

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

JULIANA MEDEIROS GRECA
REBECA CAVAZOTTI DE SOUZA
SUSAN SMYKALUK

**INSPEÇÃO, MAPEAMENTO E ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS
EM OBRAS DE ARTE ESPECIAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2011

JULIANA MEDEIROS GRECA
REBECA CAVAZOTTI DE SOUZA
SUSAN SMYKALUK

**INSPEÇÃO, MAPEAMENTO E ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS
EM OBRAS DE ARTE ESPECIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, do Curso Superior de Engenharia de Produção Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. MSc. Amacin Rodrigues Moreira

CURITIBA
2011

FOLHA DE APROVAÇÃO

***INSPEÇÃO, MAPEAMENTO E ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS EM OBRAS DE ARTE ESPECIAIS***

Por

JULIANA MEDEIROS GRECA
REBECA CAVAZOTTI DE SOUZA
SUSAN SMYKALUK

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 03 de dezembro de 2011, pela seguinte banca de avaliação:

Prof. Orientador – Amacin Rodrigues Moreira, MSc.
UTFPR

Prof. Wellington Mazer, Dr.
UTFPR

Prof. Stela Mara de Souza da Nóbrega, Esp.
UTFPR

AGRADECIMENTOS

São muitas as pessoas que participaram da realização desta pesquisa, mas gostaríamos de agradecer algumas em especial.

Inicialmente, agradecemos aos nossos familiares, amigos e amores, pois além de suas contribuições efetivas, foram bastante pacientes em nossos momentos de ausência pela dedicação a essa pesquisa.

Ao nosso orientador, professor Amacin Rodrigues Moreira, pelas sugestões e disponibilidade em nos ajudar. Agradecemos também a nossa banca, em especial aos professores Wellington Mazer e Elizabeth Penner, que mais do que uma banca, estiveram presentes em todo o desenvolvimento desta.

Por fim, mas não menos importante, agradecemos a Tramo Engenharia, através dos engenheiros Odenir Müller e Gabriela Luchese, que gentilmente nos cederam os projetos das obras de arte especiais.

RESUMO

Transpor os acidentes geográficos possui extrema importância desde os tempos pré-históricos até os dias atuais. Para tal, faz-se uso das obras de arte especiais, promovendo interligação, acesso e desenvolvimento às mais diversas regiões. Com isso, surge a necessidade de preservar essas estruturas e também sua funcionalidade, buscando alternativas para mantê-las, repará-las e torná-las cada vez mais eficientes. Dentro do município de Curitiba, capital do estado do Paraná, as obras de arte especiais estão presentes principalmente nos eixos estruturais de tráfego urbano, como por exemplo, as conectoras, que ligam a Cidade Industrial de Curitiba – CIC – aos diversos locais da cidade. O presente trabalho consiste no estudo e mapeamento de patologias em obras de arte especiais localizadas na via central da Conectora 5, tendo seu início registrado no bairro Campina do Siqueira, seguindo até o CIC. O desenvolvimento deste ocorreu conforme alguns procedimentos metodológicos, onde se enquadram estudos e revisões, inspeções e visitas, análise de resultados e desenvolvimento de mapeamentos. Durante esse processo, também foi elaborada uma ficha de inspeção com foco nos elementos de estudo, a mesma é baseada em dois métodos muito conhecidos e consagrados de inspeção em OAEs, e foi feita com o objetivo de aprofundar o detalhamento das patologias existentes nas estruturas com base nas necessidades das obras contidas no trecho. Finalizando, o estudo traz como resultado a classificação das estruturas de acordo com a incidência das patologias conforme a pontuação obtida nas fichas.

Palavras-chave: Manifestações Patológicas. Conectora 5. Mapeamento. Obra de Arte Especial.

ABSTRACT

Transpose landforms was extremely important since Prehistory and still is in the current days. For doing so, viaducts are used in order to promote the connection, access and development of every type of regions. As consequence, it has arose the need of preserving these structures and also their functionality, searching for alternatives of better maintenance. In Curitiba, Paraná state capital, the viaducts are present mainly on the biggest avenues, for example, the connectors, which link the Cidade Industrial de Curitiba – CIC – to other places of the city. This research consists of a study and mapping of pathologies located in “Conectora 5” viaducts, which registered start is placed on Campina do Siqueira district and goes up to CIC. The development of this research occurred according to some methodological procedures, where the literature, inspections, results analysis and mapping development are found. During all this process, it was also developed, based on two well-known methods of evaluating viaducts, an inspection sheet whit focus on the elements of this study. Also, it has been elaborated whit the goal of increasing the detailing of the pathologies found on the structures. As the result, the study comes up with a classification of the viaducts according to the pathologies’ incidence obtained on the inspection sheets.

Keywords: Pathology. Conectora 5. Mapping. Viaducts.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO RELATIVA DA INCIDÊNCIA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO APARENTE.	23
FIGURA 2 – SETORES ESPECIAIS CONECTORES.....	35
FIGURA 3 – VISÃO AÉREA DA CONECTORA 5.....	41
FIGURA 4 - TABULEIRO 3ª OAE	42
FIGURA 5 - 3ª OAE RUA PAULO GORSKI	44
FIGURA 6 – MAPEAMENTO RUA PAULO GORSKI – TABULEIRO.....	45
FIGURA 7 – MAPEAMENTO RUA PAULO GORSKI – SENTIDO ECOVILLE.....	46
FIGURA 8 – MAPEAMENTO RUA PAULO GORSKI – SENTIDO CENTRO	46
FIGURA 9 – FISSURA NA CABECEIRA DA PISTA (PONTO 1-4)	47
FIGURA 10 – CARBONATAÇÃO NO FUNDO DE LAJE (TODA ESTRUTURA)	47
FIGURA 11 – DANO POR COLISÃO NO GUARDA CORPO (PONTO 1)	48
FIGURA 12 – ARMADURA EXPOSTA NA ALA (PONTO 2).....	48
FIGURA 13 – CORROSÃO NO GUARDA CORPO (TODO).....	49
FIGURA 14 – LIXIVIAÇÃO NAS PLACAS DO PASSEIO (TODO).....	49
FIGURA 15 – PERCOLAÇÃO DE ÁGUA NA CORTINA (PONTOS 7-8)	50
FIGURA 16 – DESPLACAMENTO DO CONCRETO NA LAJE EM BALANÇO (ENTRE OS PONTOS 3-4)	50
FIGURA 17 - TABULEIRO 4ª OAE	51
FIGURA 18 - 4ª OAE RUA GERALDO LIPKA.....	53
FIGURA 19 – MAPEAMENTO RUA GERALDO LIPKA – SENTIDO CENTRO	54
FIGURA 20 – MAPEAMENTO RUA GERALDO LIPKA – SENTIDO ECOVILLE	55
FIGURA 21 – MAPEAMENTO RUA GERALDO LIPKA - TABULEIRO.....	55
FIGURA 22 – MAPEAMENTO RUA GERALDO LIPKA – VISTA INFERIOR FACE SUL	55
FIGURA 23 – MAPEAMENTO RUA GERALDO LIPKA – VISTA INFERIOR FACE NORTE.....	56
FIGURA 24 – FISSURA NA CABECEIRA DA PISTA (PONTO 2-3)	56
FIGURA 25 – CARBONATAÇÃO NO FUNDO DE LAJE, VIGAS CAIXÕES E LAJE EM BALANÇO (TODO)	57
FIGURA 26 – RECALQUE NA PISTA (PONTO 1-4).....	57

FIGURA 27 – NINHO DE CONCRETAGEM NA ALA (PONTO 7)	58
FIGURA 28 – DRENOS DANIFICADOS (TODOS OS DRENOS APRESENTAM DANOS)	58
FIGURA 29 – DANO DE COLISÃO NO GUARDA CORPO (PONTO 3).....	59
FIGURA 30 – PERCOLAÇÃO DE ÁGUA NA LAJE DE PROTEÇÃO DE TALUDE (PONTO 2).....	59
FIGURA 31 – PERCOLAÇÃO NA LAJE EM BALANÇO (PONTO 1-2).....	60
FIGURA 32 - TABULEIRO 5ª OAE	61
FIGURA 33 - 5ª OAE RUA LUIZ MAZZETO BAGGIO	62
FIGURA 34 – MAPEAMENTO RUA LUIZ MAZZETO BAGGIO – SENTIDO ECOVILLE.....	63
FIGURA 35 – MAPEAMENTO RUA LUIZ MAZZETO BAGGIO – SENTIDO CENTRO	63
FIGURA 36 – MAPEAMENTO RUA LUIZ MAZZETO BAGGIO – VISTA INFERIOR FACE NORTE	64
FIGURA 37 – FISSURAS NO FUNDO DE LAJE (PONTOS 5-6).....	64
FIGURA 38 – CARBONATAÇÃO NA LAJE EM BALANÇO (PONTO 6).....	65
FIGURA 39 – ARMADURA EXPOSTA NO GUARDA CORPO (TODO).....	65
FIGURA 40 – CORROSÃO NO GUARDA CORPO (PONTO 1)	66
FIGURA 41 - TABULEIRO 6ª OAE	67
FIGURA 42 - 6ª OAE RUA DR. BASÍLIO VICENTE DE CASTRO.....	69
FIGURA 43 – MAPEAMENTO RUA DR. BASÍLIO VICENTE DE CASTRO – SENTIDO ECOVILLE.....	70
FIGURA 44 – MAPEAMENTO RUA DR. BASÍLIO VICENTE DE CASTRO – SENTIDO CENTRO	70
FIGURA 45 – MAPEAMENTO RUA DR. BASÍLIO VICENTE DE CASTRO – TABULEIRO.....	71
FIGURA 46 – FISSURA NA CABECEIRA DA PISTA (PONTO 2-3)	71
FIGURA 47 – FISSURA NA CORTINA (PONTO 5)	72
FIGURA 48 – CARBONATAÇÃO NO FUNDO DA VIGA CAIXÃO (TODO)	72
FIGURA 49 – RECALQUE NA CABECEIRA DA PISTA (PONTO 1-4).....	73
FIGURA 50 – ARMADURA EXPOSTA NA ALA (PONTO 8).....	73
FIGURA 51 – NINHO DE CONCRETAGEM NA ALA (PONTO 7)	74
FIGURA 52 – DRENO DANIFICADO NA LAJE EM BALANÇO.....	74

FIGURA 53 – PRESENÇA DE FORMAS NO FUNDO DA VIGA E SERVINDO COMO APARELHO DE APOIO	75
FIGURA 54 - TABULEIRO 7ª OAE	76
FIGURA 55 - 7ª AOE – RUA OSCAR BORGES DE MACEDO RIBAS	77
FIGURA 56 - MAPEAMENTO RUA OSCAR BORGES DE MACEDO RIBAS – SENTIDO ECOVILLE FACE NORTE.....	78
FIGURA 57 - MAPEAMENTO RUA OSCAR BORGES DE MACEDO RIBAS – SENTIDO CENTRO FACE SUL.....	79
FIGURA 58 - MAPEAMENTO RUA OSCAR BORGES DE MACEDO RIBAS – TABULEIRO.....	79
FIGURA 59 – MANCHAS DE CARBONATAÇÃO NA LAJE EM BALANÇO E DRENO DANIFICADO (PONTO 6-7).....	80
FIGURA 60 – ARMADURA EXPOSTA E CORROÍDA NA VIGA CAIXÃO, NA LIGAÇÃO COM A CORTINA (PONTO 5)	80
FIGURA 61 – NINHOS DE CONCRETAGEM NO FUNDO DE LAJE DA VIGA CAIXÃO (PONTO 8).....	81
FIGURA 62 – CORROSÃO NO GUARDA CORPO (TODO).....	81
FIGURA 63 – SINAIS DE LIXIVIAÇÃO NA PISTA SOB O VIADUTO.....	82
FIGURA 64 - TABULEIRO 8ª OAE	83
FIGURA 65 - SEQUÊNCIA DE INSPEÇÃO VIADUTO JOÃO FALARZ.....	84
FIGURA 66 – MAPEAMENTO RUA JOÃO FALARZ - TABULEIRO	86
FIGURA 67 – MAPEAMENTO RUA JOÃO FALARZ – SENTIDO ECOVILLE FACE LESTE.....	86
FIGURA 68 – MAPEAMENTO RUA JOÃO FALARZ – SENTIDO ECOVILLE FACE OESTE	86
FIGURA 69 – MAPEAMENTO RUA JOÃO FALARZ – SENTIDO CENTRO FACE LESTE.....	87
FIGURA 70 – MAPEAMENTO RUA JOÃO FALARZ – SENTIDO CENTRO FACE OESTE.....	87
FIGURA 71 - FISSURA NA CABECEIRA DA PISTA (PONTO 1)	88
FIGURA 72 - CARBONATAÇÃO NA VIGA E NOS DRENOS (TODO)	88
FIGURA 73 - CORROSÃO DO GUARDA-CORPO (TODO)	89
FIGURA 74 - DANO DE COLISÃO (ENTRE OS PONTOS 6 E 7)	89
FIGURA 75 - EXPOSIÇÃO DE ARMADURA NA ALA (PONTO 5)	90

FIGURA 76 - LIXIVIAÇÃO E CARBONATAÇÃO NO PILAR (PONTOS 5 E 6).....	90
FIGURA 77 - EROSÃO DO TERRENO NA ALA (PONTO 8).....	91
FIGURA 78 - ESTALACTITE NA LAJE EM BALANÇO (PONTO 8).....	91
FIGURA 79 - TABULEIRO 9ª OAE	92
FIGURA 80 - SEQUÊNCIA DE INSPEÇÃO VIADUTO PADRE PAULO WARKOCZ	93
FIGURA 81 – MAPEAMENTO RUA PADRE PAULO WARKOCZ - TABULEIRO.....	95
FIGURA 82 – MAPEAMENTO RUA PADRE PAULO WARKOCZ – SENTIDO ECOVILLE.....	95
FIGURA 83 – MAPEAMENTO RUA PADRE PAULO WARKOCZ – SENTIDO CENTRO.....	95
FIGURA 84 - EXPOSIÇÃO E CORROSÃO DA ARMADURA DA ALA (PONTO 7) ..	96
FIGURA 85 - EXPOSIÇÃO E CORROSÃO DA ARMADURA DA VIGA E DA CORTINA (PONTO 7).....	96
FIGURA 86 - VAZIOS DE CONCRETAGEM, COM EXPOSIÇÃO DA ARMADURA NA VIGA (PONTOS 5-6).....	97
FIGURA 87 - EROSÃO DO TALUDE NA ALA (PONTO 8).....	97
FIGURA 88 - LIXIVIAÇÃO NA CORTINA (PONTO 8).....	98
FIGURA 89 - AFUNDAMENTO DO PASSEIO (ENTRE OS PONTOS 3-4).....	98
FIGURA 90 - PERCOLAÇÃO AO LONGO DA LAJE EM BALANÇO (PONTO 5-8)..	99

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – INCIDÊNCIA DE PATOLOGIAS	101
GRÁFICO 2 – PONTUAÇÃO DAS OAES	102

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – EXIGÊNCIAS DE DURABILIDADE RELACIONADAS À FISSURAÇÃO E À PROTEÇÃO DA ARMADURA, EM FUNÇÃO DAS CLASSES DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL.....	25
QUADRO 2 – MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NO VIADUTO DA RUA PAULO GORSKI.....	45
QUADRO 3 – MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NO VIADUTO DA RUA GERALDO LIPKA.....	54
QUADRO 4 – MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NO VIADUTO DA RUA LUIZ MAZZETO BAGGIO.....	63
QUADRO 5 – MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NO VIADUTO DA RUA DR. BASÍLIO VICENTE DE CASTRO	69
QUADRO 6 – MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NO VIADUTO DA RUA OSCAR BORGES DE MACEDO RIBAS	78
QUADRO 7 – MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NO VIADUTO DA RUA JOÃO FALARZ	85
QUADRO 8 – MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NO VIADUTO DA RUA PADRE PAULO WARKOCZ.....	94

LISTA DE SIGLAS

ANBT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIRM	<i>Bridge Inspector's Reference Manual</i>
Ca(OH) ₂	Hidróxido de Cálcio
CaCO ₃	Carbonato de Cálcio
CIC	Cidade Industrial de Curitiba
CO ₂	Gás Carbônico
d.d.p.	Diferença de Potencial
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
Fe(OH)	Hidróxido de Ferro
fck	Resistência Característica do Concreto à Compressão
FHWA	<i>Federal Highway Administration</i>
H ₂ O	Água
MPa	Mega Pascal
OAE	Obra de Arte Especial
pH	Potencial Hidrogeniônico

SUMÁRIO

FOLHA DE APROVAÇÃO	3
1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	16
1.1 INTRODUÇÃO	16
1.2 JUSTIFICATIVA	17
1.3 OBJETIVOS	18
1.3.1 <i>Objetivo Geral</i>	18
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1 OBRA DE ARTE ESPECIAL.....	19
2.1.1 <i>Elementos estruturais de viadutos</i>	20
2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	22
2.2.1 <i>Fissuras e trincas</i>	24
2.2.2 <i>Corrosão das armaduras</i>	26
2.2.3 <i>Carbonatação</i>	27
2.2.4 <i>Lixiviação</i>	28
2.2.5 <i>Recalque de fundações</i>	28
2.2.6 <i>Juntas de dilatação danificadas</i>	29
2.2.7 <i>Anomalias no aparelho de apoio</i>	30
2.3 METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS 31	
2.3.1 <i>Bridge Inspector's Reference Manual (BIRM)</i>	31
2.3.2 <i>Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (DNIT)</i>	32
2.4 SETORES ESPECIAIS CONECTORES.....	33
2.4.1 <i>Histórico</i>	33
2.4.2 <i>Conectoras</i>	34
2.4.3 <i>Conectora 5</i>	36
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	37
3.1 REVISÃO DOCUMENTAL.....	37
3.2 INSPEÇÃO PRELIMINAR	37

3.3	INSPEÇÃO TÉCNICA	38
3.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS E DESENVOLVIMENTO DO MAPEAMENTO	38
3.5	ORGANIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DAS OBRAS INSPECIONADAS	39
4	ESTUDO DE CASO	40
4.1	PROCEDIMENTOS ADOTADOS	40
4.2	OBJETOS DE ESTUDO	42
4.2.1	<i>3ª OAE – Rua Paulo Gorski</i>	<i>42</i>
4.2.2	<i>4ª OAE – Rua Geraldo Lipka</i>	<i>51</i>
4.2.3	<i>5ª OAE – Rua Luiz Mazzeto Baggio.....</i>	<i>60</i>
4.2.4	<i>6ª OAE – Rua Doutor Basílio Vicente de Castro.....</i>	<i>67</i>
4.2.5	<i>7ª OAE – Rua Oscar Borges de Macedo Ribas</i>	<i>75</i>
4.2.6	<i>8ª OAE – Rua João Falarz</i>	<i>83</i>
4.2.7	<i>9ª OAE – Rua Padre Paulo Warkocz</i>	<i>92</i>
5	ANÁLISE GLOBAL DOS RESULTADOS	100
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
6.1	CONCLUSÃO.....	103
6.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	104
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
	ANEXO A	107
	ANEXO B	114

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No primeiro capítulo deste trabalho serão apresentados elementos introdutórios para esclarecer o motivo da realização do mesmo.

1.1 INTRODUÇÃO

As obras de arte especiais têm grande importância na infraestrutura viária, auxiliando no desenvolvimento das regiões através da transposição de obstáculos, promovendo a interligação entre diversos locais, facilitando os transportes, ampliando o alcance de mercado e trazendo o desenvolvimento às regiões envolvidas.

A construção de travessias dos acidentes geográficos data de períodos pré-históricos. Desde então, foram utilizadas diversas técnicas como troncos, madeira, alvenaria de pedra, aço (através da utilização de treliças metálicas), concreto armado e concreto protendido. A utilização do concreto na execução das obras de arte especiais se torna cada vez mais viável, possibilitando produzir obras mais leves, vencer vãos maiores e desenvolver estruturas mais competitivas e com melhor relação custo-benefício.

Segundo Helene (1992, p. 15), o concreto preparado com Cimento Portland tem se mostrado o material mais adequado às estruturas, superando com ênfase as alternativas existentes. Isso se comprova principalmente através do uso do concreto armado, onde as resistências às ações ambientais, sobrecargas e demais solicitações mecânicas são supridas da melhor forma já encontrada.

O concreto armado, segundo Verçoza (1991, p. 67) é muitas vezes tratado como se fosse indestrutível, podendo durar mais ou menos tempo, de acordo com os fatores que podem degradá-lo. Um bom concreto é feito com o intuito de maximizar a sua duração, podendo resistir aos séculos, mas sempre apresentará desgastes e deteriorações. Mesmo com um bom concreto, quando submetido a solicitações para as quais não foi desenvolvido, uma estrutura pode sofrer um colapso parcial ou até mesmo total, como em vários casos já ocorridos. Já com a

elaboração de um concreto de má qualidade, existem casos em que a destruição do mesmo ocorreu apenas através das ações ambientais.

De acordo com Helene (1992, p. 19), a patologia pode ser considerada como “a parte da Engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis”.

Segundo Souza e Ripper (1998), com o passar dos anos, as estruturas apresentam comportamentos distintos ainda que possuam elementos idênticos, sujeitos a solicitações diversas. Por isso, é interessante analisar as performances individuais a fim de identificar manifestações patológicas típicas ao longo da via. Seguindo este preceito, esta pesquisa será focada nas obras de arte especiais da Conectora 5, localizada na cidade de Curitiba.

As Conectoras foram criadas logo após a implantação da Cidade Industrial de Curitiba – CIC – com o intuito de facilitar o transporte de trabalhadores de suas residências até o local de trabalho, uma vez que a nova estrutura industrial fica afastada do centro. Todas elas são eixos de ligação entre diversas regiões da cidade e o CIC. No caso da Conectora 5, objeto de estudo desta pesquisa, ocorre a união entre o eixo estrutural leste com a região do CIC norte e na via central da Conectora, por onde passam os ônibus do transporte público, existem nove obras de arte especiais para agilizar o trânsito.

1.2 JUSTIFICATIVA

O alto custo das obras viárias, principalmente das obras de arte especiais, já é razão suficiente para elaborar um mapeamento de patologias com foco em manutenção preventiva, que evite correções emergenciais e até mesmo interrupção do tráfego na via.

No âmbito acadêmico, a realização deste estudo pode proporcionar a aplicação de ensaios em situações práticas e aquisição de conhecimentos relacionados a patologias das estruturas. Considerando que as obras de arte especiais já estão concluídas, serão aplicados ensaios não destrutivos, como por exemplo, a esclerometria.

Com relação à escolha do objeto de estudo, a Conectora 5, ocorreu porque as Obras de Arte Especiais do trecho são, em sua maioria, do mesmo projetista. Além de terem sido construídas na mesma época, utilizando os mesmos materiais e técnicas construtivas.

1.3 OBJETIVOS

Para guiar a realização da pesquisa, foram estabelecidos objetivos gerais e específicos.

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo desta pesquisa é o de mapear as principais patologias incidentes nas obras de arte especiais (viadutos) da via central da Conectora 5, situada em Curitiba-PR.

1.3.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos deste trabalho podem ser citados:

- a) Estudo aprofundado da função de uma conectora, com ênfase na Conectora 5;
- b) Elaboração de uma ficha de inspeção que deverá ser instrumentos para realização da inspeção visual;
- c) Análise da situação global das estruturas, comparando o desempenho dos viadutos e as possíveis patologias encontradas, verificando causas comuns;
- d) Análise dos critérios de projeto frente às solicitações atuais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O grande número de obras de arte especiais presentes na rede viária de um país tem representatividade econômica significativa. As obras de arte são de suma importância para a integridade da via e continuidade do tráfego. Caso esse tráfego seja interrompido por falhas na obra, implicará em imensos prejuízos nas atividades econômicas, além dos custos de reforço ou até mesmo reposição das estruturas. Devido a estes motivos, faz-se primordial o estabelecimento de planos regulares de inspeção das obras de arte, com o objetivo de conservá-las em bom estado e evitar avarias que acabem por restringir o tráfego (PFEIL, 1983).

2.1 OBRA DE ARTE ESPECIAL

Segundo Pfeil (1983), todas as obras de uma estrada (pontes, viadutos, bueiros, muros) são denominadas Obras de Arte. Elas são assim consideradas, pois, antigamente, eram construídas empiricamente por artífices. Obras de Arte Especiais (OAE) são aquelas utilizadas em travessias de acidentes geográficos ou viários, como pontes, viadutos, etc.

As obras destinadas a transporem obstáculos que impeçam a continuidade de uma via, como rios, braços de mar, vales profundos, outras vias, etc, são denominadas pontes. No caso de pontes que tem como objetivo a transposição de vales, outras vias ou obstáculos que não são constituídos por água, são chamadas de viadutos (PFEIL, 1983).

Estruturas no formato de passarelas primitivas em madeira e outros vegetais são utilizadas pelo homem desde os tempos pré-históricos. Os romanos fizeram largo uso dos arcos de alvenaria de pedra na construção de pontes e aquedutos, alguns em pé até hoje. Com a revolução industrial os produtos siderúrgicos alcançaram preços competitivos e começaram a aparecer na estrutura das pontes. Já no século XX houve a introdução do concreto armado como material principal na construção dessas obras. Após a Segunda Guerra Mundial, o concreto protendido passou a ser empregado em larga escala, pois associa concretos de excelente

qualidade com aços de grande resistência produzindo um material estrutural capaz de vencer grandes vãos a custos competitivos (PFEIL, 1983).

2.1.1 Elementos estruturais de viadutos

Distinguem-se três partes fundamentais em uma ponte: Superestrutura, Mesoestrutura e Infraestrutura (MÜLLER, 1986).

2.1.1.1 Infraestrutura

A infraestrutura tem a função de transferir para o solo as cargas da estrutura, também é conhecida como fundação da obra (PFEIL, 1983).

Como exemplos de fundação pode-se citar: blocos, sapatas, estacas e tubulões.

2.1.1.2 Mesoestrutura

A mesoestrutura tem a tarefa de conduzir os esforços recebidos da superestrutura para as fundações. Alguns elementos da mesoestrutura são pilares, encontros, aparelhos de apoio (PFEIL, 1983).

a) Pilares

Leonhardt (1979) divide os pilares em pilares-paredes e pilares comuns. Os pilares paredes são indicados para vigas em caixão e pontes fluviais, estendem-se pela largura total da superestrutura. Podem ser pilares espessos de concreto simples, pilares maciços armados ou pilares vazados, os últimos mais indicados, principalmente, em pilares altos porque economizam material.

Os pilares comuns podem ser construídos em diversas formas, porém sua esbeltez é limitada para evitar flambagem. Eles podem ser únicos, mas,

normalmente, aparecem em pares ou trios bastante espaçados na direção transversal. Os pilares comuns são mais econômicos, não obstruem a visibilidade, permitem cruzamentos esconsos e dão um aspecto mais leve a ponte (LEONHARDT, 1979).

b) Encontros

De acordo com Pfeil (1983), encontros são elementos de transição entre a ponte e o aterro. Geralmente, são dimensionados para suportarem grandes esforços horizontais devido à frenagem dos veículos.

Antigamente, os encontros eram construídos de alvenaria de pedra. Recentemente, o material mais comum é o concreto armado (PFEIL, 1983).

c) Aparelhos de apoio

A função do aparelho de apoio é agrupar as reações verticais da superestrutura e transmitir para a infraestrutura (LEONHARDT, 1979).

O aparelho de apoio mais utilizado é o neoprene, composto de camadas de borracha com chapas de aço intercaladas. O uso do neoprene permite deslocamentos horizontais devidos à deformação por cisalhamento, que admite também certa rotação. O ângulo de rotação α possui limitação em função da largura e da espessura do aparelho (LEONHARDT, 1979).

d) Drenagem

Os drenos podem ser feitos de ferro fundido, resistente à corrosão, ou de PVC rígido, como citado por Leonhardt (1979). Ainda segundo o autor, o dimensionamento deve ser feito com folga e devem ser previstas aberturas para inspeção e limpeza. Para que a drenagem seja eficiente, a superfície do tabuleiro da ponte deve ser plana e possuir declividade mínima de 2%.

2.1.1.3 Superestrutura

A superestrutura permite à carga útil vencer o vão da ponte. É composta de duas partes principais: tabuleiro, que recebe diretamente as cargas aplicadas, e vigamento principal, que tem a função de vencer o vão livre (PFEIL, 1983).

a) Tabuleiro ou Estrado

Pfeil (1983) define estrado de uma ponte como a parte que serve de apoio imediato a elementos como vias férreas, passeios, pistas, dutos, etc.

A laje do tabuleiro é o elemento de suporte direto da pista de rolamento, pode ser de concreto moldado *in situ* ou pode ser constituída de elementos pré-moldados (LEONHARDT, 1979).

b) Pontes em viga T

Esta seção transversal é a mais econômica para pontes retas, pouco esbeltas e quando não há grande presença de cargas móveis (MÜLLER, 1986).

c) Vigas Caixa

Vigas caixa ou vigas celulares são vigas principais em forma de caixa fechada. São bastante indicadas para grandes vãos e estruturas curvas em planta, pois, além da resistência à flexão, apresentam elevada resistência e rigidez à torção (PFEIL, 1983).

O'Connor (1975) cita ainda outras vantagens do uso da viga em caixa, como a facilidade de manutenção, pois é possível acessar o seu interior dispensando o uso de andaimes, a possibilidade de passar tubulações pelo seu interior, além de seu exterior ser geralmente formado por superfícies planas, simples e sem saliências o que facilita a manutenção e impede a formação de manchas de poeira.

2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

“A patologia da construção está intimamente ligada à qualidade e embora esta última tenha avançado muito e continue progredindo cada vez mais, os casos patológicos não diminuíram na mesma proporção, embora seja verdade que a diminuição tenha sido razoável” (FERNÁNDEZ CÁNOVAS, 1988, p.1).

Helene (1992, p. 19) afirma que os problemas patológicos costumam apresentar manifestações externas muito características, onde é possível visualizar e até deduzir a origem, o mecanismo dos fenômenos ali envolvidos, sua natureza, podendo fazer assim, a estimativa das prováveis consequências. Os sintomas mais incidentes nas estruturas de concreto são as fissuras, eflorescências, flechas

excessivas, manchas, corrosão das armaduras e ninhos de concretagem, como indicado na Figura 1.

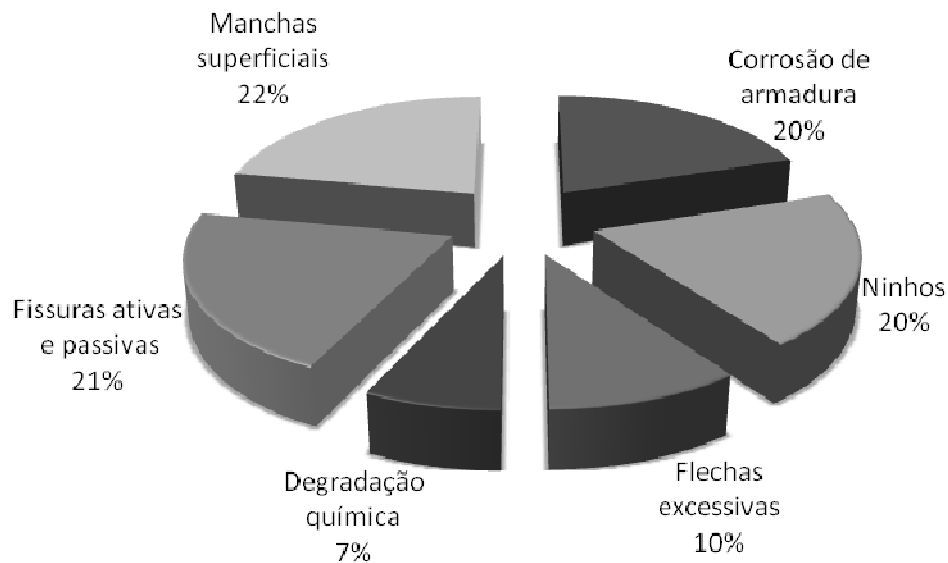


Figura 1 - Distribuição relativa da incidência de manifestações patológicas em estruturas de concreto aparente.

Fonte: Helene (1992, p. 19)

Segundo Souza e Ripper (1998, p. 27), ao se analisar uma estrutura de concreto “doente” é de extrema importância entender o motivo do surgimento e do desenvolvimento da patologia, buscando suas causas antes de qualquer providência, aplicando, assim, uma solução eficiente. Essa solução, além de reparar a doença, deve buscar a garantia de que a última não volte a ocorrer naquele local.

De acordo com Souza e Ripper (1998, p. 22), os problemas patológicos que venham a existir em uma estrutura, excluindo casos motivados por catástrofes naturais, possuem origem em alguma parte do processo que constitui a construção civil, costumeiramente dividida em três etapas básicas: concepção (projeto), execução (construção) e utilização (manutenção) da estrutura.

Helene (1992, p. 21) diz que, enquanto as primeiras etapas do processo envolvem um período relativamente curto, geralmente de dois anos, a etapa de utilização das estruturas deve durar por longos períodos, sendo as edificações previstas para mais que cinquenta anos e as obras de arte para mais de duzentos anos.

Em relação às etapas, segundo Souza e Ripper (1998, p. 22), as exigências a elas realizadas, levando em consideração a qualidade, são:

- Etapa de concepção: envolve fatores como a satisfação do cliente, a facilidade de execução, realizando detalhamentos adequados e especificações suficientes, e a possibilidade de adequada manutenção;
- Etapa de execução: atendimento fiel e exato do projeto, utilização dos materiais especificados, garantindo, assim, durabilidade;
- Etapa de utilização: satisfação do utilizador, programação de manutenções periódicas, visando aumentar a vida útil da obra.

Conforme Helene (1992, p. 21), um bom diagnóstico deve detectar em que etapa teve origem a patologia, existindo, para cada origem, uma solução ou terapia mais adequada, mesmo havendo similaridade nos sintomas. Essa identificação do problema permite saber quem cometeu a falha, buscando resolver os problemas com fins judiciais.

2.2.1 Fissuras e trincas

O concreto armado, de acordo com Pfeil (1983, p. 219), quando está submetido à ação de cargas de serviço, costuma apresentar fissuras e trincas nas zonas tracionadas, com aberturas capilares.

“As trincas e fissuras são de diversos tipos e podem ter diferentes causas; a importância destas patologias depende do tipo de estrutura, de sua localização e se suas aberturas e comprimentos são influenciados pelo tempo e pelos carregamentos”, conforme o Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2010, p. 83).

A classificação dessas manifestações patológicas pode ser realizada quanto à abertura, citada pela NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003), onde as mesmas recebem o nome de “fissura” para abertura igual ou inferior a 0,5 mm, de ‘microfissura’ para abertura igual ou inferior a 0,05 mm e de “trinca” para aberturas superiores a 0,5 mm e inferiores a 1 mm.

As aberturas máximas toleráveis para a fissuração são indicadas no Quadro 1 (NBR 6118).

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	--
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação freqüente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação freqüente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação freqüente
		ELS-D ¹⁾	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ¹⁾	Combinação freqüente
¹⁾ A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 25$ mm (figura 3.1). NOTAS 1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2. 2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.			

Quadro 1 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental.
Fonte: NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, P. 72)

As exigências relativas à fissuração apresentadas na NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003) levam em consideração o tipo de concreto empregado e a Classe de Agressividade Ambiental – CAA – à qual essa estrutura estará sujeita, classificadas como “fraca” para estruturas rurais e submersas, “moderada” para estruturas urbanas, “forte” para estruturas em ambientes marinhos e industriais, ou ainda “muito forte”, caso haja respingos de maré nas estruturas. Considera também os estados limites de serviço, ELS, para os seus diversos casos, como limite de formação de fissuras (ELS-F), limite de abertura de fissuras (ELS-W), limite de descompressão (ELS-D) e de descompressão parcial (ELS-DP). Assim, obtém-se o risco de deterioração a que se sujeita a estrutura em análise e também a abertura de fissuração permitida para cada caso.

De acordo com Souza e Ripper (1998, p. 56), a fissuração pode ter causa, principalmente, nas deficiências de projeto e execução, contração plástica,

assentamento do concreto / perda de aderência, movimentação de escoramentos e/ou fôrmas, retração e reações expansivas, corrosão das armaduras, recalques diferenciais, variação de temperatura e ações aplicadas.

2.2.2 Corrosão das armaduras

Gentil (2003, p. 201) diz que a corrosão pode ser entendida como “a deterioração de um material, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente, aliada ou não a esforços mecânicos”.

De acordo com Souza e Ripper (1998, p. 65), existe uma película ao redor de toda superfície externa das barras de aço formada pelo impedimento da dissolução do ferro pela elevada alcalinidade da solução aquosa existente, resultante da parcela do excesso da água presente no concreto, nos veios capilares do mesmo, chamada película passivante. Essa deterioração é caracterizada pela destruição da película citada acima.

Segundo Verçoza (1991, p.87), a corrosão do aço é caracterizada pela sua transformação em hidróxido de ferro, caracterizado como Fe(OH)_n , mais conhecido como ferrugem. A ferrugem é um material pulverulento ou escamado, muito fraco, o qual não possui nenhuma aderência ou coesão, sofre grandes aumentos de volume, chegando a aumentar em até dez vezes o volume da barra de aço que lhe originou. Esse aumento de volume proporciona o descolamento e até o arrebentamento da superfície de concreto.

Fernández Cánovas (1988, p.66) considera a corrosão sob dois aspectos: a corrosão química e a corrosão eletroquímica.

Na corrosão química, de acordo com Fernández Cánovas (1988, p.66), o aço reage de forma homogênea, abrangendo toda a sua superfície, não havendo geração de correntes elétricas, ou seja, ausência de reações de oxirredução.

Fernández Cánovas (1988) faz também um comparativo entre a corrosão química e eletroquímica.

Não existe uma fronteira fixa entre corrosão química e eletroquímica, mas assim como a corrosão química se estende a toda a superfície do aço, a eletroquímica costuma apresentar-se, em geral, localizada em pontos que

atuam como ânodos, embora logo se generalize. (FERNÁNDEZ CÁNOVAS, 1988, p.66).

Quanto à corrosão eletroquímica, Fernández Cánovas (1988, p.67) diz que a mesma costuma ser a grande causadora da deterioração nas armaduras do concreto, tanto se tratando do concreto armado como do protendido. Ainda explicita que a mesma apresenta-se quando existem heterogeneidades nas barras de aço, podendo ser provenientes das tensões à que se submetem, ao meio em que se encontram ou ainda à sua própria natureza.

De acordo com Verçoza (1991, p.91), a corrosão eletroquímica é um processo galvânico devido à formação de um circuito elétrico quando há diferença de potenciais elétricos. Quando existe uma d.d.p. (diferença de potencial) entre substâncias próximas, existe uma troca de elétrons pela busca de equilíbrio, havendo, assim, perfuração em um local e depósito de material em outro. Isso é favorecido através da presença de eletrólito, solução essa formada pela água presente no concreto e uma quantidade de cal dissolvida, proveniente do concreto. Esse fenômeno nem sempre ocorre devido ao fato do eletrólito se tornar óxido, onde ocorre a secagem da água e apenas mantém-se a existência da cal seca, fazendo, nesse momento, papel de isolante.

2.2.3 Carbonatação

Segundo Souza e Ripper (1998, p.74), a carbonatação é proveniente da ação dissolvente do gás carbônico presente na atmosfera sobre o cimento hidratado, formando o carbonato de cálcio e, conseqüentemente, obtém-se a redução do pH.

A reação é apresentada por Verçoza (1991, p.91): $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Essa reação se forma nas camadas mais externas no concreto.

Mehta e Monteiro (1994) explicam como funciona o processo químico, até chegar à corrosão.

Uma vez que os cimentos Portland hidratados contêm álcalis no fluido dos poros e aproximadamente 20 por cento do peso é constituído de hidróxido de cálcio sólido, normalmente há alcalinidade suficiente no sistema para manter o pH acima de 12. Em condições excepcionais (...), o pH do concreto na vizinhança do aço pode ser reduzido a menos de 11.5,

destruindo portanto a passividade do aço e armando o palco para o processo de corrosão (MEHTA E MONTEIRO, 1994, p. 170).

A carbonatação em si, se ficasse restrita a uma espessura inferior à da camada de cobrimento das armaduras, seria até benéfica para o concreto, pois aumentaria as duas resistências: químicas e mecânicas (SOUZA E RIPPER, 1998, p.75).

De acordo com Verçoza (1991, p. 91), a carbonatação pelo ar não costuma alcançar grandes profundidades em concretos de boa qualidade, atingindo camadas insignificantes até em concretos ao ar livre. Mas, quando o concreto é poroso pode atingir grandes profundidades, agravando o problema.

2.2.4 Lixiviação

Segundo Souza e Ripper (1998, p. 72), a lixiviação consiste na dissolução e arraste do Hidróxido de Cálcio existente na massa de cimento devido às águas presentes ou passantes pela estrutura.

A lixiviação do Hidróxido de Cálcio, com a conseqüente formação do Carbonato de Cálcio insolúvel, é responsável pelo aparecimento de eflorescência caracterizada por depósitos de cor branca na superfície de concreto (GENTIL, 2003, p. 204).

Ainda segundo Gentil (2003, p. 204), o depósito pode aparecer em forma de estalactites, e, quando o processo de lixiviação é acentuado, o concreto vai desenvolvendo uma porosidade, obtendo mais presença de Carbonato de Cálcio.

2.2.5 Recalque de fundações

O terreno a ser empregado para fundação, segundo Souza e Ripper (1998, p. 47), será sempre elemento integrante do conjunto responsável pela estabilidade da obra. Assim, é extremamente importante conhecer as suas características para existir a possibilidade de dimensionar o que será ali executado a partir de sua

capacidade de resistência aos esforços, suas deformações, entre outras informações em relação às suas características.

Segundo Souza e Ripper (1998, p. 49), as edificações estão sujeitas a ocorrência de deslocamentos verticais, tanto durante a obra quanto após a sua conclusão. Isso ocorre na busca de um equilíbrio entre os carregamentos e o solo.

De acordo com Fernández Cánovas (1988, p.226), um recalque nas fundações pode vir a provocar fissuras nas vigas ligadas ao pilar recalcado e aos pilares próximos, sendo a distância desses em relação às fissuras de aproximadamente um quinto do vão. Essas fissuras têm como característica maior abertura na parte superior do que na parte inferior da viga, tendo espessura variável.

Uma das possíveis causas, de acordo com Souza e Ripper (1998, p.49), é a má concepção dos projetos, principalmente devido aos erros de cálculo nas fundações, ocorrendo recalques diferenciais entre os vários apoios, conforme o também citado por Fernández Cánovas anteriormente.

Fernández Cánovas (1988, p.226) acrescenta que as deformações produzidas por recalques diferenciais, dependendo de sua dimensão, provocam danos não apenas em vigas, mas também em revestimentos.

2.2.6 Juntas de dilatação danificadas

De acordo com o Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2004, p. 116) as juntas de dilatação existem para atenuar os efeitos de temperatura e da retração hidráulica. As juntas permitem dividir o estrado em trechos isostáticos e também definir sistemas estruturais diferentes em um mesmo estrado. A classificação pode ser feita, a priori, em juntas abertas e juntas fechadas.

As juntas abertas permitem a passagem da água e dos detritos, são de utilização restrita, e não são uma boa solução visto que apressam a deterioração de elementos da infraestrutura (BRASIL, 2004, p. 116).

As juntas fechadas são projetadas para impedir que sejam atravessadas por água ou detritos. Há grande número de juntas fechadas, produzidas por diversos fabricantes. Este grande número se deve ao alto custo das juntas, à sua reduzida

vida útil e ao seu nem sempre bom funcionamento, ocasionado necessidade de trocas periódicas (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2004, p. 117).

De acordo com Souza e Ripper (1998, p. 48), a ausência ou má utilização das juntas costumam trazer problemas, normalmente devido ao comportamento reológico do concreto.

Verçoza (1991, p. 104) compartilha da opinião que normalmente esses problemas são provenientes da má utilização e do dimensionamento mal realizado, o qual deveria ser dividido em duas etapas: a primeira prevendo a retração hidráulica, realizando o dimensionamento entre as juntas, e a segunda prevendo a variação térmica, realizando o dimensionamento da largura da junta.

De acordo com Verçoza (1991, p. 105), a retração hidráulica passa a ser praticamente desprezível após quatro meses, além de originar apenas esforços de tração, apenas retraindo. Já a variação térmica acaba produzindo esforços de tração e compressão, de acordo com a temperatura, acompanhando toda a vida do concreto, mostrando a importância da adoção de tal largura para que não ocorra esmagamento das bordas.

2.2.7 Anomalias no aparelho de apoio

As anomalias nos aparelhos de apoio, de acordo com Pfeil (1983, p. 224), prejudicam os movimentos das vigas sob o efeito de variação térmica, podendo originar elevadas tensões. Essas anomalias variam de acordo com o tipo de apoio empregado, citando aqui, quatro delas: apoios fixos do chumbo, rótulas de concreto, apoios metálicos e apoios de neoprene.

Os apoios fixos de chumbo, segundo Pfeil (1983, p. 224), foram usados durante muitos anos, mas acabaram em desuso porque, a partir de pequenos movimentos de rotação da viga, ocorre um efeito de laminação progressiva que expulsa o chumbo, permitindo que a viga se apóie, com o tempo, diretamente sobre o pilar ou encontro.

As rótulas de concreto são adequadas a vigas de concreto com pequenos ângulos de rotação, raramente apresentando anomalias.

Quanto aos apoios metálicos e de neoprene, Pfeil (1983, p. 227) diz que o primeiro tem como grande incidência a existência de uma folga entre a viga e o apoio, permitindo a produção de danos quando há passagem de veículos sobre a obra de arte especial, causando uma batida da viga sobre o apoio. Já no segundo, ocorre deterioração do apoio devido às misturas feitas na borracha sintética, deixando-a mais suscetível a deterioração. Outra anomalia acontece de acordo com a posição do aparelho, através de excentricidades, havendo necessidade de fazer até a realocação do aparelho.

2.3 METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

Abaixo serão abordados alguns métodos de inspeção e avaliação de obras de arte.

2.3.1 *Bridge Inspector's Reference Manual (BIRM)*

O BIRM é uma publicação da *Federal Highway Administration* (FHWA) dos Estados Unidos.

Com relação aos inspetores das obras de arte, é exigido que os mesmos sejam Engenheiros, ou tenham mais de 10 (dez) anos de experiência em vistoria de pontes e viadutos, e tenham efetuado e sido aprovados no treinamento de inspeção de pontes e viadutos ministrado pela FHWA.

Esta metodologia de inspeção está baseada na elaboração dos seguintes itens: revisão de projetos, fotos do local, pareceres, análise estrutural, recomendações e custo estimado para realizá-las e formulário de inspeção.

O formulário a ser utilizado é padronizado pelo FHWA (*Form D-450B*) e contém campos para preenchimento com informações sobre a situação da obra de arte. Deve também ser apresentado um breve parecer das partes e subpartes da estrutura. Esse parecer é apenas qualitativo e pouco detalhado, como por exemplo,

ótima condição, poucos anos de uso, rachaduras na superfície, foi reformado recentemente.

A última etapa consiste em informar as necessidades de manutenção da obra inspecionada. Existe uma tabela no formulário, contendo todos os itens constituintes da obra de arte, onde devem ser preenchidos os campos com a localização da patologia (ex.: cabeceira direita, cabeceira esquerda, em qual vão se encontram), a quantidade de vezes que esta mesma situação se repete no local indicado e o código de prioridade. Este código atribui valores às situações apresentadas de acordo a necessidade de solucioná-las.

Após a atribuição dos códigos a cada elemento inspecionado, as notas são somadas para apresentar uma conclusão geral sobre a situação da obra de arte.

2.3.2 Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (DNIT)

O Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias foi elaborado e publicado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) em 2004, e segue as orientações da norma americana, o BIRM, já relatado anteriormente.

Este manual está restrito às pontes rodoviárias de alvenaria de pedra, de concreto armado, de concreto protendido e de aço, não abrangendo pontes especiais como pontes flutuantes, pontes móveis, pontes pênses, pontes estaiadas e pontes de mais de duzentos metros de vão.

No manual são estabelecidos cinco tipos de inspeção:

a) Inspeção Cadastral

Primeira inspeção da obra, feita imediatamente após a sua construção. Deve ser feita também quando há grande alteração no sistema estrutural da ponte.

b) Inspeção Rotineira

Inspeções programadas, geralmente a cada um ou dois anos, com objetivo de identificar qualquer diferença em relação à Inspeção Cadastral ou à Inspeção Rotineira anterior.

As inspeções rotineiras são visuais e só utilizarão equipamentos especiais quando estes forem a única forma de inspecionar o trecho desejado. É constituída da Ficha de Inspeção Rotineira preenchida e de documentário fotográfico.

c) Inspeção Especial

Deverá ser efetuada em obras consideradas excepcionais, pelo porte, sistema estrutural ou comportamento problemático, em intervalos máximos de cinco anos.

d) Inspeção Extraordinária

Inspeções não programadas, realizadas quando ocorrem danos estruturais repentinos causados pelo homem ou pelo meio ambiente. Nesse tipo de inspeção pode ser necessário limitar as cargas de tráfego ou até mesmo interrompê-lo.

e) Inspeção Intermediária

Esta inspeção é indicada para monitorar uma anormalidade já detectada ou suspeitada, como, por exemplo, um pequeno recalque na fundação.

2.4 SETORES ESPECIAIS CONECTORES

Segundo o Capítulo III, artigo 19 da Lei Municipal nº 9.800 de Janeiro de 2000 os Setores Especiais Conectores “caracterizam-se por eixos de ocupação mista, de média densidade habitacional, fazendo a conexão entre o Setor Especial Estrutural e a Cidade Industrial de Curitiba”.

2.4.1 Histórico

Na década de 1940 devido ao crescimento populacional acelerado e desordenado da cidade de Curitiba, o governo municipal solicitou ao arquiteto francês Alfred Agache um plano urbanístico de uso e ocupação do solo para a Cidade. Agache elaborou um plano urbanístico visando organizar a cidade, este plano era baseado na polarização da cidade, foram criados, por exemplo, um pólo militar no bairro do Bacacheri, um pólo industrial no bairro do Rebouças, entre outros, estes pólos foram ligados através de vias perimetrais e radiais a partir do centro da cidade.

Entre as décadas de 1940 e 1960, segundo Hladczuk et al. (2000), a população de Curitiba passou de 140 mil para 350 mil habitantes, e o Plano Agache ficou defasado frente ao crescimento da população.

No início da década de 1960 a mudança da estrutura da cidade ficou latente, culminando em 1966 com a aprovação do Plano Diretor de Curitiba, que nunca foi completamente posto em prática, porém alterou profundamente a estrutura da cidade, passando da concepção perimetral a partir do centro, para eixos estruturais lineares em sentidos Norte, Sul, Leste, Oeste.

Em 1971 foi implantado o Modelo de Desenvolvimento que era baseado no Plano Diretor. O Modelo de Desenvolvimento manteve os eixos estruturais linearizados previstos no plano diretor, e adotou uma postura voltada ao transporte coletivo, com a criação do sistema trinário, onde uma via é de uso exclusivo do transporte público coletivo. Outro problema oriundo do Plano Agache, foi a região do Rebouças prevista como centro industrial. Na década de 1970, no bairro do Rebouças havia escassos terrenos disponíveis para a instalação de novas indústrias e graças à especulação imobiliária tornaram-se muito caros, esse problema foi solucionado em 1973 com a criação do Distrito Industrial, chamado CIC, Cidade Industrial de Curitiba. Para isso, houve uma mudança na estrutura da cidade para atender às necessidades dessa nova região industrial, além de incentivos fiscais para a fixação dos parques industriais na região, o sistema viário da cidade recebeu um conjunto de vias de conexão direta e rápida de pontos centrais da cidade até a Cidade Industrial, denominadas Conectoras.

2.4.2 Conectoras

Conectoras são vias de acesso rápido entre a o eixo estrutural e a Cidade Industrial de Curitiba. A Conectora 1 (Ruas Valdomiro de Macedo e José Rodrigues Pinheiro), Conectora 2 (Ruas Professor Algacyr Munhoz Mader e Senador Accioly Filho), Conectora 3 (Ruas Raul Pompéia e Carlos Klemtz) e Conectora 4 (Ruas Luiz Tramontin e Theodoro Locker) se estendem do Eixo Sul, até o CIC, e a Conectora 5 (Ruas Professor Pedro Viriato Parigot de Souza e Monsenhor Ivo Zanlorenzi) se estende do Eixo Oeste até o CIC, como ilustrado na Figura 2.

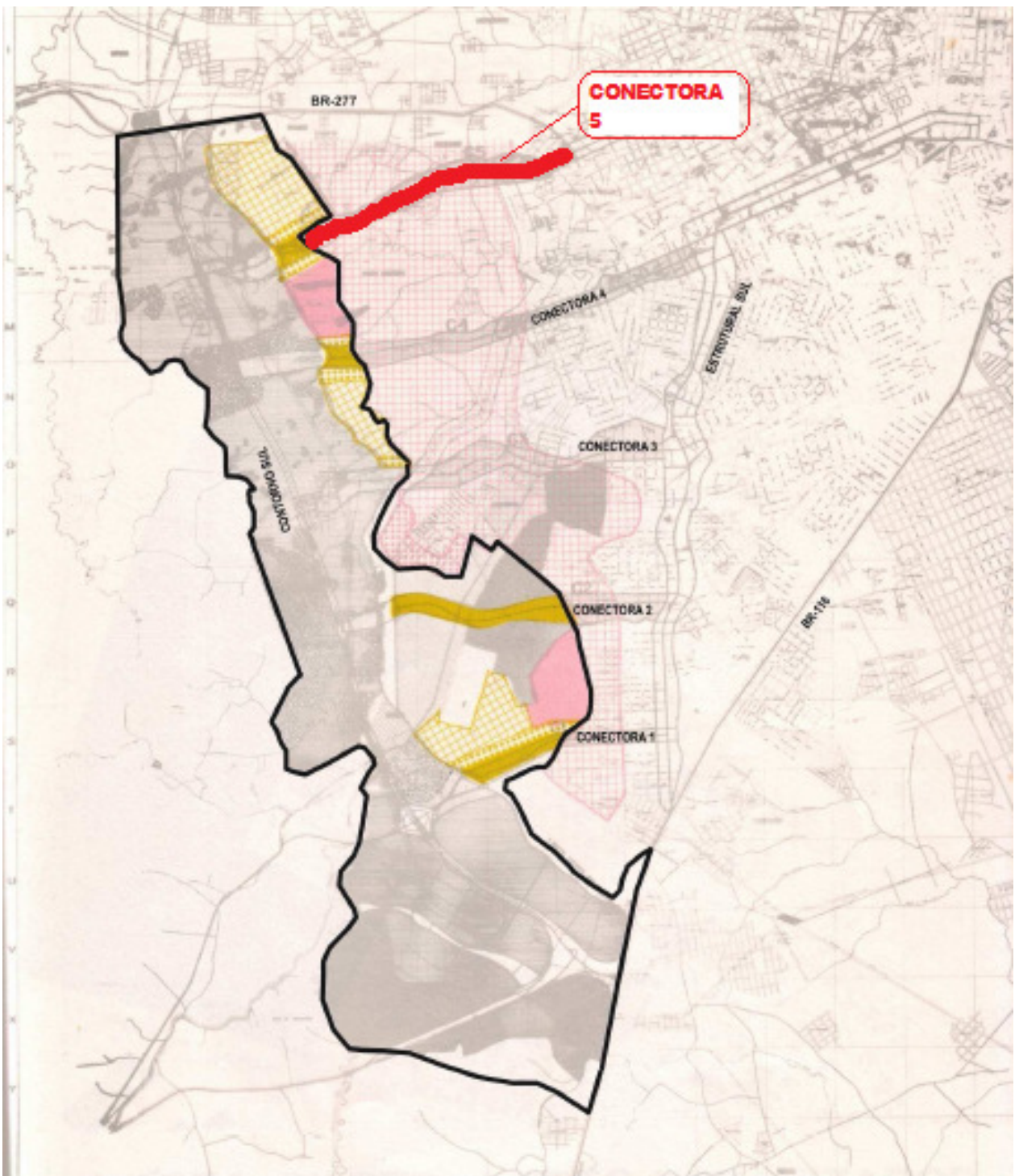


Figura 2 – Setores especiais conectores.
Fonte: IPPUC (1975d) apud POLUCHA (2010, p.77)

2.4.3 Conectora 5

A Conectora 5 situa-se no “prolongamento das ruas Martim Afonso, Padre Anchieta e Padre Agostinho, iniciando-se no cruzamento destas com a Rua General Mario Tourinho na Campina do Siqueira. Desenvolvendo-se, no sentido leste/oeste até a divisa da Cidade Industrial e do Campo Comprido”, é constituída por três vias, via norte, via central e via sul (POLUCHA, 2010).

A via norte, é denominada Rua Professor Pedro Viriato Parigot de Souza, o prolongamento da Rua Padre Agostinho, com cerca de 4 km de extensão, paralela a via central. É composta por quatro pistas todas em mesmo sentido de tráfego centro-bairro (Leste-Oeste), destinadas ao acesso entre extremos da cidade.

A via sul, é denominada Rua Monsenhor Ivo Zanlorenzi, o prolongamento da Rua Martin Afonso, possui cerca de 4 km de extensão, paralela a via central, composta por quatro pistas todas em mesmo sentido de tráfego bairro-centro (Oeste-Leste), destinadas também ao acesso entre extremos da cidade.

A via central, denominada Rua Dep. Heitor Alencar Furtado, prolonga a Rua Pe. Anchieta. Com pouco mais de 4 km de extensão, é composta por quatro vias. Duas centrais destinadas ao uso de transporte coletivo, cada uma em um sentido, uma via marginal norte, sentido Leste-Oeste, para uso de veículos comuns em sentido centro-bairro e uma via marginal sul, Oeste-Leste em sentido bairro-centro.

Como a via central é composta por quatro vias distintas, separadas por canteiros devido ao transporte coletivo, nos locais onde há cruzamento com as ruas perpendiculares foram construídos viadutos para facilitar o tráfego e evitar paradas dos ônibus. Ao longo do trecho existem 8 viadutos e 1 ponte. Os viadutos estão localizados da seguinte forma, seguindo o sentido centro-bairro:

- a) Rua Major Heitor Guimarães
- b) Rua Paulo Gorski
- c) Rua Geraldo Lipka
- d) Rua Luiz Mazzeto Baggio
- e) Rua Doutor Basílio Vicente de Castro
- f) Rua Oscar Borges de Macedo Ribas
- g) Rua João Falarz
- h) Rua Padre Paulo Warkocz

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo estão descritas as atividades realizadas para atingir o objetivo proposto.

3.1 REVISÃO DOCUMENTAL

A primeira parte da metodologia desta pesquisa consiste em uma revisão teórica da Conectora 5, conhecendo o histórico e a razão pela qual este tipo de composição foi incluída no planejamento urbano de Curitiba.

Complementando a revisão documental, foram analisados os projetos de todas as estruturas em questão, com o objetivo de conhecer as obras através dos projetos, antes de partir para o campo. Com esta base conceitual, aliada ao conhecimento das normas de projeto, foi possível comparar se o executado é mesmo o proposto em projeto. Os projetos foram fornecidos pelo próprio projetista.

3.2 INSPEÇÃO PRELIMINAR

Na primeira visita realizada nas estruturas, foi feita uma inspeção visual. Para realização dessa inspeção foram considerados os métodos BIRM e o Manual de Inspeção de Pontes do DNIT.

Os métodos citados estabelecem alguns critérios para sua aplicação, e, levando-se em conta algumas limitações do trabalho, não se pode utilizá-los de forma integral. Desta forma a opção mais viável foi a elaboração de uma ficha de inspeção própria para o estudo de caso.

Esta ficha avalia a obra de arte especial através de pontuação que considera os tipos de patologia e o grau de incidência na estrutura.

Com as informações colhidas nesta inspeção pode-se definir quais ensaios deveriam ser utilizados para realização de uma inspeção técnica.

Neste momento também se verificou a facilidade de acesso às obras de arte em estudo e se seria possível analisar todas as estruturas da via central da Conectora 5.

3.3 INSPEÇÃO TÉCNICA

Antes de partir para a realização dos ensaios, foi necessário escolher quais seriam realizados tendo em vista as manifestações patológicas já detectadas na inspeção preliminar.

Independente dos resultados obtidos na inspeção visual, ensaios de esclerometria seriam realizados devido à possibilidade de comparação dos dados obtidos com os estabelecidos no projeto, além de fornecerem uma visão ampla da situação de cada estrutura.

O ensaio de esclerometria deve ser realizado com base na ABNT NBR 7584, de março de 1995, onde são relatadas as recomendações a serem adotadas como procedimento de ensaio.

3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DESENVOLVIMENTO DO MAPEAMENTO

Com as informações coletadas nas inspeções foi possível analisar os resultados e a partir deles mapear quais são as patologias existentes em cada uma das obras de arte estudadas e em que ponto da estrutura estão localizadas.

Por meio de mapeamento as informações das patologias foram organizadas, determinando, para as obras estudadas, quais as manifestações típicas.

Uma vez que os viadutos foram construídos na mesma época e utilizaram os mesmos materiais, é viável realizar uma comparação entre as patologias mapeadas em cada um deles.

3.5 ORGANIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DAS OBRAS INSPECIONADAS

Com base nas informações reunidas nas etapas anteriores, revisão dos projetos, inspeção visual, realização de ensaios e análise dos resultados, foi possível ter uma visão macro das condições das obras de arte especiais contidas na via central da Conectora 5, e pode-se aplicar os conhecimentos em outras obras de arte viárias com o mesmo padrão.

Com o auxílio da ficha de inspeção elaborada anteriormente, preenchida no momento da inspeção preliminar e com base nos resultados obtidos nos ensaios realizados *in loco*, as estruturas foram classificadas de acordo com as patologias encontradas.

4 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo estão descritos os detalhes de cada inspeção em cada uma das obras de arte, bem como os resultados encontrados.

4.1 PROCEDIMENTOS ADOTADOS

O presente trabalho foi elaborado com base nos procedimentos indicados nas normas citadas anteriormente, porém utilizou uma ficha de inspeção desenvolvida pelas autoras para facilitar a metodologia de inspeção.

A ficha consiste no cruzamento de informações entre os tipos de patologia, sua localização na estrutura e com qual intensidade está patologia aparece. Com relação à intensidade, foi estabelecida uma escala que vai de 0 a 4, sendo 0 a não incidência de patologia e 4 uma situação em que a estrutura está tomada pelo tipo de patologia marcado. Utilizando os critérios estabelecidos, a pontuação máxima que uma OAE poderia atingir seria 1.152. Considerando que quanto menor a pontuação, melhor as condições da obra estudada.

Para preenchimento da ficha, serão atribuídos pesos de acordo com a situação da estrutura. Haverá uma relação entre as manifestações patológicas e cada elemento da mesma, indicando a presença ou não de determinada patologia bem como seu grau de incidência. As fichas de inspeção preenchidas para cada obra de arte encontram-se no Anexo A.

Para aplicação dos procedimentos metodológicos estabelecidos, iniciamos com uma vistoria preliminar, na qual foram observadas as características gerais e morfológicas das OAE's e as condições de acesso. Nesta vistoria, foram constatadas algumas limitações do trabalho.

As duas primeiras obras não serão analisadas devido a algumas dificuldades. Na primeira OAE, um viaduto, houve problema de acesso devido à vegetação densa, taludes muito inclinados e tráfego intenso de ônibus biarticulados, sendo que a pista não possui passeio.

O estudo da segunda OAE foi descartado pela impossibilidade de vistoria e, por ela ser a única ponte do trecho, seus dados não apresentam relevância estatística. Além disso, essas duas estruturas estão localizadas em uma área marginalizada, com alta incidência de criminalidade.

Nas inspeções técnicas, foram realizados os ensaios de esclerometria, conforme citado anteriormente.

Para realização do ensaio esclerométrico foram utilizados 16 pontos com espaçamento de 4 centímetros entre eles. Os pontos escolhidos foram preferencialmente fundo de laje, viga longarina e cortina. Quando possível, o ensaio também foi aplicado nos pilares e demais elementos estruturais. As informações obtidas nos ensaios constam no ANEXO B.

Considerando os dados obtidos foi realizado um mapeamento de cada OAE, citando as manifestações encontradas e onde estão localizadas na estrutura.

Finalmente, foi feita uma comparação dos resultados obtidos nos ensaios e, a partir da qualificação atribuída pela ficha de inspeção, os viadutos foram classificados de acordo com a pontuação obtida.

Na Figura 3 abaixo está uma visão aérea da Conectora 5 com todas as suas obras de arte sinalizadas.



Figura 3 – Visão aérea da Conectora 5
Fonte: Google Earth 2011

4.2 OBJETOS DE ESTUDO

Abaixo estão listados os objetos de estudo deste projeto, com suas características, dimensões e resultados dos ensaios.

4.2.1 3ª OAE – Rua Paulo Gorski

A terceira obra de arte especial da via central da Conectora 5 trata-se de um viaduto, localizado no cruzamento das Ruas Paulo Gorski (superior) e Rua Deputado Heitor Alencar Furtado (inferior).

O fluxo de automóveis comuns passa sobre o tabuleiro da estrutura com uma pista sentido Norte-Sul e outra sentido Sul-Norte, possui passeio em ambos os lados do tabuleiro e guarda-corpo metálico, Figura 4.

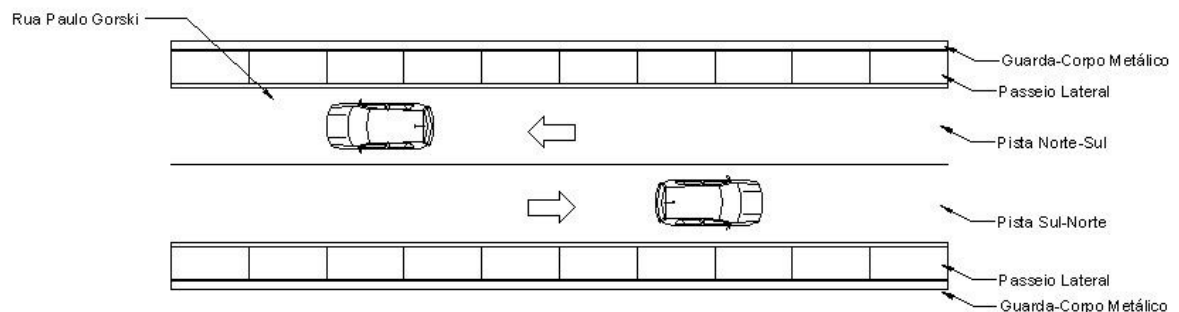


Figura 4 - Tabuleiro 3ª OAE

A canaleta do expresso passa sob o viaduto com duas pistas exclusivas para transporte público coletivo, uma delas em sentido Leste-Oeste e outra em sentido Oeste-Leste.

4.2.1.1 Dados estabelecidos em projeto

a) Tabuleiro: 20m x 23,16m

O tabuleiro possui largura total de 20m, sendo composta por duas muretas nas extremidades de 0,15m cada uma, passeios de 1,85 de cada lado, meio-fio de ambos os lados de 0,20m cada e um total de pista de rolamento de 15,6m. Já de comprimento a obra de arte especial possui 23,16m de extensão. Possui também guarda-corpo metálico de 0,78m de altura, ficando localizado sobre a mureta, ainda mais 0,20m ancorados dentro da mesma, totalizando 0,98m.

Na pista que passa sob o tabuleiro, Rua Heitor Alencar Furtado, possui 8m de largura, onde 0,5m em cada extremidade são canais de drenagem e os 7m restantes são de pista de rolamento.

b) Vigas

Essa OAE é composta por duas vigas longarinas com seção transversal de 0,15 x 1,22m, quatro vigas longarinas com seção transversal de 0,40 x 1,10 e seis vigas longarinas de seção 0,35 x 0,90m, contando a partir das extremidades até o centro do tabuleiro. No sentido transversal, possui duas vigas de rigidez com seção transversal de 0,30 x 1,10m nas extremidades, sofrendo um estreitamento de seção no vão central, onde possui 0,30 x 0,90m e duas vigas transversinas localizadas mais ao centro do tabuleiro com as mesmas características das vigas de rigidez.

c) Laje

Quanto às lajes, possui uma laje superior com espessura de 0,18m e uma inferior com espessura total de 0,12m. O tabuleiro possui pista asfáltica.

d) Altura do gabarito

No eixo central, a OAE possui altura de 4,81m.

e) Resistência a compressão característica de projeto

A resistência ao concreto recomendada no projeto desta obra de arte especial é de 24 MPa.

4.2.1.2 Resultado das inspeções

A inspeção seguiu a sequência estipulada na Figura 5 a seguir.



Figura 5 - 3ª OAE Rua Paulo Gorski
Fonte: Google Earth 2011

As manifestações patológicas encontradas no viaduto da Rua Paulo Gorski estão relacionadas no Quadro 2.

Patologia	Simbologia	Elemento	Local
Fissura	F	Cabeceira	Ponto 1-4 e Ponto 2-3
		Cortina	Ponto 8
Carbonatação	CA	Fundo de laje	Todo
		Cortina	Ponto 5-6 e Ponto 7-8
Corrosão	CO	Passeio	Todo
		Ala	Ponto 2 e 3
		Guarda-Corpo	Todo
Danos de colisão	DC	Guarda-Corpo	Ponto 1
Armadura exposta	AE	Passeio	Todo
		Ala	Ponto 2 e 3
Deslocamento do concreto	D	Laje em Balanço	Ponto 3-4
Lixiviação	L	Passeio	Todo
Percolação	P	Laje em Balanço	Ponto 1-2 e Ponto 3-4
		Cortina	Ponto 6 e Ponto 7-8
Obs.: Ausência de guarda-corpo na pista lateral de acesso, existência de algumas placas do passeio soltas provocando entrada de água e acúmulo da mesma no interior da estrutura, causando fissura ao longo da laje.			

Quadro 2 – Manifestações patológicas encontradas no viaduto da Rua Paulo Gorski

A partir do quadro, elaborou-se o mapeamento das manifestações patológicas na estrutura. A simbologia utilizada foi apresentada no quadro acima. Este mapeamento está representado nas Figuras 6, 7 e 8.

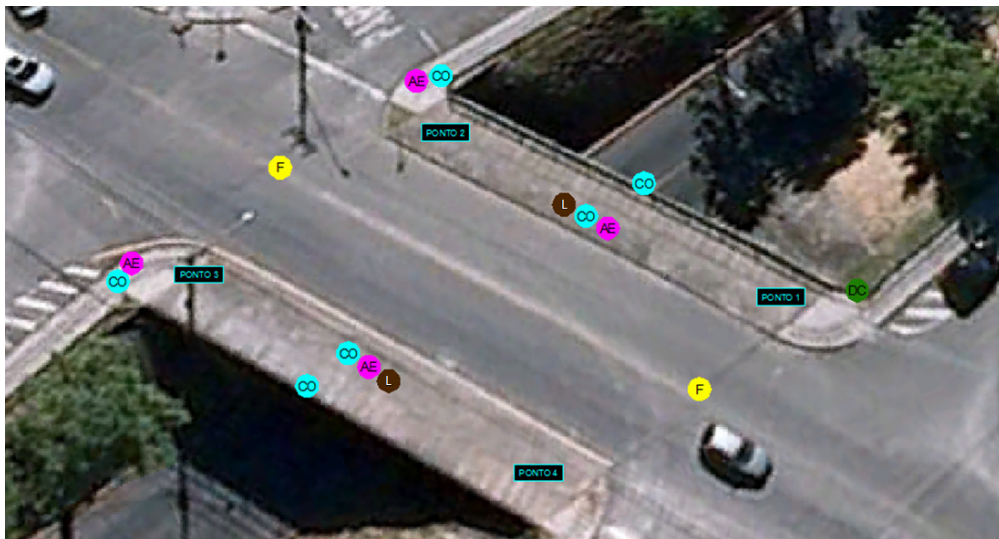


Figura 6 – Mapeamento Rua Paulo Gorski – Tabuleiro

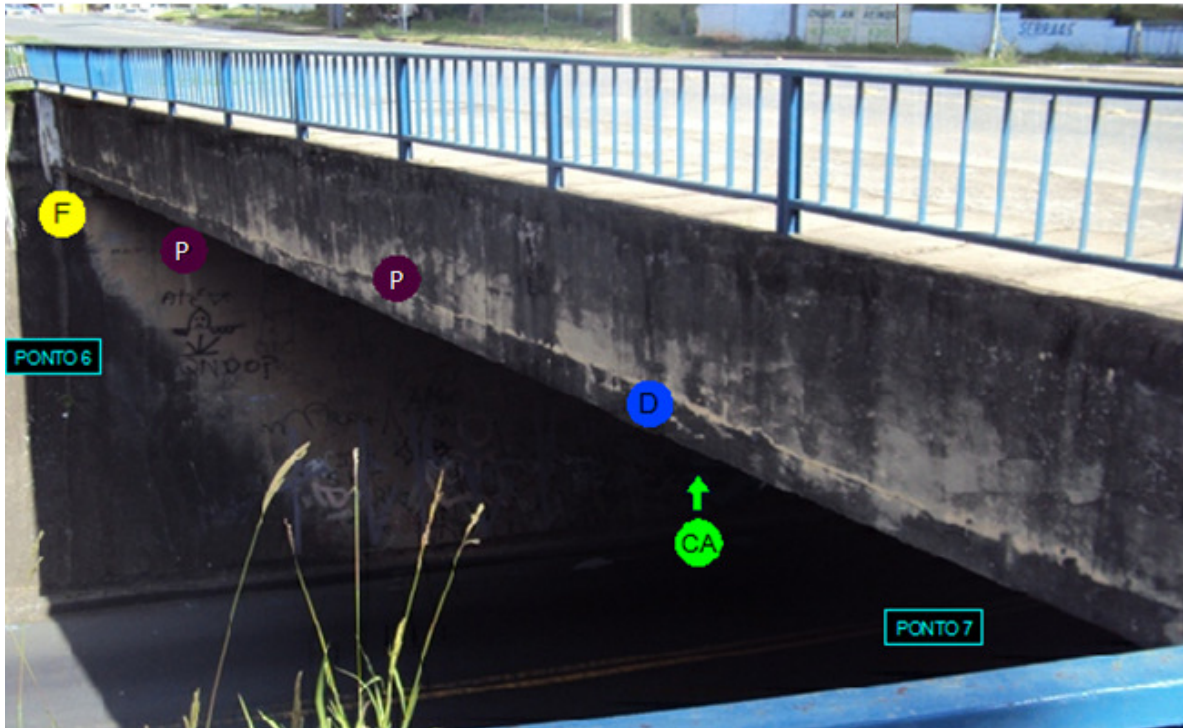


Figura 7 – Mapeamento Rua Paulo Gorski – Sentido Ecoville



Figura 8 – Mapeamento Rua Paulo Gorski – Sentido Centro

Para ilustrar as patologias citadas acima, serão apresentadas algumas imagens. Na Figura 9 temos a fissura na cabeceira, situação que se repete nos dois lados do viaduto.



Figura 9 – Fissura na cabeceira da pista (ponto 1-4)

No fundo da laje foram observadas manchas de carbonatação, Figura 10.



Figura 10 – Carbonatação no fundo de laje (toda estrutura)

A Figura 11 apresenta uma deformação no guarda corpo, devido a alguma colisão ocorrida.



Figura 11 – Dano por colisão no guarda corpo (ponto 1)

Na Figura 12 percebe-se armaduras expostas na ala, no encontro com o passeio da rua.



Figura 12 – Armadura exposta na ala (ponto 2)

Todo o guarda corpo das duas laterais da obra apresenta leve corrosão, como indicado na Figura 13.



Figura 13 – Corrosão no guarda corpo (todo)

Nas placas cimentícias que compõem o passeio verificou-se lixiviação do material, chegando a expor as armaduras, Figura 14.



Figura 14 – Lixiviação nas placas do passeio (todo)

A Figura 15 mostra a percolação de água na cortina do viaduto.



Figura 15 – Percolação de água na cortina (pontos 7-8)

A percolação de água na laje em balanço chegou a causar deslocamento do concreto, Figura 16.



Figura 16 – Deslocamento do concreto na laje em balanço (entre os pontos 3-4)

Nesta obra de arte especial verificou-se uma forte percolação na viga de rigidez resultante de infiltração de água devido a placas quebradas no passeio. Este defeito nas placas deixa aberturas que permitem a entrada de água livremente e essa água fica acumulada na viga caixão, causando a percolação para a viga de rigidez. Essa situação poderia ser facilmente corrigida com uma manutenção simples no passeio, trocando as placas danificadas.

Outro ponto em destaque foram as armaduras das alas. Elas estão expostas nos dois cantos da estrutura devido à emenda do passeio da rua com o passeio do viaduto. Percebe-se que o passeio da rua foi construído depois que a ponte já existia, e por isso foi necessário quebrar parte da ala para igualar o nível dos passeios. Com isso, a armadura ficou exposta e não foi feito nenhum acabamento para protegê-la.

O viaduto da Rua Paulo Gorski apresentou resultado de 36,5 MPa no ensaio de esclerometria, sendo que o previsto em projeto era 24 MPa.

4.2.2 4ª OAE – Rua Geraldo Lipka

A quarta obra de arte especial da via central da Conectora 5 trata-se de um viaduto. Localiza-se no cruzamento das Ruas Geraldo Lipka (superior) e Rua Deputado Heitor Alencar Furtado (inferior).

Os automóveis comuns passam sobre o tabuleiro da estrutura. Conta com uma pista em sentido Norte-Sul e uma em sentido Sul-Norte, existe passeio em ambos os lados com guarda-corpo metálico, Figura 17.

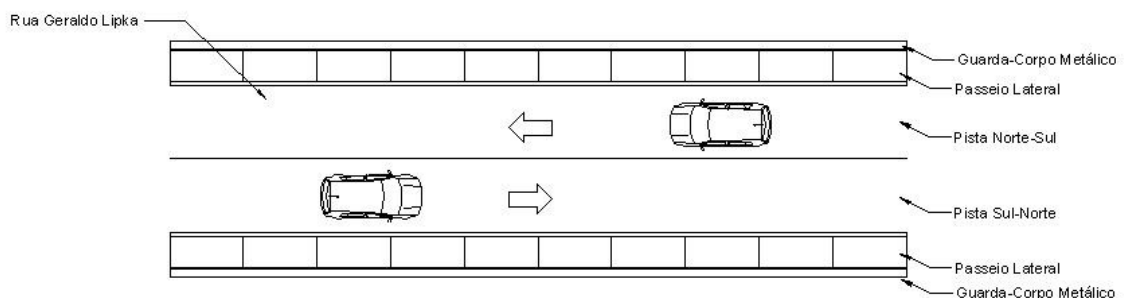


Figura 17 - Tabuleiro 4ª OAE

A via do expresso passa sob o viaduto com duas pistas exclusivas para uso de transporte público coletivo, uma delas em sentido Leste-Oeste e outra em sentido Oeste-Leste.

4.2.2.1 Dados estabelecidos em projeto

a) Tabuleiro: 16m x 29m

A OAE possui tabuleiro com largura total de 16m, possuindo duas muretas de 0,20m cada, 2 passeios com 1,80m cada e meio-fio dos dois lados da pista de 0,20m cada. No sentido longitudinal possui extensão máxima de 29m. Seu guarda-corpo é metálico e possui altura de 0,78m sobre a mureta, possuindo 0,20m ancorados dentro da mesma, totalizando 0,98m.

A pista sob o tabuleiro possui 19m, onde, partindo de um lado a outro, 0,50m são canal de drenagem, também uma pista de rolamento de veículos de 7m, um canteiro central de 1,5 m, uma pista para transporte coletivo de 7m e um passeio de 2,5m.

b) Vigas

No sentido longitudinal, há duas vigas caixão retangulares com base 3,5m e altura de 1,5m, cada uma composta por duas longarinas. Nas extremidades, possui duas vigas cortinas com seção transversal de 0,30 x 1,55m e ao centro possui duas vigas transversinas com seção transversal de 0,30 x 1,55m.

c) Pilares

Ao todo são quatro pilares, sendo dois com diâmetro de 0,90m, possuindo base alargada de 2,70m de diâmetro, um com 7,30m de altura e o outro com 9,40m de altura. Os outros dois possuem diâmetro de 0,90m, possuindo base alargada de 2,60m de diâmetro, um com 7,30m de altura e o último com 6,20m.

Todos os pilares fazem uso de aparelho de apoio de neoprene com 0,45m de diâmetro.

d) Laje

Possui lajes superiores em balanço com 2m de largura. O tabuleiro possui pista asfáltica.

e) *Altura do gabarito*

A altura no vão central é de 4,75m.

f) *Resistência a compressão característica de projeto*

A resistência do concreto recomendada no projeto é de 25 MPa.

4.2.2.2 Resultado das Inspeções

A inspeção seguiu a sequência estipulada na Figura 18:



Figura 18 - 4ª OAE Rua Geraldo Lipka
Fonte: Google Earth 2011

As patologias encontradas estão relacionadas no Quadro 3.

Patologia	Simbologia	Elemento	Local
Fissura	F	Cabeceira	Ponto 1-4 e Ponto 2-3
Carbonatação	CA	Laje	Ponto 5-8 e Ponto 6-7
		Viga caixão	Todo
		Cortina	Ponto 5-6 e Ponto 7-8
Corrosão	CO	Ala	Ponto 5
		Guarda-Corpo	Todo
Recalque	R	Pista	Ponto 1-4
Vazios de concretagem	VC	Ala	Ponto 7
		Cortina	Ponto 8
Danos de colisão	DC	Ala	Ponto 3
Armadura exposta	AE	Ala	Ponto 5
Infiltração	I	Drenos	Todos
		Viga caixão	Ponto 5-8 e Ponto 6-7
Lixiviação	L	Passeio	Todo
		Laje de proteção talude	Ponto 5-6 e Ponto 7-8
Percolação	P	Laje em Balanço	Ponto 1-2 e Ponto 3-4
Obs.: Desnível no encontro entre pista e tabuleiro bem significativo. Drenos extremamente danificados. Asfalto da pista sob o viaduto indica sinais de reaparelamento por diversas vezes, devido a percolação causada pelos drenos. Existência de fiação saindo por um dos drenos.			

Quadro 3 – Manifestações patológicas encontradas no viaduto da Rua Geraldo Lipka

A partir do quadro, elaborou-se o mapeamento das manifestações patológicas na estrutura. A simbologia utilizada foi apresentada no quadro acima. Este mapeamento está representado nas Figuras 19, 20, 21, 22 e 23.



Figura 19 – Mapeamento Rua Geraldo Lipka – Sentido Centro



Figura 20 – Mapeamento Rua Geraldo Lipka – Sentido Ecoville

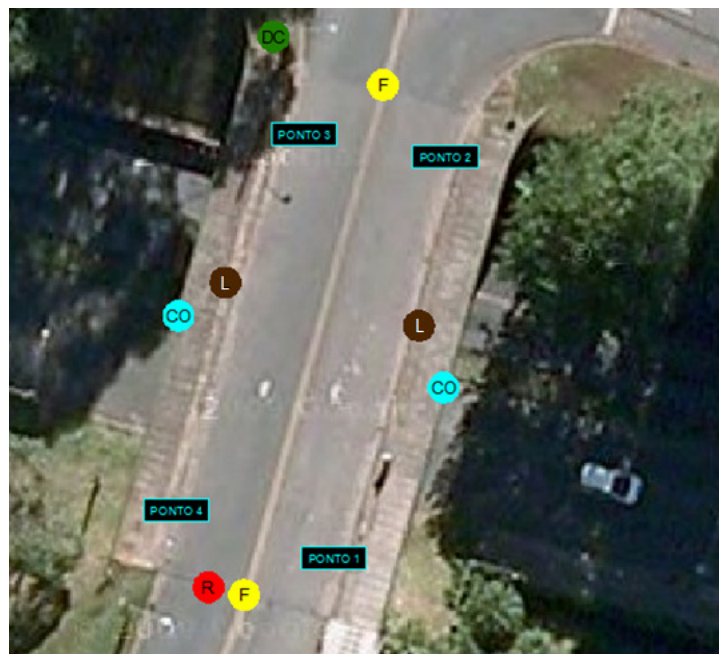


Figura 21 – Mapeamento Rua Geraldo Lipka - Tabuleiro



Figura 22 – Mapeamento Rua Geraldo Lipka – Vista inferior face sul

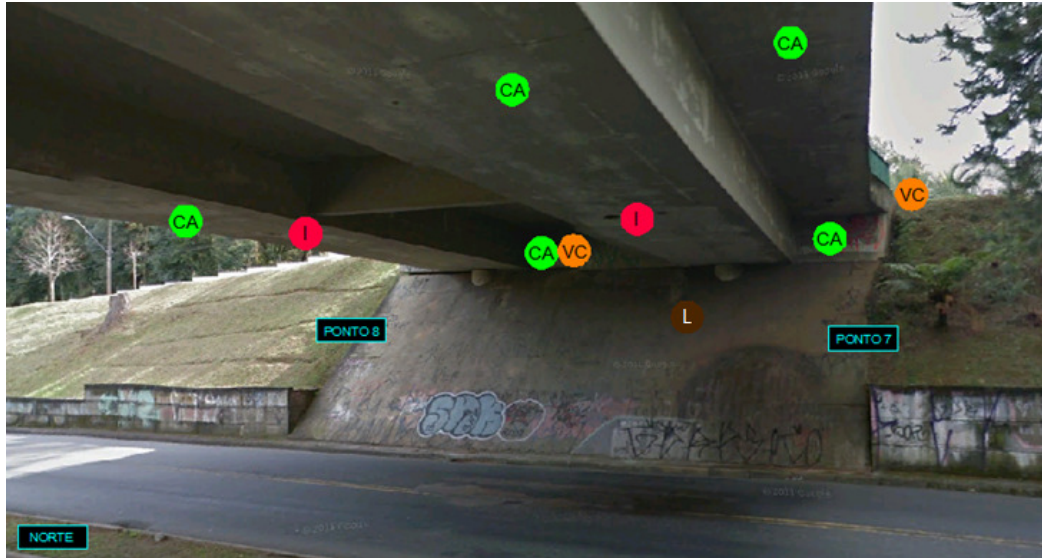


Figura 23 – Mapeamento Rua Geraldo Lipka – Vista inferior face norte

As imagens abaixo ilustram as patologias supracitadas. Na Figura 24 identifica-se a fissura presente na cabeceira da pista nos dois lados do viaduto.



Figura 24 – Fissura na cabeceira da pista (ponto 2-3)

Manchas de carbonatação aparecem em toda a estrutura do viaduto, viga caixão, fundo de laje e laje em balanço, como mostrado na Figura 25.



Figura 25 – Carbonatação no fundo de laje, vigas caixões e laje em balanço (todo)

A fissura na cabeceira da pista cresceu de tal forma que ocasionou em um recalque significativo entre rua e viaduto, Figura 26.



Figura 26 – Recalque na pista (ponto 1-4)

A Figura 27 ilustra os ninhos de concretagem localizados na ala.



Figura 27 – Ninho de concretagem na ala (ponto 7)

O viaduto da Rua Geraldo Lipka apresentou grande incidência de drenos danificados, como exemplificado na Figura 28.



Figura 28 – Drenos danificados (todos os drenos apresentam danos)

Na Figura 29 pode-se ver uma soldagem feita no guarda corpo com o intuito de corrigir um dano causado por colisão. Percebe-se também que parte do concreto foi destruído nesta colisão.



Figura 29 – Dano de colisão no guarda corpo (ponto 3)

O dano nos drenos, já mencionado, faz com que água seja despejada constantemente sobre a laje de contenção do talude, propiciando a criação de limo, Figura 30.



Figura 30 – Percolação de água na laje de proteção de talude (ponto 2)

A Figura 31 mostra a percolação de água na laje em balanço.



Figura 31 – Percolação na laje em balanço (ponto 1-2)

No viaduto da Rua Geraldo Lipka, o mais relevante foram os drenos danificados. Todos os drenos dessa obra encontram-se entupidos e cortados na superfície das vigas, fazendo com que a água que escorre entre em contato direto com a estrutura de concreto. Nas outras obras notou-se que os drenos ficam com parte do tubo para fora do concreto para evitar esse contato água – concreto. Esse problema com os drenos causa lixiviação na pista sob o viaduto e também na laje de proteção do talude, pois a água pinga continuamente, independente de chuva.

Avaliando o ensaio de esclerometria realizado, esta obra obteve valor de 39MPa, sendo o valor solicitado em projeto 25MPa.

4.2.3 5ª OAE – Rua Luiz Mazzeto Baggio

A quinta obra de arte especial da via central da Conectora 5 trata-se de um viaduto Figura 33. Localiza-se no cruzamento das Ruas Luiz Mazzeto Baggio com a Rua Deputado Heitor Alencar Furtado (inferior).

O fluxo de automóveis comuns passa sobre o tabuleiro da estrutura em uma pista sentido Norte-Sul e uma pista sentido Sul-Norte, conta com passeio em ambos os lados e guarda-corpo metálico, Figura 32.

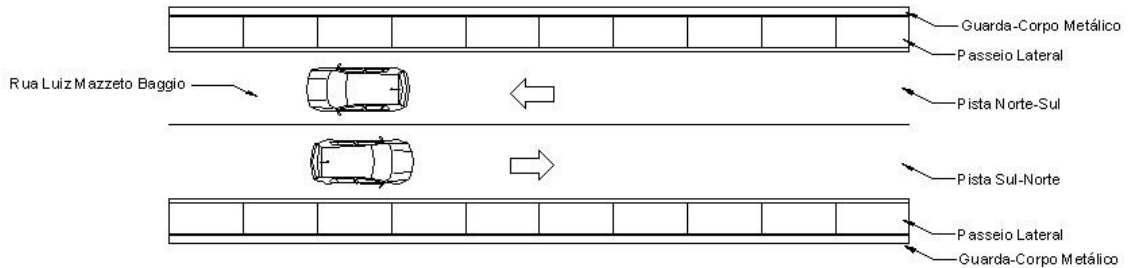


Figura 32 - Tabuleiro 5ª OAE

A via central passa sob o viaduto com quatro pistas, sendo duas delas destinadas ao uso exclusivo de transporte público coletivo, uma delas em sentido Leste-Oeste e outra em sentido Oeste-Leste, além de uma pista para fluxo de veículos comuns em sentido Leste-Oeste, e outra pista sentido Oeste-Leste. A via também conta com dois canteiros centrais e dois passeios laterais.

4.2.3.1 Dados estabelecidos em projeto

a) Tabuleiro: 12m x 50m

O tabuleiro possui largura total de 12m, onde destes, 0,20m de cada lado são muretas, 1,80m são passeios de cada lado, dois meios-fios de 0,20m cada e pista de 7,60m. Seu guarda-corpo é metálico e possui altura de 0,98m, onde ficam 0,78m sobre a mureta e 0,20m ancorados dentro da mesma.

Sob o tabuleiro, há uma pista de 30m, onde, de um lado a outro temos um passeio de 2,50m, uma pista de rolamento de veículos comuns com 7,50m, um canteiro central de 1,50m, uma pista para transporte coletivo de 7m, mais um canteiro central de 1,50m, uma segunda pista de rolamento de veículos comuns de 7,50m e, por fim, mais um passeio de 2,50m.

b) Vigas

No sentido longitudinal, há duas vigas caixões com base de 2,50m e altura de 1,50m, compostas com duas vigas longarinas cada. No sentido transversal,

existem duas cortinas com seção transversal de 0,25m x 1,55m nas extremidades e duas vigas transversinas com seção transversal de 0,30 x 1,40m.

c) Pilares

Quanto aos pilares, ao total são quatro, todos com diâmetro de 1m, onde dois deles possuem 7m de altura e os outros dois 6m. Todos utilizam aparelho de apoio de neoprene com 0,45m de diâmetro.

d) Laje

Possui lajes superiores em balanço com 2m de largura de 0,20m. A parte superior do tabuleiro é revestida com pista asfáltica.

e) Altura do gabarito

No vão central possui altura de 7m.

f) Resistência a compressão característica de projeto

A resistência do concreto recomendada no projeto é de 25 MPa.

4.2.3.2 Resultado das inspeções

A inspeção seguiu a sequência estipulada, Figura 33.

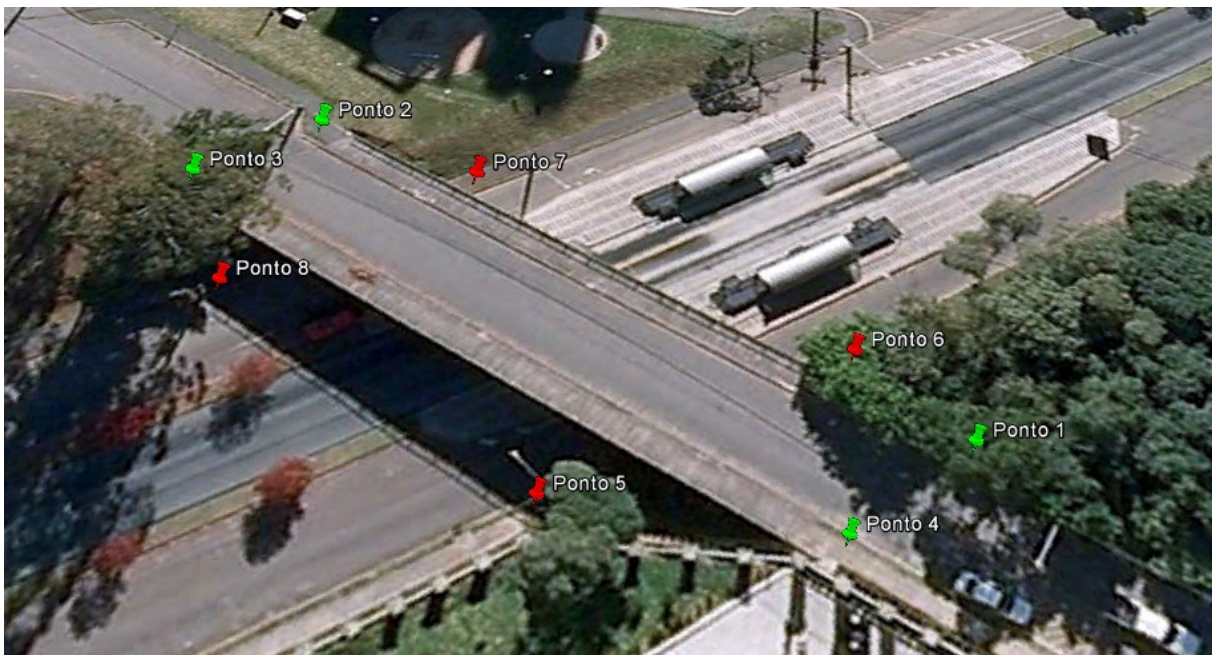


Figura 33 - 5ª OAE Rua Luiz Mazzeto Baggio

Fonte: Google Earth 2011

As patologias encontradas no viaduto da Rua Luiz Mazzeto Baggio estão relacionadas Quadro 4.

Patologia	Simbologia	Elemento	Local
Fissura	F	Fundo de laje	Ponto 5-6
Carbonatação	CA	Laje em balanço	Ponto 6 e Ponto 8
Vazios de concretagem	VC	Laje em balanço	Ponto 6-7
Armadura exposta	AE	Guarda-Corpo	Todo
Corrosão	CO	Guarda-Corpo	Todo

Obs.: As lajes de proteção de talude foram executadas recentemente. Estrutura parece ter recebido pintura há pouco tempo, escondendo possíveis sinais de carbonatação e/ou lixiviação. Nascimento de árvore junto à cortina.

Quadro 4 – Manifestações patológicas encontradas no viaduto da Rua Luiz Mazzeto Baggio

A partir do quadro, elaborou-se o mapeamento das manifestações patológicas na estrutura. A simbologia utilizada foi apresentada no quadro acima. Este mapeamento está representado nas Figuras 34, 35 e 36.



Figura 34 – Mapeamento Rua Luiz Mazzeto Baggio – Sentido Ecoville



Figura 35 – Mapeamento Rua Luiz Mazzeto Baggio – Sentido Centro



Figura 36 – Mapeamento Rua Luiz Mazzeto Baggio – Vista inferior face norte

As manifestações patológicas relacionadas estão representadas nas figuras abaixo. Na Figura 37 foram identificadas fissuras no fundo de laje.



Figura 37 – Fissuras no fundo de laje (pontos 5-6)

Como este viaduto foi pintado, foram identificados apenas alguns pontos de carbonatação, Figura 38.



Figura 38 – Carbonatação na laje em balanço (ponto 6)

Na Figura 39 pode-se ver armaduras expostas no guarda corpo.

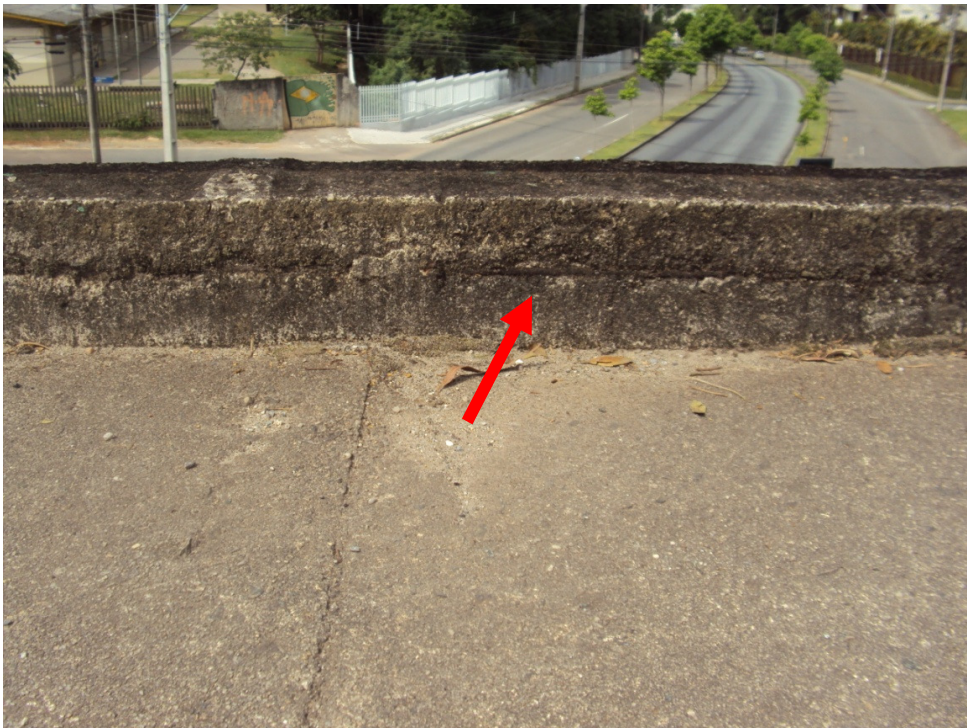


Figura 39 – Armadura exposta no guarda corpo (todo)

O guarda corpo do viaduto encontra-se em bom estado, apresentando corrosão apenas no ponto localizado em baixo de uma árvore, como mostrado na Figura 40.



Figura 40 – Corrosão no guarda corpo (ponto 1)

Na obra da Rua Luiz Mazzeto Baggio, foi difícil identificar as patologias uma vez que este passou por uma reforma recentemente. Essa reforma consistiu na construção de laje para proteção do talude em uma das laterais sob o tabuleiro, antes o talude ficava com a terra exposta, e também na pintura do viaduto. A pintura no fundo de laje, pilares e vigas mascarou de certa forma a inspeção visual. Pois não foi possível visualizar manchas e outros defeitos que o concreto poderia apresentar.

Ainda nesse viaduto, constatou-se uma situação interessante. Todo o guarda corpo está em bom estado e não apresenta sinais de corrosão em nenhum ponto. Exceto por uma região localizada sob algumas árvores. Acredita-se que a árvore deva produzir alguma substância nociva ao material do guarda corpo, resultando na corrosão encontrada.

Já com relação à esclerometria, o valor de projeto é 25 MPa e o valor obtido por ensaio é de 37,5 MPa.

4.2.4 6ª OAE – Rua Doutor Basílio Vicente de Castro

A sexta obra de arte especial da via central da Conectora 5 trata-se de um viaduto, localizado no cruzamento das Ruas Doutor Basílio Vicente de Castro (superior) e Rua Deputado Heitor Alencar Furtado (inferior).

Automóveis comuns passam sobre o tabuleiro da estrutura, Figura 41, uma pista em sentido Norte-Sul e outra em sentido Sul-Norte, conta com uma pista de desaceleração em cada sentido, além disso, possui passeio em ambos os lados do tabuleiro com guarda-corpo metálico.

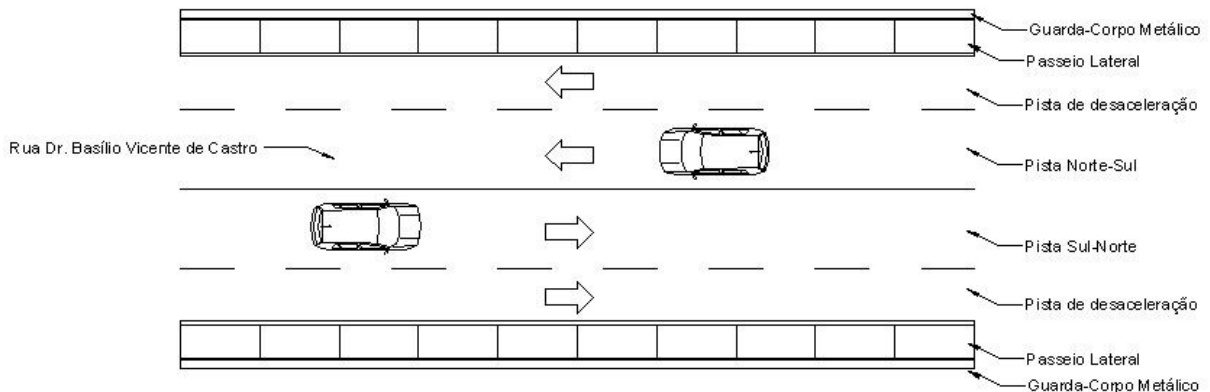


Figura 41 - Tabuleiro 6ª OAE

Sob o viaduto existem duas pistas para uso exclusivo de transporte coletivo, uma delas em sentido Leste-Oeste e outra em sentido Oeste-Leste.

4.2.4.1 Dados estabelecidos em projeto

a) Tabuleiro: 18m x 20m

O tabuleiro dessa OAE possui, das extremidades para o centro, duas muretas de 0,20m cada, dois passeios de 1,80m cada, dois meios-fios de 0,20m cada, mais uma pista de 13,60m, totalizando 18m. Quanto à sua extensão, possui 20m. Seu guarda-corpo é metálico e possui altura de 0,98m metros, onde ficam 0,78m sobre a mureta e 0,20m ancorados dentro da mesma.

Sob o seu tabuleiro, têm-se, das extremidades ao centro, dois canais de drenagem com 0,50m cada e uma pista com 7m, totalizando 8m de largura.

b) Vigas

Existência de duas vigas caixões retangulares, com 4m de base e 1,50m de altura cada, compostas por duas vigas longarinas cada. No sentido transversal, duas cortinas com seção transversal de 0,30 x 0,90m e quatro vigas de rigidez entre pilares com seção transversal 0,30m x 0,90m. No vão, possui uma viga transversina com seção transversal de 0,40m x 1,50 m.

c) Pilares

No total, são oito pilares com diâmetro de 0,45m e 1m de altura, todos utilizando aparelho de apoio de neoprene com diâmetro de 0,45m.

d) Laje

Possui lajes superiores em balanço com 2m de largura de 0,20m. O tabuleiro, na sua parte superior, é revestido com pista asfáltica.

e) Altura do gabarito

Possui altura de 4,72m no vão central.

f) Resistência característica de projeto

A resistência ao concreto recomendada no projeto é de 22 MPa.

4.2.4.2 Resultado das Inspeções

A inspeção seguiu a sequência estipulada na Figura 42 abaixo.



Figura 42 - 6ª OAE Rua Dr. Basílio Vicente de Castro
Fonte: Google Earth 2011

As manifestações patológicas encontradas no viaduto da Rua Dr. Basílio Vicente de Castro estão relacionadas no Quadro 5.

Patologia	Simbologia	Elemento	Local
Fissura	F	Cabeceira	Ponto 1-4 e Ponto 2-3
		Ala	Ponto 2
		Cortina	Ponto 5
Carbonatação	CA	Laje em balanço	Ponto 5-8 e Ponto 6-7
		Viga caixão	Todo
Corrosão	CO	Guarda-Corpo	Todo
		Ala	Ponto 5, 6 e 8
Recalque	R	Pista	Ponto 1-4
Anomalias	AA	Aparelho de apoio	Ponto 7-8
Vazios de concretagem	VC	Ala	Ponto 7
Armadura exposta	AE	Ala	Ponto 5, 6 e 8
Percolação	P	Laje em Balanço	Ponto 1-2 e Ponto 3-4
Obs.: Existência de algumas placas do passeio soltas. Algumas placas do passeio parecem ter sido colocadas invertidas (bom o lado de baixo para cima). Alguns drenos estão danificados. As formas de concretagem ainda se encontram na ligação entre supra e meso, inclusive se tratando dos aparelhos de apoio.			

Quadro 5 – Manifestações patológicas encontradas no viaduto da Rua Dr. Basílio Vicente de Castro

A partir do quadro, elaborou-se o mapeamento das manifestações patológicas na estrutura. A simbologia utilizada foi apresentada no quadro acima. Este mapeamento está representado nas Figuras 43, 44 e 45.



Figura 43 – Mapeamento Rua Dr. Basílio Vicente de Castro – Sentido Ecoville

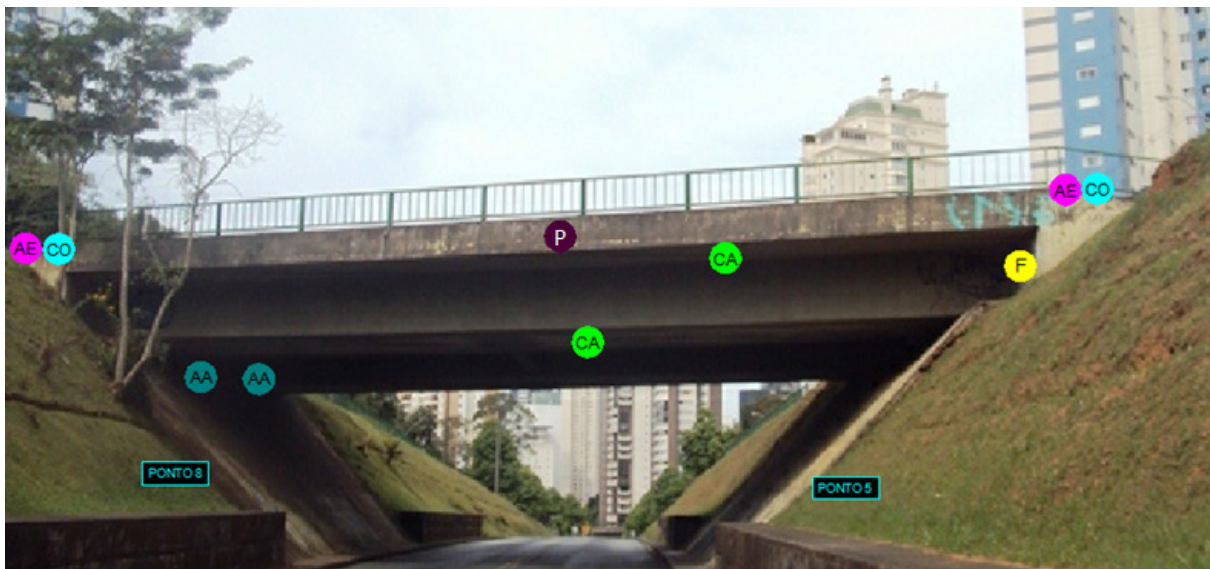


Figura 44 – Mapeamento Rua Dr. Basílio Vicente de Castro – Sentido Centro

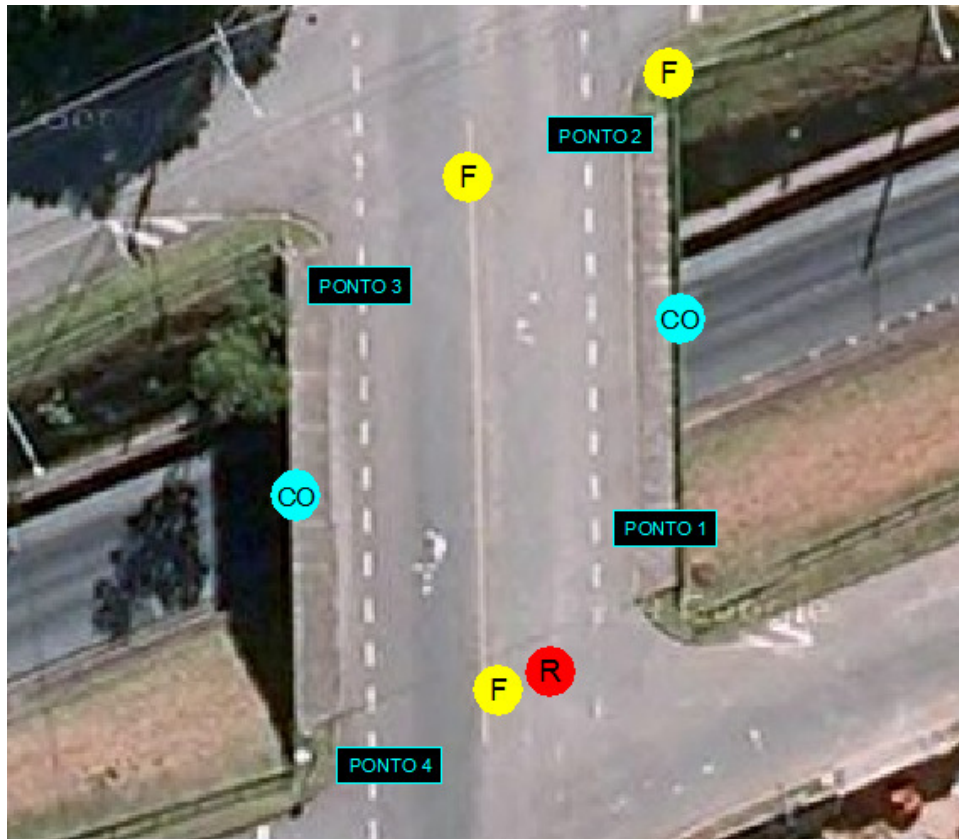


Figura 45 – Mapeamento Rua Dr. Basílio Vicente de Castro – Tabuleiro

Nas imagens abaixo encontram-se as patologias citadas. Na Figura 46 vê-se a fissura da cabeceira.



Figura 46 – Fissura na cabeceira da pista (ponto 2-3)

Também foram identificadas fissuras na cortina, como mostra a Figura 47.



Figura 47 – Fissura na cortina (ponto 5)

Manchas de carbonatação aparecem em toda a estrutura do viaduto, viga caixão, fundo de laje e laje em balanço, como mostrado na Figura 48.



Figura 48 – Carbonatação no fundo da viga caixão (todo)

Recalque associado à fissura na cabeceira da pista, Figura 49.



Figura 49 – Recalque na cabeceira da pista (ponto 1-4)

Na Figura 50 pode-se ver a armadura exposta na ala da estrutura.



Figura 50 – Armadura exposta na ala (ponto 8)

Na ala também foram observados ninhos de concretagem, ilustrado pela Figura 51.



Figura 51 – Ninho de concretagem na ala (ponto 7)

Verificou-se que alguns drenos do viaduto estavam danificados, Figura 52.



Figura 52 – Dreno danificado na laje em balanço

Uma situação curiosa identificada neste viaduto foi a presença de formas que deveriam ter sido retiradas após a construção. Em um pilar, a forma faz o papel de aparelho de apoio, substituindo o neoprene. Em um dos pilares, inclusive, as formas substituíram o neoprene como aparelho de apoio. Ao observar a obra tem-se a impressão de que as formas ficaram presas após a concretagem da laje Figura 53.



Figura 53 – Presença de formas no fundo da viga e servindo como aparelho de apoio

Finalizando o estudo desta OAE, o fck obtido em ensaio foi de 43,8 MPa. Um valor muito bom se comparado ao previsto em projeto, que era 22 MPa.

4.2.5 7ª OAE – Rua Oscar Borges de Macedo Ribas

A sétima obra de arte especial da via central da Conectora 5 trata-se de um viaduto, localizado no cruzamento das ruas Deputado Heitor Alencar Furtado (Superior) e Rua Oscar Borges de Macedo Ribas (inferior).

O fluxo de automóveis comuns passa sob o tabuleiro da estrutura, uma pista em sentido Norte-Sul e outra em sentido Sul-Norte com passeio em ambos os lados e guarda-corpo metálico.

Sobre o viaduto existem duas pistas para uso exclusivo de transporte público coletivo, uma delas em sentido Leste-Oeste e outra em sentido Oeste-Leste, Figura 54.

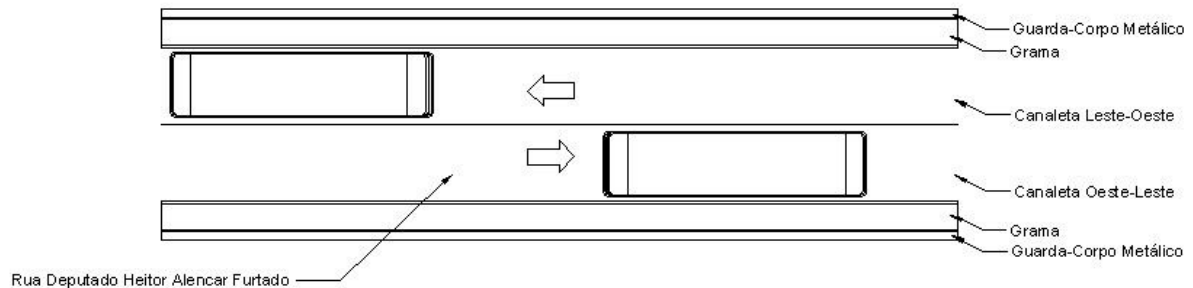


Figura 54 - Tabuleiro 7ª OAE

4.2.5.1 Dados estabelecidos em projeto

a) Tabuleiro: 13m x 33m

O tabuleiro da OAE possui extensão total de 13m, é composto, das extremidades ao centro, por duas muretas de 0,20m, dois passeios de 2,60m, dois meios-fios de 0,20m e pista de 7m. No sentido longitudinal, possui 33m de comprimento. O guarda corpo possui altura de 0,78m sobre a mureta, possuindo 0,20m ancorados dentro da mesma, totalizando 0,98m, sendo de material metálico.

Sob o tabuleiro, possui extensão total de 16m, das extremidades ao centro, dois passeios de 3m cada, duas pistas de 5m.

b) Vigas

No sentido longitudinal, possui uma viga caixão retangular com base de 7m e altura de 2m, sendo composta por duas vigas longarinas. Já no sentido transversal, duas cortinas com seção transversal de 0,25m x 2m, uma viga de rigidez entre pilares com seção transversal 0,30m x 0,60m e no vão uma viga transversina com seção transversal com 0,25m x 2m.

c) Pilares

São quatro pilares, dois deles com diâmetro de 0,80m e 3m de altura, apoiados em tubulões com diâmetro de 1,20m e base alargada de 2,70m, cada um

com 8,70m de altura. Os outros dois são pilares retangulares com seção transversal no topo de 0,80m x 0,70m e na base de 1,40 x 0,70m, apoiados em bloco de fundação com dimensões 1,30m x 4,60m e 1,40m de altura, que, por vez, está apoiado em tubulões de 1,20m de diâmetro, com base alargada de 2,90m e altura de 6,50m. Todos os pilares utilizam aparelho de apoio de neoprene com seção de 0,45m x 0,60m.

d) Laje

Possui lajes em balanço com 3m cada, com espessura variável de 0,12m a 0,32m. Sobre o tabuleiro a pista é asfáltica.

e) Altura do gabarito

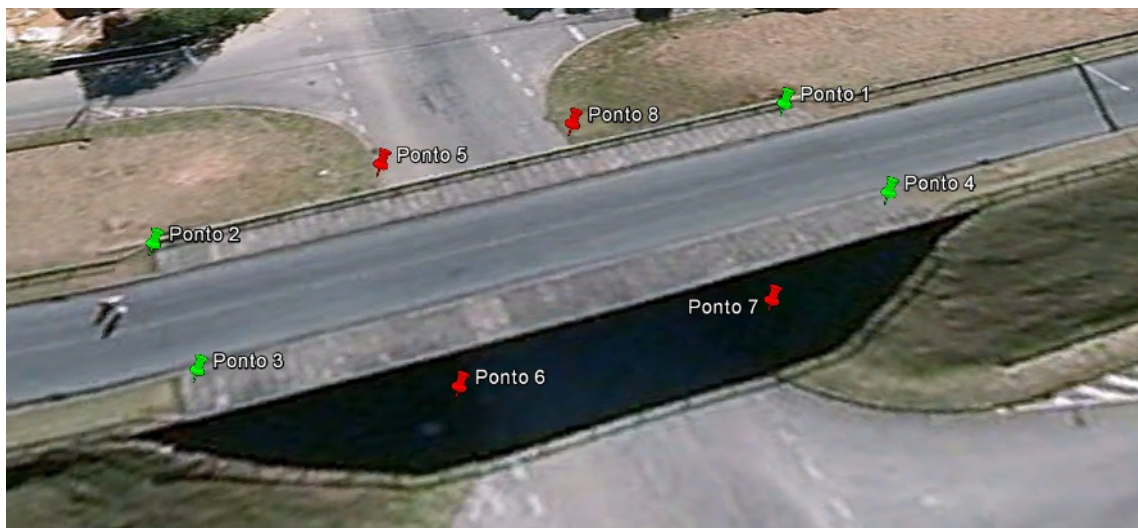
Possui altura de 4,80m no vão central.

f) Resistência característica de projeto

A resistência do concreto recomendada no projeto é de 22 MPa .

4.2.5.2 Resultado das Inspeções

A inspeção visual do sétimo viaduto seguiu a sequência apresentada na Figura 55.



**Figura 55 - 7ª AOE – Rua Oscar Borges de Macedo Ribas
Fonte: Google Earth 2011**

Na inspeção deste viaduto foram encontradas as seguintes manifestações patológicas:

Patologia	Simbologia	Elemento	Local
Fissura	F	Cabeceira	Ponto 1-4 e Ponto 2-3
Carbonatação	CA	Fundo de laje	Ponto 5-8 e Ponto 6-7
		Viga caixão	Ponto 5-6
Corrosão	CO	Guarda-Corpo	Todo
		Laje em balanço	Ponto 5
		Viga caixão	Ponto 5 e Ponto 7
		Ala	Ponto 5 e 8
		Cortina	Ponto 5 e Ponto 7
Vazios de concretagem	VC	Laje em balanço	Ponto 8
		Viga caixão	Ponto 8
Armadura exposta	AE	Laje em balanço	Ponto 5
		Viga caixão	Ponto 5 e Ponto 7
		Ala	Ponto 5 e 8
		Cortina	Ponto 5 e Ponto 7
Percolação	P	Laje em balanço	Ponto 1-2 e Ponto 3-4
Obs.: Os drenos das lajes em balanço estão danificados. Existência de placas soltas, irregulares e quebradas no passeio. Asfalto da pista sob o viaduto indica sinais de lixiviação, devido a percolação causada pelos drenos. O acesso de manutenção na viga caixão encontra-se devidamente isolado.			

Quadro 6 – Manifestações patológicas encontradas no viaduto da Rua Oscar Borges de Macedo Ribas

A partir do quadro, elaborou-se o mapeamento das manifestações patológicas na estrutura. A simbologia utilizada foi apresentada no quadro acima. Este mapeamento está representado nas Figuras 56, 57 e 58.



Figura 56 - Mapeamento Rua Oscar Borges de Macedo Ribas – Sentido Ecoville face norte



Figura 57 - Mapeamento Rua Oscar Borges de Macedo Ribas – Sentido Centro face sul

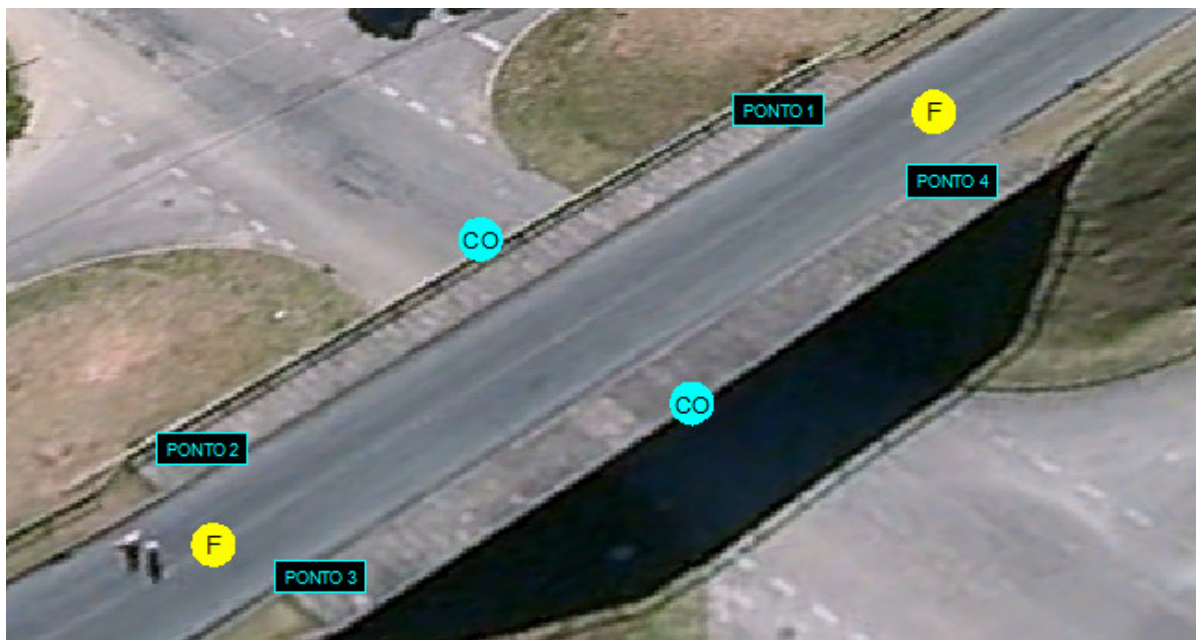


Figura 58 - Mapeamento Rua Oscar Borges de Macedo Ribas – Tabuleiro

As fotografias abaixo ilustram as patologias supracitadas. Inicialmente, na Figura 59, pode-se ver manchas de carbonatação e um dreno danificado.



Figura 59 – Manchas de carbonatação na laje em balanço e dreno danificado (ponto 6-7)

Na Figura 60, há um exemplo de corrosão da armadura exposta no encontro da viga caixão com a cortina.



Figura 60 – Armadura exposta e corroída na viga caixão, na ligação com a cortina (ponto 5)

No fundo de laje da viga caixão observou-se a ocorrência de ninhos de concretagem, Figura 61.



Figura 61 – Ninhos de concretagem no fundo de laje da viga caixão (ponto 8)

Em todo o guarda corpo há presença de corrosão, como na Figura 62.



Figura 62 – Corrosão no guarda corpo (todo)

Na Figura 63 observou-se sinais de lixiviação na pista devido a infiltração de água nos drenos danificados.



Figura 63 – Sinais de lixiviação na pista sob o viaduto

Na 7ª obra de arte especial, na Rua Oscar Borges de Macedo Ribas, foram identificados drenos com problemas, porém em menor intensidade. Drenos danificados fazem com que água pingue constantemente na pista sob o viaduto ocasionando lixiviação.

Considerando a inspeção técnica, o projetista sugeriu um fck de 22MPa e o valor obtido em campo foi de 42,2 MPa.

4.2.6 8ª OAE – Rua João Falarz

A oitava obra de arte especial da via central da Conectora 5 trata-se de um viaduto, localizado no cruzamento das ruas Deputado Heitor Alencar Furtado (Superior) e Rua João Falarz (inferior).

O fluxo de automóveis passa sob o tabuleiro da estrutura, uma pista em sentido Norte-Sul e outra em sentido Sul-Norte, conta com passeio em ambos os lados.

Sobre o viaduto circulam apenas veículos exclusivos para transporte público coletivo, com duas pistas, uma em sentido Leste-Oeste e outra em sentido Oeste-Leste. Canteiro em grama e guarda-corpo metálico, Figura 64.

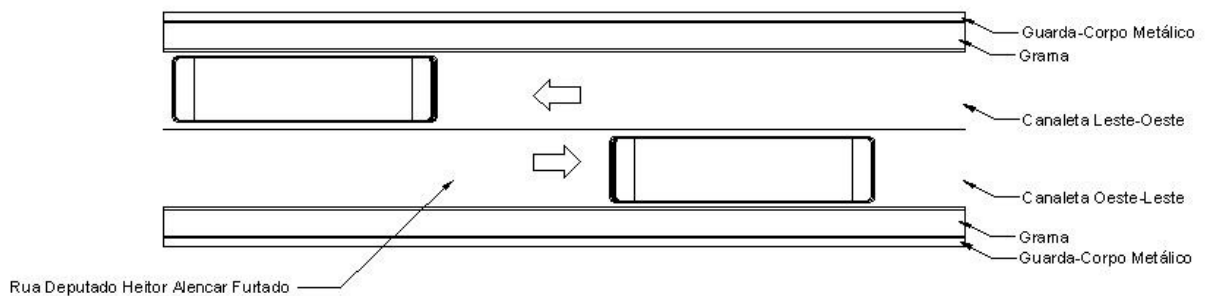


Figura 64 - Tabuleiro 8ª OAE

4.2.6.1 Dados estabelecidos em projeto

a) Tabuleiro: 13m x 34m

O tabuleiro é composto por duas muretas de 0,20m de cada lado, dois passeios de 1,80m cada, meios-fios de 0,20m de cada lado, pista com 8,60m, totalizando 13m. Quanto ao comprimento, possui 34m. Seu guarda-corpo é metálico e possui altura de 0,98m, onde ficam 0,78m sobre a mureta e 0,20m ancorados dentro da mesma.

Sob seu tabuleiro, possui dois passeios de 4m e duas pistas de 6m, totalizando 20m.

b) Vigas

No sentido longitudinal, existem duas vigas caixões retangulares com base de 2,50m e altura de 1,50m, cada uma composta por duas vigas longarinas. No sentido transversal, possui quatro vigas de rigidez entre pilares com seções transversais 0,30m x 0,70m, cada uma com comprimento de 1,30m, duas cortinas com seção transversal de 0,50 x 1,50m. No vão, uma viga transversina com seção transversal de 0,30m x 1,50m.

c) Pilares

Possui oito pilares com diâmetro de 1m e base alargada de 2,30m, quatro deles com 8,30m de altura e os outros quatro com altura de 10,10m. Todos os pilares utilizam aparelho de apoio de neoprene com 0,45m de diâmetro.

d) Laje

As lajes em balanço possuem 2m cada, com espessura de 0,20m. O tabuleiro, na parte superior, é de pista asfáltica.

e) Altura do gabarito

No vão central, apresenta altura de 6,60m.

f) Resistência característica de projeto

A resistência do concreto recomendada no projeto é de 25 MPa .

4.2.6.2 Resultado das inspeções

A inspeção seguiu a sequência estipulada na Figura 65 mostrada abaixo.

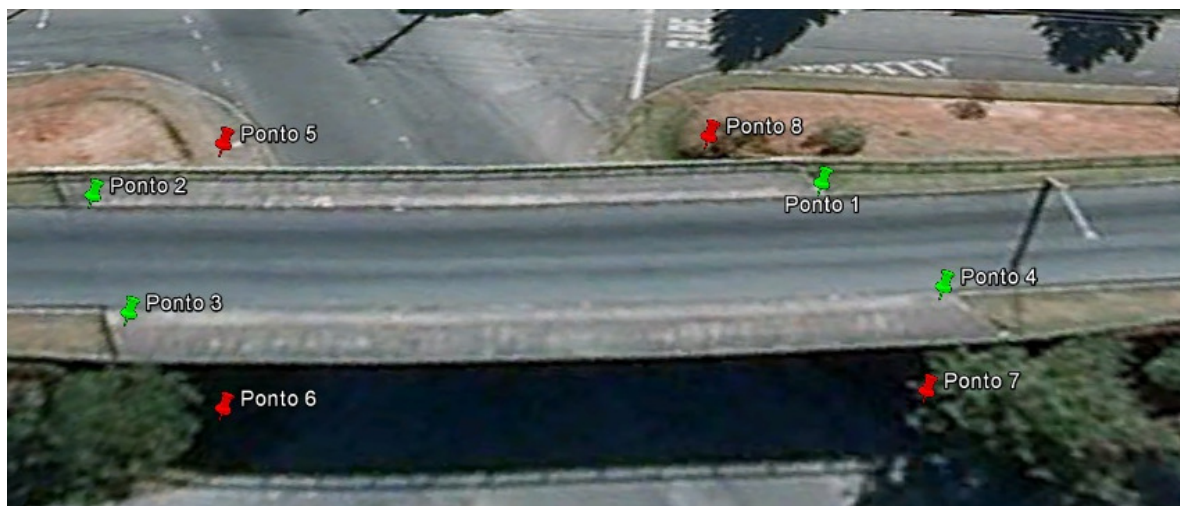


Figura 65 - Sequência de inspeção Viaduto João Falarz

As patologias encontradas no viaduto da Rua João Falarz estão relacionadas no Quadro 7.

Patologia	Simbologia	Elemento	Local
Fissura	F	Cabeceira da pista	Ponto 1-4 e Ponto 2-3
Carbonatação	CA	Pilar	Ponto 5 e Ponto 8
		Laje em Balanço	Ponto 5-8 Ponto 6
		Vigas	Todo
Corrosão	CO	Viga	Ponto 6
		Ala	Ponto 5
		Cortina	Ponto 6
		Guarda-Corpo	Todo
Dano de colisão	DC	Viga	Ponto 6-7
Armadura exposta	AE	Viga	Ponto 6
		Ala	Ponto 5
		Cortina	Ponto 6
		Guarda-Corpo	Todo
Infiltração	I	Drenagem	Todo
		Viga	Ponto 5 e Ponto 6
Erosão do terreno	ET	Ala	Ponto 8
		Passeio	Ponto 1
Lixiviação	L	Pilar	Ponto 5-6 Ponto 7-8
		Drenagem	Ponto 5-6
		Cortina	Ponto 7
Percolação	P	Laje em balanço	Ponto 3-4
		Cortina	Ponto 6
Obs.: Existência de placas soltas e irregulares no passeio. Drenos danificados. Presença de lixiviação (arraste de material particulado - solo), seguida da formação de estalactite na laje em balanço.			

Quadro 7 – Manifestações patológicas encontradas no viaduto da Rua João Falarz

A partir do quadro, elaborou-se o mapeamento das manifestações patológicas na estrutura. A simbologia utilizada foi apresentada no quadro acima. Este mapeamento está representado nas Figuras 66, 67, 68, 69 e 70.

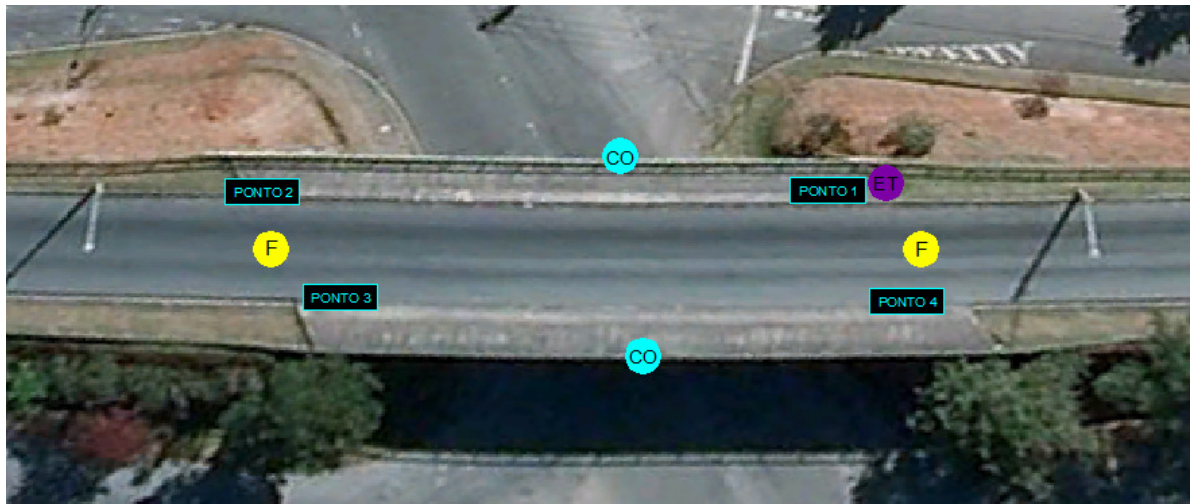


Figura 66 – Mapeamento Rua João Falarz - Tabuleiro



Figura 67 – Mapeamento Rua João Falarz – Sentido Ecoville face leste

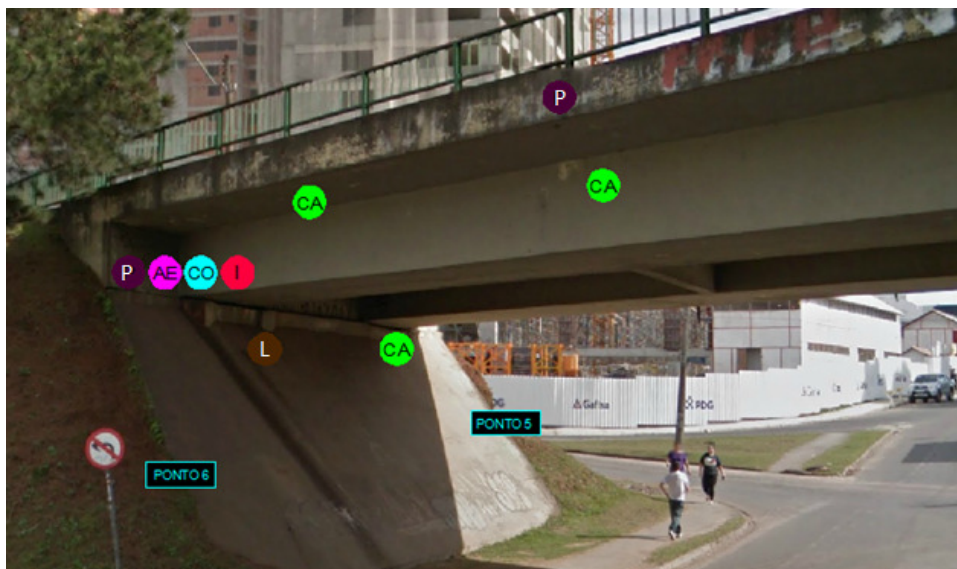


Figura 68 – Mapeamento Rua João Falarz – Sentido Ecoville face oeste



Figura 69 – Mapeamento Rua João Falarz – Sentido Centro face leste



Figura 70 – Mapeamento Rua João Falarz – Sentido Centro face oeste

Para ilustrar as patologias citadas acima, serão apresentadas algumas imagens. Na Figura 71 temos a fissura na cabeceira, situação que se repete nos dois lados do viaduto.



Figura 71 - Fissura na cabeceira da pista (ponto 1)

No fundo da laje foram observadas manchas de carbonatação, Figura 72.



Figura 72 - Carbonatação na viga e nos drenos (todo)

Todo o guarda corpo das duas laterais da obra apresenta leve corrosão, como indicado na Figura 73.



Figura 73 - Corrosão do guarda-corpo (todo)

Na Figura 74 existe uma patologia resultante de um dano de colisão.



Figura 74 - Dano de colisão (entre os pontos 6 e 7)

Na Figura 75 percebe-se armadura exposta na ala.



Figura 75 - Exposição de armadura na ala (ponto 5)

A Figura 76 apresenta lixiviação e carbonatação no pilar e também na laje de proteção do talude.



Figura 76 - Lixiviação e Carbonatação no pilar (pontos 5 e 6)

Verificou-se erosão no terreno sob a ala, deixando uma abertura entre a estrutura e o solo, Figura 77.



Figura 77 - Erosão do terreno na ala (ponto 8)

Na laje em balanço observou-se uma lixiviação tão grande a ponto de formar estalactites, Figura 78.



Figura 78 - Estalactite na laje em balanço (ponto 8)

A obra localizada na Rua João Falarz, penúltimo viaduto estudado, apresenta alguns drenos danificados e lixiviação nos pilares. Mas, a situação mais crítica, é a lixiviação extrema na laje em balanço, chegando a formar estalactites a partir do Hidróxido de Cálcio carregado do concreto.

Com relação ao ensaio de esclerometria, o valor obtido em campo foi de 50,3 MPa contra 25 MPa solicitados em projeto.

4.2.7 9ª OAE – Rua Padre Paulo Warkocz

A nona obra de arte especial da via central da Conectora 5 trata-se de um viaduto, localizado no cruzamento das Ruas Deputado Heitor Alencar Furtado (Superior) e Rua Padre Paulo Warkocz (inferior).

Os automóveis passam sob o tabuleiro com duas pistas, uma delas em sentido Norte-Sul e outra em sentido Sul-Norte, com passeio em ambos os lados.

Sobre o viaduto existem duas pistas para tráfego exclusivo de ônibus de transporte público coletivo, uma em sentido Leste-Oeste e outra em sentido Oeste-Leste. Canteiro em grama com guarda-corpo metálico, Figura 79.

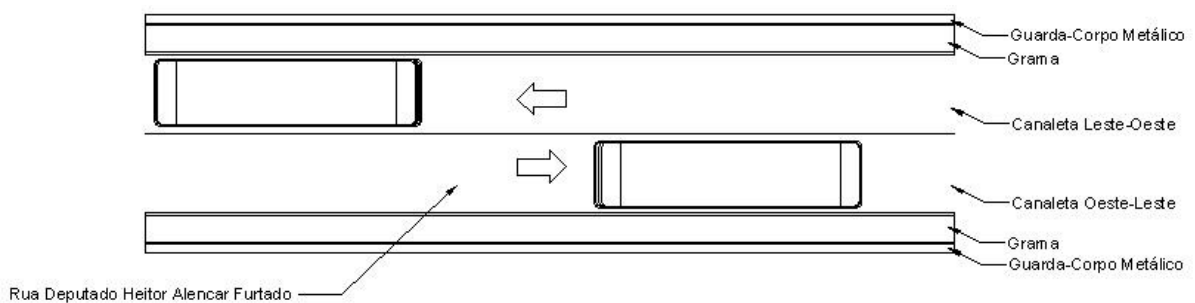


Figura 79 - Tabuleiro 9ª OAE

4.2.7.1 Dados estabelecidos em projeto

a) Tabuleiro: 13m x 33m

A largura total do tabuleiro é de 13m, composto por muretas de 0,20m de cada lado, passeios de 2,60m de cada lado, meios-fios de 0,20m de cada lado e

pista de 7m. Seu comprimento total é de 33m. Possui também guarda-corpo metálico de 0,78m de altura, ficando localizado sobre a mureta, ainda mais 0,20m ancorados dentro da mesma, totalizando 0,98m.

Sob o tabuleiro, possui duas pistas de 5m, com dois passeios de 3m, totalizando 16m.

b) Vigas

Possui uma viga caixão retangular com base de 7m e altura de 2m, composta por duas vigas longarinas. No sentido transversal, possui duas cortinas com seção transversal de 0,25m x 2m e uma viga transversina no vão com seção transversal de 0,25m x 2m.

c) Pilares

Possui quatro pilares com diâmetro de 0,80m e 4,50m de altura, com aparelhos de apoio de neoprene com 0,45m de diâmetro.

d) Laje

Possui lajes em balanço com 3m cada, com espessura variando 0,12m a 0,32m.

e) Altura do gabarito

No vão central, apresenta altura de 5,10m.

f) Resistência Característica de Projeto

A resistência do concreto recomendada no projeto é de 22 MPa.

4.2.7.2 Resultado das inspeções

A inspeção seguiu a sequência estipulada na Figura 80 abaixo.



Figura 80 - Sequência de inspeção viaduto Padre Paulo Warkocz

As patologias encontradas no viaduto da Rua Padre Paulo Warkocz e estão relacionadas no Quadro 8.

Patologia	Simbologia	Elemento	Local
Fissura	F	Cabeceira da pista	Ponto 2-3
Carbonatação	CA	Laje em balanço	Ponto 5-8 e Ponto 6-7
		Viga	Ponto 5-6
Corrosão	CO	Viga	Pontos 5,6,7 e 8
		Ala	Ponto 7
		Cortina	Pontos 5,6,7 e 8
		Guarda-Corpo	Todo
Vazios de concretagem	VC	Viga	Ponto 5-6
		Laje em balanço	Ponto 7
Armadura exposta	AE	Viga	Pontos 5,6,7 e 8
		Ala	Ponto 7
		Cortina	Pontos 5,6,7 e 8
		Guarda-Corpo	Todo
Erosão do terreno	ET	Passeio	Ponto 1
		Ala	Ponto 8
Afundamento	A	Passeio	Ponto 3-4
Lixiviação	L	Laje de proteção do talude	Ponto 5-6
		Cortina	Ponto 8
Percolação	P	Laje em balanço	Ponto 1-2 e Ponto 3-4
Obs.: Existência de placas soltas e irregulares no passeio. Drenos pouco danificados. O acesso de manutenção na viga caixão encontra-se aberto, com sinais de invasão.			

Quadro 8 – Manifestações patológicas encontradas no viaduto da Rua Padre Paulo Warkocz

A partir do quadro, elaborou-se o mapeamento das manifestações patológicas na estrutura. A simbologia utilizada foi apresentada no quadro acima. Este mapeamento está representado nas Figuras 81, 82 e 83.



Figura 81 – Mapeamento Rua Padre Paulo Warkocz - tabuleiro



Figura 82 – Mapeamento Rua Padre Paulo Warkocz – Sentido Ecoville



Figura 83 – Mapeamento Rua Padre Paulo Warkocz – Sentido Centro

As fotografias abaixo ilustram as patologias supracitadas. Inicialmente, na Figura 84, percebe-se corrosão da armadura exposta na ala.



Figura 84 - Exposição e corrosão da armadura da ala (ponto 7)

Na Figura 85, há um exemplo de corrosão da armadura exposta no encontro da viga caixão com a cortina.



Figura 85 - Exposição e corrosão da armadura da viga e da cortina (ponto 7)

No fundo de laje da viga caixão observou-se a ocorrência de ninhos de concretagem, Figura 86.



Figura 86 - Vazios de concretagem, com exposição da armadura na viga (pontos 5-6)

Verificou-se erosão no terreno do talude em contato com a ala, deixando uma abertura entre a estrutura e o solo, Figura 87.



Figura 87 - Erosão do talude na ala (ponto 8)

Foi observada também a presença de lixiviação na cortina, Figura 88.



Figura 88 - Lixiviação na cortina (ponto 8)

O passeio apresenta afundamento das placas centrais em um dos lados, Figura 89.



Figura 89 - Afundamento do passeio (entre os pontos 3-4)

Por fim, pode-se visualizar ao longo de toda a laje em balanço percolação de água originando uma fissura, Figura 90.



Figura 90 - Percolação ao longo da laje em balanço (ponto 5-8)

Na obra que cruza a Rua Padre Paulo Warkocz, a viga caixão tem uma abertura que dá acesso ao seu interior para fins de manutenção. Curiosamente, existem indícios de que o interior da viga caixão está servindo de moradia, por isso não foi viável fazer vistoria no interior da viga. Pela parte externa, verificou-se que o talude sob as alas sofreu erosão e está desbarrancando, de forma leve, porém já há um vazio entre a ala e o solo.

Ainda neste viaduto, existe um grande afundamento no passeio, que parece ser proveniente da passagem de veículos sobre o mesmo.

Analisando o resultado da inspeção técnica, obteve-se em campo um valor para a resistência do concreto de 39,5 MPa e o descrito em projeto era 22 MPa.

5 ANÁLISE GLOBAL DOS RESULTADOS

Após a análise visual, com base na ficha de inspeção, e a realização dos ensaios esclerométricos, foi possível identificar semelhanças entre as manifestações patológicas existentes nas estruturas.

O valor da resistência característica do concreto à compressão (f_{ck}) solicitado em projeto para elementos estruturais das obras de arte estudadas variam de 22MPa a 25MPa. Os ensaios resultaram em um valor médio de 40MPa. Esperava-se que o resultado obtido em ensaio fosse igual ou superior ao de projeto, porém os valores reais muito maiores que os valores de projeto são comuns devido à idade das obras.

Algumas manifestações patológicas foram incidentes em todas as estruturas. Inicialmente, identificamos percolação de água no encontro da laje com a viga da laje em balanço, que fica sob o passeio, causando fissuração de lado a lado dos viadutos. Percebeu-se que essa percolação ocorre, pois o passeio é composto de placas cimentícias pré-moldadas colocadas de forma justapostas sem rejuntas. Essa situação possibilita a entrada de água pelos vãos entre as placas e o acúmulo da mesma na laje em balanço.

Outra situação recorrente foi a presença de carbonatação no fundo das lajes e nas vigas. Essa patologia caracteriza-se pela presença de manchas brancas na superfície do concreto, originadas da reação entre o gás carbônico dissolvido na atmosfera e o cimento hidratado. A carbonatação quando restrita à superfície da estrutura não é prejudicial, pelo contrário, aumenta a resistência do concreto. Porém, quando o efeito penetra na estrutura, o que ocorre normalmente em concretos porosos, pode alcançar as armaduras e agravar o problema.

Nesta pesquisa não foi realizado nenhum ensaio que possibilitasse verificar a profundidade da carbonatação. Logo, a análise apresentada foi obtida apenas de inspeção visual.

Pode-se citar também a presença de fissuras nas cabeceiras das pistas, onde há o encontro entre o talude e o viaduto. Isso ocorre, pois o trabalho natural da estrutura é diferente do trabalho natural no restante da via, além de ocorrer tráfego de veículos, sendo possível encontrar recalques em alguns dos casos.

Também ocorre a presença de diversos pontos onde existem armaduras expostas e com sinais de corrosão. Existe um número significativo de manifestações nos diversos elementos das estruturas. Os casos mais simples estão localizados em muretas de guarda-corpos, placas de passeio e alas, provavelmente provenientes de ações de intempéries, desgaste natural, reformas de passeios e acessos, entre outros. Já os casos que apresentam maiores níveis de agressividade nas armaduras se localizam em vigas caixões e cortinas, mais precisamente na região de encontro das mesmas, provavelmente devido às ações naturais, utilização das estruturas como abrigo e principalmente mictório de moradores de rua.

A partir do somatório da pontuação de cada manifestação patológica, identificada através das fichas de inspeção visual, foi obtido o percentual de incidência correspondente a cada patologia. Os valores se encontram no Gráfico 1.

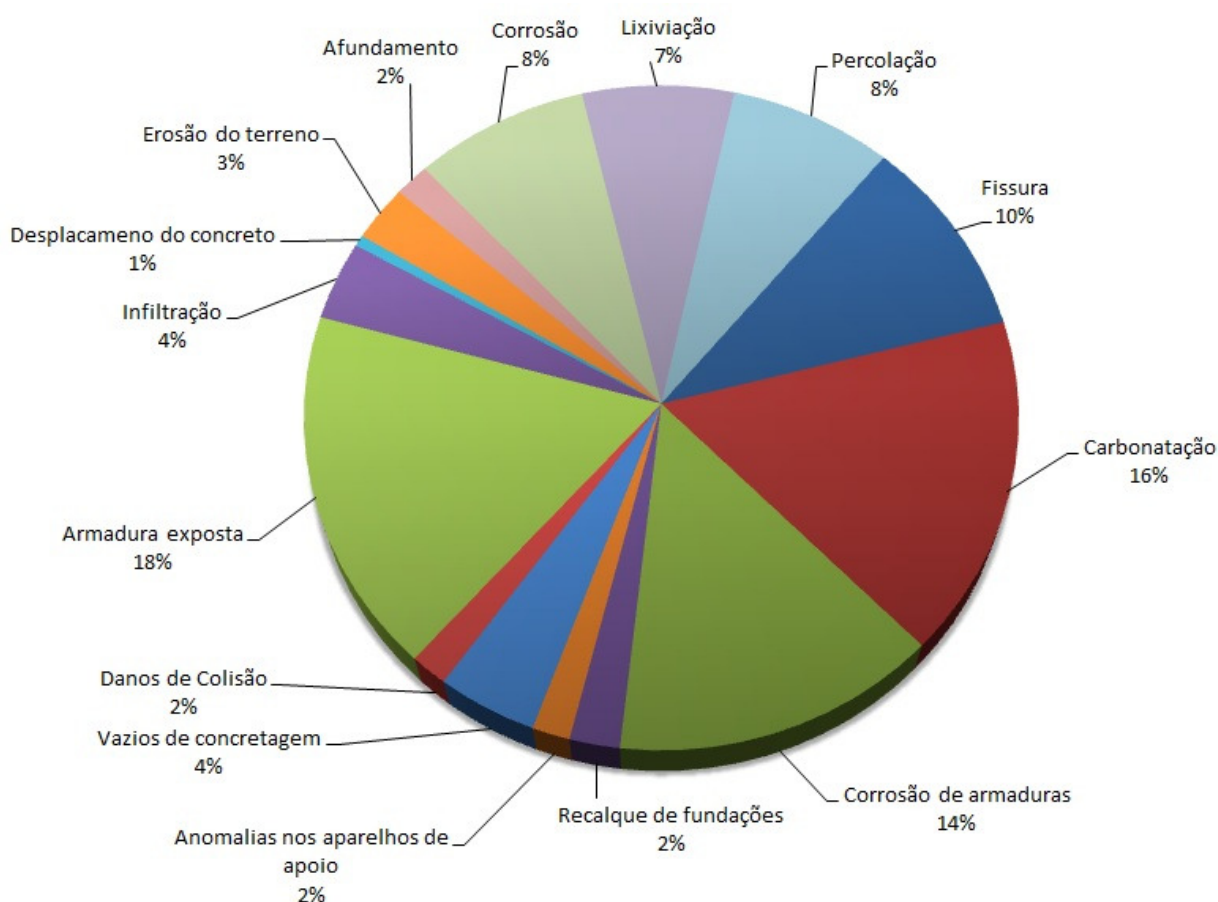


Gráfico 1 – Incidência de patologias

Por fim, foi realizada uma avaliação global da Conectora de acordo com a pontuação total atingida por cada obra de arte especial na inspeção visual, Gráfico 2.

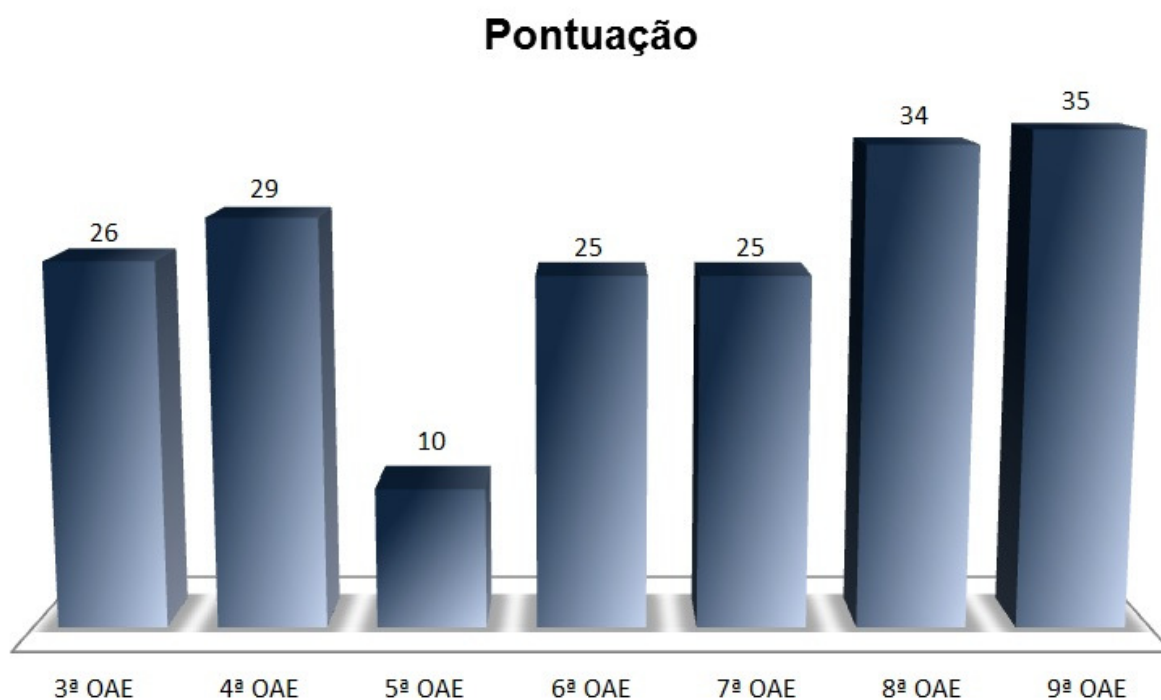


Gráfico 2 – Pontuação das OAEs

Dessa forma, obteve-se a seguinte classificação, partindo da OAE em melhor estado:

1º lugar: 5ª OAE – Rua Luiz Mazzeto Baggio;

2º lugar: 6ª OAE – Rua Dr. Basílio Vicente de Castro e 7ª OAE – Rua Oscar Borges de Macedo Ribas;

3º lugar: 3ª OAE – Rua Paulo Gorski;

4º lugar: 4ª OAE – Rua Geraldo Lipka;

5º lugar: 8ª OAE – Rua João Falarz;

6º lugar: 9ª OAE – Rua Padre Paulo Warkocz;

Em relação ao primeiro lugar, que obteve pontuação bem abaixo dos demais, isso se dá devido ao fato do viaduto ter recebido manutenção no seu revestimento há poucos meses, além de suas lajes de proteção de talude terem sido executadas por volta desse mesmo período. Essa manutenção pode ter encoberto possíveis patologias, favorecendo o resultado. Porém, a estrutura não apresentou grande quantidade de manifestações como as outras OAEs, apesar de todas terem em média a mesma idade de construção.

Quanto ao 5º e 6º lugar, ambos apresentaram um número significativo de patologias, inclusive com estados mais avançados de intensidade do que as outras estruturas, confirmando as pontuações atingidas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para finalizar esta pesquisa serão apresentados os dados conclusivos sobre o estudo das manifestações patológicas na Conectora 5, bem como sugestões para trabalhos futuros.

6.1 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi possível entender a função de uma via conectora para a mobilidade urbana, em especial a via central que engloba transporte público e coletivo em vias exclusivas. Também foi razoável vislumbrar a importância das OAEs para a agilidade do cruzamento das vias sem que haja interrupção do tráfego, e conseqüentemente, a importância da manutenção das mesmas, pois a interrupção para intervenções de emergência influenciaria na rotina de milhares de pessoas que se utilizam essas estruturas diariamente.

O conhecimento adquirido em fundamentação teórica foi crucial para todo o desenvolvimento da pesquisa, em especial com o estudo das patologias que são típicas em viadutos. Durante a pesquisa pode-se observar a incidência de patologias recorrentes em todas as OAEs estudadas, as estruturas demonstraram conformidade com o projeto tanto em dimensões quanto em resistência do concreto, porém ocorreram alguns erros de execução, em sua maioria pontuais e com pouca influência estrutural. O maior problema observado foi a falta de manutenção periódica apropriada.

Em uma análise global das estruturas, baseada na pontuação da ficha de inspeção elaborada, o caso mais crítico seria a incidência da nota 4 “a estrutura está tomada” em todos os pontos analisados, essa hipótese atingiria uma pontuação máxima de 1.152 por viaduto, considerando as sete estruturas chegaria a um valor de 8.064 pontos. Neste estudo, a soma das estruturas analisadas chegou a um valor de 184 pontos, ou seja, apesar da ocorrência de patologias pontuais críticas, o conjunto de OAEs da via central da Conectora 5 é classificada como em “boas condições”, carente apenas de manutenção periódica.

6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nos resultados obtidos durante esta pesquisa, recomenda-se a vistoria e avaliação dos elementos de infraestrutura. A inspeção visual realizada não atingiu a estrutura por completo, uma vez que ela estava enterrada.

Sugere-se também um estudo mais aprofundado da condição estrutural, lançando mão de ensaios destrutivos e não destrutivos.

Finalmente, poderia ser elaborado um plano de manutenção para as obras de arte estudadas com o objetivo de apresentá-lo para as autoridades responsáveis e promover a recuperação das estruturas danificadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7584**: Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575**: Impermeabilização - Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Diretoria de Planejamento e Pesquisa - Coordenação do Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR. **Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias**. 2 ed. Rio de Janeiro: IPR Publicações, 2004.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Diretoria de Planejamento e Pesquisa - Coordenação do Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR. **Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários**. Rio de Janeiro: IPR Publicações, 2010.

CURITIBA. Lei Municipal nº 9800, de 3 de janeiro de 2000. **Câmara Municipal de Curitiba**. Curitiba, PR, 29 março 2000. p. 6.

NATIONAL HIGHWAY INSTITUTE. Federal Highway Administration. **Bridge Inspector's Reference Manual**. Arlington, Virginia, 2002. Rev. 2006.

FERNÁNDEZ CÁNOVAS, Manuel. **Patologia e terapia do concreto armado**. Sao Paulo: Pini, 1988. 522 p.

GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 341 p.

GOOGLE Earth. Disponível em: <<http://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/index.html>>.

HELENE, Paulo R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2 ed. São Paulo: Pini, 1992. 213 p.

HLADCZUK, Ana Maria; BARZ, Helton Luiz; SUTIL, Marcelo S.; BOSCHILIA, Roseli. Fundação Cultural de Curitiba, abril 2000. Disponível em: <http://www.casadememoria.org.br/index_historiadecuritiba.html>. Acesso em: 16 maio 2011.

LEONHARDT, F. **Construções de concreto, v. 6**: Princípios básicos da construção de pontes de concreto. Rio de Janeiro: Interciência, 1979.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 1994. 573 p.

MÜLLER, Odenir. **Pontes**. Notas de aula da disciplina de pontes da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1986.

O'CONNOR, C., **Pontes: superestruturas**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1975.

PFEIL, Walter. **Pontes: Curso Básico**. Rio de Janeiro: Campus, 1983.

POLUCHA, Ricardo S.. **Ecoville: Construindo uma cidade para poucos**. 2010.166 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998. 255 p.

VERÇOZA, Enio José. **Patologia das edificações**. Porto Alegre: Sagra, 1991. 173 p.

ANEXO A

FICHAS DE INSPEÇÃO

Pontuação para preenchimento	
0	Não Apresenta / Não perceptível
1	Pouco perceptível / Patologia pontual
2	Visível / Aparece algumas vezes na estrutura
3	Situação crítica / aparece muitas vezes
4	Esta afetando a estrutura / estrutura tomada
BC	Boas condições

Dados Iniciais	
Localização	Rua Paulo Gorski
Tipo de tráfego	Veículos
Tipo de pavimentação	Asfáltica

Pontuação	
	26

Patologia	Infraestrutura			Mesoestrutura				Superestrutura								
	Fundação	Pilares	Encontros	Laje de proteção de talude	Aparelho de apoio	Drenagem	Laje em balanço	Tabuleiro Estrado	Viga T	Viga Caixaão	Pista	Passelo	Acesso	Ala	Cortina	Guarda Corpo
Fissura											2				1	
Carbonatação								2							2	
Corrosão de armaduras												2		2		
Recalque de fundações																
Juntas de dilatação danificadas																
Anomalias nos aparelhos de apoio																
Vazios de concretagem																
Danos de Colisão																1
Armadura exposta												3		2		
Infiltração																
Desplacamento do concreto										1						
Erosão do terreno																
Concreto desagregado																
Afundamento																
Corrosão																2
Lixiviação																
Percolação							2								2	

Informações adicionais Ausência de guarda corpo na pista lateral de acesso. Existência de algumas placas do passeio soltas, provocando entrada de água e acúmulo da mesma no interior da estrutura. Vão grande entre laje e encontro.

Dados Iniciais	
Localização	Rua Geraldo Lipka
Tipo de tráfego	Veículos
Tipo de pavimentação	Asfáltica

Pontuação para preenchimento	
0	Não Apresenta / Não perceptível
1	Pouco perceptível / Patologia pontual
2	Visível / Aparece algumas vezes na estrutura
3	Situação crítica / aparece muitas vezes
4	Esta afetando a estrutura / estrutura tomada
BC	Boas condições

Pontuação
29

Patologia	Infraestrutura			Mesoestrutura			Superestrutura									
	Fundação	Pilares	Encontros	Laje de proteção de talude	Aparelho de apoio	Drenagem	Laje em balanço	Tabuleiro Estrado	Viga T	Viga Caixaão	Pista	Passoio	Acesso	Ala	Corrina	Guarda Corpo
Fissura											3					
Carbonatação							2			3					2	
Corrosão de armaduras														1		
Recaque de fundações											2					
Juntas de dilatação danificadas																
Anomalias nos aparelhos de apoio																
Vazios de concretagem														1	1	
Danos de Colisão														1		
Armadura exposta														1		
Infiltração										2						
Desplacamento do concreto																
Erosão do terreno						3										
Concreto desagregado																
Afundamento																
Corrosão																2
Lixiviação							2									
Percolação							2									

Informações adicionais
Desnível no encontro entre pista e tabuleiro bem significativo. Drenos extremamente danificados, causando percolações. Asfalto da pista sob o viaduto indica sinais de rescapeamento por diversas vezes, devido a percolação causada pelos drenos. Existência de fiação saindo por um dos drenos.

Dados Iniciais	
Localização	Rua Luiz Mazetto Baggio
Tipo de tráfego	Veículos
Tipo de pavimentação	Asfáltica

Pontuação para preenchimento	
0	Não Apresenta / Não perceptível
1	Pouco perceptível / Patologia pontual
2	Visível / Aparece algumas vezes na estrutura
3	Situação crítica / aparece muitas vezes
4	Esta afetando a estrutura / estrutura tomada
BC	Boas condições

Pontuação
10

Patologia	Infraestrutura			Mesoestrutura			Superestrutura									
	Fundação	Pilares	Encontros	Laje de proteção de talude	Aparelho de apoio	Drenagem	Laje em balanço	Tabuleiro Estrado	Viga T	Viga Caixaão	Pista	Passelo	Acesso	Ala	Cortina	Guarda Corpo
Fissura								1								
Carbonatação							1									
Corrosão de armaduras																2
Recalque de fundações																
Juntas de dilatação danificadas																
Anomalias nos aparelhos de apoio																
Vazios de concretagem							1									
Danos de Colisão																
Armadura exposta																2
Infiltração																
Deslocamento do concreto																
Erosão do terreno																
Concreto desagregado																
Afundamento																
Corrosão																3
Lixiviação																
Percolação																

Informações adicionais

As lajes de proteção de talude foram executadas recentemente. Estrutura parece ter recebido pintura há pouco tempo, escondendo possíveis sinais de carbonatação. Nascimento de árvore junto à cortina.

Dados Iniciais	
Localização	Rua Dr. Basílio Vicente de Castro
Tipo de tráfego	Veículos
Tipo de pavimentação	Asfáltica

Pontuação para preenchimento	
0	Não Apresenta / Não perceptível
1	Pouco perceptível / Patologia pontual
2	Visível / Aparece algumas vezes na estrutura
3	Situação crítica / aparece muitas vezes
4	Esta afetando a estrutura / estrutura tomada
BC	Boas condições

Pontuação	
	25

Patologia	Infraestrutura			Mesoestrutura			Superestrutura									
	Fundação	Pilares	Encontros	Laje de proteção de talude	Aparelho de apoio	Drenagem	Laje em balanço	Tabuleiro Estrado	Viga T	Viga Caixaão	Pista	Passeio	Acesso	Ala	Cortina	Guarda Corpo
Fissura											2			3	2	
Carbonatação							2			2						
Corrosão de armaduras														2		
Recalque de fundações										2						
Juntas de dilatação danificadas																
Anomalias nos aparelhos de apoio					3											
Vazios de concretagem													1			
Danos de Colisão																
Armadura exposta														2		
Infiltração																
Desplacamento do concreto																
Erosão do terreno																
Concreto desagregado																
Afundamento																
Corrosão																2
Lixiviação																
Percolação							2									

Informações adicionais

Existência de algumas placas do passeio soltas. Algumas placas do passeio parecem ter sido colocadas invertidas (com o lado de baixo para cima). Alguns drenos estão danificados. As formas de concretagem ainda se encontram na ligação entre a supra e meso, inclusive se tratando dos aparelhos de apoio.

Dados Iniciais	
Localização	Rua Oscar Borges de Macedo Ribas
Tipo de tráfego	Transporte Coletivo
Tipo de pavimentação	Asfáltica

Pontuação para preenchimento	
0	Não Apresenta / Não perceptível
1	Pouco perceptível / Patologia pontual
2	Visível / Aparece algumas vezes na estrutura
3	Situação crítica / aparece muitas vezes
4	Esta afetando a estrutura / estrutura tomada
BC	Boas condições

Pontuação	
	25

Patologia	Infraestrutura			Mesoestrutura			Superestrutura									
	Fundação	Pilares	Encontros	Laje de proteção de talude	Aparelho de apoio	Drenagem	Laje em balanço	Tabuleiro Estrado	Viga T	Viga Caixa	Pista	Passelo	Acesso	Ala	Corrimã	Guarda Corpo
Fissura											1					
Carbonatação							2			1						
Corrosão de armaduras							1			3			2	2		
Recalque de fundações																
Juntas de dilatação danificadas																
Anomalias nos aparelhos de apoio																
Vazios de concretagem							1			1						
Danos de Colisão																
Armadura exposta							1			2			2	2		
Infiltração																
Desplacamento do concreto																
Erosão do terreno																
Concreto desagregado																
Afundamento																
Corrosão																2
Lixiviação																
Percolação							2									

Informações adicionais

Os drenos das lajes em balanço estão danificados. Existência de placas soltas, irregulares e quebradas no passelo. Asfalto da pista sob o viaduto indica sinais de lixiviação, devido a percolação causada pelos drenos. O acesso de manutenção na viga caixa encontra-se devidamente isolado.

Dados Iniciais	
Localização	Rua João Falaz
Tipo de tráfego	Transporte Coletivo
Tipo de pavimentação	Asfáltica

Pontuação para preenchimento	
0	Não Apresenta / Não perceptível
1	Pouco perceptível / Patologia pontual
2	Visível / Aparece algumas vezes na estrutura
3	Situação crítica / aparece muitas vezes
4	Esta afetando a estrutura / estrutura tomada
BC	Boas condições

Pontuação	
	34

Patologia	Infraestrutura			Mesoestrutura			Superestrutura									
	Fundação	Pilares	Encontros	Laje de proteção de talude	Aparelho de apoio	Drenagem	Laje em balanço	Tabuleiro Estrado	Viga T	Viga Caixa	Pista	Passelo	Acesso	Ala	Corrimão	Guarda Corpo
Fissura																
Carbonatação		1					2		2	2						
Corrosão de armaduras										1				1	1	
Recalque de fundações																
Juntas de dilatação danificadas																
Anomalias nos aparelhos de apoio																
Vazios de concretagem																
Danos de Colisão										1						
Armadura exposta										1				1	2	2
Infiltração										1						
Desplacamento do concreto																
Erosão do terreno												1		1		
Concreto desagregado																
Atumamento																
Corrosão																2
Lixiviação		2													2	
Percolação							2								2	

Informações adicionais: Existência de placas soltas e irregulares no passeio. Drenos danificados. Presença de lixiviação (arraste de material particulado - solo), seguida da formação de estalacite na laje em balanço.

Dados Iniciais	
Localização	Rua Padre Paulo Warcockz
Tipo de tráfego	Transporte Coletivo
Tipo de pavimentação	Asfáltica

Pontuação para preenchimento	
0	Não Apresenta / Não perceptível
1	Pouco perceptível / Patologia pontual
2	Visível / Aparece algumas vezes na estrutura
3	Situação crítica / aparece muitas vezes
4	Esta afetando a estrutura / estrutura tomada
BC	Boas condições

Pontuação	
	35

Patologia	Infraestrutura			Mesoestrutura			Superestrutura									
	Fundação	Pilares	Encontros	Laje de proteção de talude	Aparelho de apoio	Drenagem	Laje em balanço	Tabuleiro Estrado	Viga T	Viga Caixaão	Pista	Passelo	Acesso	Ala	Cortina	Guarda Corpo
Fissura											1					
Carbonatação							2									
Corrosão de armaduras										3			1	2		
Recalque de fundações																
Juntas de dilatação danificadas																
Anomalias nos aparelhos de apoio																
Vazios de concretagem							1			1						
Danos de Colisão																
Armadura exposta										3			2	2	2	2
Infiltração																
Desplacamento do concreto																
Erosão do terreno												1		2		
Concreto desagregado																
Afundamento												3				
Corrosão																2
Lixiviação				1											2	
Percolação							2									

Informações adicionais

Existência de placas soltas e irregulares no passeio. Drenos pouco danificados. O acesso de manutenção na viga caixaão encontra-se aberto, com sinais de invasão.

ANEXO B

LAUDO DE ESCLEROMETRIA

DADOS DO EQUIPAMENTO

- a) Marca do esclerômetro de reflexão: Schmidt
- b) Fabricante do esclerômetro de reflexão: Proceq SA
- c) Tipo de esclerômetro de reflexão utilizado para o ensaio: NR -10
- d) Número de fabricação do esclerômetro de reflexão: 60659
- e) Aferição do esclerômetro: 1,0

METODO DE ENSAIO

O ensaio de esclerometria foi realizado seguindo a metodologia da NBR 7584 de 1995. Todos os ensaios foram realizados com o mesmo equipamento no mesmo dia, pela mesma pessoa. A correlação dos índices fornecidos pelo equipamento e o fck da estrutura foi obtida utilizando o gráfico apresentado na Figura B.1.

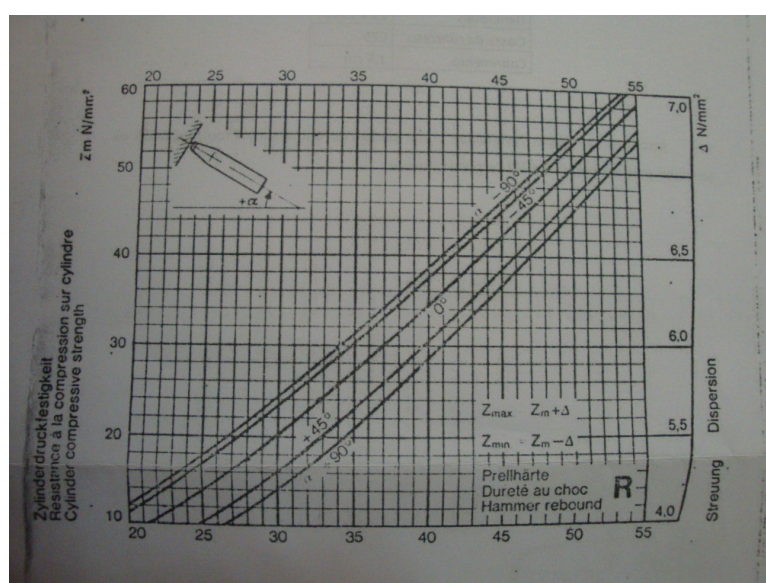


Figura B.1 - Gráfico fator esclerométrico x fck

A Figura B.2 ilustra os pontos de execução dos ensaios, levando em consideração em cada caso à possibilidade de acesso aos elementos.

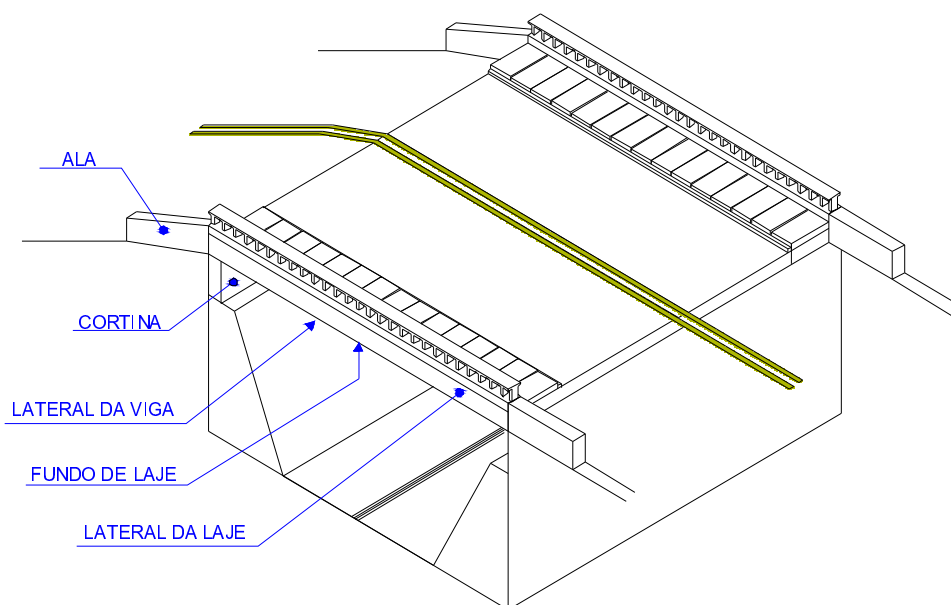


Figura B.2 - Croqui das estruturas e pontos de ensaio

Foram ensaiados dezesseis pontos a cada esclerometria, distantes 4 cm entre si.

DADOS COLETADOS

No viaduto da Rua Paulo Gorski foram escolhidos como pontos de ensaios as alas da estrutura, com o esclerômetro posicionado a 0° conforme convenção mostrada na Figura B.1. Os resultados estão apresentados no Quadro B.1.

Paulo Gorski				
Ensaio	1		2	
Peça	Ala	Média saneada	Ala	Média saneada
Ponto	1	40	40	42
	2	42	42	40
	3	42	42	41,5
	4	36	<i>Descartado</i>	40
	5	44	44	41,5
	6	42	42	42
	7	44	44	42
	8	40	40	38
	9	42	42	46
	10	40,5	40,5	41,7
	11	46	46	40
	12	41	41	42
	13	38,5	38,5	42,5
	14	46	46	41,5
	15	44	44	40
	16	42	42	40
M + 10%	46,06	Ensaio válido	45,42	Ensaio válido
M - 10%	37,69	Média saneada	37,16	Média saneada
Média	41,88	42	41,29	41
ângulo		+ 0°	ângulo	+ 0°
Índice		37	Índice	36

Quadro B.1 - Dados Paulo Gorski

4ª OAE – VIADUTO GERALDO LIPKA

No viaduto da Rua Geraldo Lipka foram escolhidos como pontos de ensaios as alas da estrutura, com o esclerômetro posicionado a 0° conforme convenção mostrada na Figura B.1. Os resultados estão apresentados no Quadro B.2.

Geraldo Lipka					
Ensaio	1		2		
Peça	Ala	Média saneada	Ala	Média saneada	
Ponto	1	29	Descartado	47	47
	2	35,5	35,5	44	44
	3	34	Descartado	44	44
	4	45	Descartado	46	46
	5	42,5	42,5	54	Descartado
	6	40	40	54,5	Descartado
	7	41	41	52	Descartado
	8	38	38	48	48
	9	38	38	47,5	47,5
	10	42,5	42,5	37	Descartado
	11	43,5	Descartado	44	44
	12	41	41	42	42
	13	39	39	46	46
	14	40	40	41	Descartado
	15	40	40	50	50
	16	38	38	44	44
M + 10%	43,11	Ensaio válido	50,94	Ensaio válido	
M - 10%	35,27	Média saneada	41,68	Média saneada	
Média	39,19	40	46,31	46	
ângulo		0°	ângulo	0°	
Índice		34	Índice	44	

Quadro B.2 - Dados Geraldo Lipka

5ª OAE – VIADUTO LUIZ MAZZETO BAGGIO

No viaduto da Rua Luiz Mazzeto Baggio foram escolhidos como pontos de ensaios os quatro pilares, duas alas, lateral e fundo de laje, uma viga longarina e uma cortina da estrutura, com o esclerômetro posicionado a 90° no fundo de laje, e nos demais pontos a 0°, conforme convenção mostrada na Figura B.1. Os resultados estão apresentados nos Quadros B.3, B.4, B.5 e B.6.

Luiz Mazzeto Baggio							
Ensaio	1			2		3	
Peça	Pilar	Média saneada	Pilar	Média saneada	Pilar	Média saneada	
Ponto	1	40,5	40,5	42	Descartado	46	46
	2	41,7	Descartado	42	Descartado	40	Descartado
	3	37	37	42	Descartado	41,5	Descartado
	4	40	40	42	Descartado	48	48
	5	33	Descartado	39	39	44	44
	6	30	Descartado	43	Descartado	50	50
	7	24	Descartado	35	35	50	50
	8	40	40	38	38	45,5	45,5
	9	42	Descartado	31	Descartado	49	49
	10	40	40	31	Descartado	51	51
	11	45	Descartado	40	40	48	48
	12	30	Descartado	43	Descartado	50	50
	13	32	Descartado	28	Descartado	44	44
	14	40	40	30	Descartado	44	44
	15	40	40	36	36	49	49
	16	40	40	26	Descartado	51,5	51,5
M + 10%	40,92	Ensaio válido	40,43	Ensaio válido	51,67	Ensaio válido	
M - 10%	33,48	Média saneada	33,08	Média saneada	42,27	Média saneada	
Média	37,20	40	36,75	38	46,97	48	
ângulo		0°		ângulo		0°	
Índice		34		Índice		31	

Quadro B.3 - Dados Luiz Mazzeto Baggio – Parte 1

Luiz Mazzeto Baggio							
Ensaio	4			5		6	
Peça	Pilar	Média saneada	Laje	Média saneada	Ala	Média saneada	
Ponto	1	50	Descartado	44	44	49	Descartado
	2	46	46	41	41	30	Descartado
	3	42	42	48,5	Descartado	40	40
	4	48	48	35	Descartado	40	40
	5	42	42	47	Descartado	40	40
	6	44	44	41	41	49	Descartado
	7	48	48	42	42	34	Descartado
	8	44	44	42,5	42,5	48	Descartado
	9	43	43	41,7	41,7	33	Descartado
	10	44	44	40	40	34	Descartado
	11	44	44	42	42	30	Descartado
	12	43,5	43,5	33	Descartado	35	35
	13	48	48	42	42	32	Descartado
	14	40	Descartado	38	38	40	40
	15	47	47	37	37	34	Descartado
	16	39	Descartado	40	40	37	37
M + 10%	48,98	Ensaio válido	45,01	Ensaio válido	41,59	Ensaio válido	
M - 10%	40,08	Média saneada	36,83	Média saneada	34,03	Média saneada	
Média	44,53	45	40,92	41	37,81	39	
ângulo		0°		ângulo		0°	
Índice		42		Índice		32	

Quadro B.4 - Dados Luiz Mazzeto Baggio – Parte 2

Luiz Mazzeto Baggio							
Ensaio	7		8		9		
Peça	Ala	Média saneada	Laje	Média saneada	Longarina	Média saneada	
Ponto	1	40	Descartado	44,5	44,5	40	Descartado
	2	47,5	47,5	59	Descartado	42	42
	3	38	Descartado	39	39	48	48
	4	45	45	40	40	40	Descartado
	5	50	50	47	47	37	Descartado
	6	50	50	42,5	42,5	52	Descartado
	7	48,5	48,5	41,5	41,5	50	Descartado
	8	52	Descartado	38	Descartado	50	Descartado
	9	46	46	42,5	42,5	40	Descartado
	10	50	50	40,5	40,5	53	Descartado
	11	40	Descartado	40	40	45	45
	12	53,5	Descartado	43	43	40	Descartado
	13	46	46	44	44	43	43
	14	46	46	42	42	44	44
	15	45,5	45,5	42	42	42	42
	16	50	50	42	42	50	Descartado
M + 10%	51,43	Ensaio válido	47,27	Ensaio válido	49,23	Ensaio válido	
M - 10%	42,08	Média saneada	38,67	Média saneada	40,28	Média saneada	
Média	46,75	48	42,97	42	44,75	44	
ângulo		0°		ângulo		0°	
Índice		47		Índice		37	

Quadro B.5 – Dados Luiz Mazzeto Baggio – Parte 3

Luiz Mazzeto Baggio					
Ensaio	10		11		
Peça	Cortina	Média saneada	Laje (Fundo)	Média saneada	
Ponto	1	43	43	46	Descartado
	2	43	43	36	Descartado
	3	52	Descartado	49	Descartado
	4	36	Descartado	42	42
	5	42	42	35	Descartado
	6	39	Descartado	47	Descartado
	7	41	41	30	Descartado
	8	49	Descartado	51	Descartado
	9	42	42	41	41
	10	51	Descartado	43	43
	11	48	48	36	Descartado
	12	51	Descartado	40	40
	13	42	42	44	44
	14	42	42	46	Descartado
	15	40	40	34	Descartado
	16	40	40	42	42
M + 10%	48,19	Ensaio válido	45,51	Ensaio válido	
M - 10%	39,43	Média saneada	37,24	Média saneada	
Média	43,81	42	41,38	42	
ângulo		0°		ângulo + 90°	
Índice		37		Índice 32	

Quadro B.6 - Dados Luiz Mazzeto Baggio – Parte 4

6ª OAE – VIADUTO DOUTOR VICENTE BASÍLIO DE CASTRO

No viaduto da Rua Doutor Basílio Vicente de Castro foram escolhidos como pontos de ensaios duas alas, fundo de laje, uma viga longarina e uma cortina da estrutura, com o esclerômetro posicionado a 90° no fundo de laje, e nos demais pontos a 0°, conforme convenção mostrada na Figura B.1. Os resultados estão apresentados nos Quadros B.7 e B.8.

Doutor Basílio Vicente de Castro							
Ensaio	1		2		3		
Peça	Ala	Média saneada	Ala	Média saneada	Longarina	Média saneada	
Ponto	1	50	Descartado	42	42	50	Descartado
	2	48	48	45	Descartado	50	Descartado
	3	44	44	40,5	40,5	54	Descartado
	4	43	43	35	Descartado	42	42
	5	42	42	38	38	42	42
	6	42	42	33	Descartado	42	42
	7	44	44	44	Descartado	42	42
	8	43,5	43,5	39	39	42	42
	9	40	40	40	40	49	49
	10	44	44	38	38	40	Descartado
	11	40	40	40	40	43	43
	12	42	42	38,5	38,5	46	46
	13	48	48	42	42	40	Descartado
	14	43	43	26	Descartado	42	42
	15	46	46	41,5	41,5	48	48
	16	44	44	43	43	43	43
M + 10%	48,37	Ensaio válido	43,00	Ensaio válido	49,16	Ensaio válido	
M - 10%	39,57	Média saneada	35,18	Média saneada	40,22	Média saneada	
Média	43,97	44	39,09	40	44,69	44	
ângulo	0°		ângulo	0°		ângulo	0°
Índice	41		Índice	34		Índice	41

Quadro B.7 - Dados Doutor Basílio Vicente de Castro – Parte 1

Doutor Basílio Vicente de Castro					
Ensaio	4			5	
Peça	Cortina	Média saneada	Laje (Fundo)	Média saneada	
Ponto	1	54	54	52	52
	2	52	52	50	50
	3	53	53	46	<i>Descartado</i>
	4	50	50	51	51
	5	50	50	54	54
	6	52	52	54	54
	7	50	50	56	56
	8	46	<i>Descartado</i>	54	54
	9	50	50	54	54
	10	50	50	49	49
	11	56	56	49	49
	12	50	50	54	54
	13	52	52	54	54
	14	51	51	52	52
	15	54	54	54	54
	16	54	54	52	52
M + 10%	56,65	Ensaio válido	57,41	Ensaio válido	
M - 10%	46,35	Média saneada	46,97	Média saneada	
Média	51,50	52	52,19	53	
ângulo		0°	ângulo	+ 90°	
Índice		53	Índice	50	

Quadro B.8 - Dados Doutor Basílio Vicente de Castro – Parte 2

7ª OAE – VIADUTO OSCAR BORGES DE MACEDO RIBAS

No viaduto da Rua Oscar Borges de Macedo Ribas foram escolhidos como pontos de ensaios duas alas, fundo de laje, uma viga longarina e uma cortina da estrutura, com o esclerômetro posicionado a 90° no fundo de laje, e nos demais pontos a 0°, conforme convenção mostrada na Figura B.1. Os resultados estão apresentados nos Quadros B.9 e B.10.

Oscar Borges de Macedo Ribas							
Ensaio	1		2		3		
Peça	Ala	Média saneada	Laje	Média saneada	Ala	Média saneada	
Ponto	1	37	37	57	57	52	Descartado
	2	37	37	55	55	44	44
	3	22	Descartado	54	54	40	40
	4	45	Descartado	51	51	42	42
	5	40	40	58	58	42	42
	6	41	41	56	56	48	Descartado
	7	28	Descartado	55	55	50	Descartado
	8	42,5	Descartado	58,5	58,5	42	42
	9	39	39	54	54	40	40
	10	46	Descartado	52	52	40	40
	11	44	Descartado	60	60	44	44
	12	37	37	58	58	38	Descartado
	13	36,5	36,5	60	60	40	40
	14	44	Descartado	56	56	45	45
	15	38	38	56	56	42	42
	16	36	36	52	52	42	42
M + 10%	42,14	Ensaio válido	61,36	Ensaio válido	47,51	Ensaio válido	
M - 10%	34,48	Média saneada	50,20	Média saneada	38,87	Média saneada	
Média	38,31	38	55,78	56	43,19	42	
ângulo		0°	ângulo	0°	ângulo	0°	
Índice		31	Índice	60	Índice	37	

Quadro B.9 - Dados Oscar Borges de Macedo Ribas – Parte 1

Oscar Borges de Macedo Ribas							
Ensaio	4		5		6		
Peça	Cortina	Média saneada	Laje (Fundo)	Média saneada	Longarina	Média saneada	
Ponto	1	56	Descartado	43	43	51	Descartado
	2	44	44	35	Descartado	48	48
	3	49	49	40	Descartado	50	Descartado
	4	45	45	43	43	43	43
	5	47	47	55	Descartado	45	45
	6	49	49	50	50	44	44
	7	50	50	38	Descartado	42	42
	8	49	49	42	42	40	Descartado
	9	46	46	40	Descartado	45	45
	10	45	45	46	46	48	48
	11	43	43	54	Descartado	41	41
	12	43	43	47	47	42	42
	13	50	50	50	50	50	Descartado
	14	46	46	53	Descartado	42	42
	15	44	44	48	48	43	43
	16	44	44	50	50	47	47
M + 10%	51,56	Ensaio válido	50,46	Ensaio válido	49,57	Ensaio válido	
M - 10%	42,19	Média saneada	41,29	Média saneada	40,56	Média saneada	
Média	46,88	46	45,88	47	45,06	44	
ângulo		0°	ângulo	+ 90°	ângulo	0°	
Índice		44	Índice	40	Índice	41	

Quadro B.10 - Dados Oscar Borges de Macedo Ribas – Parte 2

8ª OAE – VIADUTO JOÃO FALARZ

No viaduto da Rua Viaduto João Falarz foram escolhidos como pontos de ensaios fundo de laje, uma viga longarina e uma cortina da estrutura, com o esclerômetro posicionado a 90° no fundo de laje, e nos demais pontos a 0°, conforme convenção mostrada na Figura B.1. Os resultados estão apresentados no Quadro B.11.

João Falarz							
Ensaio	1		2		3		
Peça	Longarina	Média saneada	Laje (Fundo)	Média saneada	Cortina	Média saneada	
Ponto	1	48	Descartado	50	50	42	Descartado
	2	45	Descartado	46	46	42	Descartado
	3	56	56	48	48	42	Descartado
	4	49	49	26	Descartado	51	51
	5	52	52	52	52	48	48
	6	57	57	48	48	54	Descartado
	7	54	54	50	50	50	50
	8	54	54	45	45	46	46
	9	54	54	53	Descartado	50	50
	10	57	57	50	50	52	52
	11	56	56	49	49	52	52
	12	53	53	49	49	47	47
	13	56	56	44	44	46	46
	14	54	54	46	46	50	50
	15	58	58	50	50	52	52
	16	56	56	52	52	40	Descartado
M + 10%	59,06	Ensaio válido	52,11	Ensaio válido	52,53	Ensaio válido	
M - 10%	48,32	Média saneada	42,64	Média saneada	42,98	Média saneada	
Média	53,69	55	47,38	49	47,75	49	
ângulo	0°		ângulo	+ 90°		ângulo	0°
Índice	60		Índice	43		Índice	48

Quadro B.11 - Dados João Falarz

9ª OAE – VIADUTO PADRE PAULO WARKOCZ

No viaduto da Rua Viaduto Padre Paulo Warkocz foram escolhidos como pontos de ensaios duas alas, fundo de laje, cortina da estrutura, com o esclerômetro posicionado a 90° no fundo de laje, e a 0° nos outros, conforme convenção mostrada na Figura B.. Os resultados estão apresentados nos Quadros B.12 e B.13.

Padre Paulo Warkocz					
Ensaio	1		2		
Peça	Ala	Média saneada	Ala	Média saneada	
Ponto	1	38	38	45	Descartado
	2	36	36	39,5	39,5
	3	40	40	38	38
	4	46	Descartado	41,5	41,5
	5	34	Descartado	39	39
	6	36	36	41	41
	7	35	Descartado	41	41
	8	42	42	42	42
	9	40	40	39	39
	10	38	38	37,5	37,5
	11	40	40	39	39
	12	40	40	42	42
	13	39	39	37	37
	14	40	40	39	39
	15	42	42	41	41
	16	42	42	37,5	37,5
M + 10%	43,18	Ensaio válido	43,93	Ensaio válido	
M - 10%	35,33	Média saneada	35,94	Média saneada	
Média	39,25	39	39,94	40	
ângulo		0°	ângulo	0°	
Índice		33	Índice	44	

Quadro B.12 - Dados Padre Paulo Warkocz – Parte 1

Padre Paulo Warkocz					
Ensaio	3		4		
Peça	Laje (Fundo)	Média saneada	Longarina	Média saneada	
Ponto	1	50	50	44	44
	2	43,5	43,5	47	47
	3	46	46	42	42
	4	50	50	42	42
	5	54	Descartado	44	44
	6	48	48	38	Descartado
	7	46,5	46,5	47	47
	8	42	Descartado	50	Descartado
	9	46	46	36	Descartado
	10	48	48	47	47
	11	46	46	41	41
	12	45,5	45,5	41	41
	13	48	48	44	44
	14	44	44	46	46
	15	50	50	40	40
	16	44	44	46	46
M + 10%	51,67	Ensaio válido	47,78	Ensaio válido	
M - 10%	42,27	Média saneada	39,09	Média saneada	
Média	46,97	47	43,44	44	
ângulo		+ 90°	ângulo	0°	
Índice		40	Índice	41	

Quadro B.13 - Dados Padre Paulo Warkocz – Parte 2

RESULTADOS

Os resultados das esclerometrias constam no Quadro B.14.

OBRA DE ARTE ESPECIAL	fcm Ensaio (MPa)
Paulo Gorski	36,5
Geraldo Lipka	39,0
Luiz Mazzeto Baggio	37,5
Doutor Basilio Vicente de Castro	43,8
Oscar Borges de Macedo Ribas	42,2
João Falarz	50,3
Padre Paulo Warkocz	39,5

Quadro B.14 - Resultados