

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

LUCAS VASLANV DA SILVA WOLFF

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DE PATOLOGIAS DA
SUPERESTRUTURA DE 10 VIADUTOS EM SEÇÃO CAIXÃO NO
CONTORNO SUL DE CURITIBA.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA - PR

2013

LUCAS VASLANV DA SILVA WOLFF

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DE PATOLOGIAS DA
SUPERESTRUTURA DE 10 VIADUTOS EM SEÇÃO CAIXÃO NO
CONTORNO SUL DE CURITIBA.**

Monografia de Graduação apresentada ao Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção da graduação em Engenharia de Produção Civil.

Orientador: Profa. MSc. Amacin Rodrigues Moreira.

CURITIBA - PR

2013

FOLHA DE APROVAÇÃO

MAPEAMENTO E ANÁLISE DE PATOLOGIAS DA SUPERESTRUTURA DE 10 VIADUTOS EM SEÇÃO CAIXÃO NO CONTORNO SUL DE CURITIBA.

Por

LUCAS VASLANV DA SILVA WOLFF

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 30 de setembro de 2013, pela seguinte banca de avaliação:

Prof. Orientador – Amacin Rodrigues Moreira, Msc.
UTFPR

Eng. Yassunori Hayashi, Msc.

Prof. Mauro Edson Alberti, MSc.
UTFPR

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Ademar e Solange,
por todas as oportunidades, amor e carinho
que me proporcionaram ao longo de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Amacin Rodrigues Moreira, por todas as assessorias, norteando com paciência e presteza a base para o êxito deste trabalho.

A meus pais e minha família por todo apoio, sempre com muito amor e carinho, e por todas as oportunidades para me desenvolver ao longo de minha vida e agora ao início de minha carreira profissional.

A minha namorada Kathleen, por toda compreensão e paciência com meus compromissos acadêmicos e profissionais ao longo deste período de estudo.

A meus amigos conhecidos na universidade, que me ajudaram a superar todos os desafios encontrados ao longo do curso, por todo o comprometimento e energia que compartilharam.

Aos meus amigos distantes, por toda paciência e compreensão diante de minha ausência, e por todo carinho que jamais diminuiu com o tempo.

RESUMO

Os viadutos do Contorno Sul de Curitiba possuem grande importância para a comunidade local, uma vez que se tornam variáveis logísticas para o escoamento da produção de bens de consumo, alocam boa parte do setor industrial da região, e também descongestionam o trânsito de áreas de comércio e prestação de serviço. Esta pesquisa apresenta um estudo de caso sobre mapeamento e análise das patologias de 10 viadutos em seção caixão no contorno sul de Curitiba. Discute-se os conceitos a respeito de viadutos, suas características básicas e utilização. Também se apresentam conceitos sobre seção caixão, sua forma, aplicações e principais vantagens. Abrange o conceito de inspeção, caracterizando suas formas e principais aspectos. Explana sobre o conceito de patologias, abordando suas principais manifestações. Através do estudo de caso verificaram-se as principais incidências de patologias, assim como seu mapeamento e principais causas, utilizando de uma abordagem quantitativa das patologias registradas nos laudos de inspeção, complementado por explicações a respeito das patologias mais encontradas e causas relacionadas, assim como recomendações a cerca da construção e projeto de viadutos.

Palavras-chave: Viadutos, Seção Caixão, Inspeção, Patologias.

ABSTRACT

The viaducts of southern Countor in Curitiba have great importance for the local community once it became a logistics option for the transportation of the production of consumer goods, allocate much of the industrial sector in the region, and also to alleviate the traffic in commercial areas. This research presents a case study on mapping and analyzing the conditions in 10 viaducts of box section on southern Countor in Curitiba. It discusses the concepts about viaducts, and use its basic features. It also presents concepts of box section, its form, the main advantages and applications. It covers the concept of inspection, characterizing its forms and main aspects. Explains the concept of pathology, discussing its main manifestations. Through the case study were verified incidences of major pathologies, as well as its mapping and main causes, using a quantitative boarding of the pathologies recorded in the inspection reports, supplemented by explanations about the most commonly found pathologies and related causes, and recommendations about the design and construction of viaducts.

Keywords: Viaducts, Box Section, Inspection, Pathology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Eixos estruturais de Curitiba.....	14
Figura 2 – Eixos de Estruturação Viária.	15
Figura 3 – Densidade de Ocupação de Curitiba.....	16
Figura 4 - Esquema simplificado de uma ponte/viaduto.	22
Figura 5 - Seção transversal de uma viga-caixão.	23
Figura 6 - Diferentes desempenhos de uma estrutura, com o tempo em função de diferentes fenômenos patológicos.	25
Figura 7 – Fissuração de uma estrutura hipotética.	28
Figuras 8 – Fissuras causada por retração hidráulica.....	29
Figuras 9 e 10– Fissuras em consolos, fissuras em dentes Gerber.....	30
Figura 11 – Fissuração de uma estrutura por recalque diferencial.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Incidência de notas por partes do viaduto.	38
Tabela 2 – Incidência de avaliações a respeito das condições de estabilidade.	39
Tabela 3 – Incidência de avaliações a respeito das necessidades de restauro.	39
Tabela 4 – Incidência de avaliações a respeito das condições de conservação.	39
Tabela 5 – Incidência de avaliações a respeito da urgência no restauro.	39
Tabela 6 – Incidência de avaliações sobre buracos nas lajes.	40
Tabela 7 – Incidência de avaliações sobre armaduras expostas nas lajes.	40
Tabela 8 – Incidência de avaliações sobre concreto desagregado nas lajes.	41
Tabela 9 – Incidência de avaliações sobre fissuras nas lajes.	41
Tabela 10 – Incidência de avaliações sobre marcas de infiltração nas lajes.	41
Tabela 11 – Incidência de avaliações sobre cobrimento das armaduras nas lajes. ..	42
Tabela 12 – Incidência de avaliações sobre fissuras finas no vigamento principal. ..	42
Tabela 13 – Incidência de avaliações sobre trincas superficiais do vigamento principal.	42
Tabela 14 – Incidência de avaliações sobre a armadura principal do vigamento principal.	43
Tabela 15 – Incidência de avaliações sobre a desagregação do concreto do vigamento principal.	43
Tabela 16 – Incidência de avaliações sobre a deformação do vigamento principal. .	43
Tabela 17 – Incidência de avaliações sobre o aspecto do concreto do vigamento principal.	43
Tabela 18 – Incidência de avaliações sobre o cobrimento do vigamento principal. ..	44
Tabela 19 – Incidência de avaliações sobre a armadura exposta da Mesoestrutura.	44
Tabela 20 – Incidência de avaliações sobre o concreto desagregado da Mesoestrutura.	44
Tabela 21 – Incidência de avaliações sobre as fissuras da Mesoestrutura.	44
Tabela 22 – Incidência de avaliações sobre os aparelhos de apoio da Mesoestrutura.	45
Tabela 23 – Incidência de avaliações sobre o cobrimento da Mesoestrutura.	45
Tabela 24 – Incidência de avaliações sobre a erosão no terreno de fundação da Infraestrutura.	45

Tabela 25 – Incidência de avaliações sobre a irregularidade no pavimento da pista/ acesso.....	45
Tabela 26 – Incidência de avaliações sobre acessos x pontes da pista/ acesso.	46
Tabela 27 – Resistências obtidas a partir dos índices esclerométricos.....	47
Tabela 28 – Resistências especificadas em projeto.....	47
Tabela 29 – Coeficientes K7 e K8 conforme o tipo de cimento utilizado e relação água cimento.....	48
Tabela 30 – Resistências aos 28 dias corrigidas.	49
Tabela 31 – Comparação entre as resistências estimadas e as especificadas em projeto.	50
Tabela 31 – Incidências de recomendações terapêuticas.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento e Urbano de Curitiba.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte.

RAA – Reação Alkali – Agregado.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivos	18
1.1.1 Objetivo primário.	18
1.1.2 Objetivo secundário.....	18
1.2 Metodologia.....	18
1.3 Estrutura do Trabalho.....	19
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1. Viadutos	20
2.1.1. Componentes das pontes e viadutos	20
2.1.1.1. Tabuleiro.....	20
2.1.1.2. Superestrutura	21
2.1.1.3. Infraestrutura.....	22
2.2. Viga-caixão.....	22
2.3. Inspeção.....	23
2.3.1. Tipos de inspeção	23
2.3.1.1. Inspeção cadastral.....	23
2.3.1.2. Inspeção rotineira.....	24
2.3.1.3. Inspeção especial	24
2.3.1.4. Inspeção extraordinária.....	24
2.3.1.5. Inspeção intermediária.....	24
2.4. Patologias.....	24
2.4.1. Fissuração.....	26
2.4.2. Movimentação de Formas e Escoramentos.	28
2.4.3. Inadequação de Formas e Escoramentos.....	29
2.4.4. Retração Hidráulica.....	29
2.4.5. Retração Térmica.....	29
2.4.6. Fissuras do concreto endurecido.	30
2.4.7. Fissuras por Recalques.....	31
2.4.8. Deterioração do concreto.	31
2.4.9. Desagregações devido às reações Álcali-Agregado (RAA)	32
2.4.10. Desagregações devido à corrosão do concreto.....	32
2.4.11. Carbonatação do concreto.....	34

2.4.11.1. Espessura de Carbonatação	34
2.4.12. Corrosão da Armadura no Concreto	34
2.4.13. Desgaste do Concreto	35
3. METODOLOGIA	36
3.1 Caracterização da Pesquisa.....	36
3.2 Procedimentos da Pesquisa.....	37
4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	38
CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS	55
ANEXOS	57
Anexo A.....	57
Anexo B.....	67
Anexo C.....	77
Anexo D.....	86
Anexo E.....	95

1. INTRODUÇÃO

Os viadutos do anel viário do contorno sul de Curitiba tem vital importância para o adequado funcionamento da via, e seu estado de conservação pode oferecer um risco potencial a segurança e causar prejuízos à funcionalidade da estrutura, que teria sérias consequências à comunidade.

Segundo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC, 2004), o atual plano diretor de Curitiba e a Lei de Zoneamento e Uso do Solo disciplinam as atividades privadas, e caracteriza o Contorno Sul como parte das Vias Estruturais da cidade. As Vias Estruturais do município orientam o desenvolvimento urbano no plano, e ligam os eixos estruturais de Curitiba, mostrados na figura 1, sem passar pelo centro tradicional, como é ilustrado na figura 2.

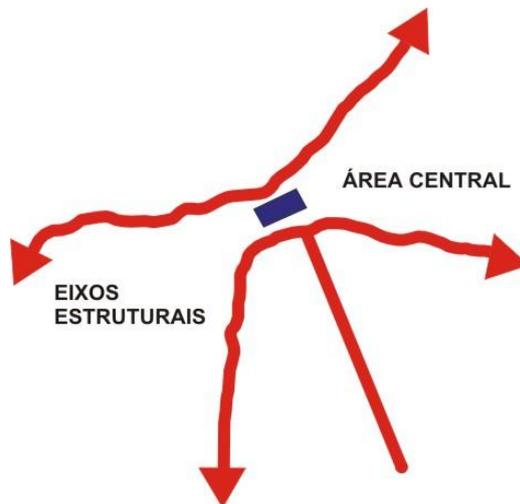


Figura 1 – Eixos estruturais de Curitiba.

Fonte: IPPUC.

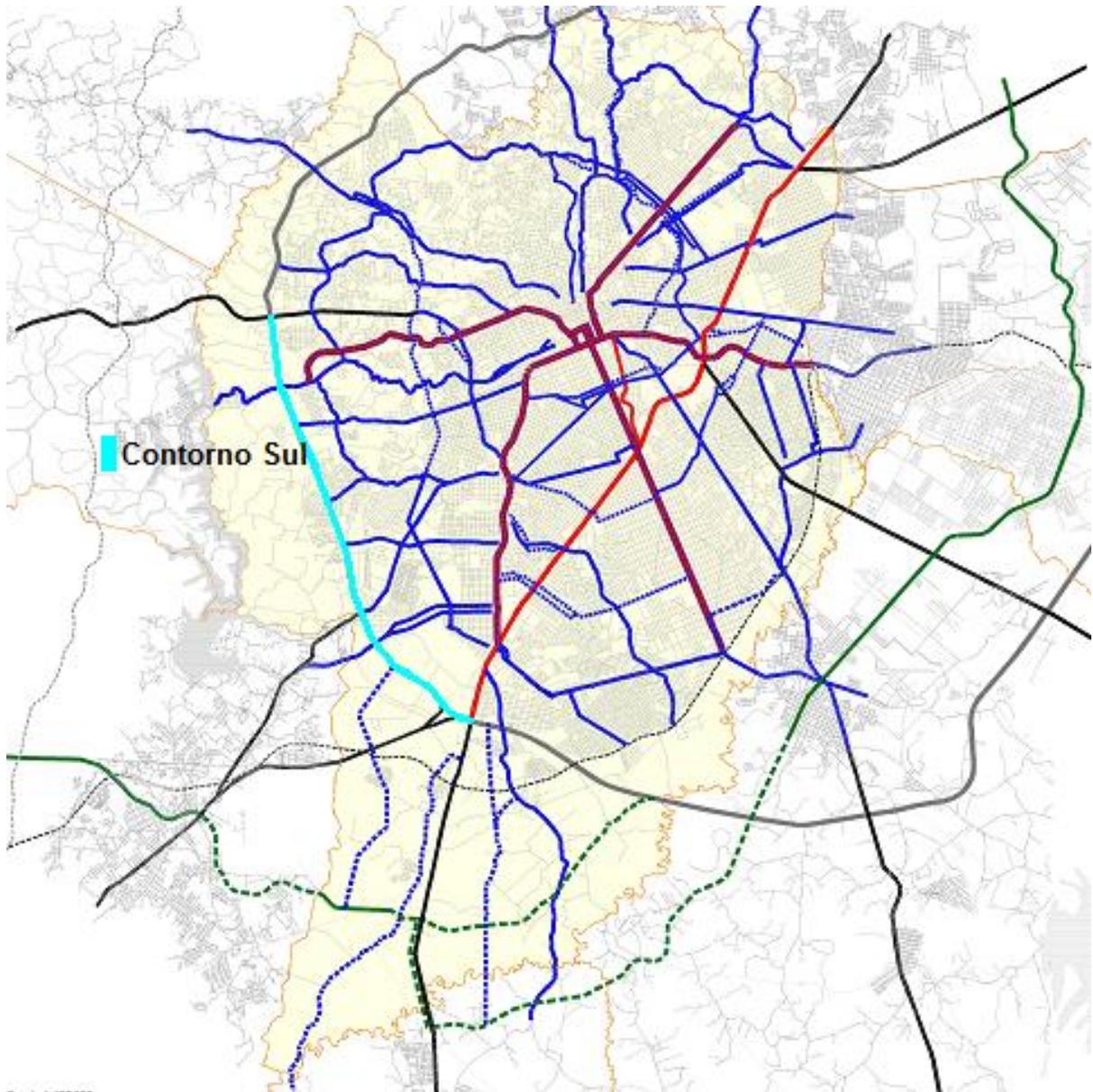


Figura 2 – Eixos de Estruturação Viária.

Fonte: IPPUC.

Analisando a figura 3, pode-se verificar a configuração ocupacional do Contorno Sul de Curitiba, sendo de destinação específica, esta em maior parte tomada por indústrias de grande porte.

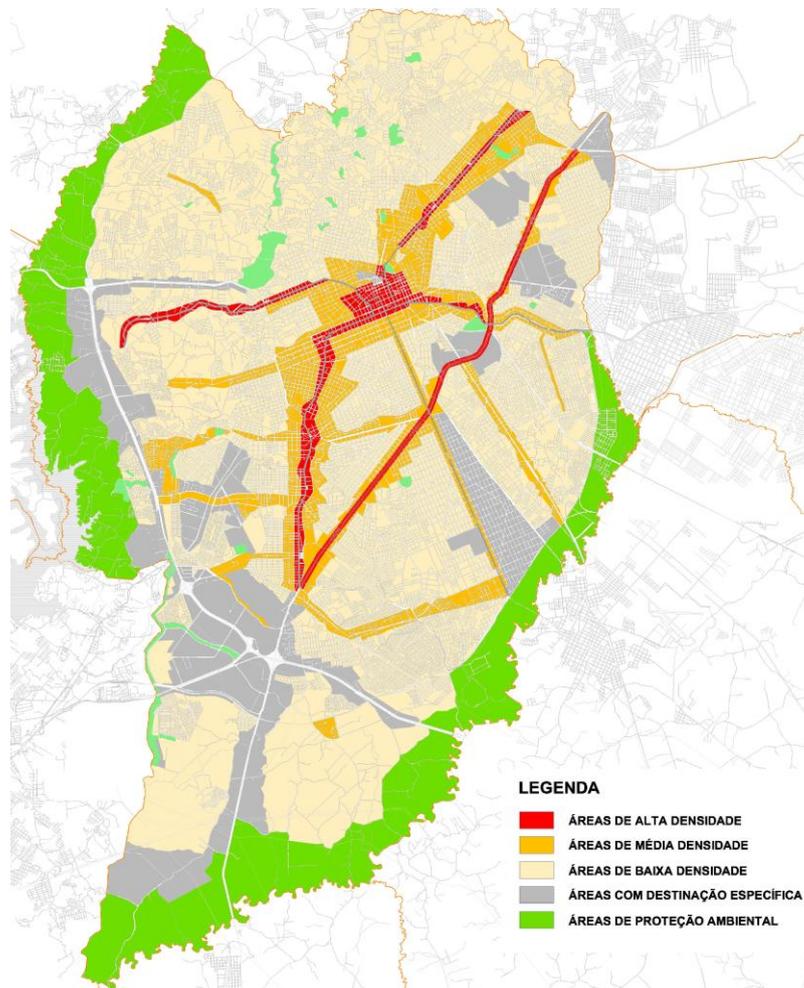


Figura 3 – Densidade de Ocupação de Curitiba.

Fonte: IPPUC.

Desta forma a via passa ter a função de escoar a produção industrial, desviando o fluxo de tráfego pesado da ocupação urbana, e ganha um caráter de importante variável logística, pois seu bom funcionamento interfere diretamente no desempenho das atividades econômicas da sociedade.

Como relata IPPUC (2004), a configuração da malha viária existente permite, com intervenções pequenas e estratégicas, a reorientação do crescimento da região evitando meios mais evasivos para esta finalidade, que causariam considerável impacto social e de alto custo econômico devido às desapropriações em áreas já comprometidas.

Mas para o Contorno Sul ser uma escolha factível de tráfego em relação aos eixos centrais da cidade, que como visto na figura 3 são áreas de alta densidade, é necessário que, apesar de muitas vezes se tornar um trajeto mais longo, seja o

trajeto mais rápido. Para possibilitar altas velocidades na via, apenas a largura e condições do pavimento não garantem agilidade e economia de tempo e recursos, caso sejam necessárias acelerações e desacelerações excessivas, fazendo-se necessárias transposições em desnível, permitindo o fluxo contínuo desejado, e ao evitar-se cruzamentos, torna-se mais seguro.

Transposições em desnível, tais como viadutos e trincheiras, conferem ao Contorno Sul a capacidade de fluxo contínuo e vantajoso com relação às vias centrais. A conservação deste faz-se necessária, pois obras deste porte causam paralisações demoradas, e quanto maiores os reparos a serem feitos, mais comprometida encontra-se a estrutura e seu uso.

É importante observar que as alternativas de intervenções para readequação do uso de viadutos, sejam para ampliações ou para manutenção, trazem impactos apenas nos custos futuros que envolverão as manutenções periódicas programadas e as corretivas, em função dos materiais utilizados e das técnicas de construção. Envolvem as técnicas e métodos de execução, devendo atender aos requisitos dos projetos, a fim de garantir as condições de resistência mecânica, durabilidade e desempenho esperados.

Iantas (2010) salienta a importância de manutenções periódicas das estruturas, que se não feitas, fazem com que pequenas patologias, de baixo custo de correção, evoluam para riscos iminentes ao desempenho da construção.

A estrutura socioeconômica do país fez com que as obras fossem conduzidas com velocidades cada vez maiores, e com poucos rigores em controle de qualidade. Tal estrutura criou também uma demanda muito grande de mão-de-obra, mas sem a preocupação com a formação desta, sendo admitidos operários cada vez menos qualificados para a execução de obras (THOMAZ, 1989).

Segundo Iantas (2010) a falta de planejamento, mau uso dos materiais e descuidos com a execução das estruturas, adicionados à carência de manutenção e uso indevido das construções, acarretam despesas extras a gestão pública.

Segundo Aguiar (2006) em um futuro próximo mais da metade do dinheiro envolvido no orçamento estará direcionado para a reabilitação, reparação e recuperação de estruturas deterioradas.

1.1 Objetivos

Abaixo serão apresentados os objetivos que nortearam o desenvolvimento deste estudo.

1.1.1 Objetivo primário.

Mapear e analisar as patologias observadas em 10 viadutos ao longo do Contorno Sul de Curitiba.

1.1.2 Objetivo secundário.

- Determinar a frequência de incidências das patologias e relacionar com suas causas.
- Comparar a resistência do concreto atual com o especificado em projeto para época.
- Apontar as principais causas de patologias.
- Recomendar procedimentos de projeto e execução que eliminem o aparecimento das principais patologias.

1.2 Metodologia

Esta pesquisa foi realizada com base num estudo de caso, considerando problemas patológicos detectados em relatórios de inspeção realizados em 10 viadutos do Contorno Sul de Curitiba.

Os dados referentes ao estado de conservação de cada um dos viadutos, bem como as resistências dos materiais foram coletados pela empresa AAD Projetos Consultoria e Engenharia Ltda., com base no manual de inspeção do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT) 010/2004 PRO (Procedimento de Inspeção de Pontes e Viadutos em Concreto Armado e Protendido).

Com base nas patologias observadas, foram analisadas suas incidências e medidas terapêuticas a serem tomadas, com a finalidade de identificar possíveis sintomas recorrentes e falhas no processo de construção e manutenção destes tipo de viadutos em específico.

1.3 Estrutura do Trabalho.

No capítulo 1 realiza-se a introdução ao trabalho, explanando sobre o atual panorama referente ao estudo, são expostos os objetivos, assim como as justificativas para o estudo do tema em questão.

Segue uma explanação no capítulo 2 sobre o conceito de patologias das construções, trazendo a tona os pensamentos de diversos autores, assim como definições, focando nas patologias observadas nas obras analisadas. Procurou-se mostrar também as consequências de suas ocorrências, assim como, possíveis medidas terapêuticas a serem tomadas.

No Capítulo 3, analisa-se a ocorrência das patologias nos viadutos, fornecendo os subsídios para atingir os objetivos, e para a elaboração das conclusões do trabalho.

O capítulo 4 traz uma conclusão a respeito da análise dos dados obtidos, apresentando possíveis medidas terapêuticas, e procedimentos de manutenção, assim como, recomendações para a execução de viadutos em seção caixão, com o propósito de indicar as causas mais comuns e possíveis soluções. Também serão apresentadas sugestões para trabalhos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo aborda os principais conceitos sobre os temas que fundamentam esta pesquisa, abrangendo referências a respeito de patologias, inspeção de estruturas e viadutos.

2.1. Viadutos

Segundo Freitas (1978), uma ponte pode ser definida como uma obra cujo objetivo é manter a via de comunicação entre lugares, através de um obstáculo natural ou artificial, com a característica de não interromper totalmente este obstáculo, sendo esse obstáculo predominantemente à água. Quando o obstáculo a ser transposto não apresenta água, ou quando essa é pouco significativa, a obra recebe o nome de “viaduto”.

São exemplos de viadutos, obras executadas sobre vias de comunicação (ruas, avenidas ou estradas) ou vales onde a água aparece na forma de pequenos riachos. Logo obras executadas no perímetro urbano são, na sua maioria, consideradas viadutos. (Freitas, 1978).

Ainda, para O'Connor (1975), a qualidade de uma ponte pode ser medida pela satisfação dos seus objetivos básicos de projeto, que são: funcional, estrutural, econômico e estético.

2.1.1. Componentes das pontes e viadutos

A maioria das pontes e viadutos apresentam três componentes básicos: tabuleiro (ou estrado), superestrutura e infraestrutura.

2.1.1.1. Tabuleiro

Para o Manual De Inspeção de Pontes Rodoviária 2ed (2004), o estrado é componente onde a carga móvel atua diretamente, devendo distribuir essa carga aos outros elementos da ponte. O estrado ainda deve ser capaz de permitir um tráfego seguro e fluente.

Geralmente é composto por lajes e um sistema estrutural secundário. Em pontes de laje de concreto armado o estrado e a superestrutura formam um único elemento que transfere as cargas diretamente aos apoios (Manual De Inspeção de Pontes Rodoviária 2ed, 2004).

O'Connor (1975) afirma que os fatores a serem considerados na escolha do tabuleiro de uma ponte são:

- Durabilidade;
- Resistência a flexão sob cargas transversais;
- Resistência axial longitudinal;
- Custo;
- Peso próprio;
- Uniformidade da superfície de tráfego.

2.1.1.2. Superestrutura

Segundo o Manual De Inspeção de Pontes Rodoviária 2ed (2004), a superestrutura é o componente que suporta o estrado e a carga nele aplicada, distribuindo aos apoios. A transmissão dos esforços até os apoios pode se dar de três modos: por compressão, tração, flexão ou pela combinação destas três solicitações. De acordo com o tipo de transmissão as pontes podem ser agrupadas em três tipos básicos:

Pontes sobre pilares: quando transmitem as cargas perpendicularmente e de forma direta aos apoios, podendo ser:

- Pontes em laje.
- Pontes em viga.
- Pontes em caixão.
- Pontes em treliça.

Pontes em arco: quando transmitem as cargas através de solicitações inclinadas.

Pontes Pênseis ou pontes Estaiadas: quando as tensões de tração nos cabos de suspensão são transmitidas a infraestrutura, através da compressão das torres intermediárias.

Para O'Connor (1975), a seleção do material e da forma da superestrutura principal é uma questão complexa e para ser determinada deve ser levado em

consideração todos os fatores que afetam o projeto de cada ponte. A escolha é função do vão, sendo também influenciada pela qualidade e custo dos materiais, condição de fundação, altura da superfície do tabuleiro e limitações impostas pelo local de execução.

2.1.1.3. Infraestrutura

A infraestrutura é o conjunto de todos os elementos que suportam a superestrutura, transmitindo suas cargas até a fundação. São dois os elementos básicos da infraestrutura, encontros e pilares, ilustrados pela figura 4. Os encontros são elementos que suportam as extremidades da ponte, enquanto os pilares são apoios intermediários (Manual De Inspeção de Pontes Rodoviária 2ed, 2004).

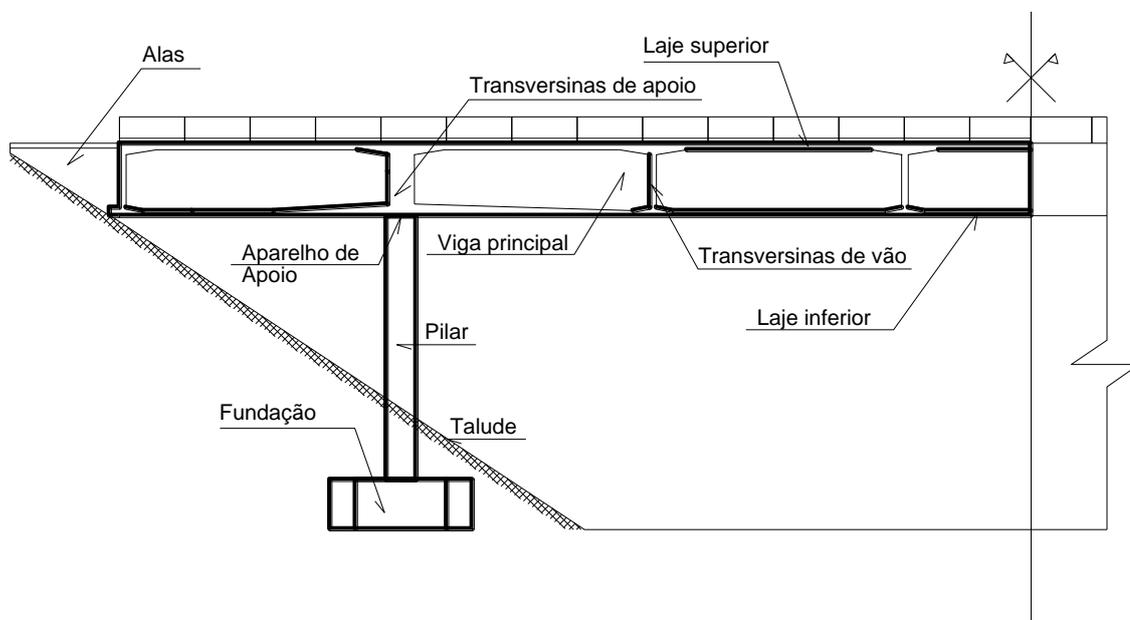


Figura 4 - Esquema simplificado de uma ponte/viaduto.

Fonte: Autor.

2.2. Viga-caixão

As vigas-caixão são soluções estruturais recomendadas para estruturas de pontes em curva e para vãos maiores, acima de 25m, para concreto armado, ou acima de 35m, para concreto protendido. São compostas por vigas longitudinais, laje superior, laje inferior, transversinas de apoio e transversinas de vão (Manual De Inspeção de Pontes Rodoviária 2ed, 2004).

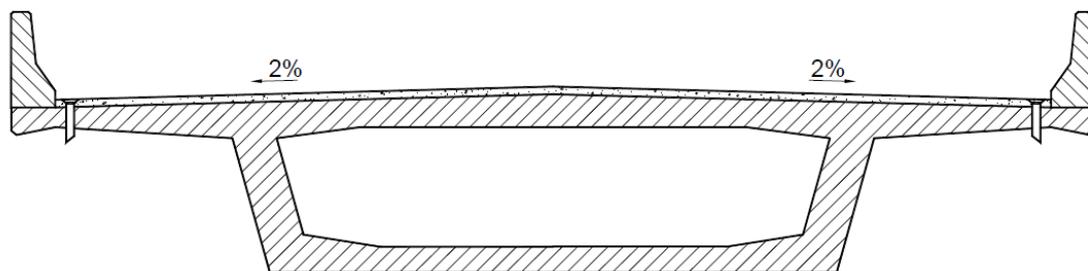


Figura 5 - Seção transversal de uma viga-caixão.

(Fonte: Manual De Inspeção de Pontes Rodoviária 2ed, 2004).

Ainda, segundo Pinho (2007), a seção em viga-caixão possui uma grande resistência e rigidez à torção. Além disso, o seu espaço interno possibilita a passagem de tubulações, equipamentos e facilita a sua manutenção.

O'Connor (1975) destaca que uma das vantagens mais importantes da viga-caixão, quando utilizada em pontes é a possibilidade de a mesa superior servir como laje do tabuleiro.

2.3. Inspeção

Red Iberoamericano (1998) ressalva que os conhecimentos das diferentes manifestações observáveis a simples vista ou não, originadas como resultado dos fenômenos corrosivos é fundamental para detectar e elaborar o diagnóstico das patologias. Por isso a inspeção da obra constitui-se em uma etapa muito importante na avaliação e posterior reparação das estruturas de concreto armado danificadas pela corrosão. Através delas se obtém a informação direta ou indiretamente requerida para a solução do problema.

2.3.1. Tipos de inspeção

Segundo o Manual De Inspeção de Pontes Rodoviária 2ed (2004), existem cinco tipos de inspeções que podem ser feitas em obras de pontes e viadutos.

2.3.1.1. Inspeção cadastral

Este tipo de inspeção deve ser realizada imediatamente após a conclusão da obra ou quando essa for adicionada ao sistema viário, ou ainda, quando forem feitas alterações pertinentes na obra, tais como, alargamentos, reforços e aumento do

comprimento. A inspeção cadastral é amplamente documentada, contendo os dados da inspeção, projetos completos e quaisquer documentos sobre a obra.

2.3.1.2. Inspeção rotineira

A inspeção rotineira é programada em intervalos regulares, normalmente entre um e dois anos, e tem como objetivo identificar, via medições e observações, anomalias em relação a inspeção cadastral ou inspeção rotineira anterior.

2.3.1.3. Inspeção especial

A inspeção especial deve ser efetuada no máximo em intervalos de cinco anos, em obras consideradas excepcionais, seja pelo seu porte, pelo seu sistema estrutural, pelo seu histórico problemático, ou ainda, quando for julgado necessário por uma inspeção anterior. É uma inspeção mais ampla e elaborada.

2.3.1.4. Inspeção extraordinária

A inspeção extraordinária é uma inspeção não programada, necessária quando ocorrem danos estruturais repentinos, podendo ter sido causados pelo homem ou pela natureza. Neste caso, a equipe de avaliação deve ser competente e autorizada a avaliar os danos, podendo limitar o tráfego ao até mesmo interrompê-lo, se julgar necessário.

2.3.1.5. Inspeção intermediária

A inspeção intermediária é solicitada para monitorar uma suspeita, ou já comprovada, anormalidade. Tais como um pequeno recalque, início de erosão, estado de um elemento estrutural, entre outros.

2.4. Patologias

Segundo SOUZA e RIPPER (1998), o campo das patologias das estruturas se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação, consequências e formas de ocorrências dos erros e dos sistemas de deterioração da estrutura.

Aguiar (2006) relata que a degradação do concreto ocorre muitas vezes como resultado de uma combinação de fatores externos e internos, de forma complexa, influenciando nas propriedades físicas e químicas do material, sendo os três principais sintomas: a fissuração, o destacamento e a desagregação.

SOUZA e RIPPER (1998) destacam o conceito de desempenho da estrutura, como sendo relacionada à qualidade do uso desta e relacionam os diversos tipos de deterioração com o tempo, conforme observa-se na figura 6:

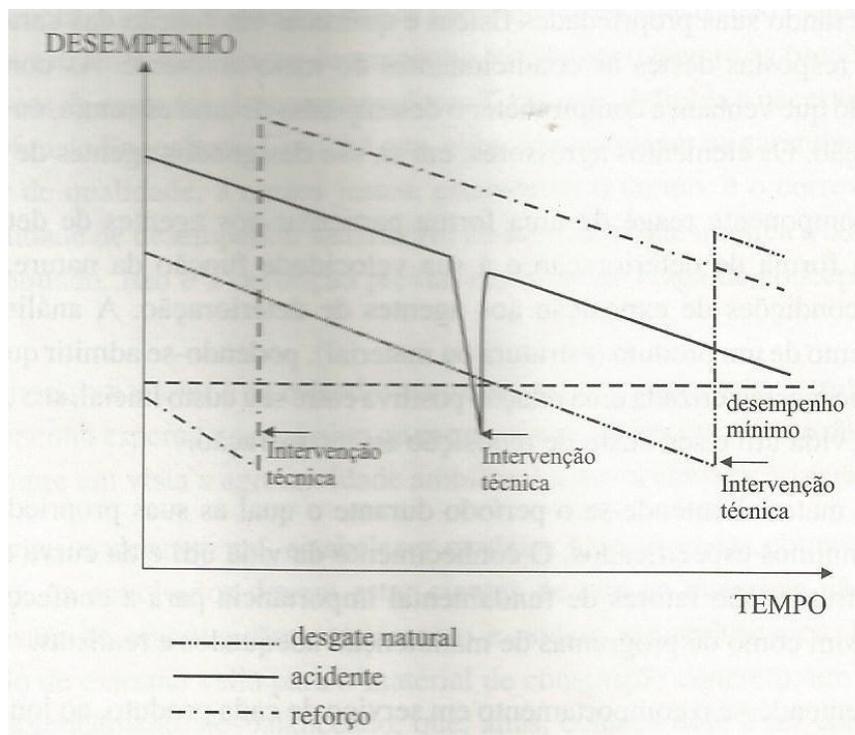


Figura 6 - Diferentes desempenhos de uma estrutura, com o tempo em função de diferentes fenômenos patológicos.

Fonte: SOUZA e RIPPER (1998).

Conforme Aguiar (2006), entre as principais causas da deterioração precoce da estrutura destacam-se:

- a) Falta de conhecimento por parte dos projetistas e executores das obras quanto a parte de patologias das estruturas.
- b) Rápido avanço tecnológico, sem a comprovação de todos os efeitos das técnicas absorvidas pelo mercado a respeito da durabilidade da estrutura.
- c) A falta de conhecimento por parte dos responsáveis da manutenção e conservação da estrutura.

A busca pela solução de um problema patológico deve levar em consideração três etapas (Lichtenstein, 1985 *apud*. THOMAZ, 1989):

- d) Levantamento das informações suficientes para a determinação e compreensão do fenômeno patológico.

- e) Diagnosticar a situação, identificando as múltiplas relações de causa e efeito presentes no fenômeno patológico.
- f) Prescrever a solução, recomendando as tecnologias existentes com melhor custo e benefício para a situação, assim como os parâmetros de qualidade final do processo, ou a metodologia de execução adequada.

2.4.1. Fissuração.

Em todas as construções de concreto e, portanto, com o emprego do cimento podem ocorrer fissuras que podem surgir após anos, semanas ou mesmo há algumas horas após a concretagem. Para SOUZA e RIPPER (1998, p. 57):

"As fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto, sendo mesmo 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".

Segundo Thomaz (1989), as fissuras possuem três aspectos fundamentais, o aviso de algo perigoso à estrutura, o comprometimento do desempenho da obra, e o constrangimento psicológico que sofre o usuário.

Conforme BRE (1978) *apud*. THOMAZ (1989), no local é necessário realizar o levantamento de informações de forma cuidadosa. O responsável técnico deve ter sensibilidade para detectar possíveis anomalias não aparentes e usar os instrumentos a disposições de forma inteligente. Uma série de fatores devem ser investigados, apresentados abaixo com foco as obras de arte:

- a) Incidência, configuração, comprimento, abertura e localização da trinca.
- b) Idade aproximada da trinca e da construção.
- c) Qual a profundidade da trinca em relação à espessura do elemento.
- d) Se aparecem outras trincas semelhantes em componentes paralelos e perpendiculares a estrutura analisada.
- e) Se o aparecimento das trincas é intermitente ou se sua abertura varia sazonalmente.

- f) Se a trinca já foi reparada anteriormente.
- g) Se houve alguma modificação profunda nas cercanias da obra.
- h) Se no entorno da trinca aparecem outras manifestações patológicas, como umidade, deslocamentos, manchas de ferrugem e de bolor, eflorescências, etc.
- i) Se nas proximidades da trinca existem tubulações ou eletrodutos embutidos.
- j) Se as trincas manifestam-se preferencialmente em alguma das fachadas da obra.
- k) Se existem deslocamentos relativos (para fora ou para dentro) na superfície do componente trincado.
- l) Se existem deslocamentos relativos (para fora ou para dentro) na superfície do componente trincado.
- m) Se a abertura da trinca é constante ou se ocorre estreitamento numa dada direção.
- n) Se a trinca é acompanhada por escamações indicativas de cisalhamento.
- o) Se há ocorrência de condensação ou penetração de água de chuva para o interior da obra de arte.
- p) Se a obra de arte está sendo corretamente utilizado, incluindo o atendimento as condições de carga de projeto.

O início do trabalho de diagnóstico inicia-se com o mapeamento das fissuras e de todas as patologias ao longo da obra analisada, assim como a classificação desta com relação a suas gravidades e tipologias como pode ser exemplificado na figura 7.

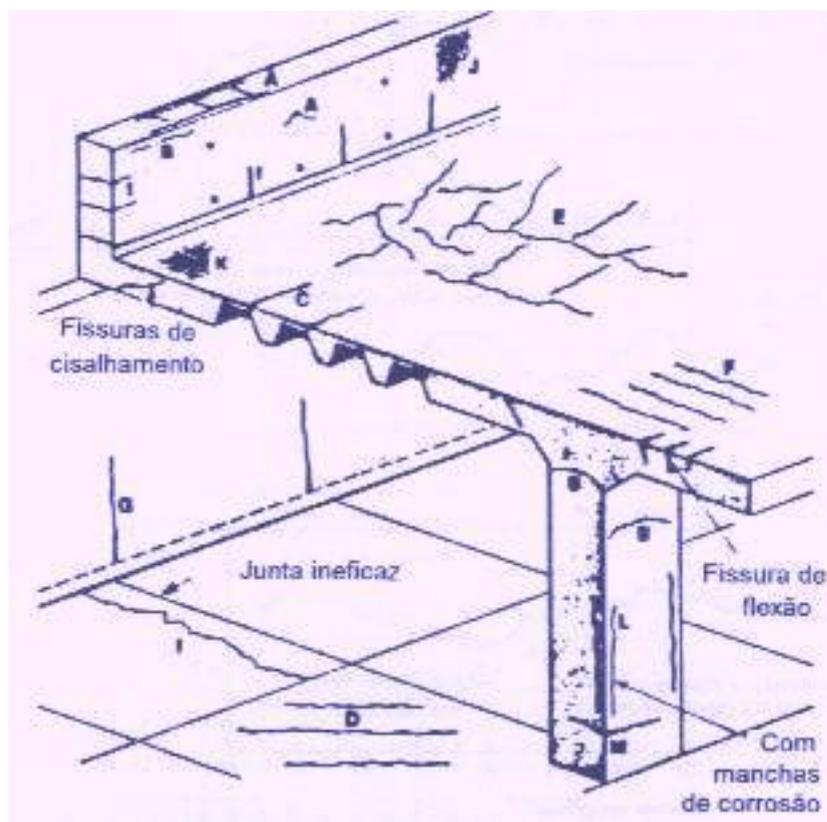


Figura 7 – Fissuração de uma estrutura hipotética.

Fonte – MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M., 1994.

Segundo Thomaz (1989), é necessário o monitoramento das características da fissura ao longo do tempo, para determinar se ela é ativa, a causa do seu aparecimento ainda atua, ou passiva, a causa do aparecimento já deixou de atuar.

2.4.2. Movimentação de Formas e Escoramentos.

Segundo SOUZA E RIPPER (1998, p. 63), a movimentação das fôrmas e escoramentos podem gerar:

- Deformação das fôrmas, por mau posicionamento, por fixação inadequada, por absorção da água do concreto, permitindo a criação de juntas não previstas;
- Deformação acentuada da peça, gerando alteração da geometria e perda de resistência.

2.4.3. Inadequação de Formas e Escoramentos.

Segundo Téchne (2006, p. 40 a 44), deslocamentos de formas inadequadamente apoiadas ou sobre terrenos de baixa capacidade portante ou muito deformáveis, geram deformações e/ou fissuração da estrutura.

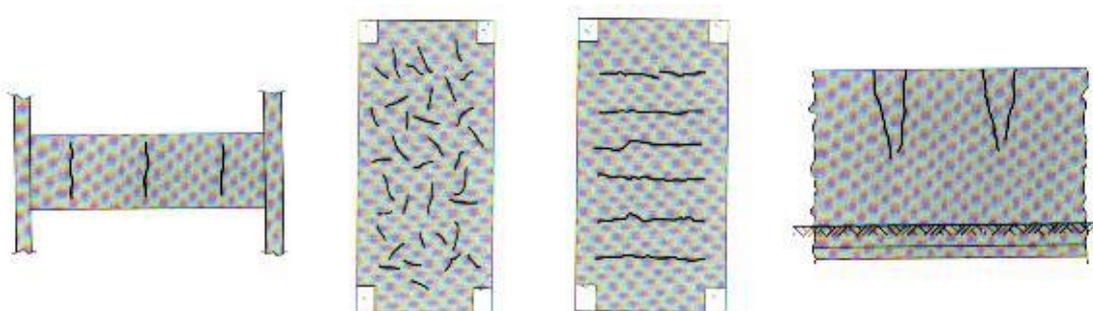
Remoção das escoras quando o concreto ainda não atingiu resistência suficiente pode dar origem a sobre tensões, fissuração e até o colapso da estrutura.

A remoção incorreta dos escoramentos (especialmente em balanços, casos em que as escoras devem ser sempre retiradas da ponta do balanço para o apoio), provoca o surgimento de trincas nas peças, como consequência da imposição de comportamento estático não previsto em projeto (esforços não dimensionados).

2.4.4. Retração Hidráulica.

Segundo Aguiar (2006), a retração hidráulica é a perda de água do concreto plástico devido ao vento, baixa humidade do ar e altas temperaturas, causando fissuras. Este fenômeno será mais intenso quanto maior o consumo de cimento, a relação entre água/ cimento e a proporção de finos do concreto.

De acordo com HELENE (1993), a retração hidráulica manifesta-se após o adensamento do concreto se não forem tomadas providências que assegurem uma perfeita cura, ou seja, se não for impedida a evaporação da água do concreto, conforme podem ser observadas as consequência na figura 8.



Figuras 8 – Fissuras causadas por retração hidráulica.

(Fonte HELENE, 1993)

2.4.5. Retração Térmica.

Quando a movimentação de uma estrutura é restringida, a variação volumétrica devido à mudança de temperatura gera tensões resultantes que podem ser maiores do que as resistentes do concreto, gerando fissuras (AGUIAR, 2006).

Segundo Aguiar (2006), variações bruscas de temperatura provocam danos a estrutura, pela diferença de deformações térmicas entre a superfície e o interior da peça estrutural, podendo causar o deslocamento de concreto, assim como, o empenamento de placas.

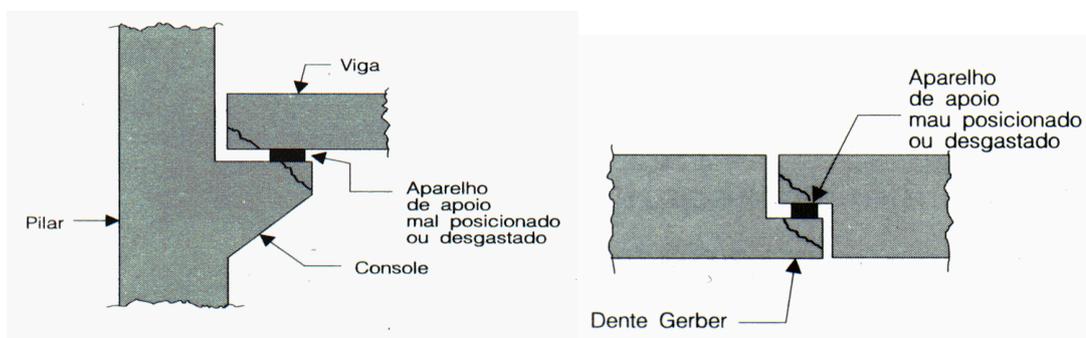
2.4.6. Fissuras do concreto endurecido.

De acordo com PFEIL (1983, p. 219), as fissuras no concreto endurecido podem ser produzidas em decorrência de vários aspectos, entre eles, os defeitos na execução.

Conforme Helene (1993), em muitas ocasiões as fissuras do concreto endurecido aparecem quase simultaneamente à atuação da ação normal a que está submetido, enquanto que, em outras, podem aparecer de maneira muito diferenciada.

As fissuras do concreto endurecido relacionadas à movimentação de água podem ser a retração autógena, que é a perda de água dos poros para a hidratação do cimento que ainda não reagiu, causando a diminuição do volume do poro. E a retração por secagem, que é a perda de água do concreto endurecido para o ambiente, causando a diminuição dos volumes dos poros (AGUIAR, 2006).

Em consoles e dentes Gerber mal executados, nos quais o apoio não funciona adequadamente, tem-se um engastamento que dá lugar a um momento cujo braço é muito curto e, portanto, produz grandes esforços, que podem fissurar o console ou a viga que se apoia sobre ele, conforme elucida Helene (1993) nas figuras 9 e 10.



Figuras 9 e 10– Fissuras em consolos, fissuras em dentes Gerber.

(Fonte HELENE, 1993)

2.4.7. Fissuras por Recalques.

Recalques diferenciais são deslocamentos verticais excessivos de uma parte da estrutura em relação ao todo devido a um elemento de fundação (OLIVARI, 2003).

Quando todos os apoios de uma estrutura apresentam os mesmos deslocamentos verticais, em geral, a estrutura não se vê submetida a nenhum estado tensional adicional, porém, se tais valores forem sensivelmente diferentes, as consequências sobre a estrutura podem ser significativas, tanto do ponto de vista de sua resistência quanto da durabilidade.

As isostáticas de tração desviam-se gerando fissuras que nascem em cantos opostos, em sentido diagonal, uma configuração típica dos recalques diferenciais, como mostrado na figura 11.

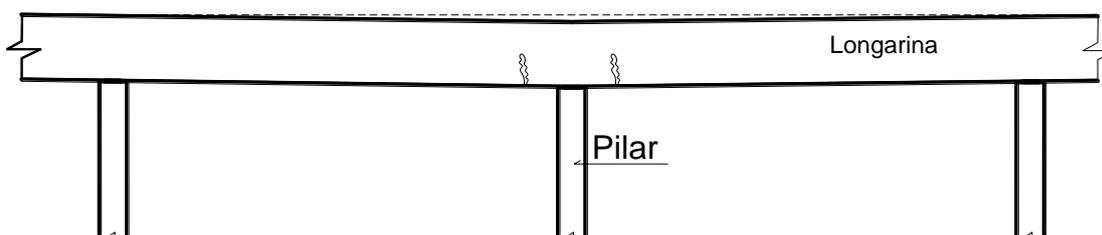


Figura 11 – Fissuração de uma estrutura por recalque diferencial.

Fonte: Autor.

No caso das pontes e viadutos, os efeitos serão diferenciados conforme o tipo de apoio utilizado e o sistema das longarinas.

Estruturas com ligações monolíticas ou com continuidade dos vãos estão mais sujeitas a danos estruturais. Enquanto que as biapoiadas com ligações flexíveis nos apoios apresentaram problemas de desempenho na pista.

2.4.8. Deterioração do concreto.

Para SOUZA E RIPPER (1998, p. 71), desagregação é:

"A própria separação física de placas ou fatias de concreto, com perda de monolitismo e, na maioria das vezes, perda

também da capacidade de engrenamento entre os agregados e da função ligante do cimento. Como consequência tem-se que uma peça com seções de concreto desagregado perderá, localizada ou globalmente, a capacidade de resistir aos esforços que a solicitam.”

2.4.9. Desagregações devido às reações Álcali-Agregado (RAA)

A RAA (reação álcali-agregado) pode ser resumida como um tipo de degradação que afeta ao concreto através de um fenômeno de expansão. A expansão é causada pela reação química que se processa entre certos tipos de agregados e os álcalis existentes no cimento Portland e cuja intensidade depende dos produtos formados pela reação (DOS SANTOS, 2012).

De acordo com PFEIL (1983, p. 218), os sulfatos presentes em soluções aquosas (Ex. efluentes industriais), ou mesmo em solos, atacam estruturas de concreto promovendo uma destruição progressiva do material.

Para prevenir ou mesmo postergar o problema, geralmente procura-se especificar tipos especiais de cimento (baixo teor de C3A ou adição de microssílica, escória de alto-forno e pozolanas em geral) para o caso de ataques por sulfato e reduzir a porosidade do material através de uma redução drástica da relação água/cimento ou adição de microssílica. Este último procedimento vale tanto para ataque por cloretos quanto sulfatos (DOS SANTOS, 2012).

Segundo Dos Santos (2012), da mesma forma ocorre nos casos de corrosão das armaduras, em que o concreto se desagrega quando do aumento de volume das barras de aço ou, ainda, quando acontecem as reações álcali-agregado e de sulfatos, que resultam em processo de desagregação bastante acelerado.

2.4.10. Desagregações devido à corrosão do concreto

Em geral, para HELENE (1993), "pode-se definir corrosão como a interação destrutiva de um material com o ambiente, seja por reação química ou eletroquímica". Sendo genérica, esta definição será válida para qualquer tipo de material.

Segundo PFEIL (1983, p. 219), o processo de corrosão do concreto depende tanto das propriedades do meio onde ele se encontra, incluindo a concentração de ácidos, sais e bases, como das propriedades do próprio concreto.

Pode-se classificar a corrosão do concreto segundo três tipos, de acordo com SOUZA E RIPPER (1998, p. 72), dependendo das ações químicas que lhe dão origem: corrosão por lixiviação; corrosão química por reação iônica; e corrosão por expansão.

a) A corrosão por lixiviação consiste na dissolução e arraste do hidróxido de cálcio existente na massa de cimento Portland endurecido (liberado na hidratação) devido ao ataque de águas puras ou com poucas impurezas, e ainda de águas pantanosas, subterrâneas, profundas ou ácidas, que serão responsáveis pela corrosão, sempre que puderem circular e renovar-se, diminuindo o pH do concreto. Quanto mais poroso o concreto, maior a intensidade da corrosão. A dissolução, o transporte e a deposição do hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 (com formação de estalactites e de estalagmites) dão lugar à decomposição de outros hidratos, com o conseqüente aumento da porosidade do concreto que, com o tempo, se desintegra. Este fenômeno que ocorre no concreto é similar à osteoporose do esqueleto humano e pode levar, em um espaço de tempo relativamente curto, o elemento estrutural atacado à ruína. É o processo de corrosão que ocorre com mais freqüência.

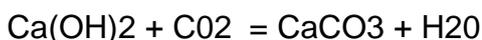
b) A corrosão química por reação iônica ocorre em virtude da reação de substâncias químicas existentes no meio agressivo com componentes do cimento endurecido. Esta reação leva à formação de compostos solúveis, que são carregados pela água em movimento ou que permanecem onde foram formados, mas, nesse último caso, sem poder aglomerante. Os principais íons que reagem com os compostos do cimento são o magnésio, o amônio, o cloro e o nitrato.

c) Na corrosão por expansão ocorrem reações dos sulfatos com componentes do cimento, resultando em um aumento do volume do concreto que provoca sua expansão e desagregação. Os sulfatos encontram-se presentes em águas que contém resíduos industriais, nas águas subterrâneas em geral e na água do mar, sendo que os sulfatos mais perigosos para o concreto são o amoníaco $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, o cálcico, CaSO_4 o de magnésio, MgSO_4 e o de sódio Na_2SO_4 .

Processos de corrosão interrompidos no seu início proporcionam a recuperação da estrutura e evitam seu enfraquecimento.

2.4.11. Carbonatação do concreto.

Nas superfícies expostas das estruturas de concreto, segundo ZANELLO (2005), a alta alcalinidade, obtida principalmente à custa da presença do hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) liberado das reações de hidratação, pode ser reduzida com o tempo. Essa redução ocorre, essencialmente, pela ação do CO_2 presente na atmosfera e outros gases ácidos, tais como SO_2 e H_2S . Esse processo, denominado carbonatação do concreto, ocorre lentamente, segundo a reação principal (equação 1):



Equação 1 – Carbonatação do concreto.

O pH de precipitação do CaCO_3 é cerca de 9,4 (à temperatura ambiente), o que altera, substancialmente, as condições de estabilidade química da capa ou película passivadora do aço. Sendo, portanto, um fenômeno ligado à permeabilidade aos gases, deve ser estudado quanto à composição ideal do concreto, de modo a reduzir o risco e a velocidade de carbonatação.

2.4.11.1. Espessura de Carbonatação

Conforme Aguiar (2006), em relação à determinação da profundidade de carbonatação, um método comum e simples consiste em tratar uma superfície recém-rompida de concreto com uma solução de fenolftaleína em álcool diluído. O Ca(OH)_2 adquire uma cor rosa enquanto a parte carbonatada não se altera.

Na verdade, o ensaio com a fenolftaleína é uma indicação do pH (cor rosa para pH maior do que cerca de 9,5), mas não faz distinção entre um pH baixo causado por carbonatação ou por outros gases ácidos. O ensaio com fenolftaleína não pode ser usado com cimentos aluminosos, pois esses cimentos não contêm cal livre. As técnicas de laboratório que podem ser usadas para esse tipo de cimento, que determinam a profundidade de carbonatação incluem análise química, difração de raios X, espectroscopia por infravermelho e análise termogravimétrica (AGUIAR, 2006).

2.4.12. Corrosão da Armadura no Concreto

De acordo com MEHTA E MONTEIRO (1994, p. 169), o processo de corrosão da armadura do concreto é acompanhado por um aumento de volume na

armadura que pode ser de até 600 por cento do material original. Esta expansão provoca deterioração do concreto, com fissuração e perda de cobrimento da armadura. A diminuição de aço resistente pode levar ao colapso estrutural.

A corrosão do aço no concreto é um processo eletroquímico, e os potenciais para formar as células de corrosão segundo METHA E MONTEIRO (1994, p. 169), podem ser:

“Células de composição: podem ser formadas quando dois metais diferentes estão embutidos no concreto, tais como barras de aço e eletrodutos de alumínio, ou quando existem variações significativas nas características superficiais do aço”.

“Células de concentração: podem ser formadas devido a diferenças na concentração de íons dissolvidos na vizinhança do aço, tais como álcalis, cloretos e oxigênio.”

Como resultado, um dos dois metais ou partes de um mesmo metal torna-se anódico e o outro catódico. O controle da corrosão é basicamente a diminuição da permeabilidade do concreto.

2.4.13. Desgaste do Concreto

- **Abrasão**

Segundo Dos Santos (2012), se a ação do agente abrasivo não foi dissimulada pela passagem de rodas ou pela alteração devido a este, o agregado deverá apresentar algumas superfícies polidas ou algumas estrias. Deve-se verificar se existem algumas partículas trituradas, o que caracteriza o efeito destrutivo pelo tráfego existente nos pilares, paredes, pisos industriais e tabuleiros de pontes podendo ocorrer o atrito a seco e o desgaste superficial, inclusive da pasta e dos agregados.

- **Erosão**

A erosão ocorre devido ao desgaste pela ação de fluidos com partículas sólidas em suspensão e colisão de partículas com o concreto e desgaste superficial. Quanto menor a resistência à compressão, maior o efeito da erosão. Geralmente os elementos estruturais mais afetados pela erosão são pilares, cortinas, pisos, canaletas e canais (DOS SANTOS, 2012).

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da Pesquisa.

Consiste num estudo de caso com base nos laudos realizados a respeito do estado de conservação de 10 viadutos em seção caixão do contorno sul de Curitiba.

Para a Inspeção das Obras de Arte foi utilizada a Metodologia Prevista na Norma do DNIT 010/2004 PRO (Procedimento de Inspeção de Pontes e Viadutos em Concreto Armado e Protendido). Utilizaram-se as Instruções para Vistoria Rotineira Expedita, com emprego de formulário similar ao apresentado pelo DNIT, bem como, as Instruções para Atribuição de Notas de Avaliação, que é definida a cada elemento componente do viaduto, variando de 1 a 5, que deverá refletir a maior ou menor gravidade dos problemas existentes, conforme quadro a seguir.

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 em alguns casos, substituição da obra - deve ser feita sem tardar.	Precária	Obra crítica Em alguns casos, pode configurar uma situação de emergência, podendo a recuperação da obra ser acompanhada de medidas preventivas especiais, tais como: restrição de carga na ponte, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramentos provisórios, instrumentação com leituras contínuas de deslocamentos e deformações 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.

Quadro 1 – Classificação do estado de conservação do viaduto.

Fonte: DNIT 010/2004

As inspeções das 10 obras de arte analisadas ocorreram nos dias 09, 10, 13 e 14 de julho de 2011, pela empresa AAD projetos consultoria e engenharia. Foram realizadas inspeções rotineiras, sendo verificada visualmente a existência de patologias e de possíveis reparos e/ou ampliações executadas anteriormente.

Foram realizados ainda ensaios de esclerometria, o qual consiste em um método não destrutivo que mede a dureza superficial do concreto sem causar danos à estrutura existente. Dessa forma, com base nos índices esclerométricos obtidos foi possível a determinação aproximada da resistência atual dos elementos estruturais. Além disto, foram avaliados os cobrimentos das armaduras através de detector de armaduras.

3.2 Procedimentos da Pesquisa.

Os dados obtidos pelos laudos foram contabilizados de acordo com o padrão de preenchimento das fichas de inspeção utilizadas. Comparados ao total de obras analisadas, foi possível a determinação das incidências de cada uma das patologias observadas, assim como a localização ao longo da estrutura. Desta forma foram analisadas pontualmente cada uma das causas, e após análise conjunta, determinar quais fatores de projeto, execução e manutenção foram observados como críticos em relação ao surgimento de patologias.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com os dados coletados das inspeções documentadas nos anexos A, B, C, D e E, foram possíveis determinar as seguintes incidências de notas técnicas e patologias nos viadutos:

Tabela 1 – Incidência de notas por partes do viaduto.

Nota técnica	2	3	4	5
Geral		20%	80%	0%
Laje		0%	90%	10%
Vigamento Principal		20%	70%	10%
Mesoestrutura		0%	20%	40%
Infraestrutura		0%	40%	0%
Pista/ Acesso		22%	0%	44%

Fonte: Autor.

Para a avaliação das notas técnicas o viaduto foi dividido em cinco partes, listadas na tabela 1 e, para a avaliação geral, foi tomada a menor nota tirada por uma destas partes.

Observa-se que as maiores incidências de notas “2”, ou seja, estado de conservação sofrível, estão concentradas nas partes referentes ao vigamento principal e a pista e acesso do viaduto. Segundo o quadro 1, não é recomendável postergar restauros a obra, pois ela pode evoluir a um estado crítico, e sendo necessárias inspeções intermediárias para a verificação do desenvolvimento de patologias apresentadas.

A diante serão abordadas as incidências de patologias de cada uma das partes individualmente e relacionadas as suas notas técnicas.

Com relação às notas “3”, boa aparentemente, “4”, boa, e “5”, boa, as recomendações são as inspeções rotineiras, com ressalva para as obras potencialmente problemáticas, onde é necessário o acompanhamento da evolução das patologias encontradas.

A incidência de notas “3” foi observada em todo os viadutos, em alguma parte da estrutura, mostrando necessários acompanhamento das patologias em pelo menos alguma parte de cada um deles.

Em cada uma das obras foram registrados os comentários gerais a toda a estrutura, sendo observados os seguintes resultados:

Tabela 2 – Incidência de avaliações a respeito das condições de estabilidade.

Avaliação	Condições de estabilidade
Boa	80%
Sofrível	20%
Precária	0%

Fonte: Autor.

Na tabela 2 pode-se observar que maior parte das estruturas possuem boas condições de estabilidade, ou seja, apenas inspeções e manutenções rotineiras são necessárias para o bom desempenho da estrutura. Mas em uma pequena parcela foram registradas condições precárias, que se não monitoradas podem causar sérios prejuízos a sociedade.

Tabela 3 – Incidência de avaliações a respeito das necessidades de restauro.

Avaliação	Necessidade de restauro
Sim	20%
Não	80%

Fonte: Autor.

Diretamente relacionada a tabela 2, a tabela 3 reafirma a necessidade de acompanhamento para as obras em estado precário, especificando a necessidade de restauro para estas. A correlação também é observada nas fichas de inspeção presentes nos anexos A, B, C, D e E.

Tabela 4 – Incidência de avaliações a respeito das condições de conservação.

Avaliação	Condições de conservação
Boa	0%
Regular	100%
Sofrível	0%
Ruim	0%

Fonte: Autor.

Nenhuma estrutura apresentou condições boas de conservação, mas ainda possuem capacidade de continuar operando sem riscos a segurança iminente.

Tabela 5 – Incidência de avaliações a respeito da urgência no restauro.

Avaliação	Urgência
Sim	0%
Não	100%

Fonte: Autor.

Apesar do observado nas tabelas 2 e 3, nenhuma estrutura apresentou estado de conservação pior do que regular, como visto na tabela 4. É possível relacionar esta situação ao mostrado na tabela 5, que apesar de anteriormente ter

sido constatada a necessidade de restauro em algumas estruturas, não foi indicada urgência a nenhuma.

A inspeção dos viadutos seguiu como roteiro os modelos de fichas de inspeção presentes nas normas do DNIT presentes nos anexos A, B, C, D e E, sendo preenchidas as patologias encontradas e sua intensidade, porém nem sempre são localizadas as concentrações destas patologias, sendo nestes casos considerado que a patologia foi observada ao longo de toda estrutura analisada.

O percentual de observações presentes nas tabelas a seguir correspondem as avaliações observadas com alguma patologia em relação ao total de viadutos analisados.

Sendo a inspeção das patologias em viadutos divididas em partes, segue os resultados das análises de incidências observadas com relação às lajes das obras:

Tabela 6 – Incidência de avaliações sobre buracos nas lajes.

Avaliação	Buracos	Drenos ao longo do viaduto
Existe	20%	100%
É iminente	0%	0%

Fonte: Autor.

Foram observados buracos em 20% das obras inspecionadas, porém todos eles localizados ao longo dos drenos do viaduto, indicando o buraco como um possível sintoma de lixiviação decorrente da umidade excessiva ocasionada por drenos mal instalados ou obstruídos.

Tabela 7 – Incidência de avaliações sobre armaduras expostas nas lajes.

Avaliação	Armadura exposta	Na direção dos drenos	Canto Inferior
Grande incidência	30%	67%	0%
Há incidência	10%	0%	100%

Fonte: Autor.

Constatou-se a presença de armaduras expostas nas lajes em cerca de 40% das obras analisadas, sendo a maior parte em grande incidência, e com estas mais concentradas nas regiões dos drenos. Pode-se associar a sua causa a possíveis infiltrações ocasionadas por vazamentos e obstrução dos drenos, levando a lixiviação e desagregação do concreto, exposição e corrosão das armaduras.

Tabela 8 – Incidência de avaliações sobre concreto desagregado nas lajes.

Avaliação	Concreto desagregado	Na direção dos drenos	Ligação da longarina com laje
Grande incidência	20%	100%	0%
Há incidência	10%	0%	100%

Fonte: Autor.

Aproximadamente 30% das estruturas apresentaram algum problema de desagregação do concreto, sendo 20% em grande incidência, e esta incidência concentrada na direção dos drenos. Existe também alguma incidência na ligação da longarina com a laje. As causas das patologias de grande incidência estão possivelmente ligadas as patologias com as avaliações apresentadas nas tabelas 6, 7 e 8, relacionadas a má execução e conservação dos drenos.

Tabela 9 – Incidência de avaliações sobre fissuras nas lajes.

Avaliação	Fissuras	Laje do balanço	Laje inferior
Grande incidência	90%	89%	11%

Fonte: Autor.

Como é possível observar na tabela 9, a maior parte das estruturas apresentam fissuras na laje, sendo a maior parte concentradas nas lajes do balanço, e algumas na laje inferior da seção caixão da obra.

Como é possível observar nas fotos das fichas de inspeção dos anexos A, B, C, D e E a posição das fissuras indica causas relacionadas a temperatura, uma vez que a laje do balanço possui massa diferenciada em relação ao restante da seção do viaduto, o que ocasiona a concentração de tensões de tração maiores do que as suportadas pelo concreto, ocasionando a fissuração. Isto seria possível devido ao espaçamento excessivo das armaduras, havendo uma distribuição de tensões indesejadas para o concreto.

As fissuras também podem estar relacionadas as infiltrações observadas nos drenos presentes nas lajes do balanço, devidas a falhas nos drenos.

Tabela 10 – Incidência de avaliações sobre marcas de infiltração nas lajes.

Avaliação	Marcas de infiltração	Laje inferior	Na direção dos drenos
Grande incidência	60%	50%	33%
Forte	10%	0%	100%
Há incidência	10%	0%	100%

Fonte: Autor.

Marcas de infiltração nas lajes foram encontradas em 80% dos viadutos, sendo a maior parte em grande incidência. A patologia foi observada tanto na laje

inferior como na direção dos drenos. A causa destas manchas esta, possivelmente, ligada à qualidade de execução e manutenção dos drenos, uma vez que obstruídos podem criar o acúmulo de água dentro da seção caixão, ocasionando as infiltrações na laje inferior e na direção dos drenos.

Tabela 11 – Incidência de avaliações sobre cobertura das armaduras nas lajes.

Problema	Cobrimento
Ausente/ Pouco	20%

Fonte: Autor.

O cobrimento das armaduras de 20% das lajes foi considerado pouco ou ausente, sendo esta situação extremamente prejudicial à proteção a corrosão das armaduras.

As incidências observadas com relação ao vigamento principal dos viadutos:

Tabela 12 – Incidência de avaliações sobre fissuras finas no vigamento principal.

Avaliação	Fissuras Finas	Na lateral	Vertical, no meio do vão da laje inferior
Grande incidência	20%	50%	0%
Algumas	70%	86%	14%

Fonte: Autor.

Dos viadutos analisado, 90% apresentou fissuras finas, sendo observadas em maior incidência apenas algumas fissuras. A maior incidência destas fissuras foi encontrada nas laterais do vigamento principal. As causas destas fissuras podem estar relacionadas desde movimentações térmicas, até infiltrações e escoramentos inadequados, ou retirada precoce destes, sendo necessária sua análise em conjunto a outras avaliações de elementos da estrutura e quesitos.

Tabela 13 – Incidência de avaliações sobre trincas superficiais do vigamento principal.

Avaliação	Trincas superficiais	Na lateral, próximo as cortinas	Na lateral
Grande incidência	10%	0%	100%
Algumas	40%	75%	0%

Fonte: Autor.

A incidência de trincas superficiais do vigamento principal foi observada em metade dos viadutos analisados, sendo localizadas na lateral da estrutura, próximas às cortinas, e outras distribuídas na lateral da estrutura. As causas destas trincas podem estar relacionadas desde os deslocamentos devido à temperatura, até falhas na execução, escoramento e proteção, sendo necessária a análise em conjunto a outros fatores avaliados nas inspeções.

Tabela 14 – Incidência de avaliações sobre a armadura principal do vigamento principal.

Problema	Armadura principal	Laje inferior	Próxima ao pilar
Exposta	80%	88%	13%

Fonte: Autor.

Em maior parte dos viadutos, a armadura principal se encontra exposta, sendo a maior concentração desta patologia encontrada na laje inferior da seção caixão. A causa da exposição da armadura pode estar relacionada ao deslocamento do concreto na região devido infiltrações, ou a ninhos de concretagem não tratados de forma adequada desde a fase de execução.

Tabela 15 – Incidência de avaliações sobre a desagregação do concreto do vigamento principal.

Avaliação	Desagregação do concreto	Na direção dos drenos
Grande Incidência	30%	67%

Fonte: Autor.

Foi registrada grande incidência de desagregação do concreto em menor parte dos vigamentos analisados e estes estão concentrados na direção dos drenos. A causa desta desagregação pode estar vinculada a má execução e conservação dos drenos, levando a infiltrações e lixiviação do concreto da região. Este problema já foi relatado na análise das avaliações anteriores, em diferentes partes da amostra de viadutos analisada. A incidência das patologias onde o mau estado dos drenos encontra-se relacionado esta ligada a gravidade da patologia apresentada, e a gravidade da deterioração do desempenho dos drenos.

Tabela 16 – Incidência de avaliações sobre a deformação do vigamento principal.

Avaliação	Deformação	Balanços
Exagerada	10%	100%

Fonte: Autor.

Foi observada a deformação exagerada do vigamento principal na região dos balanços em um dos viadutos analisados. A causa desta deformação pode estar relacionada desde ao deslocamento de posição das armaduras negativas durante a concretagem até deficiências na proteção.

Tabela 17 – Incidência de avaliações sobre o aspecto do concreto do vigamento principal.

Avaliação	Aspectos do concreto
Ninhos de concretagem	10%

Fonte: Autor.

A existência de ninhos de concretagem foi observada em apenas um viaduto analisado, e esta normalmente ligada ao adensamento inadequado do concreto, assim como, a falta de espaços entre as armaduras.

Tabela 18 – Incidência de avaliações sobre o cobrimento do vigamento principal.

Avaliação	Cobrimento	Cantos inferiores da viga caixão
Ausente/ Pouco	30%	33%

Fonte: Autor.

O pouco, ou ausente, cobrimento foi encontrado em um terço dos viadutos analisados, e estes possuem uma parcela concentrada nos cantos inferiores do viga caixão. A causa desta ausência de cobrimento esta relacionada a pouca ou nenhuma utilização de espaçadores durante a concretagem do viaduto. Esta patologia também pode ser relacionada com a presença de armaduras expostas e desagregação de concreto, uma vez que corrobora com a presença destas.

As incidências observadas com relação à Mesoestrutura, parte entre a seção caixão e a fundação, dos viadutos:

Tabela 19 – Incidência de avaliações sobre a armadura exposta da Mesoestrutura.

Avaliação	Armadura exposta	Cortina
Grande Incidência	20%	100%

Fonte: Autor.

Na Mesoestrutura foram observadas armaduras expostas em uma pequena parcela dos viadutos analisados, em grande incidência e concentradas na cortina. Tal patologia pode estar ligada ao processo de deterioração do concreto, assim como, a ausência de cobrimento suficiente para a proteção das armaduras.

Tabela 20 – Incidência de avaliações sobre o concreto desagregado da Mesoestrutura.

Avaliação	Concreto desagregado	Pilar
Há Incidência	20%	100%

Fonte: Autor.

A desagregação do concreto na estrutura foi observada em 20% dos viadutos analisados e todas as incidências ocorridas nos pilares do viaduto. A patologia pode ter sido causada por lixiviação do concreto.

Tabela 21 – Incidência de avaliações sobre as fissuras da Mesoestrutura.

Avaliação	Fissuras	Pilar
Há Incidência	10%	100%

Fonte: Autor.

Foram observadas poucas incidências de fissuras na Mesoestrutura, e todas concentradas na região do pilar. As causas da fissuração podem estar ligadas a incidência de desagregação do concreto, podendo ser causadas pela lixiviação.

Tabela 22 – Incidência de avaliações sobre os aparelhos de apoio da Mesoestrutura.

Avaliação	Aparelho de apoio	Abaulado	abaulado (Neoprene)
Danificado	50%	20%	80%

Fonte: Autor.

Metade dos viadutos analisados mostraram danos nos aparelhos de apoio, sendo a maior parte no neoprene, causados por movimentações excessivas da estrutura, desgaste pelo uso sem a manutenção ou substituição em tempo adequado ou, ainda, ao subdimensionamento em projeto.

Tabela 23 – Incidência de avaliações sobre o cobrimento da Mesoestrutura.

Avaliação	Cobrimento
Ausente/ Pouco	40%

Fonte: Autor.

Pouco ou falta de cobrimento foram observados em 40% das inspeções à Mesoestrutura, tendo sua origem em falhas na concretagem, devido a falta ou má utilização de espaçadores, assim como, movimentações nas formas.

As incidências observadas com relação à Infraestrutura dos viadutos:

Tabela 24 – Incidência de avaliações sobre a erosão no terreno de fundação da Infraestrutura.

Avaliação	Erosão no terreno de fundação	Talude
Há	40%	100%

Fonte: Autor.

Há erosão no terreno de fundação em 40% dos viadutos analisados, sendo todas as incidências observadas nos taludes do viaduto. Esta erosão provavelmente foi causada devido a falhas no sistema de drenagem ou falhas na execução do talude, seja na qualidade do solo compactado, assim como, na compactação deste solo.

As incidências observadas com relação à pista/ acesso dos viadutos:

Tabela 25 – Incidência de avaliações sobre a irregularidade no pavimento da pista/ acesso.

Avaliação	Irregularidade no pavimento	Entrada e Saída
Muita intensidade	30%	0%
Há	10%	100%

Fonte: Autor.

Foram observadas irregularidades no pavimento em 40% das pistas/ acessos analisados, sendo 10% nas entradas e saídas. Estas irregularidades estão ligadas a falta de manutenção, excesso de carregamento no pavimento e falhas na drenagem.

Tabela 26 – Incidência de avaliações sobre acessos x pontes da pista/ acesso.

Avaliação	Acessos x Pontes	Saída da pista
Degrau acentuado	30%	67%

Fonte: Autor.

A avaliação de degrau acentuado foi registrada em 30%, sendo maior parte deste na saída do viaduto. Esta patologia pode ser atribuída a falhas na execução da laje de transição, assim como, o adensamento indevido do aterro abaixo da laje e possíveis infiltrações que podem causar o recalque da laje de transição.

No projeto da estrutura de concreto na versão anterior da NBR6118, a resistência à compressão do concreto era a propriedade geralmente especificada. A fim de se obter a resistência atual do concreto e compará-la com a resistência especificada em projeto, executaram-se ensaios não destrutivos no concreto. Devido à praticidade de operação, aliada a um bom nível de precisão, optou-se pelo ensaio de determinação da resistência do concreto pela avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão, também conhecido como Teste Esclerométrico.

O esclerômetro mede a resistência mediante a volta de uma massa de aço que, por uma mola, golpeia um pino posto em contato com a superfície do concreto. Produzido o impacto, parte da energia é consumida na forma de deformação plástica da superfície do concreto, e parte é refletida elasticamente, impelindo em seu movimento um indicador que, ao deslocar-se sobre uma escala graduada, marca um valor que se denomina “Índice Esclerométrico”, e que é a relação entre a altura da volta e a escala total do aparelho. Quanto mais duro e conseqüentemente mais resistente o material ensaiado, maior é a reflexão.

O número de determinações que foram realizadas, por zona ensaiada, foi de 09 (nove), conforme recomendações da NBR 7584/95 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, para se conseguir uma média representativa.

Calcula-se a média aritmética dos índices esclerométricos obtidos em cada zona ensaiada, em seguida arbitra-se uma amplitude, com variação máxima de 10 % (dez por cento) desta média. Excluem-se os valores que se afastam dos limites superior e inferior da amplitude considerada, e com os índices remanescentes

calcula-se uma nova média, que é utilizada para a correlação do índice esclerométrico com a resistência.

Com a tabela ou curva que costuma acompanhar os aparelhos, pode-se passar do índice médio saneado à resistência a compressão do concreto, em MPa (Mega Pascal). Os resultados dos testes de esclerometria são mostrados a seguir:

Tabela 27 – Resistências obtidas a partir dos índices esclerométricos.

VIADUTO	Sentido	Resistência (MPa)				
		Pilar a esquerda	Pilar a direita	Longarina a esquerda	Longarina a direita	Laje
Eduardo Sprada	Sul	52	56	39,5	50,5	56,5
Eduardo Sprada	Norte	53	54	41,5	38,5	59
Raul Pompeia	Sul	52,5	57,2	51	57,5	69
Raul Pompeia	Norte	29	54,5	57	53,5	61,5
BR 476 KM 600,6	Sul	51,5	51,5	40	40	
BR 476 KM 600,6	Norte	55	55	51	51	
Cyro Correia Pereira Km599,8	Sul			53	63	69
Cyro Correia Pereira Km599,8	Norte			53	53	
José Luiz Guerra Rego Km 596,8	Sul	57	53	46	50,5	56
José Luiz Guerra Rego Km 596,8	Norte	51,5	50,5	46,5	51,5	56

Fonte: Anexos A, B, C, D e E.

As resistências exigidas em projeto são mostradas a seguir:

Tabela 28 – Resistências especificadas em projeto.

VIADUTO	Sentido	Resistência de projeto (MPa)				
		Pilar a esquerda	Pilar a direita	Longarina a esquerda	Longarina a direita	Laje
Eduardo Sprada	Sul	18	18	25	25	25
Eduardo Sprada	Norte	18	18	25	25	25
Raul Pompeia	Sul	18	18	25	25	25
Raul Pompeia	Norte	18	18	25	25	25
BR 476 KM 600,6	Sul	18	18	18	18	18
BR 476 KM 600,6	Norte	18	18	18	18	18
Cyro Correia Pereira Km599,8	Sul	18	18	25	25	25
Cyro Correia Pereira Km599,8	Norte	18	18	25	25	25
José Luiz Guerra Rego Km 596,8	Sul	18	18	18	18	18
José Luiz Guerra Rego Km 596,8	Norte	18	18	18	18	18

Fonte: Projetos dos viadutos fornecidos pelo DNIT.

Para as resistências obtidas com o ensaio de esclerometria serem comparadas com as resistências exigidas pelo projeto, são necessárias correções no que diz respeito a carbonatação da estrutura e da resistência aos 28 dias.

A correção da resistência a carbonatação deve-se pelo endurecimento da superfície do concreto quando carbonatada, causando uma interferência no índice esclerométrico, podendo elevar a resistência relacionada ao ensaio em até 20%, fazendo-se necessário o desconto desta parcela.

A correção a respeito da resistência aos 28 dias se faz necessária por ser o período mínimo de escoramento exigido em projeto. Caso o escoramento seja retirado e a estrutura ainda não possua a resistência necessária, as tensões no concreto serão suficientes para fissurar e comprometer todo o desempenho ao longo dos anos.

Conforme Helene e Terzian (1998), para fazer a regressão do ganho da resistência relacionada a idade do concreto deve-se utilizar a tabela 29, que trazem os coeficientes k_7 e k_8 da equação 2, que utiliza a resistência atual (f_{cj}), em Mega Pascal (Mpa), e o tempo (t), em dias, e nos traz a resistência aos 28 dias (f_{c28}), em MPa. Para isso foi necessário estimar o tipo de cimento utilizado na época com base na resistência de projeto pedida e as condições de mercado da época, assim como, a relação água cimento com base na classe de agressividade e resistência almejada.

Tabela 29 – Coeficientes K7 e K8 conforme o tipo de cimento utilizado e relação água cimento.

Cim.	f_{cj}/f_{c28}											
	CP32		AF32		POZ32		CP25		AF25		POZ25	
a/c	K7	K8	K7	K8	K7	K8	K7	K8	K7	K8	K7	K8
0,38	1,35	4,95	1,60	12,2	1,40	5,93	1,40	5,84	1,67	15,2	1,50	8,52
0,48	1,41	6,23	1,65	14,2	1,43	6,69	1,45	7,14	1,74	18,5	1,76	19,8
0,58	1,52	9,22	1,84	25,3	1,55	10,3	1,56	10,6	1,89	29,4	1,88	27,9
0,68	1,64	13,6	1,94	33,0	1,68	15,5	1,68	15,5	1,91	30,4	1,99	38,4
0,78	1,69	16,2	2,08	48,6	1,81	23,2	1,75	19,2	1,98	37,4	2,06	45,6

Fonte: Helene e Terzian (1998).

$$f_{c28} = \frac{f_{cj} \cdot k_8^{\frac{1}{\sqrt{t}}}}{k_7}$$

Equação 2 – Regressão da resistência do concreto aos 28 dias.

Fonte: Helene e Terzian (1998).

Utilizando um fator água/cimento de 0,68 para resistências solicitadas em projeto de 18 MPa e 0,58 para as resistências de 25 MPa solicitadas em projeto, e considerando como o cimento pozolânico de classe 32 como o utilizado no mercado na época, pode-se determinar os coeficientes k_7 e k_8 para cada uma das especificações em projeto, conforme a tabela 29. A idade de construção dos viadutos foram tomadas como de 11680 dias, ou 32 anos. Considerando o efeito da carbonatação antes da regressão, com uma distorção de 20% somadas ao resultado do ensaio de esclerometria, e utilizando dos parâmetros de cálculo citados na equação 2, pode-se obter as resistências corrigidas aos 28 dias, mostradas na tabela 30.

Tabela 30 – Resistências aos 28 dias corrigidas.

VIADUTO	Sentido	Resistência estimada aos 28 dias				
		Pilar a esquerda	Pilar a direita	Longarina a esquerda	Longarina a direita	Laje
Eduardo Sprada	Sul	21,7	23,4	17,4	22,3	24,9
Eduardo Sprada	Norte	22,1	22,6	18,3	17,0	26,0
Raul Pompeia	Sul	21,9	23,9	22,5	25,3	30,4
Raul Pompeia	Norte	12,1	22,8	25,1	23,6	27,1
BR 476 KM 600,6	Sul	21,5	21,5	16,7	16,7	
BR 476 KM 600,6	Norte	23,0	23,0	21,3	21,3	
Cyro Correia Pereira Km599,8	Sul			23,4	27,8	30,4
Cyro Correia Pereira Km599,8	Norte			23,4	23,4	
José Luiz Guerra Rego Km 596,8	Sul	23,8	22,1	19,2	21,1	23,4
José Luiz Guerra Rego Km 596,8	Norte	21,5	21,1	19,4	21,5	23,4

Fonte: Autor.

Com os valores obtidos nas tabelas 28 e 30, pode-se comparar as resistências de projeto e obtidas na idade de 28 dias na tabela 31:

Tabela 31 – Comparação entre as resistências estimadas e as especificadas em projeto.

VIADUTO	Sentido	Comparação entre resistências				
		Pilar esquerda	Pilar direita	Longarina esquerda	Longarina direita	Laje
Eduardo Sprada	Sul	MAIOR	MAIOR	MENOR	MAIOR	MAIOR
Eduardo Sprada	Norte	MAIOR	MAIOR	MENOR	MENOR	MAIOR
Raul Pompeia	Sul	MAIOR	MAIOR	MAIOR	MAIOR	MAIOR
Raul Pompeia	Norte	MENOR	MAIOR	MAIOR	MAIOR	MAIOR
BR 476 KM 600,6	Sul	MAIOR	MAIOR	MAIOR	MAIOR	
BR 476 KM 600,6	Norte	MAIOR	MAIOR	MAIOR	MAIOR	
Cyro Correia Pereira Km599,8	Sul			MAIOR	MAIOR	MAIOR
Cyro Correia Pereira Km599,8	Norte			MAIOR	MAIOR	
José Luiz Guerra Rego Km 596,8	Sul	MAIOR	MAIOR	MAIOR	MAIOR	MAIOR
José Luiz Guerra Rego Km 596,8	Norte	MAIOR	MAIOR	MAIOR	MAIOR	MAIOR

Fonte: Autor.

Analisando a tabela 30, observa-se que algumas estruturas não possuíam toda a resistência necessária para a proteção e retirada dos escoramento, tendo possivelmente danificado as estruturas criando fissuras e prejudicando o desempenho da estrutura.

As incidências das recomendações terapêuticas presentes nos laudos podem ser observadas na tabela 31:

Tabela 31 – Incidências de recomendações terapêuticas.

Recomendações terapêuticas	Incidência
Limpeza dos aparelhos de apoio	60%
Reparo das fissuras	80%
Reparo dos ninhos de concretagem	50%
Tratamento da corrosão das armaduras expostas	60%
Proteção dos taludes para combate à erosão	20%
Limpeza de fuligem	20%
Limpeza geral e manutenção de drenos	60%
Reparo de concreto desagregado	30%
Reconstituição de barreiras danificadas	10%

Fonte: Autor.

Como é possível observar na tabela 31, foram recomendados mais vezes as medidas terapêuticas relacionadas a fissuras, ninhos de concretagem, armaduras expostas, limpeza e manutenção.

As incidências das medidas terapêuticas recomendadas estão diretamente ligadas às incidências de patologias observadas e registradas ao longo deste trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a análise das incidências das patologias observadas nos viadutos, foi possível identificar as principais ocorrências e relacionar a causas prováveis dos problemas encontrados. Desta forma, é possível salientar as principais causas observadas como:

- Obstrução ou vazamento dos drenos.
- Falta de meios eficientes para garantir os cobrimentos previstos em norma.
- Falta de controle de qualidade do concreto utilizado.
- Falta de controle de execução das concretagens.
- Falta de preocupação com deformação de origens térmicas (juntas de dilatação, presença de telas para evitar fissuração).
- Subdimensionamento do neoprene.
- Mau adensamento do solo abaixo da laje de transição.

As inovações tecnológicas entre a época da construção e os dias atuais podem resolver alguns dos problemas salientados. Mas a recomendação em projeto das propriedades desejadas da estrutura é vital para garantir a correta execução da obra, principalmente quando publicas, onde o sistema de contratação é através de licitação e o serviço e a qualidade final exigida devem ser devidamente especificados.

Como recomendações a serem frisadas na construção de obras de arte, para reduzir a incidência das patologias mais críticas e registradas neste trabalho, indicam-se os seguintes procedimentos:

- Realizar inspeções durante a execução da obra, com o compartilhamento da responsabilidade da obra entre o executor e o fiscal.
- Realizar a inspeção cadastral de forma rigorosa, a fim de corrigir e evitar quaisquer patologias antes da entrega, pagamento e funcionamento da obra.

- Dimensionamento e detalhamento dos drenos de forma a suportarem toda a demanda de água da chuva e não obstruírem.
- Limpeza do interior da seção caixão de forma a não deixar nenhum resíduo da sua construção.
- Utilização de espaçadores apropriados para as cargas referentes à armadura e concretagem, de forma que sua utilização não prejudique a qualidade final da obra e possibilite a garantia do cobrimento.
- Controle de concretagem, com mapa de concretagem e moldagem de corpos de prova para o rompimento antes das etapas de protensão e retirada dos escoramentos. Em caso de dúvidas, utilizar esclerometria e outros ensaios para a determinação da resistência do concreto.
- Utilizar juntas de concretagem devidamente vedadas e tratadas, além de armaduras de fissuração.
- Dimensionamento adequado do Neoprene, assim como manutenção e troca quando necessário.
- Adensamento de todos os aterros realizados conforme a norma, respeitando as espessuras de camadas a serem adensadas, assim como o levantamento prévio do tipo do solo que será utilizado e a umidade ótima de adensamento.

As recomendações para os projetos e execuções de viadutos em seção caixão basearam-se nas incidências de patologias registradas nos laudos. Porém, cabe-se observar que os procedimentos recomendados fazem parte de normas e procedimentos de execução difundidos na comunidade acadêmica atualmente, possivelmente devido à aprendizagem com os erros destas e outras obras que apresentaram patologias. Desta forma, o presente trabalho também explana a respeito das consequências do não cumprimento das recomendações feitas, uma vez que estes viadutos terão custos de reparo elevados e possivelmente o desempenho bastante reduzido.

Como recomendação para trabalhos futuros, o estudo de patologias em outras obras de arte executadas mais recentemente, de modo a complementar o atual trabalho de pesquisa. O acompanhamento da construção e projeto de obras de

arte, e análise da documentação dos processos envolvidos, assim como, a devida comparação do que é normatizado com o que é realmente executado, podendo-se esclarecer os fatos envolvidos nas alterações do desempenho destas obras e fornecer parâmetros para possíveis complementações aos critérios normatizados.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, José Eduardo. **Avaliação dos ensaios de durabilidade do concreto armado a partir de estruturas duráveis**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG. Belo Horizonte, 2006.

DOS SANTOS, Maurício Ruas Gouthier. **Deterioração nas estruturas de concreto armado – Estudo de caso**. Monografia de especialização. UFMG, 2012.

FREITAS, Moacyr. **Pontes Introdução geral-Introdução**, EPUSP – PEF/401, 1978

HELENE, Paulo. “**Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**”. Editora PINI, São Paulo, 211p. (1992).

HELENE, Paulo e TERZIAN, Paulo. "**Manual de Dosagem e Controle do Concreto**". Editora PINI, São Paulo, 348p. (1998).

IPPUC, Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. **Plano diretor 2004**, O Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. Disponível em: <<http://www.ippuc.org.br>> Acessado em: 01/08/2013.

IPPUC. **Planejamento Urbano de Curitiba. Curitiba, 2004**. Disponível em: <http://www.ippuc.org.br/visualizar.php?doc=http://admsite.ippuc.org.br/arquivos/documentos/D31/D31_012_BR.pdf> Acessado em 01/08/2013.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações**. 1985. (dissertação de mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo).

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. (1994). “**Concreto, Estrutura, Propriedades e Materiais**”. Editora PINI, São Paulo, 580p.

Manual de inspeção de pontes rodoviárias. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004

NORMA DNIT 010/2004- PRO. Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento.

NORMA DNIT 091/2006 – ES. Tratamento de aparelhos de apoio: concreto, neoprene e metálicos – Especificação de serviço.

O'CONNOR, Colin. **Pontes: superestruturas, volume 1**, tradutor: Maria de Lourdes Campos Campello, revisor técnico: Pedro Paulo Barreto. Rio de Janeiro, livros técnicos e científicos; São Paulo, editora da universidade de são Paulo, 1975.

REVISTA TÉCNICA. **Garantia de boa estrutura, Cuidados com o planejamento e execução evitam que laje e vigas trabalhem precocemente e tenham sua resistência prejudicada.** Editora PINI Ltda., São Paulo, Edição 116, p. 40 a 44. Novembro, 2006.

RED IBEROAMERICANA XV. **Manual de Inspeccion, evaluacion y diagnostico de corrosion em estructuras de hormigon armado.** CYTED, programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo. 1998

SOUZA, V.C.M. e RIPPER, T. **“Patologia, recuperação e reforço de concreto”.** Editora PINI, (1999), São Paulo, 250p.

THOMAZ, ERCIO. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** Editora PINI. São Paulo, 1989.

ANEXOS

Anexo A

A.1.1 VIADUTOS SOBRE A RUA EDUARDO SPRADA KM 589,1

A.1.1.1 Localização



Os viadutos em epígrafe situam-se no Km 589,1, na interseção com a Rua Eduardo Sprada.

A.1.1.2 Geometria

Tratam-se de dois viadutos com a mesma geometria, a qual é apresentada resumidamente a seguir:

Superestrutura: Viga seção caixão protendida.

Meso estrutura: Pilares circulares.

Largura do tabuleiro: 12,50 m.

Comprimento do Tabuleiro: 55,00 m.

O tabuleiro é composto por um vão central de 38 metros e dois balanços de 8,50 metros.

A.1.1.3 Descrição da inspeção

A.1.1.3.1 Viaduto Sentido Sul

O viaduto sobre a Rua Eduardo Sprada (Sentido Sul) foi classificado com nota 3, estrutura boa aparentemente, com poucas patologias, dentre as quais as mais significativas: fissuras nas lajes em balanço e vigas caixão próximas às cortinas, ninhos de concretagem na viga caixão e na cortina e aparelho de apoio com abaulamento.

Nos cantos das vigas caixão pode ser verificada a existência de sujeiras, dentre as quais pedaços de arame recozido, provavelmente provenientes da falta de limpeza da forma no momento da concretagem.

O talude apresenta-se sob o efeito de significativa erosão.

Dessa forma, observa-se a necessidade da execução dos seguintes serviços de manutenção da estrutura:

- Limpeza dos aparelhos de apoio;
- Reparo nas fissuras observadas nas lajes e vigas caixão;
- Reparo dos pontos onde é observado ninho de concretagem;
- Tratamento da corrosão das armaduras expostas.
- Proteção dos taludes para combate à erosão.

A.1.1.3.2 Viaduto Sentido Norte

A obra de arte sobre a Rua Eduardo Sprada (Sentido Norte) apresenta boas condições estruturais, com poucas patologias. Dentre as patologias existentes destacam-se as fissuras nas lajes e nas vigas caixão, próximo às cortinas.

Na laje inferior da viga caixão é observado um ponto com ninho de concretagem, a qual possibilitou a exposição da armadura.

Os pilares apresentam-se em boas condições, sem patologias e com cobrimentos superiores aos indicados pela NBR 6118/2003.

Os aparelhos de apoio de neoprene se encontram abaulados.

Nas extremidades do viaduto, junto à cortina, foi observada a existência de fuligem devido a fogo.

Nos taludes é possível verificar o processo de erosão.

A estrutura ficou classificada com nota 3, boa aparentemente, uma vez que

apresenta algumas patologias nas extremidades das vigas caixão e das lajes e apenas um ponto com armadura exposta mas que poderão evoluir.

Indica-se a execução dos seguintes serviços para manutenção da OAE:

- Limpeza dos aparelhos de apoio;
- Limpeza da estrutura nos trechos onde é observado fuligem;
- Reparo nas fissuras observadas nas lajes e vigas caixão;
- Reparo do ponto onde é observado ninho de concretagem;
- Tratamento da corrosão das armaduras expostas.
- Proteção dos taludes para combate à erosão.

A.1.1.4 Relatório de inspeção

A.1.1.4.1 Sentido Sul

FICHA DE INSPEÇÃO ROTINEIRA EXPEDITA

OE: Código _____ Nome: VÍADUTO SOBRE A R. EDUARDO SPRADA (SUL) BR- 376 / PR _____ Km: 589,1
 Data: 10/07/2011 Inspeção: ROTINEIRA/ESPECIAL Outra entidade: ASTEP

COMENTÁRIOS GERAIS

- a) Condições de estabilidade: Boa Sofrível Precária Ruim
 b) Nível de vibração do tabuleiro: Normal Intenso Exagerado
 c) Inspeção especializada (realizada por engenheiro de estruturas).
 Já houve alguma anteriormente? Sim Não
- Condições de conservação: Boa Regular Sofrível Ruim
 Necessária Sim Não Urgente? Sim Não

Nota Técnica	3
--------------	---

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS:

Observa-se umidade externa na laje inferior do caixão o que indica a percolação interna de água.
 Drenos quebrados com escoamento da água pela parte inferior da laje, gerando lixiviação.
 Presença de foligem devido ao fogo, sem danos visíveis.
 Observado cobrimento de apenas 2 cm nos pilares. De acordo com a NBR 6118/2003 o cobrimento deveria ser superior a 3 cm.

1. LAJE

	Nota Técnica	3	Local	Quantidade (opcional)
Buraco (abertura)	<input type="checkbox"/> Existe	<input type="checkbox"/> É iminente		
Armadura exposta	<input type="checkbox"/> Muito oxidada	<input type="checkbox"/> Grande incidência		1
Concreto desagregado	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande incidência		
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte infiltração	<input checked="" type="checkbox"/> Grande incidência	Laje do balanço próxima à cortina	
Marcas de infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input checked="" type="checkbox"/> Grande incidência	Laje inferior da viga caixão	
Aspecto do concreto	<input type="checkbox"/> Má qualidade			
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco			

2. VIGAMENTO PRINCIPAL

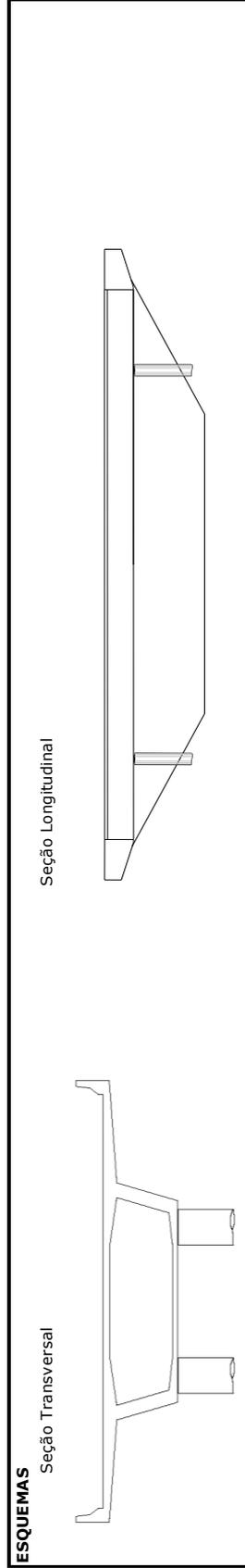
	Nota Técnica	3	Local	Quantidade (opcional)
Fissuras finas	<input checked="" type="checkbox"/> Algumas	<input type="checkbox"/> Grande incidência		
Trincas (fissuras w>0,3mm)	<input type="checkbox"/> Algumas	<input type="checkbox"/> Grande incidência	Na lateral, próximo às cortinas	
Armadura principal	<input checked="" type="checkbox"/> Exposta	<input type="checkbox"/> Muito oxidada	Laje inferior	1
Desagregação de concreto	<input type="checkbox"/> Muito intenso	<input type="checkbox"/> Grande incidência		
Dente gerber	<input type="checkbox"/> Quebrado/Desplacado	<input type="checkbox"/> Trincado		
Deformação (Flecha)	<input type="checkbox"/> Exagerada			
Aspectos do concreto	<input type="checkbox"/> Má qualidade			
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente/Pouco			

OEA: Código _____ Nome: VIADUTO SOBRE A R. EDUARDO SPRADA (SUL) BR- 376 / PR _____ Km: 589,1
 Data: 10/07/2011 Inspeção: ROTINEIRA/ESPECIAL Outra entidade: ASTEPI

3. MESOESTRUTURA	Nota Técnica	4	Local	Quantidade (opcional)
<input type="checkbox"/> Armadura exposta <input type="checkbox"/> Concreto desagregado Fissuras <input checked="" type="checkbox"/> Aparelho de apoio <input type="checkbox"/> Aspectos do concreto Cobrimento Desaprumo <input type="checkbox"/> Deslocabilidade dos pilares <input type="checkbox"/> Forte	<input type="checkbox"/> Muito oxidada <input type="checkbox"/> Muita intensidade <input type="checkbox"/> Forte infiltração <input checked="" type="checkbox"/> Danificado <input type="checkbox"/> Má qualidade <input type="checkbox"/> Ausente/Pouco <input type="checkbox"/> Há <input type="checkbox"/> Forte	<input checked="" type="checkbox"/> Grande incidência <input type="checkbox"/> Grande incidência <input type="checkbox"/> Grande incidência	Cortina Abaulado	1

4. INFRAESTRUTURA	Nota Técnica	3	Local	Quantidade (opcional)
<input type="checkbox"/> Recalque de fundação <input type="checkbox"/> Deslocamento de fundação <input type="checkbox"/> Erosão no terreno de fundação <input type="checkbox"/> Estacas desenterradas	<input type="checkbox"/> Há <input type="checkbox"/> Há <input checked="" type="checkbox"/> Há <input type="checkbox"/> Há		Taludes	

5. PISTA / ACESSO	Nota Técnica		Local	Quantidade (opcional)
<input type="checkbox"/> Irregularidades no pavimento <input type="checkbox"/> Juntas de dilatação <input type="checkbox"/> Acessos x Ponte <input type="checkbox"/> Acidentes com veículos	<input type="checkbox"/> Muita intensidade <input type="checkbox"/> Falhando/insoperante <input type="checkbox"/> Degrau acentuado <input type="checkbox"/> Freqüente	<input type="checkbox"/> Grande extensão <input type="checkbox"/> Muito problemática <input type="checkbox"/> Concordância prob. <input type="checkbox"/> Eventual		



OEA: Código _____ Nome: VIADUTO SOBRE A R. EDUARDO SPRADA (SUL) Km: 589,1
Data: 10/07/2011 Inspeção: ROTINEIRA/ESPECIAL BR- 376 / PR Outra entidade: ASTEP

REGISTRO FOTOGRÁFICO



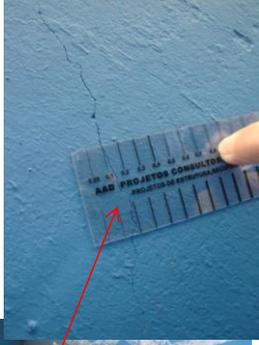
VISTA INFERIOR



VISTA SUPERIOR



NINHO DE CONCRETAGEM NA LAJE INFERIOR DA VIGA CAIXÃO



FISSURA NA LAJE EM BALANÇO



LIXIVIAÇÃO NA VIGA CAIXÃO



TALUDE



APARELHO DE APOIO

OEA: Código _____ Nome: VIADUTO SOBRE A R. EDUARDO SPRADA (NORTE) Km: 589,1

Data: 10/07/2011 Inspeção: ROTINEIRA/ESPECIAL Outra entidade: ASTEP

REGISTRO FOTOGRÁFICO



NINHO DE CONCRETAGEM NA VIGA CAIXÃO



VISTA SUPERIOR



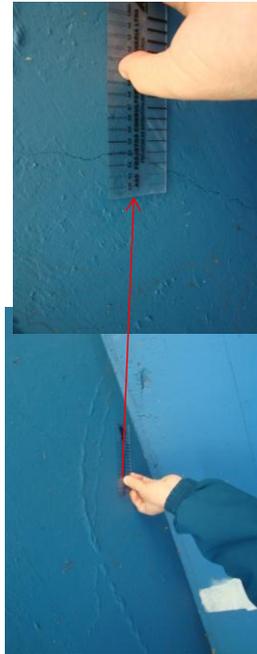
VISTA INFERIOR



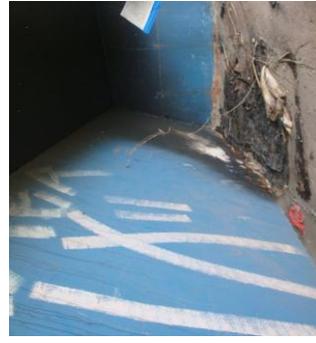
TALUDE



APARELHO DE APOIO



FISSURA NA LAJE EM BALANÇO, PRÓXIMO À EXTREMIDADE



PRESEÇA DE FOLGEM: EXTREMIDADE SUL

A.1.1.5 Esclerometria

A.1.1.5.1 Sentido Sul

Ponto	Pilar esquerda	Pilar direita	Longarina esq	Longarina dir	Laje
Posição do ensaio	0°	0°	0°	0°	-90°
1	51	50	49	49	48
2	48	51	48	44	55
3	43	54	44	50	49
4	50	52	43	50	49
5	57	50	42	50	55
6	50	49	43	50	52
7	51	50	43	52	52
8	54	52	41	50	52
9	53	54	42	50	54
Média 1	50,78	51,33	43,89	49,44	51,78
Limite inferior	45,70	46,20	39,50	44,50	46,60
Limite superior	55,86	56,47	48,28	54,39	56,96
Média 2	51,00	51,33	43,25	50,13	51,78
Resistência Corrigida (Mpa)	52	56	39,5	50,5	56,5

A.1.1.5.2 Sentido Norte

Ponto	Pilar esquerda	Pilar direita	Longarina esq	Longarina dir	Laje
	saída	entrada	saída	entrada	saída
Posição do ensaio	0°	0°	0°	0°	-90°
1	51	40	46	42	56
2	50	53	49	46	54
3	51	55	42	41	55
4	53	53	48	48	54
5	50	52	42	40	54
6	55	52	42	40	53
7	52	46	47	43	52
8	53	53	43	47	53
9	51	53	42	42	50
Média 1	51,78	50,78	44,56	43,22	53,44
Limite inferior	46,60	45,70	40,10	38,90	48,10
Limite superior	56,96	55,86	49,01	47,54	58,79
Média 2	51,78	52,13	44,56	42,63	53,44
Resistência Corrigida (Mpa)	53	54	41,5	38,5	59

Anexo B

B.1.1. VIADUTOS SOBRE A RUA RAUL POMPÉIA KM 593,8

B.1.1.1. Localização



As obras situam-se no Km 593,8, na intersecção com a Rua Raul Pompéia.

B.1.1.2. Geometria

Os dois viadutos na intersecção com a Rua Raul Pompéia apresentam a mesma geometria, a qual é apresentada resumidamente a seguir:

Superestrutura: Viga seção caixão.

Meso estrutura: Pilares circulares.

Largura do tabuleiro: 12,50 m.

Comprimento do Tabuleiro: 55,00 m (vão central de 38 metros e dois balanços de 8,50 metros cada).

B.1.1.3. Descrição da inspeção

B.1.1.3.1. Sentido Sul

A estrutura do Viaduto no sentido Sul, sobre a Rua Raul Pompéia, apresenta condições gerais estruturais boas, apresentando como problemas mais notáveis a existência de marcas de infiltração nas lajes inferiores da viga caixão e a existência

de fissuras em alguns elementos estruturais do viaduto.

Nas lajes e vigas caixão as fissuras observadas se encontram nas extremidades, próximo às cortinas. Na laje ainda foi observado um ponto com armadura exposta devido à existência de um ninho de concretagem.

Na base de um dos pilares foi verificada desagregação do concreto. Os aparelhos de apoio de neoprene encontram-se abaulados.

A maioria dos drenos encontram-se quebrados e/ou obstruídos, o que está provocando lixiviação nas lajes.

Superficialmente é observada a existência de foligem devido o fogo, sem danos visíveis à estrutura.

Sendo assim a obra obteve nota 3, boa aparentemente, não sendo necessárias maiores intervenções imediatas no viaduto.

Os seguintes serviços devem ser executados para manutenção da estrutura:

- Limpeza geral e manutenção de drenos;
- Limpeza dos aparelhos de apoio;
- Reparo nas fissuras observadas nas lajes e vigas caixão;
- Reparo dos trechos onde é observado desagregação do concreto e ninhos de concretagem;
- Tratamento de corrosão das armaduras expostas;
- Limpeza da estrutura onde existe a presença de foligem.

B.1.1.3.2. Sentido Norte

As condições gerais da estrutura do Viaduto sobre a Rua Raul Pompeia (Sentido Norte) são adequadas, apresentando poucas patologias, obtendo nota 3, estrutura boa aparentemente.

Nas vigas caixão e nas lajes foram observadas fissuras, que se encontram nos trechos próximos às extremidades do viaduto.

Nas lajes foram observados ainda alguns pontos de infiltração, o que indica percolação interna da água.

As armaduras dos cantos da seção caixão apresentam corrosão, visto que o elemento estrutural apresenta baixo cobrimento nestes pontos.

Os taludes encontram-se sujeitos a leve erosão.

Cerca de 60% dos drenos encontram-se obstruídos.

O asfalto da pista apresenta afundamento nos trechos de entrada/saída e é verificada também a existência de buracos. As barreiras encontram-se danificadas em alguns trechos.

Os seguintes serviços devem ser executados na estrutura:

- Limpeza geral e manutenção de drenos;
- Limpeza dos aparelhos de apoio;
- Reparo nas fissuras observadas nas lajes e vigas caixão;
- Tratamento de corrosão das armaduras expostas;
- Reconstituição das barreiras danificadas.

B.1.1.4. Relatório de inspeção

B.1.1.4.1. Sentido Sul

FICHA DE INSPEÇÃO ROTINEIRA EXPEDITA

OEA: Código _____ Nome: VIADUTO SOBRE A RUA RAUL POMPÉIA (SUL) BR- 376 / PR Km: 593,8
 Data: 10/07/2011 Inspeção: ROTINEIRA/ESPECIAL Outra entidade: ASTEP

COMENTÁRIOS GERAIS

- a) Condições de estabilidade: Boa Sofrível Precária Ruim
 b) Nível de vibração do tabuleiro: Normal Intenso Exagerado
 c) Inspeção especializada (realizada por engenheiro de estruturas).
 Já houve alguma anteriormente? Sim Não
- Condições de conservação: Boa Regular Sofrível Ruim
 Necessária Urgente? Sim Não Sim Não

Nota Técnica	3
--------------	---

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS:

Observa-se umidade externa na laje inferior do caixão o que indica a percolação interna de água.
 Drenos quebrados com escurimento da água pela parte inferior da laje, gerando lixiviação.
 Presença de foligem devido ao fogo sem danos visíveis.

1. LAJE

Nota Técnica	3
--------------	---

- Buraco (abertura) Existe É iminente
 Armadura exposta Muito oxidada Grande incidência
 Concreto desagregado Muita intensidade Grande incidência
 Fissuras Forte infiltração Grande incidência
 Marcas de infiltração Forte Grande incidência
 Aspecto do concreto Má qualidade
 Cobrimento Ausente / Pouco

Local	Quantidade (opcional)
-------	-----------------------

Laje do balanço próxima à cortina	
Laje inferior da viga caixão	

2. VIGAMENTO PRINCIPAL

Nota Técnica	3
--------------	---

- Fissuras finas Algumas Grande incidência
 Trincas (fissuras w>0,3mm) Algumas Grande incidência
 Armadura principal Exposta Muito oxidada
 Desagregação de concreto Muito intenso Grande incidência
 Dente gerber Quebrado/Desplacado Trincado
 Deformação (Flecha) Exagerada
 Aspectos do concreto Má qualidade
 Cobrimento Ausente/Pouco

Local	Quantidade (opcional)
-------	-----------------------

Na lateral, próximo às cortinas	
Laje inferior da viga caixão	1

OEA: Código _____ Nome: VIADUTO SOBRE A RUA RAUL POMPÉIA (SUL) Km: 593,8

Data: 10/07/2011 Inspeção: ROTINEIRA/ESPECIAL Outra entidade: ASTEP

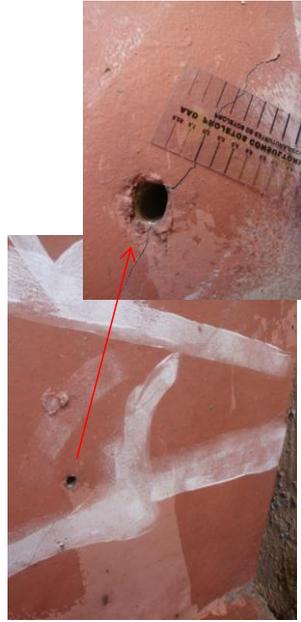
BR- 376 / PR

Outra entidade:

REGISTRO FOTOGRÁFICO



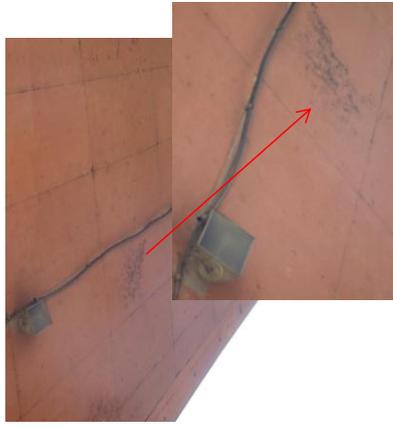
NINHO DE CONCRETAGEM COM ARMADURA EXPOSTA



FISSURA NA VIGA CAIXÃO



VISTA SUPERIOR



INFILTRAÇÃO NA LAJE INFERIOR DA VIGA CAIXÃO



VISTA INFERIOR



DESAGREGAÇÃO DO CONCRETO NA BASE DO PILAR



CORTINA EXTREMIDADE SUL



DRENO QUEBRADO

B.1.1.4.2.Sentido Norte

FICHA DE INSPEÇÃO ROTINEIRA EXPEDITA

OEA: Código _____ Nome: VIADUTO SOBRE A RUA RAUL POMPEIA (NORTE) BR-376 / PR _____ Km: _____ 593,8
 Data: 10/07/2011 Inspeção: ROTINEIRA/ESPECIAL _____ Outra entidade: ASTEP _____

COMENTÁRIOS GERAIS

- a) Condições de estabilidade: Boa Sofrível Precária
 b) Nível de vibração do tabuleiro: Normal Intenso Exagerado
 c) Inspeção especializada (realizada por engenheiro de estruturas).
 Já houve alguma anteriormente? Sim Não

Condições de conservação: Boa Regular Sofrível Ruim
 Necessária Sim Não Urgente? Sim Não

Nota Técnica	3
--------------	---

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS:

Observa-se umidade externa na laje inferior do caixão o que indica a percolação interna de água.
 Drenos quebrados com escoamento da água pela parte inferior da laje, gerando lixiviação.
 Afundamento do asfalto no início da pista, buracos ao longo da pista. Barreiras danificadas.

	Nota Técnica	3	Local	Quantidade (opcional)
1. LAJE				
Buraco (abertura)	<input type="checkbox"/> Existe	<input type="checkbox"/> É iminente		
Armadura exposta	<input type="checkbox"/> Muito oxidada	<input type="checkbox"/> Grande incidência		
Concreto desagregado	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande incidência		
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte infiltração	<input checked="" type="checkbox"/> Grande incidência	Laje do balanço próxima à cortina	
Marcas de infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input checked="" type="checkbox"/> Grande incidência	Laje inferior da viga caixão	
Aspecto do concreto	<input type="checkbox"/> Má qualidade			
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco			

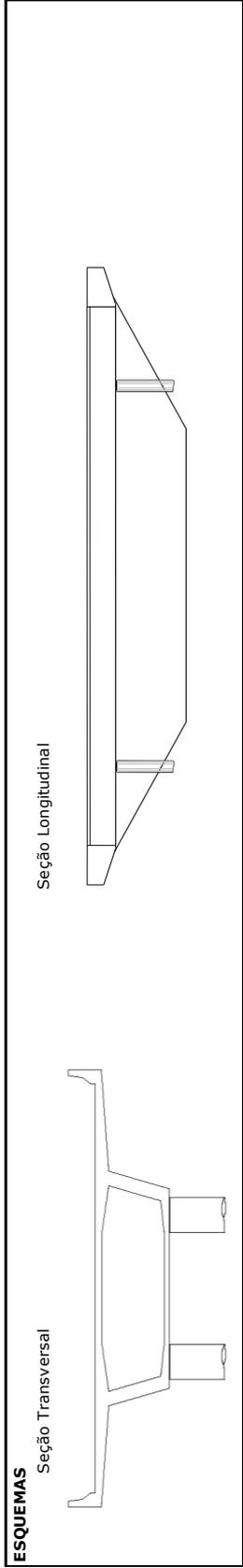
	Nota Técnica	3	Local	Quantidade (opcional)
2. VIGAMENTO PRINCIPAL				
Fissuras finas	<input checked="" type="checkbox"/> Algumas	<input type="checkbox"/> Grande incidência		
Trincas (fissuras w>0,3mm)	<input type="checkbox"/> Algumas	<input type="checkbox"/> Grande incidência	Na lateral, próximo às cortinas	
Armadura principal	<input type="checkbox"/> Exposta	<input type="checkbox"/> Muito oxidada		
Desagregação de concreto	<input type="checkbox"/> Muito intenso	<input type="checkbox"/> Grande incidência		
Dente gerber	<input type="checkbox"/> Quebrado /Desplacado	<input type="checkbox"/> Trincado		
Deformação (Flecha)	<input type="checkbox"/> Exagerada			
Aspectos do concreto	<input type="checkbox"/> Má qualidade			
Cobrimento	<input checked="" type="checkbox"/> Ausente/Pouco		Nos cantos inferiores da viga caixão	

OEA: Código _____ Nome: VIADUTO SOBRE A RUA RAUL POMPEIA (NORTE) BR-
 Data: 10/07/2011 Inspeção: ROTINEIRA/ESPECIAL
 376 / PR Km: 593,8
 Outra entidade: ASTEP

3. MESOESTRUTURA		Nota Técnica	4	Quantidade (opcional)
Armadura exposta	<input type="checkbox"/> Muito oxidada	<input type="checkbox"/> Grande incidência		1
Concreto desagregado	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande incidência		
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte infiltração	<input type="checkbox"/> Grande incidência		
Aparelho de apoio	<input checked="" type="checkbox"/> Danificado			
Aspectos do concreto	<input type="checkbox"/> Má qualidade			
Cobrimento	<input checked="" type="checkbox"/> Ausente/Pouco			
Desaprumo	<input type="checkbox"/> Há			
Deslocabilidade dos pilares	<input type="checkbox"/> Forte			
Local				
Cortina				
Aparelho de neoprene abaulado				

4. INFRAESTRUTURA		Nota Técnica	3	Quantidade (opcional)
Recalque de fundação	<input type="checkbox"/> Há			
Deslocamento de fundação	<input type="checkbox"/> Há			
Erosão no terreno de fundação	<input checked="" type="checkbox"/> Há			
Estacas desenterradas	<input type="checkbox"/> Há			
Local				
Taludes				

5. PISTA / ACESSO		Nota Técnica	4	Quantidade (opcional)
Irregularidades no pavimento	<input checked="" type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande extensão		
Juntas de dilatação	<input type="checkbox"/> Faltando/Inoperante	<input type="checkbox"/> Muito problemática		
Acessos x Ponte	<input type="checkbox"/> Degrau acentuado	<input type="checkbox"/> Concordância prob.		
Acidentes com veículos	<input type="checkbox"/> Freqüente	<input type="checkbox"/> Eventual		
Local				



OEA: Código _____ Nome: VIADUTO SOBRE A RUA RAUL POMPÉIA (NORTE) BR- 376 / PR Km: 593,8

Data: 10/07/2011 Inspeção: ROTINEIRA/ESPECIAL Outra entidade: ASTEP

REGISTRO FOTOGRÁFICO



INFILTRAÇÃO NA LAJE INFERIOR DA VIGA CAIXÃO



VISTA SUPERIOR



VISTA INFERIOR



EXPOSTA NO ENCONTRO



APARELHO DE APOIO



CORTINA EXTREMIDADE NORT



BARREIRA



ASFALTO DETERIORADO

B.1.1.5. Esclerometria

B.1.1.5.1. Sentido Sul

Ponto	Pilar esquerda	Pilar direita	Longarina esq	Longarina dir	Laje
Posição do ensaio	0°	0°	0°	0°	-90°
1	51	56	51	55	61
2	52	59	52	56	62
3	52	56	51	54	60
4	48	52	50	56	60
5	55	51	51	54	60
6	52	56	52	57	60
7	52	54	50	52	59
8	50	50	50	53	61
9	52	54	46	53	58
Média 1	51,56	54,22	50,33	54,44	60,11
Limite inferior	46,40	48,80	45,30	49,00	54,10
Limite superior	56,71	59,64	55,37	59,89	66,12
Média 2	51,56	54,22	50,33	54,44	60,11
Resistência Corrigida (Mpa)	52,5	57,2	51	57,5	69

B.1.1.5.2. Sentido Norte

Ponto	Pilar esquerda	Pilar direita	Longarina esq	Longarina dir	Laje
Posição do ensaio	0°	0°	0°	0°	-90°
1	28	51	52	52	55
2	36	50	55	55	50
3	34	45	55	53	55
4	36	52	56	49	54
5	37	49	54	50	58
6	40	57	50	52	52
7	36	54	56	42	56
8	38	54	54	53	58
9	38	55	54	52	46
Média 1	35,89	51,89	54,00	50,89	53,78
Limite inferior	32,30	46,70	48,60	45,80	48,40
Limite superior	39,48	57,08	59,40	55,98	59,16
Média 2	36,43	52,75	54,00	52,00	54,75
Resistência Corrigida (Mpa)	29	54,5	57	53,5	61,5

Anexo C

C.1.1. VIADUTOS NA INTERSECÇÃO COM A BR 476 KM 600,6

C.1.1.1. Localização



Os viadutos do Km 600,6 situam-se na intersecção com a BR 476.

C.1.1.2. Geometria

São dois viadutos de mesma geometria, sendo a estrutura composta resumidamente da seguinte forma.

Superestrutura: Viga seção caixão.

Meso estrutura: Pilares circulares.

Largura do tabuleiro: 12,50 m.

Comprimento do Tabuleiro: 61,00 m.

Tabuleiro composto por um dois vãos de 24,50 metros e dois balanços de 6,00 metros cada.

C.1.1.3. Descrição da inspeção

C.1.1.3.1. Sentido Norte

Durante a inspeção do Viaduto na intersecção com BR476 foram observadas diversas patologias, se destacando as fissuras predominantes nas lajes em balanço

e nas vigas caixão.

Essas patologias existem nas lajes na região próxima à extremidade. As fissuras estão presentes em toda a seção das vigas caixão, da seguinte forma: fissuras nas laterais da seção nas extremidades do viaduto e sobre o apoio central, fissuras na laje inferior da seção caixão, num trecho de aproximadamente 15m². Em diversos pontos as fissuras apresentaram espessura (w) maior que 3 mm, passando então a serem caracterizadas como trincas.

Na laje em balanço existem drenos de 1" por onde escorre água, interferindo assim na qualidade da estrutura no ponto em questão. No caminho percorrido pela água há o desgaste do concreto e em diversos pontos há exposição da armadura.

Ainda devido à infiltração da água que percorre pelos drenos, houve a formação de estalactites nas lajes.

Na cortina foram observados ninhos de concretagem.

Em função das diversas patologias encontradas é indicado que seja feita uma inspeção especial, analisando-se o interior da viga caixão. A estrutura ficou classificada como sofrível (nota 2), tendo em vista que a morfologia das fissuras indica algum grau de deficiência estrutural, porém sem risco tangível de colapso.

C.1.1.3.2.Sentido Sul

Assim como no Viaduto Sentido Norte, o Viaduto no Sentido Sul apresentou grande quantidade de patologias, sendo também classificada como sofrível (nota 2).

As patologias encontradas foram fissuras, nas laterais das vigas caixão e nas lajes em balanço, próximo às extremidades; fissuras verticais no meio do vão da laje inferior da viga caixão; armaduras expostas nas lajes em balanço em função da infiltração da água pelos drenos; lixiviação na borda da laje inferior da viga caixão; ninhos de concretagem nos pilares; degrau na pista. Nas extremidades algumas fissuras apresentam $w > 3\text{mm}$, sendo caracterizadas então como trincas.

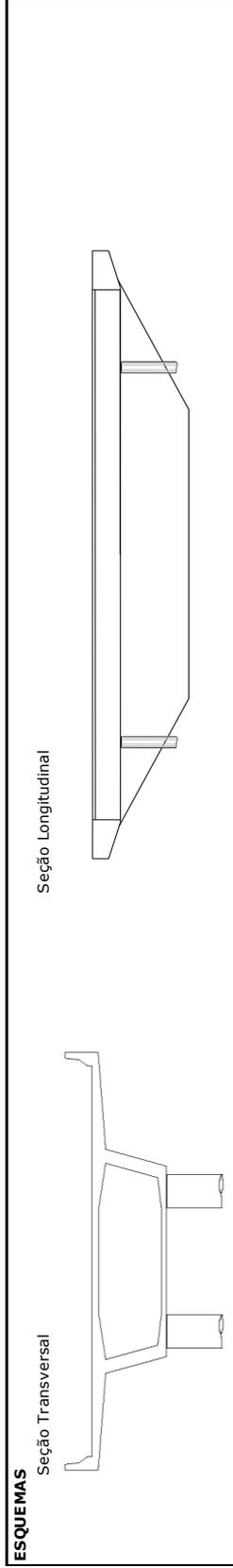
É indicado que seja realizada outra inspeção mais detalhada (interna) para verificação das condições estruturais da OAE, uma vez que muitas patologias foram encontradas durante a inspeção visual.

OEА: Código _____ Nome: VIADUTO DA INTERSEÇÃO BR476-BR376 (SUL) BR- 376 / PR Km: _____ 600,6
 Data: 09/07/2011 Inspeção: ROTINEIRA/ESPECIAL Outra entidade: ASTEP

3. MESOESTRUTURA	Nota Técnica	5	Local	Quantidade (opcional)
Armadura exposta	<input type="checkbox"/> Muito oxidada	<input type="checkbox"/> Grande incidência		
Concreto desagregado	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande incidência		
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte infiltração	<input type="checkbox"/> Grande incidência	Pilar com ninho de concretagem	1
Aparelho de apoio	<input type="checkbox"/> Danificado			
Aspecto do concreto	<input type="checkbox"/> Má qualidade			
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente/Pouco			
Desaprumo	<input type="checkbox"/> Há			
Deslocabilidade dos pilares	<input type="checkbox"/> Forte			

4. INFRAESTRUTURA	Nota Técnica	5	Local	Quantidade (opcional)
Recalque de fundação	<input type="checkbox"/> Há			
Deslocamento de fundação	<input type="checkbox"/> Há			
Erosão no terreno de fundação	<input type="checkbox"/> Há			
Estacas desenterradas	<input type="checkbox"/> Há			

5. PISTA / ACESSO	Nota Técnica	2	Local	Quantidade (opcional)
Irregularidades no pavimento	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande extensão		
Juntas de dilatação	<input type="checkbox"/> Falhando/Inoperante	<input type="checkbox"/> Muito problemática		
Acessos x Ponte	<input checked="" type="checkbox"/> Degrau acentuado	<input type="checkbox"/> Concordância prob.	Saída da pista	
Acidentes com veículos	<input type="checkbox"/> Frequente	<input type="checkbox"/> Eventual		

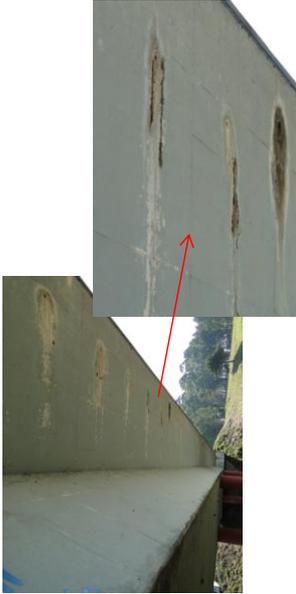


OEA: Código _____ Nome: VIADUTO DA INTERSECÇÃO BR476-BR376 (SUL) Km: _____
Data: 09/07/2011 Inspeção: ROTINEIRA/ESPECIAL Outra entidade: ASTEP

600,6

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Registro esquemático de identificação das patologias

 <p>VISTA SUPERIOR</p>	 <p>VISTA INFERIOR</p>
 <p>ARMADURA EXPOSTA NA LAJE EM BALANÇO</p>	 <p>INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NA LAJE EM BALANÇO</p>
 <p>DEGRAU NA PISTA</p>	 <p>FISSURA</p>
 <p>NINHO DE CONCRETAGEM NO PILAR</p>	

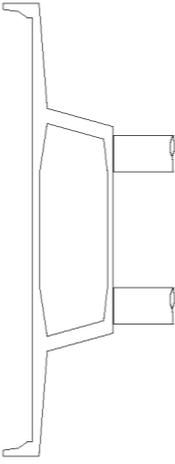
OEA: Código _____ Nome: VIADUTO DA INTERSECÇÃO BR476-BR376 _____ BR- 376 / PR _____ Km: _____ 600,6
 Data: 09/07/2011 Inspeção: ESPECIAL DNIT _____ Outra entidade: ASTEP _____

3. MESOESTRUTURA		Nota Técnica	5	Local	Quantidade (opcional)
Armadura exposta	<input type="checkbox"/>	Muito oxidada	<input type="checkbox"/>		
Concreto desagregado	<input type="checkbox"/>	Muita intensidade	<input type="checkbox"/>		
Fissuras	<input type="checkbox"/>	Forte infiltração	<input type="checkbox"/>		
Aparelho de apoio	<input type="checkbox"/>	Danificado	<input type="checkbox"/>		
Aspectos do concreto	<input type="checkbox"/>	Má qualidade	<input type="checkbox"/>		
Cobrimento	<input type="checkbox"/>	Ausente/Pouco	<input type="checkbox"/>		
Desaprumo	<input type="checkbox"/>	Há	<input type="checkbox"/>		
Deslocabilidade dos pilares	<input type="checkbox"/>	Forte	<input type="checkbox"/>		

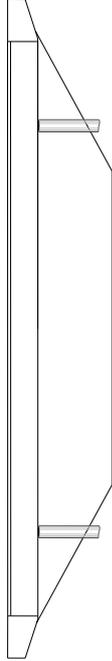
4. INFRAESTRUTURA		Nota Técnica	5	Local	Quantidade (opcional)
Recalque de fundação	<input type="checkbox"/>	Há	<input type="checkbox"/>		
Deslocamento de fundação	<input type="checkbox"/>	Há	<input type="checkbox"/>		
Erosão no terreno de fundação	<input type="checkbox"/>	Há	<input type="checkbox"/>		
Estacas desenterradas	<input type="checkbox"/>	Há	<input type="checkbox"/>		

5. PISTA / ACESSO		Nota Técnica	2	Local	Quantidade (opcional)
Irregularidades no pavimento	<input type="checkbox"/>	Muita intensidade	<input type="checkbox"/>		
Juntas de dilatação	<input type="checkbox"/>	Faltando/Inoperante	<input type="checkbox"/>		
Acessos x Ponte	<input checked="" type="checkbox"/>	Degráu acentuado	<input type="checkbox"/>	Saída da pista	
Acidentes com veículos	<input type="checkbox"/>	Frequente	<input type="checkbox"/>		

ESQUEMAS



Seção Transversal



Seção Longitudinal

OEA: Código _____ Nome: VIADUTO DA INTERSECÇÃO BR476-BR376 Km: 600,6
Data: 09/07/2011 Inspeção: ESPECIAL DNIT Outra entidade: BR- 376 / PR ASTEP

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Registro esquemático de identificação das patologias



VISTA SUPERIOR



VISTA INFERIOR



ARMADURA EXPOSTA NA LAJE EM BALANÇO



FORMAÇÃO DE ESTALACHTES NA LAJE EM BALANÇO



ARMADURA EXPOSTA NA LAJE INFERIOR DA VIGA CAIXÃO

C.1.1.5. Esclerometria

C.1.1.5.1.Sentido Sul

Ponto	Pilar	Longarina
Posição do ensaio	0°	0°
1	50	42
2	52	48
3	51	43
4	51	43
5	50	44
6	50	45
7	48	42
8	51	43
9	51	45
Média 1	50,44	43,89
Limite inferior	45,40	39,50
Limite superior	55,49	48,28
Média 2	50,44	43,89
Resistência Corrigida (Mpa)	51,5	40

C.1.1.5.2.Sentido Norte

Ponto	Pilar	Longarina
Posição do ensaio	0°	0°
1	52	48
2	54	51
3	54	48
4	52	52
5	54	51
6	52	54
7	54	50
8	52	49
9	51	50
Média 1	52,78	50,33
Limite inferior	47,50	45,30
Limite superior	58,06	55,37
Média 2	52,78	50,33
Resistência Corrigida (Mpa)	55	51

Anexo D

D.1.1. VIADUTOS SOBRE A RUA CYRO CORREIA PEREIRA KM 599,8

D.1.1.1. Localização



Os viadutos do Km 599,8 situam-se sobre a Rua Cyro Correia Pereira.

D.1.1.2. Geometria

Tratam-se de duas obras de mesma geometria. A estrutura é descrita a seguir:

Superestrutura: Viga seção caixão.

Meso estrutura: Pilares circulares.

Largura do tabuleiro: 12,50 m.

Comprimento do tabuleiro: 50,00 m.

O tabuleiro é composto por um vão central de 35 metros e 2 balanços de 7,50 metros cada.

D.1.1.3. Descrição da inspeção

D.1.1.3.1. Sentido Sul

A estrutura do Viaduto sobre a Rua Cyro Correa Pereira, Pista Sul, apresenta condições gerais estruturais boas, com nível de vibração do tabuleiro normal possuindo uma condição regular de conservação. Sendo assim a obra obteve nota

3.

As barreiras adicionadas sobre as alas apresentam brechas entre as mesmas devido a deslocamentos e o pavimento encontra-se degradado.

Foi observada uma grande incidência de armaduras expostas na laje, nos cantos inferiores da viga caixão, assim como um cobrimento pequeno.

Nas vigas principais foram observadas oxidações da armadura, ninhos de concretagem e manchas de umidade.

Os seguintes serviços devem ser executados para reparo da estrutura:

- Limpeza geral e manutenção de drenos;
- Reparo nas fissuras observadas nas lajes e vigas caixão;
- Reparo dos trechos onde é observado desagregação do concreto e ninhos de concretagem;
- Tratamento de corrosão das armaduras expostas;
- Recuperação do canto inferior da viga caixão que possui uma provável oxidação das armaduras.

D.1.1.3.2.Sentido Norte

A estrutura do Viaduto sobre a Rua Cyro Correa Pereira apresentada condições gerais estruturais boas, com nível de vibração do tabuleiro normal possuindo uma condição regular de conservação. Sendo assim a obra obteve nota 3.

O pavimento encontra-se degradado e a laje em balanço apresenta fissuras próximas à cortina, sendo necessário avaliar os esforços de encurtamento, defeitos de retração e/ou de temperatura. Encontrou-se concreto desagregado na ligação da longarina com a laje superior.

Nas vigas principais foram observadas oxidações da armadura, ninhos de concretagem e manchas de umidade.

Os seguintes serviços devem ser executados para reparo da estrutura:

- Limpeza geral e manutenção de drenos;
- Reparo nas fissuras observadas nas lajes e vigas caixão;
- Reparo dos trechos onde é observado desagregação do concreto e ninhos de concretagem.

D.1.1.4. Relatório de inspeção

D.1.1.4.1.Sentido Sul

FICHA DE INSPEÇÃO ROTINEIRA EXPEDITA

OE: Código _____ Nome: VIADUTO SOBRE A RUA CYRO C. PEREIRA (SUL) BR- 376 / PR Km: 594,8
 Data: 09/07/2011 Inspeção: ROTINEIRA/ESPECIAL Outra entidade: ASTEP

COMENTÁRIOS GERAIS

- a) Condições de estabilidade: Boa Sofrível Precária Ruim
 b) Nível de vibração do tabuleiro: Normal Intenso Exagerado
 c) Inspeção especializada (realizada por engenheiro de estruturas).
 Já houve alguma anteriormente? Sim Não
- Condições de conservação: Boa Regular Sofrível Ruim
 Necessária? Sim Não Urgente? Sim Não

Nota Técnica	3
--------------	---

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS:

Barreiras adicionadas sobre as alas apresentam brechas entre as mesmas devido a desiocamento.

1. LAJE

- Existe É iminente
 Muito oxidada Grande incidência
 Muita intensidade Grande incidência
 Forte infiltração Grande incidência
 Forte Grande incidência
 Má qualidade
 Ausente / Pouco

Local	Quantidade (opcional)
Laje em balanço	

2. VIGAMENTO PRINCIPAL

- Algumas Grande incidência
 Algumas Grande incidência
 Exposta Muito oxidada
 Muito intenso Grande incidência
 Quebrado/Desplacado Trincado
 Exagerada
 Ausente/Pouco

Local	Quantidade (opcional)
Cantos da laje inferior da viga caixaão	
Ninhos de concretagem	

OEA: Código _____ Nome: VIADUTO SOBRE A RUA CYRO C. PEREIRA (SUL) Km: 594,8

Data: 09/07/2011 Inspeção: ROTINEIRA/ESPECIAL Outra entidade: ASTEP

REGISTRO FOTOGRÁFICO



ARMADURA EXPOSTA NA VIGA CAIXÃO NO APOIO NO PILAR



VISTA SUPERIOR



VISTA INFERIOR



NINHO DE CONCRETAGEM COM ARMADURA EXPOSTA



INFILTRAÇÃO ÁGUA NA DIREÇÃO DOS DRENOS



FALHA NO PAVIMENTO



OXIDAÇÃO DA ARMADURA DA LAJE INFERIOR DA VIGA CAIXÃO



DESLOCAMENTO DA BARREIRA

D.1.1.4.2.Sentido Norte

FICHA DE INSPEÇÃO ROTINEIRA EXPEDITA

OEA: Código _____ Nome: VIADUTO SOBRE A RUA CYRO C. PEREIRA (NORTE) BR- 376 / PR Km: 594,8
 Data: 09/07/2011 Inspeção: ROTINEIRA/ESPECIAL Outra entidade: ASTEP

COMENTÁRIOS GERAIS

- a) Condições de estabilidade: Boa Sofrível Precária Ruim
 b) Nível de vibração do tabuleiro: Normal Intenso Exagerado
 c) Inspeção especializada (realizada por engenheiro de estruturas).
 Já houve alguma anteriormente? Sim Não
- Condições de conservação: Boa Regular Sofrível Ruim
 Necessária Urgente? Sim Não Sim Não

Nota Técnica	3
--------------	---

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS:

Fissuras na laje em balanço - avaliar esforços de encurtamento

1. LAJE

- | Nota Técnica | 4 |
|-----------------------|--|
| Buraco (abertura) | <input type="checkbox"/> Existe <input type="checkbox"/> É iminente |
| Armadura exposta | <input type="checkbox"/> Muito oxidada <input type="checkbox"/> Grande incidência |
| Concreto desagregado | <input type="checkbox"/> Muita intensidade <input type="checkbox"/> Grande incidência |
| Fissuras | <input type="checkbox"/> Forte infiltração <input checked="" type="checkbox"/> Grande incidência |
| Marcas de infiltração | <input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> Grande incidência |
| Aspecto do concreto | <input type="checkbox"/> Má qualidade |
| Cobrimento | <input checked="" type="checkbox"/> Ausente / Pouco |

Local

Quantidade (opcional)

Canto inferior da viga caixaõ
 Ligação da longarina com a laje em balanço
 Laje em balanço

2. VIGAMENTO PRINCIPAL

- | Nota Técnica | 3 |
|------------------------------|--|
| Fissuras finas | <input type="checkbox"/> Algumas <input checked="" type="checkbox"/> Grande incidência |
| Trincas (fissuras w > 0,3mm) | <input type="checkbox"/> Algumas <input type="checkbox"/> Grande incidência |
| Armadura principal | <input checked="" type="checkbox"/> Exposta <input type="checkbox"/> Muito oxidada |
| Desagregação de concreto | <input type="checkbox"/> Muito intenso <input type="checkbox"/> Grande incidência |
| Dente gerber | <input type="checkbox"/> Quebrado/Desplacado <input type="checkbox"/> Trincado |
| Deformação (Flecha) | <input type="checkbox"/> Exagerada |
| Aspectos do concreto | <input type="checkbox"/> Má qualidade |
| Cobrimento | <input checked="" type="checkbox"/> Ausente/Pouco |

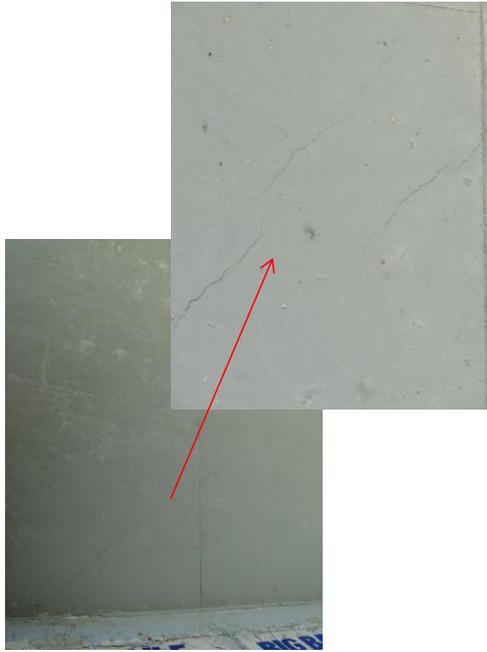
Local

Quantidade (opcional)

Cantb da laje inferior da viga caixaõ

OEA: Código _____ Nome: VIADUTO SOBRE A RUA CYRO C. PEREIRA (NORTE) Km: _____ 594,8
Data: 09/07/2011 Inspeção: ROTINEIRA/ESPECIAL BR- 376 / PR Outra entidade: ASTEP

REGISTRO FOTOGRÁFICO



FISSURAS NA LAJE EM BALANÇO



IRREGULARIDADE NA PISTA



VISTA SUPERIOR



VISTA INFERIOR



DESAGREGAÇÃO DO CONCRETO ENTRE VIGA CAIXÃO E LAJE EM BALANÇO



INFILTRAÇÃO NA VIGA CAIXÃO

D.1.1.5. Esclerometria

D.1.1.5.1.Sentido Sul

Ponto	Longarina	Longarina	Laje
Posição do ensaio	0°	0°	-90°
1	52	58	61
2	54	54	61
3	55	56	62
4	52	56	60
5	52	57	61
6	48	57	59
7	48	55	60
8	52	56	59
9	52	58	58
Média 1	51,67	56,33	60,11
Limite inferior	46,50	50,70	54,10
Limite superior	56,83	61,97	66,12
Média 2	51,67	56,33	60,11
Resistência Corrigida (Mpa)	53	63	69

D.1.1.5.2.Sentido Norte

Ponto	Longarina	Longarina
Posição do ensaio	0°	0°
1	52	52
2	52	52
3	48	48
4	52	52
5	52	52
6	53	53
7	54	54
8	58	58
9	52	52
Média 1	52,56	52,56
Limite inferior	47,30	47,30
Limite superior	57,81	57,81
Média 2	51,88	51,88
Resistência Corrigida (Mpa)	53	53

Anexo E

E.1.1. VIADUTOS SOBRE A RUA JOSÉ LUIZ GUERRA REGO KM 596,8

E.1.1.1. Localização



Os viadutos do Km 596,8 se localizam sobre a Rua José Luiz Guerra Rego na ligação com a Rua das Araucárias, próximo a Rua João Bettega, sendo um ponto de tráfego intenso devido a ser um dos acessos ao Município de Araucária. No local está em construção nova via para formar um binário entre as ruas da região.

E.1.1.2. Geometria

A geometria dos dois viadutos sobre a Rua José Luiz Guerra Rego é a mesma. A estrutura é apresentada da seguinte forma:

Superestrutura: Viga seção caixão.

Meso estrutura: Pilares circulares.

Largura do tabuleiro: 12,50 m.

Comprimento do Tabuleiro: 88,00 m.

O tabuleiro é composto por um vão central de 27 metros, dois vão de 20,50 metros e ainda dois balanços de 6,75 metros cada.

E.1.1.3. Descrição da inspeção

E.1.1.3.1. Sentido Sul

A estrutura do Viaduto sobre a Rua José Luiz Guerra Rego apresenta condições gerais estruturais boas, com nível de vibração do tabuleiro normal e possuindo uma condição regular de conservação. Sendo assim, a obra obteve nota 3, estrutura boa aparentemente.

Foram observados reparos nos cantos do caixão devido à provável material oxidado.

Há trincas e fissuras na face das longarinas na região do balanço e verticais ao longo dos vãos.

Verificou-se a corrosão de armaduras expostas próximas ao pilar.

Nas lajes em balanço verificou-se a presença de fissuras e processo de lixiviação junto aos drenos.

Os aparelhos de apoio de neoprene apresentam-se com as extremidades abauladas.

No pé de um dos pilares foi verificada a existência de fissuras.

Pode-se observar, ainda, foligem devido o fogo nas extremidades do viaduto.

Os seguintes serviços devem ser executados para reparo da estrutura:

- Limpeza geral e manutenção de drenos;
- Reparo das fissuras;
- Tratamento das armaduras expostas;
- Limpeza do neoprene.

E.1.1.3.2. Sentido Norte

Assim como a estrutura do Viaduto Sentido Sul, a do Viaduto Sentido Norte apresentou poucas patologias, classificando-se, então, como boa aparentemente, nota 3.

Também foram observados reparos nos cantos do caixão devido à provável material oxidado.

Há trincas e fissuras na face das longarinas na região do balanço e verticais ao longo dos vãos. Constatou-se uma flecha exagerada na extremidade das longarinas em balanço.

Na laje, verificou-se a presença de fissuras e processo de lixiviação junto aos aterros e aos drenos.

O aparelho de apoio de neoprene encontra-se abaulado, necessitando de avaliação mais precisa.

As lajes apresentam-se com cobrimento de aproximadamente 1,5 cm, valor esse inferior ao recomendado pela NBR 6118/2003 e também que o recomendado pela NBR 6118/1980, norma utilizada no momento do cálculo estrutural.

Os pilares também se apresentam com cobrimento inferior ao recomendado pela norma. O cobrimento desses é de aproximadamente 2 cm.

Os seguintes serviços devem ser executados para reparo da estrutura:

- Limpeza geral e manutenção de drenos;
- Reparo das fissuras;
- Limpeza dos neoprenes;
- Acompanhamento do desempenho para verificação das flechas.

E.1.1.4. Relatório de inspeção

E.1.1.4.1. Sentido Sul

FICHA DE INSPEÇÃO ROTINEIRA EXPEDITA

OE: Código _____ Nome: VIADUTO SOBRE A R. JOSE LUIZ G. R. (PISTA) BR- 376 / SUL Km: 596,8
 Data: 13/07/2011 Inspeção: ROTINEIRA/ESPECIAL Outra entidade: ASTEP

COMENTÁRIOS GERAIS

- a) Condições de estabilidade: Boa Sofrível Precária Ruim
 b) Nível de vibração do tabuleiro: Normal Intenso Exagerado
 c) Inspeção especializada (realizada por engenheiro de estruturas).
 Já houve alguma anteriormente? Sim Não
- Condições de conservação: Boa Regular Sofrível Ruim
 Necessária Sim Não Urgente? Sim Não

Nota Técnica	3
--------------	---

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS:

Foram observados reparos nos cantos do caixão devido a provável material oxidado.

1. LAJE

Nota Técnica	3	Local	Quantidade (opcional)
Buraco (abertura)	<input type="checkbox"/> Existe <input type="checkbox"/> É iminente		
Armadura exposta	<input type="checkbox"/> Muito oxidada <input type="checkbox"/> Grande incidência		
Concreto desagregado	<input type="checkbox"/> Muita intensidade <input type="checkbox"/> Grande incidência		
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte infiltração <input type="checkbox"/> Grande incidência		
Marcas de infiltração	<input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> Grande incidência	Lixiviação junto aos drenos	
Aspecto do concreto	<input type="checkbox"/> Má qualidade		
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente / Pouco		

2. VIGAMENTO PRINCIPAL

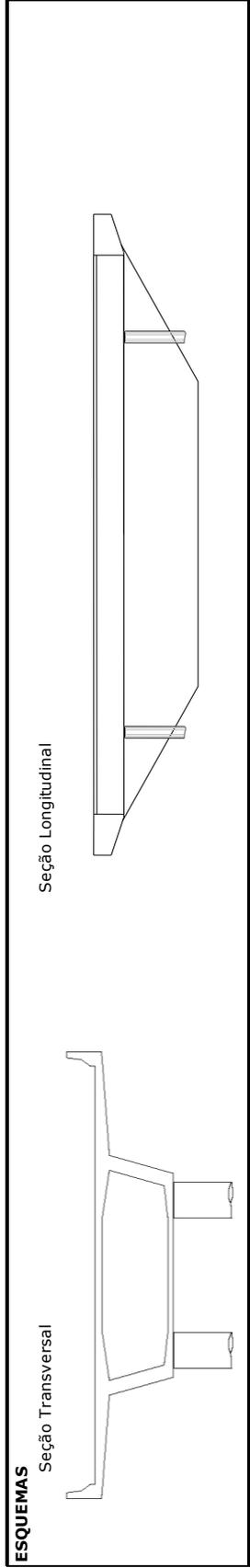
Nota Técnica	3	Local	Quantidade (opcional)
Fissuras finas	<input checked="" type="checkbox"/> Algumas <input type="checkbox"/> Grande incidência		
Trincas (fissuras w>0,3mm)	<input checked="" type="checkbox"/> Algumas <input type="checkbox"/> Grande incidência	Lateral da viga caixão	
Armadura principal	<input checked="" type="checkbox"/> Exposta <input type="checkbox"/> Muito oxidada		
Desagregação de concreto	<input type="checkbox"/> Muito intenso <input type="checkbox"/> Grande incidência	Corrosão na região próxima ao pilar	
Dente gerber	<input type="checkbox"/> Quebrado /Desplacado <input type="checkbox"/> Trincado		
Deformação (Flecha)	<input type="checkbox"/> Exagerada		
Aspectos do concreto	<input type="checkbox"/> Má qualidade		
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente/Pouco		

OEA: Código _____ Nome: VIADUTO SOBRE A R. JOSE LUIZ G. R. (PISTA) BR- 376 / SUL Km: _____ 596,8
 Data: 13/07/2011 Inspeção: ROTINEIRA/ESPECIAL Outra entidade: ASTEP

3. MESOESTRUTURA		Nota Técnica	3	Local	Quantidade (opcional)
Armadura exposta	<input type="checkbox"/> Muito oxidada	<input type="checkbox"/> Grande incidência			
Concreto desagregado	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande incidência			
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte infiltração	<input type="checkbox"/> Grande incidência			
Aparelho de apoio	<input checked="" type="checkbox"/> Danificado			Laterais abauladas	
Aspectos do concreto	<input type="checkbox"/> Má qualidade				
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente/Pouco				
Desaprumo	<input type="checkbox"/> Há				
Deslocabilidade dos pilares	<input type="checkbox"/> Forte				

4. INFRAESTRUTURA		Nota Técnica	5	Local	Quantidade (opcional)
Recalque de fundação	<input type="checkbox"/> Há				
Deslocamento de fundação	<input type="checkbox"/> Há				
Erosão no terreno de fundação	<input type="checkbox"/> Há				
Estacas desenterradas	<input type="checkbox"/> Há				

5. PISTA / ACESSO		Nota Técnica	5	Local	Quantidade (opcional)
Irregularidades no pavimento	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande extensão			
Juntas de dilatação	<input type="checkbox"/> Falhando/Inoperante	<input type="checkbox"/> Muito problemática			
Acessos x Ponte	<input type="checkbox"/> Degrau acentuado	<input type="checkbox"/> Concordância prob.			
Acidentes com veículos	<input type="checkbox"/> Frequente	<input type="checkbox"/> Eventual			



OEA: Código _____ Nome: VIADUTO SOBRE A R. JOSE LUIZ G. R. (PISTA) Km: 596,8
Data: 13/07/2011 Inspeção: ROTINEIRA/ESPECIAL Outra entidade: ASTEP

REGISTRO FOTOGRÁFICO



VISTA INFERIOR



ARMADURA EXPOSTA DA VIGA CAIXÃO NO APOIO



LATERAIS DO APARELHO DE APOIO
ABAUÇADAS



FISSURAS NO PILAR

E.1.1.4.2.Sentido Norte

FICHA DE INSPEÇÃO ROTINEIRA EXPEDITA

OEA: Código _____ Nome: VIADUTO SOBRE A R. JOSE LUIZ G. R. (PISTA N) BR- 376 / NORTE Km: _____ 596,8
 Data: 13/07/2011 Inspeção: ROTINEIRA/ESPECIAL Outra entidade: ASTEP

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 Necessária: Sim Não Urgente? Sim Não
 c) Inspeção especializada (realizada por engenheiro de estruturas). Já houve alguma anteriormente? Sim Não

Nota Técnica	3
--------------	---

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS:

Foram observados reparos nos cantos do caixão devido a provável material oxidado.

1. LAJE	Nota Técnica	3	Local	Quantidade (opcional)
Buraco (abertura)	<input type="checkbox"/> Existe	<input type="checkbox"/> É iminente		
Armadura exposta	<input type="checkbox"/> Muito oxidada	<input type="checkbox"/> Grande incidência		
Concreto desagregado	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande incidência		
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte infiltração	<input checked="" type="checkbox"/> Grande incidência	Lajes em balanço	
Marcas de infiltração	<input type="checkbox"/> Forte	<input checked="" type="checkbox"/> Grande incidência	isura e processo de lixiviação junto aso dren	
Aspecto do concreto	<input type="checkbox"/> Má qualidade			
Cobrimento	<input checked="" type="checkbox"/> Ausente / Pouco			

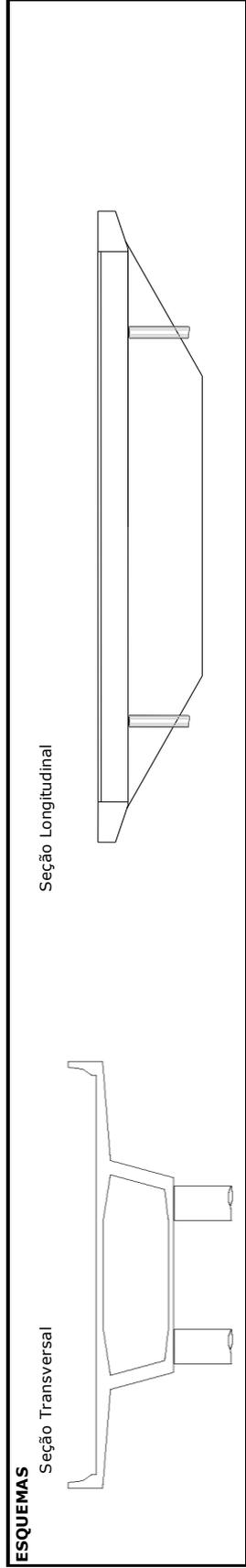
2. VIGAMENTO PRINCIPAL	Nota Técnica	3	Local	Quantidade (opcional)
Fissuras finas	<input type="checkbox"/> Algumas	<input checked="" type="checkbox"/> Grande incidência	Lateral da viga caixão	
Trincas (fissuras w>0,3mm)	<input type="checkbox"/> Algumas	<input checked="" type="checkbox"/> Grande incidência	Lateral da viga caixão	
Armadura principal	<input type="checkbox"/> Exposta	<input type="checkbox"/> Muito oxidada		
Desagregação de concreto	<input type="checkbox"/> Muito intenso	<input type="checkbox"/> Grande incidência		
Dente gerber	<input type="checkbox"/> Quebrado /Desplacado	<input type="checkbox"/> Trincado		
Deformação (Flecha)	<input checked="" type="checkbox"/> Exagerada		Extremidade: balanços	
Aspectos do concreto	<input type="checkbox"/> Má qualidade			
Cobrimento	<input type="checkbox"/> Ausente/Pouco			

OEA: Código _____ Nome: VIADUTO SOBRE A R. JOSE LUIZ G. R. (PISTA N) BR- 376 / NORTE Km: _____ 596,8
 Data: 13/07/2011 Inspeção: ROTINEIRA/ESPECIAL Outra entidade: ASTEP

3. MESOESTRUTURA		Nota Técnica	4	Local	Quantidade (opcional)
Armadura exposta	<input type="checkbox"/> Muito oxidada	<input type="checkbox"/> Grande incidência			
Concreto desagregado	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande incidência			
Fissuras	<input type="checkbox"/> Forte infiltração	<input type="checkbox"/> Grande incidência			
Aparelho de apoio	<input type="checkbox"/> Danificado				
Aspectos do concreto	<input type="checkbox"/> Má qualidade				
Cobrimento	<input checked="" type="checkbox"/> Ausente/Pouco				
Desaprumo	<input type="checkbox"/> Há				
Deslocabilidade dos pilares	<input type="checkbox"/> Forte				

4. INFRAESTRUTURA		Nota Técnica	5	Local	Quantidade (opcional)
Recalque de fundação	<input type="checkbox"/> Há				
Deslocamento de fundação	<input type="checkbox"/> Há				
Erosão no terreno de fundação	<input type="checkbox"/> Há				
Estacas desenterradas	<input type="checkbox"/> Há				

5. PISTA / ACESSO		Nota Técnica	4	Local	Quantidade (opcional)
Irregularidades no pavimento	<input type="checkbox"/> Muita intensidade	<input type="checkbox"/> Grande extensão			
Juntas de dilatação	<input type="checkbox"/> Falando/Inoperante	<input type="checkbox"/> Muito problemática			
Acessos x Ponte	<input type="checkbox"/> Grau acentuado	<input type="checkbox"/> Concordância prob.			
Acidentes com veículos	<input type="checkbox"/> Frequente	<input type="checkbox"/> Eventual			



OEA: Código _____ Nome: VIADUTO SOBRE A R. JOSE LUIZ G. R. (PISTA NI Km: _____
Data: 13/07/2011 Inspeção: ROTINEIRA/ESPECIAL BR- 376 / PR Outra entidade: ASTEP 596,8

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Registro esquemático de identificação das patologias



EXTREMIDADES DO APARELHO DE APOIO ABAULADAS



VISTA INFERIOR



FISSURA NA LATERAL DA VIGA CAIXÃO



INFILTRAÇÃO NA DIREÇÃO DOS DRENOS

E.1.1.5. Esclerometria

E.1.1.5.1. Sentido Sul

Ponto	Pilar esquerda	Pilar direita	Longarina esq	Longarina dir	Laje
Posição do ensaio	0°	0°	0°	0°	-90°
1	52	52	44	45	50
2	51	46	50	48	55
3	55	50	52	52	54
4	56	52	44	50	46
5	58	42	50	49	54
6	54	53	45	50	58
7	56	52	53	62	45
8	54	54	46	63	44
9	53	53	42	63	50
Média 1	54,33	50,44	47,33	53,56	50,67
Limite inferior	48,90	45,40	42,60	48,20	45,60
Limite superior	59,77	55,49	52,07	58,91	55,73
Média 2	54,33	51,50	47,29	50,25	51,50
Resistência Corrigida (Mpa)	57	53	46	50,5	56

E.1.1.5.2. Sentido Norte

Ponto	Pilar esquerda	Pilar direita	Longarina esq	Longarina dir	Laje
Posição do ensaio	0°	0°	0°	0°	-90°
1	54	49	45	50	50
2	52	50	49	52	55
3	52	48	51	52	54
4	51	50	48	52	46
5	50	50	45	50	54
6	50	51	48	52	58
7	50	52	50	46	45
8	48	50	44	52	44
9	51	52	51	50	50
Média 1	50,89	50,22	47,89	50,67	50,67
Limite inferior	45,80	45,20	43,10	45,60	45,60
Limite superior	55,98	55,24	52,68	55,73	55,73
Média 2	50,89	50,22	47,89	50,67	51,50
Resistência Corrigida (Mpa)	51,5	50,5	46,5	51,5	56