

**REDE DE ENSINO DOCTUM
UNIDADE JOÃO MONLEVADE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**KARINE JÚLIA DOS SANTOS
SUZANA COTA DRUMMOND SALVADOR**

**VISÃO DOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS DAS
PONTES FERROVIÁRIAS E ESTUDO DE CASO DA
PONTE DAMA, NO KM 24 EM JOÃO
MONLEVADE - MG**

JOÃO MONLEVADE

2018

**KARINE JÚLIA DOS SANTOS
SUZANA COTA DRUMMOND SALVADOR**

**VISÃO DOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS DAS PONTES FERROVIÁRIAS E
ESTUDO DE CASO DA PONTE DAMA, NO KM 24 EM JOÃO MONLEVADE/MG**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito para
obtenção de título de Engenheiro Civil na
Rede Doctum de Ensino, Unidade de
João Monlevade/MG.

Professor Orientador: M.Sc. Ladir Antônio
da Silva Junior


**JOÃO MONLEVADE
2018**

KARINE JÚLIA DOS SANTOS
SUZANA COTA DRUMMOND SALVADOR


VISÃO DOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS DAS PONTES FERROVIÁRIAS E
ESTUDO DE CASO DA PONTE DAMA, NO KM 24 EM JOÃO MONLEVADE

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado e aprovado para obtenção de título de bacharel Engenharia Civil da Faculdade Doctum de João Monlevade/MG.

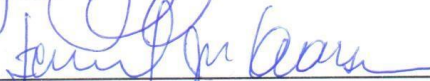
João Monlevade, 10 de Dezembro de 2018.



Professor orientador: M.Sc. Ladir Antônio da Silva Junior



Professor convidado membro da banca: M.Sc Rafael Vital Januzzi



Professor convidado membro da banca: Esp. Eduardo José Quaresma

AGRADECIMENTOS

Queremos agradecer a Deus que nos deu forças e nos permitiu realizar esse sonho. Aos nossos pais e irmãos, que com muito carinho e apoio não mediram esforços para que alcançássemos nosso objetivo. Ao meu namorado Renato (Karine) e ao meu marido Talles (Suzana), pela parceria e por estarem sempre ao nosso lado. Aos nossos familiares, pelas palavras de ânimo e orações. Agradecemos aos nossos professores, em especial ao nosso orientador Ladir Júnior, pela dedicação, paciência e pelo conhecimento transmitido ao longo do trabalho.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CCV	Custo de Ciclo de Vida
CO2	Dióxido de Carbono
CREA-PR	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – Paraná
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
KM	Quilômetro
NBR	Norma Brasileira
OAE	Obra de Arte Especial

LISTA DE FIGURAS E ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Elementos estruturais de pontes.....	19
Figura 02 - Vigas sob tabuleiro.....	20
Figura 03 - Juntas de dilatação em tabuleiros.....	20
Figura 04 - Faixas especiais.....	21
Figura 05 - Pingadeiras no tabuleiro.	22
Figura 06 - Ponte em viga simplesmente apoiada em um único vão	24
Figura 07 - Ponte em viga simplesmente apoiada com diversos vãos:.....	24
Figura 08 - Esquema de ponte em viga simplesmente apoiada extremidades em balanço.....	24
Figura 09 - Representação de uma ponte em viga contínua.....	25
Figura 10 - Representação de Ponte em viga <i>Gerber</i>	26
Figura 11 - Posição das articulações nas pontes de viga <i>Gerber</i>	26
Figura 12 - Pontes em arco	27
Figura 13 - Esquema de Pontes em Pórticos.....	28
Figura 14 - Esquema de uma ponte pênsil.....	29
Figura 15 - Ponte estaiada com cabos dispostos em leque	30
Figura 16 - Seção Transversal de Tabuleiro em Grelha.....	31
Figura 17 - Seção Transversal de um Estrado Celular.....	31
Figura 18 - Seção Transversal de um Estrado Celular.....	36
Figura 19 - Tipos e incidência de fissuras em concreto armado	44
Figura 20 - Gradação das fissuras	45
Figura 21 - Desagregação de concreto	46
Figura 22 - Segregação do concreto	46
Figura 23 - Disgregação do concreto	47
Figura 24 - Erosão do concreto	48
Figura 25 - Cobrimento insuficiente do concreto	48
Figura 26 - Eflorescência do concreto.....	49
Figura 27 - Umidade e Infiltração	50
Figura 28 - Falhas em reparos estruturais	51
Figura 29 - Fissuras causadas pela corrosão da armadura	52
Figura 30 - Corrosão da armadura	52
Figura 31 - Deformação nos aparelhos de apoios.....	53

Figura 32 - Deformações na Junta de Dilatação	54
Figura 33 - Corrosão em guarda-corpo	55
Figura 34 - Vista inferior da Ponte Dama	62
Figura 35 - Vista dos guarda corpos da Ponte	63
Figura 36 - Deslocamento do concreto	63
Figura 37 - Vista frontal do guarda-corpo	64
Figura 38 - Vista longitudinal da viga da Ponte Dama.....	66
Figura 39 - Fissura encontrada na superestrutura	66
Figura 40 - Fissura presente na superestrutura	67
Figura 41 - Aparelho de apoio	69
Figura 42 – Deformação e corrosão no aparelho de apoio	70
Figura 43 - Eflorescência do concreto.....	71
Figura 44 - Eflorescência do concreto.....	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de Fissuras.....	42
-----------------------------------	----

RESUMO

Sabe-se que o concreto armado representa um dos materiais mais importantes na engenharia estrutural, sendo que este apresenta durabilidade e resistência, como umas de suas principais características. No entanto, é material perecível, ou seja, são estruturas que se deterioram com o passar do tempo. Isso ocorre devido a diversos fatores, tais como: erros em projetos, má execução e conservação da estrutura, o que contribui para uma degradação prematura e conseqüentemente fará com que a edificação não atinja o tempo de vida útil a que foi projetada. Em conseqüência destes diversos fatores, surgem nas estruturas manifestações patológicas, prejudicando o desempenho das edificações. Estes problemas afetam a estética, a segurança, a utilização e a durabilidade das construções. O presente estudo busca tratar sobre as principais anomalias que desencadeiam patologias nas obras de arte, em especial, pontes de concreto armado com armadura passiva. O desenvolvimento do estudo de caso se dá por meio de revisão bibliográfica em teses, dissertações, livros, e demais pesquisas sobre o assunto, a fim de esclarecer detalhadamente os conceitos básicos. Além disso, é apresentado um estudo de caso prático sobre as principais anomalias em pontes ferroviárias que podem ser constatadas por meio de inspeções realizadas em obras. Após a análise são ainda, apresentadas possíveis soluções para resolução ou minimização das causas de patologias em estruturas de concreto.

Palavras-chave: Pontes. Patologias. Concreto Armado. Desempenho. Obras de Arte Especial.

ABSTRACT

It is known that reinforced concrete represents one of the most important materials in structural engineering, which presents durability and strength, as one of its main characteristics. However, it is perennial material, that is, they are structures that deteriorate with the passage of time. This is due to a number of factors, such as: design errors, poor execution and maintenance of the structure, which contributes to premature degradation and consequently will cause the building to not reach the life expectancy at which it was designed. As a consequence of these several factors, pathological manifestations appear in the structures, damaging the performance of the buildings. These problems affect the aesthetics, safety, use and durability of buildings. The present study seeks to deal with the main anomalies that trigger pathologies in works of art, in particular, reinforced concrete bridges with passive reinforcement. The development of the case study is done by means of bibliographical revision in theses, dissertations, books, and other researches on the subject, in order to clarify in detail the basic concepts. In addition, a practical case study is presented on the major anomalies in railway bridges that can be seen through on-site inspections. After the analysis they are still, present possible solutions for resolution or minimization of the causes of pathologies in concrete structures.

Key Words: Bridges. Pathologies. Armed Concrete. Performance. Works of Special Art.

SUMÁRIO

1.1 OBJETIVOS	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 ASPECTOS HISTÓRICOS E CULTURAIS DAS PONTES.....	16
2.1.1 Histórico das ferrovias	17
2.2 SISTEMAS ESTRUTURAIS PARA PONTES.....	18
2.2.1 Superestrutura.....	19
2.2.1.1 Pontes em vigas.....	22
2.2.1.1.3 Pontes em vigas Gerber.....	25
2.2.1.2 Pontes em Arco.....	27
2.2.1.3 Pontes em Pórticos	28
2.2.1.4 Pontes Pênseis	28
2.2.1.5 Pontes Estaiadas	29
2.2.1.6 Pontes em grelha	30
2.2.1.7 Pontes em estrado celular.....	31
2.2.2 Mesoestrutura	32
2.2.3 Infraestrutura	33
2.2.4 Aparelhos de apoio e juntas de dilatação.....	34
2.3 MATERIAIS UTILIZADOS EM PONTES.....	37
2.4 PATOLOGIAS EM PONTES DE CONCRETO.....	39
2.4.1 Fissuras.....	41
2.4.2 Características do concreto desagregado, segregado e disgregado	45
2.4.3 Erosão do Concreto	47
2.4.4 Cobrimento Insuficiente.....	48
2.4.5 Eflorescência.....	49
2.4.6 Umidade e Infiltração.....	49
2.4.7 Falhas em Reparos	50
2.4.8 Corrosão das Armaduras	51
2.4.9 Aparelhos de apoio	52
2.4.10 Juntas de dilatação.....	54
2.4.11 Guarda-Corpos.....	54

2.5 DIAGNÓSTICO DE PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	55
2.6 ESTUDOS DA METODOLOGIA DE INSPEÇÃO	57
2.6.1 Inspeção Cadastral	58
2.6.2 Inspeção Especial	59
3 METODOLOGIA	60
4 ESTUDO DE CASO	61
4.1 HISTÓRICO DA PONTE DAMA	61
4.2 CASO 1	62
4.2.1 Tipologia da estrutura	63
4.2.2 Resultados e Discussão	64
4.2.3 Diagnóstico da situação	64
4.2.4 Definição de conduta	65
4.3 CASO 2	65
4.3.1 Tipologia da estrutura	66
4.3.2 Resultados e Discussão	67
4.3.3 Diagnóstico da situação	67
4.4 CASO 3	68
4.4.1 Tipologia da estrutura	69
4.4.2 Resultados e Discussão	69
4.4.3 Diagnóstico da situação	70
4.4.4 Definição de conduta	71
4.5 CASO 4	71
4.5.1 Tipologia da estrutura	72
4.5.2 Resultados e Discussão	72
4.5.3 Diagnóstico da situação	72
4.5.4 Definição de conduta	73
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
REFERÊNCIAS	76
ANEXOS	82

1 INTRODUÇÃO

Desde o princípio da civilização, tem-se a preocupação com a construção de estruturas atendam às suas demandas, sejam elas habitacionais, laborais, ou de infraestrutura. Com isso, a humanidade vem acumulando uma diversidade de conhecimentos científicos que vão sendo aprimorados, a fim de melhorar o crescimento das técnicas de construção, englobando a concepção, cálculos, análise e detalhamento das estruturas, assim como a tecnologia dos materiais e respectivas técnicas construtivas.

Com o constante crescimento da construção civil houve a necessidade de inovações que trouxeram, em si, a aceitação implícita de maiores riscos. Esta aceitação, ainda que dentro dos limites permitidos, visto que existe uma diversidade de normas que direcionam grande parte dos serviços, ocasionam sérias limitações ao livre desenvolvimento científico e tecnológico, além da ocorrência de casos de imperícia e falhas inevitáveis, que podem ser constatadas em algumas estruturas que acabam por apresentar um desempenho insatisfatório, se confrontadas com as finalidades a que se propunham.

Patologia das estruturas é a área da Engenharia que abrange o estudo das origens, modos de manifestações, consequências e formas de ocorrência das falhas de deterioração das estruturas (SOUZA; RIPPER,1998, p.14).

Tratando-se de normas e regulamentos que versam do projeto e da concepção de estruturas em concreto ainda hoje vigente nas mais diferentes regiões do mundo, sabe-se que as mesmas foram elaboradas com a preocupação de garantir a obtenção da mais adequada resistência mecânica, para as diversas peças estruturais. No entanto, tais documentos acabam por limitar os riscos tecnológicos apenas ao projeto e a execução das estruturas, que em termos práticos, causa uma diminuição da importância de uma obra a estas duas primeiras etapas. Isso acabou por restringir os estudos e aprendizagem sobre a relação de esforços solicitantes, em especial em relação à fissuração, deformação e curvaturas.

Estruturas de concreto possuem vida útil duradoura, porém não são eternas, visto que, com o passar dos anos, sofrem deterioração em decorrência de diversos fatores. Quando não são bem projetadas, executadas sem esmero e não sendo observados os critérios de normas pertinentes, ou ainda não são submetidas a uma

manutenção preventiva, muito provável que não irão alcançar a durabilidade a que se espera.

Ao executar um projeto de engenharia mal detalhado, com insuficiente planejamento e controle, a equipe técnica e os operários sem qualificação adequada e prazos de execução excessivamente curtos, a estrutura de concreto resultante será quase certamente de má qualidade. Com isso irá se deteriorar de modo prematuro, o que conseqüentemente resultará em gastos com recuperação e de reforços exagerados para que suas condições de uso sejam mantidas (SOUZA; RIPPER, 1998).

Desta forma, os materiais adotados e as técnicas construtivas e de concepção estrutural devem considerar o desempenho esperado para a obra que será executada em um espaço de tempo previamente definido, tendo sempre em vista a agressividade ambiental a que a construção estará submetida.

Diante do contexto acima neste trabalho se pretende, portanto, apresentar conceitos das principais anomalias em obras, mais especificamente a obras de arte especial de ponte ferroviária da Estrada de Ferro Vitória a Minas, no trecho que compreende as cidades de João Monlevade a Rio Piracicaba-MG.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é apresentar as principais anomalias que podem desencadear Patologias em Obras de Pontes Ferroviárias de concreto armado, especificamente ressaltar as patologias identificadas por meio de inspeção em campo na Ponte Dama, localizada no KM 24, na Estrada de Ferro Vitória Minas – EFVM, no trecho compreendido entre as cidades de João Monlevade a Rio Piracicaba-MG.

Para alcançar o objetivo geral, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- a) Conceituar as principais anomalias que podem ocorrer em pontes ferroviárias de concreto armado;
- b) Demonstrar por meio de inspeção na Ponte Dama, estudos de casos sobre as Patologias identificadas;
- c) Apresentar a tipologia da estrutura, diagnóstico das Patologias identificadas e possíveis condutas a serem adotadas para resolução ou minimização das anomalias.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ASPECTOS HISTÓRICOS E CULTURAIS DAS PONTES

Santos (1998), afirma que o fato de observar a natureza desperta no ser humano ideias e soluções para problemáticas desafiadoras. Quando pedras ou árvores caíam sobre o leito dos rios, permitindo o seu atravessamento, percebeu-se uma forma de cruzar esses obstáculos. Assim, o homem começa a modelar estas ações e introduz a construção de singelos atravessamentos, derrubando árvores e movimentando pedras, surgindo assim, as primeiras pontes.

Segundo Leonhardt (1979, p. 9), a cronologia das pontes dá-se pela evolução dos métodos construtivos e tipos de materiais empregados.

O mesmo autor relata que tais espécies de instrumentos se dão nos seguintes tipos:

- Pontes de madeira: A madeira tem sido empregada desde a antiguidade na construção de pontes, inicialmente em estruturas bastante simples. Em 1758, foi construída uma ponte com 118 (cento e dezoito) metros de vãos consideráveis, que ficava sobre o Rio Reno.
- Pontes de pedra: Assim como a madeira, a pedra é utilizada em construção de pontes desde a antiguidade. Os romanos construíram inúmeras pontes com pedra, em arco semicircular com vãos de 30 (trinta) metros. Grande parte delas desabou, muitas vezes por problemas na fundação ou acabaram demolidas pelas guerras. As abóbadas foram mais abatidas na Idade Média, atingindo vãos com até 50 (cinquenta) metros.
- Pontes metálicas: As primeiras pontes metálicas surgiram no fim do século XVIII. No primeiro momento, a construção das pontes utilizada o ferro fundido como material, mas a partir de meados do século seguinte, o aço começou a ser empregado. Essa evolução deu-se pelo avanço das ferrovias, onde as cargas geradas eram mais consideráveis que as anteriores. A partir de 1850, iniciaram-se a construção de pontes em treliças, com vãos de 124 (cento e vinte quatro) metros.
- Pontes de concreto armado: No início do século XX, as primeiras pontes confeccionadas em concreto começaram a ser construídas e substituíram o uso da pedra. As estruturas eram em arco triarticulado e com concreto simples. Em 1912, começaram a utilizar vigas e pórtico de concreto armado e as pontes apresentavam vãos de até 30 (trinta) metros.

Wittfoht (1975), afirma que “desde que o homem habita este mundo, as pontes são o sinônimo de superação dos obstáculos encontrados. As pontes são a confirmação do desenvolvimento e ascendência na construção civil e também no mundo”.

Com a evolução dos métodos construtivos e dos materiais empregados, grandes avanços foram registrados. A busca pelo desenvolvimento tecnológico e

dos sistemas estruturais, assim como a estética das pontes está cada vez mais evidente.

2.1.1 Histórico das ferrovias

Com a criação de locomotivas a vapor no século XIX, os trilhos de madeira foram substituídos pelo ferro, e já desempenhavam importante papel na Europa. Em 1550, na Alemanha, já se encontravam os “wagon-ways” (vagões), trilhos construídos com madeira para transportar carga de forma mais eficiente. Esse sistema era empregado principalmente em minas de carvão (FINGER, 2013).

Com a revolução industrial, os modos de produção atingiram grande desenvolvimento, deixando a produção artesanal de lado e dando lugar ao sistema de manufatura, onde o lucro e eficácia cresciam e os custos eram reduzidos.

De acordo com Hobsbawm, (1977):

Com o aumento crescente na produção, houve uma ascensão nos processos comerciais internacionais, ampliando os ganhos dos donos dos meios de produção e incentivando gradativamente a aplicação de bens na produção do capital e na estrutura de transporte.

A história das ferrovias brasileiras se iniciou em 1835, com Diogo Feijó, com a primeira tentativa de inserção das ferrovias no Brasil, e cedeu ao governo uma carta para implantação de uma estrada de ferro do Rio de Janeiro para Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Bahia (BRINA, 1979).

Macêdo (2009), afirma que em 1840, Tomaz Cockrane, teve a autorização para ligar a ferrovia do Rio de Janeiro – São Paulo com várias regalias. Mais tarde, teve o contrato rescindido, uma vez que as obras não tiveram início.

Em 1852, Irineu Evangelista de Souza, teve a concessão do Governo Imperial para executar e explorar uma linha férrea, que ligava Rio de Janeiro à cidade de Petrópolis (DNIT, 2009).

A implantação das ferrovias brasileiras foi determinante para o estabelecimento dos traçados das linhas férreas que, inicialmente, apresentavam apenas o sentido perpendicular ao litoral. As ferrovias eram isoladas, pois não havia qualquer tipo de preocupação com a integração dos mercados internos, já que “as regiões eram relativamente autônomas em relação às mercadorias produzidas” (COELI, 2004).

A Tabela 1 apresenta a cronologia de implantação das principais ferrovias brasileiras.

Tabela 1 - Cronograma de implantação das principais ferrovias brasileiras

Ferrovia	Data de Inauguração
Recife ao São Francisco	08/02/1858
D. Pedro II	29/03/1858
Bahia ao São Francisco	28/06/1860
Santos a Jundiá	16/02/1867
Companhia Paulista	11/08/1872
Companhia Mogiana	03/05/1875
Companhia Sorocabana	10/07/1875
Central da Bahia	02/02/1876
Santo Amaro	02/12/1880
Paranaguá a Curitiba	19/12/1883
Porto Alegre a Novo Hamburgo	14/04/1884
Dona Tereza Cristina	04/09/1884
Corcovado	09/10/1884

Fonte: DNIT, 2009

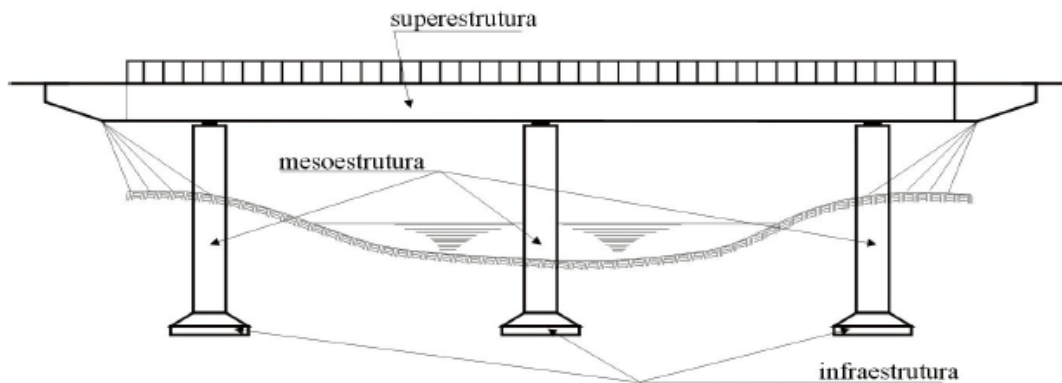
2.2 SISTEMAS ESTRUTURAIS PARA PONTES

Com o progresso dos sistemas construtivos, percebe-se grande evolução na engenharia estrutural a partir dos tempos antigos até a atualidade.

Pontes são definidas como estruturas, inclusive apoios construídos sobre uma obstrução ou depressão, tais como água, rodovias ou ferrovias, que possuem como finalidade sustentar uma pista para tráfego de veículos ou cargas móveis, que possuem um vão livre, medido na extensão do eixo da rodovia, de mais de seis metros (DNIT, 2016).

As pontes em geral são compostas dos seguintes elementos construtivos: superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura, na Figura 01 pode-se observar um esquema mostrando onde são encontrados estes subsistemas.

Figura 01 - Elementos estruturais de pontes



Fonte: Vitório, 2002.

2.2.1 Superestrutura

A superestrutura é o elemento responsável por suportar o estrado e todas as cargas que nela estão aplicadas, onde seu objetivo estrutural é transmitir a carga do estrado para os apoios. Essas estruturas são classificadas pelo modo como transmitem as cargas, podendo ser por compressão, tração, flexão ou pela combinação desses três esforços (DNIT, 2004).

Debs e Takeya (2007), afirmam que a superestrutura é o elemento da ponte destinado a vencer o obstáculo, sendo que a mesma pode ser subdividida em duas partes, sendo elas: estrutura principal e estrutura secundária.

A estrutura principal representa o sistema estrutural principal que possui a função de vencer o vão livre. Por outro lado, a estrutura secundária é composta pelo tabuleiro ou estrado, são os elementos responsáveis por receber as ações diretas das cargas e as transmitir para a estrutura principal.

Segundo o Manual de Manutenção de Obras Especiais – OAEs (DNIT, 2016), a superestrutura é a denominação do sistema formado pelo tabuleiro e o sistema de suporte principal, que por sua vez possui a função de transmitir as cargas do estrado, ao decorrer dos vãos para os apoios.

Os tabuleiros e vigas formam ainda parte deste sistema, os chamados elementos de proteção, sendo eles as faixas de segurança, a sinalização e os sistemas de drenagem.

O tabuleiro consiste em uma laje de concreto ou aço que possui como finalidade suportar diretamente a estrutura do pavimento, bem como as cargas do tráfego acima dela. As vigas, principais e secundárias, representam o conjunto de

elementos estruturais que transmitem a carga do tabuleiro para os apoios laterais ou intermediários, podendo ser de concreto armado ou protendido, ou ainda de aço, conforme exemplificado na Figura 02.

Figura 02 - Vigas sob tabuleiro



Fonte: DNIT, 2016.

Por outro lado, as juntas de dilatação são dispositivos deformáveis que possuem a finalidade de possibilitar que a estrutura se movimente entre as duas partes compreendidas, sendo elas o tabuleiro e o encontro ou entre tabuleiros em obras extensas ou estruturas múltiplas, em conformidade com as condições de segurança, durabilidade e comodidade.

Figura 03 - Juntas de dilatação em tabuleiros



Fonte: DNIT, 2016.

As lajes de transição são lajes em concreto armado, de previsão obrigatória e usadas para abranger a área problemática entre a zona de aproximação da OAE e o encontro da estrutura (DNIT, 2016).

O sistema de segurança é composto por elementos que garantam a proteção tanto de veículos como de pessoas. Integram parte deste sistema o refúgio, guarda

corpo, guarda rodas, defensas metálicas e barreiras de concreto. Os refúgios são espaços regulares a cada 10 (dez) metros, com objetivo de estabelecer segurança eventual a pedestres, durante o tráfego, sem que sejam posicionadas sobre as juntas do tabuleiro.

Já os guarda corpos compreendem elementos de proteção aos pedestres e ciclistas que possam vir a trafegar sobre as OAEs, devendo os mesmos ser posicionados lateralmente aos passeios, com largura mínima recomendável de 0,60m.

Existe ainda os guarda rodas, que consistem em elementos de concreto para realizar a condição do tráfego, os quais aliás têm caído em desuso ao serem considerados simples balizadores do tráfego e por sua vez não permitem a circulação de pedestres com segurança, (DNER, 1996), (DNIT, 2016).

As defensas metálicas correspondem aos dispositivos de proteção lateral nas rodovias, não fazem parte diretamente das OAEs, no entanto a transição entre as defensas metálicas, flexíveis da rodovia e as barreiras de concreto rígidas, das OAEs, devem ser executadas sem solução de continuidade e sem superfícies salientes, (DNER,1996), (DNIT, 2016).

As barreiras de concreto são dispositivos rígidos e de concreto armado, com a finalidade de oferecer proteção lateral de veículos. São subdivididas em:

- faixas especiais: além das faixas destinadas exclusivamente ao tráfego de veículos, as pontes podem possuir calçadas ou faixas especiais para pedestres e ciclistas, as quais possuem a função de garantir a separação dos fluxos e evitar ao máximo as interferências nos percursos de cada usuário. As faixas e calçadas devem dispor de condições adequadas de trafegabilidade, sinalização, drenagem e iluminação, conforme Figura 04;

Figura 04 - Faixas especiais



Fonte: DNIT, 2016.

- sistemas de iluminação e sinalização: estes sistemas compreendem todos aqueles destinados a identificar a obra, contendo informações uteis tais como: capacidade de carga máxima permitida, gabarito horizontal, gabarito vertical, velocidade máxima permitida, e ainda realizar a separação entre os fluxos;
- sistemas de drenagem: corresponde ao conjunto de elementos projetados com a finalidade de coletar água pluvial do tabuleiro, incluindo os elementos de captação, condução e proteção das descargas, como por exemplo as pingadeiras e os busitos, ou seja, canos posicionados com corte a 45 graus formando um duto utilizado para o escoamento da água pluvial em queda livre para fora da estrutura da ponte (Figura 05).

Figura 05 - Pingadeiras no tabuleiro.



Fonte: DNIT, 2016.

Segundo o modo que a superestrutura transmite as cargas aos apoios: por compressão, por tração, por flexão, ou pela combinação dessas três solicitações, conforme descrito por Debs e Takeya (2007), as pontes podem ser classificadas em vários tipos, conforme é descrito nos subitens a seguir.

2.2.1.1 Pontes em vigas

Este modelo é o mais utilizado, onde a estrutura reta é apoiada nas extremidades do obstáculo que se deseja transpor. O sistema de superestrutura de pontes em vigas é caracterizado por vigas longitudinais denominadas longarinas que têm como função suportar o tabuleiro onde será realizado o tráfego de pedestres ou veículos. Em muitos casos ainda são introduzidas vigas transversais (transversinas) que procuram aumentar a rigidez do sistema estrutural.

Segundo Pfeil (1983), “As pontes em vigas são classificadas de acordo com a disposição das vigas na seção transversal, ou pelo o esquema estrutural que cada viga apresenta”. O sistema estrutural pode ser definido segundo a sua seção transversal.

Pontes de grandes dimensões apresentam seção aberta, chamada de T ou I, ou seção celular, denominada como caixão. Essa diferença nas seções origina pontes distintas, onde a estrutura de cada uma delas funciona de forma diferente. Dessa maneira, as vigas T são dimensionadas diferentemente das vigas caixão (MASON, 1977).

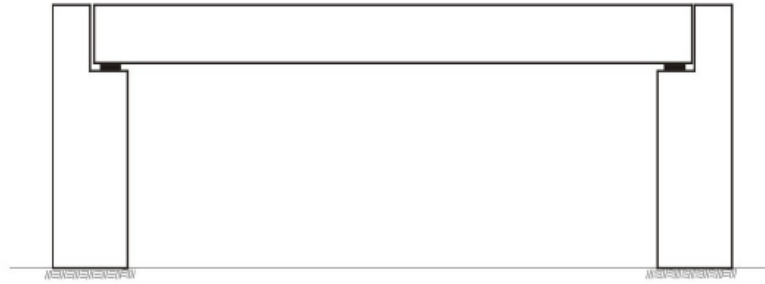
Segundo Pucher (1961), a maneira de calcular uma ponte em viga não difere dos cálculos de vigas de um prédio. Em pontes, o carregamento é classificado como permanente e móvel, onde o permanente varia de acordo com a seção transversal e do material empregado, enquanto o móvel depende da função desempenhada pela estrutura.

O estudo das cargas móveis é feito através do posicionamento do trem tipo no tabuleiro nas direções transversal e longitudinal. A solicitação do trem tipo é determinada pelo uso das linhas de influência que resultam na junção de cargas cortantes e momentos de flexão. Existem alguns tipos de pontes em vigas que serão apresentadas em sequência.

2.2.1.1.1 Pontes em vigas simplesmente apoiadas

As vigas simplesmente apoiadas apresentam seção constante ou variável e são usadas para superar um vão com um único tramo, ou em estruturas onde o vão pode ser vencido através de uma série de vigas assentes sobre apoios consecutivos, constituindo-se em solução vantajosa, na agilidade de execução e na economia, quando utilizadas peças pré-moldadas (VITÓRIO, 2002).

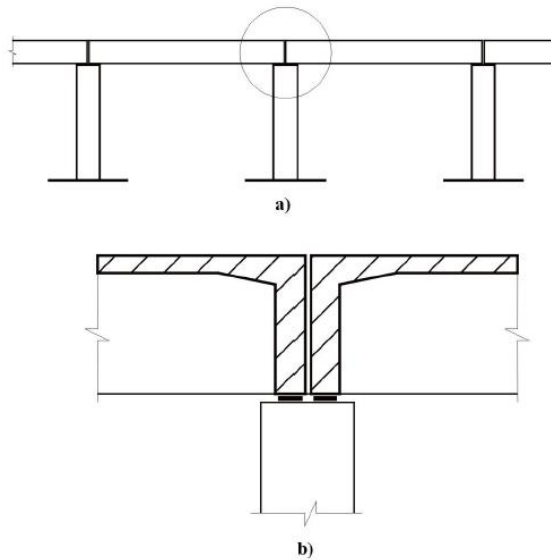
Figura 06 - Ponte em viga simplesmente apoiada em um único vão



Fonte: Vitório, 2002.

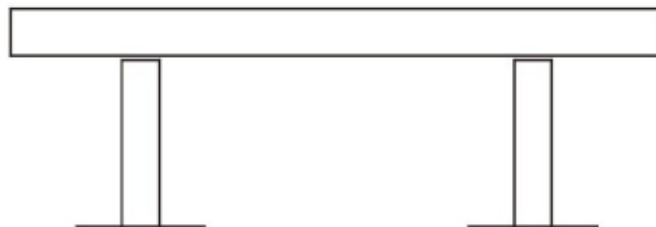
Figura 07 - Ponte em viga simplesmente apoiada com diversos vãos:

a) Esquema longitudinal; b) Detalhe dos apoios.



Fonte: Vitório, 2002.

Figura 08 - Esquema de ponte em viga simplesmente apoiada extremidades em balanço



Fonte: Vitório, 2002.

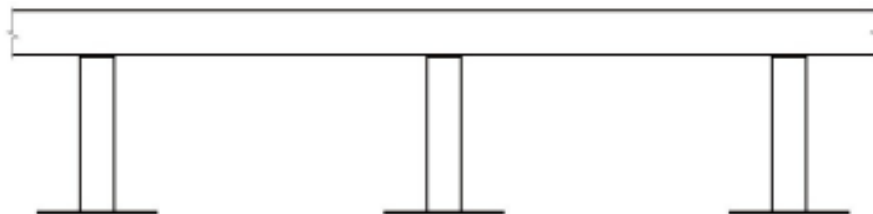
2.2.1.1.2 Pontes em vigas contínuas

As pontes em vigas contínuas (Figura 09) são bastante utilizadas pelas vantagens estéticas, podendo ter inércia constante ou variável. A inércia constante é aplicada em caso de vãos pequenos, enquanto a inércia variável é utilizada para grandes vãos, com intuito de distribuir os esforços solicitantes, bem como proporcionar uma melhor aparência para a obra, e a diminuição do peso próprio (VITÓRIO, 2002).

Segundo Ferreira (2015), o emprego de vigas contínuas possui algumas vantagens como a subtração das juntas e com ela a diminuição nos custos com conservação e manutenção. Outra vantagem é uma pista de rolamento mais homogênea, causando menos desconforto no trânsito.

Ainda, pode-se citar como benefício a maior eficácia na redistribuição dos esforços de sobrecargas e a melhoria no aspecto visual, devido à continuidade em meio os vãos.

Figura 09 - Representação de uma ponte em viga contínua



Fonte: Vitório, 2002.

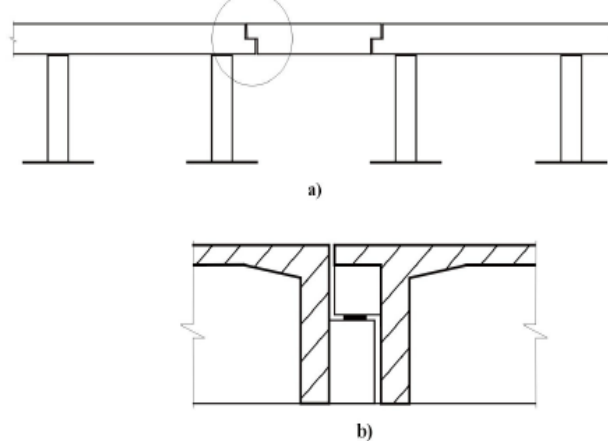
2.2.1.1.3 Pontes em vigas Gerber

As pontes em vigas *Gerber* (Figura 10) são consideradas como resultante das vigas contínuas, pela existência de articulações com o objetivo de tornar o esquema isostático, e por não receber esforços adicionais causados pelos recalques diferenciais dos apoios (DEBS e TAKEYA, 2007).

Os mesmos autores consideram que para pontes de grandes vãos, onde o peso próprio caracteriza grande parte do conjunto das cargas, as vigas *Gerber*

apresentariam um comportamento similar ao das vigas contínuas, sem sofrer a influência prejudicial dos recalques diferenciais.

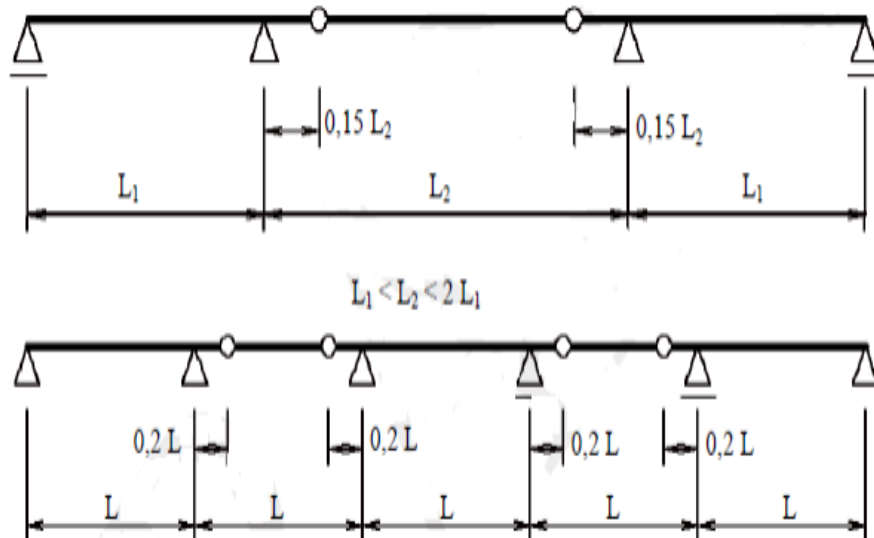
Figura 10 - Representação de Ponte em viga *Gerber*
a) Esquema longitudinal; b) Detalhe do dente *Gerber*.



Fonte: Vitório, 2002.

Debs e Takeya (2007) afirmam que as pontes de viga *gerber*, geralmente, possuem três ou cinco tramos, na posição das articulações, conforme Figura 11. Essas estruturas proporcionam métodos construtivos bem interessantes, porém necessitam de cuidado especial no detalhamento da armadura e na fase de execução, devido à limitação da seção resistente ao esforço cortante.

Figura 11 - Posição das articulações nas pontes de viga *Gerber*



Fonte: Martinelli (1971).

2.2.1.2 Pontes em Arco

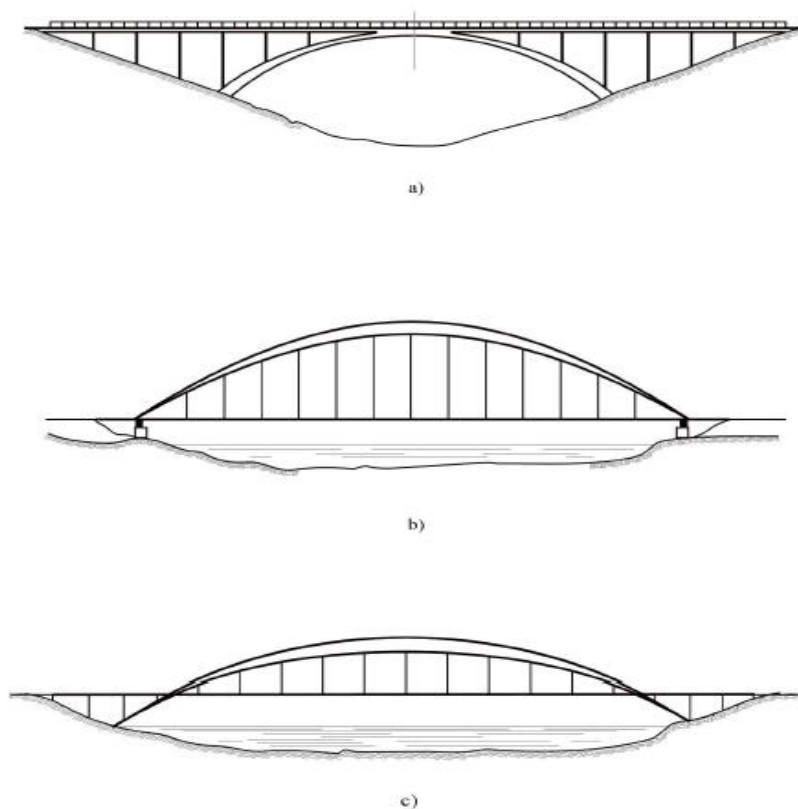
A ponte em arco (Figura 12) é o tipo mais antigo e as primeiras estruturas nesse sistema foram construídas pelos romanos aproximadamente 100 (cem) anos antes de Cristo. Devido ao seu aspecto geométrico, possibilitam o emprego do concreto simples em pontes de grandes vãos. O eixo do arco é projetado seguindo as linhas de pressão devidas à carga permanente, aproveitando a boa resistência à compressão do concreto (LEONHARDT, 1979).

O predomínio dos esforços de compressão relacionado à baixa excentricidade e a necessidade de seções reduzidas de armações faz do arco o elemento ideal para a utilização do concreto armado (DEBS e TAKEYA, 2007).

Entretanto, com o avanço do concreto protendido e dos métodos construtivos que permitiram a retirada dos escoramentos, as pontes em arcos foram substituídas pelas pontes em vigas retas protendidas (VITÓRIO, 2002).

Figura 12 - Pontes em arco

a) Com tabuleiro superior; b) Tabuleiro inferior; c) Tabuleiro intermediário.

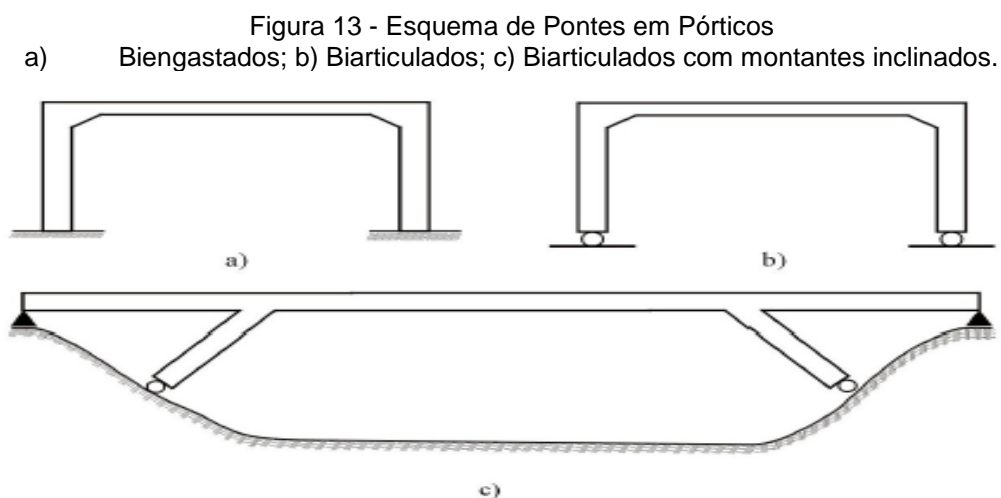


Fonte: Vitório, 2002.

2.2.1.3 Pontes em Pórticos

De acordo Debs e Takeya (2007), nas pontes em pórtico, a mesoestrutura é consolidada à superestrutura, dispensando o uso de aparelhos de apoio nos pilares e reduzindo o comprimento de flambagem dos mesmos, conforme Figura 13.

Geralmente possuem pilares e fundações inclinadas. Os pilares estão submetidos a uma grande carga de compressão e isto faz com que esta solução seja recomendada para terrenos de bom suporte de cargas (LEONHARDT, 1979).



Fonte: Vitório, 2002.

2.2.1.4 Pontes Pênseis

As pontes pênseis ou suspensas geralmente são construídas a partir de cabos utilizados para o transporte de peças e equipamentos. O tabuleiro, construído em segmentos pré-moldados, é suspenso, segmento por segmento, nos cabos. A continuidade do tabuleiro é estimulada após o lançamento de todos os segmentos (STUCCHI, 2006).

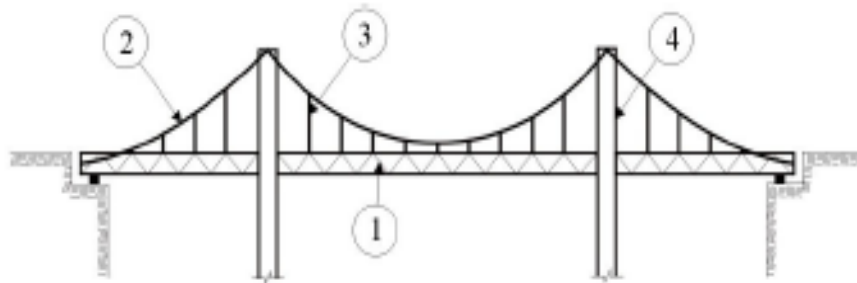
Este esquema estrutural, que pode ser considerado igual ao de uma viga atirantada em vários pontos, é empregado para vãos muito grandes (DEBS e TAKEYA, 2007).

Os vigamentos, que são em treliças ou vigas de alma cheia, devem ter grande rigidez à flexão e principalmente à torção, de modo a minimizar os efeitos dos movimentos vibratórios transversais que podem causar desconforto aos usuários ou mesmo risco à estrutura (VITÓRIO, 2002).

As pontes pênséis (Figura 14) tem sistema similar ao das pontes estaiadas, mas diferem pelos seguintes pontos:

- A ponte pênsil é suportada pela estrutura;
- Apresenta resistência apenas à flexão e torção, originados pelo carregamento e forças aerodinâmicas;
- A construção só é iniciada quando os cabos estão completos e todas as partes da estrutura estejam conectadas.

Figura 14 - Esquema de uma ponte pênsil
1-Viga Metálica; 2- Cabo Portante; 3- Pendurais de suspensão de vigamento no cabo portante; 4- Torres de apoio do cabo portante.



Fonte: Vitório, 2002

Gimsing (1983) classifica os “estágios de construção das pontes pênséis, ou suspensas, na construção dos mastros, pilares principais e blocos de ancoragem”.

Numa etapa posterior têm-se, ainda segundo Gimsing (1983, p. 489):

A instalação dos cabos principais; início da instalação da viga enrijecedora do centro para o meio do vão, quando o peso da viga é aplicado nos cabos principais ocasionando grandes deslocamentos e as juntas entre as seções da viga são, por esta razão, abertas para evitar momentos excessivos nas seções.

Por fim, têm-se a acomodação das vigas enrijecedoras nos vão laterais para reduzir os deslocamentos horizontais no topo dos mastros, bem como são conduzidas as peças de fechamento das vigas como os mastros e, como uma última fase do processo, fecha-se todas as juntas nas vigas enrijecedoras.

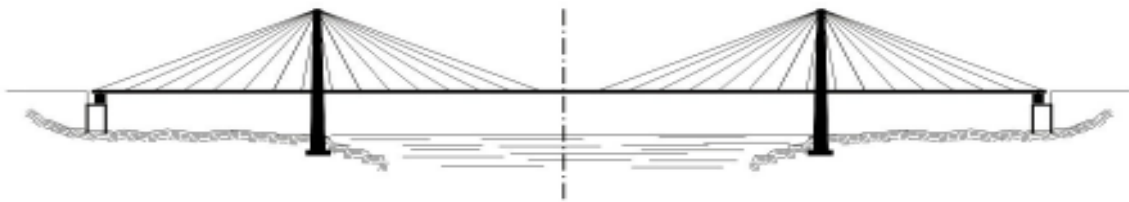
2.2.1.5 Pontes Estaiadas

Esse tipo de ponte apresenta ancoragem direta às torres de sustentação e sua estrutura é composta por um vigamento, com grande rigidez à torção, que se apoia nos encontros e torres de ancoragem, e um conjunto de estais iniciando nos acessos do vigamento com direção ao vão central, para ancorá-los e suportar o vigamento (STUCCHI, 2006).

De acordo com Mattos (2001), as torres das pontes são projetadas com grande esbeltez, pois os estais transferem pequenas forças originadas do vento e apresentam grande contribuição em relação à segurança contra a flambagem.

Vitório (2002) afirma que nas pontes estaiadas, o tabuleiro é suspenso por cabos inclinados fixos nas torres (Figura 15). Usualmente confeccionado em concreto protendido ou com materiais metálicos, o tabuleiro deve suportar os esforços de rigidez à torção, a fim de minimizar a movimentação vibratória causada pela ação do vento.

Figura 15 - Ponte estaiada com cabos dispostos em leque



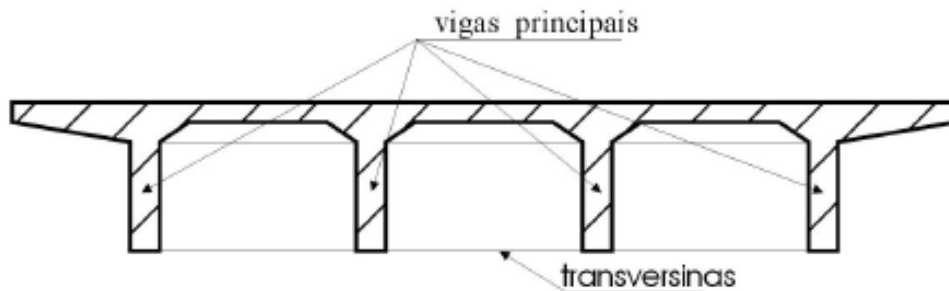
Fonte: Vitório, 2002.

2.2.1.6 Pontes em grelha

Denomina-se ponte em grelha o sistema estrutural constituído por três ou mais vigas longitudinais, com transversinas intermediárias e de apoio, conforme demonstra a Figura 16 (LEONHARDT, 1979).

As vigas transversinas fazem com que as longitudinais trabalhem em conjunto, regulando, assim, a distribuição dos carregamentos entre as demais vigas (Vitório, 2002).

Figura 16 - Seção Transversal de Tabuleiro em Grelha



Fonte: Vitório, 2002.

2.2.1.7 Pontes em estrado celular

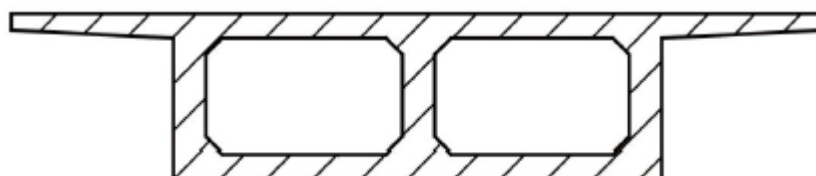
As pontes em estrado celular apresentam distribuição transversal de carga excêntrica de forma eficiente, grande rigidez e principalmente alta resistência à torção. Além disso, são dimensionadas para resistir a momentos fletores positivos e negativos, devido à existência das mesas de compressão, inferior e superior (BARBOSA, 1997).

A superestrutura é formada por duas lajes, superior e inferior, ligadas por vigas longitudinais e transversais, denominadas estrado celular ou caixão celular (Figura 17) (LEONHARDT, 1979).

Esse tipo de estrutura tem como vantagem a ordem estética, sendo caracterizada por apresentar vigas contínuas de concreto protendido. Normalmente, sua utilização é sujeita ao estudo comparativo sobre viabilidade econômica (VITÓRIO, 2002).

O mesmo autor afirma que as vigas de seção celular, em geral são protendidas, o que acaba por permitir o alcance de grandes vãos, além de apresentar melhor resistência e controle de fissuração.

Figura 17 - Seção Transversal de um Estrado Celular



Fonte: Vitório, 2002.

2.2.2 Mesoestrutura

A mesoestrutura pode ser conceituada de acordo com o Manual de Manutenção (DNIT, 2016), “como sendo o conjunto de elementos responsáveis pelo suporte da superestrutura e por sua fixação na infraestrutura, transmitindo a ela os esforços correspondentes a essa fixação”.

A mesoestrutura é o elemento estrutural constituído pelos pilares, travessas e encontros. Os encontros representam os elementos de ligação entre a ponte e a rodovia que recebem as cargas resultantes da superestrutura, e fazem a contenção dos aterros nas extremidades da obra (VITÓRIO, 2002).

De acordo com Pfeil (1979), a mesoestrutura recebe os esforços da superestrutura e os transmite à infraestrutura, em conjunto com os esforços recebidos diretamente de demais forças solicitantes da ponte, tais como pressões do vento e da água em movimento.

Vitório (2002) considera que a mesoestrutura é composta por elementos estruturais que se desenvolvem no sentido vertical e ainda inclinado, constituindo assim os apoios, cuja finalidade é transferir às fundações, as cargas da superestrutura. Os apoios intermediários se subdividem em vãos parciais ao longo da extensão da ponte.

Pfeil (1979) descreve que a mesoestrutura das pontes é constituída, portanto por pilares, cuja função consiste em transmitir as cargas da superestrutura para a infraestrutura conforme já descrito acima. A cada linha transversal da superestrutura, correspondem a dois ou mais pilares, ligados, na maioria das vezes por vigas horizontais, formando um quadro transversal.

A definição da quantidade de pilares e vigas depende de fatores como: a largura da superestrutura, altura dos pilares, a natureza da fundação, dentre outros quesitos.

Pontes constituídas por morfologias de apoio, executada por pórticos ou quadros, possuem ligações das vigas com os pilares, formando nós rígidos. Quando a superestrutura é constituída de vigas ou lajes, simples ou contínuas, suas reações são transmitidas aos pilares por meio dos aparelhos de apoio, aos quais se subdividem.

Segundo Pfeil (1979), a subdivisão entre os apoios se dá em dois tipos diferente, sendo eles em apoios que só permitem rotação da viga (rótulas), feitos de

aço, concreto ou chumbo ou, ainda, apoios que permitem rotação e translação das vigas, feitos em aço (roletes ou pêndulos), concreto armado (pêndulos) ou placas de materiais elasto-méricos.

2.2.3 Infraestrutura

A infraestrutura representa a parte da ponte que recebe as cargas da superestrutura por meio dos aparelhos de apoio e as transmite ao solo, podendo ser executada por meio de fundação direta através de blocos ou sapatas e profundas através de estacas ou tubulões (DEBS E TAKEYA, 2007).

Ainda segundo os autores supra, o aparelho de apoio é o elemento presente entre a infraestrutura e a superestrutura, com a função de transmitir as reações de apoio e permitir determinados movimentos da superestrutura.

Vitório (2002) descreve que a infraestrutura ou fundação, tem por finalidade receber as cargas da estrutura transmitindo-as para o solo.

Segundo o Manual de Manutenção de Obras de Arte Especiais – OAEs (DNIT, 2016), a infraestrutura de uma ponte corresponde ao conjunto dos elementos estruturais que recebem as solicitações provenientes das ações verticais, horizontais, longitudinais e transversais e as transmitem para a fundação, devendo as mesmas ser repassadas aos perfis de solo, ou rochas capazes de suporta-las com segurança.

As fundações são elementos estruturais com a finalidade de transmitir as cargas provenientes da mesoestrutura ao terreno onde elas estão apoiadas. Elas devem possuir resistência suficiente a fim de suportar as tensões causadas pelos esforços solicitantes.

Além disso, é de suma importância que o solo apresente resistência e rigidez adequados para não sofrer rupturas e não apresentar deformações exageradas ou diferenciais. As fundações podem ser classificadas em rasas, tipo sapatas ou blocos, e profundas, tipo estacas e tubulões.

Segundo o Manual de Manutenção (DNIT, 2016), vale ressaltar dois elementos que não são considerados como parte da estrutura, no entanto necessitam manutenções periódicas a fim de garantir que não sejam gerados comprometimentos estruturais das pontes durante a sua vida útil.

O primeiro se trata dos taludes de aterros, onde os aterros compreendem estruturas que tem a função de servir como suporte aos encontros e em grande maioria dos casos são executados com material selecionado. Estes aterros fazem parte das estruturas dos encontros, sendo que podem ou não possuir cortinas, onde, em casos de necessidade são executados taludes que precisam de proteção, especialmente se os mesmos se encontrarem próximos a cursos d'água.

Têm-se ainda as obras de controle de cursos d'água. Sabe-se que os cursos d'água são acidentes da natureza, que possuem grande dinamismo e atividade, alterando seus níveis, volumes e leitos, o que pode ocasionar inundações, e serias modificações topográficas, devendo, portanto, serem monitorados e avaliados durante a sua vida útil. Vale salientar, segundo o DNIT, 2016, que toda a estrutura que atravessa um curso de água é influenciada, no projeto, na inspeção e na manutenção pelo seu comportamento.

São projetadas obras de controle, que tentam minimizar o impacto nas OAEs, a fim de resistir a eventuais forças da correnteza, mudanças no eixo do canal principal, erosões e assoreamentos, que podem por sua vez provocar colapsos total ou parcial das estruturas.

2.2.4 Aparelhos de apoio e juntas de dilatação

Segundo Debs e Takeya (2007), denomina-se como aparelho de apoio o elemento inserido entre a infraestrutura e a superestrutura da ponte, com intuito de transmitir as reações da superestrutura para a infraestrutura, e ao mesmo tempo permitir determinados movimentos da superestrutura.

Ainda segundo Debs e Takeya (2007), faz-se importante ressaltar a definição de infraestrutura para entender a função dos aparelhos de apoio nas pontes, sendo assim compreende-se que a infraestrutura consiste no sistema da ponte que recebe a ação das reações geradas no aparelho de apoio, transmitindo-as para o solo.

A infraestrutura pode ser subdividida em dois elementos, os suportes e as fundações. Os suportes podem ser de dois tipos: pilares e encontros, denomina-se encontro o pilar situado na extremidade da ponte, na transição entre a ponte e o aterro, servindo como arrimo do solo de aterro.

Vitório (2015), afirma que a transmissão das cargas do tabuleiro para os pilares ou encontros ocorre por meio dos aparelhos de apoio. Estes podem permitir possíveis movimentos e impedir outros, conforme o tipo da estrutura e são classificados em móveis, fixos e elastoméricos.

Os aparelhos móveis são aqueles que permitem os movimentos de translação e rotação da estrutura, transmitindo apenas os esforços verticais. São constituídos por pêndulos de concreto ou rolos metálicos (VITÓRIO, 2015).

Apoios fixos permitem movimentos de torção e impedem os de translação, emitindo esforços verticais e horizontais. São utilizados na forma de articulações *Frevssinet*, ou seja, articulações fixas de concreto que consiste em uma redução de seção da peça a articular; tem, em geral, 2 cm de altura e deve trabalhar com tensões elevadas que, no entanto, não são tão empregados atualmente (VITÓRIO, 2015).

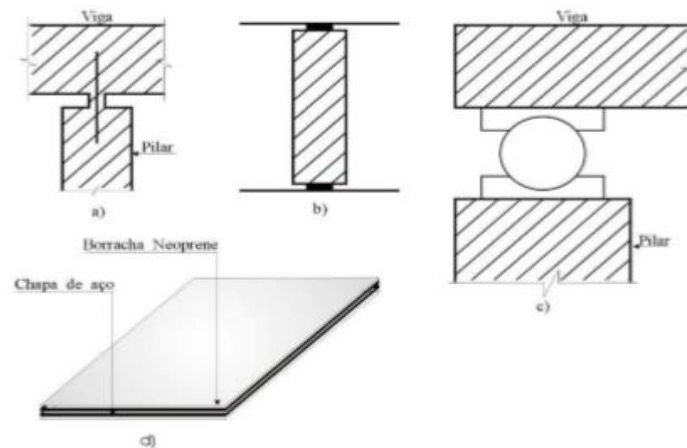
Os apoios elastoméricos são os chamados neoprene, ou seja, aparelhos elásticos de borracha, estes permitem pequenos movimentos horizontais e de rotação na estrutura. São constituídos por camadas de neoprene coladas a chapas metálicas de pequena espessura, por isso são conhecidos como aparelhos de neoprene fretado. Estes apresentam elevada resistência e grande durabilidade e são considerados uma das melhores opções em diversos projetos de pontes. (VITÓRIO, 2015).

Diversas estruturas de pontes utilizam os aparelhos de apoio de neoprene fretado, por serem econômicos, de fácil instalação, com durabilidade satisfatória e eficácia quanto à resistência aos esforços solicitantes.

Segundo Vitório (2015), este apoio é constituído por camadas de elastômero que são à base de policloropreno e de chapas de aço carbono empilhadas alternadamente e aderidas por meio de vulcanização.

A figura a seguir exemplifica cada tipo de aparelho de apoio conforme descrito acima.

Figura 18 - Seção Transversal de um Estrado Celular



Fonte: Vitório (2002).

O estudo sobre o estado de conservação dos aparelhos de apoio na estrutura da ponte é de suma importância, a fim de garantir que seu desempenho esteja em conformidade com o que se necessita.

Segundo Vitório (2015), devem ser observados os tipos de aparelho de apoio, dimensões, textura e posicionamento do aparelho em relação aos apoios e infra-dorso da estrutura; compatibilidade com as deformações internas e externas da estrutura; estado de conservação e influência da protensão.

Ao ser verificado durante uma inspeção que os aparelhos de apoio não estão desempenhando suas funções adequadamente, deve ser providenciada a substituição dos aparelhos antigos por novos, transmitindo os esforços conforme estipulados no projeto da ponte. A substituição é feita normalmente por meio de uma operação denominada macaqueamento.

Conforme a norma do DNIT 122 (2009), os aparelhos de apoio após serem instalados na estrutura da ponte, devem estar desimpedidos e capacitados a permitir todas as movimentações previstas no projeto. São classificadas quanto ao funcionamento estrutural em articulações fixas, elásticas e moveis e, quanto ao material empregado em articulações de concreto, de policloropreno, de tetraclorofluretileno, metálicas e articulações especiais.

Segundo Vitório (2015), as juntas de dilatação são elementos inseridos nas interrupções estruturais do tabuleiro, de maneira a permitir que a estrutura se movimente, devido a possíveis variações de temperatura, fluência do concreto ou retração, servindo ainda para garantir a estanqueidade ao não permitir a infiltração de água na estrutura.

Contudo, a utilização das juntas de dilatação na estrutura das pontes deve ser verificada cuidadosamente, visto que as mesmas não exercem a função de vedação, podendo causar o surgimento precoce de manifestações patológicas nas estruturas, em algumas situações em que as juntas apresentam desgastes devido por exemplo, ao tráfego, antes mesmo do término da obra.

De modo geral, quando uma junta de dilatação apresenta algum tipo de problema, a mesma deve ser substituída por outra semelhante, no entanto poderá ocorrer novamente o mesmo processo de desgaste, e conseqüentemente o reaparecimento de problemas patológicos.

A Norma DNIT 122 (2009), afirma que os materiais, especificações e o tipo das juntas de dilatação devem atender as indicações do projeto; já que são dispositivos com durabilidade limitada. As juntas estruturais devem ser reduzidas ao menor número possível, tomando o cuidado de serem utilizadas apenas as de qualidade comprovada, com certificação e garantia mínima de cinco anos pelo fabricante.

Ainda segundo a norma DNIT 122 (2009), a durabilidade das juntas de dilatação está relacionada ao seu correto dimensionamento e dos cuidados de assentamento na execução. Juntas estruturais abertas devem ser evitadas, visto que adiantam a deterioração dos aparelhos de apoio.

Uma solução já testada e que apresentou resultado satisfatório é a aplicação de lajes de continuidade ou lajes elásticas, que permitam reduzir o número de juntas estruturais. Em juntas de pequena abertura e movimentação, podem ser utilizadas juntas de vedação, perfis elastoméricos vazados; nas juntas estruturais com grandes aberturas e movimentação, utilizam-se perfis mistos de aço e policloropreno (neoprene) vulcanizado.

2.3 MATERIAIS UTILIZADOS EM PONTES

O uso das pontes faz parte da história da humanidade desde épocas mais remotas, quando os cidadãos romanos utilizavam pedras para a construção de estruturas em forma de arcos.

A substituição da madeira pelo ferro deu-se no século XIX. Posteriormente, com o aprimoramento de técnicas e materiais, surgiram pontes confeccionadas com metais e ligas metálicas, bem como em concreto armado.

O concreto representa um dos principais materiais de construção utilizados no mundo, estando presente nos diversos sistemas estruturais de maioria das edificações, portanto cabe neste contexto fazer referência sobre esse material de construção.

Nos primórdios da utilização do concreto armado, as estruturas eram projetadas utilizando experiência profissional e bom senso, onde a resistência à compressão era a principal característica controlada para este material, que durante muito tempo foi considerada a fonte única e segura das especificações de projeto (POSSAN, 2010).

Devido à sua alta resistência à compressão, o concreto transformou-se em um excelente material para construção de pontes e estruturas. Porém, devido à sua restrita resistência à tração, faz-se necessário a utilização de armaduras de aço nas zonas tracionadas. Além da resistência, o concreto apresenta como principais propriedades mecânicas elasticidade, fluência, isotropia, aumento de resistência (DNIT, 2004).

Inicialmente, o concreto armado foi utilizado nas lajes dos tabuleiros e em seguida nas nervuras dos arcos. Cerca de uma década depois, as pontes em vigas e pórticos eram construídas com vãos de até 30 metros.

No mesmo período, pontes em arco de concreto armado atingiam vãos cada vez maiores, como foi o caso da ponte de Sandö, na Suécia (VITÓRIO, 2002).

Ao decorrer dos anos, sobreviera diversas mudanças nas características dos materiais de construção, bem como no ambiente de exposição das estruturas e nos procedimentos de cálculos estruturais. Com isso, verificou-se que o concreto armado apresentava certas limitações e que apenas por meio de parâmetros de resistência era insuficiente para atender às exigências de projeto.

Daí surge então novos conceitos como o da durabilidade das estruturas e dos seus materiais constituintes, aliando tal conceito ao desempenho das estruturas, ou seja, seu comportamento quando utilizada.

Debs e Takeya (2007) destacam sobre a facilidade de utilização do concreto, já que o material pode ser moldado *in loco* ou pré-moldado (total ou parcial). Para os processos com moldagem no local, o cimbramento, conhecido como estrutura de

suporte das fôrmas, pode ser fixo ou móvel, já o processo pré-moldado utiliza peças com comprimento suficiente para vencer os vãos, dispensando o cimbramento.

Vitório (2002), afirma que o concreto armado atingiu um elevado padrão de qualidade, devido ao aprimoramento do seu controle tecnológico e da sofisticação dos processos de dimensionamento estrutural. As limitações existentes para a sua utilização em grandes vãos nas superestruturas de pontes foram superadas com o advento do concreto protendido, continuando o concreto armado a ser largamente utilizado nas fundações e mesoestruturas. Nas superestruturas ele é economicamente competitivo para vigas com vãos máximos da ordem de 20 metros.

Segundo a Revista Técnico Científica do Conselho de Engenharia e Agronomia do Paraná (CREA-PR) (2013), em se tratando de sustentabilidade, há de se considerar os conceitos de qualidade (durabilidade), funcionalidade e Custo de Ciclo de Vida (CCV), e impacto ambiental das estruturas. Ou seja, o projeto de uma estrutura deve buscar equilíbrio entre esses três fatores, o que irá fazê-lo atingir o grau de excelência.

Contudo, para se alcançar esse equilíbrio é fundamental que as estruturas sejam projetadas com elevada vida útil, pois quanto maior ela for menor serão os recursos essenciais para a construção de novas estruturas.

2.4 PATOLOGIAS EM PONTES DE CONCRETO

Devido ao elevado crescimento da construção civil, houve a exigência de inovações, o que, no entanto, acabou por influenciar na aceitação de maiores riscos, ainda que dentro de certos limites. Com isso, o registro de erros nas diversas etapas de um projeto foi aumentando consideravelmente, tendo como resultado principal a prematura deterioração de estruturas.

Estes fatores, segundo Souza & Ripper (1998), consistem na deterioração estrutural. Suas origens podem ser as mais variadas possíveis, como o envelhecimento natural da estrutura, ou até devido a irresponsabilidades técnicas.

Entende-se por patologia das estruturas a área da Engenharia que abrange o estudo das origens, modos de manifestações, consequências e formas de ocorrência das falhas de deterioração das estruturas.

No entanto, a Patologia das Estruturas não é apenas um novo campo na identificação das anomalias, mas também no que se refere à elaboração do projeto das estruturas, e a própria formação do engenheiro civil (SOUZA; RIPPER, 1998).

O termo patologia, no contexto da Construção Civil, está alinhado com a definição encontrada na medicina, na qual estudam-se as origens, os sintomas e a natureza das doenças. Patologias são todas as manifestações cuja ocorrência no ciclo de vida da edificação venha prejudicar o desempenho esperado do edifício e suas partes, como os subsistemas, elementos e componentes.

Por muito tempo o concreto foi visto como material extremamente durável, por obras muito antigas ainda se encontrarem em bom estado, porém a deformação de estruturas recentes remete aos porquês das patologias do concreto (BRANDÃO & PINHEIRO, 1999).

De acordo com Piancastelli (1997), o concreto armado, é conceituado como um material não inerte que está sujeito a alterações ao longo da sua vida útil, devido a interações entre seus elementos constitutivos como cimento, areia, brita, água e aço, interações entre esses e agentes externos como ácidos, bases, sais, gases e outros, somado a materiais que lhe são adicionados como aditivos e adições minerais.

As manifestações patológicas podem ocorrer em qualquer fase da edificação, mas levando em consideração que cada fase terá um fator responsável. A ocorrência de fenômenos naturais imprevisíveis também podem ser causas de manifestações patológicas. Caso isso ocorra, a responsabilidade será das apólices de seguros, se a edificação for assegurada (AZEVEDO, 2011).

Em geral as anomalias são divididas em três fases das etapas construtivas, sendo patologias geradas na etapa de concepção, na construção e na execução da estrutura.

Souza & Ripper (1998), mencionam que durante a etapa de concepção da estrutura podem ocorrer diversas falhas, sendo que estas são provenientes desde o momento do estudo preliminar, ou na elaboração do projeto final de execução da obra.

No período de construção, todos os cuidados devem ser tomados para que ocorra um bom andamento das atividades, deve conter ainda correta caracterização da obra, uma programação adequada das atividades a serem executada, alocação

da mão de obra necessária, definição do layout do canteiro e levantamento de materiais e insumos para a obra.

Depois de finalizadas as etapas de concepção e execução, mesmo que estas tenham sido executadas com qualidade, não significa que a edificação não apresentará problemas patológicos. Estas podem surgir em função da utilização incorreta ou falta de um programa de manutenção adequado. (SOUZA; RIPPER, 1998).

A seguir, faz-se necessário apresentar os principais tipos de anomalias encontradas em pontes de concreto. Esses fenômenos são, em geral, manifestados por meio dos principais tipos de ocorrência mencionados nos tópicos seguintes.

2.4.1 Fissuras

As fissuras são consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto, sendo o dano de ocorrência mais comum e aquele que, a par das deformações muito acentuadas, mais chama a atenção dos leigos, proprietários e usuários aí incluídos, para o fato de que algo de anormal está a acontecer (SOUZA; RIPPER, 1998).

Em todas as construções, que tem sua estrutura executada em concreto, fissuras podem surgir depois de anos, dias ou mesmo horas. As causas são variadas e de difícil diagnóstico. O termo fissura é utilizado para designar a ruptura ocorrida no concreto sob ações mecânicas ou físico-químicas (FIGUEIREDO, 1989).

A fissuração é o tipo de patologia que mais ocorre, ou pelo menos a que chama mais atenção dos proprietários (SOUZA; RIPPER, 1998). As trincas podem começar a surgir, de forma congênita, logo no projeto arquitetônico da construção.

Os profissionais ligados ao assunto devem se conscientizar de que muito pode ser feito para minimizar o problema, pelo simples fato de reconhecer que as movimentações dos materiais e componentes das edificações civis são inevitáveis (THOMAZ, 1989).

Segundo Vitório (2003, p. 25), as fissuras classificam-se de acordo com sua espessura, como:

Fissura é uma abertura em forma de linha que aparece nas superfícies de qualquer material sólido, proveniente da ruptura sutil de parte de sua massa, com espessura de até 0,5mm. Trinca é uma abertura em forma de linha que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de

evidente ruptura de parte de sua massa, com espessura de 0,5mm a 1,00mm. Rachadura é uma abertura expressiva que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de acentuada ruptura de sua massa, podendo-se “ver” através dela e cuja espessura varia de 1,00mm até 1,5mm. Fenda é uma abertura expressiva que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de acentuada ruptura de sua massa, com espessura superior a 1,5mm.

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), as fissuras são consideradas agressivas quando sua abertura na superfície do concreto armado ultrapassa os seguintes valores de “0,2 mm para peças expostas em meio agressivo muito forte (industrial e respingos de maré); 0,3 mm para peças expostas a meio agressivo moderado e forte (urbano marinho e industrial); 0,4 mm para peças expostas em meio agressivo fraco (rural e submerso)”.

Ainda segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), a fissuração em elementos de concreto armado é inevitável, devido à grande variabilidade e à baixa resistência do concreto à tração; mesmo sob as ações de utilização, valores críticos de tensões de tração são atingidos.

Visando obter bom desempenho relacionado à proteção das armaduras quanto à corrosão e à aceitabilidade sensorial dos usuários, busca-se controlar a abertura dessas fissuras. Além disso, após seu surgimento e evolução, as fissuras apresentam aberturas que variam ao longo do tempo, conhecidas como fissuras ativas, ou aberturas estabilizadas, denominadas fissuras inativas e estáveis.

Com base no Glossário das Anomalias da Vale (2005), no Quadro 1, pode-se descrever a classificação e descrição dos tipos de fissuras.

Quadro 1 - Tipos de Fissuras

Classificação	Descrição
Fissuras por recalque diferencial da fundação	São originadas pelo deslocamento ou rotação diferencial dos apoios de uma estrutura, decorrente de um comportamento não previsto do terreno de suporte, subdimensionamento das estruturas de fundação, má execução das mesmas ou, de carregamentos não previsto na estrutura.
Fissuras de cisalhamento	São decorrentes das tensões principais de tração no plano de atuação das cargas sobre a peça. É mais comum de ser constatado em almas de vigas e em paredes e é causado principalmente por sobrecargas não previstas, armaduras insuficientes ou mal posicionadas ou ainda por concreto de resistência inadequada.

Classificação	Descrição
Fissuras de Flexão	São ocasionada por armadura insuficiente ou mal posicionados, comprimentos de ancoragem insuficientes, desforma precoce da peça, sobrecargas não previstas, entre outros fatores. As fissuras de flexão aparecem nas faces tracionadas das peças e progridem verticalmente, diminuindo de abertura até desaparecer na zona de compressão da peça.
Fissuras por reações internas do concreto (ex: Reação Álcalis-agregado)	São causadas por reações químicas envolvendo os agregados e o cimento propriamente dito, ou a pasta de cimento, resultando em expansão, desagregação, etc. O quadro típico de manifestação é um processo progressivo com a formação de fissuras em todas as direções.
Fissuras de tração	Podem ocorrer ao longo de peças que trabalham como tirantes e pendurais, tendendo a seccionar a seção transversal das mesmas, e em vigas e paredes suportes de outros elementos estruturais, junto aos apoios dos mesmos. Eles se manifestam na direção perpendicular à de aplicação das cargas de tração e são geralmente causadas por insuficiência de armadura para absorver estas cargas.
Fissuras de punção	São causadas em geral por excesso de cargas concentradas, em elementos com espessuras delgadas, concreto de resistência inadequada, armaduras insuficientes e/ ou mal posicionadas, entre outros fatores. A configuração típica é tronco-cônica contornando a carga concentrada, em forma de teia de areia, em planta.
Fissuras de Fendilhamento	São fissuras de tensões de tração do concreto provocadas pela tendência de uma carga concentrada; pela transferência do esforço de uma barra ancorada no concreto adjacente; na transferência de esforços entre barras emendadas por trespasse. Estas fissuras são no mesmo plano e na direção de aplicação da carga e se manifestam em geral junto à ancoragem de cabos de protensão e junto aos pontos onde as cargas concentradas estão atuando. São geralmente causadas por insuficiência de armadura frente às tensões localizadas de tração. Apresenta abertura variável, sendo mais aberta a uma distância de aproximadamente metade da maior dimensão da seção transversal da peça.

Por meio de suas pesquisas sobre as fissuras em estruturas de concreto armado, Dal Molin (1988), detectou as principais causas de fissuras, com as suas respectivas incidências. Na Figura 19 são apresentadas as principais causas das fissuras.

Figura 19 - Tipos e incidência de fissuras em concreto armado



Fonte: DAL MOLIN (1988).

A gradação das fissuras é determinada pela dimensão da sua abertura média na superfície de concreto, como pode ser observado na Figura 20. A faixa de variação padrão das aberturas de fissuras compreende:

- gradação 1: abertura $\geq 0,10\text{mm}$ a $\leq 0,5\text{mm}$;
- gradação 2: abertura $> 0,5\text{mm}$ a $\leq 1,0\text{mm}$;
- gradação 3: abertura $> 1,0\text{mm}$.

Figura 20 - Gradação das fissuras



Fonte: Glossário das Anomalias, Ensaios e Metodologias de Recuperação de Obras de Arte Especial, 2005.

2.4.2 Características do concreto desagregado, segregado e disgregado

A desagregação do material é um fenômeno que frequentemente pode ser observado nas estruturas de concreto, causados por diversos fatores, na maioria dos casos, em conjunto com a fissuração. Deve-se entender como desagregação a própria separação física de placas ou fatias de concreto, com perda de monolitismo e, na maior parte das vezes, perda também, da capacidade de engrenamento entre os agregados e da função ligante do cimento (SOUZA, RIPPER; 1998).

As primeiras causas da desagregação do concreto são a lixiviação, principalmente se a superfície apresentar um grau insuficiente de compacidade (alta porosidade); o ataque proveniente de chuva ácida e o ataque químico externo originado de atmosfera agressiva e, ou, lençol freático contaminados.

Burim (2009) afirma que, em geral, a desagregação deve-se pela expansão devido à oxidação ou dilatação das armaduras, e também pelo aumento de volume do concreto quando este absorve água. Pode ocorrer também devido às movimentações estruturais e choques, conforme Figura 21.

Figura 21 - Desagregação de concreto



Fonte: Glossário das Anomalias, Ensaios e Metodologias de Recuperação de Obras de Arte Especial, (2005)

Por segregação do concreto, entende-se como sendo uma concentração heterogênea dos componentes da mistura do mesmo, resultando em uma massa não uniforme e via de regra, não coesa.

As principais origens do fenômeno da segregação são baixa trabalhabilidade do concreto, a insuficiência no transporte, lançamento e adensamento, e, por fim, alta densidade de armaduras ou agregado de maior diâmetro.

Segundo Marcelli (2007), apesar da importância mostrada com relação à vibração do concreto, deve-se ter em mente que o excesso de vibração pode ser pior do que a falta de vibração, uma vez que pode ocasionar uma segregação dos agregados e afloramento superficial da água de hidratação do cimento. Isso costuma ocorrer quando se trata de concreto aparente e o operário vibra além do necessário na tentativa de conseguir uma superfície bem lisa. A Figura 22 mostra uma estrutura onde ocorreu a segregação.

Figura 22 - Segregação do concreto



Fonte: Glossário das Anomalias, Ensaios e Metodologias de Recuperação de Obras de Arte Especial, 2005.

A disgregação do concreto é um fato no qual o cimento vai sendo retirado pela ação externa da água ficando, conseqüentemente, os agregados livres da união que lhes proporciona a pasta (AMBROSIO, 2004).

Segundo Piancastelli (1997), a disgregação inicia-se, geralmente, com a alteração da coloração do concreto. A seguir surgem fissuras cruzadas em todas as direções, que aumentam rapidamente de abertura, devido à expansão da pasta de cimento. Um abaulamento da superfície do concreto pode também ser observado.

Nesse fenômeno, manifestam-se a corrosão das armaduras, quando o esforço for de origem interna e por fatores externos sofridos pela estrutura de concreto, causando-lhe rupturas por choque ou impacto acidental, provocando lascas, principalmente em quinas de peças e saliências, como pode ser observado na Figura 23.

Figura 23 - Disgregação do concreto



Fonte: Glossário das Anomalias, Ensaios e Metodologias de Recuperação de Obras de Arte Especial (2005).

2.4.3 Erosão do Concreto

A ação abrasiva pode ser conseqüência da atuação de diversos agentes, sendo os mais comuns o ar e a água, que carregam partículas ocasionando à abrasão, como também veículos que passam sobre pistas de rolamento, o impacto das ondas, dentre outros fatores.

A ação das partículas carregadas pela água geralmente ocasiona a erosão, cuja intensidade dependerá da quantidade, forma, tamanho e dureza das partículas

em suspensão, da velocidade e do turbilhamento da água ou do ar (SOUZA, RIPPER; 1998). A Figura 24 mostra os danos causados pela erosão do concreto.

Figura 24 - Erosão do concreto



Fonte: Glossário das Anomalias, Ensaios de Recuperação de Obras de Arte Especial (2005).

2.4.4 Cobrimento Insuficiente

Um dos principais problemas patológicos causados por deficiência ou mesmo na colocação das armaduras refere-se ao cobrimento de concreto insuficiente (Figura 25), o que facilita a implantação do processo de deterioração, tal como a corrosão das armaduras ao propiciar acesso mais direto dos agentes agressivos externos.

Figura 25 - Cobrimento insuficiente do concreto



Fonte: Glossário das Anomalias, Ensaios de Recuperação de Obras de Arte Especial (2005).

2.4.5 Eflorescência

Eflorescência são formações salinas nas superfícies das paredes, trazidas de seu interior pela umidade. Apresenta-se com aspecto esbranquiçado à superfície da pintura ou reboco, conhecida como criptoflorescência, ou seja, formação de cristais no interior da parede ou estrutura pela ação de sais (SHIRAKAWA, 1995).

“A água pura da condensação da neblina ou do vapor d’água e a água mole da chuva contém pouco ou nenhum íon de cálcio. Quando estas águas entram em contato com a pasta de cimento Portland, tendem a hidrolisar ou dissolver os produtos que contém cálcio. Tecnicamente, a hidrólise da pasta de cimento continua até que a maior parte do hidróxido de cálcio tenha sido retirada por lixiviação. Com isso, os constituintes cimentícios da pasta de cimento endurecida ficam susceptíveis à decomposição química. Esse processo, conseqüentemente, reflete em géis de sílica e alumina com pouca ou nenhuma resistência. Além da perda de resistência, a lixiviação do hidróxido de cálcio do concreto pode ser considerada indesejável por razões estéticas. Frequentemente, o produto lixiviado interage com o CO₂ presente no ar e forma uma crosta esbranquiçada de carbonato de cálcio na superfície. O fenômeno é conhecido por eflorescência (Mehta e Monteiro, 2008).”

A origem da eflorescência consiste na penetração no concreto, pelo dióxido de carbono (CO₂), procedente do ar. Esse fator ocorre quando concreto é permeável, poroso e sua superfície apresenta fissuras ou segregação. A figura 26 exemplifica tal patologia.

Figura 26 - Eflorescência do concreto



Fonte: Glossário das Anomalias, Ensaios de Recuperação de Obras de Arte Especial (2005).

2.4.6 Umidade e Infiltração

A NBR 9575 (ABNT; 2010) define impermeabilização como “conjunto de operações e técnicas construtivas (serviços), compostos por uma ou mais camadas, que tem por finalidade proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de

vapores e da umidade”. Segundo Righi (2009) a impermeabilização é de extrema importância para as construções, pois, aumenta a vida útil da edificação.

Mesmo exercendo essa importância, para o bom desempenho dos imóveis verifica-se que grande parte dos problemas patológicos que surgem no decorrer dos anos nas edificações, são originados direta ou indiretamente pela falta de adoção dos procedimentos adequados para a impermeabilização, o que implica, além dos transtornos conhecidos para os usuários, em grandes prejuízos econômicos e financeiros devidos à prematura deterioração e a diminuição da vida útil dos empreendimentos, como pode ser observado na Figura 27.

Entre os principais fatores para ocorrência da infiltração e/ou umidade, podemos citar:

- tensores de formas não retirados ou mal preenchidas após a desforma;
- concreto poroso ou segregado;
- execução inadequada de juntas de dilatação;
- falhas das juntas de dilatação;
- falhas na estanqueidade de canaletas de drenagem;
- vazamentos através de buzinotes e insertos metálicos.

Figura 27 - Umidade e Infiltração



Fonte: Glossário das Anomalias, Ensaio de Recuperação de Obras de Arte Especial (2005).

2.4.7 Falhas em Reparos

Este tipo de patologia (Figura 28) pode ser encontrado em reparos executados em períodos antigos, por defeitos congênitos ou perda de durabilidade do material de reparo.

Com relação à causa para estas ocorrências, pode-se citar término da vida útil do material utilizado no reparo; má execução do reparo; ineficiência do procedimento adotado; e utilização de material inadequado para o tipo de reparo executado.

Figura 28 - Falhas em reparos estruturais



Fonte: Glossário das Anomalias, Ensaios de Recuperação de Obras de Arte Especial (2005).

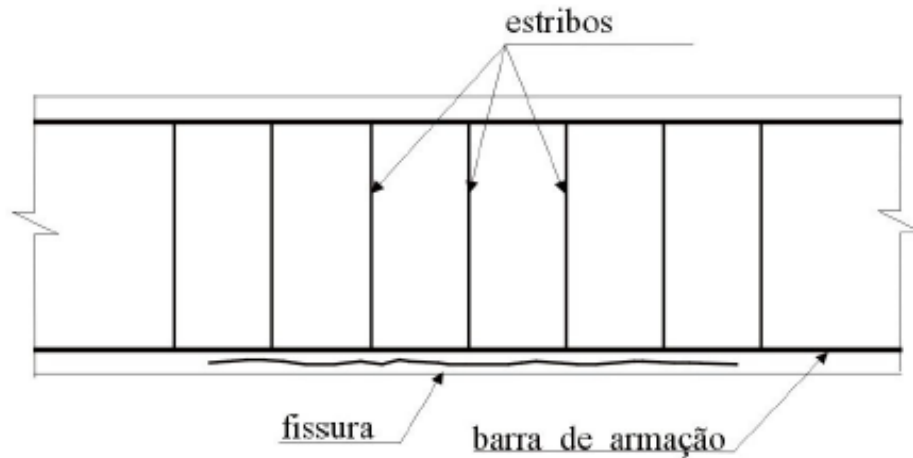
2.4.8 Corrosão das Armaduras

Gentil (1987) refere que, "a corrosão poderá ser entendida como a deformação do material, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente, aliada ou não a esforços mecânicos".

Esse processo é perceptível, já que os produtos da corrosão apresentam forte coloração vermelho-marrom-acastanhada e, acabam escorrendo pela superfície do concreto e manchando-o.

Ao produzir-se por efeito da corrosão óxido expansivo, com aumento de volume de aproximadamente oito a dez vezes do volume original, criam-se fortes tensões no concreto, que levam a que este se rompa por tração, apresentando fissuras que seguem as linhas das armaduras principais (Figura 29) e, inclusive, dos estribos, se a corrosão foi muito intensa (CÁNOVAS, 1988).

Figura 29 - Fissuras causadas pela corrosão da armadura



Fonte: Vitório (2002).

Para Cascudo (1997), os principais agentes agressivos que desencadeiam a corrosão das armaduras são a ação dos íons cloretos (corrosão localizada por pite) e redução de PH do aço (corrosão generalizada → carbonatação) e corrosão localizada sobre tensão fraturante.

A Figura 30 mostra danos causados pela corrosão das armaduras.

Figura 30 - Corrosão da armadura



Fonte: Glossário das Anomalias, Ensaio e Metodologias de Recuperação de Obras de Arte Especial (2005).

2.4.9 Aparelhos de apoio

Os problemas que atingem os aparelhos de apoio dependem do tipo de aparelho e estão relacionados a falhas de concepção, falhas de fabricação; posicionamento, que pode ocorrer em quaisquer tipos de aparelhos de apoio;

corrosão; deterioração, causada por ataque de qualquer substância agressiva ou mesmo decorrente do envelhecimento do material; deslocamento excessivo; obstrução, por deposição de detritos causada pela falta de limpeza ou por existência de concreto, nata ou argamassa não removidos por ocasião da execução, podendo prejudicar o funcionamento dos aparelhos de apoio; superfícies de contato inadequadas; esmagamento; umidade; esforços não previstos.

Os aparelhos de apoios elastoméricos têm grande capacidade para sobreviver à falta de manutenção e é muito raro que entrem em colapso total; entretanto, podem tornar-se prematuramente inservíveis devido a uma série de causas (DNIT, 091/2006).

Já os aparelhos de apoio metálicos apresentam articulações fixas, que possuem cavidades usinadas e lubrificadas onde se encaixa o rolete ou articulações móveis, que possuem um ou mais roletes entre chapas planas (DEBS e TAKEYA; 2009). A Figura 31 exemplifica deformações nos aparelhos de apoio.

Figura 31 - Deformação nos aparelhos de apoios



Fonte: Glossário das Anomalias, Ensaios de Recuperação de Obras de Arte Especial (2005).

2.4.10 Juntas de dilatação

Segundo o Glossário Técnico (2005), quando defeituosas, as juntas impedem ou restringem o movimento decorrente da dilatação térmica prevista para as estruturas, podendo originar tensões superiores àquelas projetadas para serem absorvidas, como pode ser observado na Figura 32.

As causas de defeitos em juntas de dilatação estão normalmente ligadas a ruptura das bordas do concreto (esborcinamento); trincamento ou fendilhamento do concreto adjacente; bloqueamento, obstrução ou cobrimento; posicionamento inadequado; distorção; desnivelamento das bordas; rotação; falta de limpeza; falha no funcionamento da junta por erro de execução ou de concepção.

De acordo com Souza & Ripper (1998), a ausência ou a má utilização de juntas de dilatação nas estruturas, querem peças de concreto armado, quer nas de alvenaria estrutural, é um dos fatores que invariavelmente lhes trazem problemas, em particular como resultado do comportamento ecológico do concreto.

Figura 32 - Deformações na Junta de Dilatação



Fonte: Glossário das Anomalias, Ensaios de Recuperação de Obras de Arte Especial (2005).

2.4.11 Guarda-Corpos

Guarda-corpos são elementos de proteção, exclusivamente a pedestres; podem ser constituídos de elementos pré-moldados de concreto ou de módulos metálicos (DNIT, 2009). A Figura 33 exemplifica alterações nos guarda-corpos.

Figura 33 - Corrosão em guarda-corpo



Fonte: Glossário das Anomalias, Ensaios de Recuperação de Obras de Arte Especial (2005).

2.5 DIAGNÓSTICO DE PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

O diagnóstico das patologias presentes nas estruturas representa uma fase de suma importância no processo. É através dele que será definido o sucesso ou fracasso da metodologia que será empregada como tratativa. Inspeccionar, avaliar e diagnosticar as patologias da construção são tarefas que devem ser realizadas sistematicamente e periodicamente, de modo que os resultados e ações de manutenções devem cumprir efetivamente a reabilitação da construção, sempre que for necessária (GRANATO, 2002).

Um diagnóstico equivocado resultará em intervenções que não conseguirão curar a enfermidade, e ainda dificultarão análises e estudos futuros, além do inútil gasto de dinheiro (LAPA, 2008).

Segundo Helene (1993), o diagnóstico é a identificação e descrição do mecanismo, das origens e das causas responsáveis pela patologia encontrada em uma estrutura ou elemento estrutural.

A constatação de manifestações patológicas pode decorrer tanto de um sintoma externo evidente, ou de uma vistoria cuidadosa efetuada dentro de um programa rotineiro de manutenção. A fase do levantamento de dados é extremamente importante, pois é esta etapa que fornecerá subsídios necessários para que a análise possa ser feita corretamente.

Em certos casos, é possível realizar um diagnóstico das falhas das construções apenas por meio visual, entretanto, em outros casos o problema é mais complexo, sendo necessário verificar o projeto, investigar as cargas a que foi submetida à estrutura; analisar detalhadamente a forma como foi executada a obra e, inclusive, como esta manifestação patológica reage diante de determinados estímulos. Dessa forma, é possível identificar a causa destes problemas, corrigindo-os para não se manifestarem novamente (ARIVABENE, 2015).

Segundo Lapa (2008), quanto mais cedo à enfermidade for detectada, menor terá sido a perda de desempenho, e mais simples e barato será o tratamento. Sitter (1983) completa dizendo que, adiar um tratamento significa aumentar os custos numa progressão geométrica de razão igual a cinco (regra dos cinco).

Um método conhecido e disponível segundo Lichtenstein (1985) para se diagnosticar falhas nas construções é o método de que compreende três partes, sendo elas: o levantamento de subsídios, o diagnóstico da situação e a definição da conduta.

O levantamento de subsídios é a etapa onde as informações essenciais e suficientes para o entendimento completo das manifestações patológicas são organizadas. Estas informações são obtidas através de três formas: vistoria do local, levantamento do histórico do problema e do edifício e o resultado das análises (LICHTENSTEIN, 1985).

Lichtenstein (1985) ressalta que o processo de diagnóstico da situação constitui na contínua redução da incerteza inicial pelo progressivo levantamento de dados. Lapa (2008) salienta que os dados devem ser colhidos ordenadamente, até que seja possível fazer-se o diagnóstico e que a coleta desordenada e excessiva de dados pode criar dificuldades e, até mesmo, desviar o patologista do caminho certo.

A escolha da conduta, de acordo com Lichtenstein (1985), representa a etapa que tem como foco detalhar o trabalho a ser executado a fim de resolver o problema, incluindo a definição sobre os meios e a previsão das consequências em termos do desempenho final.

As intervenções que visam neutralizar uma enfermidade consistem em: corrigir pequenos danos (Reparo), devolver à estrutura o desempenho original perdido (Recuperação), ou aumentar tal desempenho (Reforço) (LAPA 2008).

É importante ressaltar que a intervenção adotada deve ser feita seguindo alguns parâmetros, que segundo Lapa são: grau de incerteza sobre os efeitos que produzirão, relação custo/benefício, disponibilidade de tecnologia para a execução dos serviços.

É importante investigar cuidadosamente a patologia e suas possíveis causas, pois ao se falhar no seu diagnóstico, a correção não será eficiente. Uma patologia pode se apresentar como efeito de mais de uma deficiência. Assim, para que a medida corretiva seja eficiente devem-se sanar todas as suas causas (ANDRADE & SILVA, 2005).

2.6 ESTUDOS DA METODOLOGIA DE INSPEÇÃO

Souza & Ripper (1998), afirmam que a manutenção de uma estrutura representa o conjunto de atividades necessárias à garantia do seu desempenho satisfatório ao longo do tempo, ou seja, o conjunto de rotinas que tenham por finalidade o prolongamento da vida útil da obra, a um custo compensador. As edificações devem possuir um adequado programa de conservação e manutenção, composto por metodologias de operação, controle e execução da obra, levando sempre em consideração a análise de custo benefício da manutenção.

A inspeção tem o objetivo finalidade de apresentar o estado geral da OAE, enfatizando suas reais condições de utilização e suas necessidades de reparos. Em uma inspeção a partir de amostras e resultados obtidos, poderá limitar a capacidade de carga de uma ponte ou até de sugerir a interdição da mesma (ECOPONTES, 2016).

Vitório (2015) destaca que merece preocupação a grande quantidade de recursos necessários para recuperar, reforçar ou substituir obras antigas que não estejam mais atendendo aos requisitos de estabilidade e funcionalidade.

Aproximadamente oito em cada dez pontes de concreto brasileiras, com devido registro da data de sua construção, foram construídas antes de 1984, segundo pesquisa de Mendes (2009). Aliada à gestão deficiente do Poder Público

no monitoramento das condições dessas obras e da sua manutenção, tornou-se imprescindível a execução de obras de reforço dessas estruturas (CALIXTO e OLIVEIRA, 2014).

Com base na NBR 5674 (ABNT; 1999), a manutenção de edificações e estruturas inclui todos os serviços realizados a fim de prevenir ou corrigir a perda de desempenho decorrente da deterioração dos seus componentes, ou de atualizações nas necessárias dos seus usuários, sendo que não se inclui neste conceito os serviços realizados a fim de alterar o uso da edificação.

A concepção de estrutura durável implica na adoção de um conjunto de decisões e procedimentos que venham a garantir a estrutura e aos materiais que a compõem um desempenho satisfatório no decorrer da sua vida útil.

Dessa forma, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) divide as inspeções para pontes em categorias, sendo elas Inspeção Cadastral, Inspeção Rotineira, Inspeção Especial, Inspeção Extraordinária e Inspeção Intermediária.

2.6.1 Inspeção Cadastral

A inspeção cadastral trata-se de uma vistoria de referência, onde são coletados os principais elementos, associados à durabilidade e segurança da obra. Para que a vistoria seja realizada, é necessário levantar dados sobre a obra, como registro de vistoria cadastral, informações e documentos da construção, anotações adicionais (informações obtidas no decorrer da inspeção, como o esquema de vigamento, fissuras existentes e outras anomalias) e relatório fotográfico (Vitório, 2002).

Recomenda-se que a primeira vistoria seja executada após a finalização e término de uma OAE, ou quando houver alteração em sua estrutura ou até mesmo incorporação de sistema de controle e acompanhamento viário. Dessa forma, são descritos, nos registros de vistorias, as patologias e deficiências da OAE seguindo os conceitos de durabilidade e levantando a periodicidade das inspeções que serão necessárias para suas manutenções (ABNT NBR 9452, 2016).

A norma do DNIT 010 (2004) enfatiza em relação às características estruturais, subdividindo suas propriedades nas outras categorias de vistorias que a NBR contempla.

2.6.2 Inspeção Especial

Compreende-se por inspeção especial a vistoria mais precisa e apurada, com o objetivo de analisar as ocorrências das anomalias encontradas e suas principais terapias, muitas vezes através da inspeção rotineira. A vistoria especial deve ser supervisionada por um engenheiro especialista e sua frequência varia em relação à criticidade da edificação, geralmente ocorre a cada 5 (cinco) anos, mas pode ser estendida até 8 (oito) anos, desde que apresente boas condições de vida útil e durabilidade (VITÓRIO, 2002).

Caso a obra apresente propriedades estruturais e de durabilidade abaixo do esperado, a inspeção pode ser previamente antecipada, e dessa maneira delinear e analisar as condições das OAE, para definir a melhor ação a ser tomada (ABNT NBR 9452, 2016).

Vale ressaltar que esse tipo de inspeção é sucedido após avaliações dos registros das inspeções realizadas anteriormente, rotineira e cadastral, e que proporcionam, com clareza, o conhecimento sobre as patologias, que podem causar prejuízos as OAE e que necessitam ser estudadas de forma mais ampla, para identificar e tratar tais problemas.

Segundo o Manual de Recuperação de Obras de OAE's (2010), as Inspeções Especiais devem ser realizadas quando a Inspeção Cadastral ou a Rotineira apresentarem danos graves e/ou críticos envolvendo a estrutura da obra ou em ocasiões especiais, antes e durante a passagem de cargas excepcionais.

3 METODOLOGIA

Segundo Gil (2002), o termo pesquisa pode ser conceituado como o processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. O principal objetivo de uma pesquisa é encontrar respostas para problemas por meio da aplicação de mecanismos científicos.

O trabalho realizado trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, com o objetivo de proporcionar conhecimentos para aplicação da prática e solucionar problemas específicos, conforme abordado por Silva (2004). Sendo assim, o estudo foca analisar as patologias apresentadas na Ponte Ferroviária Dama localizada no Quilômetro KM 24, no trecho compreendido entre as cidades de Rio Piracicaba a João Monlevade.

Em relação à abordagem, a presente pesquisa é qualitativa. O estudo possui uma amostra pequena, com observações em campo dos casos. Cada análise tem sua particularidade e permite que sejam tomadas as decisões específicas em relação as suas respectivas prevenções.

Dessa forma, apresentadas as causas de cada patologia, comprovando ser uma pesquisa de caráter explicativo, e hipóteses serão formuladas sobre seus diagnósticos com base nas bibliografias utilizadas, demonstrando ser do tipo exploratório.

É apresentada também uma definição de conduta em que se indica o tipo de prevenção adequado. Sendo assim, o tópico “Resultados e Discussão” baseado no resultado do diagnóstico da inspeção, as principais patologias apresentadas na estrutura da Ponte Ferroviária Dama, localizada no KM 24, bem como as possibilidades de tratativas para as mesmas.

4 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso segundo Yin (2005) consiste em uma verificação de fenômenos que acontecem no contexto de sua realidade, sendo que são utilizadas várias fontes de evidências a fim de comprovar tais fenômenos. Para exemplificar a pesquisa, serão apresentados estudos de caso das patologias encontradas na Ponte Dama. Para isso, dados serão coletados no local a ser estudado.

Nesse trabalho, o estudo de caso baseia-se na identificação das prováveis e principais causas que levaram ao surgimento de patologias na estrutura da Ponte em questão. Tal verificação será realizada por meio de registros fotográficos, feitos no local, que são usados como documento de referência. São apresentados diversos tipos de anomalias presentes na estrutura e ainda um diagnóstico, com possíveis métodos de prevenção e/ou recuperação para cada situação.

4.1 HISTÓRICO DA PONTE DAMA

A Ponte Ferroviária Dama, conforme demonstrado na figura 34, foi construída no ano de 1998, foi executada moldada *in-loco* e encontra-se localizada no Quilômetro KM 24, no trecho compreendido entre as cidades de Rio Piracicaba a João Monlevade. Em relação a linha férrea, orienta-se através da Linha 1, fazendo parte da rota do minério de ferro. A ponte em questão possui um comprimento total de 80,90 metros, sendo o comprimento do maior vão de 20,61 metros, e a altura máxima do pilar / encontro de 1,61 metros, largura da mesa de 5,30 metros e guarda corpo de concreto armado.

Possui um traçado curvo, um total de 4 vãos, sendo a estrutura principal de concreto armado. Sua estaticidade é isostática, tendo as vigas como estrutura principal. Possui um curso de água perene próximo a estrutura, sendo o mesmo o Rio Piracicaba.

Figura 34 - Vista inferior da Ponte Dama



Fonte: Acervo pessoal (2018).

Será apresentada a ficha de Inspeção Cadastral da Ponte Ferroviária Dama no anexo 1. As informações contidas na ficha contribuíram para o levantamento das patologias presentes na estrutura.

O trabalho de inspeção apresenta registro fotográfico atualizado, bem como a verificação detalhada das características da ponte em estudo.

4.2 CASO 1

A corrosão das armaduras observadas nas Figuras 35 e 36 foram identificadas nos guarda-corpos na parte superior da estrutura da ponte. É notório, também, o deslocamento do concreto.

Figura 35 - Vista dos guarda corpos da Ponte



Fonte: Acervo pessoal (2018).

Figura 36 - Desplacamento do concreto



Fonte: Acervo pessoal (2018).

4.2.1 Tipologia da estrutura

A região analisada trata-se do guarda-corpo localizado na superestrutura da Ponte, sendo sua estrutura de concreto armado. O guarda-corpo representa um elemento de proteção e sua existência é essencial, mesmo quando não há, no local

acesso de pessoas. A Figura 37 demonstra a vista frontal do guarda-corpo, onde ocorreu tais anomalias.

Figura 37 - Vista frontal do guarda-corpo



Fonte: Acervo pessoal (2018).

4.2.2 Resultados e Discussão

Como pode ser observado na Figura 37 (figura anterior), existe a corrosão da armadura e, conseqüentemente, o deslocamento do concreto. Os danos causados pela corrosão da armadura normalmente são manifestados por fissuras no concreto paralelas à direção da armadura, delimitando e ou desprendendo o recobrimento. A porosidade do concreto acelerou o processo de carbonatação da estrutura, com perda de alcalinidade do concreto, em conjunto a este fenômeno existe a deficiência no cobrimento da armadura passiva. Desta maneira, a porosidade do concreto e a existência de trincas, fazem com que o aço seja atingido por elementos agressivos, ocasionando, desta maneira, a sua oxidação. A parte oxidada aumenta seu volume em cerca de 10 (dez) vezes e a força da expansão expõe o concreto do cobrimento, expondo totalmente a armadura à ação agressiva do meio.

4.2.3 Diagnóstico da situação

Segundo as análises feitas e comparações com a literatura pesquisada, chega-se ao diagnóstico que a corrosão das armaduras está associada a outras

patologias registadas, tais como o cobrimento insuficiente da armadura, ao concreto poroso, a carbonatação, a fissuração do concreto, desagregação e disgregação do concreto.

4.2.4 Definição de conduta

De acordo com Glossário das Anomalias, Ensaio de Recuperação de Obras de Arte Especial (2005), o tratamento da corrosão das armaduras deve obedecer às seguintes etapas mínimas e obrigatórias:

- correta avaliação das causas da corrosão, que pode ter-se manifestado através de apenas manchas de ferrugem no concreto ou por fissuração, ou por delaminação ou por fraturas no concreto;
- avaliação da estabilidade do elemento com corrosão de armadura, quando há total e completa retirada do concreto carbonatado; esta retirada deve alcançar o concreto não carbonatado, que deve estar, no mínimo, afastado dois centímetros da armadura;
- limpeza completa e cuidadosa da armadura, com lixa, escova de aço ou com jateamento de areia;
- avaliação da redução de seção da armadura, após a limpeza; se esta redução atingir ou superar 10% deve ser colocada armadura adicional, integrada ao conjunto através de traspases ou soldas; no primeiro caso, a área de concreto a demolir deve incluir os comprimentos de traspases;
- reconstituição da geometria do elemento com concreto de boa qualidade, convencional ou projetado, com características iguais ou superiores às do concreto do projeto original;

4.3 CASO 2

A fissura, representada nas Figuras 38 e 39, encontra-se na superestrutura da Ponte Dama.

Figura 38 - Vista longitudinal da viga da Ponte Dama



Fonte: Acervo pessoal (2018).

Figura 39 - Fissura encontrada na superestrutura



Fonte: Acervo pessoal (2018).

4.3.1 Tipologia da estrutura

O local da estrutura onde foi identificada a fissura encontra-se na mesoestrutura, na lateral de uma das vigas.

4.3.2 Resultados e Discussão

Em estruturas de concreto, é comum a ocorrência de fissuras, devido à baixa resistência a tração do concreto. As causas são variadas e o diagnóstico de difícil identificação, sendo que cada uma produz panoramas típicos. A posição das fissuras nos elementos estruturas, sua abertura, sua trajetória e seu espaçamento podem identificar a causa que as motivaram. Na Figura 40 é possível verificar a existência de fissuras na viga da superestrutura.

Figura 40 - Fissura presente na superestrutura



Fonte: Acervo pessoal (2018).

4.3.3 Diagnóstico da situação

Analisando a posição da fissura no perfil longitudinal que encontra-se mais próximo da região central, sendo que as fissuras são verticais e posicionadas na parte inferior da seção transversal, pode-se dizer que provavelmente estas fissuras são decorrentes aos efeitos do momento fletor na região tracionada. Este fenômeno é relativamente comum, uma vez que a NBR6118 (ABNT, 2014), permite a abertura de fissuras em armaduras passivas e em alguns casos dependendo da classe de agressividade.

4.3.4 Definição de conduta

O tratamento de peças que apresentam fissuras está diretamente relacionado à perfeita identificação da causa da fissuração, e ainda do tipo da fissura, a variação de espessura ou não da mesma, e da necessidade ou não se ser executado algum tipo de reforço estrutural. No caso das fissuras verificadas na ponte, percebe-se que aparentemente não interferem na capacidade resistente da peça, o que não significa que esta condição não venha a ser modificada ao longo dos anos.

A fissura analisada apresenta abertura de 0,1 mm, sendo este valor inferior ao limite máximo permitido pela NBR 6118 (ABNT, 2014), que para este estudo de caso seria de 0,4 mm (peças expostas em meio agressivo fraco). De acordo com Glossário das Anomalias, Ensaios de Recuperação de Obras de Arte Especial (2005), caso a mesma venha sofrer alterações na sua abertura, recomenda-se que as fissuras sejam injetadas, procedimento que é realizado sob baixa pressão ($< 0,1$ MPa), deve-se limpar o sulco com farto jateamento de ar comprimido, para eliminação de todas as partículas soltas, impurezas, óleos e outros. O material a ser utilizado na injeção compreende um adesivo à base de resina epoxídica, com propriedades tixotrópicas e rápido endurecimento.

4.4 CASO 3

A Figura 41 abaixo apresenta deterioração do material dos pontos de apoio da Ponte. O aparelho de apoio em questão é do tipo elastômero de neoprene fretado com chapas de aço.

Figura 41 - Aparelho de apoio



Fonte: Acervo pessoal (2018).

4.4.1 Tipologia da estrutura

O local onde será analisada a deterioração do material compreende os aparelhos de apoio da ponte, representando os dispositivos que fazem a transição entre a superestrutura e a mesoestrutura ou a infra-estrutura.

4.4.2 Resultados e Discussão

Os problemas que geralmente atingem os aparelhos de apoio estão relacionados ao tipo de aparelho, sendo que suas anomalias estão relacionadas a falhas de fabricação, corrosão, deterioração, deslocamento excessivo, superfícies de contato inadequadas, umidade, entre outros. Os aparelhos de apoio possuem a finalidade de transmitir as cargas da superestrutura à mesoestrutura ou a infraestrutura, e ainda permitir movimentos longitudinais e rotações da superestrutura. Os defeitos nos aparelhos de apoio prejudicam a movimentação das estruturas sob efeito de variações de temperatura ou esforços externos, podendo dar origem a elevadas tensões não previstas nas mesmas.

4.4.3 Diagnóstico da situação

Foi identificada nos pontos de apoio da ponte uma grande deterioração nos aparelhos (Figura 42), que pode ter sido ocasionado por ataque de qualquer substância agressiva ou mesmo decorrente do envelhecimento do material. Observa-se ainda a corrosão, que consiste em uma das causas de defeitos nos aparelhos de apoio metálicos, além das fretagens de aço dos aparelhos de apoio de elastômetro fretado. Esses elementos são constituídos de chapas finas de aço, quimicamente aderidas ao elastômero durante a vulcanização e são regulamentados pela NBR 9783:1987 (Aparelhos de apoio de elastômero fretado – Especificação) e tem a função de aumentar a resistência do aparelho de apoio e limitam parte de sua deformação.

Os aparelhos elastômeros, como os que são utilizados na Ponte Dama, possuem grande capacidade para sobreviver a falta de manutenção, no entanto, as condições do ambiente, como umidade e ataque de agentes agressivos, fazem com que ocorra a presença de anomalias nos elementos. Pode-se observar que a deterioração do material presente nos aparelhos aparentemente não compromete o seu desempenho, não apresentando outra patologia associada de caráter intenso, nem mesmo exposição da fretagem.

Figura 42 – Deformação e corrosão no aparelho de apoio



Fonte: Acervo pessoal (2018).

4.4.4 Definição de conduta

Mesmo os elementos não apresentando condições de deterioração que comprometa o desempenho dos aparelhos de apoio, vale ressaltar que não se dispensa as manutenções nos mesmos a fim de que futuramente, a sua função seja comprometida. Sendo assim, segundo o Glossário das Anomalias, Ensaios de Recuperação de Obras de Arte Especial (2005), recomenda-se que sejam acompanhadas a evolução das anomalias presentes, uma vez que deteriorações severas do material de neoprene, podem deixar expostas parcelas importantes da fretagem, possibilitando que estas comecem a oxidar, levando a um possível colapso do aparelho de apoio, comprometendo a estrutura de concreto.

4.5 CASO 4

A eflorescência representa uma anomalia também identificada na estrutura na Ponte, conforme pode ser observado na figura 43.

Figura 43 - Eflorescência do concreto



Fonte: Acervo pessoal (2018).

4.5.1 Tipologia da estrutura

A eflorescência do concreto é uma patologia identificada na parte inferior da superestrutura da ponte.

4.5.2 Resultados e Discussão

A eflorescência são formações salinas nas superfícies das paredes da estrutura, trazidas do seu interior pela percolação de água. Apresenta-se como aspecto esbranquiçado à superfície, apresentando a formação de cristais no interior da parede ou estrutura devido ao acúmulo de sais em sua superfície, como pode ser observado na figura 44.

Figura 44 - Eflorescência do concreto



Fonte: Acervo pessoal (2018).

4.5.3 Diagnóstico da situação

O surgimento da eflorescência se dá em materiais porosos como é o caso do concreto. A água proveniente da neblina, vapor d'água ou da água da chuva contém pouco ou nenhum íon de cálcio. Ao ocorrer a infiltração da água no concreto, ela acaba dissolvendo sais presentes no cimento e na cal, principalmente o hidróxido de

cálcio. Estes sais são então transportados até a superfície durante a evaporação da água e se solidificam ao reagirem com o dióxido de carbono no ar, formando depósitos. Como resultado deste processo químico ocorrem as manchas chamadas eflorescência que acabam por alterar a estética dos acabamentos.

No caso da Ponte Dama, a eflorescência pode ser observada em diversos pontos localizados na parte debaixo da superestrutura, sendo que sua ocorrência aparentemente é proveniente da umidade e de fissuração na superfície.

4.5.4 Definição de conduta

De acordo com o Glossário das Anomalias, Ensaio de Recuperação de Obras de Arte Especial (2005), uma das alternativas para a tratativa da mancha denominada eflorescência nas estruturas de concreto é a utilização de soluções alcalinas para a realcalinização de concretos. No entanto deve-se tratar a origem da causa que leva a ocorrência da patologia, que no caso seria a percolação da água. Assim sendo, o recomendado seria a realização da impermeabilização das fissuras através do processo de injeção.

A superfície deve ser lavada energeticamente com solução de ácido muriático a 10% e escova com cerdas de aço, até completa retirada das pontuações brancas.

Deve-se saturar o concreto com água antes de aplicar o ácido, neutralizando-se o mesmo com abundância de água.

Quando é eflorescência está em fase de formação de carbonato de cálcio, ele torna-se insolúvel e é mais difícil de remover ou mesmo impossível usando somente a água. Para removê-lo, nesta fase a primeira coisa recomenda-se o uso de soluções ácidas suaves ou produto comercial para remover eflorescência, ou também uma escova de cerdas duras para ajudar na remoção dos sais que solidificaram. Em seguida, é importante enxaguar a superfície para remover qualquer ácido residual ou solução usada para a remoção da eflorescência.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à crescente necessidade de produzir edificações com menor prazo execução e custo, e tentando garantir a mesma qualidade, várias construções vêm apresentando patologias.

Mesmo considerando que muitas edificações têm dado verdadeiros exemplos de grande durabilidade, sob condições totalmente adversas, convém lembrar que elas não têm vida útil infinita. Afinal, uma edificação é o resultado da combinação de materiais diversos e heterogêneos e de mão-de-obra geralmente não especializada e de grande rotatividade. Acrescente-se a isso a agressividade ambiental, a má utilização e a falta de conservação para que comecem a se manifestar os fenômenos patológicos que tendem a comprometer a funcionalidade e a segurança do imóvel.

Como foi descrito anteriormente, patologias construtivas são alterações e falhas que comprometem o desempenho e durabilidade das estruturas. Essa área da engenharia busca estudar, diagnosticar e solucionar os problemas encontrados.

Tais anomalias têm diversas causas e origens, podendo ocorrer desde à fase de elaboração do projeto, escolha e especificação dos materiais, e até mesmo pela ausência de manutenção preventiva.

Para um diagnóstico correto da patologia, é necessária uma avaliação técnica para apuração das causas que motivaram tais avarias. Logo após, será elaborado um tratamento que garanta a segurança da edificação.

A pesquisa consistiu em realizar uma revisão bibliográfica sobre patologias construtivas, suas configurações e formas de prevenção. Como forma de exemplificar o trabalho na prática, foi realizado um estudo de caso na Ponte Dama, onde foram analisados 4 (quatro) casos de ocorrência de anomalias. Os dados foram coletados por meio de visita técnica, e então foram apresentados diagnósticos e também definição de conduta diante dos problemas em questão.

Dentre todos os casos estudados, observou-se que todos os casos estudados mostraram que poderiam ter sido evitados. Mostra-se notório que grande parte dessas falhas poderiam ser evitadas com trabalhos de manutenção preventivos, que podem impedir e/ou retardar a necessidade de trabalhos de recuperação ou reforço das estruturas.

Tendo em vista a melhoria dos processos na construção civil, são sugeridas linhas de pesquisa que podem ser adotadas para diminuir o risco de patologias:

- desenvolvimento de um programa de controle de qualidade na execução das obras, afim de garantir maior segurabilidade, seja em grandes ou pequenas construtoras;
- compatibilidade dos projetos;
- elaboração de programa de capacitação ao colaborador, através de palestras e cursos para aperfeiçoamento dos métodos construtivos, o que permite conhecer ações eficientes para atenuar a ocorrência de falhas e problemas.

Por fim, vale salientar, que mesmo ocorrendo melhorias nas técnicas construtivas e compatibilidade dos projetos, é de extrema importância investir em mão de obra qualificada e na implantação de programa de inspeção/manutenção, para assegurar e garantir a durabilidade e desempenho das edificações.

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674:** Manutenção de edificações: Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto: procedimentos. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 9575:** Impermeabilização – Seleção e Projeto. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 9452:** Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto : procedimento. Rio de Janeiro: 2016.

AMBROSIO, Thais da Silva. **Patologia, Tratamento e reforço de estruturas de concreto no metrô de São Paulo.** Defesa – trabalho de conclusão de curso, graduação em engenharia civil, projeto de pesquisa, dissertação. São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi. 2004.

ANDRADE, T.; SILVA, A. J. C. **Patologia das Estruturas.** In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). Concreto: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005.

ARIVABENE, Antonio Cesar. **Patologias em estruturas de concreto armado estudo de caso.** Monografia (MBA gerenciamento de obras, tecnologia e qualidade da construção) - Instituto de pós-graduação IPOG, 2015.

AZEVEDO, Minos Trocoli. et al. **Concreto: Ciência e Tecnologia.** São Paulo: Ibracon, 2011. 1902p, v.2.

BARBOSA, R. L. **Pontes Curvas Unicelulares em Regime Elástico.** São Paulo, 1997, Dissertação (Mestrado), EPUSP.

BRANDÃO, A. M. S.; PINHEIRO, L. M. **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado:** aspectos relativos ao projeto. Cadernos de Engenharia de Estruturas. EESC. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999.

BRINA, H. L. **Estradas de ferro. LTC – Livros Técnicos e Científicos.** Editora S.A.. 1ed. Rio de Janeiro. 1979.

BURIM, Eduardo M. **Vistorias na construção civil: conceitos e métodos**. São Paulo. PINI, 2009.

CALIXTO, J. M. F.; OLIVEIRA, C. B. L. **Análise da Eficácia de Métodos de Reforço em Ponte Rodoviária de Concreto Armado – Estudo de Caso**. Rio de Janeiro: CBPE, 2014.

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

CASCUDO, Oswaldo. **O controle da corrosão de armaduras em concreto: inspeção e técnicas eletroquímicas**. Goiânia. UFG. São Paulo: Pini, 1997.

COELI, C. C. de M. **Análise da demanda por transporte ferroviário: o caso do transporte de grãos e farelo de soja na Ferronorte**. Tese de Mestrado (Administração) - Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2004. 136f.

CREA-PR, Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR ISSN 2358-5420 – Desempenho, Durabilidade e Vida Útil das Edificações: Abordagem Geral**. Paraná, 2013.

DAL MOLIN, D.C.C. **Fissuras em estruturas de concreto armado**: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

DNER, DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de Projeto de Obras-de-Arte Especiais**. Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. Ministério dos Transportes. Brasil. 233 p. 1996.

DNIT, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias**. 2. ed. Rio de Janeiro, 253p., (IPR, Publicação 709.) 2004.

DNIT, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 091/2006 – ES: Tratamento de aparelhos de apoio: concreto, neoprene e metálicos – Especificação de Serviço**. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NORMA DNIT 122/2009- ES:** Pontes e viadutos rodoviários – Estruturas de concreto armado - Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários.** Rio de Janeiro. 2010 (IPR. Publ., 744).

ECOPONTES. **Inspeção de pontes, passarelas e viadutos.** 2016. Disponível em: . Acesso em: 24 set. 2018.

DEBS, M. K.; TAKEYA, T. **Introdução às Pontes de Concreto.** São Carlos, 2007.

FERREIRA, R.T.L. **Sistemas estruturais:** pontes em viga, treliça e em laje. Nova Xavantina: Universidade do Estado de Mato Grosso, 2015.

FIGUEIREDO, Enio José Pazini. **Terapia das construções de concreto:** metodologia de avaliação de sistemas epóxi destinados à injeção de fissuras passivas das estruturas de concreto. 152p. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1989.

FINGER, A. E. **Um século de estradas de ferro:** arquiteturas das ferrovias no Brasil de 1852 a 1957. Brasília: Universidade de Brasília, 2013.

GENTIL, V. **Corrosão**, 3ª edição: LTC, Rio de Janeiro, 1987.

GIMSING, N. J. **Cable supported bridges:** concepts and design. Chichester: John Wiley and Sons, New York, 1983. 400p.

Glossário das **Anomalias, Ensaios e Metodologias de Recuperação de Obras de Arte Especial** – EFVM. Arquivo cedido pela empresa Vale. São Paulo, 2005.

GRANATO, J. E. Apostila: **Patologia das construções.** São Paulo, 2002.

HELENE, Paulo R. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado.** São Paulo, 1993. 231p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

HOBBSAWM, E. J. **A era das revoluções** - Europa 1789-1848. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1977.

INSTITUTO DE PESQUISA RODOVIÁRIA (IPR). **NORMA DNIT 010/2004 – PRO – Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários**. Rio de Janeiro, 159p. (IPR. Publ., 744). 2010.

LAPA, José Silva. **Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto**. defesa – especialização em engenharia civil, dissertação. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. 2008.

LEONHARDT, Fritz. **Construções de concreto**: princípios básicos da construção de pontes de concreto. Vol. 6. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda, 1979.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das Construções**: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações: São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1985. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, 1985.

MACÊDO, F.B. **Estudo do desgaste de trilhos ferroviários**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) -Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. MG, 41p. 2009.

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

MARTINELLI, D.A.O. **Solicitações nas pontes de concreto**. São Carlos, EESC-USP, 1971.

MASON, J. **Pontes em concreto armado e protendido**: princípios do projeto e cálculo. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1977.

MATTOS, T. S. **Programa para análise de superestruturas de pontes de concreto armado e protendido**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. RJ, 2001.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto, estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 1994.

MENDES, Paulo de Tarso Cronemberger. **Contribuições para um modelo de gestão de pontes de concreto aplicado à rede de rodovias brasileiras** [online]. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2009. Tese de Doutorado em Engenharia de Estruturas. Disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3144/tde-29062009-%20103830/>

MIOTTO, Daniela. **Estudo de caso de patologias observadas em edificação escolar estadual no município de Pato Branco-PR**. 2010. Monografia (Especialização em Construção de Obras Públicas) – Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2010.

PFEIL, W. **Pontes Curso Básico**. Editora Campos Ltda. Rio de Janeiro, RJ, 1983.
PIANCASTELLI, E. M. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado**. Apostila para Curso de Extensão, Ed. Depto. Estruturas da Escola de Engenharia da UFRG, Belo Horizonte, 1997.

PIANCASTELLI, E.M. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado**. Apostila para Curso de Extensão, Ed. Depto. Estruturas da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

POSSAN, Edna. **Modelagem da Carbonatação e Previsão de Vida Útil das Estruturas em Concreto Armado em ambiente urbano**. Porto Alegre, 2010.

PUCHER, A. **Concreto armado: fundamentos e aplicação em estruturas e pontes**. Rio de Janeiro: Globo, 1961.

RIGHI, Geovane Venturini. **Estudo dos Sistemas de Impermeabilização: Patologias, Prevenções e Correções – Análise de Casos**. Santa Maria, 2009.

SANTOS, N.E. **Conservação e reabilitação de pontes metálicas**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto. Portugal, 239p., 1998.

SHIRAKAWA, Márcia Aiko et al. **Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente**. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, Goiânia, 1995.

SILVA, Edna Lúcia Da. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis. 2004.

SITTER, W. R. **Cost for service optimization the “Law of Fives”**. Comitê Euro International do Beton – CEB. Copenhagen, Denmark, n. 152, p.131 - 134, 1983.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira; RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

STUCCHI, F.R. **Notas de aula Pontes e Grandes Estruturas**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006.

THOMAZ, Érico. **Trincas em Edifícios – causas, prevenção e recuperação**. São Paulo, 1989.

VITÓRIO, José Afonso Pereira. **Pontes rodoviárias: fundamentos, conservação e gestão**. Recife, CREA-PE, 2002.

_____. **Fundamentos da Patologia das Estruturas nas Perícias da Engenharia**. Recife, 2003.

_____. **Pontes e Viadutos Rodoviários: conceituação, conservação, segurança e reforço estrutural**. Recife. 2015.

WITTFOHT, H. (1975). **Puentes Ejemplos Internacionales**. Barcelona: Ed. Gustavo Gili.

YIN. R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3 ed., Porto Alegre: Bookman, 2005.

ANEXOS

ANEXO A – Ficha de Inspeção Cadastral

FICHA DE INSPEÇÃO CADASTRAL EXPEDITA

1 DADOS BÁSICOS

IDENTIFICAÇÃO / LOCALIZAÇÃO / JURISDIÇÃO		Data: 03 / 09 / 18
OAE:Código: _____	Nome: <u>Ponte Damna</u>	
Tipo de Estrutura: Código <u>C.A</u>	Nat. Transposição: Código _____	Sist. Construtivo: Código _____
UNIT: _____	Residência: _____	Rodovia: BR- _____ UF: <u>MG</u>
Trecho (PNV): <u>JM18P</u>	Localização (km): <u>24,19</u>	Cidade Prox.: <u>faz. Montevade / MG</u>
ADMINISTRAÇÃO		
<input type="checkbox"/> DNIT <input type="checkbox"/> DER <input checked="" type="checkbox"/> CONCESSÃO <input type="checkbox"/> OUTROS		
Nome: <u>bale S A</u> (para o caso concessão / outros)		
PROJETO / CONSTRUÇÃO		
Projetista: _____		Ano da Construção: <u>1998</u>
Construtor: _____		Arquivo: _____
		Trem - Tipo Classe: <u>Cooper e 80</u> (Acena)
COMPRIMENTO / LARGURA		
Comprimento: <u>80,90</u> m;		Largura: <u>5,30</u> m

2 DADOS SOBRE CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS

CARACTERÍSTICAS PLANI-ALTIMÉTRICAS		
Região: <input checked="" type="checkbox"/> PLANA <input type="checkbox"/> ONDULADA <input type="checkbox"/> MONTANHOSA	Greide: Rampa Máxima(%): _____	
Traçado: <input checked="" type="checkbox"/> TANGENTE <input type="checkbox"/> CURVO	Raio: _____ m	Travessia: <input checked="" type="checkbox"/> ORTOGONAL <input type="checkbox"/> ESCONSA
CARACTERÍSTICAS DA PISTA		
Larg.Total da Pista: <u>5,30</u> m	Pavimento: <input type="checkbox"/> Asfalto <input type="checkbox"/> Concreto <u>Outros</u>	Drenos: <input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
Nº de Faixas: <u>01</u>	Passeio: <input type="checkbox"/> SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO	Pingadeiras: <input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
Acostamento: <input type="checkbox"/> SIM <input checked="" 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 checked="" type="checkbox"/> NÃO <u>fora do curso d'água</u>	
JUNTAS DE DILATAÇÃO		
Número total de juntas: <u>06</u>		
Tipo de vedação: <input type="checkbox"/> Nenhuma; nos pilares / articulação <input type="checkbox"/> Tipo <u>Asper</u> <input type="checkbox"/> Tipo _____		
TRÁFEGO		
VMD: <u>60</u> veículos/dia		
Frequência de Carga Móvel ≥ 36 tf:	<input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> Baixa	
Passagem de Cargas Excepcionais:	<input type="checkbox"/> Frequente <input checked="" type="checkbox"/> Esporádica	

FICHA DE INSPEÇÃO CADASTRAL EXPEDITA

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	CA		FR	Freyssinet
VIGAS PRINCIPAIS	CA	2 I	NP	Neoprene
PILARES	CA	1 TP	TF	Teflon
FUNDAÇÕES	CA	BE	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 →	A.M.																		

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

PARTICULARIDADES

Número de Vãos: <u>04</u>	Altura da Viga no Apoio (m): <u>1,20</u>	Extrem. Inicial: <input checked="" type="checkbox"/> ENCONTRO <input type="checkbox"/> BALANÇO
Número de Juntas Gerber: <u>0</u>	Altura da Viga no Vão (m): <u>1,20</u>	Extrem. Final: <input checked="" type="checkbox"/> ENCONTRO <input type="checkbox"/> BALANÇO
Comprimento do Vão Maior (m): <u>20,61</u>	Altura Máxima de Pilar (m): <u>1,61</u>	Laje de Aprox.: <input type="checkbox"/> SIM <input checked="" 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 checked="" type="checkbox"/> NÃO
Lâmina D'água: Normal _____ m na Cheia _____ m	A vibração da Estrutura é Excessiva? <input type="checkbox"/> SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO
O Meio Ambiente é Agressivo? <input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	O Regime do Rio é Torrencial? <u>NA</u> <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
A Seção de Vazão é Adequada? <u>NA</u> <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 checked="" 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: Maio a Setembro

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

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

Acesso: Direto / Binóculo: Vãos 04 Equipamento Especial: Vãos NA

Interior de Viga Celular: Acessível Não Acessível NA

Comentários:

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	Treliça 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 ROTINEIRA EXPEDITA

OAE: Código: _____ Nome: Conte Llanos BR - _____ / _____ km: 24,19 UNIT: _____ RES: _____
 Data: 01/09/18 Inspeção: DNIT / Residência: _____ Outra Entidade: Bole S/A

COMENTÁRIOS GERAIS

a) Condições de Estabilidade: Boa Sofrível Precária Condições de Conservação: Boa Regular Sofrível Ruim
 b) Nível de Vibração do Tabuleiro: Normal Intenso Exagerado
 c) Inspeção Especializada (Realizada por Engenheiro de Estruturas). Necessária? SIM NÃO Urgente? SIM NÃO
 Já houve alguma anteriormente? SIM NÃO

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS: Inspeção detalhada realizada pela Comexmark

NOTA TÉCNICA	<u>4</u>
--------------	----------

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

2. VIGAMENTO PRINCIPAL	Nota Técnica:	Local	Quantidade (Opcional)
Fissuras Finas	<input checked="" type="checkbox"/> Algumas <input type="checkbox"/> Grande Incidência		
Trincas (fissuras w>0,3mm)	<input checked="" 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	<u>Pouca incidência</u>	
Dente Gerber	<input type="checkbox"/> Quebrado/Desplacado <input type="checkbox"/> Trincado <u>NA</u>		
Deformação (Flecha)	<input type="checkbox"/> Exagerada <u>NA</u>		
Aspectos do Concreto	<input type="checkbox"/> Má Qualidade	<u>Fuou</u>	
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco	<u>Fuou</u>	

FICHA DE INSPEÇÃO ROTINEIRA EXPEDITA

3. MESOESTRUTURA

Nota Técnica: **4**

Local: *baixa incidência*

Quantidade (Opcional):

Armadura Exposta Grande Incidência

Concreto Desagregado Muita Oxidada Muita Intensidade Grande Incidência

Fissuras Forte Infiltração Grande Incidência

Aparelho de Apoio Danificado Grande Incidência

Aspecto do Concreto Má Qualidade

Cobrimento Ausente/Pouco *NA*

Desaprumo Há

Deslocabilidade dos Pilares Forte *NA*

4. INFRAESTRUTURA

Nota Técnica: **5**

Local:

Quantidade (Opcional):

Recalque de Fundação Há *NA*

Deslocamento de Fundação Há *NA*

Erosão Terreno de Fundação Há *NA*

Estacas Desenterradas Há *NA*

5. PISTA / ACESSO

Nota Técnica: **4**

Local:

Quantidade (Opcional):

Irregularidades no Pav. *NA* Muita Intensidade Grande Extensão

Junta de Dilatação Faltando/Inoperante Muito Problemática

Acessos X Ponte *NA* Degrau Acentuado Concordância Problem.

Acidentes com Veículos *NA* Frequente Eventual

ESQUEMAS

INSTRUÇÕES PARA ATRIBUIÇÃO DE NOTAS DE AVALIAÇÃO

(Para a avaliação de elementos de pontes com função estrutural, conforme o Sistema SGO v3 para gerenciamento de pontes no DNIT)

Será atribuída a cada elemento componente da ponte uma nota de avaliação, variável de 1 a 5, a qual refletirá a maior ou a menor gravidade dos problemas existentes no elemento. O quadro a seguir correlaciona essa nota com a categoria dos problemas detectados no 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 sinais de que estejam gerando insuficiência estrutural	Nada a fazer; apenas serviços de manutenção.	Boa	Obra sem problemas importantes
3	Há danos gerando alguma insuficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra.	A recuperação da obra pode ser postergada, devendo-se, porém, neste caso, colocar-se o problema em observação sistemática.	Boa aparentemente	Obra potencialmente problemática Recomenda-se acompanhar a evolução dos problemas através das inspeções rotineiras, para detectar, em tempo hábil, um eventual agravamento da insuficiência estrutural.
2	Há danos gerando significativa insuficiência estrutural na ponte, porém não há ainda, aparentemente, um risco tangível de colapso estrutural.	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) da obra deve ser feita no curto prazo.	Sofrível	Obra problemática Postergar demais a recuperação da obra pode levá-la a um estado crítico, implicando também sério comprometimento da vida útil da estrutura. Inspeções intermediárias ¹ são recomendáveis para monitorar os problemas.
1	Há danos gerando grave insuficiência estrutural na ponte; o elemento em questão encontra-se em estado crítico, havendo um risco tangível de colapso estrutural.	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) - ou substituição da obra - deve ser feita sem tardar.	Preçaria	Obra crítica Em alguns casos, pode configurar uma situação de emergência, podendo a recuperação da obra ser acompanhada de medidas preventivas especiais, tais como: restrição de carga na ponte, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramentos provisórios, instrumentação com leituras contínuas de deslocamentos e deformações etc.

(1) Inspeções Intermediárias, no presente contexto, significa novas Inspeções a intervalos de tempo inferiores aos normais.
Obs.: A nota final da ponte corresponde a menor dentre as notas recebidas pelos seus elementos com função estrutural.