GIOVANNETTI, A. C. V. P. Avaliação da Condição de Conservação de uma Ponte - Estudo de Caso. 130 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

HELENE, P. RL. **Vida útil das estruturas de concreto**. In: IV Congresso Ibero americano de Patologia das Construções e VI Congresso de Controle de Qualidade. Anais. Porto Alegre. 1997.

HELENE, P.B.L. **A Nova NB1/2003 (NBR 6118) e a vida útil das estruturas de concreto**. In: II seminário d patologia das edificações, Porto Alegre. Anais do evento em comemoração aos 30 anos do LEME-UFRGS. PORTO ALEGRE editor, 2004.

HOVDE, P.J., MOSER, K. (2004). **Performance Based Methods for Service Life Prediction**: State of the Art Report. CIB Report: Publication 294.

INTERNATIONAL STANDARD ISO 15686-1 (2000). Buildings and constructed assets - service life planning - Part 1: General Principles, Geneve.

INTERNATIONAL STANDARD ISO 15686-8 (2008), Buildings and constructed assets - Service life planning: Part 8: Reference service life and service life estimation.

INTERNATIONAL STANDARD ISO 15686-1 (2011). Buildings and constructed assets - service life planning - Part 1: General Principles, Geneve.

INTERNATIONAL STANDARD ISO 15686-2 (2001). Buildings and constructed assets - service life planning -Part 2: Service life prediction procedures, Geneve.

JOHN, V. M., Sato, N. M. N., AGOPYAN, V., SJÖSTRÖM, C. (2001). **Durabilidade e sustentabilidade**: Desafios para a construção civil brasileira. II Workshop sobre Durabilidade das Construções, Dezembro, São José dos Campos.

KLEIN, D. et al. "Critérios adotados na vistoria e avaliação de obras de arte", XXV Jornadas Sul Americanas de Engenharia Estrutural, Porto Alegre, Anais, (1991).

LAPA, J.S. Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto. Universidade Federal de Minas Gerais (pós-graduação). Belo Horizonte, 2008.

LEMOS, K. B. Q. **Manutenção e Reabilitação de Túneis**. Universidade de Brasília Dissertação (Mestrado). Brasília, 2005.

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

MEDEIROS, M. H. F. D; ANDRADE, J. J. O; HELENE, P. Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto. IBRACON, 2011.

MEHTA et al. **Concreto**: estrutura, propriedades e materiais. Tradução de Paulo Helene et al. 1 ed. São Paulo, PINI, 1994.

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

MENDES, L. C. Pontes. Niterói, EDUFF, 2003.

MENEZES, R. R. et al. Sais solúveis e eflorescência em blocos cerâmicos e outros materiais de construção-revisão (Soluble salt sandef florescence of ceramic brick sand other building materials-review). Cerâmica, 2006.

NEPOMUCENO, M. C. S. Ensaio não destrutivo em Betão. Universidade da Beira Interior. Tese (Livre Docência). Covilha, Portugal, 1999.

PINTO, A. F. D. S. **Construção de uma base de dados de apoio à estimativa da vida útil das construções**: vida útil de referência. 193 f. Mestrado Integrado em Engenharia Civil -2010/2011 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011.

RILEM (Recommendation CPC 18). Measurement of hardened concrete carbonation depth, 1988.

RILEM (Reunião Internacional dos Laboratórios de Ensaios de Materiais de Construção) "Technical Committee - Damage Classification of Concrete Structures", Materias and Structures, Ed Champman & Hall, Vol. 24, nº 142, 1991.

RIPPER, T. (2003). Desempenho das construções. 2º Ciclo de Palestras em Engenharia Civil (UNIC.), 12 Novembro, Monte da Caparica.

SANTOS, M.R.P. Metodologias de Previsão da Vida Útil de Materiais, Sistemas ou Componentes da Construção. 2010. 149 f. Mestrado (Mestre em Engenharia Civil — Especialização em Construções). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010.

SILVA, E.A. Técnicas de Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado. Universidade Anhembi Morumbi. 2006. 84 p.

SOUZA, D.J. et. al. Obtenção da Resistência a Compressão do Concreto de Viadutos Localizados na Região de Curitiba por Métodos de Ensaio não Destrutivos: Esclerometria e Ultrassom, Foz do Iguaçu, Paraná, 2015.

SOUZA, V.C.M.; RIPPER, T. Patologia recuperação e reforço de estrutura de concreto. São Paulo. PINI, 1998.

TUUTTI, K. "Corrosion Steel in Concrete", Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm, 1982.

VITÓRIO, J. A. P. **Pontes rodoviárias**: fundamentos, conservação e gestão. Recife, CREA-PE, 2002.

VITÓRIO, J. A. P. Vistorias, Conservação e Gestão de Pontes e Viadutos de Concreto. Recife, IBRACON, 2006.

ANEXOS

ANEXO 1

Ficha de inspeção cadastral expedita

1 DADOS BÁSICOS

IDENTIFICAÇÃO / LOCALIZAÇÃO / JURISDIÇÃO		Data: ____/____/____
OAE:Código: _____ Nome: _____		
Tipo de Estrutura: Código _____ Nat. Transposição: Código _____ Sist. Construtivo: Código _____		
UNIT: _____ Residência: _____ Rodovia: BR- _____ UF: _____		
Trecho (PNV): _____ Localização (km): _____ Cidade Prox.: _____		
ADMINISTRAÇÃO		
<input type="checkbox"/> DNIT <input type="checkbox"/> DER <input type="checkbox"/> CONCESSÃO <input type="checkbox"/> OUTROS		
Nome: _____ (para o caso concessão / outros)		
PROJETO / CONSTRUÇÃO		
Projetista: _____; Ano da Construção: _____		
Construtor: _____; Arquivo: _____; Trem - Tipo Classe: _____		
COMPRIMENTO / LARGURA		
Comprimento: _____ m; Largura: _____ m		

2 DADOS SOBRE CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS

CARACTERÍSTICAS PLANI-ALTIMÉTRICAS		
Região: <input type="checkbox"/> PLANA <input type="checkbox"/> ONDULADA <input type="checkbox"/> MONTANHOSA		Greide: Rampa Máxima(%): _____
Traçado: <input type="checkbox"/> TANGENTE <input type="checkbox"/> CURVO Raio: _____ m		Travessia: <input type="checkbox"/> ORTOGONAL <input type="checkbox"/> ESCONSA
CARACTERÍSTICAS DA PISTA		
Larg.Total da Pista: _____ m	Pavimento: <input type="checkbox"/> Asfalto <input type="checkbox"/> Concreto	Drenos: <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
Nº de Faixas: _____	Passelo: <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	Pingadeiras: <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
Acostamento: <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	Guarda-Rodas: <input type="checkbox"/> P.Antigo <input type="checkbox"/> N.Jersey <input type="checkbox"/> Outro	
Larg.Acostamento: _____ m		
GABARITOS		
Para Viaduto: Horizontal _____ m; Vertical _____ m		
Para Ponte s/ Rio Navegável: Horizontal _____ m; Vertical _____ m		
Proteção dos Pilares Contra Choque de Embarcação? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO		
JUNTAS DE DILATAÇÃO		
Número total de juntas: _____		
Tipo de vedação: <input type="checkbox"/> Nenhuma; nos pilares / articulação <input type="checkbox"/> Tipo _____ <input type="checkbox"/> Tipo _____		
TRÁFEGO		
VMD: _____ veículos/dia		
Frequência de Carga Móvel ≥ 36 tf: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> Baixa		
Passagem de Cargas Excepcionais: <input type="checkbox"/> Frequente <input type="checkbox"/> Esporádica		

_____/Anexo A (continuação)

FICHA DE INSPEÇÃO CADASTRAL

ANEXO 2

Ficha de inspeção cadastral expedida

3 CARACTERÍSTICA DA ESTRUTURA

MATERIAIS / SEÇÃO / TIPO			Data: ___/___/___			
COMPONENTE	MATERIAL (CÓDIGO) (VER TABELA 2)	SEÇÃO TIPO (CÓDIGO) (VER TABELA 3)	TIPOS DE APARELHOS DE APOIO			
			Cód.	Descrição		
LAJES			FR	Freyssinet		
VIGAS PRINCIPAIS			NP	Neoprene		
PILARES			TF	Teflon		
FUNDAÇÕES			CH	Placa de Chumbo		
			RM	Rolo Metálico		
			AM	Articulação Metálica		
			PD	Pêndulo		
			LP	Ligação Pórtico		
			TE	Tipo Especial		
			NI	Não Informado		

Aparelhos de Apoio

Apoio →										
Tipo →										

Obs.: para tipos de aparelhos de apoio ver tabela acima.

PARTICULARIDADES

Número de Vãos: _____	Altura da Viga no Apoio (m): _____	Extrem. Inicial: <input type="checkbox"/> ENCONTRO <input type="checkbox"/> BALANÇO
Número de Juntas Gerber: _____	Altura da Viga no Vão (m): _____	Extrem. Final: <input type="checkbox"/> ENCONTRO <input type="checkbox"/> BALANÇO
Comprimento do Vão Maior (m): _____	Altura Máxima de Pilar (m): _____	Laje de Aprox.: <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO

Comentários: _____

4 OUTROS ASPECTOS

Desnível Max entre Greide e Terreno _____ m	As Fundações encontram-se em Solo Mole? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
Lâmina D'água: Normal _____ m na Cheia _____ m	A vibração da Estrutura é Excessiva? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
O Meio Ambiente é Agressivo? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	O Regime do Rio é Torrencial? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
A Seção de Vazão é Adequada? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	O Leito do Rio é Erodível? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
Existe Drenagem no interior do caixão? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	Histórico da Manutenção: <input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Ruim

ROTAS ALTERNATIVAS: EXISTEM NÃO EXISTEM Acréscimo de Distância: _____ km

Descrição do Itinerário: _____

INSPEÇÃO ROTINEIRA (PARÂMETROS):

Melhor Época para Vistorias: _____

Periodicidade: Normal (2 anos) Reduzida (1 ano) Dilatada (4 anos) Especial (Consultor)

Especial (L ≥ 200m) Especial (Equipamento) Parcial

Acesso: Direto / Binóculo: Vãos _____ Equipamento Especial: Vãos _____

Interior de Viga Celular: Acessível Não Acessível

Comentários: _____

FICHA DE INSPEÇÃO CADASTRAL

ANEXO 3

Ficha de inspeção cadastral expedida

5 ESTRUTURA / ESQUEMAS

ESQUEMA LONGITUDINAL	
SEÇÃO TRANSVERSAL	
Meio do Vão	Apoio
DETALHES ADICIONAIS	

FICHA DE INSPEÇÃO CADASTRAL

ANEXO 4

Ficha de inspeção cadastral expedita

TABELA 1.A - TIPOS DE ESTRUTURAS	
1	Viga de Concreto Armado
2	Viga de Concreto Protendido
3	Viga e Laje Metálicas
4	Mista (Viga Metal e Laje Concreto)
5	Arco Inferior de Concreto Armado
6	Arco Inferior de Concreto Protendido
7	Arco Inferior Metálico
8	Arco Superior de Concreto Armado
9	Arco Superior de Concreto Protendido
10	Arco Superior metálico
11	Arco de Alvenaria de Pedra
12	Trelça Metálica
13	Laje de Concreto Armado
14	Laje de Concreto Protendido
15	Madeira
16	Estaiada com Vigamento Metálico
17	Estaiada com Vigamento C. Protendido
18	Pênsil
99	Não Informado

TABELA 1.B - SISTEMAS CONSTRUTIVOS	
1	Moldado no Local
2	Pré-moldado de Concreto Armado
3	Pré-moldado Protendido (Pós-tensão)
4	Pré-moldado Protendido (Pré-tensão)
5	Balanços Progressivos c/ Continuidade
6	Balanços Progressivos c/ Articulações
7	Aduelas Pré-moldadas
8	Viga Calha Pré-moldada (Sist. Protótipo)
9	Ponte Empurrada
10	Estaiado em avanços progressivos
11	Não Informado

TABELA 1.C - NATUREZA DA TRANSPOSIÇÃO	
1	Ponte
2	Pontilhão
3	Viaduto de Transposição de Rodovia
4	Viaduto sobre Ferrovia
5	Viaduto sobre Rodovia / Rua
6	Viaduto em Encosta
7	Passagem Inferior
8	Passarela de Pedestre
9	Não Informada

TABELA 2 - MATERIAIS			
LAJE, VIGAS PRINC. e PILARES		FUNDAÇÃO	
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	CÓDIGO	DESCRIÇÃO
CA	Concreto Armado	CA	Concreto
CP	Concreto Protendido	EMS	Estaca Moldada "IN SITU"
AC	Aço	EPC	Estaca Pré-moldada
MD	Madeira	EPM	Estaca de Perfil Metálico
PD	Pedra Argamassada	ETM	Estaca Tubular Metálica
		EM	Estaca de Madeira
		IG	Ignorada

TABELA 3 - SEÇÃO TIPO					
VIGAS PRINCIPAIS		PILARES		FUNDAÇÕES	
CÓD.	DESCRIÇÃO	CÓD.	DESCRIÇÃO	CÓD.	DESCRIÇÃO
2T	2 Vigas "T"	1TP	Único Tipo Parede ou Encontro	DI	Direta
3T	3 Vigas "T"	1SV	Único Seção Vazada	BE	Bloco de Estacas
4T	4 ou mais Vigas "T"	1VT	Único Vazado com Travessa	BT	Bloco de Tubulões
2I	2 Vigas "I"	2CI	2 Colunas Isoladas	TC	Tubulões Contraventados
3I	3 Vigas "I"	2CC	2 Colunas Contraventadas	EE	Estaca Escavada
4I	4 ou mais Vigas "I"	2CT	2 Colunas com Travessas	IG	Ignorada
VC	Viga Caixa	3CI	3 ou mais Colunas Isoladas		
LM	Laje Maciça	3CC	3 ou mais Colunas Contraventadas		
VI	Vigas Invertidas	3CT	3 ou mais Colunas com Travessas		
VL	Vigas Calhas	TE	Tipo Especial		
TE	Tipo Especial				

FICHA DE INSPEÇÃO CADASTRAL

ANEXO 5

OAE: Código: _____ Nome: _____ BR - ____ / ____ km: _____ UNIT: _____ RES: _____
 Data: _____ Inspeção: DNIT / Residência: _____ Outra Entidade: _____

COMENTÁRIOS GERAIS			
a) Condições de Estabilidade: <input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Sofrível <input type="checkbox"/> Precária Condições de Conservação: <input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Sofrível <input type="checkbox"/> Ruim b) Nível de Vibração do Tabuleiro: <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Intenso <input type="checkbox"/> Exagerado c) Inspeção Especializada (Realizada por Engenheiro de Estruturas). Necessária? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO Urgente? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO Já houve alguma anteriormente? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">NOTA TÉCNICA</td> </tr> <tr> <td style="height: 30px;"> </td> </tr> </table>	NOTA TÉCNICA	
NOTA TÉCNICA			
OBSERVAÇÕES ADICIONAIS: _____			

1. LAJE	Nota Técnica:	Local	Quantidade (Opcional)
Buraco (abertura) <input type="checkbox"/> Existe	<input type="checkbox"/> É Iminente	_____	_____
Armadura Exposta <input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	_____	_____
Concreto Desagregado <input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	_____	_____
Fissuras <input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	_____	_____
Marcas de Infiltração <input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	_____	_____
Aspecto de Concreto <input type="checkbox"/> Má Qualidade		_____	_____
Cobrimento <input type="checkbox"/> Ausente / Pouco		_____	_____

2. VIGAMENTO PRINCIPAL	Nota Técnica:	Local	Quantidade (Opcional)
Fissuras Finas <input type="checkbox"/> Algumas	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	_____	_____
Trincas (fissuras w>0,3mm) <input type="checkbox"/> Algumas	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	_____	_____
Armadura Principal <input type="checkbox"/> Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	_____	_____
Desagreg. de Concreto <input type="checkbox"/> Muito Intenso	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	_____	_____
Dente Gerber <input type="checkbox"/> Quebrado/Desplacado	<input type="checkbox"/> Trincado	_____	_____
Deformação (Flecha) <input type="checkbox"/> Exagerada		_____	_____
Aspectos do Concreto <input type="checkbox"/> Má Qualidade		_____	_____
Cobrimento <input type="checkbox"/> Ausente / Pouco		_____	_____

FICHA DE INSPEÇÃO CADASTRAL

ANEXO 6

3. MESOESTRUTURA			Nota Técnica: <input style="width: 30px;" type="text"/>	Local	Quantidade (Opcional)
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência			
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência			
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input type="checkbox"/> Grande Incidência			
Aparelho de Apoio	<input type="checkbox"/> Danificado	<input type="checkbox"/> Grande Incidência			
Aspecto do Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade				
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente/Pouco				
Desaprumo	<input type="checkbox"/> Há				
Deslocabilidade dos Pilares	<input type="checkbox"/> Forte				

4. INFRAESTRUTURA			Nota Técnica: <input style="width: 30px;" type="text"/>	Local	Quantidade (Opcional)
Recalque de Fundação	<input type="checkbox"/> Há				
Deslocamento de Fundação	<input type="checkbox"/> Há				
Erosão Terreno de Fundação	<input type="checkbox"/> Há				
Estacas Desenterradas	<input type="checkbox"/> Há				

5. PISTA / ACESSO			Nota Técnica: <input style="width: 30px;" type="text"/>	Local	Quantidade (Opcional)
Irregularidades no Pav.	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Extensão			
Junta de Dilatação	<input type="checkbox"/> Faltando/Inoperante	<input type="checkbox"/> Muito Problemática			
Acessos X Ponte	<input type="checkbox"/> Degrau Acentuado	<input type="checkbox"/> Concordância Problem.			
Acidentes com Veículos	<input type="checkbox"/> Frequente	<input type="checkbox"/> Eventual			

ESQUEMAS

FICHA DE INSPEÇÃO CADASTRAL

ANEXO 7

CALCULO DE GDE PARA TABULEIRO DA PONTE

Localização Trecho 1

Método Castro

Quadro 30 - Resultado trecho 1

Local	Trecho 1		
	<i>Fp</i>	<i>Fi-1</i>	<i>D-1</i>
Carbonatação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Contaminação por cloretos	10		
Corrosão de armaduras	7		
Desagregação	7		
Eflorescência	3		
Esfoliação	8		
Fissuras	10	1	4
Flechas	10		
Infiltração	6		
Manchas	5		
Segregação	5		
Gde			4

Fonte: Arquivo próprio

Nível de deterioração

Baixo

ANEXO 8

Método DNIT trecho 1

1. LAJE

Buraco (abertura)	<input type="checkbox"/> Existe
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco

Nota Técnica:

4

<input type="checkbox"/> É Iminente	-
<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-



Figura 38 - Trecho 1

Fonte: Arquivo próprio

ANEXO 9

Localização Trecho 2

Método Castro

Quadro 31 - Resultado trecho 2

Local	Trecho 2		
	<i>Fp</i>	<i>Fi-2</i>	<i>D-2</i>
Carbonatação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Contaminação por cloretos	10		
Corrosão de armaduras	7		
Desagregação	7		
Eflorescência	3		
Esfoliação	8		
Fissuras	10	2	8
Flechas	10		
Infiltração	6		
Manchas	5		
Segregação	5		
		Gde	8

Fonte: Arquivo próprio

Nível de deterioração

Baixo

ANEXO 10

Método DNIT trecho 2

1. LAJE		Nota Técnica:	4
Buraco (abertura)	<input type="checkbox"/> Existe	<input type="checkbox"/> É Iminente	.
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	.
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	.
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	.
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	.
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade		.
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco		.



Figura 39 - Trecho 2
Fonte: Arquivo próprio

ANEXO 11

Localização Trecho 3

Método Castro

Quadro 32- Resultado trecho 3

Local		Trecho 3	
Danos	Fp	Fi-2	D-2
Carbonatação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Contaminação por cloretos	10		
Corrosão de armaduras	7		
Desagregação	7		
Eflorescência	3		
Esfoliação	8		
Fissuras	10	1	4
Flechas	10		
Infiltração	6		
Manchas	5		
Segregação	5		
Fonte: Arquivo próprio		Gde	4

Nível de deterioração

Baixo

ANEXO 12

Método DNIT 2004 trecho 3

1. LAJE		Nota Técnica:	4
Buraco (abertura)	<input type="checkbox"/> Existe	<input type="checkbox"/> É Iminente	-
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade		-
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco		-



Figura 40 - Trecho 3
Fonte: Arquivo próprio

ANEXO 13

Localização Trecho 4

Método Castro

Quadro 33 - Resultado trecho 4

Local	Trecho 4		
	<i>Fp</i>	<i>Fi-2</i>	<i>D-2</i>
Carbonatação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Contaminação por cloretos	10		
Corrosão de armaduras	7		
Desagregação	7		
Eflorescência	3		
Esfoliação	8		
Fissuras	10	3	40
Flechas	10		
Infiltração	6		
Manchas	5		
Segregação	5		
		<i>Gde</i>	40

Fonte: Arquivo próprio

Nível de deterioração

Médio

ANEXO 14

METODOLOGIA DNIT (010-2004) trecho 4

1. LAJE		Nota Técnica: 4
Buraco (abertura)	<input checked="" type="checkbox"/> Existe	<input type="checkbox"/> É Iminente
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input checked="" type="checkbox"/> Grande Incidência
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Grande Incidência
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade	
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco	



Figura 41 - Trecho 4

Fonte: Arquivo próprio

ANEXO 15

METODOLOGIA CASTRO

Localização Trecho 5

Método Castro

Quadro 34 - Resultado trecho 5

Local		Trecho 5	
		Fp	Fi-2
Carbonatação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Contaminação por cloretos	10		
Corrosão de armaduras	7		
Desagregação	7		
Eflorescência	3		
Esfoliação	8		
Fissuras	10	2	8
Flechas	10		
Infiltração	6		
Manchas	5		
Segregação	5		
		Gde	8

Fonte: Arquivo próprio

Nível de deterioração

Baixo

ANEXO 16

Método DNIT trecho 5

1. LAJE		Nota Técnica:
Buraco (abertura)	<input checked="" type="checkbox"/> Existe	<input type="checkbox"/> É Iminente
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input checked="" type="checkbox"/> Grande Incidência
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Grande Incidência
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade	
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco	
		4



Figura 42 - Trecho 5

Fonte: Arquivo próprio

ANEXO 17

Localização Trecho 6
Método Castro

Quadro 35 - Resultado Trecho 6

Local	Trecho 6		
Danos	Fp	Fi-2	D-2
Carbonatação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Contaminação por cloretos	10		
Corrosão de armaduras	7		
Desagregação	7		
Eflorescência	3		
Esfoliação	8		
Fissuras	10	3	40
Flechas	10		
Infiltração	6		
Manchas	5		
Segregação	5		
Fonte: Arquivo próprio		Gde	40

Nível de deterioração
Médio

ANEXO 18

Método DNIT trecho 6

1. LAJE		Nota Técnica:
Buraco (abertura)	<input checked="" type="checkbox"/> Existe	<input type="checkbox"/> É Iminente
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input checked="" type="checkbox"/> Grande Incidência
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Grande Incidência
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade	
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco	



Figura 43 - Trecho 6
Fonte: Arquivo próprio

ANEXO 19

Localização Trecho 7
Método Castro

Quadro 36 - Resultado Trecho 7

Local	Trecho 7		
	<i>Fp</i>	<i>Fi-2</i>	<i>D-2</i>
Carbonatação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Contaminação por cloretos	10		
Corrosão de armaduras	7		
Desagregação	7		
Eflorescência	3		
Esfoliação	8		
Fissuras	10	2	8
Flechas	10		
Infiltração	6		
Manchas	5		
Segregação	5		
Fonte: Arquivo próprio		Gde	8

Nível de deterioração

Baixo

ANEXO 20

Método DNIT

1. LAJE		Nota Técnica:	4
Buraco (abertura)	<input checked="" type="checkbox"/> Existe	<input type="checkbox"/> É Iminente	-
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input checked="" type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade		-
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco		-



Figura 44- Trecho 7
 Fonte: Arquivo próprio

ANEXO 21

Localização Trecho 8
Método Castro

Quadro 37 - Resultado Trecho 8

Local	Trecho 8		
	<i>Fp</i>	<i>Fi-2</i>	<i>D-2</i>
Carbonatação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Contaminação por cloretos	10		
Corrosão de armaduras	7		
Desagregação	7		
Eflorescência	3		
Esfoliação	8		
Fissuras	10	3	40
Flechas	10		
Infiltração	6		
Manchas	5		
Segregação	5		
Fonte: Arquivo próprio		Gde	40

Nível de deterioração
Médio

ANEXO 22

Método DNIT trecho 8

1. LAJE		Nota Técnica: 4
Buraco (abertura)	<input checked="" type="checkbox"/> Existe	<input type="checkbox"/> É Iminente -
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência -
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência -
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input checked="" type="checkbox"/> Grande Incidência -
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Grande Incidência -
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade	-
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco	-



Figura 45 - Trecho 8

Fonte: Arquivo próprio

ANEXO 23

Localização Trecho 9
Método Castro

Quadro 38- Resultado trecho 9

Local	Trecho 9		
Danos	Fp	Fi-2	D-2
Carbonatação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Contaminação por cloretos	10		
Corrosão de armaduras	7		
Desagregação	7		
Eflorescência	3		
Esfoliação	8		
Fissuras	10	3	40
Flechas	10		
Infiltração	6		
Manchas	5		
Segregação	5		
Fonte: Arquivo próprio	Gde		12

Nível de deterioração
Médio

ANEXO 23

Método DNIT trecho 9

1. LAJE		Nota Técnica:
Buraco (abertura)	<input checked="" type="checkbox"/> Existe	<input type="checkbox"/> É Iminente
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input checked="" type="checkbox"/> Grande Incidência
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Grande Incidência
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade	
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco	
		4



Figura 46 - Trecho 9

Fonte: Arquivo próprio

ANEXO 24

Localização Trecho 10
Método Carlos

Quadro 39 - Resultado trecho 10

Local	Trecho 10		
Danos	Fp	Fi-2	D-2
Carbonatação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Contaminação por cloretos	10		
Corrosão de armaduras	7		
Desagregação	7		
Eflorescência	3		
Esfoliação	8		
Fissuras	10	4	100
Flechas	10		
Infiltração	6		
Manchas	5		
Segregação	5		
Fonte: Arquivo próprio		Gde	100

Nível de deterioração
Crítico

ANEXO 25

Método DNIT trecho 10

1. LAJE		Nota Técnica:	3
Buraco (abertura)	<input type="checkbox"/> Existe	<input checked="" type="checkbox"/> É Iminente	--
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	--
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	--
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input checked="" type="checkbox"/> Grande Incidência	--
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	--
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade		--
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco		--



Figura 47 - Trecho 10

Fonte: Arquivo próprio

ANEXO 26

Localização Trecho 11

Método Castro

Quadro 40 - Resultado trecho 11

Local	Trecho 11		
	<i>Fp</i>	<i>Fi-2</i>	<i>D-2</i>
Carbonatação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Contaminação por cloretos	10		
Corrosão de armaduras	7		
Desagregação	7		
Eflorescência	3		
Esfoliação	8		
Fissuras	10	2	8
Flechas	10		
Infiltração	6		
Manchas	5		
Segregação	5		
Fonte: Arquivo próprio	Gde		8

Nível de deterioração

Baixo

ANEXO 27

Método DNIT 11

1. LAJE		Nota Técnica:	4
Buraco (abertura)	<input type="checkbox"/> Existe	<input checked="" type="checkbox"/> É Iminente	-
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input checked="" type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade		-
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco		-



Figura 48 - Trecho 11

Fonte: Arquivo próprio

ANEXO 28

Localização Trecho 12

Método Carlos

Quadro 41 - Resultado trecho 12

Local	Trecho 12		
Danos	Fp	Fi-2	D-2
Carbonatação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Contaminação por cloretos	10		
Corrosão de armaduras	7		
Desagregação	7		
Eflorescência	3		
Esfoliação	8		
Fissuras	10	3	40
Flechas	10		
Infiltração	6		
Manchas	5		
Segregação	5		
Fonte: Arquivo próprio		Gde	40

Nível de deterioração

Médio

ANEXO 29

Método DNIT trecho 12

1. LAJE		Nota Técnica:	3
Buraco (abertura)	<input type="checkbox"/> Existe	<input checked="" type="checkbox"/> É Iminente	-
Armadura Exposta	<input checked="" type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input checked="" type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade		-
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco		-



Figura 49 - Trecho 12

Fonte: Arquivo próprio

ANEXO 30

Localização Trecho 13

Método Castro

Quadro 42 - Resultado Trecho 13

Local	Trecho 13		
	<i>Fp</i>	<i>Fi-2</i>	<i>D-2</i>
Carbonatação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Contaminação por cloretos	10		
Corrosão de armaduras	7		
Desagregação	7		
Eflorescência	3		
Esfoliação	8		
Fissuras	10	3	40
Flechas	10		
Infiltração	6		
Manchas	5		
Segregação	5		
Fonte: Arquivo próprio		Gde	40

Nível de deterioração

Médio

ANEXO 31

Método DNIT trecho 13

1. LAJE		Nota Técnica:
Buraco (abertura)	<input checked="" type="checkbox"/> Existe	<input type="checkbox"/> É Iminente
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input checked="" type="checkbox"/> Grande Incidência
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Grande Incidência
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade	
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco	
		4



Figura 50 - Trecho 13

Fonte: Arquivo próprio

ANEXO 32

Localização Trecho 14

Método Castro

Quadro 43 - Resultado trecho 14

Local	Trecho 14		
	<i>Fp</i>	<i>Fi-2</i>	<i>D-2</i>
Carbonatação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Contaminação por cloretos	10		
Corrosão de armaduras	7		
Desagregação	7		
Eflorescência	3		
Esfoliação	8		
Fissuras	10	4	100
Flechas	10		
Infiltração	6		
Manchas	5		
Segregação	5		
Fonte: Arquivo próprio		Gde	100

Nível de deterioração

Crítico

ANEXO 33

Localização Trecho 14

Método DNIT

1. LAJE		Nota Técnica:	3
Buraco (abertura)	<input type="checkbox"/> Existe	<input checked="" type="checkbox"/> É Iminente	-
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input checked="" type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade		-
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco		-



Figura 51 - Trecho 14

Fonte: Arquivo próprio

ANEXO 34

Localização 15

Método Castro

Quadro 44 - Resultado Trecho 15

Local	Trecho 15		
	<i>Fp</i>	<i>Fi-2</i>	<i>D-2</i>
Carbonatação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Contaminação por cloretos	10		
Corrosão de armaduras	7		
Desagregação	7		
Eflorescência	3		
Esfoliação	8		
Fissuras	10	2	8
Flechas	10		
Infiltração	6		
Manchas	5		
Segregação	5		
Fonte: Arquivo próprio		Gde	8

Nível de deterioração

Baixo

ANEXO 35

Localização 15
Método DNIT

1. LAJE		Nota Técnica:	4
Buraco (abertura)	<input type="checkbox"/> Existe	<input checked="" type="checkbox"/> É Iminente	-
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input checked="" type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade		-
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco		-



Figura 52 - Trecho 15

Fonte: Arquivo próprio

ANEXO 36

Localização Trecho 16

Método Castro

Quadro 45- Resultado Trecho 16

Local	Trecho 16		
	<i>Fp</i>	<i>Fi-2</i>	<i>D-2</i>
Carbonatação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Contaminação por cloretos	10		
Corrosão de armaduras	7		
Desagregação	7		
Eflorescência	3		
Esfoliação	8		
Fissuras	10	2	8
Flechas	10		
Infiltração	6		
Manchas	5		
Segregação	5		
Fonte: Arquivo próprio		Gde	8

Nível de deterioração

Baixo

ANEXO 37

Localização Trecho 16

Método DNIT

1. LAJE		Nota Técnica:
Buraco (abertura)	<input checked="" type="checkbox"/> Existe	<input type="checkbox"/> É Iminente
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input checked="" type="checkbox"/> Grande Incidência
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Grande Incidência
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade	
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco	

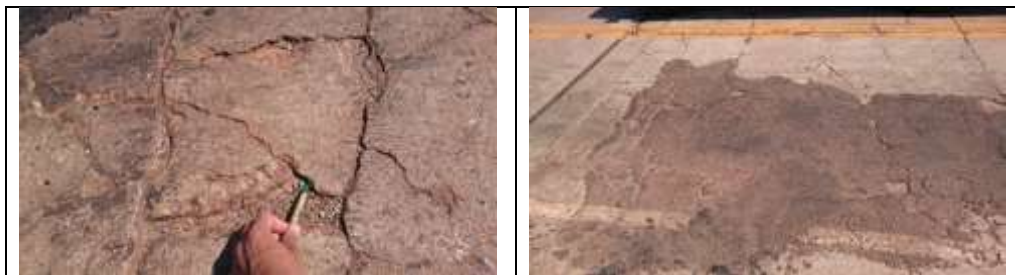


Figura 53 - Trecho 16

Fonte: Arquivo próprio

ANEXO 38

Localização Trecho 17

Método Castro

Quadro 46 - Resultado Trecho 17

Local	Trecho 17		
Danos	Fp	Fi-2	D-2
Carbonatação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Contaminação por cloretos	10		
Corrosão de armaduras	7		
Desagregação	7		
Eflorescência	3		
Esfoliação	8		
Fissuras	10	2	8
Flechas	10		
Infiltração	6		
Manchas	5		
Segregação	5		
Fonte: Arquivo próprio	Gde		8

Nível de deterioração

Baixo

ANEXO 39

Localização Trecho 17

Método DNIT

1. LAJE		Nota Técnica:	4
Buraco (abertura)	<input checked="" type="checkbox"/> Existe	<input type="checkbox"/> É Iminente	-
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input checked="" type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade		-
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco		-



Figura 54 - Trecho 17

Fonte: Arquivo próprio

ANEXO 40

Localização Trecho 18

Método Castro

Quadro 47 - Resultado Trecho 18

Local	Trecho 18		
	<i>Fp</i>	<i>Fi-2</i>	<i>D-2</i>
Carbonatação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Contaminação por cloretos	10		
Corrosão de armaduras	7		
Desagregação	7		
Eflorescência	3		
Esfoliação	8		
Fissuras	10	3	40
Flechas	10		
Infiltração	6		
Manchas	5		
Segregação	5		
Fonte: Arquivo próprio		Gde	40

Nível de deterioração

Médio

ANEXO 41

Localização Trecho 18

Método DNIT

1. LAJE		Nota Técnica:	3
Buraco (abertura)	<input type="checkbox"/> Existe	<input checked="" type="checkbox"/> É Iminente	-
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input checked="" type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade		-
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco		-



Figura 55 - trecho 18

Fonte: Arquivo próprio

ANEXO 42

Localização Trecho 19

Método Castro

Quadro 48 - Resultado Trecho 19

Local	Trecho 19		
Danos	Fp	Fi-2	D-2
Carbonatação	7		
Cobrimento deficiente	6		
Contaminação por cloretos	10		
Corrosão de armaduras	7		
Desagregação	7		
Eflorescência	3		
Esfoliação	8		
Fissuras	10	2	8
Flechas	10		
Infiltração	6		
Manchas	5		
Segregação	5		
Fonte: Arquivo próprio		Gde	8

Nível de deterioração

Baixo

ANEXO 43

Localização Trecho 19

Método DNIT

1. LAJE		Nota Técnica:	4
Buraco (abertura)	<input checked="" type="checkbox"/> Existe	<input type="checkbox"/> É Iminente	-
Armadura Exposta	<input type="checkbox"/> Muito Oxidada	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Concreto Desagregado	<input type="checkbox"/> Muita Intensidade	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte Infiltração	<input checked="" type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Marcas de Infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Grande Incidência	-
Aspecto de Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade		-
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco		-



Figura 56 - trecho 19

Fonte: Arquivo próprio