

FÁBIO CARDOSO DE MATOS

**GERÊNCIA DA MANUTENÇÃO DA SUPERFÍCIE DE  
ROLAMENTO DE VIAS URBANAS UTILIZANDO SIG**



Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Florianópolis, setembro de 2004

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**GERÊNCIA DA MANUTENÇÃO DA SUPERFÍCIE DE ROLAMENTO  
DE VIAS URBANAS UTILIZANDO SIG**

**FÁBIO CARDOSO DE MATOS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Infra-estrutura e Gerência Viária

Orientador: Prof. Ismael Ulysséa Neto, Ph.D.

Co-Orientador: Prof. Dr. Antônio Fortunato Marcon

Florianópolis, setembro de 2004



***EPÍGRAFE***

*“Um homem inteligente só deixa de aprender à beira de seu próprio túmulo”.*

*Confúcio*

*“Uma mente que se abre a novas idéias, jamais volta ao seu tamanho original”.*

*Albert Einstein*

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho:

Ao meu pai, Abílio Ortiz de Matos meu guia maior, que abdicou de seus sonhos para que eu pudesse realizar os meus.

Aos entes queridos que perdi ao longo dos anos da realização desta dissertação, minha mãe Francisca Cardoso de Matos, meu avô Lourival Coelho de Matos, ao amigo Neri Silveira e a grande amiga Juliana Cavalcanti.

À minha outra mãe, Maria de Jesus Leão Cardoso, minha família e aos amigos.

E a Deus que me concedeu vontade, paciência e conhecimento para que eu pudesse completar com êxito esta etapa de minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Ismael Ulysséa Neto, que me orientou e teve paciência e dedicação para comigo nos momentos mais difíceis. Ao professor Antônio Fortunato Marcon que sempre me apoiou e incentivou ao longo deste trabalho.

Ao professor Leto Momm, que sempre se mostrou presente e auxiliou bastante na realização dos ensaios desta pesquisa, a quem tenho muita gratidão. Aos demais professores da Área de Infra-estrutura e Gerência Viária que contribuíram demais para o aperfeiçoamento de meus conhecimentos.

Ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina e a seus funcionários Flavia, Vanir, Vivian Fagundes, e em especial Marinea Vieira, uma pessoa muito dedicada a seu trabalho e sempre disposta a ajudar s alunos da pós-graduação em engenharia civil.

Ao CNPq por ter me concedido bolsa de estudos, sem a qual seria difícil manter minha permanência nesta cidade.

Ao Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Joinville e seus engenheiros Gilberto e Lia, pela disponibilidade e apoio técnico ao trabalho. Aos engenheiros da Divisão de Pavimentação de Joinville Mario Zata e Juliano, e à Michele pela atenção e educação. À CONURB e seus Engenheiros Eduardo e Fábio Alonso, e aos dois policiais destacados para auxiliar na realização dos ensaios.

À minha família meu pai, minhas mães, meu irmãos e irmã, Letícia, Val e a Kati. Minha prima Dayse, a toda família que mora no Pará e em São Paulo. Ao meu tio Edson Ortiz de Matos e família, que sempre me apoiou e incentivou a continuar meus estudos aqui em Florianópolis, a quem tenho como um exemplo de determinação.

Aos amigos Marcelo Henrique da Silva e Marilan Dumke, que se disponibilizaram a me ajudar nos ensaios de campo na cidade de Joinville, por quem eu tenho grande apreço.

À grande amiga Rosemeri Michael que me ajudou na realização das inferências estatísticas, além do apoio moral e incentivo.

Aos amigos do mestrado João Brito, Dalton Guilherme, Mauricio Franco, Michele Wohlmeister e Everaldo Valenga, sem os quais talvez eu não pudesse terminar esta dissertação e que com certeza jamais esquecerei, bem como também Peterlini, Armando, Marcio, Diogo, Felix, Gomes, Lílian, André, Rubem, Alexandre, entre outros.

Às famílias Silveira e Pazeto, que me acolheram e sempre me trataram como se fosse um membro de suas famílias.

Aos amigos do Pará e de outros estados Fabrício, Ítalo, Izabel, Helaine, Cláudio, Cinthia, Flavio, Bruna, Chris, Jarita, Vinicius, Lucas, entre outros, por quem tenho profunda amizade e que considero uma nova família aqui em Florianópolis.

Aos amigos de todas as horas Joe Ferry e família, Tais, Tânia e Tiana de Lima, Edson Tele, Luisa Dergman, Chico Dergann, João Batista, Carlos Raposa, Adilson Natureza e família, Idete Teles.

Um obrigado especial aos amigos que me deram apoio nas horas difíceis, Tatiana Abrão, Gerli Mägi, Courtney Mahar, Maika Böhm e em especial a Larissa Klein, uma pessoa muito importante em minha vida, à quem devo muito.

## SUMÁRIO

### LISTA DE TABELAS

### LISTA DE FIGURAS

### RESUMO

### ABSTRACT

<b>1</b>	<b>– INTRODUÇÃO.....</b>	<b>01</b>
<b>1.1</b>	<b>– Considerações Iniciais.....</b>	<b>01</b>
<b>1.2</b>	<b>– Objetivos da Pesquisa.....</b>	<b>02</b>
<b>1.2.1</b>	<b>– Objetivo geral.....</b>	<b>02</b>
<b>1.2.2</b>	<b>– Objetivos específicos.....</b>	<b>03</b>
<b>1.3</b>	<b>– Justificativa.....</b>	<b>03</b>
<b>1.4</b>	<b>– Limitações da Pesquisa.....</b>	<b>04</b>
<b>1.5</b>	<b>– Estrutura da Dissertação.....</b>	<b>05</b>
<b>2</b>	<b>– REFERENCIAL TEÓRICO DO TRABALHO.....</b>	<b>07</b>
<b>2.1</b>	<b>– Gerência de Pavimentos.....</b>	<b>07</b>
2.1.1	– Considerações iniciais .....	07
2.1.2	– Objetivos da gerência de pavimentos.....	08
2.1.3	– Sistema de Gerenciamento de Pavimentos – SGP.....	08
2.1.4	– Níveis de um SGP.....	12
2.1.5	– Sistema de Gerenciamento de Manutenção de Pavimentos – S.G.M.P.Urb.....	18
2.1.6	– Serviços de tapa buracos e selagem de trincas.....	18
2.1.7	– Serviços de rejuvenescimento de revestimentos asfáltico.....	19
<b>2.2</b>	<b>– Avaliação de Pavimentos Flexíveis.....</b>	<b>19</b>
2.2.1	– Deterioração dos pavimentos.....	20
2.2.2	– Métodos de análise e avaliação dos defeitos de superfície.....	20
2.2.3	– Avaliação funcional de pavimentos.....	23
<b>2.3</b>	<b>– Utilização de Parâmetros de Tráfego em Estudos de Dimensionamento e Manutenção de Pavimentos.....</b>	<b>24</b>
<b>2.4</b>	<b>– Avaliação da Macrotextura dos Revestimentos Asfálticos.....</b>	<b>25</b>
2.4.1	– Aspectos gerais sobre a aderência pneu – pavimento.....	25

2.4.2 – Atrito entre pneu e revestimento.....	27
2.4.3 – Textura dos revestimentos asfálticos.....	28
<b>2.5 – Sistema de Informações Geográficas – SIG .....</b>	<b>29</b>
2.5.1 – Origem dos SIG's.....	30
2.5.2 – Componentes de um SIG.....	31
2.5.3 – Estrutura de um SIG.....	32
2.5.4 – ArcView GIS 3.1.....	33
<b>2.6 – Metodologia de FREITAS (2002).....</b>	<b>34</b>
2.6.1 – Introdução.....	34
2.6.2 – Defeitos de superfície.....	34
2.6.3 – Método para avaliação dos defeitos de superfície.....	38
2.6.4 – Metodologia de cálculo do IFP.....	39
2.6.5 – Visualização dos resultados.....	39
<b>3 – METODOLOGIA DO TRABALHO.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1 – Introdução.....</b>	<b>41</b>
<b>3.2 – Desenvolvimento de Índice de Funcionalidade de Pavimentos.....</b>	<b>41</b>
3.2.1 – Identificação dos defeitos de superfície em pavimentos flexíveis.....	41
3.2.2 – Ponderação para os defeitos de superfície.....	42
3.2.3 – Cálculo do IFP.....	42
<b>3.3 – A Variável Solicitação de Tráfego.....</b>	<b>43</b>
<b>3.4 – Ensaios para Obtenção da Macrotextura de Pavimentos Asfálticos.....</b>	<b>44</b>
3.4.1 – Ensaio de mancha de areia.....	44
3.4.2 – Ensaio de drenabilidade.....	48
<b>4 – COLETA E ANÁLISE DOS DADOS.....</b>	<b>52</b>
<b>4.1 – Caracterização da área de estudo.....</b>	<b>52</b>
4.1.1 – Cidade de Joinville.....	52
4.1.2 – Malha viária e sistema de transporte.....	54
4.1.3 – Delimitação da área de estudo.....	56
<b>4.2 – Dados Necessários à Realização da Pesquisa.....</b>	<b>60</b>
4.2.1 – Volume e composição do tráfego de veículos.....	60
4.2.2 – Defeitos de superfície no pavimento flexível.....	61
4.2.3 – Mapas digitalizados da área de estudo.....	61
4.2.4 – Tipo de revestimento da via.....	61
4.2.5 – Rugosidade superficial dos revestimentos dos pavimentos flexíveis.....	62

<b>4.3 – Análise Descritiva dos Dados.....</b>	<b>63</b>
4.3.1 – Composições de tráfego.....	63
4.3.2 – Volumes de tráfego por faixa.....	63
4.3.3 – Índice de rugosidade de revestimentos asfálticos .....	65
4.3.4 – Índice de Funcionalidade de Pavimentos.....	73
<b>5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>74</b>
<b>5.1 – Geração de Mapas Temáticos.....</b>	<b>74</b>
<b>5.2 – Análise Comparativa dos Dados.....</b>	<b>84</b>
5.2.1 – Consulta QUERY.....	84
5.2.2 – Análise dos segmentos prioritários pelo método proposto.....	88
<b>6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>94</b>
<b>6.1 – Conclusões.....</b>	<b>94</b>
<b>6.2 – Recomendações para Trabalhos Futuros.....</b>	<b>97</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>98</b>
<b>BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR.....</b>	<b>102</b>
<b>REFERÊNCIAS DA INTERNET.....</b>	<b>105</b>
<b>ANEXO A</b>	
<b>ANEXO B</b>	
<b>ANEXO C</b>	
<b>ANEXO D</b>	
<b>ANEXO E</b>	

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b> – Valor do fator de ponderação.....	23
<b>Tabela 2.2</b> – Condição do pavimento em função do IGG.....	23
<b>Tabela 2.3</b> – Classificação das condições superficiais do pavimento.....	40
<b>Tabela 3.1</b> – Pesos adotados por DNIT 006/2003-PRO e FREITAS (2002).....	42
<b>Tabela 3.2</b> – Classificação das condições superficiais do pavimento pela metodologia proposta.....	43
<b>Tabela 3.3</b> – Classificação da macrotextura tendo como parâmetro a altura média de areia – HS.....	48
<b>Tabela 3.4</b> – Aplicação em função da altura média de areia HS.....	48
<b>Tabela 4.1</b> – Malha viária do Município de Joinville.....	54
<b>Tabela 4.2</b> – Especificações das vias dentro da área de estudo.....	55
<b>Tabela 4.3</b> – Frota de Veículos do Município de Joinville.....	56
<b>Tabela 4.4</b> – Volumes de tráfego por faixa de rolamento.....	64
<b>Tabela 4.5</b> – Valor dos diâmetros obtidos nos ensaios de mancha de areia (em cm).....	66
<b>Tabela 4.6</b> – Resultados calculados de HS.....	67
<b>Tabela 4.7</b> – Aplicação dos revestimentos em função de HS.....	68
<b>Tabela 4.8</b> – Resultado dos ensaios de drenabilidade (min.).....	69
<b>Tabela 4.9</b> – Valor de tempo de escoamento convertido em HS.....	70
<b>Tabela 4.10</b> – Valores expandidos da macrotextura para toda a área de abrangência.....	71
<b>Tabela 5.1</b> – Lista de vias que foram analisadas.....	89
<b>Tabela 5.2</b> – Trechos prioritários que foram selecionados pelo ArcView.....	91
<b>Tabela 5.3</b> – Ordem dos trechos a receber os serviços de reabilitação pela “ordem a”.....	92
<b>Tabela 5.4</b> – Ordem dos trechos considerando apenas o IFP (proposto).....	93
<b>Tabela 5.5</b> – Ordem dos trechos a receber os serviços de reabilitação pela “ordem b”.....	93

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1a</b> – Demarcação de estação de avaliação para pista simples.....	22
<b>Figura 2.1b</b> – Demarcação de estação de avaliação para pista dupla.....	22
<b>Figura 2.2</b> – Trincamento FC-3.....	35
<b>Figura 2.3</b> – Panela ou buraco.....	35
<b>Figura 2.4</b> – Afundamento na trilha de roda.....	36
<b>Figura 2.5</b> – Janela do software ArcView.....	40
<b>Figura 3.1</b> – Equipamentos utilizados no ensaio de Mancha de Areia.....	45
<b>Figura 3.2</b> – Limpeza da superfície antes realização do ensaio.....	45
<b>Figura 3.3</b> – Espalhando a amostra de areia sobre a superfície do revestimento.....	46
<b>Figura 3.4</b> – Espalhamento da amostra de areia usando o soquete.....	46
<b>Figura 3.5</b> – Medição do circulo e areia feita com defasagem de 60°.....	47
<b>Figura 3.6</b> – Drenômetro (LTP/EPUSP) e galão de água.....	49
<b>Figura 3.7</b> – Local sendo molhado para receber ensaio de drenabilidade.....	50
<b>Figura 3.8</b> – Enchimento do drenômetro com água até o segundo menisco.....	50
<b>Figura 3.9</b> – Um operador registrando o tempo de escoamento e o outro liberando a rolha do drenômetro fazendo escoar a água.....	51
<b>Figura 4.1</b> – Localização da cidade de Joinville na América Latina.....	52
<b>Figura 4.2</b> – Município de Joinville.....	53
<b>Figura 4.3</b> – Mapa dos bairros do Município de Joinville.....	57
<b>Figura 4.4</b> – Mapa do bairro de Santo Antônio.....	58
<b>Figura 4.5</b> – Mapa do bairro de Bom retiro.....	59
<b>Figura 4.6</b> – Ilustração dos ensaios de mancha de areia.....	66
<b>Figura 5.1</b> – Vista da área de estudo (bairros Bom Retiro e Santo Antônio).....	75
<b>Figura 5.2</b> – Tabela inventario de defeitos desenvolvida por FREITAS (2002).....	77
<b>Figura 5.3</b> – Visualização da condição dos pavimentos desenvolvidas por FREITAS (2002).....	78
<b>Figura 5.4</b> – Tabela com as informações digitadas diretamente no ArcView.....	80
<b>Figura 5.5</b> – Visualização das condições dos pavimentos obtidas com a metodologia de FREITAS (2002), porém com os pesos preconizados pelo DNIT (2003).....	81
<b>Figura 5.6</b> – Visualização do tema “funcionalidade das vias”.....	82
<b>Figura 5.7</b> – Visualização do tema Macrotextura.....	83
<b>Figura 5.8</b> – Botão da QUERY BUILDER e o tema “macrotextura” em destaque.....	85

<b>Figura 5.9</b> – Janela da ferramenta QUERY BUILDER.....	85
<b>Figura 5.10</b> – Equação desenvolvida para consulta QUERY.....	86
<b>Figura 5.11</b> – Resultado da Consulta QUERY.....	87
<b>Figura 5.12</b> – Lista de trechos prioritários selecionados em amarelo.....	90

## RESUMO

MATOS, F. C. de. **Gerência da Manutenção da superfície de Rolamento de Vias Urbanas utilizando**. Florianópolis, 2004. 125p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

Este trabalho propõe um método para a avaliação das condições funcionais de revestimentos de pavimentos flexíveis urbanos, para fins de manutenção. Além dos defeitos de superfície, normalmente considerados, o método proposto leva em conta a macrotextura do revestimento e a composição e o volume de tráfego por faixa. Para os revestimentos flexíveis foi definido um Índice de Funcionalidade do Pavimento – IFP, baseado no método proposto por FREITAS (2002), utilizando as ponderações de defeitos preconizadas pelo procedimento DNIT 006/2003-PRO. Sendo a área de estudo uma área urbana, levou-se em conta a composição do tráfego. Considerou-se três tipos de veículos: automóveis, ônibus e caminhões, diferindo das metodologias convencionais que desconsideram o tráfego de automóveis ou assumem baixos percentuais de volumes de tráfego para estes. Em áreas urbanas, onde o tráfego de automóveis é majoritário, algumas vias com altos percentuais de veículos pesados (caminhões e ônibus) merecem ser destacadas das demais, tendo em vista que estes contribuem mais significativamente para o desgaste superficial dos revestimentos asfálticos. Todas estas informações foram armazenadas e processadas em ambiente SIG, com o objetivo de facilitar o manuseio, o processamento, a visualização e a análise dos dados coletados. A determinação e a visualização dos segmentos viários em condições mais desfavoráveis é realizada, comprovando-se a utilidade do método proposto para fins de priorização dos trechos mais necessitados de intervenções de manutenção. O método proposto mostrou-se vantajoso, como uma complementação dos demais, no aperfeiçoamento dos Sistemas de Gerência de Manutenção de Pavimentos Urbanos – SGMPU. Concluiu-se que o método proposto oferece um aperfeiçoamento em relação à avaliação funcional dos pavimentos e em relação ao tratamento do tráfego veicular. Sugestões são dadas no sentido do aperfeiçoamento dos métodos analisados, no contexto da formulação de Sistemas de Gerência de Pavimentos Urbanos que atendam as necessidades das cidades brasileiras.

Palavras-chave: Pavimento flexível – macrotextura – defeitos de superfície – volumes de tráfego – IFP – SIG

## ABSTRACT

MATOS, F. C. de. **Management of Maintenance of the surface of Urban Roads using GIS**. Florianópolis, 2004. 125p. Dissertation (Master Degree in Civil Engineer) – Post Graduation in Civil Engineer, Federal University of Santa Catarina.

This work proposes a method for evaluating the surface conditions of urban flexible pavements, for maintenance purposes. Besides the consideration of the usual surface defects, the method takes into account the surface macrotexture and the traffic composition and volume by lane. A pavement functionality index (IFP), based upon FREITAS's method (FREITAS, 2002), has been defined, though using the defect weights recommended by the procedure DNIT 006/2003 PRO. Regarding the traffic parameters, it has been considered three vehicle categories: cars, buses and lorries. This differentiates the method from the conventional ones which disregard the effects of cars assume low percentages of these vehicles. This is particularly important in urban areas, where the volume of cars prevails over other vehicles volumes and, therefore, the streets with significant percentages of traffic volume of heavy vehicles (buses and lorries) should be highlighted, since these latter affect more significantly the pavement conditions. The above mentioned information has been inserted in a Geographic Information Systems (GIS) with the aim at facilitating the handling, the processing, the visualization and the analysis of the data. Both the identification and visualization of the worse segments have been achieved, showing the usefulness of the proposed method for prioritizing the most needing segments regarding maintenance intervention. The proposed method has shown to be advantageous, as a complement to others, in the context of searching for better urban pavement management systems. It was concluded that the proposed method offers an improvement over the pavement surface conditions assessment and traffic parameters consideration. Suggestions to further improve the pavement surface assessment methods are made within the broad aim at improving the urban pavement management systems, for the Brazilian cities.

Key-words: flexible pavement – macrotexture – surface defects – traffic volume – IFP – GIS

# 1 – INTRODUÇÃO

## 1.1 – Considerações Iniciais

A partir da década de 50, verificou-se em todo o mundo, principalmente nos países desenvolvidos, um crescimento significativo de suas malhas viárias, objetivando atender a crescente demanda de circulação de veículos de carga. Juntamente com esse crescimento, houve também o desenvolvimento de novos materiais e novos processos relacionados à construção e manutenção de rodovias.

O crescente e descontrolado aumento populacional em países emergentes (como o Brasil), por outro lado, acarretou um aumento na geração de viagens, conseqüentemente aumentando o número de veículos que trafegam nas rodovias rurais e urbanas desses países.

No Brasil, esses acréscimos nos volumes de tráfego não vêm sendo acompanhados dos investimentos que seriam necessários na manutenção da malha rodoviária. Esse descompasso traz consigo deseconomias que se acumulam ao longo do tempo e fazem aumentar, cada vez mais, as necessidades de serviços de conservação e restauração, principalmente, com o propósito de:

- preservar os investimentos já feitos na rede;
- reduzir os custos de intervenção na rede;
- manter os custos de operação dos veículos em níveis aceitáveis;
- reduzir os tempos de viagem;
- melhorar o conforto e a segurança dos usuários;
- reduzir o número de acidentes nas rodovias.

Parece haver um consenso entre os especialistas em pavimentação rodoviária de que o peso de um automóvel pouco afeta a integridade física de um pavimento, quando comparado a um caminhão. Entretanto, é sabido que o grande número de repetições de passagens dos pneus sobre o revestimento de um pavimento, provoca uma aceleração de sua deterioração superficial (perda da aderência pneu/pavimento, desenvolvimento de trincas e panelas, etc), sejam estes pneus de caminhões ou de automóveis.

Assim, fica clara a necessidade do conhecimento do volume total e composição do tráfego que passa sobre o revestimento (solicitação por faixa de tráfego), quando da elaboração de um programa de gerência de manutenção. A partir desta constatação, pode-se inferir sobre a necessidade de uma adequação dos métodos de manutenção dos pavimentos urbanos, uma vez que esses últimos, salvo algumas exceções, apresentam composições de tráfego com predominância flagrante de automóveis.

O desenvolvimento de um índice de funcionalidade para revestimentos asfálticos de vias urbanas, que possa ser utilizado juntamente com um valor medido da rugosidade do mesmo revestimento asfáltico, seria importante na identificação dos trechos mais necessitados de intervenções corretivas.

Mais ainda, com o intuito de facilitar o entendimento e a visualização dos resultados da aplicação de um método de priorização de trechos viários urbanos, para fins de manutenção, seria importante inserir uma análise dos índices acima mencionados em um Sistema de Informações Geográficas – SIG. Desta forma, a partir de um mapa digital georeferenciado da malha viária urbana, poder-se-ia identificar e visualizar, em ambiente SIG, as vias em condições mais desfavoráveis em termos de: a) condições superficiais, b) volumes de tráfego e percentuais de veículos pesados, por faixa, e c) condições da rugosidade do revestimento relativamente à funcionalidade da via (velocidade máxima permitida) no sistema viário da área de estudo.

## **1.2 – Objetivos da Pesquisa**

### **1.2.1 – Objetivo geral**

O objetivo terminal deste trabalho é considerar a influência do volume e composição do tráfego de veículos, por faixa, juntamente com a rugosidade do revestimento, na análise de prioridade de intervenções de manutenção na superfície de rolamento de revestimentos flexíveis em áreas urbanas. Tal análise deverá, também, levar em consideração o estado de conservação dos revestimentos asfálticos (incidência e severidade de defeitos de superfície). Estas informações serão inseridas em um Sistema de Informações Geográficas – SIG, de maneira a facilitar a identificação dos trechos mais desfavoráveis e a visualização dos trechos evidenciados pelas QUERIES envolvendo as combinações dos fatores (índices) acima arrolados.

### **1.2.2 – Objetivos específicos**

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Identificar e analisar as informações referentes ao tráfego de veículos consideradas relevantes para os programas de manutenção de revestimentos urbanos, destacando não só a quantidade, mas também os tipos de veículos que compõem este tráfego e sua distribuição por faixa;
- Analisar os procedimentos de identificação e caracterização de defeitos nos revestimentos flexíveis, utilizados para fins de priorização de intervenções;
- Incorporar a macrotextura (rugosidade) dos revestimentos flexíveis na análise de prioridade, objetivando trazer à consideração o estado de conservação do revestimento, relativamente à sua funcionalidade na malha viária da área de estudo;
- Inserir as informações acima, na forma de atributos dos segmentos viários, em um Sistema de Informações Geográficas – SIG, com o intuito de facilitar a identificação e a visualização das vias mais degradadas e que deverão sofrer, prioritariamente, intervenções de manutenção;
- Testar a operacionalidade do procedimento proposto, mediante um estudo de caso nos bairros Bom Retiro e Santo Antônio, da cidade de Joinville – SC, e realizar uma análise comparativa com o procedimento de análise e priorização de segmentos viários desenvolvido por Freitas (2002).

### **1.3 – Justificativa**

As rodovias e as vias urbanas brasileiras, de uma maneira geral, se apresentam em más condições de conservação, devido a diversos fatores. Dentre esses fatores, destaca-se o crescente aumento do tráfego de veículos sobre as vias, principalmente em áreas urbanas. O tráfego de veículos é uma das mais importantes variáveis a serem avaliadas para o dimensionamento, restauração e manutenção de pavimentos. É importante destacar que, neste trabalho, serão levados em consideração apenas os métodos de priorização utilizados na manutenção de revestimentos de pavimentos flexíveis. Não serão abordados, portanto, os métodos de dimensionamento e restauração desses pavimentos e nem de pavimentos rígidos,

intertravados, ou pavimentos drenantes (devido à impossibilidade de se avaliar a macro-textura desses tipos de revestimentos através dos métodos propostos neste trabalho).

No caso de vias urbanas, onde os volumes de tráfego são majoritariamente compostos por automóveis (veículos leves), costuma-se fazer simples adaptações dos métodos utilizados em rodovias.

Este trabalho tem por objetivo desenvolver um método de avaliação funcional de revestimentos asfálticos, que incorpore uma avaliação mais acurada da influência do tráfego de veículos e considere, também, o fluxo de automóveis sobre a via. O tráfego pesado das vias servirá como critério complementar à priorização para os serviços de manutenção dessas vias.

A macrotextura dos revestimentos sofre modificações consideráveis pela ação do tráfego, alterando as condições de conforto ao rolamento e podendo comprometer a aderência pneu/pavimento (aumentando os riscos de acidentes). Em função disso, a macro-textura deve, também, ser considerada quando da avaliação das condições funcionais da superfície de rolamento.

#### **1.4 – Limitações da Pesquisa**

Conforme visto acima, além de identificar e avaliar os defeitos de superfície dos revestimentos flexíveis, a pesquisa leva em conta sua rugosidade, bem como os volumes e composições de tráfego de veículos, por faixa de tráfego.

Obter informações referentes aos volumes e composições de tráfego é sempre uma dificuldade, principalmente devido à inexistência de um banco de dados confiável, que contenha contagens volumétricas recentes. Dessa forma, é muitas vezes necessário ir ao local levantar este tipo de informação, que foi o caso desta pesquisa. O mesmo se aplicou aos valores da rugosidade dos revestimentos asfálticos, que tiveram de ser determinados nas vias da área de estudo. Entretanto, não foi possível levantar a macrotextura de todas as ruas da área de estudo, devido a dificuldade de deslocar o material para os ensaios, além de falta de tempo e de recursos financeiros. Foi desenvolvida uma amostra representativa de 20% das 63 vias (196 segmentos) da área de estudo (bairros de Bom Retiro e Santo Antônio), que equivalem a 13 vias, constituídas por 87 segmentos.

Tendo em vista a conveniência do uso de uma mesma área de estudo (bairros Santo Antônio e Bom Retiro de Joinville), para tornar possível uma análise comparativa de métodos alternativos de priorização de vias para fins de manutenção, os defeitos de superfície utilizados foram os levantados por Freitas (2002). Assim, foi possível usar o mesmo conjunto de defeitos, aplicando-se um método análogo ao de Freitas (2002), porém com os pesos dos defeitos utilizados no procedimento DNIT 006/2003-PRO. A este procedimento foram agregados, posteriormente, os fatores relativos ao tráfego e à rugosidade.

### **1.5 – Estruturação da Dissertação**

No Capítulo 1 encontram-se a introdução do trabalho, juntamente com os objetivos geral e específicos, a justificativa e as limitações da pesquisa.

No Capítulo 2, o referencial teórico é apresentado, abrangendo questões referentes à gerência de pavimentos, onde se destacam os objetivos, os conceitos mais importantes, as principais etapas e os procedimentos de avaliação de pavimentos flexíveis. São também apresentadas as principais fases dos estudos de tráfego e a conceituação de macrotextura de revestimentos asfálticos. Faz-se, além disso, uma descrição do funcionamento do Sistema de Informações Geográficas – SIG. Abordando-se, finalmente, questões referentes aos procedimentos desenvolvidos por Freitas (2002), principalmente em relação ao índice de defeitos de superfície (IFP – Índice Funcional do Pavimento).

No Capítulo 3 são descritas as etapas de desenvolvimento dos novos procedimentos propostos nesta pesquisa, como o índice de funcionalidade dos pavimentos e o índice de solicitação do tráfego, além da metodologia utilizada na realização dos ensaios de mancha de areia e drenabilidade.

O Capítulo 4 caracteriza a área de estudo (malha viária, topografia, clima entre outros), os dados necessários à realização da pesquisa, bem como a fase de coleta de dados, realizada na cidade de Joinville. A partir daí, então, esses dados são tabulados e analisados, de maneira a identificar quais revestimentos se encontram em pior estado de conservação e que deverão receber prioritariamente os serviços de manutenção.

O Capítulo 5 é exclusivamente dedicado à geração de mapas temáticos dentro do software Arcview 3.2, sendo que estes mapas servem para facilitar a identificação e

visualização das vias que se encontram em estado de conservação bom, regular ou péssimo. Aqui também são conhecidos os trechos prioritários dentro da área de estudo.

No Capítulo 6 são relatadas as conclusões alcançadas ao término do trabalho e oferecidas recomendações para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

A bibliografia encontra-se dividida em referências bibliográficas, que são as citadas no texto do trabalho, e a bibliografia complementar, que consiste naquela consultada ao longo da realização desta dissertação. Finalmente, apresenta-se, também, a bibliografia consultada na Internet, seguida dos anexos A, B, C, D e E.

## **2 – REFERENCIAL TEÓRICO DO TRABALHO**

### **2.1 – Gerência de Pavimentos**

#### **2.1.1 – Considerações iniciais**

A evolução do tráfego de automóveis em todo o mundo conduziu a um crescimento extraordinário das redes rodoviárias e urbanas na maioria dos países, ocasionando, conseqüentemente, o desenvolvimento tecnológico da engenharia rodoviária.

Processos de dimensionamento desenvolvidos e testados em trechos experimentais e processos de construção mais sofisticados foram adotados no sentido de atender às exigências cada vez mais severas, às quais as rodovias estão sujeitas.

Nos países mais desenvolvidos da Europa e nos Estados Unidos o ritmo de crescimento das redes rodoviárias e urbanas atingiu o seu auge a partir da Segunda Guerra Mundial. Durante esse período, todavia, nos países em desenvolvimento (como é o caso do Brasil), o processo de ampliação de suas malhas viárias estava apenas iniciando.

Como era de se esperar, em função das enormes restrições financeiras que afetam os países em desenvolvimento, tem-se observado uma redução no ritmo de crescimento da rede rodoviária e um aumento nas atividades de conservação e restauração nesses países. Por outro lado, as crises econômicas e sociais que têm afetado o mundo nas últimas décadas, têm exigido de cada país uma crescente diminuição na alocação de recursos públicos no setor de transportes em geral e rodoviário em particular.

Esse conjunto de restrições econômicas, juntamente com as exigências dos organismos financeiros internacionais quanto à rentabilidade dos investimentos nas infra-estruturas rodoviárias, obrigaram as administrações a adotar políticas mais voltadas para a manutenção da rede existente, do que para a ampliação de sua extensão. Tais circunstâncias conduziram, tanto as administrações rodoviárias como os organismos ligados à pesquisa, ao estudo do comportamento das rodovias e das soluções destinadas a evitar as degradações aceleradas nos pavimentos. Nascia, assim, a Gerência de Pavimentos, cujo objetivo primordial é melhorar a rentabilidade dos investimentos e preservar o patrimônio público.

### **2.1.2 – Objetivos da gerência de pavimentos**

Os principais objetivos de gerência de pavimentos são:

- a) Definição das políticas de manutenção rodoviária;
- b) Redução das degradações das redes rodoviárias;
- c) Contribuição na redução dos custos de operação de veículos;
- d) Contribuição no desenvolvimento econômico dos países reduzindo os custos dos transportes rodoviários;
- e) Constituição de uma base sólida à alocação de recursos e à otimização dos orçamentos para obras de manutenção e reabilitação;
- f) Elaboração de programas de manutenção de longo prazo.

A partir daí, nota-se a necessidade do desenvolvimento e implementação de um Sistema de Gerenciamento de Pavimentos – SGP, para que a atividade de gerenciar se torne mais eficaz no longo prazo.

Segundo DOMINGUES e NISHIYAMA (1995), um SGP é uma ferramenta que fornece estratégias ótimas aos tomadores de decisão, para que possam obter o melhor resultado possível, a partir dos recursos disponíveis para pavimentação.

### **2.1.3 – Sistema de Gerenciamento de Pavimentos – SGP**

a) O que é um SGP

“Um SGP é projetado como uma ferramenta de planejamento estratégico para a administração superior e como uma ferramenta de engenharia para os tomadores de decisões técnicas” (AASHTO, 1993).

Assim, um SGP abrange uma ampla variedade de atividades como, por exemplo, avaliar, planejar, projetar, construir e manter pavimentos, visando a melhor utilização dos recursos disponíveis, através da alternativa de engenharia mais adequada (aquela com maior relação benefício/custo).

## b) Objetivo geral de um SGP

“Um SGP tem como objetivo, fornecer um método sistemático e consistente, para selecionar necessidades e prioridades de manutenção e reabilitação, e determinar o tempo ótimo de intervenção, através da previsão da condição futura do pavimento” (SHAHIN et al apud MARCON, 2000).

Um bom SGP objetiva:

- aumentar a eficiência das tomadas de decisão;
- informar as conseqüências das decisões tomadas nos diversos níveis, e
- definir estratégias de manutenção que minimizem o custo de transporte rodoviário, melhorem as condições de operação (tempo de viagem e segurança) e que obtenham o melhor retorno dos recursos aplicados.

De acordo com GREENSTEIN (1999), o principal objetivo de Sistema de Gerenciamento de Pavimentos é melhorar a desempenho das estradas existentes e reduzir os custos de transporte.

## c) Objetivos específicos de um SGP

### ➤ Econômico

Sem um orçamento adequado será quase impossível realizar os serviços de reabilitação que a malha viária necessita. Para tanto o sistema de gerência de pavimentos estipula parâmetros que devem ser obedecidos à risca para que seus objetivos possam ser atingidos. Algumas destas diretrizes são mencionadas a seguir:

- gerenciar o orçamento constitui-se numa importante tarefa dentro de um sistema de gerência, pois sua função primordial é minimizar o custo de realização de determinado tipo de serviço que venha a ser realizado. Dessa forma, busca-se reduzir os custos de realização dos serviços de manutenção e reabilitação de pavimentos;
- planejar melhoramentos previamente estabelecidos e dimensionados para a malha viária, que serão necessários com o passar do tempo, devido a fatores como o crescimento do tráfego, intempéries, etc.;

- determinar as conseqüências de protelar a manutenção. É comum ocorrer empecilhos que impedem a realização de uma intervenção no momento mais apropriado. Os mais comuns são empecilhos de ordem econômica, devido a um orçamento mal planejado ou por deficiência na liberação de verbas públicas. O problema é que atrasos na realização dos serviços tendem a agravar os defeitos nos pavimentos, devido a ação do tráfego e das intempéries. Assim, os efeitos desses atrasos devem ser previstos e mensurados e a influência destes sobre o pavimento da via a ser reabilitada deve ser devidamente avaliada;
- um pavimento tende a apresentar defeitos funcionais e estruturais. Do ponto de vista dos usuários, os defeitos mais significativos são os funcionais, pois tendem a reduzir o conforto, a segurança e a economia dos que trafegam sobre a via. Sendo assim, é comum a correção dos defeitos funcionais (panelas, perda de aderência, irregularidade longitudinal etc.) tendo em vista os benefícios diretos auferidos pelos usuários da via.
- quando se tem duas ou mais vias que apresentem níveis similares de defeitos e que não se disponha de recursos suficientes para realizar intervenções em todas, deve-se priorizar aquela(s) que apresente(m) menor(es) custo(s) de manutenção e/ou reabilitação.

➤ Técnicos

Do ponto de vista técnico, a gerência de pavimentos de uma rede viária envolve uma gama muito grande de informações, referentes à manutenção e reabilitação de pavimentos, sendo que seus objetivos técnicos consistem em :

- construir uma base de dados acurada e que permita a inserção de dados no sistema, de modo a atualizar as informações deste sistema com o passar dos anos. Esta é a etapa mais longa e trabalhosa na gerência de pavimentos, pois demanda bastante precisão. Qualquer imperfeição na obtenção dos dados comprometerá as etapas posteriores do sistema;
- registrar as experiências, pesquisas e estudos (relativos aos pavimentos das vias) realizados, com o passar do tempo, na malha viária, em um banco de dados, com o intuito de utilizar essas informações no futuro;

- levantar os métodos de manutenção de pavimentos existentes, de maneira a adotar o método mais adequado (com maior benefício/custo) para cada situação, isto é, a correção mais apropriada para cada tipo de defeito que venha a ocorrer na malha;
- identificar os problemas existentes (defeitos de superfície, problemas estruturais e/ou funcionais) ao longo de toda a malha viária e traçar soluções para esses defeitos, objetivando a melhor solução para cada tipo de defeito;
- adotar um modelo de desempenho apropriado, de modo a identificar problemas futuros que venham a ocorrer com os pavimentos da malha viária. Os modelos de desempenho atuais ainda não descrevem com precisão o comportamento esperado do pavimento, assim como não identificam com precisão quando deve ser realizada a intervenção;
- gerar critérios de decisão objetivando dinamizar a tomada de decisão, ou seja, fazer com que a solução adotada seja a mais eficiente. Os critérios de decisão podem ser técnicos (irregularidade longitudinal, deflexão, rugosidade do revestimento, etc.), econômicos (taxa interna de retorno, benefício/custo, valor presente líquido etc.) e administrativos (tipo de serviço a ser realizado etc.).

➤ Administrativos

- Determinar, através de procedimentos técnicos, em que estado de conservação se encontra a malha viária. Verificar se há defeitos funcionais (irregularidade longitudinal e trilhas de roda), bem como os demais defeitos de superfície (panelas, trincas, exsudações, desgastes, entre outros) e também verificar a existência de deficiências funcionais através de ensaios destrutivos e não destrutivos;
- caso o pavimento não seja bem projetado e executado, com o passar do tempo (precocemente) irão surgir defeitos na superfície do pavimento, necessitando assim de uma manutenção corretiva, que pode ser necessária uma ou mais vezes ao longo de um ano. Este tipo de intervenção deve ser previsto dentro do sistema de gerência. Há também a correção preventiva periódica, que pode ser executada uma vez a cada ano, com o objetivo de evitar o surgimento e/ou agravamento de defeitos. Na manutenção de pavimentos não há aumento na capacidade de suporte do revestimento, havendo apenas uma recomposição das características originais do mesmo.

- estabelecer um método de monitoramento, de maneira a acompanhar em que estado se encontra a rede viária, quais vias estão mais degradadas, bem como o crescimento do volume e da composição de tráfego nestas vias;
- definir de maneira antecipada quais tipos de intervenções poderão ser realizadas com o orçamento previsto para aquele ano e que tipo de implicações isto acarretará para as demais vias da rede.

#### **2.1.4 – Níveis de um SGP**

Um sistema de gerenciamento de pavimentos pode ser classificado de acordo com o seu nível de abrangência, podendo ser em nível de rede e em nível de projeto.

##### **a) Em nível de rede**

Para este nível, as decisões são tomadas tendo-se em vista um grande número de trechos ou, então, uma rede viária inteira. Dessa forma, para executar a gerência de uma malha viária, devem ser levantadas as características consideradas necessárias e próprias para tornar as decisões, referentes às vias em questão, pertinentes. Deve-se, também, ter conhecimento dos recursos disponíveis (financeiros, humanos e equipamentos), caso seja necessário qualquer tipo de intervenção.

As etapas de gerenciamento de pavimentos, em nível de rede, podem ser divididas da seguinte forma:

##### **a.1) Coleta e armazenamento de dados**

É a etapa mais importante em qualquer sistema de gerência, pois caso não seja executada com a precisão devida, tende a comprometer as etapas posteriores, uma vez que todos os procedimentos de cálculos, metodologias e procedimentos se baseiam na base de dados criada.

Devido ao excessivo cuidado que se deve ter em preservar a acurácia dos atributos coletados, consiste em uma das etapas mais caras e demoradas de um sistema de gerenciamento de pavimentos. Além disso, sempre que possível, deve-se atualizar os dados, tanto quanto possível, de maneira a aumentar a precisão dos resultados das avaliações. Para tanto, é necessária uma boa disponibilidade de recursos, de equipamentos e de uma equipe qualificada e bem treinada, além de um eficiente apoio computacional.

De acordo com HAAS, HUDSON e ZANEWSKI (1994), os dados coletados nesta etapa podem ser classificados nas seguintes categorias:

- inventário – aqui devem constar informações referentes à via (rodovia ou via urbana), que serão importantes para redimensionar o pavimento, estudar a capacidade atual e futura da via, realizar reabilitações no pavimento etc. Tais características são:
  - rodovia e trecho – rodovia federal, estadual, ou municipal (via urbana);
  - tipo de pavimento – materiais utilizados, granulometria, teor de umidade, índice de vazios;
  - classificação funcional – local, coletora, arterial, expressa;
  - geometria transversal e longitudinal – superelevação, largura e número de pistas e faixas, greide, largura do acostamento;
  - materiais e espessuras das camadas – espessura do revestimento, base e sub-base;
  - histórico de intervenções (construção, conservação e restauração) – caso já tenha ocorrido alguma intervenção nesse trecho, as informações deverão ser armazenadas de maneira a fornecer um *feedback* para intervenções futuras;
  - condições de drenagem;
  - sistema de referência – referenciar as informações relativas a cada trecho da via ou do conjunto de vias da malha viária.
  
- Tráfego – o tráfego é uma das variáveis mais importantes e difíceis de mensurar, pois para dimensionar um pavimento ou uma reabilitação, é primordial determinar o tipo e o volume de veículos que irá trafegar sobre o pavimento. Estes parâmetros, contudo, são regidos por uma série de variáveis sócio-econômicas de difícil análise e previsão, sendo muitas vezes negligenciadas. Na maioria das vezes, opta-se por procedimentos simplificados para a determinação do tráfego, incorrendo-se, via de regra, em um subdimensionamento dos pavimentos. As informações mais importantes sobre o tráfego são:
  - Volume diário médio (VDM) e volume classificatório (tráfego de caminhões, ônibus e automóveis): consistem nas variáveis mais significativas no que tange a estudos de tráfego;
  - Cargas por eixo dos veículos: importante para determinar o quanto cada veículo irá solicitar o pavimento;

- Taxa de crescimento do tráfego: consiste em determinar quanto o tráfego de veículos irá crescer ao longo da vida útil do pavimento;
  - Tempo de viagem, número e gravidade dos acidentes, bem como informações relativas ao conforto, segurança e economia aos usuários da via.
- Condições do pavimento – deve-se avaliar em que condição se encontra o pavimento da via (condição funcional e estrutural do pavimento), através de ensaios in loco, tais como:
- Irregularidade: irregularidade longitudinal acima da estabelecida em projeto;
  - Degradação física: defeitos de superfície, perda de aderência pneu/pavimento, perda de agregado devido à penetração de água no interior do pavimento;
  - Capacidade estrutural: deficiência na capacidade de suportar o tráfego de veículos;
  - Segurança: aderência pneu/pavimento insuficiente, acúmulo de água sobre o revestimento etc.
- Custos – para a realização de todas as atividades necessárias à conservação de uma via, é necessário ter um controle eficiente sobre os custos de manutenção e reabilitação da malha viária:
- construção, manutenção e reabilitação;
  - custo de operação de veículos, tempo de viagens e acidentes.

Logo após o término da coleta dos dados, estes devem ser depurados, de modo a evitar a entrada no banco de dados de valores espúrios, proporcionando uma melhor análise e interpretação dos valores coletados. Assim, ocorre o armazenamento das informações da rede, sendo que a sua inserção em um software deverá obedecer a uma certa organização, de modo a facilitar o armazenamento, a visualização e a atualização dos dados (via, tráfego, condição do pavimento e custos). Necessita-se, para isto, de um software que seja capaz de permitir o manuseio da grande quantidade de informações necessárias à gerência de pavimentos, bem como que este possibilite a atualização destes dados com o passar dos anos.

### a.2) Modelo de previsão do desempenho do pavimento

Consiste em formulações matemáticas e estatísticas, que objetivam prever o tempo de duração da serventia do pavimento, identificando o tempo que levará para que a pista necessite sofrer nova intervenção.

Os modelos de previsão de desempenho são:

- Puramente mecânicos – baseados em parâmetros primários: irregularidade longitudinal, deformação permanente, deflexão, etc;
- Empírico-mecânicos – consiste na relação, através de regressão, entre alguns fatores básicos relacionados com a deterioração funcional e estrutural do pavimento;
- Regressão – está baseado na relação entre variáveis dependentes (degradação) e independentes (tráfego, etc.);
- Subjetivos – está fundamentado no conhecimento adquirido por um engenheiro rodoviário com experiência profissional.

### a.3) Critérios de decisão

Esta etapa deve refletir as necessidades da rede e auxiliar do ponto de vista técnico, a tomada de decisão. Os critérios de decisão propiciam, entre as diversas alternativas que foram analisadas, que o tomador de decisão possa selecionar a mais eficiente alternativa para solucionar o problema em questão.

Esta é uma das tarefas mais complexas do gerenciamento de pavimentos, devido à necessidade de se atentar para diversos fatores, antes de decidir qual, quando e como se deve intervir no pavimento de uma via. Para tanto, deve-se observar o tipo de pavimento, classe da rodovia e padrões de qualidade estabelecidos para a rede. Os fatores preponderantes para determinar uma intervenção no pavimento, são:

- técnicos – irregularidade, deflexão, trincamento, tráfego veicular;
- econômicos – taxa interna de retorno, valor presente líquido, B/C (benefício/custo);
- administrativos – percentagens de recursos por região, tipo de serviços (conservação, construção, restauração)

Determinados quais critérios serão utilizados, deve-se estabelecer limites para as medidas de ‘comportamento’, que serão comparados com os valores reais do pavimento. Por

exemplo, estabelecer a irregularidade máxima, a deflexão admissível, a aderência pneu/pavimento mínima, entre outros.

Na verdade, necessita-se de mais de um limite para se ter um controle eficiente do estado em que se encontra o pavimento. Exemplo:

- Limites que se encontrem em uma faixa de aceitação boa;
- Limite de alerta para quando os valores medidos em campo se encontram próximos dos valores aceitáveis, necessitando da realização de estudos para determinar o que está havendo de errado com o pavimento;
- Limites de gatilho a partir dos quais os valores medidos na pista ultrapassam os valores aceitáveis, necessitando realizar uma intervenção imediata do pavimento.

#### a.4) Geração de alternativas

Aqui, são enumeradas as alternativas mais eficientes, do ponto de vista administrativo, econômico e técnico, para solucionar os problemas do pavimento. Assim, devem ser estudadas as informações sobre estas alternativas, tais como:

- enumerar todos os tipos de intervenções possíveis e avaliar qual teria maior eficiência em solucionar o problema encontrado na rede, ou algum problema que ainda venha a ocorrer;
- prever, quando for possível, ainda na fase de projeto (através de modelos de previsão) quando o pavimento de determinada via irá necessitar de um serviço de manutenção e/ou reabilitação;
- levantar precisamente os custos das intervenções periódicas que podem ser realizadas pelo menos uma vez a cada dois anos, e de intervenções corretivas que venham a ser necessárias uma ou mais vezes ao longo de um ano. Todos estes custos devem ser previstos dentro do sistema de gerência de pavimentos.

#### a.5) Otimização e análise de conseqüências

Consiste em uma análise das alternativas de intervenção ao longo de um período, que tem como objetivo a maximização dos benefícios ou a minimização dos custos, isto é, identificar qual alternativa (serviço de manutenção) será a mais eficiente para solucionar os problemas em um determinado trecho da rede.

A otimização é uma etapa bastante complexa, pois ela define que solução será adotada para resolver o problema de um trecho qualquer. Devido à escassez de recursos, uma segunda intervenção num curto período de tempo, devido a uma intervenção mal executada, torna-se inadmissível.

Para avaliar a eficiência desta intervenção existe a análise das conseqüências, que irá avaliar a repercussão da intervenção realizada, isto é, verificar se o investimento trará o retorno esperado.

Para realizar esta análise de conseqüências pode-se utilizar os mesmos parâmetros usados pelos critérios de decisão (podem ser irregularidade longitudinal, trincamento, aderência pneu/pavimento).

#### a.6) Saídas (outputs)

Consistem nas maneiras de se visualizar o resultado do processamento dos dados que, dependendo do software, pode possibilitar diversos tipos de visualização. As saídas das informações podem ser obtidas por meio de relatórios, tabelas, gráficos, etc. Dentre os diversos tipos de saídas, opta-se pela que melhor demonstrar o resultado das intervenções, facilitando a tomada de decisão.

#### a.7) Retroalimentação (feedback)

Terminadas as intervenções e coletados os novos dados, pode-se atualizar as informações do banco de dados, com o objetivo de reavaliar os modelos de desempenho e programas de trabalho, além de avaliar a eficácia dos trabalhos de intervenção.

#### b) Nível de projeto

As decisões em nível de projeto abrangem uma série de informações específicas, que são desnecessárias às decisões em nível de rede, devido ao fato destes necessitarem detalhar um trecho específico com a maior quantidade de informações possível.

As decisões em nível de projeto são tomadas como decisões técnicas de gerência, enfocando projetos específicos ou trechos de pavimentos, não levando em consideração o restante da rede. Suas etapas são semelhantes às intervenções em nível de rede, tendo em vista que, são aplicados a partir dos dados em nível de rede.

### **2.1.5 – Sistema de Gerenciamento de Manutenção de Pavimentos Urbanos**

Um sistema de gerenciamento de manutenção de pavimentos urbanos consiste em uma subcategoria de um sistema de gerenciamento, onde consideram-se apenas as atividades relativas a manutenção dos pavimentos.

Os principais objetivos das atividades de manutenção de pavimentos são:

- impermeabilizar revestimentos abertos, devido ao surgimento de trincas;
- preservar a durabilidade dos revestimentos asfálticos;
- prevenir o desenvolvimento prematuro de trincas;
- recuperar a rugosidade superficial dos revestimentos desgastados

Um sistema de gerenciamento de manutenção de pavimentos é usualmente composto dos seguintes módulos:

- a) identificação da rede de pavimentos;
- b) avaliação de pavimentos, levantamento das condições e avaliação de procedimentos;
- c) análise econômica e programas de priorização de manutenção;
- d) sistemas de monitoramento e de emissão de relatórios.

“As atividades de manutenção se restringem a intervenções no revestimento do pavimento e podem ser divididas em dois grupos, os serviços de tapa buracos e selagem de trincas, e o rejuvenescimento de revestimentos asfálticos. A diferença entre o primeiro e o segundo é que os serviços de tapa buracos e selagem de trincas visam apenas repor as condições de serventia do revestimento para níveis aceitáveis, através da conservação corretiva rotineira, enquanto que o rejuvenescimento de revestimentos asfálticos visa restabelecer as características originais de conforto e segurança do revestimento, através da conservação preventiva periódica” (ABEDA, 2001).

### **2.1.6 – Serviços de tapa buracos e selagem de trincas**

#### **a) Serviço de tapa buracos**

Os buracos ou panelas surgem em regiões enfraquecidas do pavimento, causados principalmente pela presença de água no interior do pavimento, que se infiltra geralmente pela presença de trincas. A correção deste defeito, ou seja, o serviço de tapa buracos,

basicamente, consiste na aplicação de emulsões asfálticas sobre o buraco, sendo em seguida compactado (com rolo ou soquete) até que este fique no mesmo nível do revestimento da via.

#### b) Selagem de trincas

De acordo com DNER (1998), “a selagem de trincas consiste no preenchimento de fissuras presentes na superfície do revestimento asfáltico, com materiais impermeabilizantes como cimento asfáltico, asfaltos diluídos, emulsão ou selantes especiais. O objetivo principal deste serviço é coibir a entrada de água nas camadas inferiores à superfície do revestimento asfáltico, retardando assim a deterioração do pavimento”.

### **2.1.7 – Serviços de rejuvenescimento de revestimentos asfálticos**

De acordo com FERNANDES JÚNIOR et al. (2001), “os serviços de rejuvenescimento consistem na aplicação de uma camada asfáltica esbelta, a quente ou a frio, introduzido no plano de gestão com o objetivo de melhorar as condições funcionais (aderência pneu-pavimento, defeitos de superfície e irregularidade longitudinal) de pavimentos deteriorados. Prolonga-se, desta forma, a vida útil do pavimento”.

O objetivo principal dos serviços de rejuvenescimento é resgatar o nível de serventia de revestimentos degradados para níveis aceitáveis, reduzindo a necessidade de serviços de conservação corretiva rotineira, como tapa buracos e selagem de trincas.

## **2.2 – Avaliação de Pavimentos Flexíveis**

A avaliação das condições de um pavimento é possível através da análise de uma série de parâmetros, tais como:

- análise dos defeitos de superfície;
- análise estrutural;
- análise funcional;
- análise da aderência entre o pneu do veículo e o revestimento;
- análise da solicitação do tráfego

Uma importante consideração a ser feita, é que a análise das condições de um revestimento flexível, diferencia-se da de um revestimento rígido. Neste trabalho, apenas questões referentes a pavimentos flexíveis serão abordadas.

### **2.2.1 – Deterioração dos Pavimentos**

Antes de abordar os defeitos que possam vir a surgir em um pavimento é importante definir alguns conceitos e entender alguns mecanismos que regem a Mecânica dos Pavimentos. Ou seja, é importante analisar se o pavimento está desempenhando bem todas as suas funções, sejam elas funcionais ou estruturais.

O DNER (1998), “define desempenho como sendo o decréscimo ou incremento da condição de serventia do pavimento ao longo do tempo. O desempenho funcional refere-se à capacidade do pavimento em proporcionar uma superfície de rolamento com uma serventia adequada, com conforto e segurança. O desempenho estrutural, por seu turno, consiste na capacidade do pavimento em manter sua integridade estrutural (física)”.

Os defeitos estruturais tendem a acarretar problemas de ordem funcional, enquanto os funcionalmente defeituosos podem estar estruturalmente sadios. Ou seja, caso um revestimento, por exemplo, apresente um afundamento em sua superfície, isso representa um mau desempenho da estrutura do pavimento e caso um veículo venha a passar sobre este afundamento, isto afetará a condição de conforto, custo ou segurança de quem viaja no veículo, afetando assim, a funcionalidade do pavimento.

### **2.2.2 – Métodos de Análise e Avaliação dos Defeitos de Superfície**

As avaliações da superfície de um pavimento flexível têm como finalidade:

- determinar as condições atuais de um pavimento ou de uma rede de pavimentos para definir prioridades de manutenção;
- elaborar curvas de previsão de deterioração para um conjunto de dados de levantamento de defeitos;
- determinar a eficácia das alternativas de manutenção;
- detecção de mudança de condições entre avaliações periódicas;
- definição de trechos homogêneos para projetos e seleção de alternativas de manutenção.

A caracterização de um determinado tipo de defeito é obtida por meio de três requisitos principais, quais sejam:

- Tipo – identificação do defeito e mecanismo causador;
- Severidade – anotação do grau de deterioração;

- Densidade – avaliação da extensão relativa da área do pavimento atingida por cada defeito.

Existem diversos métodos de avaliação de defeitos de superfície sendo utilizados no Brasil e no mundo, destacando-se os seguintes: VIZIR, PARAGON, PCI, entre outros. Os procedimentos normatizados pelo DNER (atual DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte) são o DNIT 006/2003-PRO (antigo DNER PRO 008/94, que sofreu reformulação em 2003) e o DNIT 007/2003-PRO (antigo DNER ES 128/83, também reformulado em 2003). Esta pesquisa abordará apenas o procedimento DNIT 006/2003-PRO, juntamente com o método de FREITAS (2002).

- Procedimento DNIT 006/2003-PRO

“O objetivo básico do DNIT 006/2003-PRO é o de apresentar a sistemática de cálculo do Índice de Gravidade Global – IGG, que é derivado do ‘Severity Index’, utilizado no Canadá pelo ‘Saskatchewan Department of Hihgways and Transportation’ e que foi adaptado para as condições dos pavimentos brasileiros, pelo engenheiro Armando Martins Pereira” (DNER, 1998).

As características mais importantes do DNIT 006/2003-PRO são:

- a avaliação da superfície é feita por amostragem (aproximadamente 15% da superfície de rolamento);
- os tipos e severidade dos defeitos são registrados manualmente em uma planilha sem avaliação da extensão;
- o índice de degradação calculado é denominado Índice de Gravidade Global.

Além dos tipos de defeitos, já apresentados no item anterior, o DNIT 006/2003-PRO leva em consideração as deformações permanentes, avaliadas a partir das medidas das trilhas de roda, com treliça de base igual a 1,20 m. O efeito da irregularidade longitudinal é avaliado de forma indireta pela dispersão das flechas medidas nas trilhas de roda, expressa através da variância, determinada em uma análise estatística, sobre os valores individuais obtidos em um determinado segmento.

O procedimento tem início ao se implantar estações de ensaio afastadas entre si de 20 metros, alternando as faixas de tráfego direita e esquerda (para pista simples) ou na mesma faixa de tráfego (para pista dupla), que geralmente é a externa, por ser a mais crítica. A superfície de avaliação será delimitada por uma seção transversal situada 3 m à frente e 3 m atrás da estação e pelo eixo da pista de rolamento para pista simples, ou o eixo de separação de faixas para pista dupla, conforme as Figuras 2.1a e 2.1b.

Dessa forma, a estação terá uma área aproximada de  $21 \text{ m}^2$  ( $6,0\text{m} \times 3,5 \text{ m}$ ). Em cada estação um técnico qualificado identifica os diferentes tipos de defeitos e anota-os em uma planilha de campo, de acordo com a figura em anexo. Com uma treliça de alumínio de base 1,20 m, são medidas as flechas nas trilhas de roda externas e internas. Para os defeitos anotados deverão ser atribuídos fatores de ponderação, que expressem a significância destes defeitos. Estes valores podem ser observados na Tabela 2.1. No caso das medidas das trilhas de roda, são calculadas suas variâncias e médias. O produto da frequência relativa de cada defeito (média e variância das flechas) pelos seus fatores de ponderação, resulta em um índice de gravidade individual – IGI. A somatória destes índices individuais resulta no valor do IGG do segmento estudado.

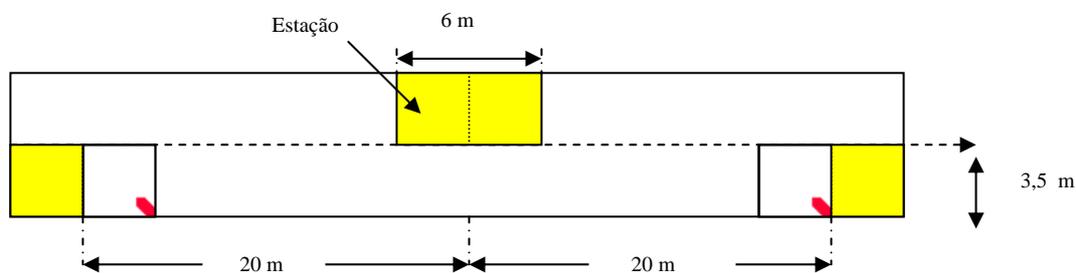


Figura 2.1a – Demarcação de estação de avaliação para pista simples

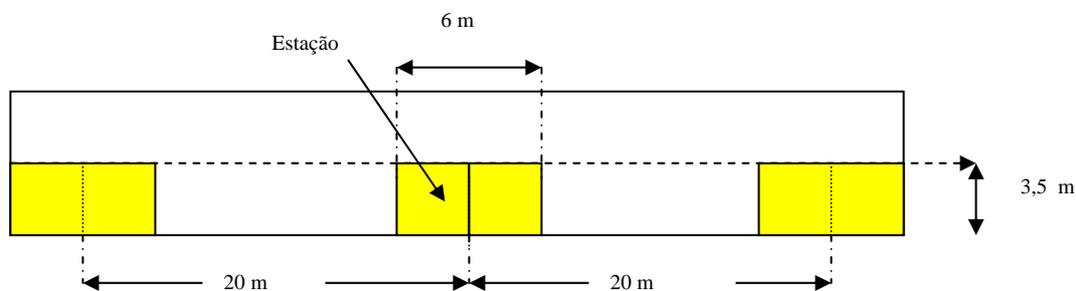


Figura 2.1b – Demarcação de estação de avaliação para pista dupla

**Tabela 2.1 – Valor do fator de ponderação.**

Classe do defeito	Tipo de defeito	Fator de ponderação
1	FC-1 (FI, TTC, TTL, TLC, TRR e TLL)	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE)	0,8
4	ALP e ATP	0,9
5	O e P	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

A descrição das nomenclaturas dos tipos de defeitos mencionados na tabela acima, pode ser verificada no Anexo A. A Tabela 2.2 mostra os intervalos onde são enquadrados os resultados obtidos no cálculo do IGG, de maneira a qualificar a condição do pavimento.

**Tabela 2.2 – Condição do pavimento em função do IGG.**

CONCEITO	IGG
Bom	$\leq 20$
Regular	20 a 80
Mal	80 a 150
Péssimo	$\geq 150$

### 2.2.3 – Avaliação Funcional de Pavimentos

Na avaliação funcional do pavimento, o conforto e a segurança de rolamento são tratados prioritariamente, através da integridade superficial do pavimento, enquanto que o restante da estrutura é considerado secundário, nesta avaliação.

“Uma das principais realizações da pista experimental da AASHTO foi o desenvolvimento do conceito e dos métodos de avaliação do conforto ao rolamento. O conforto ao rolamento foi desde então considerado o melhor parâmetro para exprimir a funcionalidade de um pavimento” (DNER, 1998).

O conceito de conforto, todavia, está atrelado a percepções extremamente subjetivas, o que o torna difícil de mensurar ou quantificar.

Para MARCON (2000), “o desempenho de um pavimento consiste na capacidade que esse pavimento tem de atender seus objetivos ao longo de sua vida útil”.

A condição que um pavimento tem de proporcionar uma superfície de rolamento que disponibilize economia, conforto e segurança, é denominada de serventia. Esta é a razão principal para a qual o pavimento foi concebido.

A variável mais significativa pra determinar a serventia de uma via é a irregularidade longitudinal, sendo a grandeza física que melhor se relaciona com a qualidade do rolamento. Irregularidade longitudinal de um pavimento consiste no conjunto de desvios da superfície do pavimento em relação a um plano de referência. Sendo que, estes desvios afetam a qualidade do rolamento e a ação dinâmica das cargas sobre a via.

### **2.3 – Utilização de Parâmetros de Tráfego em Estudos de Dimensionamento e Manutenção de Pavimentos**

Os estudos de tráfego consistem em importante etapa a ser realizada durante o processo de avaliação das condições de um pavimento. Estes estudos, contudo, demandam consideráveis recursos financeiros e de tempo. Devido a isso, quase sempre não são realizados adequadamente, sendo muitas vezes sendo negligenciados e resultando em valores espúrios.

Um sistema de transporte rodoviário eficiente necessita que a estrutura do pavimento de suas vias seja bem dimensionada, de maneira a absorver as solicitações das cargas sobre elas aplicadas e propiciar boas condições de tráfego. Uma relação bem estruturada entre o número de veículos que trafega ao longo de determinada via e o projeto de dimensionamento desta mesma via, tanto no que concerne à estrutura física do pavimento, quanto em relação a sua capacidade de tráfego e nível de serviço, portanto, constitui-se num parâmetro de projeto fundamental.

O dimensionamento e a manutenção de um pavimento dependem diretamente do tráfego que este pavimento irá suportar no decorrer de sua vida útil. Ao dimensionar o pavimento de uma determinada via, é necessário que inicialmente sejam realizados estudos de tráfego de modo a determinar certas variáveis como: o volume e a composição do tráfego,

tráfego gerado, desviado, futuro e número N. De maneira análoga, estas variáveis, também, serão necessárias para a realização dos serviços de manutenção de tal via ao longo do tempo.

“O estudo da composição e a determinação do volume de tráfego, são de vital importância para o amplo entendimento dos mecanismos, que regem a fluência do tráfego de veículos, ao longo de uma via. Estes dois fatores são preponderantes, também, para o processo de dimensionamento das espessuras das camadas de um pavimento, bem como à determinação de sua seção transversal” (DYNATEST, 1997).

Sendo assim, pode-se afirmar que o tráfego tem influência direta na determinação da viabilidade econômica de uma via, bem como no dimensionamento de sua seção transversal e da estrutura do pavimento. Neste trabalho foram analisadas as metodologias do DER/PR, DEINFRA/SC, DAER/RS e do DNIT (antigo DNER).

## **2.4 – Avaliação da Macrotextura dos Revestimentos Asfálticos**

### **2.4.1 – Aspectos gerais sobre a aderência pneu - pavimento**

Segundo MOMM (1998), as três principais qualidades de serventia de um pavimento são:

- a) Segurança: Está relacionada à aderência (suficiente para manter o contato permanente entre o pneu e o pavimento) e à redução de borrifos e de respingos (responsáveis pela redução da visibilidade);
- b) Economia: Corresponde à redução no consumo de combustível, ao desgaste dos pneus e do veículo, e à dinâmica de cargas extras que podem encurtar a vida útil do pavimento;
- c) Conforto: Redução do ruído e vibrações internas e externas ao veículo.

Dentre estas três características, destaca-se a segurança como sendo a mais importante. Assim, a existência de aderência entre o pneu e o pavimento é fundamental para permitir ao usuário realizar a trajetória desejada.

“Sob o ponto de vista conceitual a aderência corresponde à capacidade de mobilizar forças de atrito ao contato pneu-pavimento, sob o efeito de solicitações aplicadas pelo motorista (aceleração, frenagens, curvas, etc)” (GOTHIÉ, 1993):

- a) Conservar a trajetória desejada, especialmente em curvas;
- b) Reduzir a distância de frenagem e paradas de urgência, principalmente em cruzamentos;
- c) Garantir manobras de urgência.

A ausência de aderência pode acarretar sérios riscos aos usuários, pois representa um dos fatores agravantes na ocorrência de acidentes. Quando a superfície do pavimento encontra-se completamente seca, observa-se a situação em que há menores riscos de falta de aderência (contando com um pavimento em boas condições de rolamento e sem a presença de pedregulhos ou pó), pois há um maior contato entre o pneu e o pavimento. Portanto, as situações em que a superfície do pavimento está molhada despertam um maior interesse, visto que a presença de água representa uma barreira ao contato pneu-pavimento, podendo acarretar a derrapagem ou até mesmo a hidroplanagem do veículo.

Considerando apenas as características relacionadas ao revestimento, pode-se assegurar uma boa aderência entre o pneu-pavimento evitando o acúmulo de água sobre a superfície do mesmo através das seguintes medidas:

- a) buscando características geométricas (longitudinais e transversais) satisfatórias à drenagem de águas pluviais;
- b) escolhendo adequadamente o tipo e projeto do revestimento, com uma considerável opção de técnicas disponíveis em função das condições de circulação, do meio ambiente e das necessidades dos usuários;
- c) dotar o revestimento com uma textura que permita o perfeito escoamento da água, de forma a evitar fenômenos como a projeção de água durante a passagem dos veículos (dificultando a visibilidade), bem como o espelhamento da superfície (impedindo a identificação da sinalização horizontal), além de um acréscimo no potencial de hidroplanagem.

### 2.4.2 – Atrito entre pneu e revestimento

De acordo com CARDOSO (1997), o conceito de coeficiente de atrito baseia-se no fenômeno em que o movimento relativo entre duas superfícies em contato é freado pelas forças de adesão existentes entre as mesmas, como mostra a equação.

$$\mu = F_a/N \quad (2.1)$$

Onde:

$\mu$  = coeficiente de atrito

$F_a$  = força de atrito

$N$  = força normal

O atrito pode ser considerado em duas parcelas, resultantes dos fenômenos de adesão e histerese:

- a) Coeficiente de Atrito por Adesão ( $\mu_a$ ) – parcela de atrito dependente da natureza dos materiais em contato, bem como da atração entre eles, da condição seca da superfície e da área real de contato;
- b) Coeficiente de Atrito por Histerese ( $\mu_h$ ) – esta parcela é resultante da deformação na borracha da banda de rodagem do pneu, ocasionada pelo contato com as rugosidades da superfície. Parte da energia de deformação é o atrito por histerese.

Dessa forma, o coeficiente de atrito total ( $\mu$ ) seria a soma do coeficiente de atrito por adesão e do coeficiente de atrito por histerese, conforme a fórmula abaixo:

$$\mu = \mu_a + \mu_h \quad (2.2)$$

Segundo MOMM (1998), “na análise do contato entre a superfície de um pavimento e os pneus de um veículo, observa-se que o coeficiente de atrito varia em função de fatores que interagem, não podendo então, ser considerado como uma simples definição de atrito, pois relaciona efeitos como:”

- a) Adesão – atração molecular entre duas superfícies de contato;
- b) Histerese – perda de energia por deformação das superfícies de contato;
- c) Velocidade do veículo;
- d) Presença de água entre as superfícies;
- e) Textura da superfície (megatextura, macrotextura e microtextura);
- f) Temperatura do ambiente e do pneu;
- g) Capacidade de drenagem;
- h) Geometria da via;
- i) Presença de contaminantes na pista;
- j) O pneu – forma das ranhuras (sulcos), o tipo de borracha, etc.

Dentre os vários objetivos a serem alcançados a partir da avaliação da aderência, destacam-se, resumidamente:

- a) A identificação de áreas excessivamente lisas;
- b) O planejamento de manutenção e avaliação do tipo de materiais;
- c) A utilização dos dados obtidos no Sistema de Gerência de Pavimentos (monitoramento periódico das condições do revestimento);
- d) Novas práticas de construção.

### **2.4.3 – Textura dos revestimentos asfálticos**

Segundo FERREIRA (2002), dentre as características da textura que geralmente são avaliadas encontram-se a macro e a microtextura.

A microtextura corresponde à distribuição espacial das asperezas na superfície dos granulares (agregado) componentes do revestimento, capazes de interagir com a banda de rodagem do pneu, rompendo o filme de água. A existência dessas asperezas é devida principalmente às características mineralógicas e à estrutura dos granulares (arestas vivas, resistência, etc).

A macrotextura, por sua vez, é uma característica relacionada à dimensão dos granulares do concreto asfáltico, à execução da camada de revestimento em campo (compactação) e ao eventual tratamento superficial. É responsável pela aderência a médias e a altas velocidades em pavimentos molhados, facilitando a evacuação da água encontrada entre o pneu e a superfície e contribuindo para reduzir a ocorrência do fenômeno de

hidroplanagem. De uma maneira geral, são essas as grandezas medidas no intuito de correlacioná-las com o atrito, podendo assim estimá-lo.

“A macrotextura do revestimento interfere em fatores econômicos e energéticos como consumo de combustível e desgaste da banda de rodagem dos pneus. O aumento do tamanho dos granulares constituintes do pavimento propicia um aumento do efeito histerese o que pode representar aumento de resistência ao rolamento e aumento do consumo de combustível.” (MOMM, 1998).

Dentre os inúmeros fenômenos físicos que ocorrem no contato pneu/pavimento encontram-se a Hidroplanagem e a Viscoplanagem, que estão basicamente relacionadas à presença de água entre o revestimento e o pneu.

A hidroplanagem consiste na perda de contato (total ou parcial) entre o pneu do veículo e a superfície do pavimento a partir de uma certa velocidade (médias e altas velocidades), devido a presença de uma lamina d'água, com espessura superior a 0,1 mm, sobre a superfície do pavimento.

A viscoplanagem consiste no fenômeno onde ocorre a perda de contato entre o pneu do veículo e a superfície do pavimento, devido à presença de uma lamina d'água (com altura inferior a 0,1 mm), não capaz de superar a rugosidade (espaços entre os granulares) da superfície do revestimento asfáltico. Este fenômeno pode ocasionar derrapagem dos veículos, mesmo a baixas velocidades.

Segundo DO et al. apud FERREIRA (2002), ao contrário do que se pensa, a maior parte dos acidentes decorrentes de derrapagem em presença de água não ocorrem por hidroplanagem e sim em pavimentos apenas úmidos, evidenciando-se o fenômeno de viscoplanagem.

## **2.5 – Sistema de Informações Geográficas – SIG**

As tarefas de planejar, administrar e gerenciar um sistema viário urbano ou uma rede de rodovias são consideradas demasiadamente complexas, levando-se em conta o elevado número de fatores ou variáveis, que tem significativa relevância dentro de um sistema viário.

Variáveis estas que, muitas vezes, são desconsideradas ou até mesmo ignoradas, devido à falta de uma metodologia adequada ao seu armazenamento e manuseio.

Uma solução que vem sendo adotada, em muitas situações, é a utilização de um Sistema de Informações Geográficas – SIG, objetivando propiciar uma melhor interação entre estes dados e o meio em que se encontram. Isto só é possível, devido à capacidade do SIG de armazenar, manipular e editar dados espaciais eficientemente, proporcionando uma melhor visualização, através de mapas, dos fenômenos ocorridos em um sistema viário urbano.

“Um SIG pode representar diversos tipos de informações geográficas, como por exemplo, a vegetação de uma reserva ou aspectos sócio-econômicos de um meio físico, o itinerário de uma linha de ônibus, porcentagem de desempregados de uma certa região, número de edificações de uma determinada área, entre outras informações” (MARTIN, 1996).

### **2.5.1 – Origem dos SIG's**

Durante os anos 60 e 70, havia a necessidade de que as informações mapeadas fossem utilizadas para a determinação de estoque de recursos naturais, avaliação de terras e planejamento. Sabendo que os diferentes aspectos da natureza não funcionam independentemente, os estudiosos começaram a analisá-los de forma integrada, criando os primeiros programas de computador para este fim, que receberam a denominação de Sistema de Informações Geográficas – SIG.

WYNGAARDEN (1989), “aponta a criação do primeiro SIG , para o final da década de 60, sendo este originário do Canadian Geographic Information System – CGIS (Sistema de Informações Geográficas Canadense), que gerenciou o mapeamento de inventário, deste país”.

Já MONTGOMERY e SCHUCH (1993), “atrelam o nascimento do SIG a um projeto de pesquisa da Universidade de Harvard, sendo desenvolvido o SYMAP, que originou o laboratório de computação gráfica de Harvard, também, no final dos anos 60”.

A popularização dos microcomputadores e o aumento de sua capacidade de processamento nos últimos anos, possibilitou aos SIGs rápida difusão, propiciando o surgimento de novos “pacotes computacionais” e a sua utilização em inúmeras aplicações,

não se restringindo a geógrafos e a cientistas com estudos vinculados à Terra. Seu campo de pesquisa, pelo contrário, é bastante diversificado, sendo encontrados em diversas áreas como a cartografia, o sensoriamento remoto, a Geografia, o planejamento urbano e em estudos envolvendo a exploração e preservação de recursos naturais.

### 2.5.2 – Componentes de um SIG

Genericamente, pode-se dizer que um SIG é composto por um hardware e um software, que precisam funcionar em harmonia, para que o sistema produza os resultados esperados.

#### a) Hardware

De acordo com BURROUGH (1994) “um SIG é composto por uma unidade de processamento (CPU), que esta ligada à unidade de disco; um dispositivo para a digitalização (mesa digitalizadora, scanner, ou outro), que é utilizado na conversão dos dados para meio digital; uma unidade de visualização, ou seja, um monitor; uma unidade de impressão (impressora, ploter, ou outra) que apresente os resultados finais decorrentes do processamento dos dados; e uma fita magnética para a armazenagem dos dados”.

#### b) Software

Congalton e Green (1992), apontam seis importantes fatores a serem considerados na avaliação de um software gerenciador de SIG. São eles:

- Entrada de dados e edição - recuperação e pesquisa ágil de dados e ainda uma interface com o usuário que o encoraje a utilizar as tarefas de entrada de dados e edição mais difíceis;
- Funções de análise - ferramentas de análise cartográfica, como sobreposição de polígonos, medições lineares e de áreas e produção de novos mapas.
- Flexibilidade - habilidade do software em relacionar-se com diferentes sistemas operacionais e linguagens de programação de alto nível;
- Risco - depende do tempo e tipo de experiência do usuário com SIG, número de usuários, satisfação do cliente, etc.
- Custo - apesar do significativo decréscimo do custo nos últimos anos, o investimento inicial para a implantação e gerência de um SIG ainda é muito elevado;
- Sistema de gerenciamento de dados - normalmente hierárquico (mais comum) ou relacional (mais poderoso).

### 2.5.3 – Estrutura de um SIG

#### a) Entrada de dados

O módulo entrada de dados, abrange todos os procedimentos relativos a captura e pré-processamento de informações. Esta etapa é considerada uma das mais caras e demoradas do processo, devido a enorme quantidade de dados comumente coletados, para gerar dados gráficos com precisão.

Esta etapa cobre todos os aspectos de transformação dos dados obtidos, na forma de mapas existentes, observações de campo e sensores dentro de uma forma digital compatível.

#### b) Armazenamento e gerenciamento dos dados

Segundo RENÚNCIO (1995), esta etapa se preocupa com a estruturação e organização dos dados quanto a posição, topologia e atributos, bem como, de que forma devem ser manipulados e como devem ser percebidos pelo usuário do sistema.

EASTMAN *apud* WOLSKI (1998), “afirma que os dados espaciais e os dados alfanuméricos necessitam de um software de gerenciamento de banco de dados, onde os atributos das feições gráficas serão representados por um identificador, que será responsável pela ligação entre outros dados espaciais e alfanuméricos”.

#### c) Processamento dos dados

Esta etapa consiste das operações realizadas sobre os dados, a fim de que sejam produzidas as informações que, posteriormente, servirão de subsídio às tomadas de decisão. Portanto, o processamento dos dados não é um fim em si mesmo, devendo transformar os dados de tal forma que, estes transmitam novas informações ao usuário, ajudando-o a planejar e tomar decisões.

O processamento pode operar sobre os aspectos espaciais ou não dos dados, separadamente ou combinando-os. Em um SIG é possível integrar um banco de dados, contendo informações numéricas e/ou descritivas (alfanuméricas), provenientes de cadernetas de campo ou de outro banco de dados secundário. Estas informações podem ser digitalizadas (convertidas em mapas), melhorando sua visualização e o controle sobre sua fidelidade.

#### d) Manipulação dos dados

“Além da integração, conversão e processamento dos dados, um SIG deve estar apto para analisar quantitativa e qualitativamente os dados de entrada (informações espaciais) e os resultantes do processamento, e a partir deles obter soluções. Também é possível, utilizar inter-relações conhecidas para modelar geograficamente, o resultado de uma determinada gama de condições. Essas são expressas em um SIG na forma de algoritmo ou fórmulas matemáticas” (SOUZA, 1994).

Um SIG reúne procedimento, análise e modelagem em duas classes distintas de operações:

- as necessárias para remoção dos erros dos dados, para atualizá-los com outros conjuntos de dados;
- a ampla variedade de métodos de análise, que podem ser aplicados aos dados, a fim de achar as respostas às questões formuladas ao SIG.

#### e) Saída dos dados

A comunicação visual é um dos mais importantes aspectos do SIG, a qual é realizada pela ampla gama de saídas possíveis de informações processadas, geradas e avaliadas. Pelo fato de se utilizar tecnologia digital em computadores, é permitido aos SIGs uma ampla variedade de saídas de informações, como por exemplo, saídas visuais (mapas, tabelas, figuras), plotagem, impressão, tela, imagem fotográfica ou mesmo em arquivo computacional.

### **2.5.4 – ArcView GIS 3.1**

O ArcView G.I.S foi o software escolhido para desenvolver o trabalho proposto nesta dissertação, dentre os diversos softwares de ambiente SIG encontrados no mercado, por dois motivos básicos; o primeiro é a grande quantidade de ferramentas disponibilizadas pelo software, que facilitam o manuseio dos dados dentro do ambiente S.I.G; o segundo é a interface permitida com o sistema operacional Windows.

De acordo com ROSADO (2000), “o SIG ArcView é composto por um pacote básico de ferramentas de SIG e por extensões que possuem ferramentas de análise específicas para cada tipo de aplicação desejada pelo usuário, como por exemplo, análise espacial (spatial Analyst), análise de rede ((Network Analyst), análise tridimensional de superfície (3D Analyst) análise de mercado (Business Analyst), entre outras”.

“A interface do programa com o usuário (G.U.I – Graphical User Interface) oferece um fácil acesso a todo o seu ferramental, que é composto por uma barra no topo da janela Windows e que ativa os menus de múltipla escolha” (ESRI, 1996).

## **2.6 – Metodologia de FREITAS (2002)**

### **2.6.1 – Introdução**

Freitas (2002) em sua dissertação de mestrado, objetivou desenvolver um Sistema de Gerência de Pavimentos com ênfase na manutenção e conservação de pavimentos urbanos. Para tanto, desenvolveu um índice de funcionalidade de pavimentos – IFP, que avalia os defeitos de superfície considerados como os mais significativos para a funcionalidade da via. Ele também desenvolveu pesos para estes defeitos, de maneira a melhor mensurar o efeito de cada um desses defeitos sobre a serventia do revestimento.

As vias utilizadas para esta pesquisa foram as dos bairros Santo Antônio e Bom Retiro, no município de Joinville, no Estado de Santa Catarina. A última etapa do trabalho consistiu em inserir os resultados da pesquisa (índices de defeitos calculados para cada via) em um Sistema de Informações geográficas – SIG, com o intuito de facilitar a visualização das vias em pior estado de conservação.

A seguir serão descritos os principais procedimentos utilizados por FREITAS (2002).

### **2.6.2 – Defeitos de superfície**

O índice de funcionalidade de pavimentos desenvolvido por FREITAS (2002) considera apenas três tipos de defeitos (trincamentos, panelas e afundamento nas trilhas de roda). De acordo com suas considerações, estes três tipos de defeitos são os que devem ser prioritariamente corrigidos por serem os mais significativos para a serventia do revestimento,

evitando seu agravamento e, por conseguinte, sua disseminação para as demais áreas do pavimento.

Apesar de adotar o nome de índice de funcionalidade de pavimentos, não é feita uma avaliação funcional, propriamente dita (medição da irregularidade longitudinal ou da serventia) no pavimento em estudo. Como já foi abordado anteriormente, a irregularidade longitudinal consiste no conjunto de desvios entre a superfície de rolamento e um plano de referência. Sendo assim, os defeitos de superfície podem ser considerados defeitos de ordem funcional, desde que afetem a capacidade do pavimento de proporcionar conforto e segurança aos usuários. Isto quer dizer, que na composição do IFP foram levados em consideração os defeitos considerados mais significativos, destacando-se os seguintes:

- Trincamento (FC-3);
- afundamento na trilha de roda (plástico ou por consolidação);
- panelas;

As figuras 2.2, 2.3 e 2.4 apresentam os três tipos de defeitos citados.



**Figura 2.2 – Trincamento FC-3**

*Fonte: DAER/RS (1978)*



**Figura 2.3 – Panela ou buraco**

*Fonte: DAER/RS (1978)*



**Figura 2.4 – Afundamento na trilha de roda**

*Fonte: DAER/RS (1978)*

Estes três tipos de defeitos foram classificados em cinco classes. A partir daí, atribuiu-se a estes ponderações de acordo com seu grau de severidade:

- a) Classe 1: trincamento FC3 com erosão de bordo ou trincas couro de jacaré (peso 1,5) – considerou-se que este tipo de defeito pouco afeta o conforto do usuário de vias urbanas, durante o tráfego de veículos e mesmo que toda a extensão do segmento estivesse trincada, o pavimento ainda teria uma condição razoável para o tráfego; é importante ressaltar que em nenhuma das cinco classes de defeitos há uma avaliação dos defeitos de superfície do ponto de vista estrutural, apesar destes afetarem a estabilidade estrutural do pavimento;
- b) Classe 2: afundamentos plásticos, nas trilhas de roda:
  - Profundidade  $\geq 2,5$  cm (peso 4,0) – os trechos que apresentassem metade de sua extensão comprometida por este tipo de defeito teriam seus pavimentos classificados como em condições ruins, necessitando de intervenção imediata. O motivo está no fato de Joinville ser uma cidade com alto índice pluviométrico (1909 mm de chuva/ano) e a presença dessas cavidades no revestimento acarretaria em empoçamento de água, reduzindo a segurança da via;
  - Profundidade  $< 2,5$  cm (peso 1,5) – para este caso foi adotado que mesmo que este defeito se estendesse por todo o trecho, este pavimento ainda teria razoáveis condições de conservação, por considerar esta profundidade pouco significativa na avaliação funcional do pavimento;

- c) Classe 3: buracos com área circunscrita em um quadrado com lado menor que 15x15 cm (peso 0,20) – com esta área a panela não permite que o pneu do veículo toque o fundo desta cavidade. Para mensurar a influência deste tipo de defeito, adotou-se as seguintes classificações:
- 2,5 panelas a cada 100 m ou 1 panela a cada 40 metros: implicaria em um revestimento em boas condições;
  - 10 panelas a cada 100 m, ou 1 panela para cada 10 m: o revestimento é considerado ruim;
- d) Classe 4: buracos com área circunscrita em quadrado de lado maior que 15x15cm e menor que 50x50cm (peso 1,0):
- caso fosse anotada apenas uma ocorrência deste tipo de defeito a cada 100 m, este revestimento seria classificado como em condições razoáveis de conservação;
  - para duas ou mais ocorrências deste defeito em um trecho com 100 m, o revestimento seria considerado ruim, devendo receber imediato serviço de reabilitação;
- e) Classe 5: buracos com área circunscrita em um quadrado com lado maior que 50x50 cm (peso 2,0) – a ocorrência este tipo de defeito é considerada inaceitável, devido suas dimensões serem demasiadamente prejudiciais ao tráfego de veículos. Dessa forma, considerou-se que uma ocorrência deste tipo de defeito a cada 200 m acarretaria em um revestimento em condições razoáveis de conservação, necessitando de uma intervenção a curto prazo;

De acordo com FREITAS (2002), todos os pesos acima descritos, passaram por um longo processo de mensuração e calibragem, objetivando melhor avaliar cada um deles, quanto a sua significância na caracterização da funcionalidade da via.

Este método considera apenas a extensão dos defeitos (trincamentos e afundamentos em trilha de roda) e o número de panelas, diferindo da metodologia adotada pelo DNIT 006/2003 – PRO, que confere a existência e a severidade dos defeitos não interessando a sua intensidade (frequência) ou densidade (área atingida).

O método de FREITAS (2002), refere-se tanto para pavimentos flexíveis, quanto para pavimentos intertravados (paralelepípedos). Entretanto esta dissertação abordará apenas questões referentes a pavimentos flexíveis, não sendo necessário então, mencionar as questões relativas a pavimentos intertravados, desenvolvidas no trabalho de FREITAS (2002).

### **2.6.3 – Método para avaliação dos defeitos de superfície**

É importante ressaltar que o técnico encarregado de inventariar os defeitos, deverá passar por um treinamento especializado preparatório, de maneira que este possa identificar os mesmos sobre a superfície do pavimento com total eficiência e segurança. Os únicos instrumentos técnicos utilizados foram um perfil (régua) de alumínio com 1,20 m de extensão e um gabarito de 2,5cm x 2,5cm x 50cm, utilizada para medir a profundidade dos afundamentos nas trilhas de roda interna e externa.

FREITAS (2002) adotou uma metodologia diferente, no que concerne à divisão das vias em trechos, tendo em vista que o estudo avaliou uma área urbana. Cada rua recebeu uma numeração, e à medida que esta é cortada por outra rua, foi adicionada a esta uma letra que correspondeu àquele trecho da rua.

Durante o percurso do técnico para identificar os defeitos de superfície, FREITAS (2002) sugere que ele deverá anotar na caderneta os defeitos da seguinte maneira: a) Painelas e trincamentos devem ter suas ocorrências anotadas, de acordo com o número de vezes que estes forem verificados ao longo do trecho em questão, b) para as trilhas de roda devem ser anotadas sua extensão ao longo de cada trecho e c) os defeitos devem ser anotados, de acordo com sua classe(dimensão ou extensão), diretamente na planilha de defeitos que o técnico deve portar.

Após anotar os dados relativos a todos os trechos da área de estudo, FREITAS (2002) recomenda, ainda, que estes dados deverão ser processados de maneira a determinar quais trechos se encontram em boas ou más condições.

### 2.6.4 – Metodologia de cálculo do IFP

A equação 2.3, abaixo, foi desenvolvida por FREITAS (2002) objetivando, a partir do inventário de defeitos de superfície, determinar em que condição de conservação se encontra o revestimento asfáltico.

$$\begin{aligned}
 \text{IFP} = & \left( \frac{\text{A.FC3} \times 1,5}{\text{L} \times \text{Ext. Seg}} \right) + \left( \frac{\text{E. Af} < 2,5\text{cm} \times 1,5}{\text{Ext. Seg}} \right) + \left( \frac{\text{E. Af} > 2,5\text{cm} \times 4,0}{\text{Ext. Seg}} \right) + \dots \\
 & \dots + \left[ \left( \frac{\text{NB} < 15 \times 15 \times 0,2}{\text{Ext. Seg}} + \frac{15 \times 15 < \text{NB} < 50 \times 50 \times 1,0}{\text{Ext. Seg}} + \frac{\text{NB} < 50 \times 50 \times 2,0}{\text{Ext. Seg}} \right) \times 100 \right]
 \end{aligned}
 \tag{2.3}$$

Onde:

IFP	= índice de funcionalidade de pavimentos;
A. FC3	= área do revestimento com defeito FC3 no segmento avaliado (m <sup>2</sup> );
L	= largura da pista (metros);
E. Af	= extensão dos afundamentos nas trilhas de roda (m);
NB < 15x15	= número de buracos com área inferior a 15x15cm (painéis);
15x15cm < NB < 50x50cm	= número de buracos com área entre 15x15cm e 50x50cm;
NB > 50x50	= número de buracos com área superior a 50x50 cm;
Ext. Seg.	= extensão do segmento avaliado (metros).

Os valores que aparecem multiplicando por cada tipo de defeito, são os pesos correspondentes a cada classe de defeito, de acordo com sua gravidade.

### 2.6.5 – Visualização dos resultados

Através da equação acima mencionada obtém-se os valores de IFP, que são utilizados para classificar (sob o ponto de vista funcional) em que condição de conservação (boa condição, condição razoável, péssima condição) se encontram os revestimentos sob análise.

A Tabela 2.3 classifica a condição do pavimento em função do índice de funcionalidade de pavimentos – IFP, e atribui para cada condição uma cor representativa.

**Tabela 2.3 – Classificação das condições superficiais do pavimento**

Índices	Condição Funcional	Cor Representativa
$I.F.P \leq 0,5$	Boa	Verde
$0,5 < I.F.P < 2,0$	Razoável	Amarelo
$I.F.P \geq 2,0$	Péssima	Vermelho

Fonte: FREITAS (2002)

A última etapa do trabalho consistiu em inserir os resultados obtidos no Sistema de Informações Geográficas – SIG, criando mapas temáticos que permitem visualizar as vias da área de estudo e mostrem em que condições estas se encontram. Daí, a necessidade de atribuir cores a cada tipo de condição do pavimento.

Um exemplo da interface que o SIG proporciona entre os dados tabulares e a visualização espacial a área de estudo, pode ser visto na figura 2.3, onde se pode visualizar quais vias estão em boa, regular e péssima condição funcional.

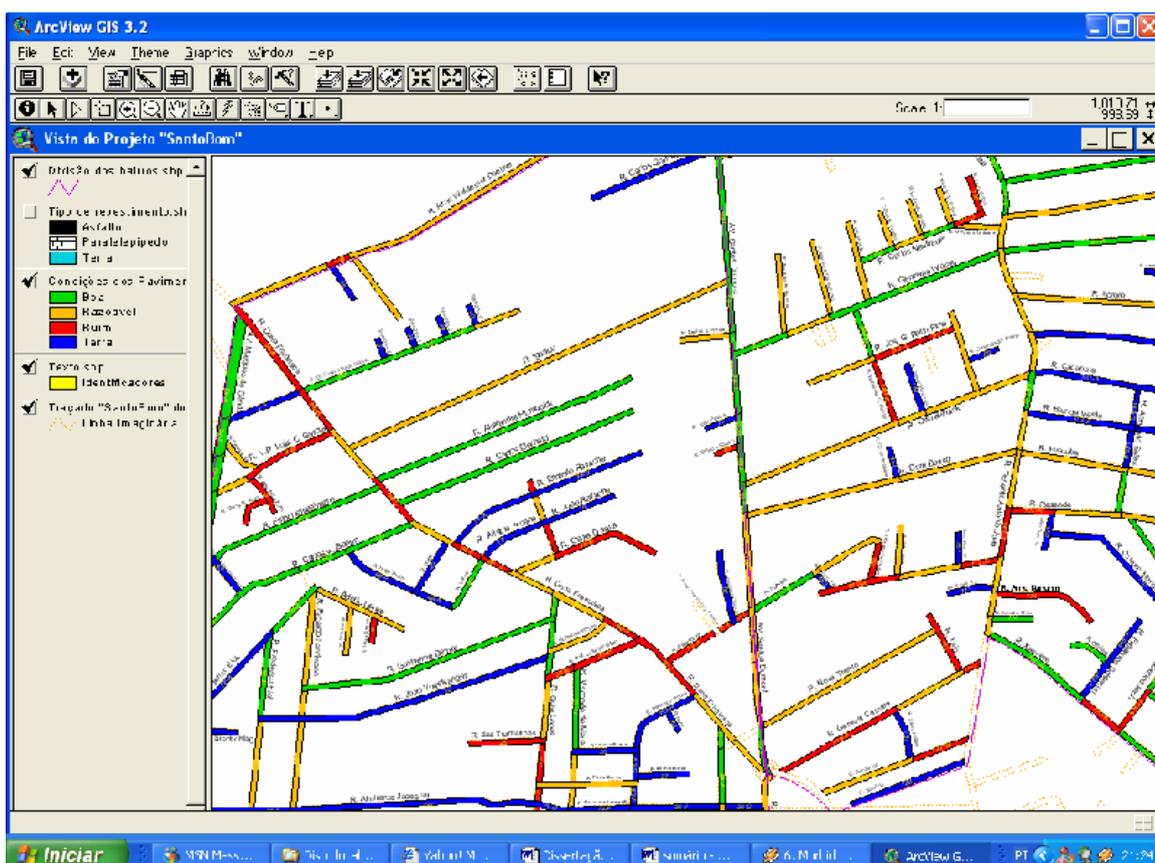


Figura 2.5 – Janela do software ArcView

### **3 – METODOLOGIA DO TRABALHO**

#### **3.1 – Introdução**

Neste capítulo serão apresentadas as bases teóricas sobre as quais se assenta o procedimento proposto de avaliação de revestimentos urbanos. Os métodos de determinação dos índices funcionais do revestimento (defeitos) e sua rugosidade (macrotextura), bem como do índice de solicitação do tráfego, serão descritos.

#### **3.2 – Índice Funcional do Pavimento**

Um dos objetivos deste trabalho é propor o uso de um Índice Funcional de Pavimentos – IFP, que exprima as condições em que se encontra o revestimento asfáltico, para identificação das vias que estão em pior estado de conservação superficial. Este IFP deverá então ser utilizado em um Sistema de Gerenciamento para Manutenção de Pavimentos Urbanos – SGPU que, além de indicar as vias em pior estado de conservação, poderá indicar, também, as que estão mais fortemente solicitadas pelo tráfego de veículos e em condições mais desfavoráveis de rugosidade.

##### **3.2.1 – Identificação dos defeitos de superfície em pavimentos flexíveis**

Como já foi mencionado neste trabalho, existem diversos métodos de avaliação de defeitos de superfície (DNIT 006/2003-PRO, DNIT 007/2003-PRO, VIZIR, PARAGON, entre outros) em uso no Brasil e no mundo.

Neste trabalho propõe-se um método híbrido, utilizando a metodologia desenvolvida por FREITAS (2002) e alguns parâmetros oriundos do DNIT 006/2003-PRO (Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – procedimento). O objetivo desse método proposto de avaliação de defeitos de superfície é propiciar às prefeituras de cidades de pequeno, médio ou grande porte, uma maneira eficiente e ao mesmo tempo mais simplificada e com menor custo de implementação.

Analisando-se o IFP desenvolvido por FREITAS (2002), constata-se que na metodologia para sua determinação foram consideradas cinco classes de defeitos, de acordo com a gravidade de cada um (painéis com área variando de 15x15cm à 50x50cm e afundamentos na trilha de roda maiores e menores que 2,5 cm).

Apesar da adoção de um procedimento de avaliação dos defeitos de superfície, análogo ao de FREITAS (2002), o IFP desenvolvido nessa pesquisa se diferencia daquele em alguns detalhes, pois que apenas será verificada a ocorrência do defeito, não importando sua severidade.

### 3.2.2 – Ponderação para os defeitos de superfície

Com o intuito de testar os pesos dos defeitos, adotados por FREITAS (2002) em sua metodologia, resolveu-se utilizar a mesma equação do IFP desenvolvida por ele, utilizando-se, entretanto, os pesos especificados no método DNIT 006/2003-PRO (DNIT, 2003). Visto que os valores dos pesos desenvolvidos por FREITAS (2002) são mais elevados que os valores do DNIT 006/2003-PRO, levando, desta forma, a resultados diferentes na avaliação dos revestimentos asfálticos, uma aplicação de ambos os métodos a uma mesma rede viária será feita com o intuito de aferir as diferenciações entre eles.

**Tabela 3.1 – Pesos adotados por DNIT 006/2003-PRO e FREITAS (2002)**

Defeitos de superfície	DNIT 006/2003-PRO	FREITAS (2002)
Trincamento	0,8	1,5
Afund. em trilha de roda < 2,5cm	0,9	1,5
Afund. em trilha de roda > 2,5cm	0,9	4,0
Panela < 15x15 cm	1,0	0,2
15x15 cm < Panela < 50x50 cm	1,0	1,0
Panela > 50x50 cm	1,0	2,0

### 3.2.3 – Cálculo do IFP

A equação que será utilizada no cálculo do IFP é análoga àquela desenvolvida por FREITAS (2002), contudo mais simplificada uma vez que não será levada em conta a diferenciação de gravidade do defeito, mas apenas sua ocorrência (nos moldes do DNIT 006/2003-PRO).

A equação adotada para o IFP encontra-se abaixo:

$$IFP = \left( \frac{A.FC3 \times P}{(L \times \text{Ext. Seg})} + \frac{E.Af \times P}{(\text{Ext. Seg})} \right) + \left( \frac{N.B \times P}{(\text{Ext. Seg})} \right) \times 100 \quad (3.1)$$

Onde:

IFP = índice funcional do pavimento (revestimento);

A. FC3 = área do revestimento com defeito FC3 no segmento avaliado (m<sup>2</sup>);

- P = peso do defeito;  
 L = largura da pista;  
 E. Af = extensão dos afundamentos nas trilhas de roda (m);  
 N. B = número de buracos (panelas);  
 Ext. Seg.= extensão do segmento avaliado (m).

A partir dos resultados obtidos para o IFP (equação 3.1), pode-se classificar o revestimento avaliado em boa, razoável ou péssima condição. Para tal, será adotada a Tabela 3.2 a seguir, que apresenta os novos intervalos para enquadramento do IFP, diferindo dos intervalos de FREITAS (2002). Houve a necessidade de alterar os intervalos da Tabela 3.2, pois com a inserção dos pesos oriundos do DNIT 006/2003-PRO, houve a necessidade de recalibrar os intervalos.

**Tabela 3.2 – Classificação das condições superficiais do pavimento pela metodologia proposta**

<b>Índices</b>	<b>Condição Funcional</b>	<b>Cor Representativa</b>
IFP $\leq$ 1,0	Boa	Verde
1,0 < IFP < 4,0	Razoável	Amarelo
IFP $\geq$ 4,0	Péssima	Vermelho

As cores representativas da condição funcional serão necessárias quando os resultados forem inseridos no SIG ArcView, de modo a identificar e visualizar as vias que mais urgentemente necessitem dos serviços de reabilitação (péssimo estado de conservação).

### **3.3 – A variável Solicitação do Tráfego**

Para intervir em um pavimento deteriorado, é necessário que os responsáveis pelos serviços de reabilitação ou restauração saibam qual a demanda de tráfego que o pavimento em questão terá de suportar, em particular os percentuais de tráfego leve (automóveis) e pesado (ônibus e caminhões). É de conhecimento comum, todavia, que aquelas vias que apresentem um volume de tráfego elevado e com grande percentual de tráfego pesado, terão seus revestimentos mais rapidamente deteriorados que as demais vias que apresentem condições superficiais equivalentes.

Dessa forma, um dos critérios desta pesquisa utilizados para priorizar a manutenção de pavimentos flexíveis, juntamente com índice de defeitos de superfície e o índice de

rugosidade do pavimento, será a variável “Solicitação do Tráfego por Faixa”. A solicitação do tráfego será considerada como o volume de tráfego pesado (caminhões e ônibus) de cada via em análise, dividido pelo número de faixas de tráfego.

Para tanto, deverão ser realizadas contagens de tráfego classificatórias dentro da área de estudo, contando a passagem de automóveis, ônibus e caminhões em um determinado ponto destas vias. Embora seja de simples realização, este procedimento demanda bastante tempo e acurácia. O método adotado para a sua realização será detalhadamente explicado no capítulo a seguir.

Determinados os volumes de tráfego e as percentagens de cada tipo de veículo, estes valores deverão ser tabulados e posteriormente inseridos no Sistema de Informações Geográficas de maneira a facilitar a visualização dos segmentos que estão sendo mais solicitados pelo tráfego de veículos.

### **3.4 – Ensaios para obtenção da macro-textura de pavimentos asfálticos**

#### 3.4.1 – Ensaio de mancha de areia

##### a) Definição

“O ensaio de mancha de areia avalia a macro-textura e caracteriza a superfície do pavimento quanto a sua capacidade de drenar a água confinada entre o pneu e a superfície do revestimento asfáltico, e quantifica sua densidade, ou seja, a distância média entre os grânulos individuais de agregados aflorados na superfície do pavimento” (DNER, 1998).

##### b) Material utilizado

O equipamento utilizado no ensaio encontra-se listado abaixo:

- Soquete com base circular (64 mm de diâmetro) e revestida de borracha (1,5 mm de espessura);
- Régua para medir o diâmetro da mancha circular de areia, com precisão em mm;
- Areia peneirada (passante na peneira 0,315 mm e retida na 0,160 mm) separada em saquinhos plásticos com 25 cm<sup>3</sup> de areia;
- Escova para limpeza da superfície.

Na Figura 3.1, pode-se visualizar o equipamento utilizado na realização do ensaio de mancha de areia.



**Figura 3.1 – Equipamentos utilizados no ensaio de Mancha de Areia**

c) Metodologia do ensaio

O primeiro passo é peneirar as amostras de areia. A areia utilizada nos ensaios deverá passar na peneira 0,315mm e ficar retida na peneira 0,160 mm. Depois de peneirada as amostras devem ser colocadas em saquinhos com o volume de 25 cm<sup>3</sup> para posterior realização dos ensaios.

Inicialmente, deve-se limpar a superfície que receberá os ensaios com a escova, conforme a Figura 3.2. É importante ressaltar que os ensaios não poderão ser realizados caso a superfície do revestimento esteja umedecida ou molhada.



**Figura 3.2 – Limpeza da superfície antes realização do ensaio**

As amostras de areia com volume conhecido deverão ser espalhadas de maneira circular sobre o revestimento, em uma pequena área, conforme Figura 3.3.



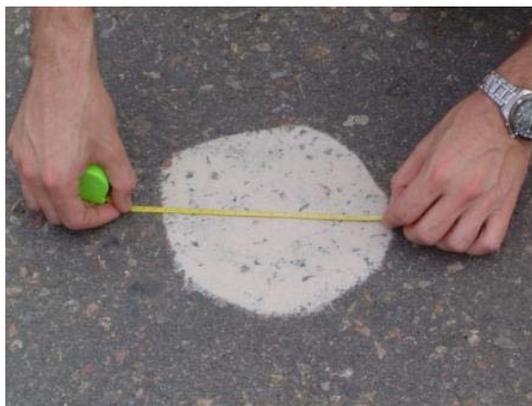
**Figura 3.3 – Espalhando a amostra de areia sobre a superfície do revestimento**

Depois, deve-se pressionar o soquete sobre a porção de areia, circunscrevendo pequenos círculos sobre o revestimento, de modo a obter uma mancha de areia de forma circular, conforme pode ser visto na Figura 3.4. Este procedimento deve ser efetuado até o momento em que não seja mais possível aumentar o diâmetro do círculo.



**Figura 3.4 – Espalhamento da amostra de areia usando o soquete**

O diâmetro dos círculos deverá ser medido três vezes, sendo cada medida defasada em  $60^\circ$  em relação à anterior, objetivando achar um diâmetro médio para o círculo de areia, de maneira a diminuir erro nas medições ou aumentar a acurácia das medidas. Como o ensaio deverá ser repetido três vezes para cada trecho a ser analisado, o diâmetro adotado será a média destes valores. A Figura 3.5 ilustra a medição do diâmetro do círculo.



**Figura 3.5 – Medição do círculo e areia feita com defasagem de 60°**

De acordo com FERREIRA (2002), “a execução deste ensaio é regulamentada por duas normas, uma francesa (Mode Opératoires du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées - Mésure de la Profondeur au Sable – Mode Opérateur RG-2 / Paris 1971) e outra americana (ASTM, 1996), que respeitam os mesmos princípios e limites de classificação”.

Os valores dos diâmetros serão utilizados para obter a altura média de areia (HS) através da seguinte fórmula:

$$HS = V/A \quad \text{ou} \quad HS = V / [(\pi D^2)/4] \quad (3.2)$$

onde:

HS = altura de areia (mm);

V = volume de areia (mm<sup>3</sup>);

A = área da mancha circular de areia (mm<sup>2</sup>);

D = diâmetro médio da mancha (mm).

A partir do HS, pode-se classificar a macrotextura do revestimento asfáltico, de acordo com a Tabela 3.3.

**Tabela 3.3 – Classificação da macrotextura tendo como parâmetro a altura média de areia - HS**

<b>Altura Média de Areia – HS (mm)</b>	<b>Textura Superficial</b>
HS ≤ 0,20	Muito fina ou muito fechada
0,20 < HS ≤ 0,40	Fina ou fechada
0,40 < HS ≤ 0,80	Média
0,80 < HS ≤ 1,20	Grosseira ou aberta
HS > 1,20	Muito aberta

*Fonte: PASQUET (1968)*

Além da classificação apresentada na Tabela 3.3, PASQUET (1968) propõe uma adequação da textura do revestimento a cada rodovia considerando a velocidade de tráfego permitida (Tabela 3.4).

**Tabela 3.4 – Aplicação em função da altura média de areia HS**

<b>Altura Média de Areia HS (mm)</b>	<b>Textura Superficial</b>	<b>Aplicação do Revestimento</b>
HS ≤ 0,20	Muito fina ou muito fechada	Não deve ser utilizado
0,20 < HS ≤ 0,40	Fina ou fechada	Reservado para zonas urbanas (V < 80 km/h)
0,40 < HS ≤ 0,80	Média	Indicado para vias com 80 km/h < V < 120 km/h
0,80 < HS ≤ 1,20	Grosseira ou aberta	Indicado para vias rápidas com V > 120 km/h
HS > 1,20	Muito aberta	Indicado em casos especiais (zonas de perigo constante com longos trechos retos, zonas onde há uma presença constante de contaminantes, etc.)

*Fonte: PASQUET (1968)*

### 3.4.2 – Ensaio de drenabilidade

#### a) Definição do ensaio de drenabilidade

O ensaio de drenabilidade permite caracterizar a textura do revestimento avaliando a capacidade de escoamento superficial da água, através dos canais formados pela rugosidade do revestimento asfáltico.

b) Material utilizado

- Drenômetro construído no Laboratório da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (LTP/EPUSP), seguindo as mesmas dimensões do Drenômetro do Institute for Highway, Railroads and Rock Engineering (ISETH);
- Cronômetro para registrar o tempo de escoamento da água pelo drenômetro;
- Tanque para armazenamento de água destilada (50 litros).

O Drenômetro (LTP/EPUSP) apresenta as seguintes características:

- Cilindro de acrílico transparente;
- No terço médio da altura do cilindro existem duas linhas que delimitam um volume conhecido de água (0,7litros), cujo tempo de escoamento será registrado;
- Para fixar o cilindro sobre a superfície do pavimento o aparelho possui em sua base uma argola de chumbo;
- No fundo do cilindro existe um furo com dimensões padronizadas, pelo qual a água é escoada;
- A parte inferior da base do cilindro é revestida por uma lâmina de borracha, cuja função é aderir à superfície;
- Para evitar que a água escoe sem o devido registro do tempo, uma rolha é acoplada ao furo no fundo do cilindro.

A Figura 3.6 destaca o Drenômetro (LTP/EPUSP) e o galão com água utilizada para molhar a superfície do revestimento asfáltico e para encher o Drenômetro após cada ensaio.



**Figura 3.6 – Drenômetro (LTP/EPUSP) e galão de água**

f) Metodologia do ensaio

Inicialmente, deve-se molhar a superfície onde se realizará o ensaio durante um período aproximado de um minuto, objetivando simular um revestimento saturado pela chuva. A partir daí, posiciona-se o drenômetro sobre a superfície do revestimento onde será feito o ensaio e, em seguida, coloca-se a argola de chumbo ao redor do drenômetro. A rolha deve ser acoplada no fundo do drenômetro, para que então se possa preenchê-lo com água, até que a lâmina d'água ultrapasse o segundo menisco do tubo. Dois operadores, então, devem se posicionar, um para retirar a rolha do tudo (fazendo com que a água escoe pelo orifício do tubo com maior velocidade) e o segundo para registrar o tempo (em um cronômetro) que a lâmina d'água leva para percorrer a distância entre o segundo e primeiro menisco do drenômetro. A seqüência de figuras abaixo ilustra melhor o procedimento do ensaio.



**Figura 3.7 – Local sendo molhado para realização do ensaio de drenabilidade**



**Figura 3.8 – Enchimento do drenômetro com água até o segundo menisco**

Existe a possibilidade de realizar o ensaio com um cronômetro eletrônico, onde dois eletrodos devem ser introduzidos na parede interna do tubo, sobre os dois meniscos do drenômetro e ligados ao cronômetro eletrônico.

Quanto menor o tempo de escoamento da água pelo drenômetro, mais rugosa é a superfície avaliada, e quanto maior o tempo de escoamento, mais lisa é a superfície do revestimento. Superfícies muito lisas representam uma redução na segurança de quem trafega sobre este revestimento, assim como uma superfície rugosa demais ocasiona um aumento do custo operacional dos veículos (desgaste de pneus, aumento no consumo de combustível, aumento dos ruídos devido contato pneu – pavimento). É importante lembrar que este ensaio avalia apenas a macrotextura do revestimento asfáltico.



**Figura 3.9 – Um operador registrando o tempo de escoamento e o outro liberando a rolha do drenômetro fazendo escoar a água**

Os ensaios de mancha de areia e de drenabilidade podem ser correlacionados, conforme mostra a equação 3.3. Esta fórmula foi desenvolvida a partir do ajustamento de uma função exponencial, através de um método de regressão (coeficiente de correlação  $R^2 = 0,95103$ ), e expressa a correlação entre a drenabilidade e a altura de areia. As variáveis determinadas nos dois ensaios são inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior a altura de areia, menor o tempo de escoamento da água pelo drenômetro.

$$\mathbf{Dren = e^{(-1,169 + 0,97HS)}} \quad \mathbf{(3.3)}$$

Onde:

Dren = tempo de escoamento da água pelo orifício do drenômetro (segundos);

HS = altura de areia (cm).

## 4 – COLETA E ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS

### 4.1 – Caracterização da Área de Estudo

#### 4.1.1 – Cidade de Joinville

A cidade de Joinville está localizada na região Sul do Brasil, a nordeste do Estado de Santa Catarina. É a maior cidade do Estado com população de 429.004 habitantes (IBGE, 2000). O município é pólo da microregião nordeste do Estado, que se caracteriza por ser o terceiro maior pólo industrial do Sul do país, sendo responsável por cerca de 13,6 % do PIB global do Estado.

A Figura 4.1 mostra a situação da cidade de Joinville na América do Sul. Abaixo seguem algumas informações, a respeito do município de Joinville.



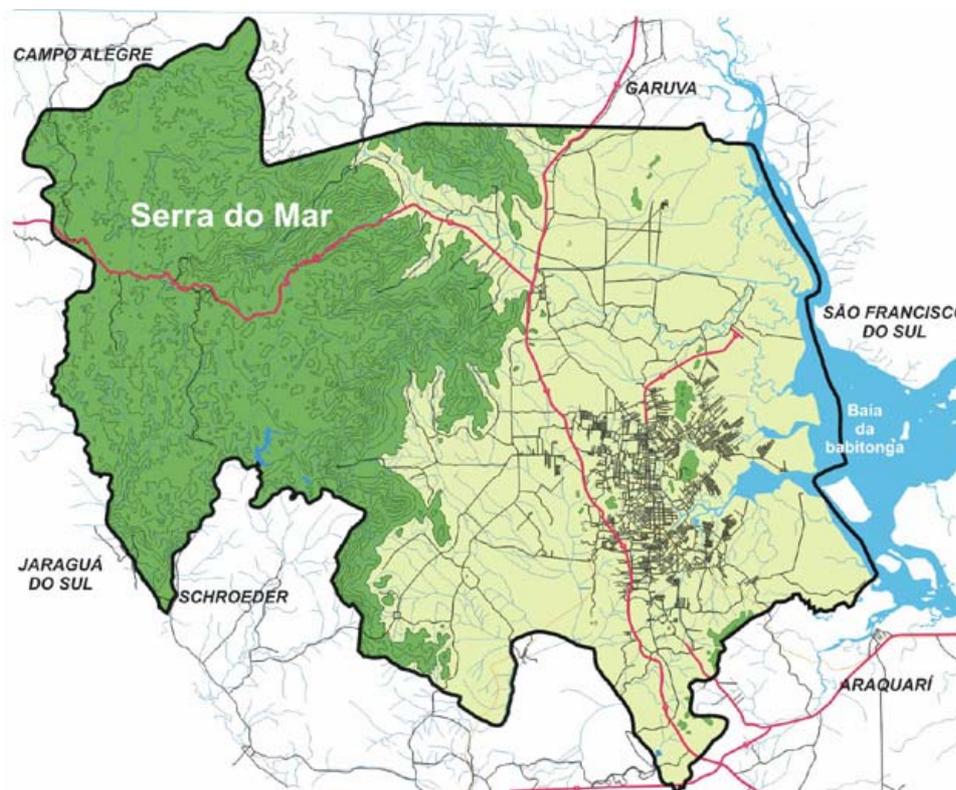
**Figura 4.1 – Localização da cidade de Joinville na América do Sul**

Fonte: <http://www.joinville.sc.gov.br>

#### a) Localização geográfica

- Latitude Sul : 26° 18' 05"
- Longitude W GR : 48° 50' 38"
- Altitude da sede : + 4,5m
- Ponto Culminante: Pico Serra Queimada com 1.325m

- Área do Município : 1.081,70 km<sup>2</sup> - (IBGE, 2000) ou 1.135,05 km<sup>2</sup> - IPPUJ (área calculada em bases informatizadas)



**Figura 4.2 – Município de Joinville**

Fonte: <http://www.joinville.sc.gov.br>

#### b) Topografia

A topografia da região onde se insere a área de estudo pode ser classificada como uma região de planícies, constituída de mangues nas partes mais interioranas e marinhas na linha da costa e é onde ocorre a ocupação humana urbana e rural com altitude máxima de 20 m;

#### c) Geotecnia

A associação do clima com a vegetação local acarretou em solos predominantemente silto-argiloso bastante instáveis e sujeitos à erosão, sendo este oriundo de processos químicos de intemperismo.

#### d) Clima

A cidade de Joinville apresenta o maior volume de precipitação total anual no Estado de Santa Catarina. Dessa forma, pode-se classificar o clima da região como úmido e sem

estação de seca. De acordo com a Estação Meteorológica da Escola Técnica Tupy, a temperatura média anual é de 22 °C e o índice médio de precipitação anual é de 1909 mm, com uma umidade relativa do ar de 76,4 %.

#### 4.1.2 – Malha viária e sistema de transporte

A tipologia da malha viária do município é descrita a seguir. Vê-se pela Tabela 4.1, que mais da metade (55,44%) das vias do município não são pavimentadas e que 14,74% são pavimentadas com pavimento intertravado. O restante das vias (29,82%) é pavimentada com revestimento asfáltico. Não há pavimentos rígidos nas vias do município de Joinville.

**Tabela 4.1 – Malha viária do Município de Joinville**

Município de Joinville									
Extensão (m)			Porcentagem (%)			Extensão Total (m)		Porcentagem (%)	
Total	Asfalto	Calçamento	pavimento primário	Asfalto	Calçamento	Pavimentação	Saibro	Pavimentação	Saibro
1.485.277	442.967	218.901	55,44	14,74	29,82	661.868	823.409	44,56	55,44

*Fonte: IPPUJ – Relatório de Joinville 2001/2002.*

Os serviços de pavimentação no município de Joinville são executados pela Divisão de Pavimentação da Prefeitura de Joinville, onde ainda não foi implantado um sistema de gerência ou manutenção de pavimentos. Durante as visitas realizadas à cidade (de Maio de 2003 à Abril de 2004), o autor pôde constatar que grandes extensões de ruas e avenidas da cidade encontravam-se com sinais claros de degradação, aguardando os serviços de reabilitação.

A Tabela 4.2 lista as ruas que se encontram dentro da área de estudo do município de Joinville, bem como outras características pertinentes aos estudos de tráfego que serão escopo deste trabalho.

**Tabela 4.2** – Especificações das vias dentro da área de estudo.

Número da via	Nome da Rua	Número de faixas	Tipo de Revestimento	Função de via
1	AV. Marques de Olinda	2	Trat. Sup. Duplo	arterial
2	AV. Santos Dumont	2	Trat. Sup. Duplo	arterial
3	R. Dr. João Colin	3	Trat. Sup. Duplo	arterial
4	R. Blumenau	3	Trat. Sup. Duplo	arterial
5	R. Guilherme Berner	2	Trat. Sup. Duplo	coletora
6	R. Prof. Ludwig Freitag	2	Trat. Sup. Duplo	coletora
7	R. Germano Wetzel	2	Trat. Sup. Duplo	coletora
8	R. Riachuelo	2	Trat. Sup. Duplo	local
9	R. Gercy R. Alvez	2	Trat. Sup. Duplo	local
10	R. Frederico Jonh	2	Trat. Sup. Duplo	local
11	R. Dr. Gerkes Selos Rocha	2	Trat. Sup. Duplo	local
12	R. das Turmalinas	2	Trat. Sup. Duplo	local
13	R. Beatriz S. Wetzel	2	Trat. Sup. Duplo	local
14	R. Balneario Camboriu	2	Trat. Sup. Duplo	local
15	R. Marechal Transpinski	2	Trat. Sup. Duplo	local
16	R. Jacarepagua	2	Trat. Sup. Duplo	local
17	R. Jose G. Rolin Filho	2	Trat. Sup. Simples	local
18	R. Itajuba	2	Trat. Sup. Simples	local
19	R. Otavio Rosa Filho	2	Trat. Sup. Simples	local
20	R. Waldemar C. Richter	2	Trat. Sup. Simples	local
21	R. Rodrigues Alvez	2	Trat. Sup. Simples	local
22	R. Dona Francisca	2	Trat. Sup. Simples	arterial
23	R. Guia Lopes	2	Micro Revest.	coletora
24	R. Ricardo Landmann	2	Micro Revest.	coletora
25	R. Guilherme Koch	2	Micro Revest.	coletora
26	R. V.P. Luiz C. Garcia	2	Micro Revest.	coletora
27	R. Frederico Eick	2	Micro Revest.	coletora
28	R. Arno Waldemar Doehler	2	Micro Revest.	local
29	R. Adolfo Lenke	2	Micro Revest.	local
30	R. Marcilio Dias	2	Lama Asfáltica	coletora
31	R. Visconde de Maua	2	Lama Asfáltica	coletora
32	R. Iguacu	2	Lama Asfáltica	coletora
33	R. Itaguacu	2	Lama Asfáltica	coletora
34	Ser. Augusto P. da Silva	2	Lama Asfáltica	local
35	R. Hilda Reddin	2	Lama Asfáltica	local
36	R. Erni Lenke	2	Lama Asfáltica	local
37	R. Carlos W. Boehn	2	C.B.U.Q.	Local
38	R. Itororo	2	C.B.U.Q.	local
39	R. Samuel Hensy	2	C.B.U.Q.	local
40	R. Barao de Teffe	2	C.B.U.Q.	local
41	R. Alexandre Humboldt	2	C.B.U.Q.	local
42	R. Brasil	2	P. M. F.	coletora
43	R. Xanxerê	2	P. M. F.	coletora
44	R. Coelho Neto	2	P. M. F.	coletora
45	R. Aracajú	2	P. M. F.	coletora
46	R. João Pessoa	2	P. M. F.	coletora
47	R. Resende	2	P. M. F.	coletora
48	R. dos Inconfidentes	2	P. M. F.	coletora
49	R. Nova Trento	2	P. M. F.	coletora
50	R. dos Ciclistas	2	P. M. F.	coletora

Rua	Nome da Rua	Número de faixas	Tipo de Revestimento	Função de via
51	R. Ituporanga	2	P. M. F.	coletora
52	R. Abrahao Linconl	2	P. M. F.	coletora
53	R. Otto Benack	2	P. M. F.	local
54	R. Arno Kunuhm	2	P. M. F.	local
55	R. Teixeira de Freitas	2	P. M. F.	local
56	R. Armando Sales	2	P. M. F.	local
57	R. Vila Lobos	2	P. M. F.	local
58	R. Humaita	2	P. M. F.	local
59	R. Guilherme Holz	2	P. M. F.	local
60	R. Palmitos	2	P. M. F.	local
61	R. Bombeiro Teodoro Fetbach	2	P. M. F.	local
62	R. Eduardo Hoffmann	2	P. M. F.	local
63	R. Ita	2	P. M. F.	local

A frota de veículos do município encontra-se descrita na Tabela 4.3, destacando-se a elevada proporção de caminhões, principalmente devido à localização da zona industrial ao Norte da cidade.

**Tabela 4.3 – Frota de Veículos do Município de Joinville**

Tipo	1996	1997	1998	1999	2000	2002
Motocicleta	9.861	12.012	13.971	14.929	16.288	21.039
Automóvel	69.706	79.490	86.347	90.274	96.456	107.659
Ônibus	727	785	817	942	1.091	1.217
Caminhão	8.925	9.736	10.310	10.798	11.893	14.029
Total	89.219	102.023	111.445	116.943	125.728	143.944

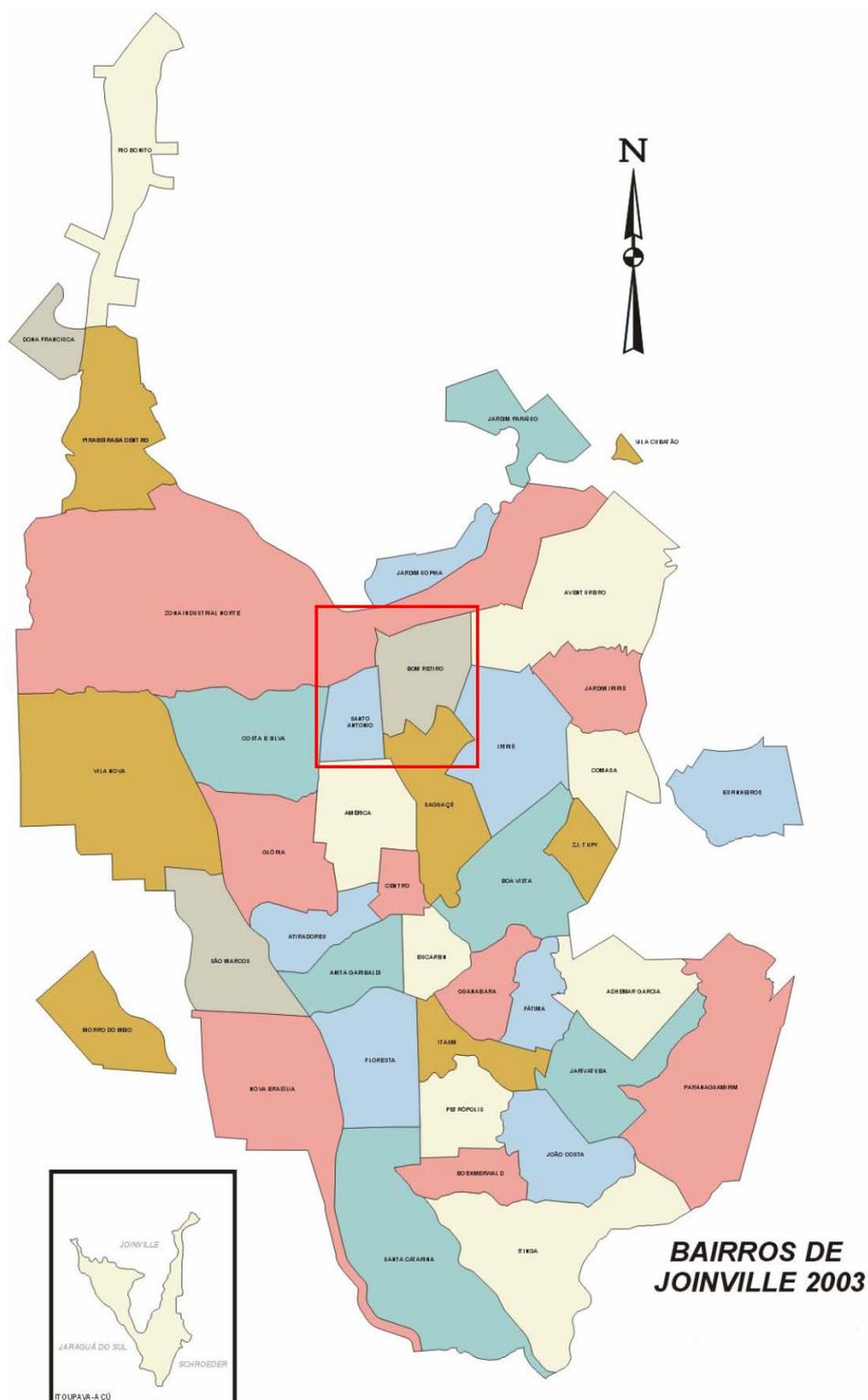
Fonte: IPPUJ – Joinville cidade em dados 2001/2002.

#### 4.1.3 – Delimitação da área de estudo

Por razões metodológicas expostas anteriormente, a área de estudo limitou-se aos bairros Santo Antônio e Bom Retiro, localizados na região centro-norte da cidade de Joinville. O primeiro apresenta uma população de 4026 habitantes e área de 2,5 km<sup>2</sup>, enquanto que o segundo tem população de 8529 habitantes e área de 6,0 km<sup>2</sup> (IBGE, 2000).

Ambos os bairros apresentam vias com classificação bem diversificada (vias de acesso rápido, com pista dupla e com tráfego intenso, bem como vias de pista simples, com tráfego médio ou baixo). Estas são, majoritariamente, revestidas com asfalto ou paralelepípedos.

A Figura 4.3 mostra os bairros que compõem o Município de Joinville, destacando os bairros que compõem a área de estudo. Enquanto que as Figuras 4.4 e 4.5, mostram os bairros de Santo Antônio e de Bom Retiro, respectivamente.



**Figura 4.3 – Mapa dos bairros do Município de Joinville (em destaque os bairros de Santo Antônio e Bom Retiro)**

Fonte: <http://www.joinville.sc.gov.br>





## **4.2 – Dados Necessários à Realização da Pesquisa**

Com base na metodologia apresentada, a coleta de dados necessários para a realização da pesquisa pôde ser definida. Os principais dados coletados foram:

- Volume e composição do tráfego de veículos;
- Defeitos de superfície no pavimento flexível;
- Mapas digitalizados da área de estudo;
- Tipo de revestimento da via;
- Macrotextura superficial dos revestimentos dos pavimentos flexíveis;

### **4.2.1 – Volume e composição do tráfego de veículos**

Os volumes totais de tráfego utilizados nesta pesquisa foram os mesmos utilizados por FREITAS (2002). FREITAS utilizou os dados levantados pela empresa de consultoria UNIJUR, referentes ao ano de 2002. Estes dados, todavia, referiam-se aos volumes totais de tráfego, não levando em conta a sua composição. Esta última, assim, teve que ser determinada.

Considerando que a determinação da composição do tráfego é uma tarefa que demandaria bastante tempo, esta foi realizada para uma amostra das vias analisadas, no horário de pico de cada uma. Este levantamento foi realizado ao longo de uma semana inteira, no mês de março de 2004. Considerou-se, assim, que a defasagem de menos de um ano e meio entre o levantamento dos volumes totais de tráfego (final de 2002) e de sua composição (início de 2004) não seria suficientemente grande para provocar mudanças significativas nesta última.

Para a coleta destes dados foi utilizada uma planilha, conforme pode ser visto no anexo C. Nesta planilha pode-se registrar a passagem dos veículos em uma seção da via por duas horas, objetivando identificar qual o horário com maior volume de veículos, ou seja, o horário de pico da via em questão. A partir desta planilha pode-se, também, identificar a composição do tráfego da via.

### **4.2.2 – Defeitos de superfície no pavimento flexível**

As condições da superfície dos revestimentos das vias foram caracterizadas segundo a presença de defeitos (método DNIT 006/2003-PRO), bem como segundo suas intensidades e

frequências de ocorrência (método de FREITAS, 2002). Considerando que, além disso, os métodos acima citados utilizam pesos diferentes para os defeitos, uma análise comparativa entre os dois métodos seria importante e interessante de ser feita. Assim, os dados coletados por FREITAS (2002) foram utilizados neste trabalho, com a vantagem de tornar possível uma análise de sensibilidade comparativa entre os métodos citados e também verificar os efeitos extras da incorporação das variáveis: tráfego por faixa e rugosidade do revestimento.

O procedimento adotado na caracterização dos defeitos de superfície utilizado nesta pesquisa, considera apenas três tipos de defeitos, sendo eles: trincamentos (FC -3), afundamentos plásticos nas trilhas de roda e panelas (buracos) e difere daqueles já mencionados.

A anotação dos defeitos é feita da seguinte forma: para os trincamentos anota-se o número de ocorrências ao longo do trecho; para afundamentos nas trilhas de roda é anotada a extensão do defeito ao longo do trecho e para as panelas é anotado o número de ocorrências ao longo do trecho avaliado.

#### **4.2.3 – Mapas digitalizados da área de estudo**

Todos os dados espaciais que compõem a área de estudo foram obtidos junto à Secretaria de Infra-Estrutura do Município de Joinville – SEIMFRA. Esta forneceu também os mapas digitalizados (em escala 1:2000), estando estes mapas em arquivos com extensão DWG.

O voo aerofotogramétrico, na escala 1:12000, foi realizado em 1989 e a partir da restituição digital das ortofotos, foram obtidas as feições que compõem o meio urbano da cidade. Finalmente, então, estas foram digitalmente inseridas no software AUTOCAD R14.

#### **4.2.4 – Tipos de revestimento da vias**

Os tipos de revestimento das vias, que compõem a área de estudos, foram obtidos através de planilhas fornecidas pela Divisão de Pavimentação da Prefeitura de Joinville. Os tipos de revestimento utilizados foram: tratamento superficial simples, tratamento superficial duplo, micro revestimento asfáltico, lama asfáltica, C.B.U.Q e P.M.F. Mais adiante nesta pesquisa, encontra-se uma tabela com o nome das vias e seus respectivos tipos de revestimentos.

#### **4.2.5 - Rugosidade superficial dos revestimentos dos pavimentos flexíveis**

A rugosidade dos revestimentos das vias em questão foi medida através dos ensaios de Mancha de Areia e de Drenabilidade. Os ensaios foram realizados no dia 03 de dezembro de 2003 e tiveram início às 8:30 h da manhã e se estenderam até as 17:45 h. O clima estava parcialmente nublado e temperatura no dia estava em torno de 25 °C.

Dada a grande quantidade de vias e a suas longas extensões, selecionou-se uma amostra de vias nas quais foram realizados os ensaios. Como não existe um método específico para a determinação da representatividade de uma amostra de vias, para estes tipos de ensaios (mancha de areia e drenabilidade), adotou-se um percentual de 20%. Dessa forma, selecionou-se um conjunto de 63 vias para fins de avaliação da macrotextura.

Para escolher as vias onde seriam feitos os ensaios, levou-se em conta as seguintes características: a) tipo de revestimento, b) tipo de funcionalidade (via arterial, coletora e local) e c) volumes de tráfego semelhantes. A partir daí, chegou-se ao número de 13 vias, onde seriam feitos os ensaios. Dentre estas 13 vias (87 segmentos), optou-se por escolher aquelas mais importantes, ou seja, arteriais e coletoras, tendo em vista que estas, por possuírem uma incidência de tráfego maior que as locais, apresentariam um desgaste superficial de seus revestimentos mais acentuado e acelerado.

Como em cada ponto da via, deveriam ser realizados três ensaios para compensar possíveis erros, e estes deveriam ser repetidos em mais dois pontos na via (com distância de um para outro de no mínimo 50 m), foram executados no total 117 ensaios de mancha de areia e 117 ensaios de drenabilidade.

Para executar os ensaios no meio das vias, e com segurança, uma viatura da polícia acompanhou a equipe que realizava os ensaios durante todo o dia. Os primeiros ensaios foram realizados no bairro de Bom Retiro e seguiram o sentido Norte – Sul, durante a parte da manhã. Os ensaios no bairro de Santo Antônio foram realizados durante à tarde e seguiram o sentido Sul – Norte. Todos os ensaios foram realizados com sucesso, sem nenhum contratempo.

### **4.3 – Análise Descritiva dos Dados**

Nesta etapa, todos os dados coletados foram tabulados e processados, para posterior introdução em um SIG (visualização e impressão de relatórios e mapas relativos às condições dos pavimentos avaliados).

#### **4.3.1 – Composições de tráfego**

Determinados os volumes e composições de tráfego das vias em estudo, estes deverão ser tabulados, de maneira a identificar quais vias apresentam maior percentual de tráfego pesado e maiores volumes de tráfego. No Anexo D pode ser vista uma tabela que apresenta o volume e a composição de tráfego (volume de automóveis, ônibus e caminhões) das as vias que foram inventariadas.

#### **4.3.2 – Volumes de tráfego por faixa**

Uma observação importante a ser feita é que os volumes contados em cada via, serão divididos pelo número de faixas de rolamento de cada via, obtendo-se a variável tráfego/faixa (número de veículos que circula em cada faixa de rolamento).

Essa variável é importante, pois as vias com um maior número de faixas de tráfego apresentam uma distribuição do tráfego entre suas faixas e, portanto, uma menor solicitação do tráfego por faixa. Assim, deve-se priorizar as vias com faixas de rolamento mais solicitadas pelo tráfego de veículos. Esta medida evitaria erros como, no caso de se ter duas vias com volumes e composições de tráfego semelhantes, entretanto uma com três faixas de tráfego e um sentido e a outra com apenas duas faixas e um sentido. Neste caso, dever-se-ia priorizar a via com menor número de faixas, pois as faixas desta serão mais solicitadas do que a via com três faixas de rolamento.

Para evitar discrepâncias como estas, resolveu-se adotar o volume de tráfego por faixa de rolamento, considerando-se uma distribuição igual, do tráfego por faixa. A Tabela 4.4 apresenta os volumes de tráfego por faixa de rolamento, das vias da área de estudo. Sendo que, a variável tráfego consiste nos volumes de tráfego obtidos pela UNIJUR.

**Tabela 4.4 – Volumes de tráfego por faixa de rolamento**

<i>Nome da Rua</i>	<i>Tráfego</i>	<i>n. de faixas</i>	<i>tráfego/faixa</i>
R. Arno Waldemar Doehler	2960000	2	1.480.000
R. Dr. Gerkes Selos Rocha	710000	2	350.000
R. V.P. Luiz C. Garcia	885000	2	442.500
R. Iguaçu	885000	2	442.500
Sem Denominação 1	1200000	2	600.000
R. Gercy R. Alvez	1100000	2	550.000
R. Alexandre Humboldt	589000	2	294.500
R. Beatriz S. Wetzel	695000	2	347.500
R. Carlos W. Boehn	625000	2	312.500
R. Frederico Eick	830000	2	415.000
R. Guilherme Berner	625000	2	312.500
R. Prof. Ludiwig Freitag	1830000	2	915.000
R. das Turmalinas	722000	2	361.000
R. Marçílio Dias	2350000	2	1.175.000
R. Coelho Neto	2700000	2	1.350.000
R. Aracaju	2550000	2	1.275.000
R. João Pessoa	2450000	2	1.225.000
R. Adolfo Lenke	590000	2	295.000
R. Erni Lenke	340000	2	170.000
R. Hilda Reddin	360000	2	180.000
R. Itaguaçu	880000	2	440.000
R. Guilherme Koch	1650000	2	825.000
R. Ricardo Landmann	1780000	2	890.000
Sem Denominação 8	2200000	2	1.100.000
R. Guia Lopes	2150000	2	1.075.000
R. Visconde de Mauá	2050000	2	1.025.000
Sem Denominação 9	2050000	2	1.025.000
R. Blumenau	4040000	3	1.346.667
R. Dona Francisca	6950000	2	3.475.000
R. Dr. João Colín	4950000	3	1.650.000
AV. Santos Dumont	8750000	2	4.375.000
AV. Marques de Olinda	5200000	2	2.600.000
Ser. Augusto P. da Silva	1250000	2	625.000
R. Barão de Teffe	756000	2	378.000
R. Balneário Camboriu	656000	2	328.000
R. Rodrigues Alvez	687000	2	328.000
R. Abrahao Linconl	1200000	2	600.000
R. Itajuba	985000	2	492.500
R. Samuel Hensy	830000	2	415.000
R. Itá	167000	2	83.500
R. Umaitá	890000	2	445.000
R. Otavio Rosa Filho	940000	2	470.000
R. Germano Wetzel	1360000	2	680.000
R. Riachuelo	1850000	2	925.000
R. Itororo	1150000	2	575.000
R. Jose G. Rolin Filho	1850000	2	930.000
R. Otto Benack	1480000	2	740.000
R. Resende	2250000	2	1.125.000
R. Brasil	3560000	2	1.780.000
R. Palmitos	815000	2	407.5

<i>Nome da Rua</i>	<i>Tráfego</i>	<i>n. de faixas</i>	<i>tráfego/faixa</i>
R. dos Ciclistas	165000	2	82.500
R. Arno Kunuhm	1330000	2	665.000
R. Nova Trento	1050000	2	525.000
R. Eduardo Hoffmann	337000	2	168.500
R. Xanxerê	297000	2	148.500
R. Ituporanga	1480000	2	740.000
R. Guilherme Holtz	852000	2	426.000
R. Bombeiro Teodoro Fetbach	388000	2	194.000
R. Marechal Transpinski	530000	2	265.000
R. Jacarepaguá	490000	2	245.000
R. Waldemar C. Richter	825000	2	412.500
R. Armando Sales	1020000	2	510.000
R. dos Inconfidentes	2150000	2	1.075.000
R. Teixeira de Freitas	1250000	2	625.000
R. Vila Lobos	956000	2	478.000
R. Frederico Jonh	1250000	2	625.000
R. Taio	956000	2	478.000

#### **4.3.3 – Índice de rugosidade dos revestimentos asfálticos**

Após a realização dos ensaios de drenabilidade e mancha de areia, nas ruas selecionadas dos bairros Santo Antonio e Bom Retiro, os dados foram depurados e tabelados. Os procedimentos utilizados são descritos a seguir.

##### a) Ensaio de mancha de areia

Calculou-se a média dos diâmetros obtidos nos três ensaios no primeiro ponto. O procedimento se repetiu nos outros dois pontos seguintes (ao longo da via analisada), resultando em três diâmetros médios (vide Figura 4.6). Calculou-se, então, uma nova média que resultou em um diâmetro final que foi o valor adotado para aquela via. Dessa forma, obteve-se um diâmetro médio para cada uma das vias analisadas. Os resultados destes procedimentos podem ser vistos na Tabela 4.5.

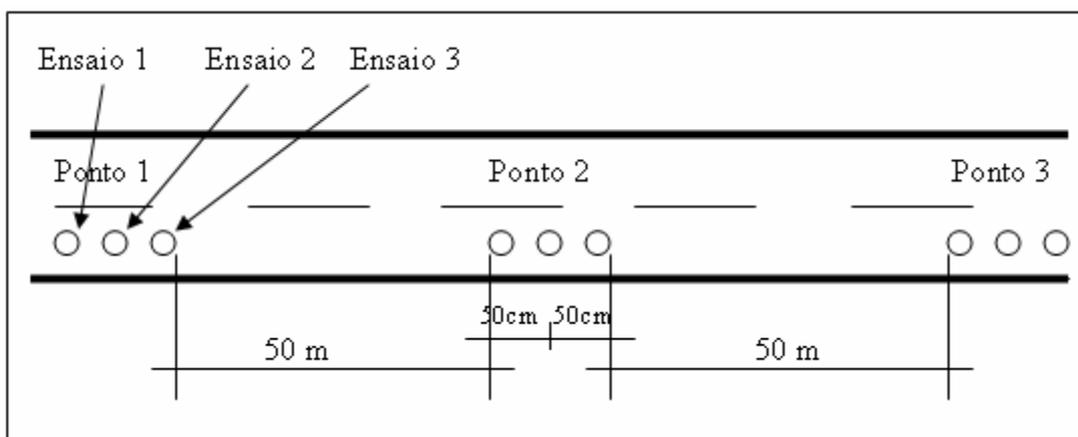


Figura 4.6 – Ilustração dos ensaios de mancha de areia

Tabela 4.5 – Valor dos diâmetros obtidos nos ensaios de mancha de areia (em cm)

N. da Rua	Nome da Rua	Pontos	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Média	Diâmetro Médio
8	Riachuelo	Ponto 1	16/18/17	16/17,5/17	18/17/16,7	17,0	16,9
		Ponto 2	15,7/15,4/16,1	16/14,8/15,5	19,5/18/18,8	16,6	
		Ponto 3	17,5/17/16,5	18/17/16	18,5/16,5/17	17,1	
42	Brasil	Ponto 1	15,5/17/15	19,6/19,8/19,2	17,5/18/18,6	17,8	19,2
		Ponto 2	19/19,4/18,8	19,3/21,2/18,9	18,6/18,8/19,9	19,3	
		Ponto 3	20,5/18,5/21,2	20,5/19,9/20,2	21,9/21,5/20	20,5	
22	Dona Francisca	Ponto 1	29,3/28,9/30	29,9/31,6/30,6	31/33/31	30,6	31,3
		Ponto 2	30/33/31	30/30/31,4	31/32,5/32	31,2	
		Ponto 3	32/33/30	33/30,5/33,5	32/32/33	32,1	
4	Marcílio Dias	Ponto 1	14/15,5/14,5	15/16/14,4	14,8/15,9/14,5	15,0	12,5
		Ponto 2	12/14/12	13,4/13,6/13	12,5/12/14	12,9	
		Ponto 3	10/9,5/10	9,1/10/8,9	9,3/10/10	9,6	
44	Coelho Neto	Ponto 1	12,8/14/13	14,2/13,5/15,2	12,3/12,5/12,9	13,4	13,2
		Ponto 2	12,5/12,8/13	13,1/13/13,7	12,4/11,5/13,2	12,8	
		Ponto 3	13/14/12,5	14/14/13,1	13,3/13/13,9	13,4	
59	Guilherme Holz	Ponto 1	13,4/15/14,7	12,7/16/14,2	14/14,1/13	14,1	13,2
		Ponto 2	13/14/14,2	13,8/14/15	15,2/14,3/14,9	14,3	
		Ponto 3	11/11,9/12,1	10,8/10,9/10	10,9/12/11,4	11,2	
38	Itororó	Ponto 1	29,3/30/29,2	27,5/29/30,6	29/30,6/30	29,5	27,2
		Ponto 2	24,5/24/24,2	26,6/26/26	25/25,5/26	25,3	
		Ponto 3	28,2/27,9/25,3	25,6/27/26,1	27,4/26,8/26,7	26,8	
63	Itá	Ponto 1	14/13,5/14	14,3/13/12	12,5/12/12,9	11,8	12,0
		Ponto 2	12,8/12,2/12,4	11,6/11,8/13	13,1/12,5/12,8	12,5	
		Ponto 3	11,9/12,5/11,2	13,5/12/12,1	11,1/11,2/11,8	11,9	
37	Carlos W. Boehn	Ponto 1	19,9/19,2/19,6	19,3/18,5/18,6	19,8/19,2/18,5	19,2	21,3
		Ponto 2	22,4/22,1/23,4	18,9/21,7/20,5	21,5/22,1/22,1	21,6	
		Ponto 3	21,1/20,8/21,9	25,1/23,1/23,8	24,7/23,2/25,1	23,2	
2	Santos Dumont	Ponto 1	19,2/19,7/19,9	19/20,5/19,4	19,1/18,9/19,9	20,6	20,0
		Ponto 2	17/18,2/18,4	17,4/18,2/18,1	18,5/18,2/17,9	18,0	
		Ponto 3	20/20/23	22/21,4/22	22/21,5/20,6	21,4	

N. da Rua	Nome da Rua	Pontos	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Média	Diâmetro Médio
		Ponto 1	24/25,4/22,8	22,9/24,5/24,4	23/27,5/25	24,4	25,0
4	Blumenau	Ponto 2	21,4/22,9/23,2	25,4/25,1/25,4	24,9/25/25,7	24,3	
		Ponto 3	26/26,4/29	26,5/28/28	25/23,5/24	26,3	
		Ponto 1	26,5/28/26,5	29,9/29,4/28,9	29,9/28,6/29	28,5	26,7
1	Marques	Ponto 2	26/26,4/27	26,5/27,1/25,9	27,9/25,2/26,4	26,5	
	de Olinda	Ponto 3	27,2/26,5/27,2	26,9/25,8/26	22,5/22,9/22	25,2	
		Ponto 1	12,8/12,5/12,8	12,2/10,8/11,6	11,5/11,4/11,7	11,9	14,1
23	Guia	Ponto 2	13,0/14,1/12,5	14,0/13,8/13,9	10,7/12,2/11,9	17,5	
	Lopes	Ponto 3	14,5/13,6/11,9	12,1/14,5/11,9	10,2/12,9/13,5	12,8	

A partir do diâmetro médio pôde-se calcular, então, a área do círculo de areia para, finalmente, determinar o valor da altura de areia (HS), calculada pela equação 3.2. Os valores de HS calculados são mostrados na Tabela 4.6.

**Tabela 4.6 – Resultados calculados de HS**

N. da Rua	Nome da Rua	Área (cm <sup>2</sup> )	HS (mm)	Tipo de revestimento
8	Riachuelo	224,955	1,11	Trat. Superf. Duplo
42	Brasil	289,409	0,86	P.M.F
22	Dona Francisca	769,643	0,32	Trat. Superf. Simples
30	Marcílio Dias	123,013	2,03	Lama Asfáltica
44	Coelho Neto	136,848	1,83	P.M.F
59	Guilherme Holz	136,931	1,83	P.M.F
38	Itororó	580,428	0,43	C.B.U.Q
63	Itá	114,023	2,19	P.M.F
37	Carlos W.Boehn	357,566	0,7	C.B.U.Q
2	Santos Dumont	313,594	0,8	Trat. Superf. Duplo
4	Blumenau	490,717	0,51	Trat. Superf. Duplo
1	Marques de Olinda	561,749	0,4	Trat. Superf. Duplo
23	Guia Lopes	155.724	1,61	Micro Revest.

Após a determinação das alturas HS das vias selecionadas, estes valores foram enquadrados na Tabela 4.18, de maneira a identificar em que condições se encontram os revestimentos e com qual velocidade máxima os veículos podem trafegar sobre estas superfícies. Os resultados obtidos após o cálculo de HS e a entrada dos dados na Tabela 3.4, podem ser vistos na Tabela 4.7.

**Tabela 4.7 – Aplicação dos revestimentos em função de HS**

<b>N. de vias</b>	<b>Nome da via</b>	<b>Tipo de Revestimento</b>	<b>Funcionalidade da via</b>	<b>Aplicação do Revestimento</b>
<b>8</b>	Riachuelo	Trat. Sup. Duplo	Local	V>120 km/h
<b>42</b>	Brasil	P.M.F	Coletora	V>120 km/h
<b>22</b>	Dona Francisca	Trat. Sup. Simples	Arterial	V<80 km/h
<b>30</b>	Marçílio Dias	Lama asfáltica	Coletora	Muito aberta
<b>44</b>	Coelho Neto	P.M.F	Coletora	Muito aberta
<b>59</b>	Guilherme Holtz	P.M.F	Local	Muito aberta
<b>38</b>	Itororó	C.B.U.Q	Local	80 km/h<V<120 km/h
<b>63</b>	Itá	P.M.F	Local	Muito aberta
<b>37</b>	Carlos W.Boehn	C.B.U.Q	Local	80 km/h<V<120 km/h
<b>2</b>	Santos Dumont	Trat. Sup. Duplo	Arterial	80 km/h<V<120 km/h
<b>4</b>	Blumenau	Trat. Sup. Duplo	Arterial	80 km/h<V<120 km/h
<b>1</b>	Marquês de Olinda	Trat. Sup. Duplo	Arterial	V<80 km/h
<b>23</b>	Guia lopes	Micro Revest.	Coletora	Muito aberta

No Brasil, por Lei (de acordo com o Novo Código de Transito), velocidades acima de 60km/h em perímetros urbanos são permitidas somente em vias expressas. Por isso, a denominação “muito aberta” é utilizada para os revestimentos com este elevado nível de rugosidade. A circulação de veículos sobre este tipo de revestimento, pode ser considerada muito segura do ponto de vista da aderência, mas demasiadamente custosa e pouco confortável para quem trafega sobre este revestimento, devido ao ruído excessivo.

#### b) Ensaio de drenabilidade

Os ensaios de drenabilidade foram realizados nos mesmos pontos e logo após os ensaios de mancha de areia. A metodologia deste ensaio já foi descrita neste trabalho. Na Tabela 4.8 pode-se visualizar os resultados dos ensaios de drenabilidade.

**Tabela 4.8 – Resultado dos ensaios de drenabilidade (min.)**

N. da Rua	Nome da Rua	Pontos	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Média	Valor do Ensaio
8	Riachuelo	Ponto 1	2"560	1"283	2"067	1"970	3"306
		Ponto 2	6"132	5"870	6"274	6"092	
		Ponto 3	1"621	1"923	2"028	1"857	
42	Brasil	Ponto 1	4"473	5"103	5"039	4"872	4"410
		Ponto 2	3"948	3"886	3"846	3"893	
		Ponto 3	4"505	4"505	4"384	4"465	
22	Dona Francisca	Ponto 1	27"601	27"281	26"940	27"274	22"225
		Ponto 2	22"532	23"220	24"034	23"262	
		Ponto 3	16"038	16"038	16"340	16"139	
4	Marcílio Dias	Ponto 1	2"896	2"876	2"925	2"899	2"079
		Ponto 2	1"734	1"594	1"786	1"705	
		Ponto 3	1"702	1"594	1"600	1"632	
44	Coelho Neto	Ponto 1	2"191	2"037	2"925	2"384	2"021
		Ponto 2	1"734'	1"594	2"222	1"850	
		Ponto 3	1"702	1"593	2"192	1"829	
59	Guilherme Holz	Ponto 1	3"227	3"191	3"089	3"169	2"764
		Ponto 2	3"874	3"475	3"261	3"537	
		Ponto 3	1"663	1"474	1"598	1"587	
38	Itororó	Ponto 1	26"473	26"374	27"191	26"679	23"074
		Ponto 2	21"625	21"876	21"594	21"698	
		Ponto 3	20"068	21"535	20"930	20"844	
63	Itá	Ponto 1	1"724	1"530	1"724	1"659	1"324
		Ponto 2	1"289	1"144	1"161	1"198	
		Ponto 3	1"105	1"159	1"080	1"115	
37	Carlos W.Boehn	Ponto 1	4"092	3"944	6"652	4"896	5"134
		Ponto 2	4"281	3"879	7"654	5"271	
		Ponto 3	4"373	3"868	7"461	5"234	
2	Santos Dumont	Ponto 1	5"630	5"474	5"463	5"522	4"811
		Ponto 2	4"596	4"533	4"449	4"526	
		Ponto 3	4"383	4"384	4"384	4"384	
4	Blumenau	Ponto 1	18"083	19"030	19"339	18"817	25"721
		Ponto 2	44"140	48"680	50"600	47"807	
		Ponto 3	10"623	10"002	10"993	10"539	
1	Marques de Olinda	Ponto 1	31"724	34"229	34"979	33"644	32"834
		Ponto 2	59"874	59"653	59"998	59"842	
		Ponto 3	4"840	5"160	5"051	5"017	
23	Guia Lopes	Ponto 1	3"548	3"987	3"114	3"550	3"365
		Ponto 2	3"458	3"125	3"321	3"301	
		Ponto 3	3"252	3"147	3"336	3"245	

Determinado o valor das vazões, pode-se, então, converter os tempos de escoamento em altura de areia (HS), utilizando a equação 3.3.

$$\text{Dren} = e^{(-1,169 + 0,97HS)} \quad (3.3)$$

Sendo:

Dren = Tempo de escoamento do drenômetro (min.);

HS = Altura de areia (mm).

Os resultados destes ensaios podem ser vistos e comparados com os valores dos ensaios de mancha de areia, na Tabela 4.9.

**Tabela 4.9 – Valor de tempo de escoamento convertido em HS**

N. de vias	Nome da via	Tipo de Revestimento	Valor do Ensaio (min)	Hs (mm) Valor determinado	HS (mm) Valor convertido
8	Riachuelo	Trat. Sup. Duplo	3"306	1,11	0,91
42	Brasil	P.M.F	4"410	0,86	0,72
22	Dona Francisca	Trat. Sup. Simples	22"225	0,32	0,42
30	Marcílio Dias	Lama asfáltica	2"079	2,03	2,22
44	Coelho Neto	P.M.F	2"021	1,83	1,83
59	Guilherme Holtz	P.M.F	2"764	1,83	1,83
38	Itororó	C.B.U.Q	23"074	0,43	0,47
63	Itá	P.M.F	1"324	2,19	2,60
37	Carlos W.Boehn	C.B.U.Q	5"134	0,7	0,61
2	Santos Dumont	Trat. Sup. Duplo	4"811	0,8	0,67
4	Blumenau	Trat. Sup. Duplo	25"721	0,51	0,51
1	Marquês de Olinda	Trat. Sup. Duplo	32"834	0,40	0,46
23	Guia Lopes	Micro Revest.	3"365	1,61	1,47

Valores altos como os obtidos na Rua Itá, indicam um pavimento trincado, acarretando no escoamento acelerado da água durante o ensaio de drenabilidade.

Determinados os resultados dos ensaios da amostra de 20% das vias da área de estudo, deve-se expandir estes valores para as demais vias da área de estudo. Como já foi explicado, não existe uma metodologia específica para este procedimento, havendo apenas técnicas empíricas que são utilizadas pelos especialistas. A técnica em questão consiste em analisar a homogeneidade das vias ensaiadas e expandir o resultado destas, para as demais vias, com as quais estas mais se assemelhem, ou seja, para as vias que tenham maior número de características em comum.

As características consideradas são as seguintes, listadas na respectiva ordem de importância:

- Tipo de revestimento;
- Função da via;
- Tráfego por faixa, e
- Condição do revestimento.

A expansão dessa amostra para as demais vias da área de estudo, contudo, tem o objetivo apenas de simular esta situação no SIG ArcView. É importante salientar, entretanto, que com o propósito de manter-se a coerência científica da análise comparativa dos resultados obtidos, que será feita ao final desta pesquisa, serão levadas em conta apenas as vias que realmente foram ensaiadas (i.e. 13 vias ou 87 segmentos).

A Tabela 4.10, apresenta os resultados expandidos para o universo das 63 vias da área de estudos.

**Tabela 4.10 – Valores expandidos da macrotextura para toda a área de abrangência**

Rua	Nome da Rua	Tipo de Revestimento	Função de via	Tráfego por faixa	Condição (ifp-proposto)	Resultados
1	AV. Marques de Olinda	Trat. Sup. Duplo	arterial	2.600.000	Boa	V<80 km/h
2	AV. Santos Dumont	Trat. Sup. Duplo	arterial	4.375.000	Razoavel	80 km/h<V<120 km/h
3	R. Dr. Joao Colin	Trat. Sup. Duplo	arterial	1.650.000	Razoavel	80 km/h<V<120 km/h
4	R. Blumenau	Trat. Sup. Duplo	arterial	1.346.667	Boa	80 km/h<V<120 km/h
5	R. Guilherme Berner	Trat. Sup. Duplo	coletora	312.500	Boa	V>120 km/h
6	R. Prof. Ludiwig Freitag	Trat. Sup. Duplo	coletora	915.000	Ruim	V>120 km/h
7	R. Germano Wetzel	Trat. Sup. Duplo	coletora	680.000	Razoavel	V>120 km/h
8	R. Riachuelo	Trat. Sup. Duplo	local	925.000	Razoavel	V>120 km/h
9	R. Gercy R. Alvez	Trat. Sup. Duplo	local	550.000	Ruim	V>120 km/h
10	R. Frederico Jonh	Trat. Sup. Duplo	local	625.000	Razoavel	V>120 km/h
11	R. Dr. Gerkes Selos Rocha	Trat. Sup. Duplo	local	350.000	Boa	V<80 km/h
12	R. das Turmalinas	Trat. Sup. Duplo	local	361.000	Ruim	80 km/h<V<120 km/h
13	R. Beatriz S. Wetzel	Trat. Sup. Duplo	local	347.500	Razoavel	80 km/h<V<120 km/h
14	R. Balneario Camboriu	Trat. Sup. Duplo	local	328.000	Razoavel	80 km/h<V<120 km/h
15	R. Marechal Transpinski	Trat. Sup. Duplo	local	265.000	Razoavel	80 km/h<V<120 km/h
16	R. Jacarepagua	Trat. Sup. Duplo	local	245.000	Razoavel	80 km/h<V<120 km/h
17	R. Jose G. Rolin Filho	Trat. Sup. Simples	local	930.000	Ruim	V<80 km/h
18	R. Itajuba	Trat. Sup. Simples	local	492.500	Razoavel	V<80 km/h
19	R. Otavio Rosa Filho	Trat. Sup. Simples	local	470.000	Razoavel	V<80 km/h
20	R. Waldemar C. Richter	Trat. Sup. Simples	local	412.500	Razoavel	V<80 km/h
21	R. Rodrigues Alvez	Trat. Sup. Simples	local	328.000	Razoavel	V<80 km/h
22	R. Dona Francisca	Trat. Sup. Simples	arterial	3.475.000	Ruim	V<80 km/h
23	R. Guia Lopes	Micro Revest.	coletora	1.075.000	Ruim	Muito aberta
24	R. Ricardo Landmann	Micro Revest.	coletora	890.000	Razoavel	Muito aberta
25	R. Guilherme Koch	Micro Revest.	coletora	825.000	Ruim	Muito aberta
26	R. V.P. Luiz C. Garcia	Micro Revest.	coletora	442.500	Ruim	Muito aberta
27	R. Frederico Eick	Micro Revest.	coletora	415.000	Boa	Muito aberta
28	R. Arno Waldemar Doehler	Micro Revest.	local	1.480.000	Ruim	Muito aberta

Rua	Nome da Rua	Tipo de Revestimento	Função de via	Tráfego por faixa	Condição	Resultados
29	R. Adolfo Lenke	Micro Revest.	local	295.000	Razoavel	Muito aberta
30	R. Marcilio Dias	Lama Asfáltica	coletora	1.175.000	Razoavel	Muito aberta
31	R. Visconde de Maua	Lama Asfáltica	coletora	1.025.000	Razoavel	Muito aberta
32	R. Iguacu	Lama Asfáltica	coletora	442.500	Ruim	Muito aberta
33	R. Itaguacu	Lama Asfáltica	coletora	440.000	Ruim	Muito aberta
34	Ser. Augusto P. da Silva	Lama Asfáltica	local	625.000	Razoavel	Muito aberta
35	R. Hilda Reddin	Lama Asfáltica	local	180.000	Ruim	Muito aberta
36	R. Erni Lenke	Lama Asfáltica	local	170.000	Razoavel	Muito aberta
37	R. Carlos W. Boehn	C.B.U.Q.	Local	312.500	Boa	80 km/h<V<120 km/h
38	R. Itororo	C.B.U.Q.	local	575.000	Boa	80 km/h<V<120 km/h
39	R. Samuel Hensy	C.B.U.Q.	local	415.000	Boa	80 km/h<V<120 km/h
40	R. Barao de Teffe	C.B.U.Q.	local	378.000	Boa	80 km/h<V<120 km/h
41	R. Alexandre Humboldt	C.B.U.Q.	local	294.500	Boa	80 km/h<V<120 km/h
42	R. Brasil	P. M. F.	coletora	1.780.000	Razoavel	V>120 km/h
43	R. Xanxere	P. M. F.	coletora	148.500	Razoavel	V>120 km/h
44	R. Coelho Neto	P. M. F.	coletora	1.350.000	Razoavel	Muito aberta
45	R. Aracaju	P. M. F.	coletora	1.275.000	Razoavel	Muito aberta
46	R. Joao Pessoa	P. M. F.	coletora	1.225.000	Razoavel	Muito aberta
47	R. Resende	P. M. F.	coletora	1.125.000	Ruim	Muito aberta
48	R. dos Inconfidentes	P. M. F.	coletora	1.075.000	Ruim	Muito aberta
49	R. Nova Trento	P. M. F.	coletora	525.000	Razoavel	Muito aberta
50	R. dos Ciclistas	P. M. F.	coletora	82.500	Ruim	Muito aberta
51	R. Ituporanga	P. M. F.	coletora	740.000	Ruim	Muito aberta
52	R. Abrahao Linconl	P. M. F.	coletora	600.000	Ruim	Muito aberta
53	R. Otto Benack	P. M. F.	local	740.000	Razoavel	Muito aberta
54	R. Arno Kunuhm	P. M. F.	local	665.000	Ruim	Muito aberta
55	R. Teixeira de Freitas	P. M. F.	local	625.000	Ruim	Muito aberta
56	R. Armando Sales	P. M. F.	local	510.000	Razoavel	Muito aberta
57	R. Vila Lobos	P. M. F.	local	478.000	Razoavel	Muito aberta
58	R. Humaita	P. M. F.	local	445.000	Boa	Muito aberta
59	R. Guilherme Holz	P. M. F.	local	426.000	Ruim	Muito aberta
60	R. Palmitos	P. M. F.	local	407.500	Razoavel	Muito aberta
61	R. Bombeiro Teodoro Fetbach	P. M. F.	local	194.000	Boa	Muito aberta
62	R. Eduardo Hoffmann	P. M. F.	local	168.500	Boa	Muito aberta
63	R. Ita	P. M. F.	local	83.500	Razoavel	Muito aberta

Nenhuma das vias ensaiadas apresentou textura fechada demais ( $HS \leq 0,2$  mm), o que as tornaria inadequadas ao tráfego de veículos. Entretanto, 33 das 63 vias analisadas apresentaram uma textura aberta demais ( $HS > 1,2$  mm). Revestimentos nestas condições tendem a desgastar mais rapidamente os pneus dos veículos, além de afetar o custo operacional dos mesmos (MOMM, 1998).

Vias em condições ruins de conservação precisam receber serviços de reabilitação imediatamente, com o intuito de sanar este defeito, evitando o desperdício de recursos por parte do usuário da via.

#### **4.3.4 – Índice de Funcionalidade de Pavimentos**

São apresentados na Tabela do Anexo E os índices de funcionalidade dos pavimentos flexíveis, obtidos pelo método proposto nesta dissertação, juntamente com as respectivas extensões dos seguimentos (Eseg) e as identificações de cada trecho (ID).

## 5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

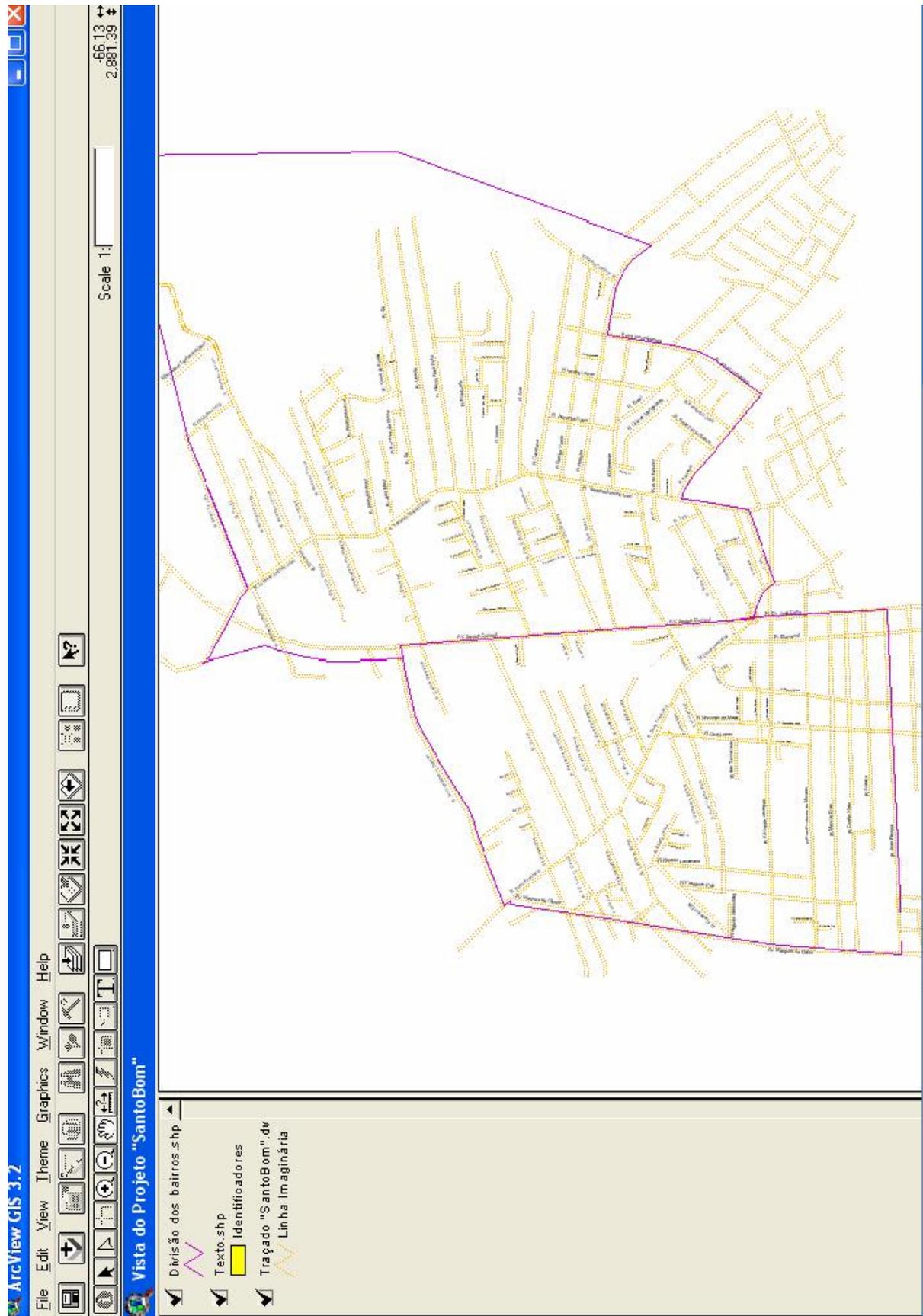
Obtidas as informações sobre as condições dos revestimentos pelo método proposto, estas foram inseridas no SIG ArcView, juntamente com os dados de tráfego e rugosidade, para a análise de QUERIES e geração dos resultados da pesquisa, i.e. a identificação e visualização no mapa temático do sistema viário, dos trechos viários prioritários para fins de intervenção de manutenção.

### 5.1 – Geração de Mapas Temáticos

Inicialmente, foi criado um novo 'projeto', chamado SANTOBOM, dentro do SIG ArcView. A partir de um arquivo do AUTOCAD, denominado SANTOBOM.DWG (sendo DWG a extensão padrão dos arquivos no formato CAD), contendo os mapas dos bairros Bom Retiro e Santo Antônio, gerou-se o arquivo SANTOBOM.SHP com o formato SHAPEFILE. Esta conversão teve como objetivo permitir a edição de informações sobre o tema em questão, como, por exemplo, nome das ruas, numeração dos segmentos (identificadores), faixas de tráfego, volumes de tráfego, etc., ação esta que não seria possível se o projeto tivesse qualquer outra extensão que não fosse a .SHP.

Este último arquivo foi então inserido no ArcView, criando-se, assim, uma VIEW com o mapa digital do sistema viário dos bairros. Nesta VIEW é adicionada uma tabela de atributos que, através de identificadores dos trechos viários, guarda correspondência com o mapa digital da VIEW.

A partir do momento que a conversão é finalizada, o ArcView automaticamente cria uma tabela de atributos “ATRIBUTES OF SANTOBOM.SHP”, que consiste de uma tabela, onde podem ser editadas informações complementares. A Figura 5.1 ilustra a VIEW do projeto, mostrando o contorno dos dois bairros e os nomes das ruas.



**Figura 5.1 – Vista da área de estudo (bairros Bom Retiro e Santo Antônio)**

A partir daí então, inseriu-se as informações complementares, para que fosse possível gerar os demais temas, que são o objetivo deste trabalho. A primeira informação a ser inserida foi a identificação dos segmentos, com o intuito de facilitar a localização dos mesmos dentro da área de estudo. O processo consistiu em numerar as ruas no sentido norte – sul, primeiro as do bairro Santo Antônio e depois as do Bom Retiro. Para as vias que tinham cruzamento, atribuiu-se letras de maneira a identificar os cruzamentos, ou trechos da rua em questão.

Divididas as vias em segmentos, pôde-se então, calcular as áreas destes segmentos a partir da geometria padrão adotada por FREITAS (2002), i.e. largura de 12 metros e extensões dos segmentos, em metros. Calculadas as áreas, estas foram diretamente inseridas na tabela do tema “ATTRIBUTES OF SANTOBOM.SHP”.

A inserção das demais informações pode ser feita de duas maneiras. A primeira é digitando os dados diretamente nas tabelas do tema. A segunda é fazendo com que o software reconheça as informações já tabuladas em meio digital por algum outro software (EXCEL, ACCESS, DBASE III, etc). Nesta pesquisa foram utilizadas as duas maneiras, tendo em vista que as informações necessárias para calcular o índice de funcionalidade de pavimentos desenvolvido por FREITAS (2002), já haviam sido tabuladas em planilha EXCEL.

Os dados da pesquisa de FREITAS (2002) que foram aproveitados nesta dissertação são: extensão do segmento, áreas de trincamento FC-3, afundamentos plásticos maiores e menores que 2,5cm, panelas com área de 15x15cm, entre 15x15cm e 50x50cm e maiores que 50x50cm, volume de tráfego, valor de IFP e condição do revestimento asfáltico.

Estas informações foram importadas para dentro do ArcView recebendo o nome de “inventário de defeitos de superfície”. Criou-se, então, o tema “Condição do pavimento”. A Figura 5.2 ilustra a tabela “inventario de defeitos” e a Figura 5.3 mostra a visualização dos resultados obtidos na pesquisa de FREITAS (2002).

File Edit Table Field Window Help  
 0 of 1311 selected  
 inventário de defeitos .txt

Nome da rua	Id	Tipos pav.	Fc	Nº 10x10cm	10x10x50x50	Nº 50x50cm	F. ind	Tráfego	Custo\$	L/p	Condição	Eseg
R. Arno Waldemar Doehler	1-A	Asfalto	40	3	0	0	0	2960000	1484.331	0,783440204	Razoavel	225,35
R. Arno Waldemar Doehler	1-B	Asfalto	90	2	2	0	0	2960000	2355,458	6,149854482	Ruim	51,54
R. Arno Waldemar Doehler	1-C	Paralelepipedo	0	1	1	0	0	2960000	6796,24	1,696350196	Razoavel	865,8
R. Carlos Gramidow	2	Terra	0	0	0	0	0	0	0	0	Terra	281,83
R. Dr. Getkes Selos Rocha	3-A	Terra	0	0	0	0	0	0	0	0	Terra	203,74
R. Dr. Getkes Selos Rocha	3-B	Asfalto	0	0	0	0	0	710000	0	0	Boa	190,52
R. Dr. Getkes Selos Rocha	3-C	Asfalto	0	0	0	0	0	710000	0	0	Boa	70,04
R. Dr. Getkes Selos Rocha	3-D	Asfalto	0	0	0	0	0	710000	0	0	Boa	70,04
R. Dr. Getkes Selos Rocha	3-E	Asfalto	0	1	0	0	0	710000	20	0,333333333	Boa	60
R. Dr. Getkes Selos Rocha	3-F	Asfalto	0	2	0	0	0	710000	40	0,6	Razoavel	50
R. V.P. Luiz C. Garcia	4-A	Asfalto	15	4	0	0	0	885000	567,8816	1,668974872	Razoavel	70,04
R. V.P. Luiz C. Garcia	4-B	Asfalto	45	6	3	0	0	1100000	1744,861	2,639427003	Ruim	207,68
R. Iguacu	5	Asfalto	160	21	8	0	0	885000	6415,626	1,588572577	Razoavel	877,21
Sem Denominacao 1	6	Asfalto	20	3	1	0	0	1200000	763,4281	2,438902037	Ruim	87,89
R. Gercy R. Alvez	7	Asfalto	0	0	0	3	7,993805116	1100000	255,9104	8,393605116	Ruim	75,06
R. Alexandre Humboldt	8	Asfalto	12	2	0	0	0	589000	316	0,070774426	Boa	586,37
R. Beatriz S. Wetzel	9	Asfalto	0	3	0	0	0	695000	60	0,561745155	Razoavel	106,81
R. Felix Heinzelmann	10-A	Terra	0	0	0	0	0	0	0	0	Terra	51,81
R. Felix Heinzelmann	10-B	Paralelepipedo	0	0	0	0	0	426000	0	0	Boa	388,55
R. Carlos Elerhard	11	Paralelepipedo	0	0	0	0	0	525000	0	0	Boa	538,72
R. Joao Pereira	12	Terra	0	0	0	0	0	0	0	0	Terra	67,35
R. Carlos W. Boehn	13-A	Asfalto	0	0	0	0	0	625000	82,944	0,2	Boa	172,8
R. Carlos W. Boehn	13-B	Asfalto	0	0	0	0	0	625000	135,1488	0,4	Boa	140,78
R. Carlos W. Boehn	13-C	Asfalto	0	0	0	0	0	625000	0	0	Boa	107,87
R. Carlos W. Boehn	13-D	Asfalto	0	0	0	0	0	625000	0	0	Boa	154,84
R. Ernesto Ravache	14-A	Terra	0	0	0	0	0	530000	0	0	Terra	183,12
R. Ernesto Ravache	14-B	Terra	0	0	0	0	0	530000	0	0	Terra	254,43
R. Salvio A Ribeiro	15	Paralelepipedo	0	4	0	0	0	425000	291,38	3,70202952	Ruim	54,2
R. Frederico Eick	16-A	Terra	0	0	0	0	0	830000	0	0	Terra	260,04
R. Frederico Eick	16-B	Asfalto	30	0	0	0	0	830000	769,8918	0,222530642	Boa	166,44
R. Atalbio Arceno	17	Terra	0	0	0	0	0	0	0	0	Terra	141,19
R. Joao Ravache	18	Terra	0	0	0	0	0	0	0	0	Terra	168,58
R. Caixa D. agua	19-A	Paralelepipedo	0	0	0	0	0	1550000	389,805	0,75	Razoavel	99,95
R. Caixa D. agua	19-B	Paralelepipedo	0	4	1	0	0	1550000	1901,838	2,757479837	Ruim	230,62
R. Guilherme Berner	20	Asfalto	0	0	0	0	0	625000	274,8674	0,2	Boa	572,64
R. Guilherme Emplre	21	Paralelepipedo	0	2	0	0	0	790000	628,315	1,280328141	Razoavel	150,95

Figura 5.2 - Tabela inventário de defeitos desenvolvida por FREITAS (2002)

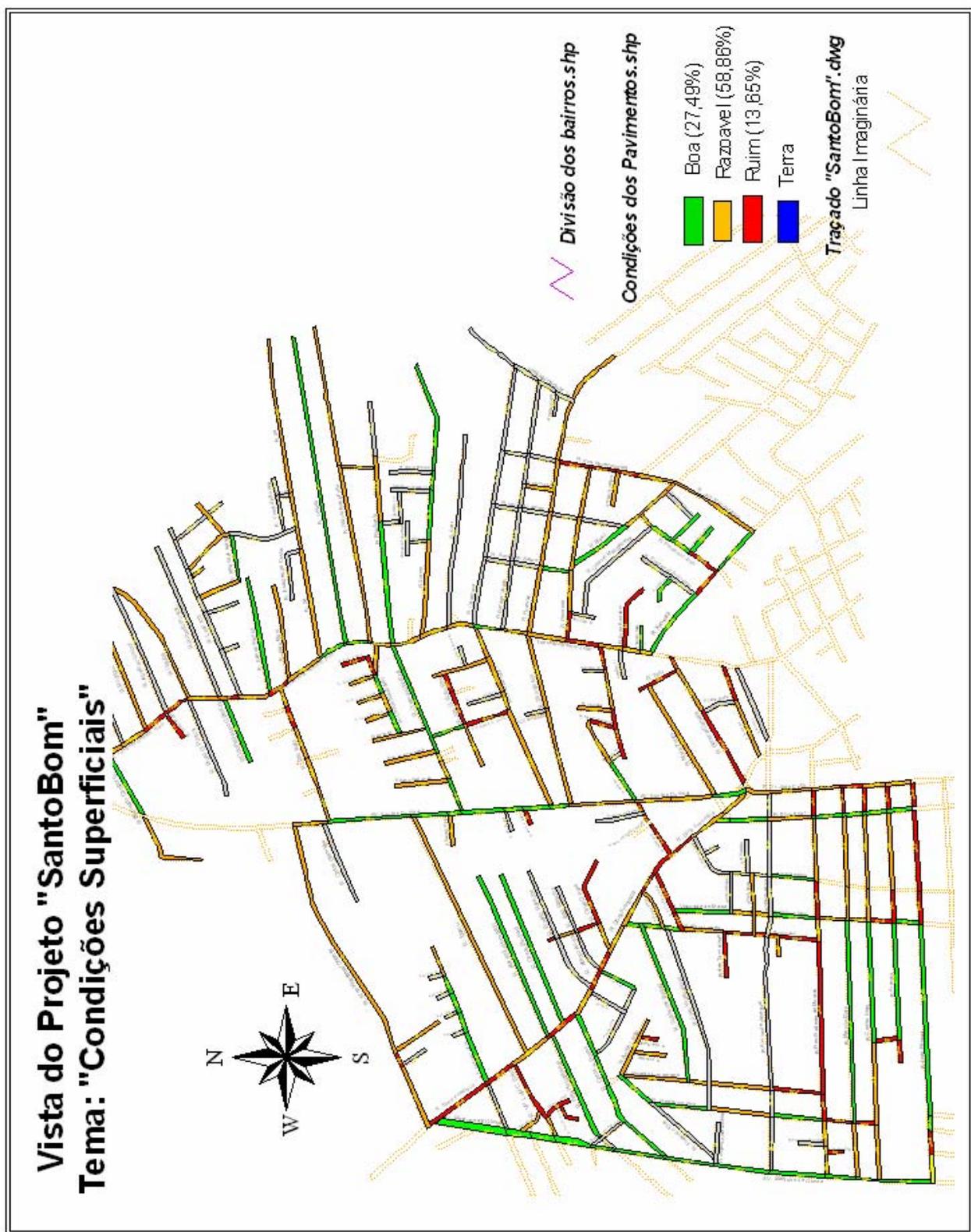


Figura 5.3 – Visualização da condição dos pavimentos desenvolvidas por FREITAS (2002)

A terceira etapa consistiu em inserir as demais informações desenvolvidas a partir do método proposto nesta pesquisa, no ArcView. Estas novas informações foram: volume de tráfego por faixa, novo IFP (calculado pelo método proposto), tipo de revestimento, macrotextura da via, funcionalidade da via e a nova condição de conservação do pavimento. Ao contrário da etapa anterior, estas novas informações sobre os segmentos viários foram digitadas diretamente no ArcView. Para tanto, foi criada uma tabela com o nome TIPO DE REVESTIMENTO, para posterior inserção destes dados (mediante edição da tabela de atributos). Esta tabela, com as respectivas informações, pode ser vista na Figura 5.4.

Criada a tabela com informações sobre a área de estudo, teve-se então que criar os novos temas dentro do projeto SANTOBOM, com o objetivo de realizar análises de QUERIES e de facilitar a visualização dos resultados obtidos no Capítulo 4.

O primeiro tema a ser criado nesta etapa foi o chamado “nova condição dos pavimentos”, utilizando a metodologia de FREITAS (2002) e os pesos adotados pelo DNIT 006/2003-PRO. A Figura 5.5 mostra a VIEW com estes resultados. O tema seguinte a ser desenvolvido foi o “funcionalidade das vias” que pode ser visto na Figura 5.6. Neste tema se convencionou representar as vias arteriais em cor vermelha, as coletoras em cor verde e as locais em cor azul. As vias com revestimentos intertravados (lajotas e paralelepípedos) e de terra, não tiveram suas funcionalidades especificadas no mapa, por não fazer parte do escopo da pesquisa. O último tema criado foi o “macrotextura”, que mostra em vermelho as vias com textura aberta demais. A macrotextura aberta demais indica que é seguro trafegar em altas velocidades, entretanto isto acarreta num aumento de consumo do veículo (pneus, lubrificantes, combustível), além de haver o inconveniente do excesso de ruídos, e que por isso deverão receber, em curto prazo, os serviços de manutenção que necessitam. Em azul escuro encontram-se as vias onde os veículos podem trafegar em condições seguras de aderência, com velocidades superiores a 120 km/h. Em azul claro destacam-se as vias que permitem o tráfego a uma velocidade que varia de 80 a 120km/h. Em verde encontram-se as vias que permitem velocidades de no máximo 80 km/h, e que são consideradas em condições ideais para a textura de revestimentos de vias urbanas. A Figura 5.7 ilustra o tema macrotextura no SIG ArcView.

ArcView GIS 3.2  
File Edit Table Field Window Help  
1 of 404 selected

Tipos de Revestimento.shp

ID	Nome da rua	Traçador	N. de Faixas	Vol. total / faixa	U.F.P.	Condiciona	Esqg	Tipo de Revestimento	Macrostrutura	Funs. da via	Nov. Val. Cond. Pav.	Nov. cond.
1-A	R. Arno Waldemar Doehler	2960000	2	1.480.000	0.783440204	Razoavel	225.35	Micro Revest	Muito aberta	Local	1,6	Razoavel
1-B	R. Arno Waldemar Doehler	2960000	2	1.480.000	6.049854482	Ruim	51.54	Micro Revest	Muito aberta	Local	8,5	Ruim
1-C	R. Arno Waldemar Doehler	2960000	2	0	1.696350196	Razoavel	865,8	Paralelepipedo	0	-	0	0
10-A	R. Felix Heintelmann	0	2	0	0	Terra	51.81	Terra	0	-	0	0
10-B	R. Felix Heintelmann	426000	2	0	0	Boa	388,55	Paralelepipedo	0	-	0	0
100	R. Comendador Araujo	0	2	0	0	Terra	67.38	Terra	0	-	0	0
101	R. Avai	0	2	0	0	Terra	654,08	Terra	0	-	0	0
102-A	R. Otto Benack	1480000	2	740.000	1.31999327	Razoavel	356,62	P. M. F.	Muito aberta	Local	3	Ruim
102-B	R. Otto Benack	1480000	2	740.000	1.205941704	Razoavel	62,44	P. M. F.	Muito aberta	Local	4,97	Ruim
102-C	R. Otto Benack	1480000	2	740.000	1.034093815	Razoavel	125,14	P. M. F.	Muito aberta	Local	4,15	Ruim
102-D	R. Otto Benack	1480000	2	740.000	0.99208826	Razoavel	109,11	P. M. F.	Muito aberta	Local	2,96	Ruim
103-A	R. Cacapava	0	2	0	0	Terra	230,17	Terra	0	-	0	0
103-B	R. Cacapava	0	2	0	0	Terra	184,93	Terra	0	-	0	0
103-C	R. Cacapava	0	2	0	0	Terra	188,29	Terra	0	-	0	0
103-D	R. Cacapava	0	2	0	0	Terra	281,19	Terra	0	-	0	0
104-A	R. Barriga Verde	0	2	0	0	Terra	230,74	Terra	0	-	0	0
104-B	R. Barriga Verde	0	2	0	0	Terra	185,12	Terra	0	-	0	0
104-C	R. Barriga Verde	0	2	0	0	Terra	82,15	Terra	0	-	0	0
104-D	R. Barriga Verde	0	2	0	0	Terra	103,38	Terra	0	-	0	0
104-E	R. Barriga Verde	0	2	0	0	Terra	243,29	Terra	0	-	0	0
105	R. Servidor Deltion	0	2	0	0	Terra	71,32	Terra	0	-	0	0
106-A	R. Dom Bosco	2910000	2	0	1.984972718	Razoavel	337,22	Paralelepipedo	0	-	0	0
106-B	R. Dom Bosco	2910000	2	0	1.515457413	Razoavel	253,6	Paralelepipedo	0	-	0	0
106-C	R. Piratuba	2910000	2	0	1.932411357	Razoavel	232,11	Paralelepipedo	0	-	0	0
106-D	R. Piratuba	2910000	2	0	1.41737949	Razoavel	184,01	Paralelepipedo	0	-	0	0
106-E	R. Piratuba	2910000	2	0	1.745935723	Razoavel	103,77	Paralelepipedo	0	-	0	0
106-F	R. Piratuba	2910000	2	0	0.953045685	Razoavel	197	Paralelepipedo	0	-	0	0
106-G	R. Piratuba	2910000	2	0	1.942649322	Razoavel	201,41	Paralelepipedo	0	-	0	0
107-A	R. Resende	2250000	2	1.125.000	4.672637252	Ruim	94,17	P. M. F.	Muito aberta	Coleira	7,61	Ruim
107-B	R. Resende	2250000	2	1.125.000	1.958626187	Razoavel	141,14	P. M. F.	Muito aberta	Coleira	3,1	Ruim
107-C	R. Resende	2250000	2	1.125.000	1.320894141	Razoavel	183,64	P. M. F.	Muito aberta	Coleira	0,69	Razoavel
107-D	R. Resende	2250000	2	1.125.000	1.55172917	Razoavel	169,59	P. M. F.	Muito aberta	Coleira	1,95	Razoavel
108	R. Borges de Medeiros	1240000	2	0	0.579327221	Razoavel	112,89	Paralelepipedo	0	-	0	0
109-A	R. Brasil	3560000	2	1.780.000	0.417153455	Boa	224,43	P. M. F.	>120 km/h	Local	1,05	Razoavel
109-B	R. Brasil	3560000	2	1.780.000	0.591927593	Razoavel	61,32	P. M. F.	>120 km/h	Local	1,83	Razoavel
109-C	R. Brasil	3560000	2	1.780.000	1.694186785	Razoavel	110,18	P. M. F.	>120 km/h	Local	3,79	Ruim
109-D	R. Brasil	3560000	2	1.780.000	7.998802972	Ruim	36,34	P. M. F.	>120 km/h	Coleira	16,8	Ruim
11	R. Carlos Elerhard	525000	2	0	0	Boa	538,72	Paralelepipedo	0	-	0	0
110	R. Oclavio Mangabeira	0	2	0	0	Terra	281,99	Terra	0	-	0	0
111	R. Palmitos	815000	2	0	0.178571429	Boa	112	Terra	Muito aberta	Local	0,89	Razoavel
111-A	R. Palmitos	815000	2	407.5	0.178571429	Boa	112	P. M. F.	Muito aberta	Local	0,89	Razoavel

Figura 5.4 – Tabela com as informações digitadas diretamente no ArcView

## Vista do Projeto "SantoBom"



Figura 5.5 – Visualização das condições dos pavimentos obtidas com a metodologia de FREITAS (2002), porém com os pesos preconizados pelo DNIT (2003).

## Vista do Projeto "SantoBom"

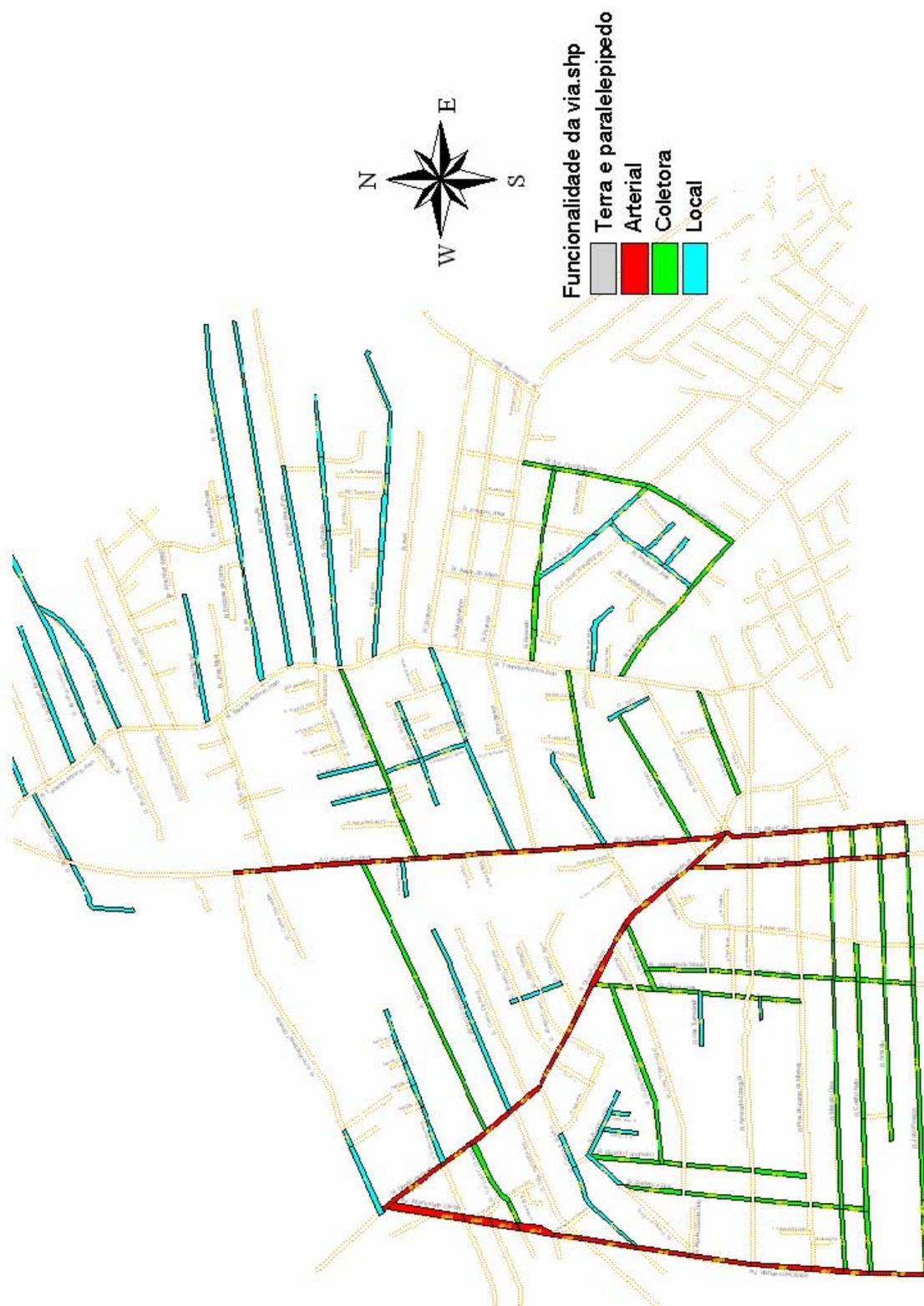


Figura 5.6 – Visualização do tema “funcionalidade das vias”

## Vista do Projeto "SantoBom"

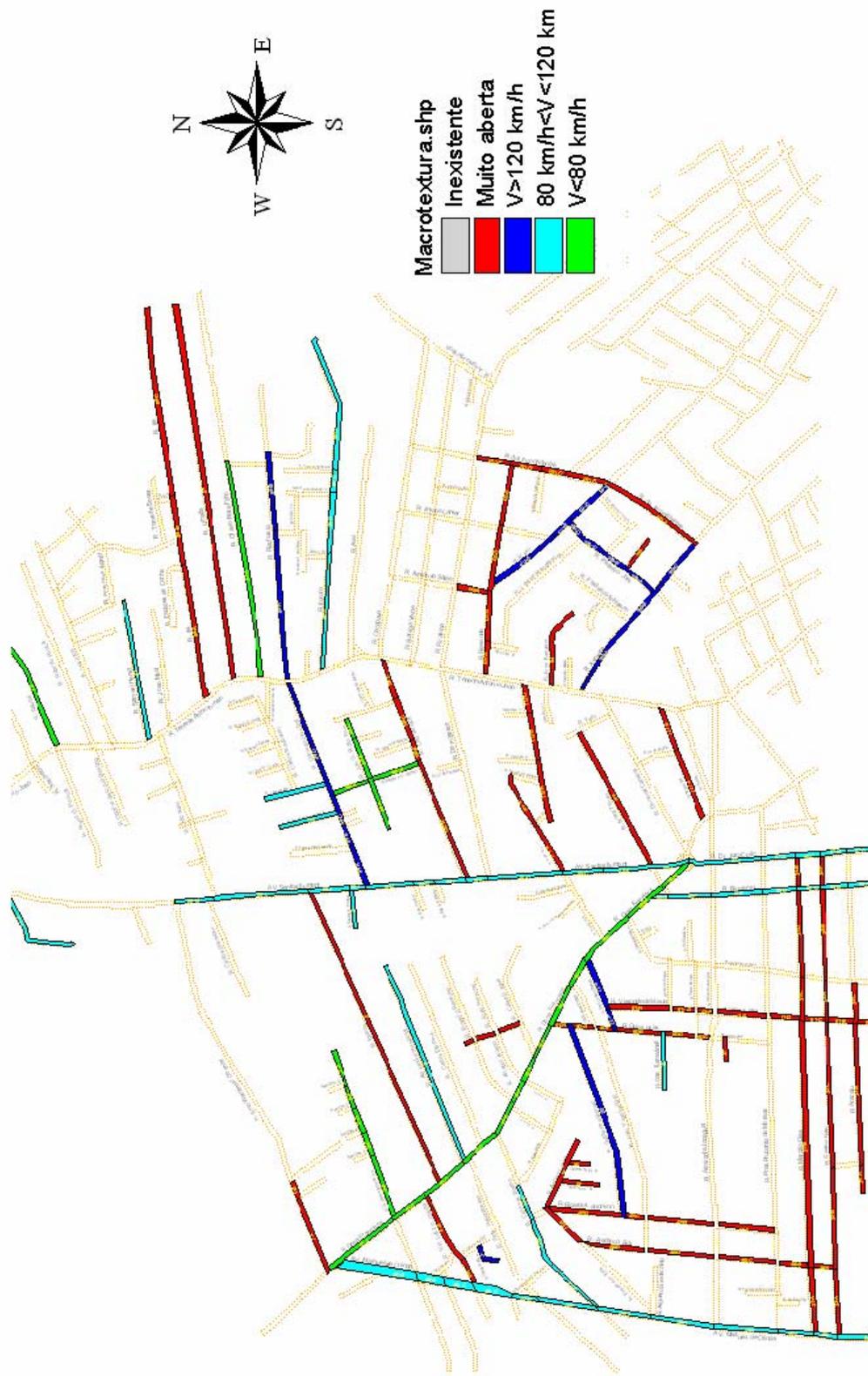


Figura 5.7 – Visualização do tema Macrotextura

## **5.2 – Análise Comparativa dos Dados**

A geração dos mapas temáticos com o auxílio do SIG ArcView foi importante para poder melhor visualizar em que condições de conservação se encontravam os revestimentos asfálticos das vias da área de estudo.

Além da visualização, o software ArcView possui uma grande quantidade de ferramentas que possibilitam realizar análises exploratórias dos dados coletados e gerados, de vários tipos. Uma destas ferramentas particularmente úteis é a que possibilita a realização de consultas (QUERIES). A consulta QUERY permite selecionar informações específicas de um determinado “tema” e, através de operadores lógicos, relacioná-las com as demais informações deste ou de outros temas. Nesta pesquisa esta será utilizada para selecionar os trechos mais necessitados de medidas de manutenção de revestimentos asfálticos, relacionando entre si os vários atributos dos segmentos viários.

### **5.2.1 – Consulta QUERY**

Os revestimentos que se encontram em condições ruins e com macrotextura inadequada, determinados e visualizados nesta pesquisa, são evidenciados, recebendo a devida prioridade de manutenção. Todavia, sabe-se que a maioria das prefeituras das cidades brasileiras (sejam estas de pequeno, médio ou grande porte), geralmente não dispõe de condições orçamentárias para recuperar todos os pavimentos degradados de suas respectivas malhas viárias. Daí então, a necessidade de eleger os trechos prioritários, avaliando os que mais necessitem dos serviços de manutenção.

Para auxiliar nesta tarefa, outros atributos destes segmentos podem ser convenientemente utilizados no SIG ArcView na realização de QUERIES complementares. A grande vantagem de realizar esta tarefa no ArcView é que o software possibilita a visualização dos segmentos em condições ruins e com textura inadequada, simultaneamente com os atributos complementares. Dado o reduzido número de segmentos prioritários aqui considerados, este recurso do SIG não precisou ser utilizado, fazendo-se apenas uma inspeção visual dos atributos destes segmentos.

O primeiro passo foi determinar quais seriam os “critérios de decisão” para a priorização da manutenção dos revestimentos asfálticos. Para esta pesquisa foram adotados cinco critérios que são: a condição do revestimento asfáltico, IFP, a macrotextura do

revestimento, o volume de tráfego por faixa e o percentual de veículos pesados (composição do tráfego).

A partir destes parâmetros decidiu-se que os “valores gatilhos” para a manutenção seriam vias com revestimentos em “condições ruins” e que apresentassem macrotextura “muito aberta”. As etapas seguintes foram, então, realizadas dentro do ArcView.

Aberto o projeto SANTOBOM, inicialmente selecionou-se o tema “macrotextura”. A partir daí ativou-se a ferramenta QUERY BUILDER (Figura 5.8) com a janela de seleção conforme mostra a Figura 5.9.

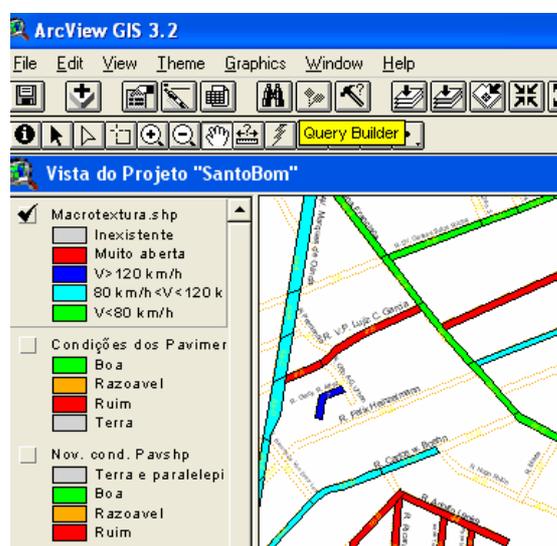


Figura 5.8 – Botão da QUERY BUILDER e o tema “macrotextura” em destaque

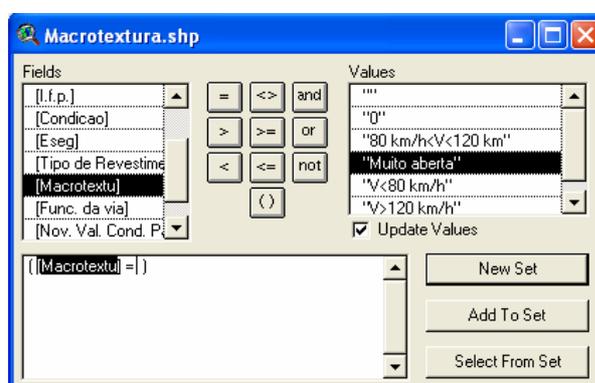
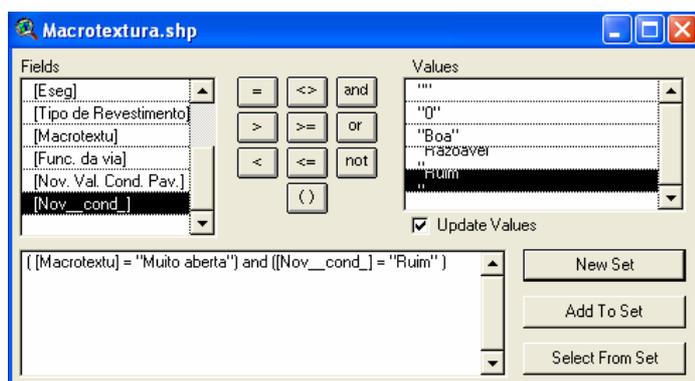


Figura 5.9 – Janela da ferramenta QUERY BUILDER

Nesta janela o campo “Fields” armazena os atributos (informações) referentes ao tema selecionado, como por exemplo, extensão do segmento, condição do pavimento, volume de tráfego por faixa, entre outras. Assim, constrói-se as QUERIES desejadas com os atributos, utilizando-se os operadores lógicos disponíveis. Uma das QUERIES realizadas pode ser vista na Figura 5.10.



**Figura 5.10 – Equação desenvolvida para consulta QUERY**

Para identificar os segmentos viários cujos atributos satisfazem as condições da QUERY utiliza-se a tecla NEW SET. O ArcView, então, destaca, em amarelo, estes segmentos. Assim, pode-se evidenciar os segmentos que apresentem, simultaneamente, macrotextura “muito abertas” e “condições ruins”. A Figura 5.11, mostra o resultado da consulta QUERY. Os trechos que continuam aparecendo em vermelho na Figura 5.11 situam-se em vias que apresentam uma macrotextura muito aberta, mas que, entretanto, suas condições funcionais ainda são satisfatórias. Nestes casos, estas vias não são consideradas prioritárias. O mesmo se aplica às vias que estão com condições funcionais ruins, mas com bons índices de macrotextura.

# Vista do Projeto "SantoBom"

RESULTADO DA CONSULTA QUERY (EM AMARELO)

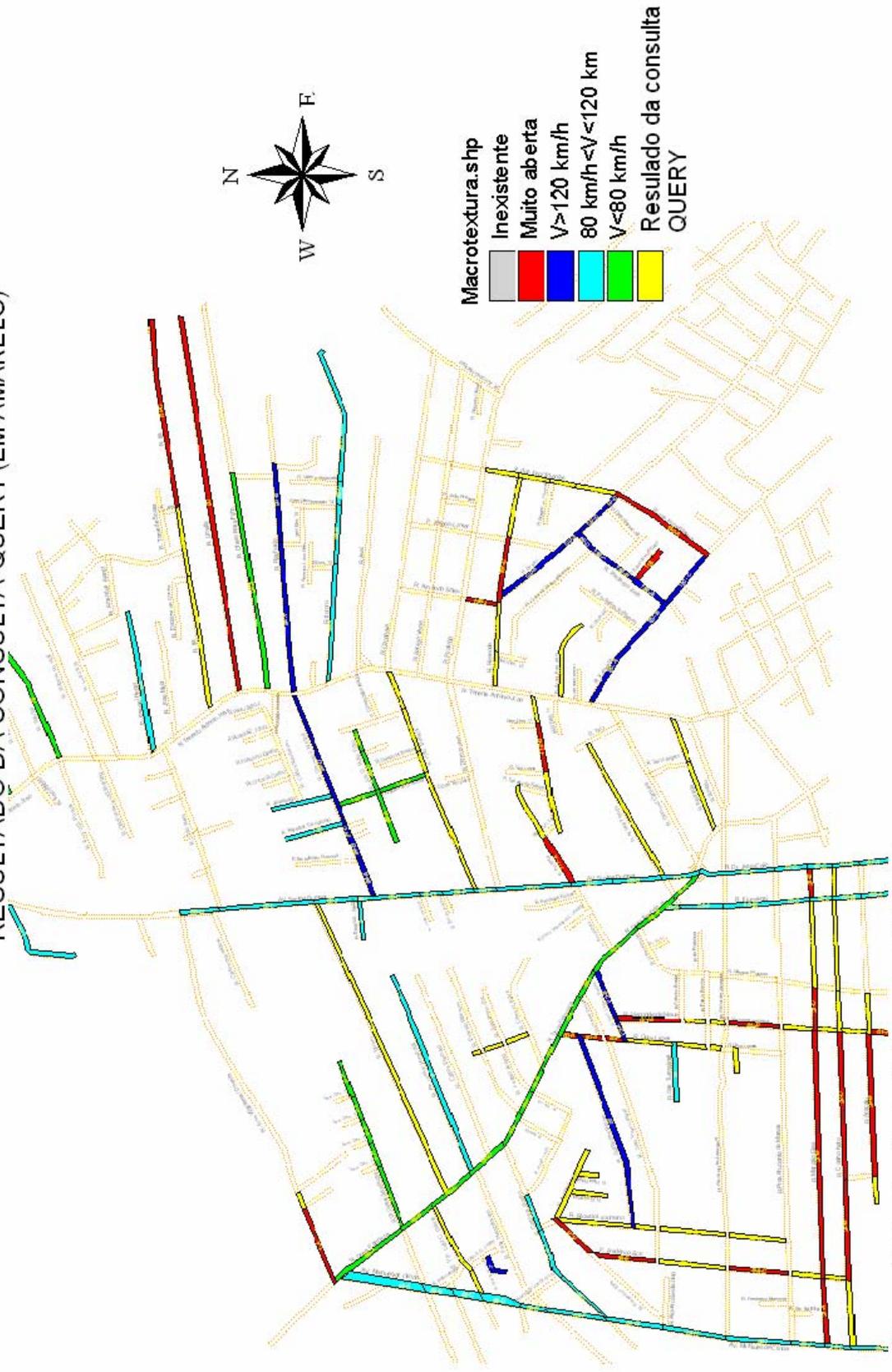


Figura 5.11 - Resultado da Consulta QUERY

### **5.2.2 – Análise dos segmentos prioritários pelo método proposto**

Os “gatilhos” adotados para a priorização da manutenção dos revestimentos asfálticos são a macrotextura do revestimento muito aberta e a condição funcional ruim. Entretanto, dentre os segmentos selecionados a partir destas duas condições desfavoráveis, precisa-se estabelecer uma certa ordem de prioridade para a execução dos serviços, isto é, precisa-se indicar, dentre estes segmentos selecionados, qual será o primeiro a receber os serviços de manutenção, qual será o segundo, e assim por diante, até o último segmento.

Os critérios de decisão aqui utilizados para determinar a ordem em que as vias receberão os serviços de manutenção são: o IFP, volume de tráfego por faixa e composição do tráfego (porcentagem de veículos pesados). O método consiste, assim, em identificar quais vias, dentre as que foram consideradas prioritárias em primeira instância, apresentam maior volume de tráfego por faixa e maior percentual de tráfego pesado (volume de ônibus e caminhões).

É importante lembrar que não puderam ser coletadas amostras em todas as vias da área de estudo, no que tange aos ensaios para obtenção da macrotextura e quanto à composição do tráfego nas vias. Por amostragem foram analisadas 13 vias (87 segmentos) dentre as 63 (196 segmentos) que fazem parte da área de estudo. Dessa forma, partiu-se do pressuposto que os 87 segmentos que foram analisados seriam suficientes para avaliar o método proposto nesta dissertação, com uma boa margem de confiabilidade. As vias que foram inventariadas podem ser vistas na Tabela 5.1.

No ArcView, quando se selecionou os trechos prioritários (em amarelo), simultaneamente o software também destacou em amarelo as características destes segmentos viários na tabela TIPOS DE REVESTIMENTOS. O botão “Promote”, permite que o ArcView reúna todos os trechos selecionados (prioritários) e os coloque no topo da tabela, conforme mostra a Figura 5.12.

**Tabela 5.1 – Lista de vias que foram avaliadas**

<b>Trecho da via</b>	<b>Nome da Rua</b>	<b>N. de segmentos por via</b>
<b>8</b>	Riachuelo	2
<b>42</b>	Brasil	5
<b>22</b>	Dona Francisca	13
<b>30</b>	Marcílio Dias	4
<b>44</b>	Coelho Neto	6
<b>59</b>	Guilherme Holz	2
<b>38</b>	Itororó	4
<b>63</b>	Ita	3
<b>37</b>	Carlos W. Boehn	8
<b>2</b>	Santos Dumont	12
<b>4</b>	Blumenau	7
<b>1</b>	Marques de Olinda	13
<b>23</b>	Guia Lopes	8

O ArcView selecionou em amarelo 34 segmentos, que seriam os trechos prioritários. Entretanto, deve-se verificar dentre estes quais são os segmentos inventariados (trechos onde realizou-se os ensaios de mancha de areia e drenabilidade e com contagem de tráfego classificatória), tendo em vista que não será possível tecer comentários sobre as vias que não puderam ser inventariadas. A Tabela 5.2 mostra o resultado desta verificação.

ArcView GIS 3.2  
 File Edit Table Field Window Help  
 57 of 404 selected  
 Promote

Id	Nome da via	Tráfego	N. de Faixas	Vel. traf. / faixa	L.L.P.	Condição	Espec.	Tipo de Revestimento	Adesivento	Funç. da via	Nov. Vel. Cond. Pav.	Nov. cond.
46	R. Hilda Reddin	360000	2	180.000	2.865925783	Ruim	51,74	Lama Asfáltica	Muito aberta	Local	4,29	Ruim
44	R. Adolfo Lenke	590000	2	295.000	1.367141952	Razoavel	205,14	Micro Revest.	Muito aberta	Local	2,24	Ruim
32-E	R. Coelho Neto	2700000	2	1.350.000	0.626341463	Razoavel	256,25	P. M. F.	Muito aberta	.	2,75	Ruim
31-D	R. Marcilio Dias	2350000	2	1.175.000	1.411988751	Razoavel	243,47	Lama Asfalt.	Muito aberta	Coletora	2,2	Ruim
4-8	R. V.P. Luiz C. Garcia	1100000	2	442.500	2.639427003	Ruim	207,68	Micro Revest.	Muito aberta	Coletora	4,66	Ruim
60-D	R. Guia Lopes	2150000	2	1.075.000	9.884291642	Ruim	84,35	Micro Revest.	Muito aberta	Coletora	19,1	Ruim
47-A	R. Itaguacu	880000	2	440.000	3.612040707	Ruim	65,59	Lama Asfalt.	Muito aberta	Local	6,62	Ruim
47-B	R. Itaguacu	880000	2	440.000	1.403925339	Razoavel	53,04	Lama Asfalt.	Muito aberta	Local	4,18	Ruim
47-C	R. Itaguacu	880000	2	440.000	11.00647106	Ruim	24,88	Lama Asfalt.	Muito aberta	Local	16,6	Ruim
5	R. Iguacu	885000	2	442.500	1.968572577	Razoavel	877,21	Lama asfalt.	Muito aberta	Coletora	3,61	Ruim
1-B	R. Arno Waldemar Doehler	2960000	2	1.480.000	6.049854482	Ruim	51,54	Micro Revest.	Muito aberta	Local	8,5	Ruim
112-A	R. dos Ciclistas	165000	2	82.500	4.526629258	Ruim	175,54	P. M. F.	Muito aberta	Coletora	3,6	Ruim
111-B	R. Palmitos	815000	2	407.5	1.428871429	Razoavel	98	P. M. F.	Muito aberta	Local	3,06	Ruim
112-C	R. dos Ciclistas	165000	2	82.500	10.26832414	Ruim	76,17	P. M. F.	Muito aberta	Coletora	17,3	Ruim
115	R. Nova Trento	1050000	2	525.000	1.494222689	Razoavel	238	P. M. F.	Muito aberta	Coletora	2,79	Ruim
121-B	R. Iluporanga	1480000	2	740.000	5.533198708	Ruim	123,8	P. M. F.	Muito aberta	Coletora	10	Ruim
121-A	R. Iluporanga	1480000	2	740.000	1.440609902	Razoavel	200,77	P. M. F.	Muito aberta	Coletora	2,25	Ruim
102-A	R. Otto Benack	1480000	2	740.000	1.31999327	Razoavel	356,62	P. M. F.	Muito aberta	Local	3	Ruim
102-B	R. Otto Benack	1480000	2	740.000	1.205941704	Razoavel	62,44	P. M. F.	Muito aberta	Local	4,97	Ruim
102-C	R. Otto Benack	1480000	2	740.000	1.034093815	Razoavel	125,14	P. M. F.	Muito aberta	Local	4,15	Ruim
102-D	R. Otto Benack	1480000	2	740.000	0.99208826	Razoavel	109,11	P. M. F.	Muito aberta	Local	2,96	Ruim
123-A	R. Guilherme Holz	852000	2	426.000	2.393186457	Ruim	142,07	P. M. F.	Muito aberta	Local	3,52	Ruim
76-C	R. Abrahão Lincoln	1200000	2	600.000	4.249098529	Ruim	251,53	P. M. F.	Muito aberta	Local	4,96	Ruim
123-B	R. Guilherme Holz	852000	2	426.000	1.812376327	Razoavel	111,18	P. M. F.	Muito aberta	Local	5,42	Ruim
76-B	R. Abrahão Lincoln	1200000	2	600.000	6.821468976	Ruim	194,77	P. M. F.	Muito aberta	Local	8,31	Ruim
150-B	R. dos Inconfidentes	2150000	2	1.075.000	1.183275359	Razoavel	116,43	P. M. F.	Muito aberta	Coletora	2,87	Ruim
150-C	R. dos Inconfidentes	2150000	2	1.075.000	2.290409879	Ruim	75,51	P. M. F.	Muito aberta	Coletora	2,98	Ruim
150-D	R. dos Inconfidentes	2150000	2	1.075.000	3.327552101	Ruim	89,73	P. M. F.	Muito aberta	Coletora	4,73	Ruim
107-A	R. Resende	2250000	2	1.125.000	4.672637252	Ruim	94,17	P. M. F.	Muito aberta	Coletora	7,61	Ruim
107-B	R. Resende	2250000	2	1.125.000	1.968626187	Razoavel	141,14	P. M. F.	Muito aberta	Coletora	3,1	Ruim
89-B	R. Ita	167000	2	83.500	1.230639476	Razoavel	198,6	P. M. F.	Muito aberta	Local	2,19	Ruim
89-A	R. Ita	167000	2	83.500	1.296815829	Razoavel	367,05	P. M. F.	Muito aberta	Local	3,45	Ruim
150-E	R. dos Inconfidentes	2150000	2	1.075.000	11.04509284	Ruim	94,25	P. M. F.	Muito aberta	Coletora	16	Ruim
114	R. Arno Kunzum	1330000	2	665.000	5.346489077	Ruim	224,3	P. M. F.	Muito aberta	Local	8,67	Ruim
61-B	R. Visconde de Maua	2050000	2	1.025.000	2.636363636	Ruim	68,75	Lama Asfalt.	Muito aberta	Coletora	10,3	Ruim
61-C	R. Visconde de Maua	2050000	2	1.025.000	0.7239819	Razoavel	55,25	Lama Asfalt.	Muito aberta	Coletora	3,62	Ruim
4-A	R. V.P. Luiz C. Garcia	885000	2	442.500	1.668974872	Razoavel	70,04	Micro Revest.	Muito aberta	Coletora	5,98	Ruim
107-D	R. Resende	2250000	2	1.125.000	1.55172917	Razoavel	169,59	P. M. F.	Muito aberta	Coletora	1,95	Razoavel
34-A	R. Joao Pessoa	2450000	2	1.225.000	0,2	Boa	99,06	P. M. F.	Muito aberta	Coletora	0,05	Boa
34-C	R. Joao Pessoa	2450000	2	1.225.000	0	Boa	51,4	P. M. F.	Muito aberta	Coletora	0	Boa
34-D	R. Joao Pessoa	2450000	2	1.225.000	0	Boa	656,24	P. M. F.	Muito aberta	Coletora	0	Boa

Promotes selected rows to the top of the table

Figura 5.12 – Lista de trechos prioritários selecionados em amarelo

**Tabela 5.2 – Trechos prioritários que foram selecionadas pelo ArcView**

<b>ID do Trecho</b>	<b>Nome da Rua</b>	<b>Tipo de Revestimento</b>	<b>IFP</b>	<b>Textura</b>
31-D	Marcílio Dias	Lama Asfáltica	1,37	Muito aberta
32-A	Coelho Neto	PMF	2,52	Muito aberta
32-D	Coelho Neto	PMF	4,38	Muito aberta
32-E	Coelho Neto	PMF	2,75	Muito aberta
32-F	Coelho Neto	PMF	3,67	Muito aberta
123-A	Guilherme Holtz	PMF	3,52	Muito aberta
123-B	Guilherme Holtz	PMF	5,42	Muito aberta
89-A	Itá	PMF	3,47	Muito aberta
89-B	Itá	PMF	2,19	Muito aberta
60-C	Guia Lopes	Micro Revest.	9,77	Muito aberta
60-E	Guia Lopes	Micro Revest.	3,20	Muito aberta

Assim, dos 87 segmentos que foram inventariados, apenas 11 se encontram em estado crítico (prioritário), de acordo a seleção feita com base nos critérios adotados. A última etapa, então, consiste em estabelecer a prioridade dos segmentos que receberão os serviços de manutenção, que será feito de duas maneiras.

A priorização foi feita de duas maneiras mas utilizando as mesmas variáveis: a) o valor do volume de tráfego por faixa de rolamento seguido pelo percentual de veículos pesados e depois pelo IFP, e b) o valor do IFP seguido pelo o volume de tráfego por faixa de rolamento e pelo percentual de veículos pesados. Os critérios de decisão foram adotados nestas duas ordens, pois durante a realização da coleta dos dados de tráfego, observou-se que algumas vias apresentavam volumes semelhantes, apesar de ter composições bem distintas e IFP bem variados.

a) “Ordem a” – Volume de tráfego por faixa, composição do tráfego e IFP

Neste caso, o valor do IFP é utilizado para priorizar trechos que pertençam a uma mesma via, quando estes apresentam valores distintos. A ordem final dos trechos a receberem os serviços de manutenção pode ser vista na Tabela 5.3.

**Tabela 5.3 – Ordem dos trechos a receber os serviços de reabilitação pela “ordem a”**

<b>Ordem dos trechos</b>	<b>N. do trecho</b>	<b>Nome da Rua</b>	<b>Vol. De tráf./faixa</b>	<b>Comp. do Traf. pesado</b>	<b>IFP</b>
1	32-D	Coelho Neto	1.350.000	21,00%	4,38
2	32-F	Coelho Neto	1.350.000	21,00%	3,67
3	32-E	Coelho Neto	1.350.000	21,00%	2,75
4	32-A	Coelho Neto	1.350.000	21,00%	2,52
5	31-D	Marcílio Dias	1.175.000	13,05%	2,20
6	60-C	Guia Lopes	1.075.000	11,54%	9,77
7	60-E	Guia Lopes	1.075.000	11,54%	3,20
8	123-B	Guilherme Holtz	426.000	4,62%	5,42
9	123-A	Guilherme Holtz	426.000	4,62%	3,52
10	89-A	Itá	83.000	5,13%	3,45
11	89-B	Itá	83.000	5,13%	2,19

Dentre os trechos considerados prioritários em primeira instância, o segmento a receber primeiro os serviços de manutenção é o segmento 32-D da Rua Coelho Neto, por apresentar uma superfície de rolamento consideravelmente desgastada e degradada, além de ter o maior volume de tráfego por faixa e o maior percentual de tráfego pesado.

O motivo para desenvolver uma “ordem b” quanto aos critérios de decisão, é que na “ordem a” pode-se verificar que o primeiro trecho a receber intervenção (32 –D) tinha um IFP de 4,38, enquanto que o trecho 60 – C apresentou um IFP de 9,77. Isso ocorreu porque o método de FREITAS (2002), enquadra o IFP em apenas três faixas de classificação quanto a sua condição (bom, razoável e ruim). Sendo assim, uma inversão na ordem dos critérios de priorização, torna o método proposto mais coerente, relativamente a este critério (IFP).

b) “Ordem b” – IFP, volume de tráfego por faixa e composição de tráfego

A “opção b” parece ser mais lógica, uma vez que os valores de IFP superiores a 2,0 (dois) foram todos ‘embutidos’ numa única condição do revestimento (i.e. ruim) e, conseqüentemente, grandes variações deste índice deixaram de ser consideradas. A Tabela 5.3 mostra a nova ordem dos trechos prioritários.

**Tabela 5.4 – Ordem dos trechos considerando apenas o IFP (IFP proposto)**

<b>Ordem dos trechos</b>	<b>N. do trecho</b>	<b>Nome da Rua</b>	<b>IFP</b>
1	60-C	Guia Lopes	9,77
2	123-B	Guilherme Holtz	5,42
3	32-D	Coelho Neto	4,38
4	32-F	Coelho Neto	3,67
5	123-A	Guilherme Holtz	3,52
6	89-A	Itá	3,45
7	60-E	Guia Lopes	3,20
8	32-E	Coelho Neto	2,75
9	32-A	Coelho Neto	2,52
10	31-D	Marcílio Dias	2,20
11	89-B	Itá	2,19

Segmentos com IFPs similares deverão ser priorizados pelos volumes de tráfego por faixa e caso esses também sejam iguais, deve-se utilizar a composição do tráfego na via. Os IFPs que estejam dentro de uma margem de 10% para cima ou para baixo de um IFP específico, serão considerados similares. Sendo assim, na Tabela 5.4 verifica-se que estão empatados os trechos 32 – F, 123 – A, 89 – A e 60 – E, além dos trechos 31 – D e 89 – B. Dessa forma, a priorização dos trechos e a ordem final dos segmentos podem ser vistos na Tabela 5.5.

**Tabela 5.5 – Ordem dos trechos a receber os serviços de reabilitação pela “ordem b”**

<b>Ordem dos trechos</b>	<b>ID do trecho</b>	<b>Nome da Rua</b>	<b>IFP</b>	<b>Volume de tráfego/faixa</b>	<b>% do Tráfego Pesado</b>
1	60-C	Guia Lopes	9,77	1.075.000	11,54%
2	123-B	Guilherme Holtz	5,42	426.000	4,62%
3	32-D	Coelho Neto	4,38	1.350.000	21,00%
4	32-F	Coelho Neto	3,67	1.350.000	21,00%
5	60-E	Guia Lopes	3,20	1.075.000	11,54%
6	123-A	Guilherme Holtz	3,52	426.000	4,62%
7	89-A	Itá	3,45	83.000	5,13%
8	32-E	Coelho Neto	2,75	1.350.000	21,00%
9	32-A	Coelho Neto	2,52	1.350.000	21,00%
10	31-D	Marcílio Dias	2,20	1.175.000	13,05%
11	89-B	Itá	2,19	83.000	5,13%

Assim sendo, o segmento considerado prioritário foi o 60 – C da rua Guia Lopes e o segmento 60 – E, também da Guia Lopes, passou a ser o quinto na ordem de priorização ao invés de ser o sétimo.

## 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1 – Conclusões

Ao longo deste trabalho foi proposto um método de priorização de segmentos viários urbanos para fins de manutenção de revestimentos asfálticos. O método proposto baseia-se no método de FREITAS (2002), concebido como parte de um sistema de gerência de manutenção de pavimentos asfálticos de vias urbanas, e leva em conta os defeitos de superfície, a macrot textura dos revestimentos asfálticos, os volumes de tráfego por faixa de rolamento e a composição do tráfego de veículos sobre as vias.

O Sistema de Informações Geográficas ArcView GIS 3.2 foi utilizado como ferramenta de determinação e visualização dos trechos críticos, bem como para agilizar a depuração e o processamento dos dados coletados ao longo deste trabalho.

Os objetivos de priorizar as vias urbanas dos bairros Santo Antônio e Bom Retiro de Joinville, quanto às suas condições superficiais e parâmetros de tráfego, foram devidamente atingidos. A partir dos resultados alcançados, deve-se refletir acerca das etapas e temas desenvolvidos ao longo desta dissertação, que são:

#### a) A coleta de dados

Esta foi a etapa mais trabalhosa e difícil de toda a pesquisa, devido à grande dificuldade de se obter dados confiáveis. É de conhecimento geral que no Brasil informações referentes às variáveis de tráfego e relativas aos pavimentos, são de difícil obtenção, devido à falta de bancos de dados que contenham informações confiáveis e que permitam uma atualização sistemática destas informações com o passar dos anos.

A prefeitura de Joinville e suas secretarias dispõem de limitadas informações sobre sua malha viária e sobre o tráfego de veículos, restringindo-se, aquelas, aos bairros mais próximos do centro da cidade. Assim, informações importantes referentes ao volume e composição de tráfego, tiveram de ser levantadas através de amostragem. A atenção e a disponibilidade de seus funcionários, que disponibilizaram todas as informações que possuíam, todavia, devem ser ressaltadas como um indicativo do reconhecimento da importância do tema pesquisado e de uma mudança de mentalidade em relação à gerência de pavimentos urbanos.

#### b) Os ensaios de mancha de areia e de drenabilidade

Os ensaios de mancha de areia e de drenabilidade foram realizados sem nenhum transtorno e com a máxima cautela e precisão, de maneira a evitar a ocorrência de valores espúrios e com o intuito de que estes valores representassem com fidelidade a macrotextura dos revestimentos ensaiados. Os resultados dos ensaios foram satisfatórios e definiram a macrotextura das vias selecionadas para os bairros Bom Retiro e Santo Antônio.

Estes ensaios, todavia, só puderam ser realizados ao longo de um único dia, devido à dificuldade de transportar o material e o equipamento dos ensaios até a cidade de Joinville e ao longo da área de estudo (deslocar o equipamento de uma via para outra). Conclui-se, assim, que as prefeituras deveriam dispor de condições para a realização rotineira destes ensaios.

#### c) O Sistema de Informações Geográficas ArcView GIS 3.2

O SIG se mostrou uma ferramenta bastante versátil, útil e eficiente, apesar de ainda não ser largamente utilizado nas prefeituras de nosso país, principalmente por falta de conhecimento sobre o manuseio deste tipo de software. No que tange à identificação e visualização de segmentos críticos, comprovou ser um excelente recurso para auxiliar nas tomadas de decisão.

Apesar de ser bastante ‘amigável’, o software ArcView GIS 3.2 é uma ferramenta cujo manuseio requer treinamento específico por dispor de um grande número de interfaces com o usuário e porque suas ferramentas de análise de dados requerem uma formação técnica adequada do usuário deste software.

Embora exista um considerável número de publicações envolvendo SIG, a parcela destas que tratam de aplicações de SIG à área de gerência e manutenção de pavimentos ainda é bastante reduzida.

Para os objetivos propostos nesta dissertação, o SIG ArcView facilitou bastante o processamento e o manuseio dos dados coletados e auxiliou na visualização dos resultados e na análise comparativa dos métodos de priorização, além de viabilizar a seleção dos trechos prioritários dentre as vias analisadas.

#### d) O Índice de Funcionalidade de Pavimentos – IFP

A metodologia de avaliação dos defeitos de superfície desenvolvida por FREITAS (2002), embora de simples aplicação e de fácil entendimento, realmente mostrou-se tão eficiente quanto as atualmente em uso. É excelente para prefeituras que não dispõem de orçamentos elevados para gastar em treinamento técnico de seus funcionários. Para os segmentos considerados ruins ( $IFP > 2,0$ ), entretanto, a variação do IFP mostrou-se demasiadamente elevada.

Embora o método alternativo de cálculo do IFP, utilizado nesta pesquisa, seja diferente daquele desenvolvido por FREITAS (2002), uma constatação científica sobre qual dentre os dois é o mais preciso, extrapola o escopo deste trabalho. Pode-se dizer, todavia, que ressaltando-se a necessidade da realização de ensaios de macrotextura, o método alternativo é mais simples de ser aplicado e reduz o grau de subjetividade relativo à calibração dos pesos associados aos defeitos de superfície do revestimento.

O que se pode afirmar é que a inserção de outros parâmetros serviu para aperfeiçoar o método de FREITAS, tendo em vista que a tomada de decisão agora se baseia em cinco parâmetros (condição funcional, macrotextura, volume de tráfego por faixa, composição do tráfego e variação do IFP) e não apenas em dois (condição funcional e volume de tráfego).

#### e) O produto final desta dissertação

Os volumes e composições de tráfego dos bairros Bom Retiro e Santo Antônio foram analisados de maneira a determinar quais vias apresentam maiores volumes de tráfego por faixa e maiores percentuais de veículos pesados (volume de ônibus e caminhões).

As condições superficiais de conservação dos revestimentos flexíveis puderam ser analisadas e classificadas de acordo com seus níveis de IFP, assim como sua macrotextura, que se mostrou um importante parâmetro na priorização das vias a receberem manutenção. Além disso, pode-se afirmar que o IFP alternativo, proposto nesta pesquisa, mostrou-se eficaz na representação das condições de conservação das vias da área de estudo.

A comparação entre o método proposto nesta pesquisa e o desenvolvido por FREITAS (2002), mostrou que, por se diferenciarem nas atribuições de pesos feitas aos defeitos de

superfície, na consideração da macrotextura do revestimento e na consideração dos parâmetros de tráfego, os resultados finais obtidos foram significativamente distintos.

## **6.2 – Recomendações para Trabalhos Futuros**

Esta pesquisa engloba questões referentes à avaliação de defeitos de superfície em revestimentos asfálticos e parâmetros relativos ao tráfego veicular. Assim, as sugestões oferecidas abaixo são consideradas como relevantes para o aperfeiçoamento dos métodos aqui discutidos.

Sugestões:

- a) Complementar a avaliação funcional de pavimentos introduzindo um parâmetro relativo à irregularidade longitudinal, bem como acrescentar uma avaliação estrutural dos pavimentos (deformação permanente e deflexão característica) à presente metodologia.
- b) Testar a operacionalidade do método proposto em uma malha rodoviária, tendo em vista as diferenças de geometria, de pavimentos e de volumes e tipos de tráfego que existem entre vias urbanas e rurais.
- c) Levar em conta a evolução do tráfego com o passar dos anos e verificar a influência deste crescimento na velocidade de degradação dos revestimentos asfálticos. Isto quer dizer, prever após a realização de um determinado serviço de reabilitação em um certo trecho, quanto tempo este serviço irá durar, de acordo com o crescimento do volume de tráfego de veículos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials. **Guidelines for Pavement Management System**. Washington, D. C. 1993.
- ABEDA – Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto. **Manual Básico de emulsões Asfálticas: soluções para pavimentar sua cidade**. Rio de Janeiro – RJ, 134 p., 2001.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM, E-965. **Test for Measuring Surface Macrotecture Depth Using a Sand Volumetric Technique**, Annual Book of ASTM Standards, USA, 1996.
- BALBO, J. T. **Análise de tráfego para finalidades de projeto de pavimentos**. Apostila do Curso Engenharia Civil – Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Transportes. Universidade de São Paulo. São Paulo – SP, p. 1 – 13, 1997.
- BRUTON, M. J. **Introdução ao Planejamento de Sistema de Transporte**. Interciência. São Paulo – SP, 260 p., 1979 .
- BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information System for Land Resources Assessment**. Oxford University Press, Oxford – UK, 193 p., 1994.
- CARDOSO, S. H. **Avaliação Estrutural e Funcional dos Pavimentos Asfálticos**. Programa de Capacitação Técnica do DER – SC, Florianópolis – SC, 1997.
- DA MOTTA, L. M. G. **Dimensionamento de pavimentos asfálticos**. Apostila do Curso de Pavimentação Urbana. Associação Brasileira de Pavimentação Urbana – ABPV, Rio de Janeiro – Rj, 57 p., 2002.
- Departamento de Estradas de Rodagem – DER/SC. **Sistema de gerência de Pavimentos: estudo de tráfego**. Manual de procedimentos. Florianópolis – SC, 1997.
- Departamento de Estradas de Rodagem – DER/SC. **Manual de instrução de serviços**. Florianópolis – SC, 20 p., 1998.
- DNER – PRO 010/79: **Avaliação estrutural de pavimentos flexíveis**. Rio de janeiro – RJ, 1979.
- DNER – PRO 011/79: **Avaliação estrutural de pavimentos flexíveis**. Rio de janeiro – RJ, 1979.
- DNER – PRO 159/85: **Projeto de Restauração de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos**. Rio de janeiro – RJ, 1985.
- DNER – PRO 269/94: **Projeto de Restauração de Pavimentos Flexíveis - TECNAPAV**. Rio de janeiro – RJ, 1994.

- DNER – Departamento Nacional de Estradas e Rodagens. **Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos**. Rio de Janeiro – RJ, 242 p., 1998.
- DNIT – PRO 006/2003: **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos**. Rio de Janeiro – RJ, 2003.
- DNIT – PRO 007/2003: **Levantamento da condição de superfície de segmentos-testemunha de rodovias de pavimentos flexível ou semi-rígido para gerência de pavimentos em nível de rede**. Rio de Janeiro – RJ, 2003.
- DOMINGUES, F. A. A e NISHIYAMA, E. S. **Atualização de custos e benefícios para o uso em sistema de gerência de pavimentos**. Anais da VI reunião de pavimentação urbana. Santos – SP, p. 389 – 396, 1995.
- DYNATEST. **Manual do Sistema de Gerenciamento de Pavimentos Dynatest**. São Paulo – SP, 49 p., 1997.
- FERNADES JÚNIOR, J. L., ODA, S. e ZERBINI, L. F. **Defeitos e atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos asfálticos**. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos – SP, 101 p., 2001.
- FERREIRA, P. N. **Avaliação da macrotextura de trechos de pavimentados de rodovias estaduais situadas na região insular do Município de Florianópolis**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, 147 p., 2002.
- FREITAS, E. S. **Implantação de um sistema de gerenciamento para manutenção de pavimentos de vias urbanas – S. G. M. P. Urb, através de um sistema de informações geográficas: Aplicação à cidade de Joinville**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós – Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, 170 p., 2002.
- GOLDNER, L. G. **Engenharia de Tráfego: notas de aula, curso de infra-estrutura e gerência viária** – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 97 p., 2002.
- GONTIJO, P. R.; GUIMARÃES, F. H.; NOGUEIRA, C. L. **Metodologias brasileiras para avaliação das características funcionais e estruturais de pavimentos rodoviários: o estado da arte**. 28ª Reunião Anual de Pavimentação, Belo Horizonte – MG, p. 501 – 529, 1994.
- GREENSTEIN, J. **Issues related to the performance and management of pavement systems**. Anais do III Simpósio Internacional de Avaliação de pavimentos e projetos de Reforço – SINAPPRE, Belém – PA, p. 283 – 293, 1999.
- GOTHIÉ, M. **Adhérence et Texture des Revêtements Routiers** – Méthodes et Moyens de Mesure, in Note d'Information n. 77. SETRA. Chaussées Dependences – France, 1993.
- HAAS, R. S., HUDSON, W. R., ZANEWSKI, J.; **Modern Pavement Management**, Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, USA, 1994.

- LEFEBVRE, M. G. **Les Enroles Drainants**. Comité Technique AIPCR des Routes Souples  
Comité Technique AIPCR des Caractéristiques de Surface, Belgique, 135 p., 1993.
- MARCON, A. F. **Gerência de Pavimentos**: Notas de aula. Programa de Pós-graduação em  
Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina – SC, 2000.
- MEDINA, J. **Mecânica dos pavimentos**. Ed. UFRJ, Rio de Janeiro – RJ, 260 p., 1997.
- MOMM, L. **Estudos dos Efeitos da Granulometria sobre a Macrotextura Superficial do  
Concreto Asfáltico e seu Comportamento Mecânico**. Tese de Doutorado, Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 254 p., 1998.
- MOMM, L; DOMINGUES, F. A. A. **Rugosidade da superfície do concreto asfáltico**.  
Anais do III Simpósio Internacional de Avaliação de pavimentos e projetos de Reforço –  
SINAPPRE, Belém – PA, p. 277 – 281, 1999.
- OLIVEIRA, C. A. K. **Manutenção, Conservação e Restauração de Pavimentos Urbanos**.  
Anais da V Reunião de Pavimentação Urbana. Natal – RN, p. 311 – 330, 1994.
- PASQUET, A. **Campagne Nationale de Glissance 1967 en France** – in Colloque  
International sur la Glissance et la Circulation sur Routes Mouillées. Berlin – Allemand,  
p. 717 – 732, 1968
- REABILITPAV. **Estudos de Tráfego**. Apostila do curso de treinamento em reabilitação de  
pavimentos asfálticos. Curitiba – PR, 124 p., 2001.
- RENÚNCIO, L.E. Integração do Cadastro Técnico Multifinalitário a Sistemas de  
Informações Geográficas visando a implantação de um reservatório para abastecimento  
de água no Município de Cocal do Sul – SC. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-  
graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis –  
SC, 143 p., 1995.
- SANTANA, H. **Manual de pré-misturados à frio**. Instituto Brasileiro de Petróleo – IBP.  
Rio de Janeiro – RJ, p. 13 – 20, 1992.
- SHAHIN, M. Y. **Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots**. Kluwer  
Academic Publishers. Massachusetts – USA, 1998.
- SOUZA, N. M. **Contribuição à Cartografia Geotécnica com Uso de Geoprocessamento:  
sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica**. Tese de Doutorado.  
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, escola de Engenharia de São Carlos –  
USP, São Carlos – SP, 1994.
- TRANSPORTATION ASSOCIATION OF CANADA – TAC. **Pavement Design and  
Management Guide**. Ottawa – Canada, 1997.
- VILLIBOR, D. F; CINCERRE, J. R; BELIGNI, M. **Serviços de manutenção de pavimentos  
urbanos com rejuvenescimento asfálticos na cidade de São Paulo**. Anais do III  
Simpósio Internacional de Avaliação de pavimentos e projetos de Reforço – SINAPPRE,  
Belém – PA, p. 179 – 194, 1999.

**WOLSKI, M. S. Contribuirão à Cartografia Geotécnica de Grandes Áreas com o Uso de Sistemas de Informações Geográficas: uma aplicação na região do médio Uruguai (RS).** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 92 p., 1997.

## BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- AZEVEDO FILHO, O. e RODRIGUES, R. M. **O desempenho de restauração com fresagem e recapeamento de vias urbanas.** Anais da VI reunião de pavimentação urbana. Santos – SP, p. 368 – 388, 1995.
- BARTOLI, S. P.; Fortes, J. A. A. S. e Andrade, N. P. **Sistemas de Informação Geográfica ( SIG ) como instrumento para avaliação da acessibilidade locacional de paradas de ônibus.** Anais X ANPET. 1996. Brasília, DF, p. 245-257.
- BREGA, J. R F; SÓRIA, M. H; SEMENTILLE, A. C. **Uma análise da avaliação da condição de pavimentos com uso de redes neurais artificiais.** Anais do III Simpósio Internacional de Avaliação de pavimentos e projetos de Reforço – SINAPPRE, Belém – PA, p. 255 – 263, 1999.
- CARDOSO, G. **Utilização de um Sistema de Informações Geográficas visando o gerenciamento da segurança viária no município de São José – SC.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós – Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, Florianópolis – SC, 134 p., 1999.
- CARDOSO, S. H. **Gerência de pavimentos em vias urbanas.** Anais da VI reunião de pavimentação urbana. Santos – SP, p. 367 – 390, 1995.
- CARDOSO, S. H. **Gerência de pavimentos em vias urbanas.** Anais da V Reunião de Pavimentação Urbana. Natal – RN, p. 366 – 391, 1994.
- CET – Companhia de Engenharia de tráfego. **Pesquisa e Levantamentos de Tráfego:** Boletim técnico nº 31. São Paulo – SP, 1982.
- CHILD, S. M. **Porous Asphalt on the Blackwater Valley.** Surrey County Council, Surrey, 1996.
- Comite Technique AIPCR des Caracteristiques de Surface. **Rapport du Comité Technique des Caracteristiques de surface.** XIX eme Congrès mondial de la route. Marrakech, 1991.
- COVIPLAN S/A. **Especificações de Estudos de Tráfego.** Carazinho – RS, p. 19 – 34, 1997.
- EDWARDS, J. B. **Motorway Speedsin the Wet Weather:the comparative influence of porous asphalt and conventionalasphalt surfacings.** Journal of Transport Geography, Newport – UK, p. 304 – 311, 2002.
- FABRICIO, J. M; VASCONCELOS, J. F. e DA SILVA, M. D. **Estudo comparativo entre o (ICPF) – índice de condição de pavimento flexível, (QI) – Quociente de irregularidade e o (IGG) – Índice de Gravidade Global em rodovias do DNER.** Anais da XXIX reunião de pavimentação urbana. Cuiabá – MT, p. 348 – 361, 1995.

- FIEL, R.; MASTERS, H. e SINGER, M. **Status of porous pavement Research**. United States Environmental Research Laboratory, New Jersey – USA, p. 849 – 858, 1982.
- FIGUEIREDO, A. E. P. e FREIRE, A. F. **A lei da balança: um aplicativo multimídia para fins didáticos**. Anais da VI reunião de pavimentação urbana. Santos – SP, p. 21 – 24, 1995.
- GOMES, C. E. A. **Determinação dos Parâmetros de Tráfego Utilizados no Dimensionamento de Pavimentos Rodoviários: enfoque para restauração**. Trabalho de iniciação científica – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, p. 9 – 23, 1995.
- GREENSTEIN, J. **The use of non destructive testing and the layered elastic theory to design and strengthen flexible pavements**. Anais do III Simpósio Internacional de Avaliação de pavimentos e projetos de Reforço – SINAPPRE, Belém – PA, p. 174 – 177, 1999.
- Loureiro, C. F. G. e Ralston, B. A.. **SIG como plataforma para modelos de análise de redes de transporte**. Anais X ANPET. 1996. Brasília, DF, p. 235 – 244.
- MAGALHÃES, A. M.; MEURER, E.; DADA, L. B. **Método de estimativa de tráfego de rodovias adotadas pelos órgãos rodoviários estaduais: DAER/RS, DER/SC e DER/PR**. Trabalho acadêmico do curso de infra-estrutura e gerencia viária – Centro de Engenharia Civil. Universidade federal de Santa Catarina, p. 4 – 25, 1998.
- MARCON, A. F.; CARDOSO, S. H. e APS, M. **Considerações sobre métodos de avaliação de superfície de pavimentos**. Anais da XXIX reunião de pavimentação. Cuiabá – MT, p. 42 – 62, 1995.
- MARCON, A. F. **Contribuição ao Desenvolvimento de um Sistema de Gerenciamento de Pavimentos para a Malha Rodoviária Estadual de Santa Catarina**. Tese de Doutorado – Curso de engenharia de infra-estrutura de aeronáutica, Instituto Tecnológico da Aeronáutica. São José dos campos – SP, p. 137 – 150, 1996.
- MARGARIDO, S. A.; ZERBINI, L. F. e FERNANDES JUNIOR, J. L. **Priorização em sistemas de gerência de pavimentos urbanos**. Anais da VII reunião de pavimentação urbana. São José dos Campos – SP, p. 327 – 342, 1996.
- MOTTA, L. M. G. **Considerações a respeito de pavimentos e tráfego nas vias urbanas**. Anais da VI reunião de pavimentação urbana. Santos – SP, pp. 26 – 50, 1995.
- NEVES, M. A; BELO, M. L. F; DE SOUZA, F. S. V. **Projeto de reabilitação de pavimentos de Belo horizonte**. Anais da VI reunião de pavimentação urbana. Santos – SP, p. 140 – 164, 1995.
- ODA, S.; SÓRIA, M. H. A. e FERNANDES JUNIOR, J. L. **Caracterização e levantamento da condição das estradas municipais para fins de gerência de pavimentos**. Anais da VII reunião de pavimentação urbana. São José dos Campos – SP, p. 311 – 326, 1996.

- OLIVEIRA, C. G. M.; DE FARIAS, M. M. e DE CARVALHO, J. C. **Análise Laboratorial de Concretos Asfálticos Drenantes com Uso de Agregados Calcários.** Anais da XII Reunião Anual de Pavimentação Urbana, Aracaju – SE, p. 2 – 16, 2003.
- PINTO, S. **A Gerência de Pavimentos no Domínio Rodoviário.** Apostila do Curso de Especialização em Gestão Rodoviária, Universidade Federal do Mato Grosso. Cuiabá – MT, p. 36 – 50, 1989.
- PORTO, H. G. **Pavimentos Drenantes.** D & Z Computação Gráfica e Editora. São Paulo – SP, 105 p., 1999.
- RODRIGUES, R. M. e GONÇALVES, F. P. **SIGMA:** Um sistema especialista para auxílio da manutenção de pavimentos urbanos. Anais da VII reunião de pavimentação urbana. São José dos campos – SP, p. 226 – 238, 1996.
- ROSADO, M. C. **Um método de avaliação de acessibilidade aos serviços públicos com o uso de SIG: aplicação na cidade de Araranguá – SC.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós – Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, 1999.
- SALMI, C. A e PEREIRA, A. M. **A conservação de pavimentos em vias urbanas de São José dos Campos.** Anais da VII reunião de pavimentação urbana. São José dos Campos – SP, p. 263 – 373, 1996.
- SILVA, R. P; GONÇALVES, A. L. e APS, M. **Manutenção de vias públicas urbanas em Santos – SP:** prioridade e tecnologia. Anais XXIX reunião de pavimentação. Cuiabá – MT, p. 272 – 290, 1995.
- ULYSSEÁ NETO, I.; SILVA, C. L. S. e GOMES, C. E. A. **Determinação dos volumes de tráfego utilizados no dimensionamento de pavimento rodoviários** – Uma amostra sistemática com dados de baixo custo. Anais da XXX Reunião Anual de Pavimentação, Volume 3, p. 1467 – 1484. Salvador – Ba, 1996.
- VILLIBOR, D. F; CINCERRE, J. R; BELIGNI, M. **Proposta de um plano de gestão de manutenção viária para a cidade de São Paulo.** Anais do III Simpósio Internacional de Avaliação de pavimentos e projetos de Reforço – SINAPPRE, Belém – PA, p. 295 – 302, 1999.
- VON MEIER, A. **Thin porous surface layers: design principles and results obtened.** Proceedings of Eurosymposium, Nantes, 156 p., 1996.

**REFERÊNCIAS DA INTERNET**

Alves, M. B. e Arruda, S. M. **Como Fazer Referências: bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documentos.** Em 04 de Março de 2003.  
<http://bu.ufsc.br/framerefer.html>

**IPPUJ – Fundação Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Joinville.** Em 4 de Maio de 2004. <http://www.ippuj.sc.gov.br>

**Geographic Information System – GIS.** Em 15 de Dezembro de 2003.  
<http://www.gis.com/whatisgis/whatisgis.pdf>

**Laboratório de geoprocessamento:** curso on line do software ArcView GIS 3.1. Em 20 de Junho de 2003.  
<http://www.labgis.fplf.org.br>

**Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geologia Aplicada da Faculdade de Geologia do Rio de Janeiro.** Em 13 de Abril de 2003.  
<http://www.labgis.uerj.br>

LAKEHAL, G. S. e PARTL, M. N. **Wasserempfindlichkeits – Prüfung von HMF – Neue Forschungsergebnisse in der Schweiz.** Em 07 de Janeiro de 2004.  
<http://www.empa.ch/plugin/template/empa>

PARTL, M. N. **Publikationen und Berichte ab 1990.** Em 05 Dezembro de 2003.  
<http://www.empa.ch>

**Prefeitura Municipal de Joinville.** Em 03 de Maio de 2004. <http://www.joinville.sc.gov.br>

RAO, M. D. **Application of Porous Asphalt.** Em 21 de Novembro de 2003.  
<http://www.sciencedirect.com/science>

SCAZZIGA, I. e MEYER, k. A. **Simplified Approach to Pavement Management for Urban Environments.** Em 06 de Dezembro de 2003.  
<http://www.deighton.com/library/paper13.pdf>

SMADI, O; HANS, Z. e KHATTAK, A. **Integrating maintance activities into pavement management system.** Em 06 de Dezembro de 2003.  
[http://www.deighton.com/library/Budapest\\_2.pdf](http://www.deighton.com/library/Budapest_2.pdf)

## **ANEXO A**

Quadro resumo dos defeitos – Codificação e Classificação

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
<b>Fissuras</b>				FI	-	-	-
<b>Trincas no revestimento geradas por deformação permanente e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga</b>	<b>Trincas Isoladas</b>	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	<b>Trincas Interligadas</b>	“Jacaré”	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
<b>Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga</b>	<b>Trincas Isoladas</b>	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	<b>Trincas Interligadas</b>	“Bloco”	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3
	<b>OUTROS DEFEITOS</b>					<b>CODIFICAÇÃO</b>	
<b>Afundamento</b>	<b>Plástico</b>	<b>Local</b>	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP			
		<b>da Trilha</b>	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP			
	<b>De Consolidação</b>	<b>Local</b>	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC			
		<b>da Trilha</b>	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC			
<b>Ondulação/Corrugação</b> - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base					O		
<b>Escorregamento</b> (do revestimento betuminoso)					E		
<b>Exsudação</b> do ligante betuminoso no revestimento					EX		
<b>Desgaste</b> acentuado na superfície do revestimento					D		
<b>“Painéis”</b> ou buraco decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes da base					P		
<b>Remendos</b>				<b>Remendo Superficial</b>	RS		
				<b>Remendo Profundo</b>	RP		

NOTA 1: Classe das trincas isoladas

- FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm.  
FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas.  
FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.

NOTA 2: Classe das trincas interligadas

As trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas.



## **ANEXO B**



## **ANEXO C**

## PLANILHA DE CONTAGEM DE TRÁFEGO

Nome da Rua:

Condições do tempo:

Horário:

Data:

Tempo (min.)	Autos	Ônibus	Caminhões
0 – 15			
15 – 30			
30 – 45			
45 – 60			
Total parcial			
0 – 15			
15 – 30			
30 – 45			
45 – 60			
Total parcial			
0 – 15			
15 – 30			
30 – 45			
45 – 60			
Total parcial			
Total			
Porcentagem			

## **ANEXO D**

<b>Hora 07:15 / Três faixas de sentido único / Dia 11/03/04 / Quinta-feira</b>				
<b>RUA BLUMENAU</b>	<b>AUTO</b>	<b>ÔNIBUS</b>	<b>CAMINHÕES</b>	<b>TOTAL</b>
07:15 - 07:30	200	10	15	225
07:30 - 07:45	195	6	8	209
07:45 - 08:00	250	11	9	270
08:00 - 08:15	165	6	16	187
08:15 - 08:30	231	5	12	248
08:30 - 08:45	174	6	18	198
08:45 - 09:00	189	4	14	207
09:00 - 09:15	197	6	9	212
<b>Total de veículos</b>	<b>1601</b>	<b>54</b>	<b>101</b>	<b>1756</b>
<b>PERCENTAGEM TOTAL</b>	<b>91,17%</b>	<b>3,08%</b>	<b>5,75%</b>	<b>100,00%</b>
<b>TRÁFEGO PESADO</b>				<b>8,83%</b>
<b>Hora 17:45 / Três faixas de sentido único / 10/03/04 / Quarta-feira</b>				
<b>RUA JOÃO COLIN</b>	<b>AUTO</b>	<b>ÔNIBUS</b>	<b>CAMINHÕES</b>	<b>TOTAL</b>
17:30 - 17:45	173	10	2	185
17:45 - 18:00	201	6	13	220
18:00 - 18:15	398	11	6	415
18:15 - 18:30	399	6	9	414
18:30 - 18:45	399	5	6	410
18:45 - 19:00	378	9	4	391
19:00 - 19:15	258	1	6	265
19:15 - 19:30	201	9	6	216
<b>Total de veículos</b>	<b>2407</b>	<b>57</b>	<b>52</b>	<b>2516</b>
<b>PERCENTAGEM TOTAL</b>	<b>95,67%</b>	<b>2,27%</b>	<b>2,06%</b>	<b>100,00%</b>
<b>TRÁFEGO PESADO</b>				<b>4,33%</b>
<b>Hora 7:00 / Duas faixas e dois sentidos opostos / 10/03/04 / Quarta-feira</b>				
<b>RUA SANTOS DUMONT</b>	<b>AUTO</b>	<b>ÔNIBUS</b>	<b>CAMINHÕES</b>	<b>TOTAL</b>
07:00 - 07:15	476	10	60	546
07:15 - 07:30	472	6	32	510
07:30 - 07:45	436	11	36	483
07:45 - 08:00	372	6	64	442
08:00 - 08:15	448	7	48	503
08:15 - 08:30	520	6	72	598
08:30 - 08:45	428	4	56	488
08:45 - 09:00	456	6	36	498
<b>Total de veículos</b>	<b>3608</b>	<b>56</b>	<b>404</b>	<b>4068</b>
<b>PERCENTAGEM TOTAL</b>	<b>88,69%</b>	<b>1,38%</b>	<b>9,93%</b>	<b>100,00%</b>
<b>TRÁFEGO PESADO</b>				<b>11,31%</b>
<b>Hora 17:30 / Duas faixas e dois sentidos opostos / 11/03/04 / Quinta-feira</b>				
<b>RUA MARQUÊS DE OLINDA</b>	<b>AUTO</b>	<b>ÔNIBUS</b>	<b>CAMINHÕES</b>	<b>TOTAL</b>
17:30 - 17:45	190	5	40	235
17:45 - 18:00	380	5	45	430
18:00 - 18:15	250	10	60	320
18:15 - 18:30	315	5	60	380
18:30 - 18:45	382	5	55	442
18:45 - 19:00	275	6	41	322
19:00 - 19:15	266	3	39	308
19:15 - 19:30	197	3	33	233
<b>Total de veículos</b>	<b>2255</b>	<b>42</b>	<b>373</b>	<b>2670</b>
<b>PERCENTAGEM TOTAL</b>	<b>84,46%</b>	<b>1,57%</b>	<b>13,97%</b>	<b>100,00%</b>
<b>TRÁFEGO PESADO</b>				<b>15,54%</b>

<b>Hora 17:00 / Duas faixas e dois sentidos opostos / 08/03/04 / Segunda-feira</b>				
<b>RUA DONA FRANCISCA</b>	<b>AUTO</b>	<b>ÔNIBUS</b>	<b>CAMINHÕES</b>	<b>TOTAL</b>
17:00 – 17:15	640	5	108	753
17:15 – 17:30	480	4	88	572
17:30 – 17:45	524	12	60	596
17:45 – 18:00	584	16	96	696
18:00 – 18:15	324	8	100	432
18:15 – 18:30	416	20	72	508
18:30 – 18:45	480	10	88	578
18:45 – 19:00	540	5	61	606
<b>Total de veículos</b>	<b>3988</b>	<b>80</b>	<b>673</b>	<b>4741</b>
<b>PERCENTAGEM TOTAL</b>	<b>84,12%</b>	<b>1,69%</b>	<b>14,19%</b>	<b>100,00%</b>
<b>TRÁFEGO PESADO</b>				<b>15,88%</b>
<b>Hora 14:00 / Duas faixas e dois sentidos / 10/03/04 / Quarta-feira</b>				
<b>RUA RIACHUELO</b>	<b>AUTO</b>	<b>ÔNIBUS</b>	<b>CAMINHÕES</b>	<b>TOTAL</b>
14:00 - 14:15	5	0	0	5
14:15 - 14:30	10	0	3	13
14:30 - 14:45	8	0	0	8
14:45 - 15:00	6	0	0	6
15:00 - 15:15	8	0	0	8
15:15 - 15:30	6	0	1	7
15:30 - 15:45	5	0	0	5
15:45 - 16:00	7	0	0	7
<b>Total de veículos</b>	<b>55</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>59</b>
<b>PERCENTAGEM TOTAL</b>	<b>93,22%</b>	<b>0,00%</b>	<b>6,78%</b>	<b>100,00%</b>
<b>TRÁFEGO PESADO</b>				<b>6,78%</b>
<b>Hora 14:00 / Duas faixas e dois sentidos opostos / 11/03/04 / Quinta-feira</b>				
<b>RUA GUIA LOPES</b>	<b>AUTO</b>	<b>ÔNIBUS</b>	<b>CAMINHÕES</b>	<b>TOTAL</b>
14:00 - 14:15	14	0	1	15
14:15 - 14:30	9	0	0	9
14:30 - 14:45	7	0	1	8
14:45 - 15:00	8	1	2	11
15:00 - 15:15	8	0	0	8
15:15 - 15:30	11	0	1	12
15:30 - 15:45	6	1	2	9
15:45 - 16:00	7	0	0	7
<b>Total de veículos</b>	<b>69</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>78</b>
<b>PERCENTAGEM TOTAL</b>	<b>88,46%</b>	<b>2,56%</b>	<b>8,98%</b>	<b>100,00%</b>
<b>TRÁFEGO PESADO</b>				<b>11,54%</b>
<b>Hora 13:00 / Duas faixas e dois sentidos opostos / 08/03/04 / Segunda-feira</b>				
<b>HORÁRIO</b>	<b>AUTO</b>	<b>ÔNIBUS</b>	<b>CAMINHÕES</b>	<b>TOTAL</b>
13:00 – 13:15	6	0	0	6
13:15 – 13:30	6	0	0	6
13:30 – 13:45	10	0	0	10
13:45 – 14:00	13	0	2	15
14:00 – 14:15	8	0	0	8
14:15 – 14:30	8	0	1	9
14:30 – 14:45	5	0	0	5
14:45 – 15:00	6	0	0	6
<b>Total de veículos</b>	<b>62</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>65</b>
<b>PERCENTAGEM TOTAL</b>	<b>95,38%</b>	<b>0,00%</b>	<b>4,62%</b>	<b>100,00%</b>
<b>TRÁFEGO PESADO</b>				<b>4,62%</b>

<b>Hora 07:00 / Duas faixas e dois sentidos opostos / 12/03/04 / Sexta-feira</b>				
<b>RUA BRASIL</b>	<b>AUTO</b>	<b>ÔNIBUS</b>	<b>CAMINHÕES</b>	<b>TOTAL</b>
07:00 – 07:15	120	3	15	138
07:15 – 07:30	102	0	22	124
07:30 – 07:45	135	2	25	162
07:45 – 08:00	146	5	31	182
08:00 – 08:15	122	5	21	148
08:15 – 08:30	124	2	18	144
08:30 – 08:45	120	1	22	145
08:45 – 09:00	115	3	18	136
<b>Total de veículos</b>	<b>984</b>	<b>21</b>	<b>172</b>	<b>1177</b>
<b>PERCENTAGEM TOTAL</b>	<b>83,60%</b>	<b>1,78%</b>	<b>14,62%</b>	<b>100,00%</b>
<b>TRÁFEGO PESADO</b>				<b>16,64%</b>
<b>Hora 10:30 / Duas faixas e dois sentidos opostos/ 10/03/04 Quarta-feira</b>				
<b>RUA ITÁ</b>	<b>AUTO</b>	<b>ÔNIBUS</b>	<b>CAMINHÕES</b>	<b>TOTAL</b>
10:30 – 10:45	2	0	0	2
10:45 – 11:00	3	0	1	4
11:00 – 11:15	5	0	0	5
11:15 – 11:30	4	0	0	4
11:30 – 11:45	4	0	1	5
11:45 - 12:00	6	0	0	6
12:00 – 12:15	6	0	0	6
12:15 - 12:30	7	0	0	7
<b>Total de veículos</b>	<b>37</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>39</b>
<b>PERCENTAGEM TOTAL</b>	<b>94,87%</b>	<b>0,00%</b>	<b>5,13%</b>	<b>100,00%</b>
<b>TRÁFEGO PESADO</b>				<b>5,13%</b>
<b>Hora 10:00 / Duas faixas e dois sentidos opostos / 12/03/04 / Sexta-feira</b>				
<b>RUA COELHO NETO</b>	<b>AUTO</b>	<b>ÔNIBUS</b>	<b>CAMINHÕES</b>	<b>TOTAL</b>
10:00 – 10:15	64	6	13	83
10:15 – 10:30	76	7	18	101
10:30 – 10:45	86	5	19	110
10:45 – 11:00	85	4	17	106
11:00 – 11:15	90	8	15	113
11:15 – 11:30	101	5	20	126
11:30 – 11:45	98	5	16	119
11:45 – 12:00	92	5	21	118
<b>Total de veículos</b>	<b>692</b>	<b>45</b>	<b>139</b>	<b>876</b>
<b>PERCENTAGEM TOTAL</b>	<b>79,00%</b>	<b>5,14%</b>	<b>15,86%</b>	<b>100,00%</b>
<b>TRÁFEGO PESADO</b>				<b>21,00%</b>
<b>Hora 13:00 / Duas faixas e dois sentidos opostos / 12/03/04 / Sexta-feira</b>				
<b>RUA MARCÍLIO DIAS</b>	<b>AUTO</b>	<b>ÔNIBUS</b>	<b>CAMINHÕES</b>	<b>TOTAL</b>
13:00 – 13:15	55	1	5	61
13:15 – 13:30	58	2	8	68
13:30 – 13:45	42	2	4	48
13:45 – 14:00	80	0	10	90
14:00 – 14:15	69	2	12	83
14:15 – 14:30	52	3	7	62
14:30 – 14:45	47	0	7	54
14:45 – 15:00	50	1	4	55
<b>Total de veículos</b>	<b>453</b>	<b>11</b>	<b>57</b>	<b>521</b>
<b>PERCENTAGEM TOTAL</b>	<b>86,95%</b>	<b>2,11%</b>	<b>10,94%</b>	<b>100,00%</b>
<b>TRÁFEGO PESADO</b>				<b>13,05%</b>

## **ANEXO E**

<i>Nome da Rua</i>	<i>ID</i>	<i>Eseg</i>	<b>MÉTODO PROPOSTO</b>	
			<b>IFP</b>	<b>Condição</b>
R. Arno Waldemar Doehler	1-A	225	1,62	Razoável
R. Arno Waldemar Doehler	1-B	51,5	8,52	Ruim
R. Dr. Gerkes Selos Rocha	3-B	191	0	Boa
R. Dr. Gerkes Selos Rocha	3-C	70	0	Boa
R. Dr. Gerkes Selos Rocha	3-D	70	0	Boa
R. Dr. Gerkes Selos Rocha	3-E	60	1,67	Razoável
R. Dr. Gerkes Selos Rocha	3-F	50	4	Ruim
R. V.P. Luiz C. Garcia	4-A	70	5,98	Ruim
R. V.P. Luiz C. Garcia	4-B	208	4,66	Ruim
R. Iguaçú	5	877	3,61	Ruim
Sem Denominação 1	6	87,9	4,88	Ruim
R. Gercy R. Alvez	7	75,1	4,09	Ruim
R. Alexandre Humboldt	8	586	0,35	Boa
R. Beatriz S. Wetzel	9	107	2,81	Ruim
R. Carlos W. Boehn	13-A	173	0,05	Boa
R. Carlos W. Boehn	13-B	141	0,09	Boa
R. Carlos W. Boehn	13-C	108	0	Boa
R. Carlos W. Boehn	13-D	155	0	Boa
R. Frederico Eick	16-B	166	0,08	Boa
R. Guilherme Berner	20	573	0,05	Boa
R. das Turmalinas	25	166	4,99	Ruim
R. Marcílio Dias	31-A	182	1,37	Razoavel
R. Marcílio Dias	31-B	695	0,66	Razoavel
R. Marcílio Dias	31-C	119	1,11	Razoavel
R. Marcílio Dias	31-D	243	2,2	Ruim
R. Coelho Neto	32-A	182	2,52	Ruim
R. Coelho Neto	32-B	285	0,37	Boa
R. Coelho Neto	32-C	412	0,73	Razoavel
R. Coelho Neto	32-D	115	4,38	Ruim
R. Coelho Neto	32-E	256	2,75	Ruim
R. Coelho Neto	32-F	81,5	3,67	Ruim
R. Aracajú	33-A	76,3	3,08	Ruim
R. Aracajú	33-B	400	0	Boa
R. Aracajú	33-C	112	3,69	Ruim
R. João Pessoa	34-A	99,1	0,05	Boa
R. João Pessoa	34-B	80,2	2,58	Ruim
R. João Pessoa	34-C	51,4	0	Boa
R. João Pessoa	34-D	656	0	Boa
R. Adolfo Lenke	44	205	2,24	Ruim
R. Erni Lenke	45	102	2,24	Ruim
R. Hilda Reddin	46	51,7	4,29	Ruim
R. Itaguaçu	47-A	65,6	6,62	Ruim
R. Itaguaçu	47-B	53	4,18	Ruim
R. Itaguaçu	47-C	24,9	16,6	Ruim
R. Guilherme Koch	56-A	60,3	10,2	Ruim
R. Guilherme Koch	56-B	80,1	8,96	Ruim
R. Guilherme Koch	56-C	162	0	Boa
R. Guilherme Koch	56-D	188	2,12	Ruim
R. Guilherme Koch	56-E	173	0	Boa

<i>Nome da Rua</i>	<i>ID</i>	<i>Eseg</i>	<b>MÉTODO PROPOSTO</b>	
			<b>IFP</b>	<b>Condição</b>
R. Ricardo Landmann	57-A	157	4,6	Ruim
R. Ricardo Landmann	57-B	186	2,69	Ruim
R. Ricardo Landmann	57-C	55,5	3,6	Ruim
R. Ricardo Landmann	57-D	202	2,49	Ruim
Sem Denominação 8	58	67,8	9,39	Ruim
R. Guia Lopes	60-A	118	6,79	Ruim
R. Guia Lopes	60-B	21,9	9,19	Ruim
R. Guia Lopes	60-C	30,9	9,77	Ruim
R. Guia Lopes	60-D	84,4	19,1	Ruim
R. Guia Lopes	60-E	126	3,2	Ruim
R. Guia Lopes	60-F	45,4	0	Boa
R. Guia Lopes	60-G	56,9	0	Boa
R. Guia Lopes	60-H	44,3	0	Boa
R. Visconde de Mauá	61-A	75,1	1,33	Razoável
R. Visconde de Mauá	61-B	68,8	10,3	Ruim
R. Visconde de Mauá	61-C	55,3	3,62	Ruim
R. Visconde de Mauá	61-D	85,7	7,05	Ruim
R. Visconde de Mauá	61-E	138	0	Boa
R. Visconde de Mauá	61-F	41,5	2,46	Ruim
R. Visconde de Mauá	61-G	60,2	6,78	Ruim
R. Visconde de Mauá	61-H	175	0	Boa
Sem Denominação 9	62	65,7	6,43	Ruim
R. Blumenau	65-A	86,2	0,03	Boa
R. Blumenau	65-B	77,6	0,04	Boa
R. Blumenau	65-C	65,6	0,03	Boa
R. Blumenau	65-D	96,9	0,02	Boa
R. Blumenau	65-E	145	0,73	Razoável
R. Blumenau	65-F	49,7	0,03	Boa
R. Blumenau	65-G	49,7	0,08	Boa
R. Dona Francisca	66-A	228	4,73	Ruim
R. Dona Francisca	66-B	110	3,08	Ruim
R. Dona Francisca	66-C	132	3,83	Ruim
R. Dona Francisca	66-D	125	5,92	Ruim
R. Dona Francisca	66-E	103	1,53	Razoável
R. Dona Francisca	66-F	68,2	4,98	Ruim
R. Dona Francisca	66-G	65,5	8,17	Ruim
R. Dona Francisca	66-H	111	3,22	Ruim
R. Dona Francisca	66-I	120	0,51	Razoável
R. Dona Francisca	66-J	79,2	13,2	Ruim
R. Dona Francisca	66-L	177	5,7	Ruim
R. Dona Francisca	66-M	131	1,29	Razoável
R. Dona Francisca	66-N	102	2,48	Ruim
R. Dr. João Colin	67-A	86,2	2,4	Ruim
R. Dr. João Colin	67-B	74,8	5,44	Ruim
R. Dr. João Colin	67-C	68,5	5,97	Ruim
R. Dr. João Colin	67-D	95,7	2,15	Ruim
R. Dr. João Colin	67-E	141	1,48	Razoável
R. Dr. João Colin	67-F	66	0,08	Boa
AV. Santos Dumont	68-A	113	0,24	Boa
AV. Santos Dumont	68-B	135	2,47	Ruim

<i>Nome da Rua</i>	<i>ID</i>	<i>Eseg</i>	<b>MÉTODO PROPOSTO</b>	
			<b>IFP</b>	<b>Condição</b>
AV. Santos Dumont	68-C	121	1,93	Razoável
AV. Santos Dumont	68-D	204	0,27	Boa
AV. Santos Dumont	68-E	66,5	0,23	Boa
AV. Santos Dumont	68-F	85,5	0,23	Boa
AV. Santos Dumont	68-G	62,3	0,23	Boa
AV. Santos Dumont	68-H	136	0,23	Boa
AV. Santos Dumont	68-I	40,1	0,23	Boa
AV. Santos Dumont	68-J	122	0,23	Boa
AV. Santos Dumont	68-L	266	0,24	Boa
AV. Santos Dumont	68-M	110	1,3	Razoável
AV. Marques de Olinda	69-A	238	0,15	Boa
AV. Marques de Olinda	69-B	81,4	0,2	Boa
AV. Marques de Olinda	69-C	80	0,2	Boa
AV. Marques de Olinda	69-D	104	0,14	Boa
AV. Marques de Olinda	69-E	69,3	0,23	Boa
AV. Marques de Olinda	69-F	166	0,14	Boa
AV. Marques de Olinda	69-G	171	0,15	Boa
AV. Marques de Olinda	69-H	176	0,14	Boa
AV. Marques de Olinda	69-I	181	0,14	Boa
AV. Marques de Olinda	69-J	96,5	0,15	Boa
AV. Marques de Olinda	69-L	70,4	0,18	Boa
AV. Marques de Olinda	69-M	170	0,18	Boa
AV. Marques de Olinda	69-N	124	0,19	Boa
Ser. Augusto P. da Silva	70	89,7	3,82	Ruim
R. Barão de Teffe	71	638	0	Boa
R. Balneário Camboriu	72-A	257	1,35	Razoável
R. Balneário Camboriu	72-B	231	0,61	Razoável
R. Rodrigues Alvez	74	440	0,91	Razoável
R. Abrahão Linconl	76-B	185	8,31	Ruim
R. Abrahão Linconl	76-C	252	4,96	Ruim
R. Abrahão Linconl	76-D	349	1,72	Razoável
R. Itajubá	78	455	3,23	Ruim
R. Samuel Hensy	83	395	0,14	Boa
R. Ita	89-A	367	3,45	Ruim
R. Ita	89-B	199	2,19	Ruim
R. Ita	89-C	529	0,56	Razoável
R. Humaitá	90	1058	0,23	Boa
R. Otavio Rosa Filho	93-A	611	1,28	Razoável
R. Germano Wetzel	94-A	112	0,18	Boa
R. Germano Wetzel	94-B	69,2	1,72	Razoável
R. Germano Wetzel	94-C	30,2	3,44	Ruim
R. Germano Wetzel	94-D	389	0,44	Boa
R. Riachuelo	95-A	419	0,66	Razoável
R. Riachuelo	95-B	221	3,34	Ruim
R. Itororó	98-A	323	0,23	Boa
R. Itororó	98-B	170	0,72	Razoável
R. Itororó	98-C	62,9	0,14	Boa
R. Itororó	98-D	381	0,44	Boa
R. Jose G. Rolin Filho	99-A	155	2,16	Ruim
R. Jose G. Rolin Filho	99-B	119	7,04	Ruim

<i>Nome da Rua</i>	<i>ID</i>	<i>Eseg</i>	<b>MÉTODO PROPOSTO</b>	
			<b>IFP</b>	<b>Condição</b>
R. Jose G. Rolin Filho	99-C	60,5	8,58	Ruim
R. Otto Benack	102-A	357	3	Ruim
R. Otto Benack	102-B	62,4	4,97	Ruim
R. Otto Benack	102-C	125	4,15	Ruim
R. Otto Benack	102-D	109	2,96	Ruim
R. Resende	107-A	94,2	7,61	Ruim
R. Resende	107-B	141	3,1	Ruim
R. Resende	107-C	184	0,69	Razoável
R. Resende	107-D	170	1,95	Razoável
R. Brasil	109-A	224	1,05	Razoável
R. Brasil	109-B	61,3	1,83	Razoável
R. Brasil	109-C	110	3,79	Ruim
R. Brasil	109-D	36,3	16,8	Ruim
R. Palmitos	111	112	0,89	Razoável
R. Palmitos	111-A	112	0,89	Razoável
R. Palmitos	111-B	98	3,06	Ruim
R. dos Ciclistas	112-A	176	3,6	Ruim
R. dos Ciclistas	112-B	136	1,67	Razoável
R. dos Ciclistas	112-C	76,2	17,3	Ruim
R. Arno Kunuhm	114	224	8,67	Ruim
R. Nova Trento	115	238	2,79	Ruim
R. Eduardo Hoffmann	118	103	1,15	Razoável
R. Xanxerê	120-A	246	0,57	Razoável
R. Xanxerê	120-B	105	3,06	Ruim
R. Xanxerê	120-C	168	0,79	Razoável
R. Ituporanga	121-A	201	2,25	Ruim
R. Ituporanga	121-B	124	10	Ruim
R. Guilherme Holz	123-A	142	3,52	Ruim
R. Guilherme Holz	123-B	111	5,42	Ruim
R. Bombeiro Teodoro Fetbach	124	247	0	Boa
R. Marechal Transpanski	133	166	1,38	Razoável
R. Jacarepagua	134	174	0,78	Razoável
R. Waldemar C. Richter	140-A	136	3,24	Ruim
R. Waldemar C. Richter	140-B	105	1,06	Razoável
R. Armando Sales	148-A	87,5	0,25	Boa
R. dos Inconfidentes	150-A	440	1,13	Razoável
R. dos Inconfidentes	150-B	116	2,87	Ruim
R. dos Inconfidentes	150-C	75,5	2,98	Ruim
R. dos Inconfidentes	150-D	89,7	4,73	Ruim
R. dos Inconfidentes	150-E	94,3	16	Ruim
R. Teixeira de Freitas	155	79,9	3,93	Ruim
R. Vila Lobos	156	107	1,15	Razoavel
R. Frederico Jonh	159-A	105	4	Ruim
R. Frederico Jonh	159-B	75	0,14	Boa
R. Frederico Jonh	159-C	76,2	1,45	Razoavel
R. Frederico Jonh	159-D	48,7	0,23	Boa
R. Taio	162	137	2,59	Ruim