

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES

**A NATUREZA DOS PADRÕES DE
VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO
VOLUME VEICULAR EM AMBIENTE URBANO:
ESTUDO DE CASO EM FORTALEZA**

Marcus Vinicius Teixeira de Oliveira

**Dissertação submetida ao Programa de
Mestrado em Engenharia de Transportes
da Universidade Federal do Ceará, como
parte dos requisitos para a obtenção do
título de Mestre em Ciências (M.Sc.) em
Engenharia de Transportes**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro

Fortaleza

2004

FICHA CATALOGRÁFICA

OLIVEIRA, MARCUS VINICIUS TEIXEIRA

A Natureza dos Padrões de Variação Espaço-Temporal do Volume Veicular em Ambiente Urbano: Estudo de Caso em Fortaleza. Fortaleza, 2004.

XVI, 200 fl., Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

1. Transportes – Dissertação
2. Engenharia de Tráfego
3. Volume de Tráfego Urbano

CDD 388

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

OLIVEIRA, M. V. T. (2004). A Natureza dos Padrões de Variação Espaço-Temporal do Volume Veicular em Ambiente Urbano: Estudo de Caso em Fortaleza. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 200 fl.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Marcus Vinicius Teixeira de Oliveira

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: A Natureza dos Padrões de Variação Espaço-Temporal do Volume Veicular em Ambiente Urbano: Estudo de Caso em Fortaleza.

Mestre / 2004

É concedida à Universidade Federal do Ceará permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Marcus Vinicius Teixeira de Oliveira

Av. Heróis do Acre, 150/204

60743-760 – Fortaleza/CE – Brasil

A NATUREZA DOS PADRÕES DE VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL
DO VOLUME VEICULAR EM AMBIENTE URBANO:
ESTUDO DE CASO EM FORTALEZA

Marcus Vinicius Teixeira de Oliveira

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE
MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE
TRANSPORTES.

Aprovada por:

Prof. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro, Ph.D.
(Orientador)

Profa. Maria Elisabeth Pinheiro Moreira, D.Sc.
(Examinadora Interna)

Prof. Sergio Henrique Demarchi, D.Sc.
(Examinador Externo)

FORTALEZA, CE – BRASIL

DEZEMBRO DE 2004

“Quando nada parece dar certo, vou ver o cortador de pedras martelando sua rocha talvez 100 vezes, sem que uma única rachadura apareça. Mas na centésima primeira martelada a pedra se abre em duas, e eu sei que não foi aquela que conseguiu isso, mas todas as que vieram antes.”

(Jacob Riis)

“... descobri a alegria de transformar distâncias em tempo. Um tempo em que aprendi a entender as coisas do mar, a conversar com as grandes ondas e não discutir com o mau tempo. Descobri como é bom chegar quando se tem paciência. E para se chegar, onde quer que seja, aprendi que não é preciso dominar a força, mas a razão.

É preciso, antes de mais nada, querer.”

(Amyr Klink)

AGRADECIMENTOS

Este trabalho consistiu em uma rica experiência profissional e pessoal de aprendizagem e construção coletiva e que somente se tornou possível graças à solidariedade, colaboração e disponibilidade de pessoas muito especiais, a quem dedico os meus sinceros agradecimentos:

Ao meu orientador e grande amigo prof. Felipe Loureiro, pelo estímulo, incentivo, caráter ético e muita paciência. Agradeço, antes de tudo, por ter me despertado o interesse para a área de Engenharia de Transporte, e pelos valiosos momentos de discussões, que contribuíram de forma essencial para o meu crescimento profissional e pessoal. O meu muito obrigado!

À Universidade Federal do Ceará (UFC), e a todos os professores do Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes (PETRAN), que tornaram possível a realização deste curso. Agradeço também aos funcionários do departamento, em especial à Ivone, pelo atendimento de qualidade;

Aos membros da banca examinadora, professores Sergio Demarchi e Maria Elisabeth, pelas importantes considerações e valiosas contribuições;

À Autarquia Municipal de Trânsito, Serviços Públicos e de Cidadania de Fortaleza (AMC), nas pessoas de Carlos Henrique Leandro e Régis Tavares, pela oportunidade e incentivo institucional de realização do curso e pelo apoio ao desenvolvimento desta pesquisa com a disponibilidade dos dados e da infra-estrutura, e nesse sentido, agradeço em especial, ao meu ex-chefe do CTAFOR, Carlos Henrique, pela confiança profissional e pessoal, fundamentais para iniciar e concluir esta pós-graduação;

Aos colegas da turma: Moraes, Expedito, Bernardo, Eduardo Praça, Inês, Frederico e os demais que passaram no decorrer do curso, pela agradável vivência e ambiente de pesquisa proporcionado;

A todos os colegas de trabalho e amigos do CTAFOR, com os quais tenho o privilégio de conviver diariamente e pela amizade de todos os dias, e em especial aos companheiros Miguel Ary e Paulo Marinho, pelo apoio e entusiasmo, os quais foram

muito importantes para elaboração do trabalho, e ao amigo Hamifrancy Meneses, pelo auxílio técnico na coleta de dados e principalmente, pela disposição constante em ajudar;

Agradeço também ao estagiário Tiago Cadena, pela disponibilidade e ajuda no início da coleta de dados, e a Rosina Lopes pelo auxílio na obtenção dos dados junto ao DETRAN;

Ao grande amigo/irmão Marcos Timbó, pelo apoio e estímulo, sempre com otimismo revigorante, principalmente nos momentos em que o fôlego ameaçava esgotar-se, e pelas sugestões e críticas valiosas para o encaminhamento do trabalho;

Aos meus amados pais, Roseli e Edmar, exemplos de vida, fontes de inspiração, pela dedicação, oportunidade e estímulo aos estudos. E aos meus queridos irmãos, Carlinhos e Sandrinha, pelo incentivo, e aos demais familiares e amigos, que me amam e me permitem amá-los;

À Sueli, pelo carinho, amor e amizade, fundamentais e verdadeiros e, sobretudo pela compreensão e companheirismo nos momentos difíceis, sem os quais seria difícil concluir este trabalho. Muito obrigado!

A todas as demais pessoas, não mencionadas, porém não esquecidas, que de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho. E a Deus por ter colocado todas estas pessoas generosas no meu caminho e ter me dado forças para perseverar.

Resumo da Dissertação submetida ao PETRAN/UFC como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências (M.Sc.) em Engenharia de Transportes

A NATUREZA DOS PADRÕES DE VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL
DO VOLUME VEICULAR EM AMBIENTE URBANO:
ESTUDO DE CASO EM FORTALEZA

Marcus Vinicius Teixeira de Oliveira

Dezembro / 2004

Orientador: Prof. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro

O dinamismo das atividades urbanas influencia diretamente a variabilidade temporal e espacial do fluxo de tráfego em sistemas viários urbanos, e o conhecimento desta variabilidade tem papel fundamental no controle efetivo do tráfego. Dessa forma, considerando que a natureza dos deslocamentos em ambientes urbanos constitui uma base conceitual essencial na engenharia de tráfego, e que o volume veicular nesse processo representa o carregamento viário, o conhecimento dos padrões de variação do volume de tráfego se apresenta como parte elementar no planejamento, projeto e operação da circulação viária. Nesse contexto, esta pesquisa de dissertação se propôs a avaliar as tendências de variação espaço-temporal do volume de tráfego veicular em uma amostra de vias arteriais urbanas da cidade de Fortaleza. Os dados de volume utilizados neste estudo de caso foram obtidos de uma rede de detectores indutivos de coleta contínua na área delimitada pelo controle centralizado de semáforos do CTAFOR (Controle de Tráfego em Área de Fortaleza). As análises conduzidas nesta pesquisa procuraram relacionar as variações do volume com os períodos horários de pico, dias da semana e meses do ano, assim como a função da via e suas características operacionais e espaciais, buscando identificar as suas relações de causa e efeito. Acredita-se que este trabalho de pesquisa contribui no esclarecimento sobre as tendências de evolução do fluxo de tráfego a longo e curto prazo, e na identificação de condições típicas. Para tanto, verificou-se o efeito de fatores temporais e espaciais na variabilidade do volume veicular da área de estudo, elemento básico para subsidiar ações operacionais e estratégicas, bem como a tomada de decisão na gestão do tráfego urbano.

Abstract of Thesis submitted to PETRAN/UFC as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.) in Transportation Engineering

THE NATURE OF THE SPATIO-TEMPORAL VARIATION PATTERNS
OF TRAFFIC VOLUME IN THE URBAN ENVIRONMENT:
CASE STUDY IN FORTALEZA

Marcus Vinicius Teixeira de Oliveira

December / 2004

Advisor: Prof. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro

The dynamic behavior of urban activities affects both temporal and spatial variability of traffic flow in urban road systems. Knowing this variability is essential to effectively control the urban traffic. In this sense, considering that the nature of the urban trips is an essential issue to traffic engineering, the knowledge of the traffic volume variation patterns is fundamental to the traffic planning, design, and operation. Therefore, this research intends to assess the spatial/temporal variation trends of traffic volumes in a sample of urban arterial streets in Fortaleza, Brazil. The traffic volume data used in this study were obtained from the loop detectors network of the centralized adaptive traffic signals of the Fortaleza's Urban Traffic Control Center (CTAFOR). The analyses conducted in this research tried to associate the variation of traffic volume with peak hour, days of the week, and months of the year, as well as with the road functional classification and its operational and spatial characteristics, seeking to identify cause-effect relationships. The author believes that this research contributes to the understanding of trends of the traffic volume in short and long terms, as well as to the identification of the typical conditions. Therefore, analyses were conducted to verify the effects of the temporal and spatial factors on the traffic volume, which is fundamental to support strategic and operational actions, as well as to help decision makers to better manage urban traffic.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO	1
1.1. APRESENTAÇÃO	1
1.2. PROBLEMA DE PESQUISA	2
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. Objetivo Geral	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO	4

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO DO VOLUME DE TRÁFEGO: VARIAÇÕES E IMPLICAÇÕES	6
2.1. APRESENTAÇÃO	6
2.2. A VARIÁVEL VOLUME DE TRÁFEGO	6
2.2.1. Conceito e Uso	6
2.2.2. Métodos de Coleta.....	8
2.2.3. Classificação e Formas de Representação do Volume Veicular	9
2.3. FORMAS DE VARIAÇÃO DO VOLUME DE TRÁFEGO	14
2.3.1. Variação Temporal.....	14
2.3.2. Variação Espacial.....	18
2.3.3. O Efeito Combinado da Relação Espaço-Tempo na Variação do Volume..	19
2.4. REVISÃO SOBRE O EFEITO DA VARIABILIDADE DO VOLUME NO COMPORTAMENTO E GERENCIAMENTO DO TRÁFEGO	20
2.4.1. Analisando a Variabilidade Temporal e Espacial do Fluxo de Tráfego	20
2.4.2. O Efeito da Variabilidade do Fluxo Veicular no Desempenho do Controle Semafórico	21
2.4.3. Medindo a Variabilidade do Tráfego: o Trabalho de TUROCHY.....	23
2.4.4. O Estudo de Caso de STATHOPOULOS e KARLAFTIS	24
2.4.5. A Pesquisa de LEVINSON e KUMAR sobre o Padrão de Deslocamento Urbano	25
2.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	26

CAPÍTULO 3

DADOS DE FLUXO DE TRÁFEGO EM SISTEMAS ITS: AQUISIÇÃO, PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO.....	27
3.1. APRESENTAÇÃO	27
3.2. SISTEMAS AVANÇADOS DE GERENCIAMENTO DO TRÁFEGO.....	27
3.2.1. O Sistema SCOOT	29
3.2.2. Alimentação do Modelo de Tráfego.....	30
3.2.3. O Sistema de Detecção do SCOOT.....	31
3.3. GERENCIAMENTO DE BASE DE DADOS DE TRÁFEGO.....	35
3.3.1. Base de Dados em Sistemas Centralizados de Controle Semafórico.....	35
3.3.2. Integração de Base de Dados de Tráfego	36
3.4. CONFIABILIDADE EM DADOS DE MONITORAÇÃO DO TRÁFEGO ...	39
3.5. CONTROLE DE QUALIDADE EM BASES DE DADOS DE TRÁFEGO....	41
3.5.1. Avaliação dos Dados Perdidos	42
3.5.2. Preenchimento de Valores Ausentes em Base de Dados de Fluxo	44
3.5.3. Identificação e Suavização de Valores Extremos	45
3.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA.....	48
4.1. APRESENTAÇÃO	48
4.2. CRITÉRIOS ADOTADOS NA SELEÇÃO E CONSOLIDAÇÃO DA BASE DE DADOS	48
4.2.1. Estruturação da Base de Dados de Fluxo	50
4.2.2. Procedimentos de Consolidação dos Dados.....	52
4.3. MÉTODOS ESTATÍSTICOS DE ANÁLISE DOS DADOS DE VOLUME... 54	
4.3.1. Considerações sobre a Avaliação Preliminar da Distribuição de Probabilidade do Volume	54
4.3.2. Princípios de Aplicação da Técnica ANOVA.....	56
4.4. ETAPAS METODOLÓGICAS DE ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS PADRÕES DE VARIAÇÃO DO VOLUME DE TRÁFEGO.....	57
4.4.1. Etapas de Análise das Variações Anuais.....	57
4.4.2. Etapas de Análise das Variações Mensais.....	60
4.4.3. Etapas de Análise das Variações Diárias	63
4.4.4. Etapas de Análise das Variações Horárias	65
4.4.5. Método de Avaliação Espaço-Temporal: Superfícies de Fluxo.....	66

CAPÍTULO 5

ESTUDO DE CASO: PADRÕES DE VARIAÇÃO DO VOLUME DE TRÁFEGO EM FORTALEZA	69
5.1. APRESENTAÇÃO	69
5.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	70
5.2.1. O Sistema Centralizado de Controle de Tráfego de Fortaleza.....	71
5.2.2. Delimitação e Configuração da Rede Viária em Estudo.....	73
5.2.3. Seleção da Amostra de <i>Links</i>	75
5.3. TRATAMENTO E PROCESSAMENTO DOS DADOS	77
5.4. DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA BASE DE DADOS DE VOLUME DO CTAFOR.....	78
5.5. IDENTIFICAÇÃO DOS PADRÕES TEMPORAIS E ESPACIAIS DE VARIAÇÃO DO VOLUME DA ÁREA DE ESTUDO.....	79
5.5.1. Variação Anual.....	80
5.5.2. Variação Mensal.....	83
5.5.3. Variação Diária	98
5.5.4. Variação Horária	107
5.6. AVALIAÇÃO EXPLORATÓRIA ESPAÇO-TEMPORAL DO FLUXO DE TRÁFEGO MÉDIO NAS VIAS DA ÁREA DE ESTUDO	109

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	112
6.1. CONCLUSÕES.....	112
6.2. RECOMENDAÇÕES.....	114
6.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	116

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
--	------------

ANEXO I

LISTAGEM DA SELEÇÃO AMOSTRAL DE <i>LINKS</i> DA REDE DE VIAS ARTERIAIS DA ÁREA DE ESTUDO	125
---	------------

ANEXO II

PERFIS DE VARIAÇÃO ESPACIAL DO VMD DA AMOSTRA DE VIAS ARTERIAIS POR SENTIDO PARA IDENTIFICAÇÃO DE SEGMENTOS HOMOGÊNEOS.....	129
--	------------

ANEXO III

PERFIS DE VARIAÇÃO MENSAL DO VMD DA AMOSTRA DE VIAS ARTERIAIS POR SENTIDO E TESTES DE SIGNIFICÂNCIA PARA IDENTIFICAÇÃO DE MESES TÍPICOS	136
--	------------

ANEXO IV

PERFIS DE VARIAÇÃO DO VMD ENTRE DIAS DA SEMANA DA AMOSTRA DE VIAS ARTERIAIS POR SENTIDO E TESTES DE SIGNIFICÂNCIA PARA IDENTIFICAÇÃO DE DIAS DE SEMANA TÍPICOS	164
---	------------

ANEXO V

SUPERFÍCIES ESPAÇO-TEMPORAL TÍPICAS DE FLUXO DE TRÁFEGO HORÁRIO DA AMOSTRA DE VIAS ARTERIAIS POR SENTIDO	192
---	------------

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1:	Taxas de variação anual do momento de tráfego diário em New York, EUA (SOTR, 1999).....	15
Figura 2.2:	Variação mensal típica do VMD urbano em estações de contagem permanente de Wisconsin, EUA (AUNET, 2000)	16
Figura 2.3:	Perfil típico de variação do VMD ao longo da semana na cidade de São Paulo (CET/SP).....	17
Figura 2.4:	Perfis horários de fluxo de tráfego de Kingston Bridge, Londres (FOX <i>et al.</i> , 1998)	18
Figura 3.1:	Arquitetura de alimentação do modelo de tráfego no sistema SCOOT..	30
Figura 3.2:	Posicionamento típico dos laços detectores no sistema SCOOT	31
Figura 3.3:	Disposição típica de um laço detector de indução sob o pavimento	32
Figura 4.1:	Atividades preliminares de estruturação e consolidação da base de dados de fluxo tráfego.....	49
Figura 4.2:	Exemplo de diagrama de controle <i>boxplot</i> para identificação de <i>outliers</i>	53
Figura 4.3:	Seqüência metodológica de análise dos padrões de variação do volume.....	57
Figura 4.4:	Fluxograma de atividades da etapa de análise da variação anual	58
Figura 4.5:	Fluxograma de atividade da etapa de análise da variação mensal	61
Figura 4.6:	Fluxograma de atividade da etapa de análise da variação diária.....	64
Figura 4.7:	Gráfico de superfície espaço-temporal do fluxo de tráfego médio em uma <i>freeway</i> de Orlando, Flórida. (RAKHA e VAN AERDE, 1995)	67
Figura 5.1:	Sistema viário principal de Fortaleza.....	70
Figura 5.2:	Área de cobertura operacional do sistema CTAFOR.....	72
Figura 5.3:	Fluxograma do processo de otimização semafórica do sistema SCOOT no CTAFOR.....	73
Figura 5.4:	Seleção dos segmentos viários que compõem o conjunto amostral de vias arteriais avaliadas.....	76
Figura 5.5:	Distribuição espaço-tempo de dias com falhas por <i>link</i> ao longo do corredor viário da avenida Rui Barbosa no ano de 2003.	78

Figura 5.6:	Distribuição do percentual de falhas na coleta dos dados de volume ao longo do ano de 2003 na amostra de vias selecionadas.	79
Figura 5.7:	Variação anual do momento de tráfego diário médio na área de estudo comparativamente à evolução da frota (mês de abril de cada ano).....	80
Figura 5.8	Distribuição espacial por <i>link</i> das taxas de variação anual do momento de tráfego (2002 a 2004)	82
Figura 5.9:	Distribuição mensal da evolução do momento de tráfego total do conjunto de vias que compõem a rede viária analisada.	84
Figura 5.10:	Perfis de variação mensal relativa do VMD por <i>link</i>	85
Figura 5.11:	Perfis de variação espacial do VMD de dias úteis e identificação de trechos espacialmente homogêneos	87
Figura 5.12:	Perfis de variação mensal absoluta do VMD (dias úteis de 2003) por sentido de via.....	88
Figura 5.13:	Perfis mensais relativos e nível de confiança da variabilidade do VMD de dias úteis do primeiro agrupamento.	94
Figura 5.14:	Perfis mensais relativos e nível de confiança da variabilidade do VMD de dias úteis do segundo agrupamento.....	94
Figura 5.15:	Perfis mensais relativos e nível de confiança da variabilidade do VMD de dias úteis do terceiro agrupamento.....	95
Figura 5.16:	Perfis mensais relativos e nível de confiança da variabilidade do VMD de dias úteis do quarto agrupamento.....	96
Figura 5.17:	Perfis mensais relativos e nível de confiança da variabilidade do VMD de dias úteis do quinto agrupamento.....	97
Figura 5.18:	Perfis mensais relativos e nível de confiança da variabilidade do VMD de dias úteis da avenida Historiador Raimundo Girão.....	97
Figura 5.19:	Distribuição diária do momento de tráfego total do conjunto amostral de vias ao longo da semana (ano de 2003).....	98
Figura 5.20:	Perfis de variação diária relativa do VMD por <i>link</i>	99
Figura 5.21:	Perfis de variação diária absoluta do VMD (meses típicos de 2003) da avenida Dom Luis por sentido	100
Figura 5.22:	Perfil diário relativo e nível de confiança da variabilidade do VMD de meses típicos da avenida Pontes Vieira	105
Figura 5.23:	Perfil diário relativo e nível de confiança da variabilidade do VMD de meses típicos em um sentido da avenida Dom Luis	106

Figura 5.24: Perfil diário relativo e nível de confiança da variabilidade do VMD de meses típicos em um sentido da avenida Heráclito Graça	106
Figura 5.25: Perfis típicos de variação horária	107
Figura 5.26: Distribuição horária do fluxo de tráfego médio por mês em uma seção da avenida Virgílio Távora em 2003.....	108
Figura 5.27: Distribuição horária do fluxo de tráfego médio por dia da semana em uma seção da avenida da Abolição em 2003.	109
Figura 5.28: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Av. Rui Barbosa	110
Figura 5.29: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Av. Heráclito Graça	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1:	Níveis de confiabilidade recomendados pela AASHTO por classificação funcional das vias	40
Tabela 3.2:	Causas típicas e características de dados perdidos na monitoração do tráfego em sistemas ITS	43
Tabela 5.1:	Listagem do conjunto amostral de vias selecionadas para o estudo de caso.....	74
Tabela 5.2:	Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida Dom Manuel – sentido norte-sul	89
Tabela 5.3:	Resultados dos testes de significância nos VMDs mensais para identificação de meses típicos - corredores norte-sul	90
Tabela 5.4:	Resultados dos testes de significância nos VMDs mensais para identificação de meses típicos - corredores leste-oeste.....	91
Tabela 5.5:	Resultados dos testes de significância nos VMDs de meses típicos para identificação de dias de semana típicos - corredores norte-sul.....	102
Tabela 5.6:	Resultados dos testes de significância nos VMDs de meses típicos para identificação de dias de semana típicos - corredores leste-oeste	103

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO

As grandes transformações nas condições urbanas de circulação são baseadas em técnicas de planejamento, projeto e operação de transporte e tráfego. O planejamento da circulação viária se destaca, portanto, como uma etapa relevante no processo de racionalização do espaço urbano e do sistema de transportes, principalmente em função dos graves problemas de mobilidade, acessibilidade e segurança viária verificados nos países em desenvolvimento, como o Brasil (VASCONCELOS, 2000).

Neste sentido, a natureza dos deslocamentos em ambientes urbanos representa uma base conceitual fundamental na engenharia de tráfego, principalmente no tocante ao comportamento desses deslocamentos, distribuídos ao longo de uma malha viária, influenciar diretamente a adoção de técnicas de intervenção urbana.

O volume de tráfego, nesse processo, representa a carga viária no sistema de transporte e a interação entre esse carregamento e a capacidade ofertada determina o desempenho operacional do sistema viário (MAY, 1990). Portanto, é essencialmente importante conhecer o comportamento do fluxo de tráfego e suas variações no tempo e no espaço. No tempo, a variação dos volumes de tráfego reflete a flutuação dos períodos ocupados pelas atividades produtivas e do uso do solo, assim como os conseqüentes desejos de viagem. No espaço, por sua vez, a variação do volume de tráfego ocorre, principalmente, em função da localização, tipo e funções da via, conforme sua posição, direção e sentido no sistema viário.

Dessa forma, conforme destaca MENESES (2003), a variabilidade temporal e espacial dos fluxos de tráfego em sistemas viários urbanos é influenciada diretamente pela dinâmica das atividades urbanas e, segundo STATHOPOULOS e KARLAFTIS (2001), o conhecimento desta variabilidade tem papel essencial no planejamento, projeto e controle efetivo do tráfego.

Neste contexto, este trabalho se destina a investigar o comportamento do volume de tráfego, analisando e caracterizando a variabilidade nos dados de fluxo de tráfego de uma rede amostral de vias arteriais urbanas, em um estudo de caso na cidade de Fortaleza, Ceará.

Para tanto, a pesquisa se propõe a avaliar os fatores de dependência temporal e espacial do fluxo de tráfego, examinando a existência dos efeitos de interação do mês do ano, do dia da semana e períodos de pico nas distribuições do volume veicular, além de adicionalmente, estabelecer procedimentos para se agrupar estes fatores em categorias, de forma a identificar a natureza dos padrões e tendências de variação do volume de tráfego nas condições típicas para a realidade local.

Os dados de volume de tráfego para o estudo de caso desta pesquisa foram obtidos de estações de coleta contínua de uma porção viária arterial da rede semaforizada de Fortaleza coberta por um sistema centralizado de tráfego urbano, denominado CTAFOR (Controle de Tráfego em Área de Fortaleza), abrangendo a principal região comercial e de serviços da cidade.

1.2. PROBLEMA DE PESQUISA

O controle efetivo do tráfego no espaço urbano requer, principalmente, um conhecimento contínuo e sistêmico do comportamento dos fluxos veiculares sobre o sistema viário, de modo a adequar o controle de tráfego à variação da demanda (INSIGNARES e TERRY, 1991). De fato, a ausência de um procedimento científico para identificar o comportamento do volume de tráfego urbano aplicável às condições locais, investigando o processo de variação do fluxo de tráfego, acarreta no desconhecimento do padrão de deslocamento veicular da cidade, elemento básico para subsidiar ações de planejamento e a tomada de decisão na gestão do tráfego.

Conforme destaca REIS (2001), a variação do volume veicular ao longo do tempo e do espaço, embora reconhecida, necessita de uma investigação mais detalhada, sobretudo no que diz respeito às características de sua distribuição, relacionando as suas flutuações temporais com os aspectos locacionais e operacionais dos diferentes tipos de

vias, assim como ao impacto em todos os níveis do planejamento urbano e de transportes.

Do mesmo modo, o estudo do caráter espaço-temporal da variabilidade do volume de tráfego em redes urbanas, apesar da sua grande importância na análise do sistema de transportes e na qualidade da organização racional do ambiente urbano, ainda carece de metodologia de análise, na medida em que a ocorrência de falhas em quantificar a distribuição desses volumes pode comprometer a precisão de diversas análises de impacto no sistema viário e resultar em projetos inapropriados ou desnecessários.

Dessa forma, o conhecimento do perfil do tráfego através da variação do volume é de fundamental importância tanto no plano estratégico, visando a um planejamento macro da circulação, quanto para o nível operacional, no qual o estudo microscópico dessa variação pode influenciar o desempenho de planos semaforicos e, como consequência, sua relação com a capacidade viária.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa consistiu no desenvolvimento de uma proposta metodológica para avaliar os fatores e padrões de variação espaço-temporal do volume de tráfego em uma malha viária urbana amostral monitorada por uma rede de detectores indutivos, procurando relacionar essas variações com os períodos de pico, dias da semana, meses do ano e aos aspectos espaciais, bem como sua relação com as características operacionais da via.

1.3.2. Objetivos Específicos

De modo a alcançar o objetivo geral, foram desenvolvidas algumas etapas ao longo do trabalho, apresentadas a seguir como objetivos específicos:

- a) Estruturação e consolidação da base de dados de volume de tráfego modelada pelo sistema SCOOT/ASTRID, eliminando os intervalos inconsistentes ou faltosos, de modo a possibilitar a identificação de perfis temporais de comportamentos típicos;
- b) Análise estatística exploratória e inferencial dos padrões de variação temporal e espacial do volume de tráfego na área do estudo de caso, de forma a possibilitar: a identificação de tendências de crescimento anual do tráfego, a análise dos perfis típicos de variação mensal do volume para diferentes vias, a investigação da variabilidade diária do volume veicular ao longo da semana e a avaliação espaço-temporal da distribuição horária do fluxo de tráfego do conjunto amostral de vias arteriais de Fortaleza.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos que incluem, além deste primeiro capítulo introdutório apresentando o tema, a motivação e os objetivos deste estudo, os demais assuntos apresentados a seguir.

O Capítulo 2 fornece uma revisão bibliográfica inicial que aborda uma discussão conceitual do estado da arte da variável volume de tráfego, apresentando suas formas de representação e variação. Adicionalmente, é conduzida uma revisão sobre os principais esforços de pesquisas voltadas ao estudo do comportamento do volume de tráfego urbano e suas implicações ao gerenciamento do tráfego.

Na seqüência, considerando o ambiente em que foram disponibilizados os dados desta pesquisa, ou seja, o sistema CTA de Fortaleza (CTAFOR), o Capítulo 3 complementa a revisão bibliográfica, no qual se faz uma contextualização sobre as tecnologias atuais de coleta, processamento e armazenamento do volume veicular obtido em sistemas avançados de gerenciamento do tráfego. Ademais, este capítulo também aborda uma revisão relevante ao tema desta pesquisa, referente aos conceitos e procedimentos destinados ao controle de qualidade e à consolidação de dados de tráfego armazenados em banco de dados.

O Capítulo 4, por sua vez, consiste na descrição das etapas metodológicas propostas neste estudo, apresentando os conceitos necessários à aplicação das atividades que compõem o roteiro metodológico de análise dos dados de volume de tráfego.

Já o Capítulo 5 contém a aplicação da metodologia de avaliação ao estudo de caso da amostra de vias arteriais de Fortaleza. Para tanto, são conduzidas análises exploratórias e inferenciais acerca do comportamento do volume de tráfego, na qual é possível discutir quanto às causas e efeitos associados aos perfis temporais típicos de variação.

O Capítulo 6 apresenta as principais conclusões obtidas do embasamento fornecido pela revisão bibliográfica e dos resultados encontrados com a análise dos dados. Por fim, a última seção sugere recomendações para pesquisas futuras que abordarem este tema.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO DO VOLUME DE TRÁFEGO: VARIAÇÕES E IMPLICAÇÕES

2.1. APRESENTAÇÃO

O presente capítulo se propõe a caracterizar a variável volume de tráfego, objeto dessa pesquisa de dissertação de mestrado, definindo a sua forma e natureza, bem como contextualizar o seu uso nas diferentes áreas da engenharia de transportes.

Inicialmente será feita uma breve descrição dos principais conceitos encontrados na literatura especializada sobre o volume de tráfego, seguida de uma discussão sobre os processos de coleta mais usuais da variável e como a literatura consagra as principais características e formas de representação e variação do volume veicular.

A segunda metade desta revisão enfoca os recentes estudos direcionados na tentativa de avaliar a variação do volume de tráfego nas mais diversas formas e ambientes. As principais conclusões dessas pesquisas são apresentadas e discutidas de modo a embasar o procedimento metodológico proposto em seguida.

2.2. A VARIÁVEL VOLUME DE TRÁFEGO

2.2.1. Conceito e Uso

O volume de tráfego é definido como o número de veículos que passa em uma seção da via, em uma determinada faixa ou direção, durante um intervalo específico de tempo (McSHANE e ROESS, 1990). É o mais básico de todos os parâmetros do tráfego, e o mais amplamente e freqüentemente usado como parte central de qualquer esforço na engenharia de tráfego.

Nesse sentido, MAY (1990) ressalta que, por ser uma variável usada para quantificar a demanda, as medições do volume de tráfego têm diversos usos no planejamento, projeto e operação do sistema viário.

No planejamento, as medidas de volume de tráfego são usadas principalmente como suporte à tomada de decisão em um nível tático-estratégico, destinando-se geralmente à classificação funcional das vias, na identificação de tendências do tráfego, na alimentação e calibração de simuladores e modelos de previsão de demanda, em estudos de origem-destino, na avaliação de políticas públicas, na previsão de impostos, no dimensionamento de recursos de gestão do tráfego, dentre outras atividades.

Nesse contexto, considerando a prática de que as avaliações econômicas de políticas de transportes são baseadas na projeção de volumes de tráfego providos por modelos de planejamento, é importante assegurar que esses modelos estejam devidamente calibrados e validados para as condições locais. Assim, não obstante aos demais critérios incorporados nas propostas de intervenção, como tempo de viagem, emissões de poluentes, custos operacionais, nessa finalidade os volumes de tráfego desempenham uma função crucial.

Na etapa de projeto, por sua vez, é desejável quantificar o volume de tráfego para propósitos de dimensionamento e manutenção de vias (WRIGHT *et al.*, 1997), capacidade e segurança viária (SPINDOLA e GRISALES, 1995), bem como no suporte a diretrizes de projetos de novos empreendimentos em função do seu impacto na circulação viária (BONNISON, 1987).

BONNISON (1987) ressalta também que a intensidade da relação entre o volume de tráfego e a acessibilidade é o elemento crítico nas medidas de impacto e mitigação das condições de tráfego, no qual a falha na mensuração desta combinação pode afetar a precisão das análises de impacto do tráfego nas condições de circulação e, como consequência, a qualidade dos projetos associados.

Por conseguinte, a análise operacional requer medidas de volume para o controle semafórico, análises de acidentes, nível de serviço atual, na avaliação de melhorias operacionais como faixas de prioridade, faixas reversíveis, restrições de fluxo, bem como na avaliação da qualidade do ar, além de auxílio a sistemas de informação ao usuário. Relativamente à análise operacional de acidentes, por exemplo, diversas

pesquisas foram conduzidas para investigar o efeito do volume de tráfego na taxa de ocorrência de acidentes (ZHOU e SISIOPIKU, 1997; HUGHES e COUNCIL, 1999). Os principais resultados revelam diferentes relações entre ocorrências observadas e volume de tráfego. HUGHES e COUNCIL (1999), por exemplo, pesquisaram sobre a hipótese investigada de que não seria o volume veicular, por si, que estaria associado a um aumento da probabilidade de colisões, mas a variabilidade do volume que parecia acompanhar o desenvolvimento de congestionamento e a ocorrência de acidentes.

2.2.2. Métodos de Coleta

Conforme destacam HOMBURGER *et al.* (1996), o volume de tráfego é uma das medidas mais usadas na engenharia de tráfego e, para tanto, variados métodos de coleta têm sido empregados na sua aquisição. Usualmente, dois métodos básicos são usados na contagem do tráfego, que são a observação manual e o registro mecânico ou automático (ROBERTSON e HUMMER, 1994).

Relativamente às vantagens comparativas de cada método de coleta, é possível destacar: a precisão, a cobertura e a abrangência temporal. Nesse sentido, não obstante aos aspectos de custo, MONTGOMERY *et al.* (1998) ressaltam que contagens manuais podem limitar-se tanto na duração da pesquisa quanto no volume que um indivíduo é capaz de registrar com precisão. Já os métodos automáticos, que apesar de estarem sujeitos a diversas fontes de imprecisão como falhas de equipamento e erros na transcrição ou transmissão dos dados, permitem uma maior cobertura de controle e abrangência na coleta contínua do volume de tráfego.

Os métodos automáticos para coletar contagens de tráfego variam amplamente, de contadores fixos mecânicos (ex. tubos pneumáticos), a contato elétrico, radar, vídeo imagem e dispositivos magnéticos (ERHUNMWUNSEE, 1991). Dentre esses, os laços de detecção por indução magnética têm sido intensamente usados na coleta e monitoração contínua das condições do tráfego, especialmente em ambientes urbanos, onde servem como subsídios aos sistemas avançados de controle do tráfego, discutidos no capítulo seguinte.

Contudo, devido os custos de implantação e manutenção de dispositivos automáticos de coleta serem ainda bastante restritivos, diversos estudos têm avançado

no sentido de desenvolver algoritmos de estimativas de fluxos de tráfego em seções de vias não monitoradas, a partir de dados de detectores distribuídos espaçadamente ao longo da malha viária (PERRIN e MARTIN, 1998; KIKUCHI *et al.*, 2000; IVAN *et al.*, 2002). As estimativas baseiam-se nos princípios de conservação do fluxo de tráfego em redes viárias.

No que se refere às formas de coleta amostral do volume de tráfego em grandes redes urbanas, ROBERTSON e HUMMER (1994) destacam as seguintes formas de contagem: de controle, de cobertura, de *cordon line* e de *screen line*. A contagem de controle refere-se à obtenção de dados de volume em uma abrangência amostral capaz de representar as características dos diferentes tipos de vias e suas variações diárias e sazonais. Já a contagem de cobertura destina-se geralmente na determinação das estimativas médias de volumes diários nos segmentos de vias direcionais da área de cobertura do estudo, sendo esses valores ajustados normalmente por fatores obtidos a partir das estações de controle.

Em relação às demais formas de medição do volume em áreas urbanas, ou seja, as contagens de *condon line* e *screen line*, HOMBURGER *et al.* (1996) relatam que a primeira é usada para medir a atividade de transporte gerada por uma determinada área (ex. centro comercial), a partir da coleta do volume nos pontos onde as vias cruzam uma fronteira de controle que envolve a área a ser avaliada. Além disso, são usadas geralmente para ajuste e expansão de matrizes origem-destino. Por outro lado, a coleta do volume em contagens de *screen line* é aplicada para a identificação de mudanças significativas na magnitude e direção do volume de tráfego devido a alterações de longo prazo no padrão de viagem e do uso do solo.

2.2.3. Classificação e Formas de Representação do Volume Veicular

Conforme destaca REIS (2001), o volume de tráfego pode ser classificado de diferentes formas, em virtude de suas características dependerem essencialmente das dimensões temporal e espacial, inerente ao sistema de atividades humanas e socioeconômicas em que a via encontra-se inserida.

Nesse contexto, os fatores que influenciam uma classificação básica do volume de tráfego são o tipo da via (urbana ou rural), a composição do tráfego, a sua variação

no tempo e no espaço, assim como o tipo de uso desta medida. Relativamente ao tipo da via, HOMBURGER *et al.* (1996) ressaltam que as características do volume em áreas rurais diferem essencialmente do volume urbano, onde estes são maiores e mais concentrados durante certas horas do dia.

Os autores ressaltam ainda que os estudos específicos de volume são aplicados para se obter a informação efetiva do movimento de veículos e/ou pessoas de pontos selecionados do sistema viário, e os dados resultantes de volume são expressos em relação a um período de tempo, que é determinado pela aplicação na qual a informação será usada.

Assim, REIS (2001) esclarece que a escala de variação temporal em uma análise de volume de tráfego é definida basicamente em função do tipo do estudo e do propósito a que os dados se destinam. Usualmente, as aplicações do volume de tráfego conduzem às seguintes formas principais de representação: Volume Horário, Taxa de Fluxo, Volume Médio Diário; apresentados e discutidos em seguida. Por fim, esta seção apresenta, adicionalmente, uma forma comumente empregada na representação da demanda do tráfego em redes viárias, descrita como Momento de Tráfego.

Volume Horário

É definido pela demanda veicular por unidade horária. Os volumes médios horários normalmente são usados para propósitos de projeto e análises operacionais, incluindo por exemplo a determinação do comprimento e magnitude dos períodos de pico, avaliação das deficiências de capacidade, indicação da necessidade de instalação de dispositivos de controle de tráfego, e no projeto geométrico de vias e interseções (HOMBURGER *et al.*, 1996).

Além disso, considerando que o volume de tráfego varia significativamente durante o curso das 24 horas do dia, o volume horário em que a demanda atinge o seu valor máximo, é referido como Volume da Hora de Pico (VHpico). Esta medida de VHpico assume uma maior relevância nas principais medidas de controle e capacidade, como por exemplo nas análises operacionais semaforicas e de nível de serviço, de modo que as facilidades projetadas atendam ao período de pico do tráfego.

No projeto viário, McSHANE e ROESS (1990) destacam que as medidas de volume horário do tráfego destinadas à finalidade de dimensionamento, tradicionalmente assumem a forma de Volume Horário de Projeto (VHP), e com muita frequência esta medida é estimada como uma proporção de um volume horário específico (geralmente representado pela trigésima hora de pico do ano) em relação ao volume médio diário anual (apresentado e discutido mais adiante nesta seção), combinada a uma proporção direcional desta demanda diária.

Contudo, os autores ressaltam que a escolha da enésima hora de pico para análises de projeto viário deve considerar a natureza da via, ou seja, o seu tipo e função (rural, recreacional, urbana). Segundo McSHANE e ROESS (1990), nas vias urbanas, o processo de determinação do volume horário de projeto em função de uma enésima hora de pico do ano não é crítico, tendo em vista que as diferenças dos níveis de volume de pico não são tão grandes como nas vias rurais, sendo geralmente especificada entre a décima e vigésima maior hora de pico do ano.

Taxa de Fluxo

A taxa de fluxo, ou simplesmente fluxo de tráfego horário, está relacionada às flutuações da demanda no decorrer do intervalo de uma hora, e representa a equivalência horária do volume observado por um período de tempo inferior a uma hora (geralmente de 15 minutos), e expressa por taxa de fluxo horária equivalente. Esta forma de medição da demanda veicular é de considerável interesse para as análises das condições operacionais de capacidades ofertadas com base no período de pico, nas quais seja necessário considerar a máxima taxa de fluxo do tráfego.

Normalmente, dentro do volume horário, as taxas podem variar consideravelmente. Assim, uma medida bastante útil nas análises envolvendo o fluxo de tráfego é a relação entre o volume horário de pico e a taxa de fluxo máxima da referida hora. Esta relação é representada pelo Fator da Hora de Pico (FHP), expresso pela relação 2.1.

$$FHP = \frac{VH_{pico}}{T_{MAX} \text{ (normalmente } 4 \times V_{15})} \quad (2.1)$$

em que,

FHP : Fator da hora de pico;

VH_{pico} : volume horário de pico;

T_{MAX} : taxa de fluxo máxima (veic./hora);

V_{15} : consiste no volume veicular máximo de 15 minutos dentre os intervalos da hora de pico.

Volume Médio Diário

O Volume Médio Diário (VMD) do tráfego corresponde à demanda veicular média sob o período de 24 horas de um intervalo específico de dias, representando portanto o carregamento diário médio de uma porção particular da via. Relativamente ao uso, o VMD é freqüentemente empregado como base para o planejamento de vias e observações gerais de tendências em longo prazo (McSHANE e ROESS, 1990).

Ademais, as projeções de volume de tráfego são normalmente baseadas em medidas de volumes diários. Para tanto, diferentes formas de representação do VMD, consolidadas na engenharia de tráfego, são largamente usadas para diversos fins, sendo as principais: o Volume Médio Diário Anual (VMDA), que representa a demanda diária veicular média para todos os dias do ano; o volume médio diário por mês do ano; e o volume médio diário de dias úteis, correspondendo à demanda diária média do tráfego somente para os dias de segunda a sexta-feira, em um período específico de tempo.

Relativamente ao VMDA, devido às limitações de tempo e recursos, assim como aos efeitos dos agentes externos a que os equipamentos de contagem contínua são afetados, esta medida média do tráfego tem sido obtida freqüentemente por estimativas baseadas em volumes de períodos inferiores a um ano, inclusive a partir da expansão de determinados volumes horários (ERHUNMWUNSEE, 1991; DAVIS, 1997). Essas estimativas fazem uso de fatores de expansão gerados a partir de uma base histórica de dados.

AUNET (2000) relata ainda que o VMDA representa provavelmente a estatística de dados de tráfego mais amplamente e freqüentemente usada. HOMBURGER *et al.* (1996) destacam importantes usos desta medida agregada do carregamento viário,

incluindo a monitoração do desempenho de pavimentos, localização de áreas onde novas facilidades são necessárias, avaliação de taxas de acidentes, dentre outros.

Assim, a prática de estimativa do VMDA a partir de contagens de curta e média duração tem sido um assunto de interesse relevante na literatura. Com este objetivo, diversas pesquisas abordaram diferentes técnicas – estatísticas e práticas – para gerar estimativas mais precisas do VMDA (RAMSEY, 1996; WRIGHT *et al.*, 1997; FHWA, 2001).

Neste propósito, uma técnica amplamente empregada, por exemplo, é a análise de agrupamento, que consiste em identificar agrupamentos naturais nos dados baseados na variação. Segundo AUNET (2000), essa técnica proporciona uma abordagem objetiva para definir grupos de fatores sazonais entre estações de contagem contínua do tráfego. A intenção básica da análise de agrupamento, para este fim, é identificar padrões de variação e fornecer um conhecimento e compreensão clara do processo, permitindo desenvolver critérios de agrupamento para expandir curtas contagens em estimativas de VMDA.

Momento de Tráfego

Usualmente, a demanda do tráfego em redes viárias é apresentada sob a forma de Quilômetros Percorridos por Veículos ou Momento de Tráfego (universalmente conhecida como *Vehicle-Miles Traveled* – VMT), sendo uma medida média diária gerada pelo somatório do produto do VMD pela distância percorrida de cada segmento da rede viária avaliada (McSHANE e ROESS, 1990).

Nesses termos, o momento de tráfego diário médio é considerado uma importante medida do potencial da mobilidade urbana, pois a sua dimensão incorpora tanto a quantidade de veículos em deslocamento quanto o comprimento das viagens, além disso, a sua variação em longo prazo representa um indicador eficiente na descrição das tendências de deslocamento veicular no sistema viário.

Por fim, no que se refere ao uso destas formas de representação do carregamento viário veicular, O'NEILL e KLANCHER (1997) ressaltam que contagens volumétricas para propósitos de monitoração de desempenho das condições do tráfego podem variar de médias anuais a períodos de pico. Assim, as diversas formas de representação do

volume de tráfego apresentadas mostram-se bastante úteis na caracterização do carregamento viário para diferentes finalidades, sendo conceitos importantes para entender e aplicar.

Contudo, conforme ressalta REIS (2001), a característica mais marcante do fluxo de tráfego é a sua variação generalizada. Ele varia dentro da hora, ao longo do dia, da semana, do ano, além de apresentar variações espaciais como, por exemplo, a direção, o sentido ou segundo a faixa de tráfego. Nesse sentido, a seção 2.3 a seguir, aborda as principais formas de variação desta variável, foco central desta pesquisa.

2.3. FORMAS DE VARIAÇÃO DO VOLUME DE TRÁFEGO

O volume de tráfego ao longo de uma seção de via está sujeito a muitas fontes de variação (FOX *et al.*, 1998). Tal variação pode ser devido a efeitos conhecidos e predeterminados tais como o período do dia, o dia da semana, feriados ou segundo as características geométricas e funcionais da via. Um segundo conjunto de fontes de variação do volume são não predeterminadas, mas as causas são conhecidas, como por exemplo as condições de tempo ou a ocorrência de incidentes em vias próximas.

Nesse contexto, são apresentados e discutidos nesta seção os principais aspectos das diferentes formas de variação do volume de tráfego no tempo e espaço, tema central deste estudo, destacando especialmente as suas características no ambiente urbano, de modo a auxiliar a compreensão das discussões e do contexto em que se insere essa pesquisa de dissertação, bem como das análises propostas nos capítulos subjacentes.

2.3.1. Variação Temporal

Segundo RIBEIRO (1991), a existência da variabilidade no fluxo de tráfego ao longo do tempo é amplamente reconhecida na literatura. No tempo, o volume de tráfego pode variar de diversas formas, desde a variação horária, passando pela variação ao longo da semana, até a variação no decorrer dos meses e anos. Além disso, conforme destaca MAY (1990), é importante entender esses padrões de variação temporal do

volume de forma a possibilitar a estimativa do fluxo de tráfego em determinados períodos do tempo baseado no conhecimento e expansão do fluxo em outros períodos.

A seguir, são dispostas as principais características das diferentes formas de variação temporal do volume de tráfego, bem como os principais fatores que influenciam o seu comportamento.

Variação Anual

Como um reflexo essencialmente das mudanças econômicas e sociais, o volume de tráfego apresenta normalmente variações anuais. Este efeito faz do conhecimento desta tendência de variação em longo prazo, uma importante informação estratégica para os analistas na alimentação de modelos de projeção da demanda, bem como para os gestores públicos no tocante à previsão da alocação de recursos em infra-estrutura.

Usualmente, esta variação é apresentada sob a forma de Momento de Tráfego, com a sua variação em longo prazo representando um indicador eficiente na descrição da tendência de deslocamento veicular no sistema viário. A título de ilustração, a Figura 2.1 apresenta a variação anual do momento de tráfego em uma área urbana nos Estados Unidos.



Figura 2.1: Taxas de variação anual do momento de tráfego diário em New York, EUA (SOTR, 1999)

Variação Mensal

Como é de conhecimento, os meses do ano não apresentam volumes médios diários de tráfego semelhantes, principalmente no meio urbano. As variações mensais ou sazonais do tráfego são fundamentalmente função do tipo de rota (residencial, comercial, recreacional, etc) e da natureza das atividades presentes nas áreas do entorno (McSHANE e ROESS, 1990).

Além disso, AUNET (2000) afirma que os deslocamentos urbanos, devido à forte componente pendular das viagens diárias, apresentam pequena variação sazonal. Entretanto, é possível verificar em diversas vias, um declínio do tráfego durante os primeiros e últimos meses do ano, conforme ilustrado na Figura 2.2, reconhecidamente devido ao efeito sazonal e das férias escolares.

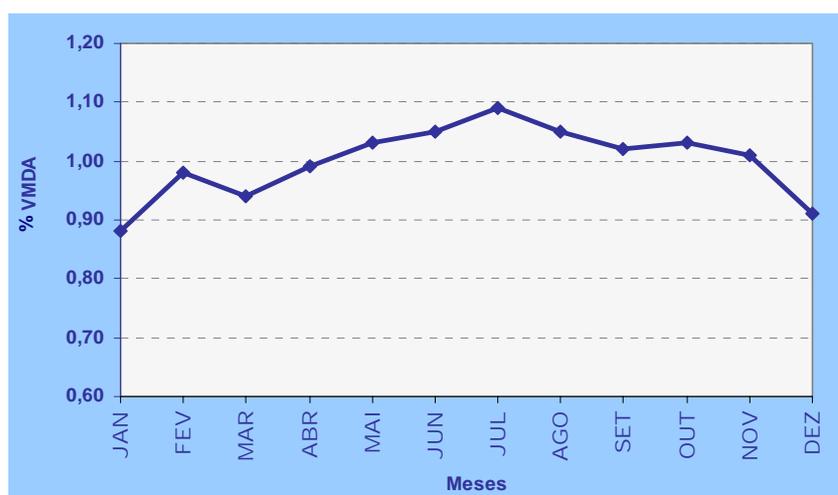


Figura 2.2: Variação mensal típica do VMD urbano em estações de contagem permanente de Wisconsin, EUA (AUNET, 2000)

Variação Diária (ao longo da semana)

O volume de tráfego apresenta diferentes níveis de variações entre os dias da semana. Embora essa característica varie geograficamente, o volume diário entre os dias úteis apresenta pequenas variações, sendo a sexta-feira ligeiramente superior, principalmente nas áreas urbanas.

Além disso, nos dias de final de semana verifica-se geralmente um padrão urbano de volume diário de tráfego menor, devido essencialmente ao efeito das características do sistema urbano de atividades socioeconômicas. A Figura 2.3 ilustra um perfil típico de variação do volume de tráfego ao longo dos dias da semana em uma via urbana.

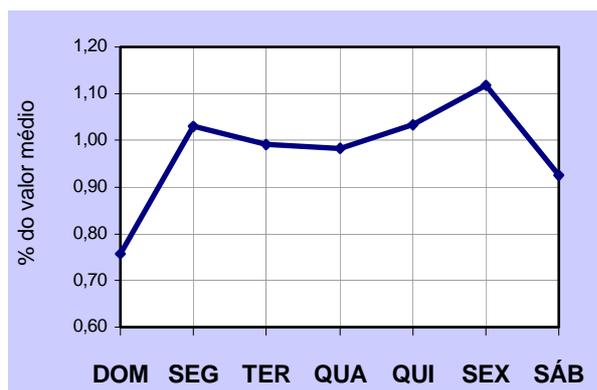


Figura 2.3: Perfil típico de variação do VMD ao longo da semana na cidade de São Paulo (CET/SP)

Variação Horária

É a variação mais importante para o analista de tráfego, pois reflete diretamente as variações dos sistemas de atividade humanas (CET, 1982). Há muitos fatores que afetam as distribuições horárias do volume de tráfego. Em geral, parte destes fatores inclui as características geométricas e operacionais das vias, e os padrões de uso do solo associado com a rede viária. Qualquer mudança nestes fatores, com o passar do tempo, pode afetar as distribuições horárias do fluxo veicular. O outro conjunto principal de fatores é de natureza temporal, incluindo o dia da semana, o mês e, segundo IVAN *et al.* (2002), os seus efeitos nas distribuições horárias são distintamente cíclicos.

A Figura 2.4 ilustra distribuições horárias típicas de fluxo de tráfego urbano por dia de semana, na qual observam-se diferentes comportamentos em horários específicos relacionados às características peculiares dos dias da semana.

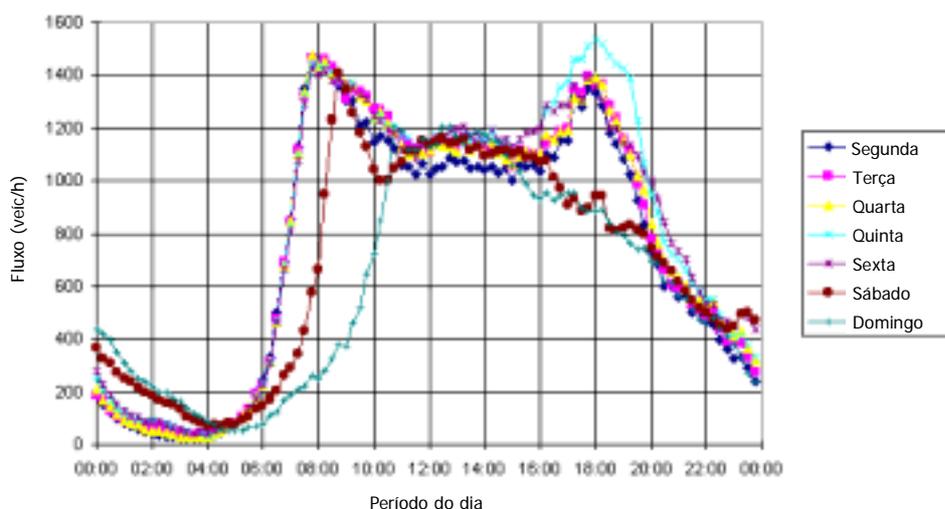


Figura 2.4: Perfis horários de fluxo de tráfego de Kingston Bridge, Londres (FOX *et al.*, 1998)

2.3.2. Variação Espacial

A distribuição espacial dos volumes de tráfego na rede viária depende, sobretudo, das diferentes funções das vias e das características das regiões a que atende. Neste sentido, conforme destacam BRYDIA *et al.* (1998), a dimensão espacial do volume de tráfego urbano desempenha papel fundamental no entendimento sistêmico dos deslocamentos e condições de circulação viária.

Uma forma marcante de variação espacial do volume de tráfego é o padrão direcional ao longo de rotas específicas (MAY, 1990). Ou seja, o fluxo pode ser predominante em um sentido no pico da manhã, e no sentido inverso durante o pico da tarde, evidenciando a relação espaço-tempo do volume de tráfego discutida a seguir. Esta característica também é corroborada por WRIGHT *et al.* (1997), que ressaltam em sua pesquisa que o volume de tráfego difere significativamente por direção e sentido nas principais vias dos EUA e, portanto, a monitoração do tráfego necessita ser conduzida em ambos os sentidos de direção.

Nesse contexto, convém destacar adicionalmente outros dos diferentes aspectos espaciais de variações do volume de tráfego, como as proporções de movimentos de conversão e a distribuição do volume entre as faixas de tráfego da via.

2.3.3. O Efeito Combinado da Relação Espaço-Tempo na Variação do Volume

Um outro tipo de variação espacial do volume de tráfego é a causada pela localização e posicionamento das vias no sistema viário urbano. Este conceito é ampliado para vigorar a noção discutida de que os padrões temporais básicos do volume de tráfego são afetados geograficamente.

Conforme relata SPINDOLA e GRISALES (1995), as distribuições espaciais dos volumes de tráfego geralmente resultam do desejo de efetuar viagens entre determinadas origens e destinos, atendendo a uma série de oportunidades oferecidas pelo meio ambiente circundante. Já as distribuições temporais são o produto dos estilos e formas de vida, seguindo determinados padrões de viagem baseadas no tempo.

De fato, considerando a relação da dimensão espaço-temporal no volume de tráfego, fica evidente a influência de diversos atributos operacionais (como o tipo e função da via) e espaciais (a direção e o sentido) nos padrões temporais de distribuição do tráfego. Esses fatores, principalmente no meio urbano, têm uma forte influência no perfil de flutuação do tráfego, tanto ao longo do tempo (distribuição horária, diária, mensal), quanto espacialmente (ao longo das seções que compõem a via), tendo em vista as características do uso do solo e das condições de reticularidade da malha viária.

Nesse sentido, é importante conhecer a magnitude desta relação espaço-temporal do volume de tráfego, de modo a possibilitar a identificação de porções geográficas do sistema viário com comportamentos específicos do tráfego, ou seja, trechos de vias que necessitam de tratamento diferenciado das demais seções que compõem um determinado eixo viário, seja por medidas operacionais, como o controle semaforico e de circulação, ou redimensionamento da capacidade da infra-estrutura ofertada.

Discutidos estes aspectos conceituais, a seção a seguir aborda uma revisão das principais pesquisas destinadas a caracterizar a variabilidade do volume de tráfego urbano para diversos propósitos, incluindo o planejamento viário, o desempenho semaforico, a alimentação e calibração de simuladores e modelos de previsão de demanda, além da avaliação de sistemas avançados de controle de tráfego.

2.4. REVISÃO SOBRE O EFEITO DA VARIABILIDADE DO VOLUME NO COMPORTAMENTO E GERENCIAMENTO DO TRÁFEGO

Diversos estudos foram feitos para investigar a flutuação do tráfego em vários períodos e formas, de modo a entender o padrão de fluxo temporal e espacial, e avaliar os seus efeitos na circulação e gestão do tráfego. No entanto, conforme ressalta STATHOPOULOS e KARLAFTIS (2001), a maioria dos estudos feitos para examinar variações temporais e espaciais no fluxo de tráfego concentraram-se em rodovias, enquanto as áreas urbanas, onde as estratégias de gestão dinâmica do tráfego podem ter os benefícios mais efetivos, foram em grande parte ignoradas.

Nesse sentido, a revisão bibliográfica desta seção foi conduzida com o foco no ambiente urbano, e dentre os principais trabalhos sobre este tema na literatura, destacam-se os citados a seguir.

2.4.1. Analisando a Variabilidade Temporal e Espacial do Fluxo de Tráfego

Esforços no sentido de estudar e caracterizar a variabilidade nos dados de tráfego, em segmentos de vias monitoradas continuamente, foram empreendidos por WRIGHT *et al.* (1997). Neste trabalho foram analisadas variações em curto e médio prazo em 21 locais de diversos tipos de vias no estado da Flórida, EUA. Nas vias arteriais, os principais resultados significativos apresentaram diversas fontes de variação temporal nos dados de fluxo de tráfego.

Inicialmente, os resultados do trabalho de WRIGHT *et al.* (1997) confirmaram que os finais de semana e feriados contribuem substancialmente à variabilidade observada nos dados de volume de tráfego. Além disso, avaliando as variações sazonais no volume de tráfego com contadores permanentes, os autores identificaram os meses de inverno como uma fonte significativa de variação em todos tipos de vias avaliadas.

Da mesma forma, avaliando a regularidade dos padrões de fluxo de tráfego nos dias úteis da semana, McSHANE e CROWLEY (1976) investigaram a variação sistemática do perfil diário do fluxo de tráfego e o período no qual foram alcançados certos níveis de fluxo. Os autores relatam que níveis específicos de fluxo são alcançados aproximadamente no mesmo período do dia. Além disso, com dados coletados em vias

arteriais, descobriram também que a variação do fluxo nos dias úteis da semana é basicamente sistemática.

Como é de conhecimento, os modelos de simulação de tráfego precisam ser calibrados para as condições de tráfego atuais e prevalecentes. Para este fim, SHBAKLO *et al.* (1993) examinaram variações diárias em dados de fluxo de tráfego. Neste estudo, os autores pesquisaram o efeito do *link*, período do dia, dia da semana e da estação nas medidas de fluxo e ocupação para *links* de vias arteriais e rodovias. Os autores investigaram a variabilidade dentro de dias de semana, a variação espacial e o efeito de incidentes nas condições típicas de tráfego. Além disso, a variabilidade temporal e espacial no fluxo de tráfego também foi avaliada pelos autores, na tentativa de identificar condições típicas de tráfego por dia de semana.

Com dados de detectores agregados em intervalos de 5 minutos de 72 dias típicos, SHBAKLO *et al.* (1993) conduziram testes estatísticos de análise de variância nos dados de fluxo de uma *freeway* em Chicago, EUA, e encontraram que a estação do ano não é significativamente determinante nas medidas de fluxo e ocupação, enquanto que o dia da semana e o período do dia são fatores que influenciaram diretamente no fluxo de tráfego analisado.

Por conseguinte, pesquisando sobre o efeito de fatores temporais (hora do dia, dia da semana e mês) nas proporções horárias do volume de tráfego, o estudo de IVAN *et al.* (1999) resultou em modelos de predição de proporções horárias de volume a serem aplicados em estimativas anuais do tráfego (VMDA). Com o uso de técnicas estatísticas de análise de variância fatorial, IVAN *et al.* (1999) geraram modelos de proporções horárias destinados a fornecer estimativas de volumes horários de tráfego a partir de VMDA advindos de modelos de planejamento e alocação da previsão de demanda. Este método foi proposto como uma alternativa útil e prática comparada aos custos da monitoração contínua de todos os segmentos de uma rede viária.

2.4.2. O Efeito da Variabilidade do Fluxo Veicular no Desempenho do Controle Semafórico

Indiferentemente à evidência da existência de tais variações ao longo de dias da semana e meses, RIBEIRO (1991) ressalta que praticamente nenhuma atenção especial

é dada à flutuação imprevista, ou variabilidade, do fluxo de tráfego pelas fórmulas ou simuladores computacionais que desenvolvem os cálculos dos ajustes semafóricos no controle de interseções operando sob estratégias de tempo-fixo.

Em seu trabalho, RIBEIRO (1991) destaca ainda que, normalmente, a variação de tráfego entre dias também não é considerada na geração de planos semafóricos, e as conseqüências desta prática correspondem a uma sub-avaliação dos atrasos e números de paradas veiculares modelados nos simuladores de tráfego, resultando na redução da qualidade dos planos semafóricos gerados. O autor ressalta ainda que, com o reconhecimento e tratamento adequado da variação do fluxo de tráfego ao longo do dia e da semana, é possível alcançar muitos dos benefícios oferecidos por controles de tráfego responsivos, usando a estratégia semafórica de tempo fixo com planos gerados a partir de observações da flutuação diária do fluxo. Os resultados do estudo de RIBEIRO (1991) apresentaram um desempenho significativamente melhor dos planos semafóricos de tempo-fixo, quando comparados aos planos que adotam valores médios semanais do fluxo de tráfego.

No mesmo propósito, REIS (2001) estudou a influência do efeito da variação do volume de tráfego sobre o desempenho de planos semafóricos, destacando a importância do conhecimento da forma de variação dos volumes, em médio e longo prazo, na definição da regularidade de atualização dos planos semafóricos, de modo a evitar um fenômeno conhecido por *ageing process* (processo de envelhecimento dos planos).

Destaca-se também o trabalho desenvolvido por FOX e CLARK (1998) que investigaram a variação do fluxo de tráfego conforme o período do dia, o dia da semana e a sazonalidade. O propósito do estudo foi avaliar os benefícios de um sistema avançado de controle semafórico em tempo real. O método foi baseado na simulação e avaliação do desempenho do sistema sob diferentes níveis de variabilidade do fluxo de tráfego. Por fim, FOX e CLARK (1998) concluem por recomendar a inclusão da variabilidade do fluxo de tráfego nas avaliações de sistemas responsivos de controle de tráfego urbano.

Ainda em relação ao controle semafórico do tráfego urbano, GOODMAN e STOUT (1972) afirmam que a identificação de similaridades ou diferenças espaciais e

temporais do fluxo de tráfego urbano serve de base para a definição de sub-áreas para controle semaforico. Segundo o autor, uma sub-área de controle de tráfego é definida como uma porção geográfica de um sistema semaforico com características de tráfego distintas de outras áreas e que requer padrões de tempo uniformes. Em seu trabalho, GOODMAN e STOUT (1972) destacam que as sub-áreas semaforicas podem ser usualmente delimitadas por três critérios: a geometria da via e sua inter-relação física, as variações temporais na magnitude e direção do fluxo de tráfego e a distribuição espacial do fluxo nos padrões de origem-destino do tráfego por período do dia.

2.4.3. Medindo a Variabilidade do Tráfego: o Trabalho de TUROCHY

A previsibilidade das condições dos deslocamentos tem uma grande importância para os gestores e usuários do sistema, tendo em vista que um alto grau de variabilidade indica uma viagem imprevisível no tocante ao controle e a informação ao usuário. TUROCHY (2001) ressalta, nesse contexto, que o conhecimento histórico das condições anormais do tráfego por período (tempo) e localização (espaço), é um grande recurso na operação de sistemas de gerenciamento de tráfego e na avaliação do desempenho de um sistema de transporte. Com esse propósito, TUROCHY (2001) desenvolveu uma nova medida que quantifica efetivamente a previsibilidade das condições do tráfego, denominada de Índice de Variabilidade (IV). Este método de medição da variabilidade do tráfego é baseado em técnicas de mineração de dados aplicadas em banco de dados de ocupação e volume de tráfego.

Conceitualmente, o autor esclarece que a mineração de dados é o termo usado para descrever técnicas e ferramentas computacionais que suportam a extração de informação útil de grandes volumes de dados. Esta técnica foi concebida usando métodos desenvolvidos em análises estatísticas, modelagem e pesquisa operacional.

Segundo TUROCHY (2001), o IV desenvolvido em sua pesquisa é medido pelo tamanho (volume espacial) das regiões de confiança definidas por um processo estatístico de controle de qualidade multivariada, aplicado em grandes conjuntos de dados de tráfego. De forma simplificada, o autor relata que os dados armazenados são “minerados” para medir o nível de variabilidade submetida às condições do tráfego no passado. Como aplicação do método proposto, o estudo descreve o processo de como a

medida IV foi capaz de identificar claramente períodos do dia e dias da semana que experimentaram relativamente altos graus de variabilidade nas condições do tráfego das vias arteriais e *freeways* de Hampton, Virginia.

2.4.4. O Estudo de Caso de STATHOPOULOS e KARLAFTIS

Cabe destaque à pesquisa de STATHOPOULOS e KARLAFTIS (2001), que se destinou à análise das variações temporais e espaciais no tráfego, usando dados de fluxo e ocupação média de veículos em tempo-real, a partir de 140 laços detectores ao redor da área urbana de Atenas, Grécia.

Neste trabalho, um estudo estatístico da variabilidade espacial e temporal do fluxo de tráfego revelou características peculiares sobre os deslocamentos na área urbana da cidade. Os dados de fluxo foram agregados em períodos de 15 minutos, relativos a todos os dias da semana durante os anos de 1997 a 1999, sendo excluídos os dias atípicos (feriados, eventos públicos, períodos com obras e desvios viários). Avaliando inicialmente os perfis temporais de distribuição do fluxo de tráfego de Atenas, os resultados do trabalho de STATHOPOULOS e KARLAFTIS (2001) comprovaram que os fluxos de tráfego variam substancialmente por período do dia. A pesquisa indica ainda que os fluxos de tráfego para dias úteis da semana não apresentam variações significativas, variando contudo em relação aos fins de semana. Além disso, em relação ao perfil mensal do volume de tráfego, os autores também indicaram que a cidade apresenta baixa sazonalidade, tendo os meses de verão como atípicos devido ao período de férias local. Quanto à variabilidade anual, os fluxos diários médios na malha urbana de Atenas exibem variação significativa ao longo dos anos pesquisados.

No que se refere à variação espacial, as pesquisas de STATHOPOULOS e KARLAFTIS (2001) indicaram a existência de um padrão direcional de variação espacial em relação ao centro da cidade. Os dados demonstraram que o volume de tráfego durante o período da manhã é maior no sentido da periferia ao centro da cidade, tornando-se mais significativo no sentido contrário durante o pico da tarde. Contudo, os autores relataram que, no centro da cidade de Atenas, o tráfego não apresenta variação direcional.

De acordo com STATHOPOULOS e KARLAFTIS (2001), o estudo da variabilidade espacial e temporal do tráfego urbano é importante para determinar o poder de previsibilidade sobre o tráfego da área em estudo. De fato, se o tráfego urbano é passivo de previsão, logo os dados coletados em tempo real podem alimentar de modo eficaz e confiável os simuladores de tráfego.

Por fim, os autores afirmam que tais informações sobre o comportamento típico do tráfego urbano permitem benefícios imediatos aos usuários no tocante à escolha de rotas de viagem, na definição de estratégias de flexibilidade nos horários de deslocamento, bem como aos gestores na alocação de recursos fora do centro da cidade.

2.4.5. A Pesquisa de LEVINSON e KUMAR sobre o Padrão de Deslocamento Urbano

Pesquisando sobre o padrão de deslocamento do tráfego urbano, LEVINSON e KUMAR (1994) analisaram as evidências operacionais de mudança desses padrões na cidade de Montgomery, em Maryland, EUA. Com dados de contagens volumétricas coletadas entre 1976 e 1985, e fazendo uso de análises direcionais, avaliações em períodos específicos de tempo e comparações das medidas de pico do volume, o estudo concluiu sobre as tendências de crescimento do volume de tráfego, a expansão do pico, e a inversão temporal do padrão de deslocamento pendular das viagens.

Nesta pesquisa, as análises iniciais indicaram um aumento mais acentuado nas viagens laterais (periferia-periferia) comparadas às viagens radiais (periferia-centro) e radiais reversas (centro-periferia), sendo que em algumas vias afastadas do centro da cidade foram encontrados volumes que aumentaram mais rapidamente que a população. As causas associadas a esses fenômenos, segundo LEVINSON e KUMAR (1994), estão relacionadas ao próprio motivo das viagens e ao processo específico de expansão urbana. Os autores identificaram ainda diferentes aspectos de mudança operacional na distribuição horária do tráfego nos dados amostrais deste estudo de caso. Foi verificado inicialmente um aumento significativo nos volumes veiculares no pico da tarde em relação ao pico da manhã, no período de análise da pesquisa, sendo então identificado que os períodos de pico analisados estão se espraiando com o passar do tempo.

Por fim, LEVINSON e KUMAR (1994) ressaltam a importância da confirmação destas hipóteses sobre os padrões de deslocamento urbano usando contagens de tráfego, destacando que as evidências alertam para a oportunidade de monitorar atenciosamente estas tendências anuais, de modo a auxiliar e direcionar a alocação de recursos, aliviando gargalos viários específicos.

2.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta revisão bibliográfica inicial, este capítulo destinou-se à caracterização geral da variável volume de tráfego na perspectiva de apresentar os principais conceitos necessários ao entendimento do problema em questão. Assim, foi conduzida inicialmente uma discussão sobre os principais métodos de coleta do volume e o seu uso nos diversos campos de atuação dos transportes.

Em seguida, abordou-se também as principais formas de representação e variação desta medida na literatura, considerada a mais elementar e usual da engenharia de tráfego. Contudo, a despeito de sua conceituação simples, a caracterização do volume veicular revela a sua grande importância na engenharia de tráfego e o seu papel essencial no planejamento, projeto e operação do sistema de transportes. Nesse contexto, vale destacar duas formas de representação do carregamento do tráfego particularmente relevantes a essa pesquisa: referente ao VMD, por ser a medida mais usual em todos os estudos de volume de tráfego; e ao momento de tráfego, por ser uma medida que permite mensurar o potencial de deslocamento de uma rede viária.

No que se refere à revisão dos estudos destinados a avaliação do comportamento do volume de tráfego, a diversidade dos resultados indica a necessidade da avaliação para cada realidade, tendo em vista as especificidades e características comportamentais e geográficas inerentes a cada ambiente.

Por fim, considerando a cobertura do tema pela literatura, verifica-se ainda a carência de esforços voltados em pesquisa focada no ambiente urbano, onde as evidências sugerem que os benefícios operacionais alcançados a partir do conhecimento dos padrões de deslocamento sejam mais efetivos.

CAPÍTULO 3

DADOS DE FLUXO DE TRÁFEGO EM SISTEMAS ITS: AQUISIÇÃO, PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO

3.1. APRESENTAÇÃO

Conforme pode ser avaliado pelo capítulo anterior, o assunto sobre variabilidade nos padrões temporais e espaciais dos dados de fluxo de tráfego tem atraído um interesse significativo da comunidade técnico-científica. Um das causas deste fenômeno é o crescente desenvolvimento e penetração no mercado de gerenciamento de tráfego dos sistemas com tecnologia *Intelligent Transportation Systems* (ITS), destacando-se atualmente dentre as suas funções primárias, a supervisão da coleta, processamento e armazenamento de dados de tráfego a partir de detectores automáticos.

Considerando que as análises propostas nesta pesquisa fazem uso de uma base de dados gerada de uma telemetria do tráfego que compõe a operação do sistema de controle semafórico SCOOT, implantado no centro de controle de tráfego de Fortaleza, o presente capítulo faz, portanto, uma breve discussão dos sistemas avançados de controle de tráfego, com destaque às características do sistema de detecção do SCOOT.

Adicionalmente, pela relevância ao tema deste estudo, são apresentados os aspectos condicionantes relacionados à estrutura e gerenciamento de bases de dados de tráfego em sistemas ITS. Por fim, é discutida uma função crucial do efetivo monitoramento das condições de tráfego, a qual envolve os procedimentos e técnicas relativas à confiabilidade e qualidade dos dados coletados automaticamente.

3.2. SISTEMAS AVANÇADOS DE GERENCIAMENTO DO TRÁFEGO

Há uma necessidade crescente pela melhoria da eficiência do tráfego urbano para assegurar a sustentabilidade das grandes cidades. Nesse sentido, é reconhecido atualmente que este objetivo não só requer a melhoria do gerenciamento em centros de

controle de tráfego, mas também o monitoramento contínuo das condições e padrões de deslocamento, bem como a provisão de serviços de informação para os usuários do sistema viário.

Nesse contexto, como alternativa para o aumento da eficiência dos sistemas de transportes, uma solução atual amplamente empregada nas grandes cidades é o uso de tecnologias de informação através dos sistemas ITS (*Intelligent Transportation Systems*). Segundo CHEN *et al.* (2002), os sistemas ITS têm sido identificados como um recurso eficaz para minimizar os problemas de mobilidade urbana, agregando os avanços nas áreas de telecomunicações, sistemas de informação, automação, informática e eletrônica. Além disso, o advento dos sistemas ITS proporcionou um impacto considerável na capacidade de monitorar o tráfego através da tecnologia de sensores, viabilizando a coleta sistemática e contínua de grande volume de dados de tráfego.

A coleta, o processamento e a transmissão de dados de tráfego são o cerne de aplicações de sistemas ITS. Dentre essas aplicações, cabe destacar os sistemas ATMS (*Advanced Traffic Management Systems*), que consistem em uma ferramenta útil aplicada ao gerenciamento do tráfego urbano. Contudo, LOGI *et al.* (2002) afirmam que a efetividade dos sistemas ATMS está condicionada a sua capacidade de avaliar consistentemente as condições de tráfego da rede viária. Assim, para realizar suas atividades, os sistemas ATMS usam três elementos básicos: aquisição, processamento e disseminação de dados de tráfego (TANIGUCHI *et al.*, 2001).

A aquisição de dados é feita por equipamentos de detecção e monitoramento do tráfego instalados em campo. Os dados coletados são enviados às centrais de controle usando redes de transmissão de dados. O processamento, por sua vez, utiliza sistemas de aplicação específicos para compilar os dados, que são convertidos em informações e disseminados à gestão dos sistemas (MENEZES, 2003).

O avanço da tecnologia da informação tem permitido uma rápida e flexível comunicação de dados. Como consequência, os dados de tráfego coletados automaticamente, e processados *on-line* (dados em tempo real), têm se tornado cada vez mais disponíveis para operações de controle de tráfego. Uma aplicação eficiente dos sistemas ATMS para gestão do tráfego urbano consiste nos sistemas centralizados de

controle semafórico em tempo real. Segundo KOSONEN e BARGIELA (1999), essas soluções vêm sendo adotadas intensamente por muitos centros de controle de tráfego urbano em área (CTA) durante a última década, principalmente com o desenvolvimento de sistemas adaptativos de controle semafórico como SCOOT, SCATS, OPAC, PRODYN e outros (WOOD, 1993), sendo atualmente assunto de pesquisa e desenvolvimento intensivo.

A seção a seguir apresenta o sistema de controle semafórico SCOOT, descrevendo as principais características e a sua arquitetura de funcionamento de modo a contextualizar o ambiente em que foram disponibilizados os dados para o estudo de caso desta pesquisa. Atualmente este sistema encontra-se implantado em Fortaleza e em mais de 170 localidades ao redor do mundo (PERRIN e MARTIN, 2002).

3.2.1. O Sistema SCOOT

O SCOOT (*Split Cycle Offset Optimization Technique*) é um sistema adaptativo em tempo real de otimização de proporção de verde, ciclo e defasagens de semáforos. A otimização é baseada em manter modelos mesoscópicos de filas e fluxos de tráfego equilibrados, balanceando a saturação em todas as aproximações das interseções controladas de modo a reduzir o atraso e paradas do tráfego na área sob controle do sistema.

A lógica de processamento do sistema SCOOT é baseada em um modelo de tráfego. A partir das informações coletadas por um sistema de detecção da demanda veicular, o modelo projeta um perfil cíclico de fluxo de como esses veículos chegam na retenção semafórica para cada *link* (correspondente a uma aproximação de um cruzamento semafórico) ao longo do tempo (MING, 1997).

Este sistema foi desenvolvido especialmente para ambientes urbanos, onde normalmente existe uma alta densidade de semáforos e, segundo o TRL (2000a), os benefícios do SCOOT sobre os planos semafóricos de tempo fixo tendem a aumentar conforme o fluxo de tráfego for mais variável e menos previsível.

3.2.2. Alimentação do Modelo de Tráfego

De um modo geral, o processo para alimentar o modelo de tráfego do SCOOT é baseado em três etapas básicas: a detecção da demanda, a transmissão dos dados coletados ao sistema e o processamento e otimização das informações.

O sistema de detecção, normalmente por laços de indução magnética, coleta os dados do tráfego ininterruptamente e repassa-os ao controlador semafórico que os envia, por meio de uma rede de transmissão de dados, a um computador responsável pelo gerenciamento do fluxo de informações (*Front End Processor* - FEP). Em seguida, o sistema processa os dados e alimenta o modelo de tráfego no computador central.

Os otimizadores do modelo de tráfego SCOOT, por sua vez, usam estas informações para calcular a melhor temporização dos semáforos (fração de verde, ciclo e defasagem), de modo a atingir uma relação de equilíbrio de saturação entre os nós e prover um balanceamento em todos os *links*, minimizando atrasos e número de paradas veiculares (TRL, 2000b). Em seguida, o sistema envia as informações processadas ao controlador que implementa as alterações na rede semafórica. A estrutura básica do sistema SCOOT é ilustrada na Figura 3.1.

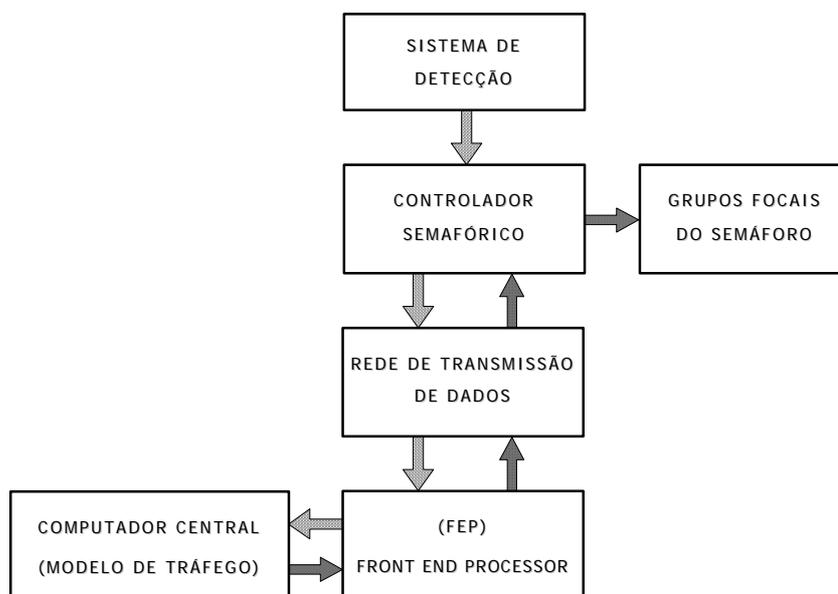


Figura 3.1: Arquitetura de alimentação do modelo de tráfego no sistema SCOOT.

Fonte: Adaptado de MING (1997)

3.2.3. O Sistema de Detecção do SCOOT

Conforme mencionado no processo de alimentação do modelo de tráfego, o SCOOT usa estimativas de demanda de tráfego para a otimização semafórica. Estas estimativas são geradas a partir de laços indutivos colocados nas aproximações da interseção.

Neste contexto, são apresentadas a seguir as principais características do sistema de detecção que compõe o SCOOT, de modo a fornecer uma base conceitual das etapas que envolvem o processo de coleta do fluxo de tráfego por meio deste sistema avançado de controle semafórico, tendo em vista ser a fonte de coleta de dados desta pesquisa.

A estratégia de detecção do SCOOT

O SCOOT usa normalmente detectores de laço indutivo como fonte de informação sobre o comportamento do tráfego, ainda que outros sistemas, tais como infravermelho e processamento de vídeo, tenham sido usados com sucesso (TRL, 2000b).

Para tanto, cada corrente de tráfego semaforizada é provida separadamente por pelo menos um detector. O detector de laço indutivo é geralmente situado à montante da interseção semafórica, conforme ilustrado na Figura 3.2. A escolha final da configuração do laço detector empregado depende muito das condições do local determinado. As localizações do laço detector normalmente são determinadas seguindo um estudo da geometria da via e do comportamento específico do tráfego.

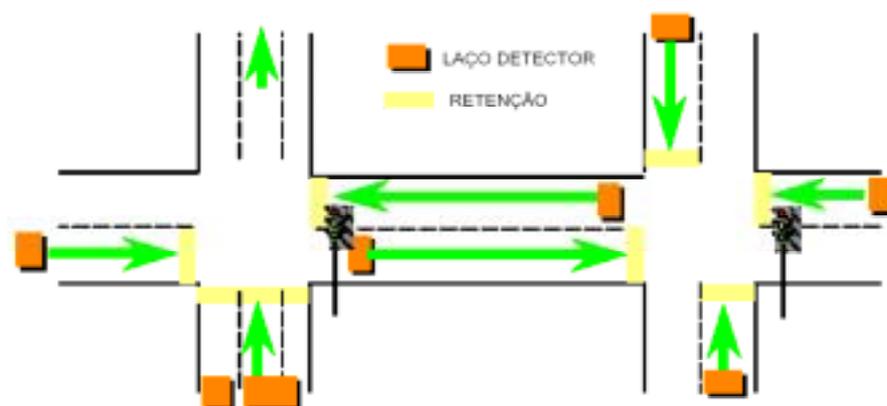


Figura 3.2: Posicionamento típico dos laços detectores no sistema SCOOT

A configuração de um modelo típico de laço detector veicular do SCOOT é baseada em uma arquitetura modular de detecção. Em cada entrada de um módulo de detecção é conectado um laço indutivo. Este laço indutivo fica sob o pavimento, com comprimento típico de 2 metros na direção da viagem, e em geral é formado por 1 a 4 espiras de fio condutor, conforme Figura 3.3. Assim, o veículo ao passar sobre o laço faz com que sua indutância diminua através da dispersão do campo magnético. O módulo então detecta esta variação de indutância através das alterações de frequência do circuito correspondente.

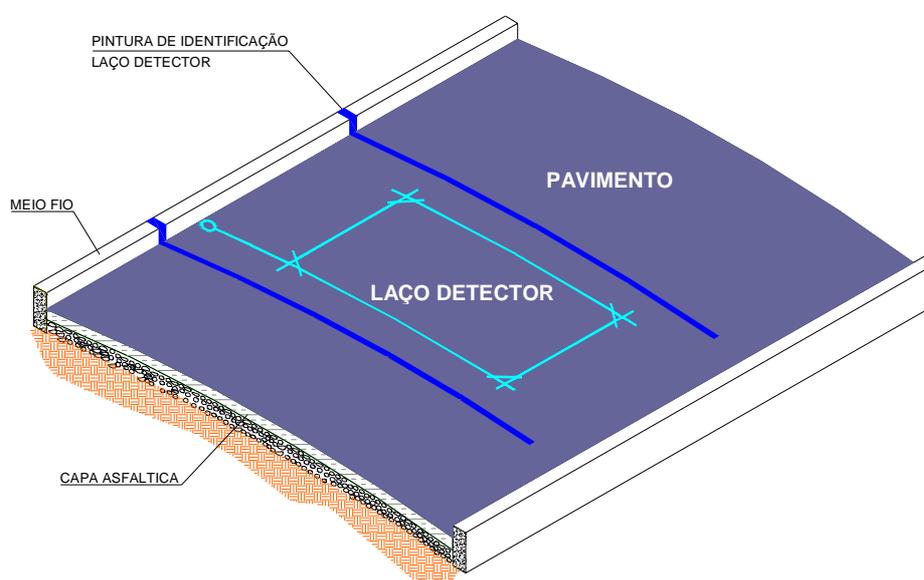


Figura 3.3: Disposição típica de um laço detector de indução sob o pavimento

No entanto, MONTGOMERY *et al.* (1998) advertem que, embora informações de contagens de volume de tráfego possam ser obtidas nesses sistemas de detecção, a atividade de contagem volumétrica é uma função derivada, ou seja, os dados coletados por este método não são precisamente dados de fluxo, mas uma variável mista baseada em medições de presença e ocupação veicular no laço indutivo, discutida a seguir.

A lógica de detecção baseada na ocupação veicular

O SCOOT mede a demanda de tráfego por uma medida híbrida de fluxo e ocupação. Essa medida é gerada pelo sistema de detecção da seguinte forma: laços

detectores de indução são instalados em cada *link* de um sistema SCOOT, e como os veículos cruzam o laço, a sua presença é registrada pelo detector. O SCOOT processa a produção do detector combinando o número de instantes de mudança do detector do modo *off* (não ocupado) para *on* (ocupado) e o período de tempo do detector em modo *on* (tempo de ocupação). Segundo o TRL (2000d), o uso do termo “ocupação” se refere à medida do tempo ou proporção do tempo em que o detector está ocupado.

Segundo o TRL (2000d), os detectores são amostrados a cada $\frac{1}{4}$ de segundo. Esta é a taxa mínima para assegurar que todos os veículos sejam detectados pelo sistema. Além disso, essa taxa de amostragem oferece uma resolução suficiente para distinguir entre veículos de diferentes tamanhos e velocidades, além de proporcionar também uma economia na taxa de transferência de dados. Para reconciliar todos os fatores necessários para o sistema de detecção, o SCOOT usa uma técnica de análise de detecção conhecida como *desconto linear de ocupação*, comentada em seguida.

O cerne da técnica de desconto linear é que os eventos de contagens são descontados em proporção à contagem. No caso da ocupação veicular nos laços indutivos, o algoritmo de processamento dos dados brutos relaciona o valor acumulado de ocupação ao comprimento de tempo em que o detector esteve ocupado. Neste processo, durante cada 0,25 segundos sucessivos que o detector está ocupado, o valor de ocupação é descontado linearmente de 7 a 0 em unidades de 1, até um intervalo máximo de 2 segundos, sendo o valor reajustado quando o detector muda o seu estado para não ocupado. Em seguida, os valores associados com cada amostra são acumulados e os perfis de demanda para cada *link* são construídos em incrementos de 4 segundos. No sistema SCOOT, as unidades de ocupação descontadas são denominadas de *unidade de perfil de link* (LPU).

Unidade de perfil de *link* (LPU)

A unidade de perfil de *link* é uma variável básica, derivada da ocupação veicular, com que o SCOOT mede a demanda de tráfego (TRL, 2000d). A LPU é um híbrido de presença veicular e tempo de ocupação, e que pode ser relacionada a veículos pelo uso de um fator de conversão apropriado. Um veículo pode tipicamente registrar 17 LPU's aproximadamente, mas o valor pode variar consideravelmente com a velocidade de tráfego, o tipo de veículo e se o laço detector cobre uma ou mais faixas. No entanto,

BODDY (1998) *apud* MONTGOMERY *et al.* (1998) e KOSONEN *et al.* (1999) pesquisaram essa equivalência em diversas amostras, assegurando que dados de fluxo confiáveis podem ser extraídos desta medida híbrida.

Falhas no sistema de detecção do SCOOT

Como o SCOOT depende do detector veicular para fornecer toda a informação sobre as condições do tráfego veicular na rede, que é usada para a otimização semafórica do tráfego, a manutenção do sistema de detecção deve ser cuidadosamente planejada. Além disso, o sistema SCOOT permite a monitoração contínua da condição de funcionamento dos detectores veiculares (TRL, 2000c). Essa facilidade do sistema SCOOT permite ainda que falhas envolvendo a degradação progressiva do desempenho do sistema de detecção sejam encontradas. Estas falhas podem ser devido a diversas razões, como um desajuste gradual dos detectores ou um ruído elétrico.

TRL (2000c) relata também que um tipo de problema típico referente a esses detectores consiste naqueles sujeitos a alguma interferência elétrica, e a consequência destas condições é que normalmente são gerados pulsos no detector, com durações e instantes aleatórios, resultando na falsa detecção de veículos sobressalentes. Contudo, esta espécie de avaria do laço detector veicular não é prontamente alarmada pelo sistema SCOOT, já que os dados não são distinguidos de um fluxo de tráfego pesado e, portanto, deve ser dada uma atenção especial à monitoração das condições de funcionamento e operação do sistema de detecção.

O sistema de detecção do SCOOT permite que os laços indutivos operem sob três condições de funcionamento: *clear* (limpo), *suspect* (suspeito) e *fault* (em falha). O primeiro modo (limpo) consiste na condição normal de operação. A segunda condição, por sua vez, denota o detector operando em modo “suspeito”, ou seja, está sendo avaliado por um período limite de tempo e julgado por apresentar condições atípicas de funcionamento. Por fim, o modo “em falha” é atribuído ao detector que permanecer em condições irregulares de funcionamento.

A ocorrência de uma alerta de detector no sistema SCOOT do tipo “suspeito” é simplesmente um aviso que um determinado detector veicular apresenta consecutivos intervalos ocupados (‘cheio’ para um período contínuo de 3 minutos) ou não ocupados

(‘vazio’ para um período contínuo de 6 minutos), e que estratégias *default* estão sendo usadas pelo sistema SCOOT no semáforo afetado (TRL, 2000c).

Além disso, um detector que foi declarado "suspeito", contudo não passou para o estado “em falha”, pode automaticamente ser declarado limpo se a atividade no detector recomeçar dentro do período interveniente, ou seja, o sistema SCOOT limpa automaticamente a condição de “suspeito” se a informação de *input* do detector retornar ao padrão normal durante a condição avaliada.

No entanto, se a condição do laço detector em modo “suspeito” persistir por um determinado período (continuamente ‘cheio’ durante 30 minutos adicionais, ou ‘vazio’ ininterruptamente durante 27 minutos adicionais), o sistema SCOOT altera a condição do detector veicular para a condição “em falha”. Nesta situação, o sistema SCOOT não limpa a condição “em falha” automaticamente, ou seja, uma vez o detector declarado "em falha" não pode ser limpo exceto através da intervenção do operador (TRL, 2000c). Nestas condições, o sistema desencadeia uma série de procedimentos que resultam no fornecimento de dados históricos para o processo de otimização semafórica.

3.3. GERENCIAMENTO DE BASE DE DADOS DE TRÁFEGO

Segundo TUROCHY (2001), o armazenamento de dados de tráfego vem se tornando uma prática crescentemente comum nos sistemas de gerenciamento de tráfego, pois os analistas despertaram para o valor das informações históricas de tráfego na melhor compreensão do desempenho do sistema.

3.3.1. Base de Dados em Sistemas Centralizados de Controle Semafórico

Conforme mencionado, os sistemas avançados de controle semafórico, como o SCOOT, são altamente complexos e contam com avançadas redes de comunicações e *softwares* de otimização, dependendo de sensores para seu funcionamento. Estes sistemas de detecção coletam um grande volume de dados para subsidiar sua operação (SMITH *et al.*, 2001). Essa grande quantidade de dados de tráfego coletados e processados é então armazenada em uma base de dados. Como consequência,

CHUA *et al.* (2001) alertam que o volume de dados coletados por agências gestoras do tráfego tem crescido bastante devido aos avanços de sistemas ITS de controle de tráfego, culminando em bases de dados cada vez mais extensas. Assim, torna-se crítico o processo de gerenciamento dessas bases de dados.

A operação do sistema SCOOT, por exemplo, resulta em uma riqueza de dados de tráfego disponíveis, e para tanto o TRL desenvolveu o *software* de banco de dados ASTRID (*Automatic SCOOT Traffic Information Database*) para armazenar e gerenciar tais dados. Segundo o TRL (2000e), os dados históricos armazenados no ASTRID são potencialmente úteis na operação do SCOOT, sendo usados pelo modelo de tráfego para dois propósitos principais: primeiramente para prover dados para o modelo e otimizadores no caso em que um detector encontrar-se defeituoso – neste caso, os dados históricos substituem os dados providos pelos detectores e permitem aos otimizadores do modelo de tráfego operar com base em dados de um perfil histórico; e segundo, servem para proporcionar ao otimizador de tempo de ciclo uma advertência inicial dos períodos de pico.

O ASTRID, conforme mencionado, permite acessar a base de dados de tráfego modelada pelo sistema SCOOT. A sua função básica consiste em compilar os dados a partir de mensagens de sistema geradas pelo SCOOT, armazenando-os em períodos agregados de 15 minutos em uma banco de dados relacional.

Segundo MENESES (2003), a base de dados disponível através do ASTRID dispõe de 15 variáveis (ex. fluxo, saturação, atraso, congestionamento, velocidade), sendo 9 do tipo básicas e 6 derivadas. As primeiras são calculadas com base nas mensagens enviadas pelo sistema SCOOT. Já as variáveis derivadas são determinadas com base em equações que combinam as variáveis básicas e parâmetros da rede viária.

3.3.2. Integração de Base de Dados de Tráfego

Uma variedade de aplicações na engenharia de transportes originou um interesse cada vez mais intenso pela monitoração contínua do tráfego, resultando no surgimento de diversas bases de dados de tráfego (ALBRIGHT, 1993). A demanda pelo aumento da qualidade e quantidade dos dados de tráfego surgiu, aparentemente, de diversas

aplicações incluindo segurança viária, qualidade do ar e gerenciamento de congestionamento.

ALBRIGHT (1993) adverte, entretanto, que os sistemas de monitoração do tráfego não devem ser desenvolvidos separadamente de outros sistemas de informação que aplicam os dados de tráfego, como por exemplo, os sistemas de controle do tráfego urbano, gerenciamento de pavimento ou de avaliação da qualidade do ar pela emissão de poluentes.

Nesse sentido, o autor recomenda que os sistemas destinados a diversas aplicações de transportes sejam revistos, com fins a uma integração das bases de dados com um sistema central de monitoração do tráfego. Diversas vantagens sugerem a importância da integração de bases de dados de tráfego, incluindo:

- uma integração permite a transferência automática dos dados de monitoração do tráfego aos sistemas de aplicação;
- resumos e relatórios estatísticos com níveis e intervalos de confiança são disponibilizados automaticamente aos técnicos e gestores, possibilitando, por exemplo, avaliações de desempenho e benefício das técnicas usadas nos sistemas de aplicação;
- as atividades de um sistema de gerenciamento de congestionamento integrado a um sistema de monitoração contínua do tráfego são alimentadas e otimizadas com a disponibilidade eficaz dos dados, possibilitando, por exemplo, a medição e informação da extensão, duração e severidade efetiva dos congestionamentos;
- os dados de acidentes, por sua vez, situados em um ambiente integrado a um sistema de monitoração do tráfego, possibilitam a análise de diversas relações de ocorrência e natureza dos incidentes, como por exemplo, a relação com o volume, capacidade ou velocidade.

SHLADOVER (2002) destaca que as informações obtidas a partir de bases de dados integradas de sistemas de transportes podem ser aplicadas por uma gama de agentes para o uso eficiente do sistema, incluindo aplicações de gerenciamento do

tráfego em tempo real, provisão de informações aos usuários, bem como subsidiar análises de investimentos no sistema de transporte.

A integração de bases de dados relacionais e espaciais

Considerando todos os aspectos discutidos em relação às diferentes bases de dados de tráfego, a necessidade pela integração de banco de dados relacionais com dados geograficamente referenciados tem despertado atualmente um grande interesse da comunidade técnica e acadêmica.

DAHLGREN *et al.* (2002) ressaltam que a diversidade de requisitos da gama de usuários de dados de tráfego, em diferentes níveis de agregação temporal e espacial, impõe o desenvolvimento de ferramentas que possibilitem a integração de bases de dados relacionais e espaciais, permitindo aos usuários selecionar, agregar e definir formatos de dados de tráfego na abrangência espacial e temporal compatíveis a suas necessidades. Nesse sentido, a integração entre bases relacionais e espaciais por meio de plataformas SIG (Sistemas de Informações Geográficas), em especial, tem sido um tema de crescente discussão e desenvolvimento.

JIA (1999) ressalta também que atualmente vários sistemas de gerenciamento do tráfego ainda não são capazes de lidar com a natureza espacial dos problemas de transporte, culminando em uma carência de mecanismos capazes de derivar soluções baseadas no conhecimento espacial da infra-estrutura de transportes.

Assim, a integração das aplicações de gerenciamento do tráfego às plataformas SIG representa um esforço de manuseio da natureza espacial dos dados de tráfego. Segundo o relatório do FHWA (2001), a grande maioria das agências americanas de gestão do tráfego integra os seus bancos de dados por meio de plataformas baseadas em ambiente SIG. Esta ferramenta é um meio particularmente efetivo para auxiliar aos analistas a identificar e obter informações disponíveis de tráfego.

Segundo DANTAS *et al.* (1996), o uso do SIG tem se intensificado devido à sua capacidade de armazenar, apresentar e analisar geograficamente base de dados, considerando seus relacionamentos espaciais. Nos últimos anos, por exemplo, os estudos relativos ao planejamento e operação de sistemas de transportes têm se valido de SIG direcionados a transportes, denominados SIG-T.

Neste contexto, cabe destacar o trabalho desenvolvido por MENESES (2003) que consistiu em desenvolver uma interface lógica capaz de integrar a base de dados relacional do sistema SCOOT com uma base espacial em ambiente SIG. Em seu trabalho, MENESES (2003) ressalta que, “normalmente, os sistemas CTA não disponibilizam mecanismos eficazes de consulta à sua base de dados, tendo em vista sua ênfase na programação semafórica”.

Assim, como alternativa para otimizar a consulta, o processamento e o uso de bases de dados de sistemas CTA, foi desenvolvida uma interface, denominada de TRANSCOOT, para viabilizar a importação, a modelagem e principalmente o referenciamento espacial dos dados dinâmicos relacionais do sistema CTA de Fortaleza (CTAFOR), em uma plataforma SIG-T do *software* TransCAD. Segundo MENESES (2003), essa interface permite o acesso eficiente, tanto na dimensão espacial como temporal, aos dados coletados pelo sistema SCOOT, bem como agrega caráter espacial aos dados.

3.4. CONFIABILIDADE EM DADOS DE MONITORAÇÃO DO TRÁFEGO

Diversas aplicações na engenharia de tráfego ocasionaram o surgimento de uma demanda crescente por estatísticas de tráfego mais precisas e imparciais (ALBRIGHT, 1993). Neste contexto, essa seção apresenta uma discussão relevante ao escopo deste trabalho, a qual abrange a confiabilidade de dados de tráfego.

CUNAGIN e KENT (1998) afirmam que a motivação primária em considerar medidas de variabilidade é a necessidade de uma indicação da confiabilidade estatística dos dados dos quais os resumos de informações de tráfego são gerados. Os autores alertam ainda que, na maioria dos casos, os resumos de valores da demanda do tráfego são medidas representadas por médias sendo, em cada caso, importante que a confiabilidade estatística subjacente dos dados também seja indicada.

Como referência, a *American Association of State Highway and Transportation Officials* – AASHTO (1992) desenvolveu uma metodologia para aferir a variabilidade de dados de tráfego rodoviário (CUNAGIN e KENT, 1998). Neste método, a variabilidade é aferida através de fatores de confiabilidade que agregam o desvio padrão

de todos os parâmetros que contribuem para a variabilidade dos dados, sejam eles diretamente ou não ligados ao tráfego rodoviário (ex. fator de crescimento do tráfego, distribuição direcional, composição diária dos veículos).

Em seu trabalho, CUNAGIN e KENT (1998) apresentam uma tabela de nível sugerido de confiabilidade de dados de tráfego, por classificação funcional e área de localização, recomendado pela AASHTO. A Tabela 3.1 sugere que dados de tráfego em vias urbanas devem apresentar menor variação em seu nível de confiança do que em áreas rurais.

Tabela 3.1: Níveis de confiabilidade recomendados pela AASHTO por classificação funcional das vias

Classificação Funcional	Urbana (%)	Rural (%)
Rodovias	85 – 99,9	80 – 99,9
Arteriais	80 – 99	75 – 95
Coletoras	80 – 95	75 – 95
Locais	50 – 80	50 – 80

Fonte: CUNAGIN e KENT (1998)

O sucesso de um sistema ITS depende da qualidade e precisão dos dados coletados e disponibilizados aos usuários (STATHOPOULOS e KARLAFTIS, 2001). Nesse sentido, WILSON *et al.* (1999) ressaltam que a aferição da qualidade de dados de sistemas ITS requer a caracterização destes dados e a definição de critérios e procedimentos capazes de aferir esta qualidade, considerando as restrições e necessidades específicas de cada aplicação.

Assim, é apresentada em seguida uma breve discussão dos procedimentos gerais de controle de qualidade usualmente empregados no gerenciamento de bases de dados de tráfego, de modo a inserir um embasamento conceitual das técnicas e artifícios aplicados no desenvolvimento do roteiro metodológico de tratamento dos dados de fluxo veicular desta pesquisa.

3.5. CONTROLE DE QUALIDADE EM BASES DE DADOS DE TRÁFEGO

A precisão é um atributo crucial da qualidade de dados de tráfego, além de uma preocupação freqüente dos usuários e gestores de sistemas de armazenamento de dados. Neste processo, a precisão refere-se à habilidade do sensor de coleta em refletir as condições de tráfego verdadeiramente reais e atuais. Nesse sentido, essa seção discute algumas técnicas e procedimentos de controle de qualidade aplicados aos dados de tráfego, tema de intensa discussão na literatura atual e que se insere de forma relevante ao objeto de estudo desta pesquisa.

Segundo TURNER (2001), técnicas de controle de qualidade para dados de tráfego arquivados devem incluir a identificação e o tratamento de, no mínimo, três atributos de dados:

- dados suspeitos ou incorretos: dados de valores ilógicos ou improváveis que não caem dentro de faixas esperadas, princípios estabelecidos ou regras conhecidas;
- dados perdidos: dados de valores esperados que são perdidos por causa de mau funcionamento do *hardware* e/ou *software*;
- dados imprecisos: dados de valores que são sistematicamente imprecisos (mas dentro da faixa de valores plausíveis), causados por erros de medida do equipamento (ex. equipamento calibrado inapropriadamente).

A capacidade de detecção de erro é um componente crítico de sistemas que arquivam dados de tráfego. Assim, TURNER (2001) afirma que, embora muitos sistemas ITS desenvolvidos possuam *softwares* de gerenciamento de tráfego ou controladores de campo com procedimentos básicos de descoberta de erro, técnicas adicionais de controle de qualidade são desejáveis em sistemas de armazenamento de dados de tráfego.

CHUNG *et al.* (1998), por exemplo, propõem um método de controle de qualidade de dados de tráfego, no qual os critérios para a identificação de erros consistem em compor faixas de valores aceitáveis para os dados, definir cenários proibitivos para valores dos dados (ex. volume de tráfego em períodos noturno não

podem ser superiores ao volumes diários) e estabelecer um período máximo aceitável de valores extremos ou nulos consecutivos.

Contudo, estes testes básicos identificam erros evidentes de dados. Logo, testes mais avançados podem ser requeridos em um processo de controle de qualidade mais rigoroso. Segundo TURNER (2001), um controle de qualidade avançado em dados de tráfego inclui, tipicamente:

- checagem da seqüência de dados: identifica rápidas flutuações nos valores de dados em períodos de tempo sucessivos;
- checagem espacial (em corredor) de dados: identifica inconsistências entre detectores de faixas adjacentes ou entre detectores a jusante/montante (ex. o volume na entrada de um *link* deve ser aproximadamente igual ao volume na saída);
- checagem de dados históricos: examina a racionalidade das mudanças drásticas entre longos períodos de tempo.

No entanto, as referências apresentadas alertam que a checagem dos dados é somente o primeiro passo no processo de controle de qualidade. Uma vez detectados dados suspeitos ou incorretos, uma ação deve ser tomada. Possíveis ações incluem simplesmente sinalizar/marcas os dados, substituí-los ou removê-los completamente da base de dados.

3.5.1. Avaliação dos Dados Perdidos

Diversos estudos notificam dados perdidos como um atributo comum da monitoração de dados de tráfego em sistemas ITS, em virtude da operação contínua do equipamento que monitora o tráfego.

WRIGHT *et al.* (1997) afirmam que as bases de dados de fluxos em vias monitoradas continuamente são infestadas de dados perdidos, por diversas razões que incluem falhas do equipamento de coleta, reparos no pavimento, desvios do tráfego, remoção de dados durante o processamento e edição, dentre outras. Os autores ressaltam

ainda que, na realidade, programas de monitoração contínua do tráfego que provêm 365 dias de dados completos ao ano são, atualmente, extremamente raros.

Segundo TURNER (2001), as características dos dados perdidos podem variar consideravelmente, dependendo do tipo de equipamento de monitoração do tráfego, dos controladores de campo e dos sistemas nas centrais de gerenciamento de tráfego. As causas típicas de dados perdidos, bem como os aspectos afetados pela perda de dados, são apresentadas na Tabela 3.2. É importante não só identificar dados perdidos em bases de dados, mas também avaliar a(s) causa(s) da perda. Isto requer análises de padrões nos dados perdidos.

Tabela 3.2: Causas típicas e características de dados perdidos na monitoração do tráfego em sistemas ITS

Causa da Perda de Dados	Características da Perda de Dados	
	Atributos Espaciais	Atributos Temporais
<i>Atividades de construção (obras viárias urbanas) que danificam as instalações dos equipamentos de monitoração do tráfego</i>	Dados perdidos em um único local ou em vários locais sucessivos ao longo de um corredor	Dados perdidos tipicamente em longo período de tempo (várias semanas ou meses, dependendo do tipo da atividade de construção)
<i>Falha no equipamento que monitora o tráfego (podendo incluir o hardware do laço de indução ou o software do controlador de campo)</i>	Dados perdidos em um único local ou em vários locais isolados	Dados perdidos em curto ou longo período de tempo (poucos minutos a várias semanas)
<i>Rompimento da comunicação entre os controladores de campo e o sistema da central de gerenciamento de tráfego</i>	Dados perdidos em um único local ou em vários locais isolados	Dados perdidos em curto período de tempo (geralmente poucos minutos)
<i>Falha no sistema da central de gerenciamento de tráfego ou no sistema de arquivamento dos dados (falha de hardware ou software)</i>	Dados perdidos em todos os locais (ou todos os locais de um determinado servidor de dados)	Dados perdidos tipicamente em curto período de tempo (de algumas horas a um dia)

Fonte: TURNER (2001)

3.5.2. Preenchimento de Valores Ausentes em Base de Dados de Fluxo

Diversos procedimentos de qualidade de dados, desenvolvidos principalmente para aplicações de planejamento, provêm orientação para estimar lacunas em bases de dados de fluxo veicular. Esse processo de substituição de dados perdidos é também conhecido como imputação (SHARMA *et al.*, 2003; SMITH *et al.*, 2003). Assim, por ter se tornado uma prática freqüente nos sistemas de armazenamento de dados de tráfego, algumas técnicas foram desenvolvidas para essa finalidade.

KIKUCHI e MILJKOVIC (1999), por exemplo, propõem uma metodologia de ajuste das perdas em dados de fluxo de tráfego através da otimização *fuzzy*, de modo a atender as relações teóricas das diferentes variáveis de tráfego. O método proposto permite estimar valores incompletos, relativos ao volume de tráfego em uma base de dados, por meio de uma combinação de comparações com os demais dados reais coletados. A otimização *fuzzy*, nesse processo, baseia-se nos princípios de conservação do fluxo de tráfego na rede viária.

KWON *et al.* (2000) usam um processo de interpolação espacial para preencher valores ausentes em base de dados de tráfego em tempo real, não coletados e modelados pelos laços detectores. Este procedimento determina os valores ausentes através da interpolação dos valores medidos, para um mesmo instante, de laços detectores adjacentes ao detector falho.

No mesmo propósito, CHUNG *et al.* (1998) desenvolveram um sistema para gerenciar a qualidade dos dados de tráfego para o Departamento de Transportes da Pensilvânia, EUA. Este sistema rastreia erros de dados de volume e classificação de veículos que trafegam nas rodovias do estado. O método de rastreamento de erros identifica valores ausentes ou extremos na base de dados, gerando marcadores temporais (data, dia, hora) e espaciais (local) por tipo de dado.

O procedimento de preenchimento de valores ausentes, proposto por CHUNG *et al.* (1998), é baseado em uma tabela de referência. Neste caso, esta tabela dispõe de valores de proporções para cada variável de tráfego por hora do dia e dia da semana. Tais percentuais são calculados com base em dados coletados para todo o ano de observação, e são multiplicados pelo somatório dos dados do dia em que é observada a ausência de dados, gerando valores de preenchimento para a base de dados de tráfego.

Contudo, esta prática de imputação não é recomendada pela AASHTO (TURNER, 2001), a qual aconselha que os arquivos de dados contenham sugestões de substituição de valores que devem ser sinalizados como estimativas e não medidas diretas.

Da mesma forma, de acordo com o princípio da integridade de bases de dados, a prática recomendada por ALBRIGHT (1993) é não imputar dados perdidos. Esta advertência é fundada em uma auditoria das técnicas de imputação. Avaliando o impacto estatístico de diversos procedimentos alternativos para estimar valores perdidos, os resultados da análise sugerem que os erros de imputação variam e, na maioria dos casos, o impacto na aplicação desses dados foi identificado como prejudicial à integridade da informação.

Assim, ALBRIGHT (1993) adverte que, antes do uso indiscriminado da imputação de dados de fluxo de tráfego, é necessária uma avaliação criteriosa do impacto desta prática. Esta avaliação deve ser conduzida em função das características inerentes de cada local, incluindo o período e duração de dados perdidos, a técnica e o procedimento de imputação empregado, assim como a variabilidade local e específica do volume de tráfego.

Além disso, conforme indicaram as simulações da pesquisa de WRIGHT *et al.* (1997), a quantidade de dados perdidos aleatoriamente teve efeito desprezível nas estimativas médias de tráfego em longo prazo nos locais incluídos no estudo. Porém, quando a quantidade de dados perdidos aleatoriamente aumenta, mais incertas são as estimativas. No trabalho WRIGHT *et al.* (1997), na maioria dos casos, a perda de confiança foi tida com tolerável.

3.5.3. Identificação e Suavização de Valores Extremos

A maioria das técnicas de filtragem de dados usadas para detectar valores extremos nos centros de gerenciamento de tráfego são baseadas na comparação de valores observados (ex. volume, ocupação e velocidade) com valores mínimos ou máximos. Estes limiares são tipicamente definidos como o limite inferior ou superior de valores plausíveis. TUROCHY e SMITH (2000), por exemplo, descrevem um

procedimento de filtragem de dados de tráfego que combina testes de faixas de valores limites e testes de aderência aplicados aos dados, de modo a aferir sua qualidade.

Segundo AUNET (2000), uma das tarefas que consome um tempo considerável, em qualquer projeto de análise de dados de tráfego, envolve procedimentos com *outliers* (dados atípicos que divergem significativamente da vasta maioria dos demais). Estes problemas de dados podem afetar significativamente os resultados de muitas análises estatísticas do fenômeno do tráfego. Nesses casos, é essencial filtrar e remover tais dados das análises, de forma que essas situações não influenciem os resultados destinados a representar condições típicas. Para conferir sistematicamente *outliers* em análises de fluxo de tráfego de longo prazo, por exemplo, AUNET (2000) recomenda usar de 3 a 5 anos de dados nas análises de sazonalidade, de modo que as tendências sazonais em uma determinada estação tornem-se estáveis com o passar do tempo.

Neste propósito, diferentes procedimentos são usados destinando-se a suavização dos dados de tráfego. COIFMAN (1998), por exemplo, propõe o uso de filtragem digital de dados para suavizar valores extremos numa base de dados. Nesta técnica, é usada uma frequência de resposta para filtragem de dados. Durante o processo de filtragem digital, o valor agregado para cada período é gerado pela soma ponderada e acumulada dos dados filtrados e convertidos pela frequência escolhida.

Por fim, TURNER (2001) alerta que os procedimentos de controle de qualidade são especialmente críticos com dados de tráfego operacionais, e por várias razões que incluem:

- o volume potencialmente grande de dados operacionais torna difícil a descoberta de erros usando técnicas manuais tradicionais;
- a natureza da monitoração contínua de dados operacionais implica que os erros ocasionados por um mau funcionamento do equipamento sejam mais prováveis que durante esforços de coleta de dados periódicos; e
- aplicações com dados armazenados podem ter diferentes exigências de qualidade (potencialmente mais restritas) comparadas ao uso em tempo real.

3.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que a coleta de dados para descrever as condições de tráfego é uma função primária de sistemas de controle do tráfego, este capítulo fez inicialmente uma discussão sobre as tecnologias de gerenciamento do tráfego, de modo a contextualizar esses sistemas avançados em relação às suas características de detecção e coleta de dados. Em seguida, foi apresentado o ambiente em que se insere a fonte de dados de volume de tráfego desta pesquisa, descrevendo as características e a arquitetura do sistema de detecção do SCOOT, o qual encontra-se em operação no centro de controle de tráfego de Fortaleza (CTAFOR). Desta revisão, constatou-se que a efetiva avaliação das condições do tráfego tem base na disponibilidade de uma abrangente e confiável infra-estrutura de detecção veicular.

O presente capítulo também possibilitou uma breve discussão dos aspectos relativos ao armazenamento e gerenciamento de bases de dados de tráfego. Após o estudo, pode-se concluir que a implementação e manutenção de sistemas de coleta, armazenamento, processamento e disseminação de dados de tráfego ainda é uma tarefa difícil. Nesse sentido, percebe-se que o enorme volume de dados coletados por sistemas ITS exige inovações nas estratégias de armazenagem e agregação destes dados, tendo em vista as perspectivas da crescente necessidade por monitoração do tráfego.

Adicionalmente, foram discutidos os princípios da confiabilidade dos dados de contadores permanentes, tendo sido apresentados diversos procedimentos para resolução das inconsistências. Nesse propósito, conclui-se que o processo de aferição da qualidade dos dados desempenha um papel crítico nas aplicações de gestão de tráfego e, como consequência, consiste num fator decisivo para a integridade das análises de tráfego efetuadas. Como em qualquer esforço de coleta ou armazenamento de dados de tráfego, a qualidade de dados deve ter uma consideração importante no processo de análise.

Por fim, considerando o contexto deste problema de pesquisa, percebe-se ao fim da revisão que embora diversas avaliações tenham sido destinadas a explorar as potencialidades oferecidas pelas bases de dados de tráfego de sistemas ITS, ainda há carência de esforços relativos a análises sobre o comportamento do tráfego em ambiente urbano, assunto abordado nos capítulos seguintes.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA

4.1. APRESENTAÇÃO

Lançadas as bases conceituais sobre as principais características do volume de tráfego e suas implicações correspondentes às condições de circulação, discutidas na revisão bibliográfica, este capítulo apresenta de forma detalhada as etapas metodológicas desenvolvidas nesta pesquisa de dissertação.

Inicialmente, são apresentadas as etapas preliminares que compõem as atividades de estruturação e consolidação da base de dados de volume de tráfego disponível para este estudo de caso.

Por conseguinte, tendo estabelecido teoricamente que as distribuições de fluxo de tráfego variam no tempo e espaço, a discussão central deste capítulo destina-se ao método de análise da magnitude desta variação e a investigação de suas características. Fazendo uso de um roteiro metodológico, a análise desses aspectos é baseada na identificação, quantificação, categorização e interpretação da variabilidade dos dados de fluxo de tráfego em áreas urbanas.

4.2. CRITÉRIOS ADOTADOS NA SELEÇÃO E CONSOLIDAÇÃO DA BASE DE DADOS

Nesta seção serão discutidos os aspectos relacionados à seleção e consolidação dos dados amostrais. Considerando o ambiente em que foram disponibilizados os dados de volume de tráfego deste estudo, ou seja, as características do processo de coleta e armazenamento do sistema de detecção do SCOOT/ASTRID do CTA de Fortaleza, os critérios adotados nesta etapa inicial da metodologia moldam a base de dados baseando-se na seleção da amostra e na estrutura de disposição dos dados, discutidos na seqüência apresentada na Figura 4.1.

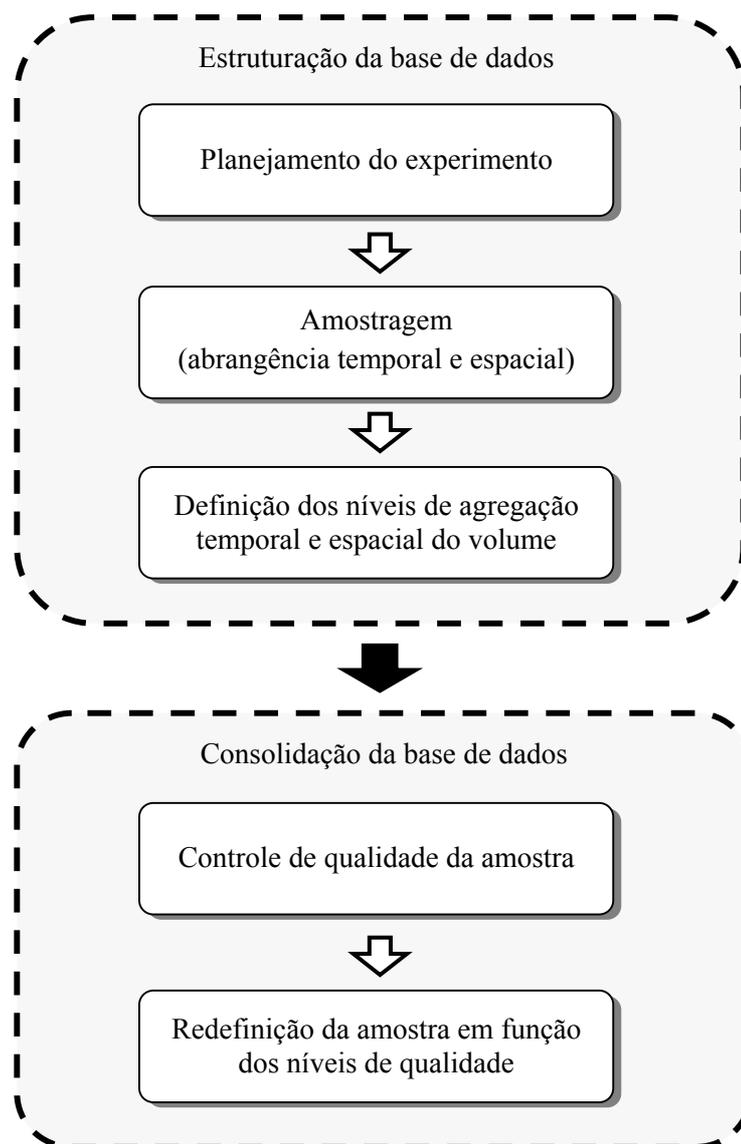


Figura 4.1: Atividades preliminares de estruturação e consolidação da base de dados de fluxo tráfego.

Contudo, convém esclarecer que a estrutura global da metodologia proposta nesta pesquisa é composta por três etapas englobando, além das etapas de estruturação e consolidação desta seção, a etapa de análise da variação do volume de tráfego a qual é apresentada adiante. Dessa forma, as seções a seguir descrevem os aspectos relacionados às atividades preliminares mencionadas, discutindo os critérios metodológicos propostos, assim como a forma em que foram aplicados nesta pesquisa.

4.2.1. Estruturação da Base de Dados de Fluxo

Inicialmente, na fase de planejamento do experimento realiza-se a definição dos elementos básicos e condicionantes da pesquisa, incluindo a avaliação da fonte, forma de obtenção e disponibilidade dos dados de volume de tráfego, assim como os recursos necessários. Relativamente a este problema de pesquisa, os critérios inerentes a esta etapa inicial e uma breve descrição do processo empregado nesse estudo são apresentados na seqüência.

Amostragem Temporal e Espacial

A condição prévia para o desenvolvimento de qualquer avaliação de padrões de circulação do tráfego é a disponibilidade de dados de fluxo em uma abrangência temporal e espacial que seja capaz de satisfazer aos requisitos de precisão e confiabilidade estatística das análises exploratórias e inferenciais.

A abrangência temporal, ou seja, o comprimento do período de amostragem em medições de volume de tráfego é uma função do tipo de contagem que está sendo feita e do uso para o qual os dados de volume serão destinados. Nesse sentido, de forma que a variabilidade a longo e curto prazos possa ser analisada, os dados devem ser amostrados onde há coleta contínua sobre um amplo período de tempo.

Portanto, conforme já mencionado, face à disponibilidade do banco de dados de tráfego do sistema centralizado de controle semafórico desta pesquisa, os dados de volume foram obtidos da base alimentada pela rede de detectores de coleta contínua do sistema SCOOT do CTAFOR.

Os critérios de amostragem espacial, por sua vez, devem considerar a abrangência de cobertura na monitoração da via, de modo a permitir uma avaliação eficiente sobre a homogeneidade espacial do corredor viário, no tocante à sua disposição na malha viária. Assim, considerando as características do sistema de detecção apresentado no Capítulo 3, a cobertura da rede de detectores indutivos usados nesta pesquisa possibilitou uma seleção espacial abrangente, tendo em vista a distribuição espacial desagregada e seqüencial de todos os segmentos viários (*links*) principais da seleção amostral de vias deste estudo.

Agregação temporal e espacial dos dados

Neste passo, os dados são então agregados pela combinação dos aspectos temporais (dia de semana, meses ou anos) e espaciais (corredores viários, direção e sentido), de forma que seja possível classificar e ordenar as categorias em função dos níveis hierárquicos de análise (estratégico, tático e operacional).

A agregação temporal, nesse processo, refere-se ao intervalo de tempo ao qual os dados são resumidos. Devido à natureza detalhada de dados de tráfego coletados de sensores em sistemas ITS (tipicamente coletados em curtos intervalos), a agregação dos dados é um conceito importante a considerar no manuseio de uma base de dados de tráfego (TURNER, 2001).

Do mesmo modo, a consistência das análises depende também da agregação espacial adotada, tendo em vista os dados coletados por laços magnéticos estarem no nível espacial mais desagregado, ou seja, a seção direcional da via (*link*). Assim, conforme o objetivo da análise pretendida, é possível agregar os *links* sob diferentes aspectos espaciais (ex. segmentos ou trechos de vias, corredores viários ou rotas direcionais).

BRYDIA *et al.* (1998) esclarecem que diferentes usos de dados de sistemas ITS requerem distintos níveis de agregação temporal e espacial. Além disso, a combinação de diferentes níveis de agregação de dados de sistemas ITS permite avaliações para diferentes propósitos, desde análises operacionais pontuais em corredores de tráfego até planejamento de longo prazo em áreas.

Por exemplo, aplicações operacionais (ex. controle semafórico) necessitam de informações detalhadas no nível de *links* (espacial) e atualizadas em poucos segundos (temporal). Por outro lado, aplicações de planejamento de transportes requerem dados em níveis mais agregados, ou seja, em períodos mais extensos de tempo (ex. dias, meses ou anos). Portanto, avaliações sobre o comportamento viário urbano requerem uma escala variada de níveis de agregação.

Adicionalmente, essa atividade destina-se também a economizar espaço de armazenamento e reduzir o tempo de processamento computacional dos dados quando analisados ou arquivados. TURNER (2001) ressalta ainda que selecionar o “melhor”

nível de agregação espacial e temporal é uma decisão local, sendo baseada pelas necessidades do analista, como também pelos recursos de gerenciamento de dados disponíveis.

Nesse contexto, a escala de agregação do volume de tráfego empregada nesta pesquisa foi baseada na amplitude temporal de variação. Ou seja, nas variações a longo e médio prazo (anual, mensal e diária), o volume de tráfego foi analisado sob a forma de VMD. Já nos perfis horários foi empregado o fluxo como variável de avaliação.

4.2.2. Procedimentos de Consolidação dos Dados

Controle de Qualidade

Considerando as discussões e recomendações apresentadas na seção 3.4, na qual tratou-se de uma revisão dos aspectos de confiabilidade e qualidade de dados de tráfego, os primeiros passos nesta etapa destinaram-se à remoção de dados de volume nas seguintes situações:

- dias com falhas (remoção do dia completo para falhas em períodos horários);
- datas de feriados públicos oficiais;
- datas de feriados regionais (ex. dia das padroeiras municipal e estadual);
- dias influenciados pelo efeito de feriados, comumente chamados de “período de feriado” (ex. dias que antecedem o carnaval, a véspera de natal, o *reveillon*);
- datas comemorativas relevantes ao efeito no tráfego (ex.: dia do estudante, dia do funcionário público, dia do comerciário);
- datas de eventos e festas regionais (ex.: carnaval fora de época).

WRIGHT *et al.* (1997) alertam que, embora o efeito do feriado e dias especiais seja pequeno nas estimativas médias do volume de tráfego, não é desprezível nos coeficientes de variação correspondentes. Além disso, é necessário identificar e remover adicionalmente os dias em que houve desvios na circulação viária, devido a obras de infra-estrutura (ex. reparos no pavimento, canalizações, drenagem, etc.). Nesta

atividade, convém alertar que a ocorrência de uma intervenção parcial ou total da circulação viária normalmente acarreta em distúrbios sobressalentes às condições típicas do tráfego, relacionadas ao período da intervenção e à sua abrangência espacial. Assim, devem-se considerar todos os locais (*links*) afetados diretamente pela intervenção na via, bem como os segmentos viários indiretamente afetados pelo desvio do tráfego provocado pela situação de obstrução viária.

Da mesma forma, no processo de remoção do período em que ocorreram as intervenções na circulação viária, deve-se considerar a influência da ocorrência sobre os primeiros dias após a liberação dos trechos afetados, tendo em vista o retorno não imediato das condições normais de circulação.

Na seqüência, em conformidade com as discussões apresentadas na revisão bibliográfica, também devem ser definidos procedimentos para a remoção ou correção de valores extremos causados pela ocorrência de situações aleatórias e anômalas na corrente de tráfego, de modo a não afetar a identificação de condições típicas. Para tanto, o processo proposto baseia-se na identificação de *outliers* (discutido na seção 3.4.1) a partir da geração de gráficos *boxplot*, como ilustrado na Figura 4.2.

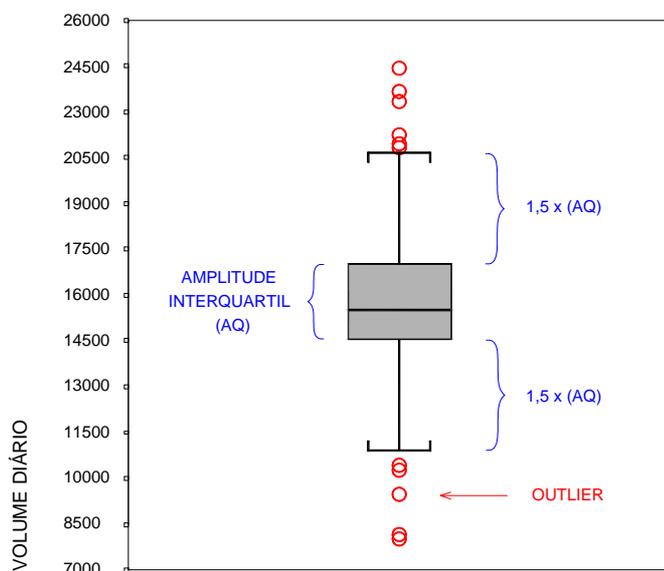


Figura 4.2: Exemplo de diagrama de controle *boxplot* para identificação de *outliers*.

Nesse processo, são considerados *outliers* os valores avaliados que permanecerem fora de um intervalo estabelecido em função da estatística *amplitude*

interquartil (MAROCO, 2003). Esses diagramas são convenientes para revelar tanto o nível de dispersão e distribuição dos dados, quanto à presença de valores extremos. Neste estudo, a geração sistemática destes gráficos de controle para a identificação e remoção dos valores extremos de volume de tráfego diário foi possível com o uso do pacote estatístico SPSS (SPSS, 2001).

Por fim, uma vez definidos e aplicados esses critérios, é importante considerar a redefinição da amostra em função dos níveis de qualidade dos dados. Pois, a confiabilidade das análises depende da suficiência da amostra e das condições de representatividade dos dados de volume ao comportamento típico e real do tráfego.

4.3. MÉTODOS ESTATÍSTICOS DE ANÁLISE DOS DADOS DE VOLUME

O cerne da metodologia de análise proposta consiste em explorar os dados de volume, desenvolver e testar hipóteses e identificar padrões sobre os dados analisados. Para tanto, técnicas estatísticas exploratórias e inferenciais são empregadas nas diferentes formas de agregação da variável volume de tráfego, incluindo: estatística descritiva, testes de aderência e de significância. Estes últimos destinando-se a identificar VMDs mensais e diários (ao longo da semana) significativamente diferentes, podendo ser considerados atípicos, com base em um teste paramétrico de comparações de múltiplas médias: a Análise de Variância, ou ANOVA.

Assim, essa seção discute a adequabilidade da ferramenta estatística de avaliação da variável volume, fazendo-se inicialmente uma breve discussão sobre a distribuição teórica que melhor representa a variável, assim como apresentando-se os testes estatísticos usados para validar a aplicação da técnica mencionada.

4.3.1. Considerações sobre a Avaliação Preliminar da Distribuição de Probabilidade do Volume

O passo inicial na determinação das características do padrão do tráfego é a análise de sua natureza em termos da distribuição de probabilidade populacional. As técnicas estatísticas subseqüentes usadas para avaliar as características das variações do

volume de tráfego, foco principal deste trabalho, dependem do tipo de distribuição de probabilidade assumida pela variável, como por exemplo, a suposição de normalidade da distribuição empírica dos dados de volume veicular diário. Essa investigação é, portanto, uma das exigências para a aplicação de diversos testes estatísticos inferenciais.

STATHOPOULOS e KARLAFTIS (2001) destacam ainda que as características da distribuição das variáveis do tráfego têm diferentes focos para a gestão do tráfego, tanto como base às análises exploratórias de tendência e padrões de comportamento do tráfego, bem como ao nível operacional de suporte a modelos de previsão de tráfego em diversos sistemas ITS. Neste último propósito, os autores citam ainda como exemplo os simuladores usados para avaliar condições previsíveis do tráfego e proporcionar informações de rota e projeção do tempo de viagem aos motoristas. Essas informações dependem de dados providos de estimativas precisas de distribuições de probabilidade, ou seja, a qualidade da informação fornecida aos usuários depende da correta distribuição de fluxo de tráfego especificada.

Contudo, a real motivação para esta etapa preliminar de análise da distribuição do volume neste trabalho situa-se no fato de que, ao analisar as variações temporais do fluxo, técnicas de Análise de Variância (ANOVA) são usadas para testar a significância destas variações e, como é de conhecimento, o ANOVA paramétrico requer como pressuposto inicial que as variáveis examinadas sejam amostradas de populações normalmente distribuídas. Como referência, muitos trabalhos anteriores que analisam variações temporais no fluxo de tráfego usando a análise de variância, examinaram previamente a variável e assumiram em seus estudos a distribuição normal como representativa do volume (McSHANE e CROWLEY, 1976; RIBEIRO, 1991; IVAN *et al.*, 2002).

RAKHA e VAN AERDE (1995), por exemplo, efetuaram testes de aderência da distribuição normal aos dados de volume de tráfego empregados em sua pesquisa, resultando em uma não rejeição da hipótese nula, com significância de 5%. Assim, houve evidência estatística de que a variável volume de tráfego, nas *freeways* americanas de Orlando, é normalmente distribuída. Porém, contrapondo-se às referências citadas, STATHOPOULOS e KARLAFTIS (2001) concluíram sobre o abandono da normalidade nos dados de fluxo de tráfego horário amostral na cidade de

Atenas, Grécia. Analisando várias distribuições, a hipótese nula de normalidade foi rejeitada ao nível de confiança de 90%.

Nesse contexto, evidencia-se a necessidade desta investigação para cada realidade local, tendo em vista os aspectos comportamentais e peculiares, inerentes a cada ambiente urbano. Assim, verificou-se previamente a validade do pressuposto de normalidade da distribuição da variável volume de tráfego diário. O teste usado para verificação de normalidade é o de *Kolmogorov-Smirnov* com adaptação por *Lilliefors*. Este teste para normalidade é baseado na máxima diferença entre a distribuição amostral cumulativa e a distribuição hipotética (MILTON e ARNOLD, 1990).

4.3.2. Princípios de Aplicação da Técnica ANOVA

Conforme mencionado na seção anterior, o procedimento estatístico Análise de Variância (ANOVA) é usado para testar se as interações entre meses e dia de semana são significativas. Além disso, são estabelecidos procedimentos para se agrupar os fatores baseados nos resultados do ANOVA.

Segundo COSTA NETO (1977), “a Análise de Variância é um método suficientemente poderoso para identificar diferenças entre as médias populacionais devidas a várias causas, ou fontes de variação, atuando simultaneamente sobre os elementos da população”. Nesses termos, esta técnica mostra-se útil neste problema pesquisa, tendo em vista o objetivo de avaliação do efeito de fatores temporais (meses e dias de semana) nas medidas médias de volume diário de tráfego veicular.

Contudo, no procedimento paramétrico de análise de variância, além da exigência da independência das variáveis e da normalidade da distribuição, há ainda um pressuposto adicional, o da homocedasticidade ou homogeneidade de variâncias, o qual exige que o nível de dispersão da variável dentro dos grupos seja similar. Para examinar este requisito, a variação dos resíduos como uma função dos valores médios é avaliada aplicando-se o teste de *Levene* (MAROCO, 2003).

Com relação aos critérios de confiança na aplicação do ANOVA, os níveis de significância adotados das análises comparativas dos volumes diários médios mensais e

por dia de semana foram definidos em função da ordem de grandeza das diferenças consideradas estatisticamente significativas.

4.4. ETAPAS METODOLÓGICAS DE ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS PADRÕES DE VARIAÇÃO DO VOLUME DE TRÁFEGO

Esta seção descreve o roteiro metodológico de análise proposto nesta pesquisa de dissertação. A seqüência das atividades dispostas na metodologia de análise segue um critério hierárquico estabelecido pela combinação, primeiramente, da escala temporal de variação do volume de tráfego (iniciando pelas formas mais agregadas de representação do volume), assim como pela amplitude do impacto desta variável em todos os níveis de atuação (estratégico, tático e operacional) direta ou indiretamente afetados, conforme diagrama apresentado na Figura 4.3.

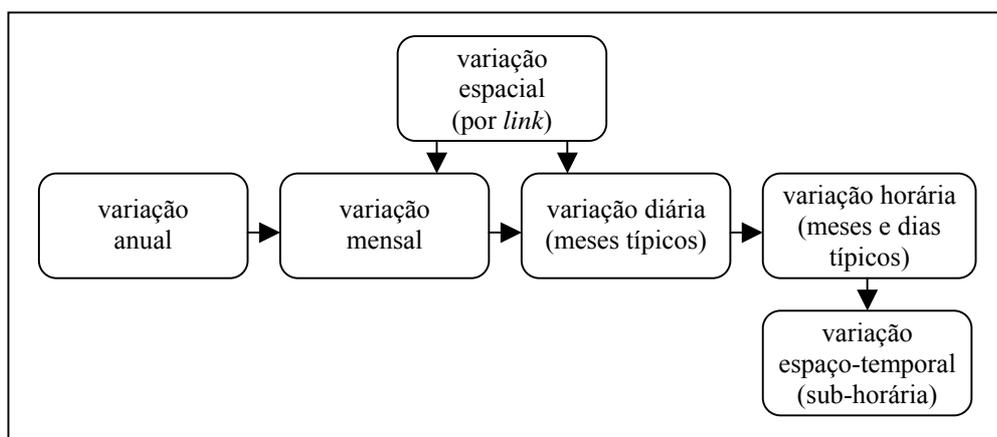


Figura 4.3: Seqüência metodológica de análise dos padrões de variação do volume

4.4.1. Etapas de Análise das Variações Anuais

Destina-se à identificação de tendências de evolução anual do volume de tráfego na área de estudo. O primeiro nível de análise está relacionado a identificar, de forma descritiva, variações no VMD de dias úteis (segunda a sexta) durante os anos com dados disponíveis, e em seguida avaliar a distribuição espacial dessas variações.

Esta análise se justifica dentro de um nível estratégico voltado ao suporte de decisões políticas de amplitude macro, além de fornecer orientação a definições de longo prazo, incluindo dentre outras:

- subsídio à atualização e redefinição da legislação de controle do uso do solo no tocante à funcionalidade e operacionalidade das vias;
- previsão de expansão dos recursos humanos e materiais de gestão do trânsito (ex. sinalização, controle semafórico, fiscalização);
- suporte a diferentes pesquisas de avaliação de desempenho em longo prazo (ex. durabilidade de materiais de sinalização, desempenho de pavimento);

No que se refere ao procedimento de avaliação, as atividades estabelecidas nesta etapa destinaram-se a possibilitar uma caracterização, passo a passo, do comportamento do carregamento viário no longo prazo, sendo descritas na seqüência apresentada na Figura 4.4.

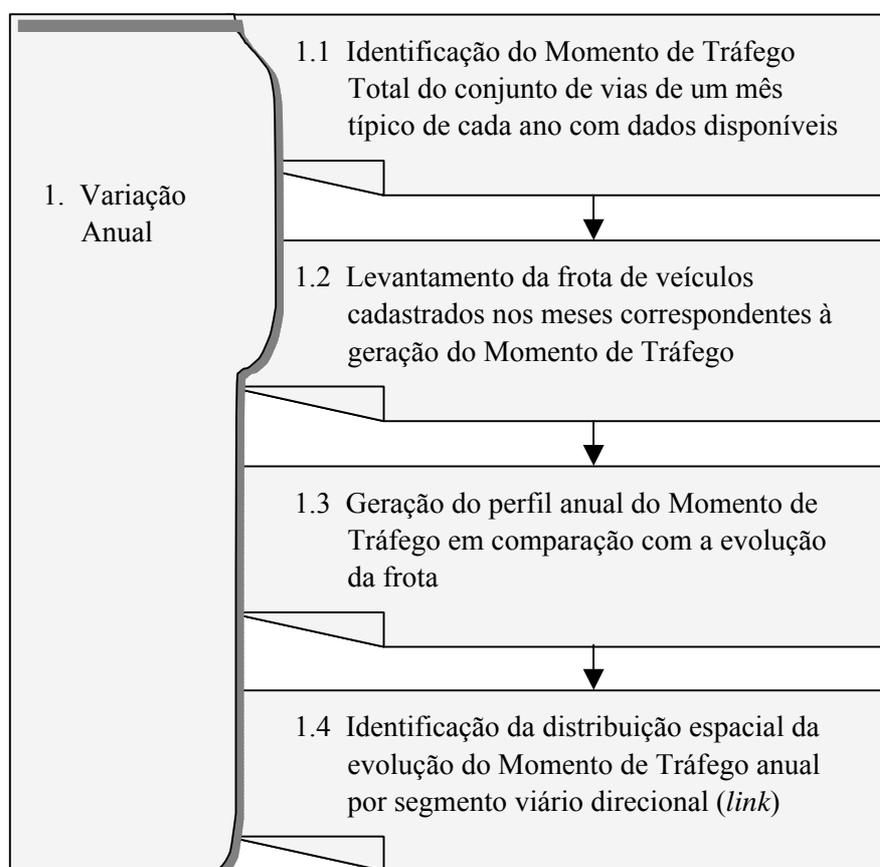


Figura 4.4: Fluxograma de atividades da etapa de análise da variação anual

A forma escolhida para representação da demanda veicular do tráfego nesta etapa é o Momento de Tráfego (discutido na revisão bibliográfica, seção 2.2.3), visto que este reflete de forma mais eficiente as tendências de deslocamento em redes viárias. Os valores do Momento de Tráfego Total (MTT) na rede, em um mês típico de cada ano (atividade 1.1), resultaram da seguinte formulação apresentada pela equação 4.1:

$$MTT_k = \sum_{i=1}^n (VMD_{k, link\ i} \times L_{link\ i}) \quad (4.1)$$

em que,

MTT_k = refere-se ao momento de tráfego total, de um mês típico k , no conjunto de vias da amostra do estudo de caso (em km_x veic.);

$VMD_{k, link\ i}$ = consiste no volume médio diário de dias úteis, de um mês típico k , em um dado $link\ i$;

$L_{link\ i}$ = comprimento do $link\ i$ correspondente, em quilômetros;

n = quantidade total de $links$ que compõe a rede viária analisada.

Na seqüência, as atividades seguintes destinaram-se ao levantamento da frota de veículos cadastrados (atividade 1.2), junto ao banco de dados do Departamento Estadual de Trânsito (DETRAN/CE). Com isso, foi possível estabelecer uma comparação entre o potencial de mobilidade na amostra de vias, representado pelo perfil anual do Momento de Tráfego Total, e a evolução da frota de veículos do município (atividade 1.3), com fins a avaliar e levantar hipóteses sobre as tendências de deslocamento veicular no longo prazo.

Por fim, considerando a natureza espaço-temporal do carregamento viário, a última atividade (1.4), consiste na avaliação da distribuição espacial da variação do momento de tráfego entre os anos disponíveis. Para tanto, pretende-se identificar a evolução do momento de tráfego no nível espacial mais desagregado, ou seja, o $link$.

Acredita-se que essa informação disponibilizada de forma espacial contribua na identificação de eixos viários, ou trechos de vias, que apresentam a necessidade de um tratamento operacional específico, bem como fornecer orientação sobre as tendências de

deslocamento macro da área avaliada e suas deficiências no tocante ao planejamento estratégico da circulação.

4.4.2. Etapas de Análise das Variações Mensais

Essa etapa de análise se justifica em função de sua relevância no suporte a definições de nível tático e operacional, visando a tomada de decisão para a necessidade de adoção de diferentes estratégias operacionais de gerenciamento do tráfego ao longo do ano, tendo em vista a identificação de meses atípicos com relação ao comportamento do volume diário de tráfego.

Além disso, o conhecimento do perfil mensal de variação da demanda veicular fornece subsídio aos analistas em relação ao planejamento para o levantamento do carregamento viário médio como representativo das condições típicas, de modo a evitar uma sub ou superestimação desta medida em projetos e previsão de oferta operacional ou de infra-estrutura viária.

Considerando outros propósitos motivadores deste tipo de análise, pode-se citar ainda, dentre outros:

- orientação quanto ao planejamento de pesquisas de tráfego para alimentação de modelos de previsão e simuladores de tráfego na avaliação de cenários de intervenções viárias;
- auxílio à avaliação e definição de diferentes estratégias de operação semafórica ao longo do ano;
- análise quanto à relação da variação mensal do volume combinado a distribuição das taxas de acidentes ao longo do ano e demais ocorrências de trânsito para a definição de medidas mitigadoras de prevenção em meses específicos;
- redefinição da distribuição dos recursos materiais e humanos de gestão do trânsito (efetivo de operação/fiscalização) durante o ano;
- diretrizes para definição de cronograma e previsão de programas de infra-estrutura (ex. recuperação de pavimentos) ao longo do ano;

Assim, as atividades estabelecidas para a identificação e análise do comportamento mensal do volume de tráfego são descritas a seguir na Figura 4.5.

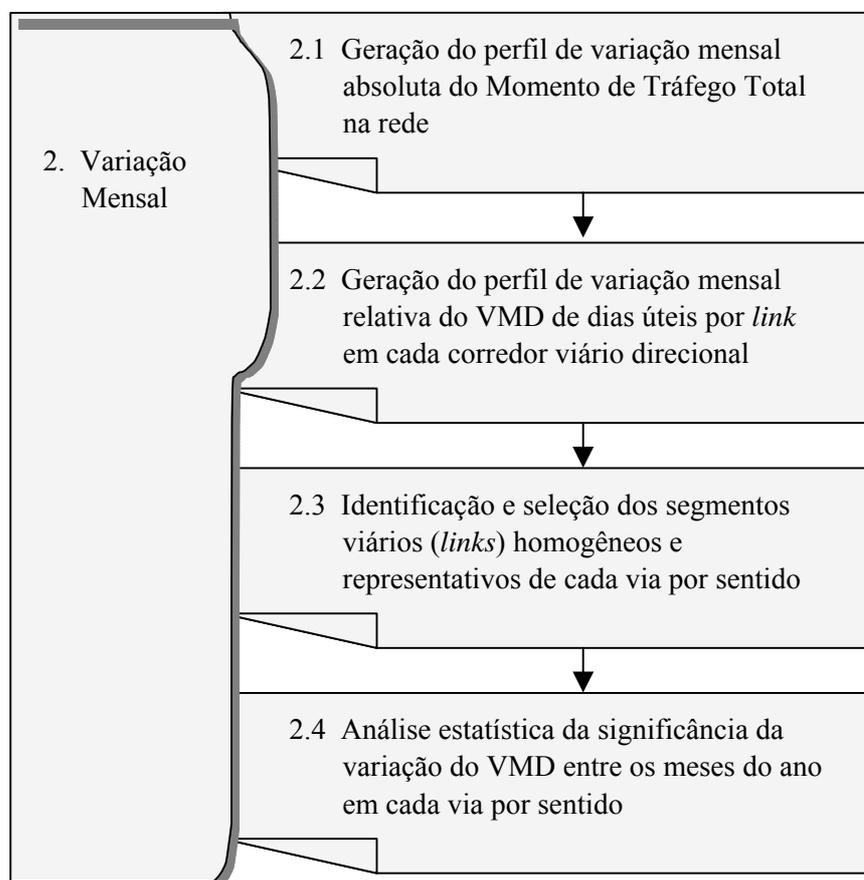


Figura 4.5: Fluxograma de atividade da etapa de análise da variação mensal

A análise desta escala de variação do volume inicia pelo levantamento do perfil global do comportamento do tráfego na rede de vias arteriais ao longo do ano (atividade 2.1). Para tanto, o momento de tráfego da rede é gerado para cada mês visando verificar, primeiramente, a evolução do tráfego anual distribuído ao longo dos meses e, segundo, identificar o padrão de variação mensal do momento de tráfego de dias úteis, de forma a embasar a formulação das hipóteses referentes aos meses atípicos.

Já na atividade 2.2, verifica-se previamente a premissa de que o perfil mensal de variação do VMD de dias úteis não é influenciado pelo fator espacial ao longo da via (posição do *link* na via), ou seja, mesmo considerando diferenças de magnitude do

VMD entre os segmentos de um eixo viário direcional, deseja-se verificar se a distribuição relativa do VMD mensal de cada *link* apresenta padrões semelhantes. A validação dessa premissa é motivada pela necessidade de verificar se os padrões mensais podem ser considerados representativos da via ou de trechos particulares.

Em seguida, é estabelecido neste ponto da metodologia (atividade 2.3), a necessidade da avaliação espacial da magnitude dos VMDs ao longo da via. O propósito desta avaliação baseia-se na necessidade do esclarecimento prévio da distribuição espacial do VMD, tendo em vista a própria natureza desta medida em meio urbano, onde o comportamento do volume está diretamente relacionado à função da via no sistema viário e à disposição do uso do solo ao longo dos seus segmentos. Assim, essas considerações motivaram a geração de perfis espaciais de VMD por *link* em cada via analisada, de forma a possibilitar a identificação de trechos (sub-conjunto de *links* adjacentes), por sentido, a que fosse atribuída a característica de homogeneidade e representatividade do eixo viário.

Ademais, em relação à realização destas avaliações espaciais antes dos testes de significância sobre os VMDs mensais, convém esclarecer que a necessidade da identificação e seleção de segmentos viários adjacentes que sejam considerados homogêneos e representativos em cada via, resultou da preocupação em obter resultados estatisticamente válidos que possam ser atribuídos, de forma geral, ao comportamento médio da via; reduzindo assim, o risco de que possíveis alterações de origem aleatória em algum *link* possam comprometer o julgamento global sobre a distribuição temporal da via.

Dessa forma, os critérios que definiram a identificação dos trechos homogêneos e representativos basearam-se tanto na posição do *link* na via, como também na magnitude do VMD entre segmentos adjacentes. Neste último, verificou-se a dispersão do VMD em cada *link*, considerando a distribuição normal como significativamente aderente à distribuição do volume (a que foi previamente testada), foi selecionado o trecho que contivesse a maior quantidade de *links* adjacentes com o seu VMD dentro do intervalo de $\pm 1,5s$ (em que s representa o desvio padrão do VMD dos *links* adjacentes). A avaliação destes perfis espaciais encontra-se no Capítulo 5 a seguir, como também complementado no Anexo II deste trabalho.

A atividade 2.4, por sua vez, finaliza essa etapa de avaliação mensal dos volumes destinando-se a analisar, por meio do teste de significância de análise de variância, as médias mensais de volumes diários significativamente semelhantes. Este método, quando avaliado juntamente com o perfil mensal relativo do VMD entre os meses do ano, sobreposto aos respectivos intervalos de confiança em cada mês, auxilia a identificação de subconjuntos de meses considerados típicos.

4.4.3. Etapas de Análise das Variações Diárias

Subseqüentemente, são avaliados os volume diários médios ao longo dos dias da semana. Em linhas gerais, esta etapa se justifica em função de sua importância ao embasar a adoção e avaliação de diferentes ações e operações de gerenciamento do tráfego ao longo da semana. De fato, ao permitir a identificação de dias de semana típicos em diversas vias, essa etapa fornece informações estratégicas e operacionais a diferentes propósitos, incluindo por exemplo:

- avaliação de diferentes estratégias de operação semafórica por dia de semana;
- análise da correlação do volume médio e taxas de acidentes ao longo da semana, de modo a permitir a identificação da influência da variação diária nos períodos de concentração dos acidentes, assim como fundamentar o planejamento de campanhas, ações preventivas e medidas de tratamento em dias específicos;
- subsídio ao planejamento de pesquisas, projetos e operações de tráfego no sentido de possibilitar o levantamento da demanda típica do tráfego.

O fluxograma da Figura 4.6 apresenta as atividades estabelecidas nesta etapa de análise.

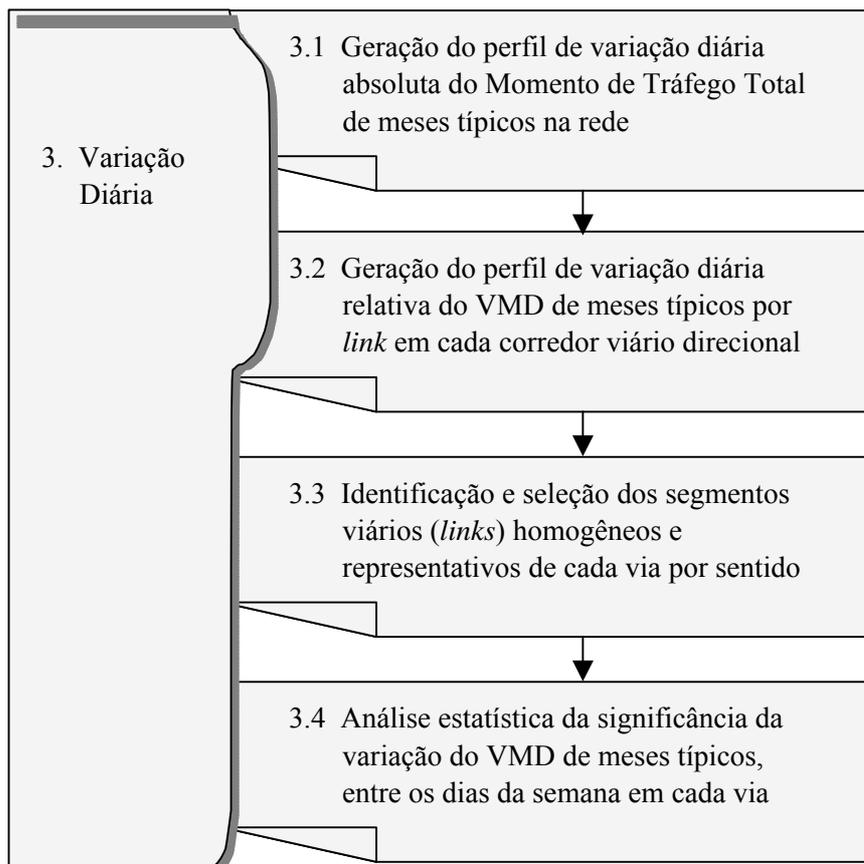


Figura 4.6: Fluxograma de atividade da etapa de análise da variação diária

Seguindo a mesma estrutura metodológica da etapa de análise da variação mensal, a atividade 3.1 refere-se à avaliação preliminar do comportamento típico global da rede pela geração da distribuição do momento de tráfego total (de meses típicos) ao longo dos dias da semana. Na seqüência, a atividade 3.2 consiste basicamente no mesmo propósito discutido na segunda atividade da etapa de avaliação mensal da variação dos volumes diários, ou seja, a verificação da premissa de que o perfil temporal de variação do volume diário entre os dias da semana segue o mesmo padrão ao longo dos segmentos da via.

Da mesma forma, a atividade seguinte (3.3) representa os mesmos objetivos e procedimentos estabelecidos na etapa anterior, referente à identificação e seleção dos segmentos homogêneos e representativos da via em relação à distribuição espacial do VMD. Assim, esta atividade incorpora os resultados obtidos na atividade 2.3.

Por fim, a atividade 3.4 trata da análise estatística da significância das médias de volume diário entre os dias úteis da semana. No entanto, considerando que esta etapa está inserida no contexto geral da metodologia de avaliação das condições típicas, os VMDs de dias de semana avaliados restringem-se aos meses identificados como típicos pela etapa anterior de análise mensal. Assim, analogamente à etapa anterior de análise inferencial dos VMDs mensais, a análise de variância das médias de volume diário por dia da semana permite a identificação de comportamentos significativamente atípicos entre os dias úteis em cada via avaliada por sentido.

4.4.4. Etapas de Análise das Variações Horárias

A análise da distribuição horária do volume de tráfego destina-se principalmente aos objetivos operacionais de gerenciamento do tráfego. Ou seja, uma vez obtidos os padrões típicos de variação horária do fluxo de tráfego, é possível identificar os períodos críticos de carregamento viário, e assim projetar e implementar estratégias de gerenciamento da oferta, de forma a adequá-la às demandas dos picos ao longo do dia. Nesse sentido, pode-se citar ainda outros propósitos motivadores, como por exemplo:

- auxílio à identificação de níveis de capacidade viária atual, em análise e concepção de projetos de infra-estrutura e de sistemas de gestão;
- fornecimento de dados necessários à geração dos parâmetros básicos de programação semafórica adequados ao período crítico do tráfego;
- subsídio a demais definições de operação semafórica, relacionadas à quantidade e aos instantes programados de implementação de diferentes planos semafóricos de tempo fixo (tabela horária de programação);
- suporte ao planejamento de distribuição e dimensionamento do efetivo de operação e fiscalização de trânsito ao longo do dia;

De forma geral, esta etapa resume-se primeiramente à obtenção dos valores representativos de condições típicas de fluxo de tráfego a partir da expansão dos valores médios de volume armazenados em intervalos de 15 minutos, e à geração dos perfis horários típicos do tráfego considerando uma triagem preliminar baseada nos resultados das avaliações mensais e diárias.

Além disso, conforme recomenda MONTGOMERY *et al.* (1998) quando afirmam que “gerar perfis de fluxos horários médios de dias úteis da semana pelos meses do ano pode revelar dependências sazonais”, é interessante observar a influência dos demais fatores temporais na distribuição horário do fluxo, de forma a identificar padrões específicos de comportamento horário, e assim possibilitar a avaliação de diferentes estratégias de gerenciamento do tráfego.

Portanto, como complemento a esta etapa metodológica de avaliação da distribuição horária do fluxo de tráfego, orienta-se a obtenção de perfis horários típicos das vias avaliadas gerados de forma desagregada em função dos fatores mencionados (meses do ano e dias da semana).

4.4.5. Método de Avaliação Espaço-Temporal: Superfícies de Fluxo

Ainda como parte do processo metodológico de análise da variação horária e sub-horária, esta seção apresenta um método de avaliação espaço-temporal do fluxo de tráfego, de modo que permita avaliar, de forma clara e sistêmica, a distribuição horária do carregamento veicular ao longo do corredor viário direcional.

Em princípio, BRYDIA *et al.* (1998) esclarecem que a apresentação de informações de grandes bases de dados de tráfego representa uma etapa essencial na interpretação efetiva dos dados. Nesse sentido, os autores afirmam ainda que a visualização espacial se destaca devido à sua capacidade de incorporar atributos espaciais às informações apresentadas, permitindo identificar relacionamentos, padrões e tendências.

Neste contexto, torna-se evidente os benefícios potenciais da agregação das dimensões temporal e espacial na análise de dados de fluxo de tráfego urbano. Para tanto, é proposto um método baseado na geração de superfícies típicas do fluxo de tráfego horário de dias úteis de semana.

Como referência, este processo foi empregado por RAKHA e VAN AERDE (1995) na *freeway* I-4 em Orlando, EUA. Usando dados de um período de 75 dias de coleta, com aproximadamente 10 dias diferentes de dados disponíveis para cada dia da semana, nas 24 estações de laços detectores em 16 km da via, foi possível gerar uma

superfície que representasse o perfil diário médio de fluxo de tráfego ao longo da via. Uma ilustração do método aplicado no referido estudo é apresentada na Figura 4.7.

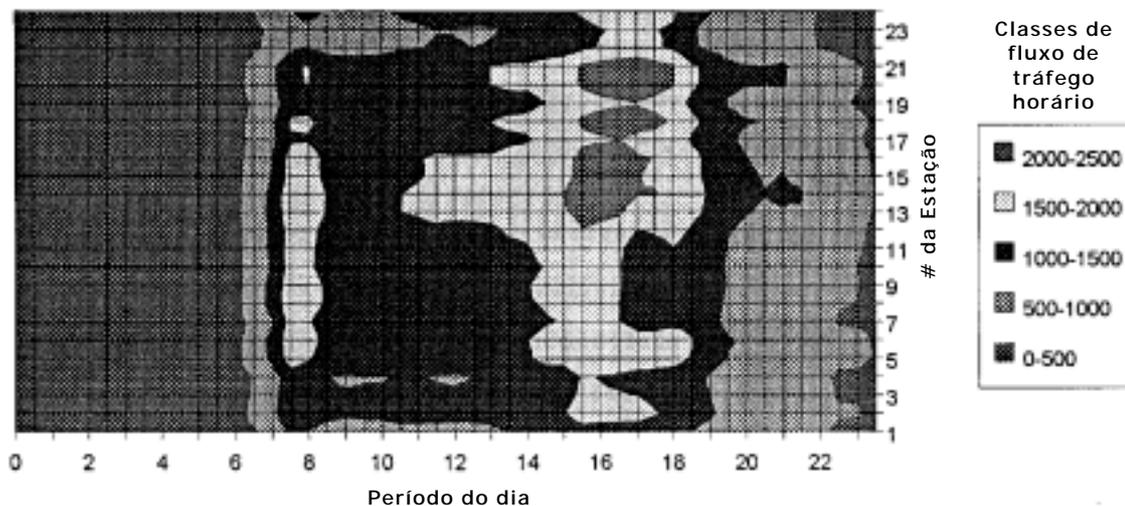


Figura 4.7: Gráfico de superfície espaço-temporal do fluxo de tráfego médio em uma *freeway* de Orlando, Flórida. (RAKHA e VAN AERDE, 1995)

Neste gráfico de superfície de fluxo, o eixo 'x' representa o período horário do dia, enquanto o eixo 'y' representa as estações dos laços detectores numeradas de 1 a 24, ordenadas espacialmente e no sentido do fluxo de tráfego. Dessa forma, cada célula formada pela combinação dos pares (x,y) representa o fluxo de tráfego horário apresentado em uma escala de cinco categorias de magnitude de fluxo em cores distintas. As isócronas de fluxo são então geradas pela interpolação dos valores médios de fluxo em cada par cartesiano.

Assim, convém esclarecer que mantendo a coerência do processo metodológico de análise proposto nesta pesquisa, esta etapa também se destina à investigação e identificação de condições típicas de comportamento espaço-temporal do fluxo de tráfego. Portanto, analogamente à etapa anterior de análise dos perfis temporais de variação horária, os dados usados na geração destas superfícies de fluxo referem-se aos meses e dias de semana típicos identificados nas etapas anteriores.

Dentre os possíveis benefícios e informações obtidas da análise descritiva das superfícies espaço-temporal de fluxo, pode-se incluir por exemplo:

- auxílio à definição, em conjunto com demais indicadores, de sub-áreas de controle semafórico, tendo em vista a possibilidade de delimitação de segmentos homogêneos ao longo do corredor quanto à magnitude e variação do fluxo de tráfego durante o dia;
- identificação de trechos críticos ao longo do corredor, no sentido de selecionar segmentos (espaço) e períodos (tempo) que apresentam perfis específicos de distribuição horária e que, potencialmente, necessitem de tratamento operacional diferenciado (ex. operação semafórica, circulação);
- possibilidade de correlacionar, de forma simultânea, as dimensões espacial e temporal do fluxo à distribuição de acidentes de trânsito, com fins a identificar relações não triviais de causa e efeito das ocorrências em relação à variação do fluxo;

Dessa forma, recomendando a geração das superfícies de fluxo para cada via analisada, esta etapa finaliza a metodologia de análise dos padrões de variação espaço-temporal do volume de tráfego.

CAPÍTULO 5

ESTUDO DE CASO: PADRÕES DE VARIAÇÃO DO VOLUME DE TRÁFEGO EM FORTALEZA

5.1. APRESENTAÇÃO

Uma vez estabelecidas as etapas metodológicas de análise do volume de tráfego, este capítulo apresenta a aplicação da metodologia proposta para o caso do ambiente urbano de uma amostra da malha viária arterial da cidade de Fortaleza. Assim, análises estatísticas exploratórias e inferenciais são conduzidas nas diversas distribuições temporais a fim de identificar os seus padrões, considerando para tanto, os aspectos espaciais das características do volume de tráfego da realidade local.

Inicialmente é realizada uma caracterização da área, na qual se contextualiza o ambiente do estudo de caso aos objetivos propostos nesta pesquisa. Dessa forma, são apresentadas as características do sistema CTA de Fortaleza (CTAFOR). Na seqüência, considerando o roteiro metodológico de estruturação e consolidação dos dados, proposto no capítulo anterior, é apresentada uma avaliação inicial da qualidade da base de dados de volume de tráfego armazenada no ASTRID do sistema SCOOT do CTAFOR.

Em seguida, a variação do volume de tráfego é investigada, avaliando a sua distribuição conforme as tendências anuais, a sazonalidade, o dia da semana, o período do dia e os aspectos espaciais. O fluxo foi então agrupado de acordo com estas variáveis e foram gerados perfis de fluxo médio para cada grupo usando técnicas de modelagem estatística para examinar esses perfis.

Por fim, em acordo com a metodologia proposta, na avaliação horária são apresentadas as superfícies espaço-temporais do fluxo de tráfego para a área de estudo, na tentativa de identificar relações não triviais na combinação das dimensões espaço-tempo na distribuição horária típica do fluxo de tráfego.

5.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Fortaleza ocupa uma área de 313,1 km² (IPECE, 2004), tinha em 2000 uma população de 2,14 milhões de habitantes (IBGE, 2000), correspondendo a 30% da população cearense, e atualmente uma frota de aproximadamente 430 mil veículos (DETRAN/CE, 2004). O processo de urbanização acelerada e desordenada que vem ocorrendo em Fortaleza, nas últimas décadas, desencadeou uma série de problemas e carências na infra-estrutura viária.

Um recente diagnóstico do sistema viário e da circulação de Fortaleza (SEINFRA, 2002), verificou que a rede viária da cidade apresenta uma forte concentração de viagens ao longo de vias que convergem para a área central e leste do município, correspondendo às áreas mais densas da cidade e, conseqüentemente, as que concentram os principais problemas relacionados ao trânsito. A configuração radial da malha viária principal, ilustrada na Figura 5.1, ressalta a ausência de ligações perimetrais e transversais, obrigando aos usuários a utilizarem os eixos arteriais saturados, o que justifica uma investigação das características operacionais desta classe.

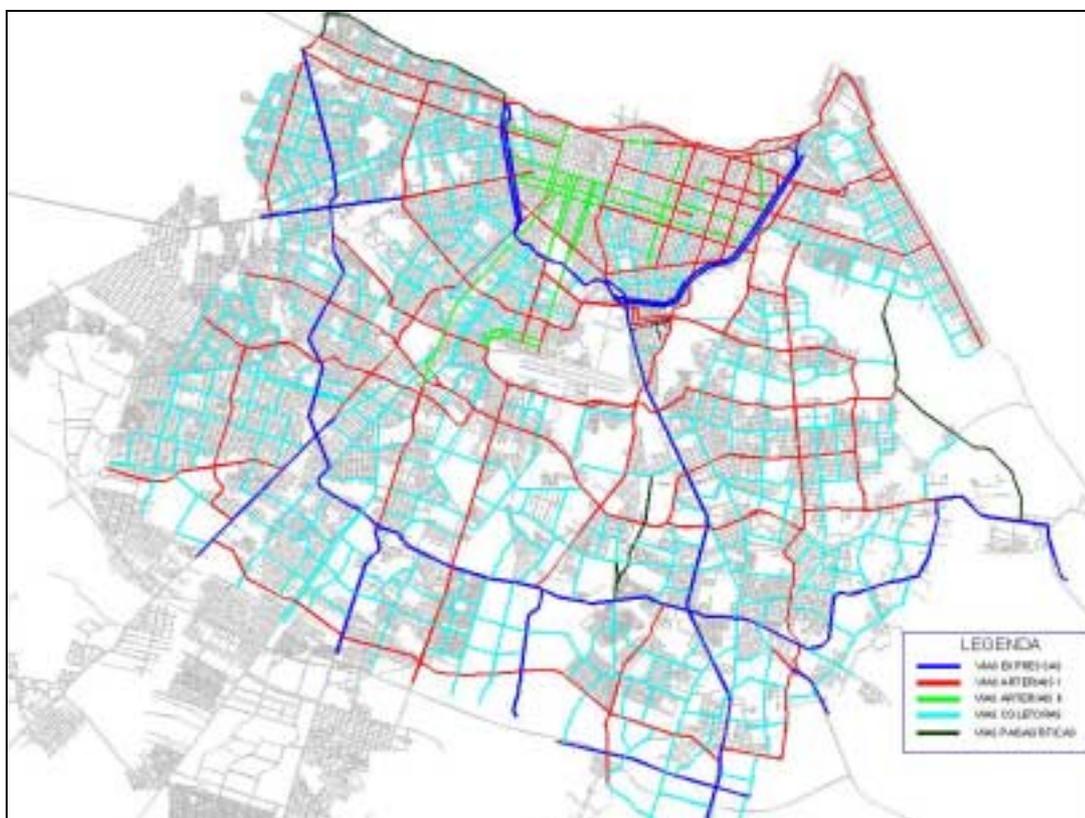


Figura 5.1: Sistema viário principal de Fortaleza

O sistema viário mais adensado, composto basicamente pela Área Central e os bairros Aldeota e Meireles, caracteriza-se por uma região de topografia plana, composta por ruas e avenidas dispostas em sua maioria nas direções norte-sul e leste-oeste, configurando uma malha ortogonal e reticular praticamente regular. Esta parcela do sítio urbano corresponde à área mais consolidada do município no tocante ao uso do solo. Além disso, em algumas vias localizadas nesta região a circulação de veículos é feita em sentido único, operando no esquema “binário”, característica esta condicionada pela insuficiência de seção transversal e facilitada pelo traçado ortogonal predominante.

No que se refere à hierarquia viária, uma vez definida a classe de vias arteriais como objeto de estudo desta pesquisa, convém esclarecer inicialmente que a regulamentação das vias em Fortaleza é regida pela Lei de Uso e Ocupação do Solo – LUOS (PMF, 1996), a qual segundo a sua própria definição “é a lei que regulamenta a implantação das atividades no tecido urbano, no tocante aos aspectos relativos à adequação de usos, normas e padrões de ocupação, incluindo a classificação viária”.

Relativamente à classificação viária, que corresponde à identificação da via pela sua função no sistema viário urbano, a LUOS estabelece as seguintes classes: vias expressas, arteriais, comerciais, coletoras e locais. Conceitualmente, a LUOS define que as vias arteriais “são aquelas destinadas a absorver substancial volume de tráfego de passagem de média e longa distância, a ligar pólos de atividades, a alimentar vias expressas e estações de transbordo e carga, conciliando estas funções com a de atender ao tráfego local, com bom padrão de fluidez”.

Além disso, a referida lei desdobra esta classe em arterial I e II, e esclarece que funcionalmente estas duas se assemelham, distinguindo-se pela dimensão de sua caixa e pela intensidade de fluxo. A LUOS elucida ainda que “de maneira geral, as atividades ocorrem no tecido urbano seguindo alguns pressupostos: nas vias arteriais I são adequadas às atividades de médio porte e nas vias arteriais II podem ser instaladas as atividades comerciais e de serviços com portes menores”.

5.2.1. O Sistema Centralizado de Controle de Tráfego de Fortaleza

Seguindo a tendência das grandes cidades, o sistema centralizado de controle de tráfego de Fortaleza (CTAFOR) foi implantado em outubro de 2001 com o objetivo de

propiciar uma sobrevida ao sistema viário da área mais adensada e saturada do seu município (LOUREIRO *et al.*, 2002). Com essa finalidade, três subsistemas foram integrados numa mesma central de operações: um sub-sistema de monitoração remota do tráfego por circuito fechado de televisão (CFTV), um sub-sistema de painéis de mensagens variáveis (PMV) e um sub-sistema de controle centralizado de semáforos.

O primeiro sub-sistema permite o monitoramento remoto do tráfego nas principais interseções semaforizadas da cidade, por meio de 30 câmeras de vídeo. Já o segundo sub-sistema viabiliza a comunicação com os usuários do sistema viário, por meio de 20 painéis localizados nos corredores arteriais mais carregados. O terceiro sub-sistema, por sua vez, otimiza a operação semafórica de 192 cruzamentos (41% da rede semafórica), a partir de dados de tráfego coletados em campo, em tempo real, buscando reduzir os atrasos e números de paradas em todas as aproximações destas interseções (LOUREIRO *et al.*, 2002). A Figura 5.2 apresenta a área de cobertura operacional dos três sub-sistemas do CTAFOR.



Figura 5.2: Área de cobertura operacional do sistema CTAFOR

Conforme mencionado, o CTAFOR conta com uma moderna tecnologia de gerência semafórica, que otimiza *on-line* os tempos dos semáforos em função das variações na demanda. O sistema é baseado na técnica SCOOT, discutida na seção 3.2.1, e o fluxo de informações do processo de otimização semafórica no CTAFOR é desencadeado conforme apresentado na Figura 5.3.



Figura 5.3: Fluxograma do processo de otimização semafórica do sistema SCOOT no CTAFOR

5.2.2. Delimitação e Configuração da Rede Viária em Estudo

A área selecionada para o estudo de caso desta pesquisa refere-se à rede viária arterial monitorada pelo sistema semafórico do CTAFOR (correspondendo à área sombreada de verde na Figura 5.2), compreendendo os bairros: Aldeota, Meireles, Praia de Iracema, Dionísio Torres, bem como parte dos bairros Joaquim Távora e Centro.

Assim, em acordo com a etapa de amostragem apresentada na seção 4.2.1 da metodologia, os princípios que nortearam a seleção da amostra de vias monitoradas pelo CTAFOR basearam-se na tentativa de abranger a população de vias arteriais com diferentes condições geométricas e operacionais dentro da referida área de estudo. As 16 vias selecionadas estão listadas na Tabela 5.1.

Tabela 5.1: Listagem do conjunto amostral de vias selecionadas para o estudo de caso

Ordem	Logradouro	Classificação Funcional (LUOS)	Sentido	Quantidade de <i>Links</i>
01	Avenida Dom Manuel	Arterial I	Norte-Sul	04
			Sul-Norte	04
02	Avenida Rui Barbosa	Arterial II	Norte-Sul	08
03	Avenida Barão de Studart	Arterial I	Norte-Sul	09
			Sul-Norte	08
04	Avenida Desembargador Moreira	Arterial I	Norte-Sul	09
			Sul-Norte	09
05	Avenida Senador Virgílio Távora	Arterial II	Norte-Sul	11
			Sul-Norte	11
06	Avenida Pontes Vieira	Arterial I	Leste-Oeste	09
			Oeste-Leste	08
07	Avenida Antônio Sales	Arterial I	Oeste-Leste	05
08	Rua Padre Valdevino	Arterial II	Leste-Oeste	10
09	Avenida Heráclito Graça	Arterial II	Leste-Oeste	09
			Oeste-Leste	09
10	Avenida Padre Antônio Tomás	Arterial II	Leste-Oeste	08
			Oeste-Leste	08
11	Avenida Santos Dumont – parte 1	Arterial I	Oeste-Leste	06
12	Avenida Santos Dumont – parte 2	Arterial I	Leste-Oeste	06
			Oeste-Leste	06
13	Rua Costa Barros	Arterial II	Leste-Oeste	05
14	Avenida Dom Luis	Arterial I	Leste-Oeste	04
			Oeste-Leste	04
15	Avenida da Abolição	Arterial I	Leste-Oeste	04
			Oeste-Leste	05
16	Avenida Historiador Raimundo Girão	Arterial II	Leste-Oeste	03
			Oeste-Leste	03

Relativamente às principais características, esse conjunto (Tabela 5.1) possui na sua maioria vias de mão dupla com duas faixas de tráfego por sentido e com canteiro central. Conta ainda com 5 das 16 vias operando em sentido único, sendo que 2 destas possuem três faixas de tráfego. No que se refere às características operacionais, a amostra contempla diversos tipos e funcionalidades, incluindo vias essencialmente de tráfego de passagem, eixos de ligação leste-oeste, como também apresenta rotas com predominância comercial, residencial e turística.

5.2.3. Seleção da Amostra de *Links*

Nesta etapa, uma vez selecionadas as vias a serem analisadas (*ver* Tabela 5.1), foram estabelecidos dois critérios básicos de definição do escopo amostral dos segmentos (*links*) que compuseram os trechos das vias selecionadas: (1) a configuração de *layout* da disposição física do laço de detecção na via e (2) o nível de qualidade dos dados disponíveis de cada *link*.

O primeiro critério de delimitação dos trechos das vias monitoradas foi empregado com o propósito de assegurar uma amostragem homogênea de *links* em relação às características inerentes ao processo de coleta de dados. Ou seja, este critério foi motivado na tentativa de diminuir a margem de erro potencial entre o volume veicular real que passa sobre o laço indutivo e o correspondente valor medido de LPU convertido em fluxo estimado.

Em resumo, foi assumido como hipótese que o processo de coleta e conversão em unidade de veículos é influenciado fortemente pelo *layout* de disposição do laço de detecção na via (ex. laços dispostos na linha de retenção ou após o cruzamento). A margem de erro sugerida é baseada na suspeita de que a relação entre LPU e veículo equivalente apresenta comportamento diferenciado em laços detectores que possuam *layouts* específicos comparados à configuração típica de laço simples de detecção.

Da mesma forma, segmentos de via com dois ou mais laços detectores dispostos no mesmo sentido da via também foram removidos da amostra. Normalmente, essa configuração particular (*links* com laços detectores em cada faixa de tráfego), é destinada a monitorar movimentos específicos de conversão configurados nos semáforos correspondentes. Logo, essas configurações específicas de disposição dos laços de detecção foram suprimidas do escopo amostral de *links*, permanecendo somente os segmentos de via monitorados por tipo simples de laço de detecção configurados com *layout* típico (*ver* Figura 3.3, pág. 32).

Ademais, as hipóteses inerentes de erros associados a outras características do dispositivo de coleta de dados (ex. variação temporal da conversão de LPU), que poderiam influenciar o resultado das análises comparativas de estimativas temporais médias do volume, foram assumidos como constantes na análise.

Por fim, o segundo critério adotado na seleção dos trechos da amostra de vias a serem analisadas, refere-se ao nível de qualidade dos dados de volume em todos os *links* das vias selecionadas. Assim, este critério resultou na remoção dos *links* que apresentaram um percentual de falhas superior a 40%, o que corresponde a uma amostra insuficiente em relação à quantidade média de dias úteis em todos os meses do ano. Ou seja, este nível de qualidade de dados disponíveis foi definido considerando estimativas do tamanho mínimo necessário das amostras nos agrupamentos definidos pela combinação dos dias da semana e meses do ano.

Dessa forma, esse processo de seleção dos trechos que compõem a rede viária arterial deste estudo resultou em um total de 185 *links* selecionados para análise (listados no Anexo I deste trabalho). A Figura 5.4 apresenta a configuração da amostra de vias e seus respectivos trechos, selecionados para este estudo de caso.

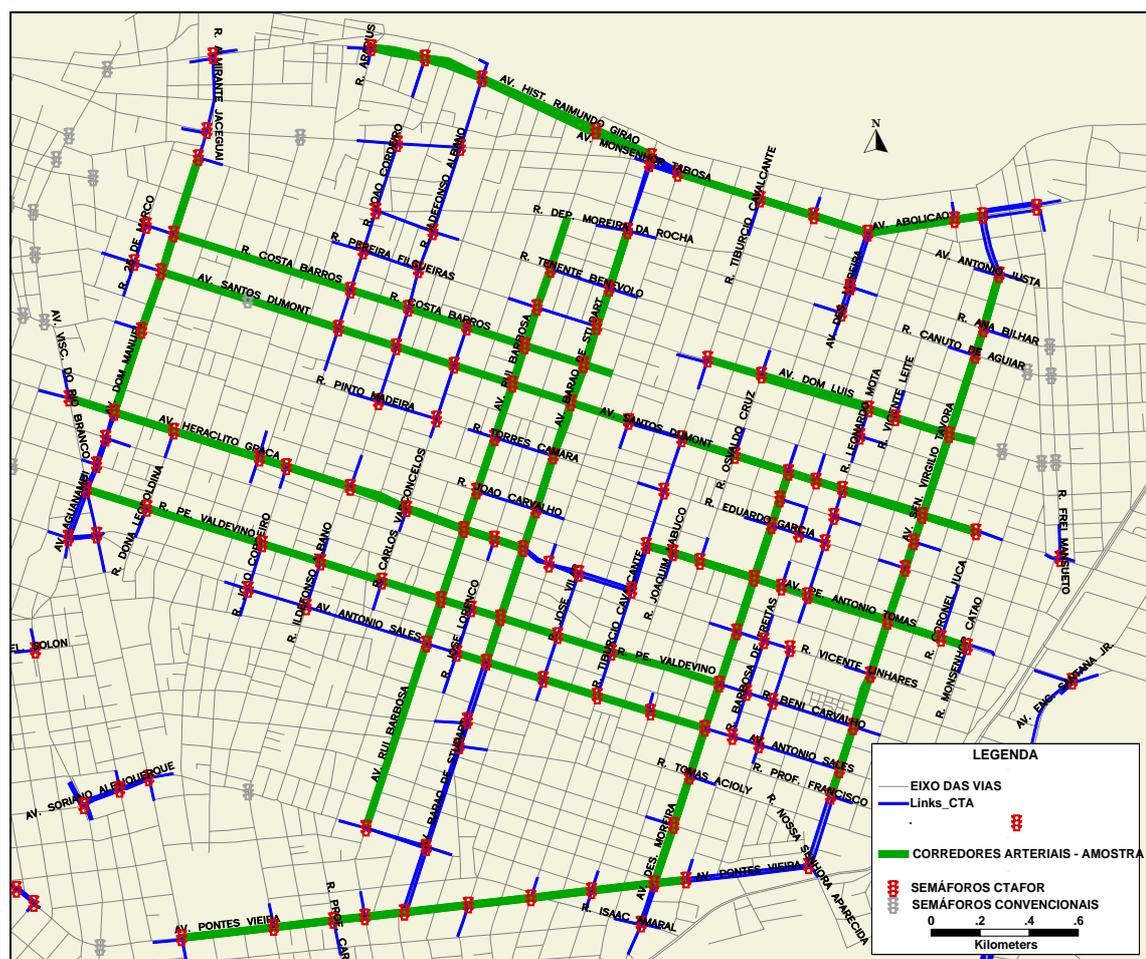


Figura 5.4. Seleção dos segmentos viários que compõem o conjunto amostral de vias arteriais avaliadas.

5.3. TRATAMENTO E PROCESSAMENTO DOS DADOS

Esta seção destina-se a descrever o processo computacional conduzido desde a fase de extração dos dados no banco de dados ASTRID do sistema SCOOT, passando pelo processamento automático dos arquivos em formato de dados brutos, até o tratamento e a estruturação dos arquivos na base de dados de análise.

Na etapa inicial mencionada, a qual refere-se ao processo de aquisição dos dados brutos no banco de dados, foi usada como meio de acesso uma rotina computacional pertencente à interface lógica TRANSCOOT (MENESES, 2003), apresentada na revisão bibliográfica (seção 3.3.2). O uso deste aplicativo foi necessário em virtude das limitações de acesso aos dados no ASTRID, no qual é possível somente a extração de dados de tráfego (ex. volume, ocupação, atraso, etc) em intervalos de períodos mensais e de um detector por vez, em cada requisição de acesso ao banco, o que acarretaria uma demanda de tempo e disponibilidade inexecutáveis. Contudo, com o TRANSCOOT foi possível acessar e extrair, de forma automática e dinâmica, os dados de volume do conjunto de *links* previamente selecionados em um ambiente SIG.

Na seqüência, os procedimentos gerais de tratamento e processamento dos dados foram implementados utilizando a planilha eletrônica *Excel*, da *Microsoft*. Nesta plataforma, os arquivos brutos em formato “.txt” (ASCII) foram convertidos em estruturas de base de dados tipo “.dbf” (dBase file). Este formato foi definido em virtude da compatibilidade de leitura pelo *software* estatístico SPSS, ambiente em que foram realizadas todas as análises exploratórias e os testes de significância nos dados de volume de tráfego deste estudo.

Contudo, em virtude da grande quantidade de arquivos gerados no processo de extração do banco de dados, o qual resultou da combinação do total de *links* e meses do ano (185 *links* para cada mês), os 2220 arquivos necessitaram ser estruturados, resumidos e categorizados em função dos fatores e atributos de análise (matrizes de *links* vs. intervalo sub-horário vs. dia da semana vs. mês do ano). Dessa forma, a estruturação da base de dados foi possível a partir do desenvolvimento de rotinas computacionais na linguagem *Visual Basic for Applications* (VBA).

5.4. DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA BASE DE DADOS DE VOLUME DO CTAFOR

Segundo WRIGHT *et al.* (1997), “monitorar falhas nos dados, usando gráficos de falhas e métodos de análise exploratória, pode revelar facilmente padrões sistemáticos de dados perdidos”. Nesse sentido, os autores afirmam ainda que esses possíveis padrões sistemáticos de falhas sinalizam potenciais problemas de equipamento, provendo assim valiosa informação para os programas de manutenção. Ademais, a identificação de padrões de dados perdidos ajuda a orientar os usuários a evitar análises tendenciosas e erros de interpretação dos dados.

Nesse contexto, antes da aplicação dos procedimentos de consolidação e controle de qualidade definidos na metodologia, esta etapa destinou-se a avaliar o nível de qualidade dos dados de volume de tráfego disponibilizados no banco de dados do sistema SCOOT do CTAFOR. Para tanto, foram gerados gráficos de falhas nos segmentos viários (*links*) ao longo dos corredores viários para o ano de 2003, conforme exemplo apresentado na Figura 5.5 para a avenida Rui Barbosa, em que as lacunas nas tarjas de cada *link* representam os dias com dados faltosos ou falhos ao longo do ano.

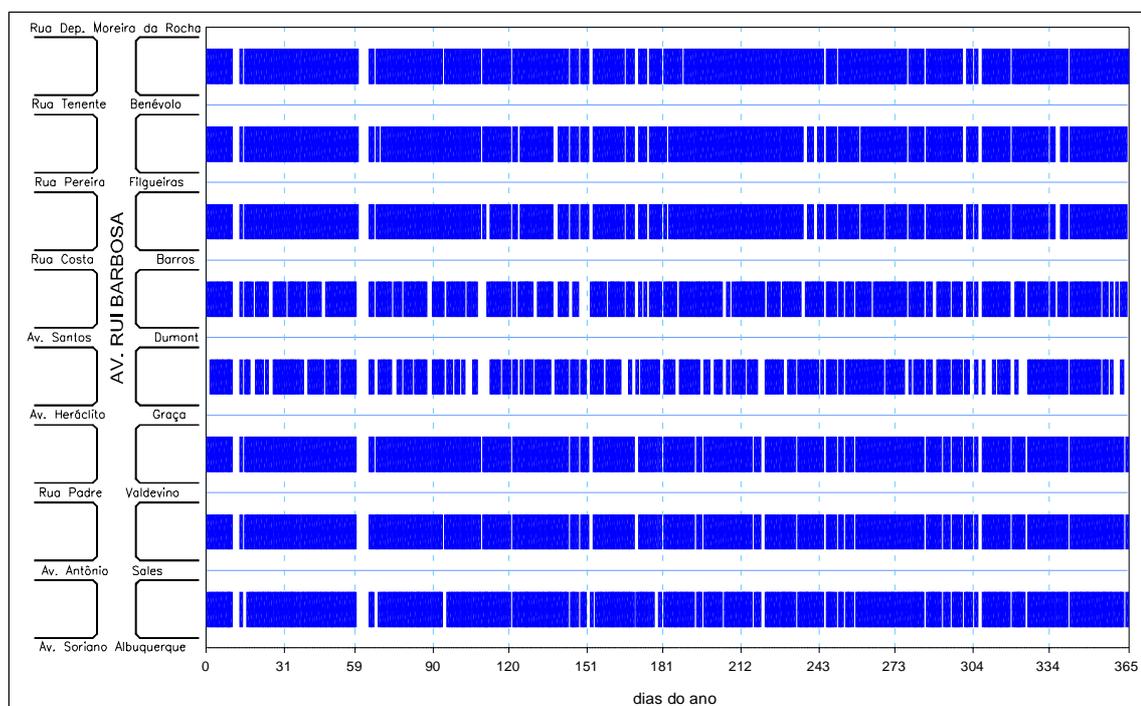


Figura 5.5: Distribuição espaço-tempo de dias com falhas por *link* ao longo do corredor viário da avenida Rui Barbosa no ano de 2003.

A avaliação visual do gráfico apresentado permite concluir sobre o padrão fundamentalmente aleatório na ocorrência de falhas no ano de 2003, nesta via. Concomitantemente, as demais vias que compõem a área de estudo acompanham o mesmo padrão aleatório de falhas.

Considerando um diagnóstico preliminar ao processo de consolidação da base de dados amostral, o nível global de falha resultante da consistência nos dados foi da ordem de 17,6%, considerado aceitável em relação aos requisitos de precisão e confiabilidade das estatísticas de análise previstos na literatura. Da mesma forma, a distribuição mensal do nível de falhas do conjunto de vias, exibida na Figura 5.6, apresenta um perfil de falhas em que os níveis variam entre 9% e 24%, no qual as evidências sugerem não comprometer as avaliações temporais, ou seja, ratificando um padrão de falhas essencialmente aleatório.

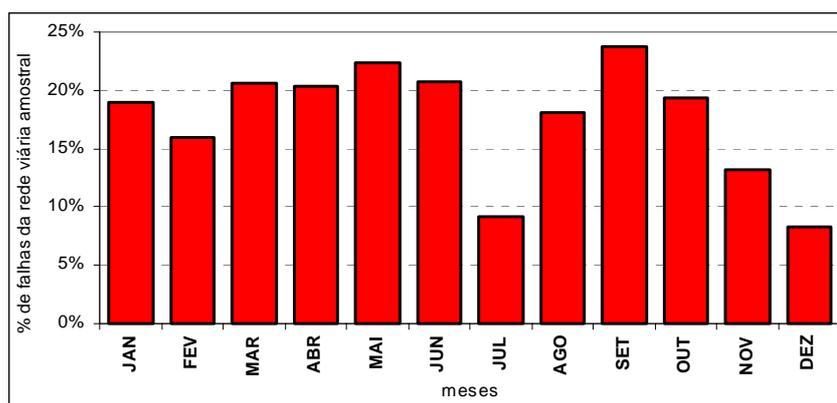


Figura 5.6: Distribuição do percentual de falhas na coleta dos dados de volume ao longo do ano de 2003 na amostra de vias selecionadas.

5.5. IDENTIFICAÇÃO DOS PADRÕES TEMPORAIS E ESPACIAIS DE VARIAÇÃO DO VOLUME DA ÁREA DE ESTUDO

Esta seção destina-se à aplicação das etapas metodológicas de análise propostas no capítulo anterior, onde o comportamento e o padrão de variabilidade do fluxo de tráfego é investigado e examinado. Para tanto, são apresentados os resultados das análises descritivas e inferenciais sobre a variação do volume de tráfego na amostra de vias selecionadas neste estudo de caso.

5.5.1. Variação Anual

Nesta etapa é avaliada a evolução do tráfego ao longo dos anos e, dessa forma, com base em análises descritivas e exploratórias dos resultados da variação anual do carregamento veicular, é possível pesquisar sobre as causas e os efeitos associados às tendências de evolução do tráfego na área de estudo.

Assim, de acordo com as atividades estabelecidas na metodologia de análise, a variável usada no processo de análise descritiva das tendências de crescimento em longo prazo do carregamento viário é o momento de tráfego total da rede, representado em função do VMD de dias úteis de um mês considerado típico de cada ano - neste caso, o mês de abril. Conforme discutida previamente, esta medida possibilita uma boa indicação do potencial de deslocamento veicular em ambiente urbano, pois relaciona a demanda na rede ao seu percurso percorrido.

Por conseguinte, a evolução da frota de veículos registrados no município também é apresentada com o propósito de estabelecer uma avaliação comparativa à variação do momento de tráfego total da rede. O período de avaliação compreendeu os anos de 2002 a 2004 em virtude da disponibilidade de dados armazenados no ASTRID. A Figura 5.7 apresenta o perfil de variação anual nas vias deste estudo de caso.

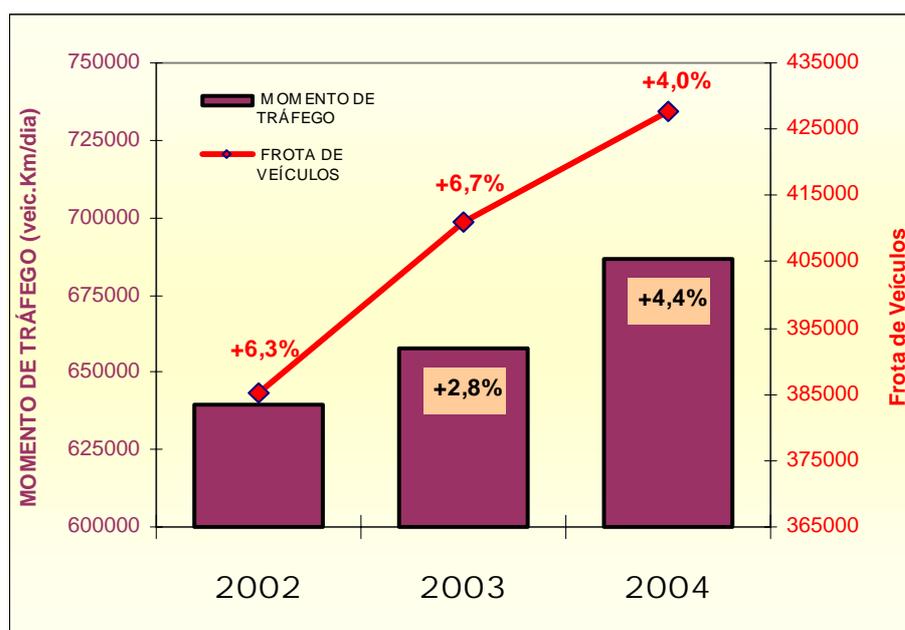


Figura 5.7: Variação anual do momento de tráfego diário médio na área de estudo comparativamente à evolução da frota (mês de abril de cada ano).

Uma avaliação preliminar deste perfil permite verificar o nível elevado das taxas de crescimento do tráfego nas vias arteriais selecionadas, principalmente considerando a evolução do tráfego entre 2003 e 2004, período no qual a taxa de crescimento do momento de tráfego (4,4%) foi superior ao respectivo aumento relativo da frota registrada de veículos (4,0%) no município.

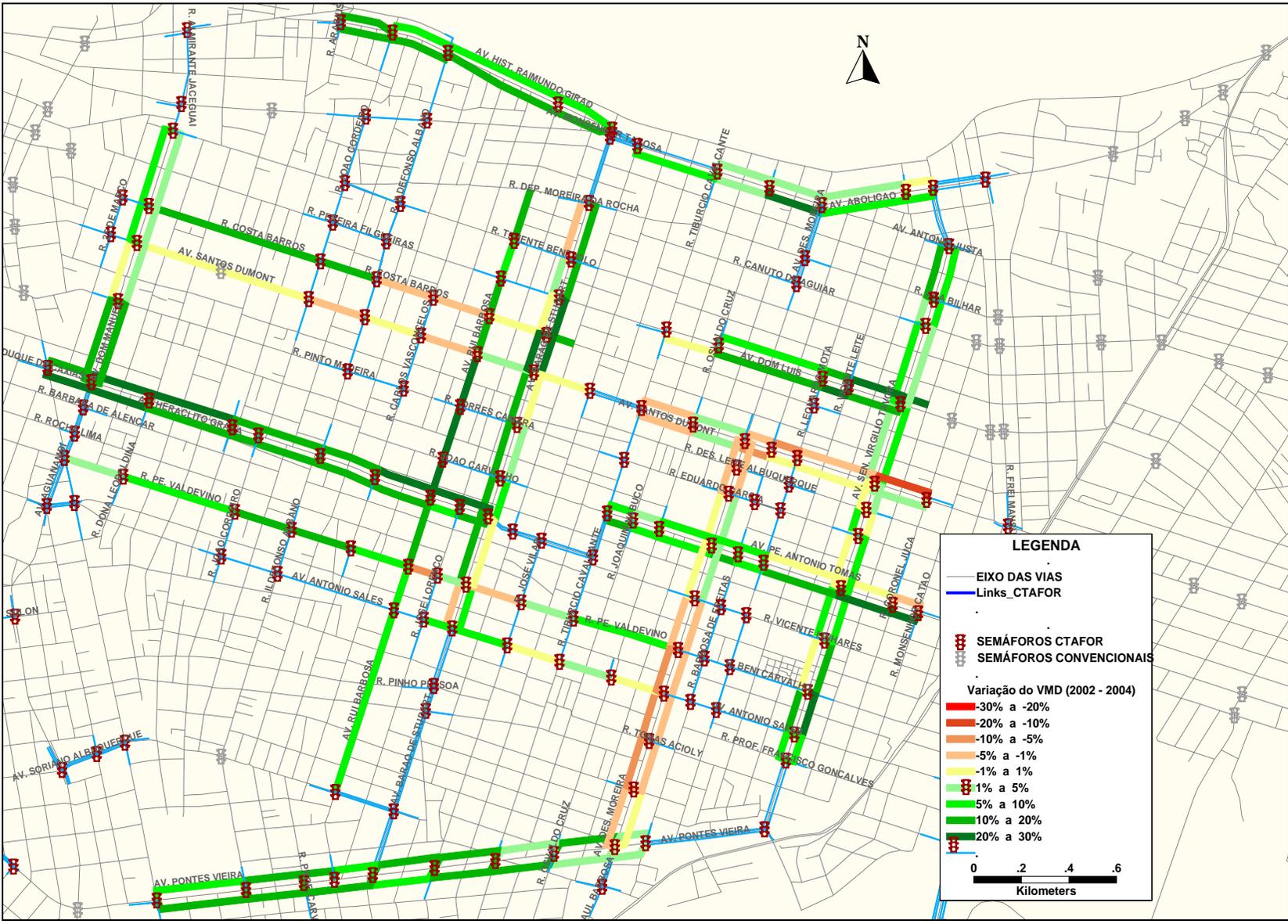
Ademais, considerando as características de expansão restrita das atividades urbanas da região, que encontram-se bastante consolidadas no tocante ao uso do solo, essa tendência de crescimento do momento de tráfego alerta para uma situação potencialmente crítica, em médio prazo, de um desequilíbrio alarmante entre o crescimento acentuado da demanda e a limitação de oferta de capacidade viária.

Nesse contexto, a necessidade por ações visando garantir um nível satisfatório mínimo de mobilidade é imperativa e urgente. Diversas alternativas podem ser postuladas, incluindo desde soluções operacionais paliativas como a implementação de estratégias de gerenciamento da oferta viária operacional (ex. evolução e expansão da tecnologia semafórica, sistemas de informação ao usuário), bem como um planejamento estratégico sustentável com políticas de incentivo e investimento no transporte público coletivo.

Distribuição espacial por *link* das taxas de variação anual do momento de tráfego

Na seqüência do roteiro metodológico proposto de análise exploratória da variação anual, considerando a natureza espaço-temporal do volume de tráfego, verificou-se a hipótese de que a taxa de crescimento anual do tráfego na rede de 2002 a 2004 não apresenta uniformidade no espaço. Ou seja, foi avaliada a suposição de que os *links* da rede arterial selecionada apresentam diferentes taxas de evolução do tráfego em virtude das características dispersas do uso do solo e da configuração da macro circulação, inerente ao ambiente urbano.

Dessa forma, realizou-se um levantamento da distribuição espacial por *link* das taxas de variação anual do momento de tráfego, relativo a um VMD mensal de cada ano, resultando no mapa temático apresentado na Figura 5.8.



Realizando uma inspeção visual no mapa da Figura 5.8, é possível constatar o efeito do fator espacial na evolução temporal do tráfego em longo prazo. Um exame espacial mais detalhado no mapa permite identificar tendências de redistribuição dos deslocamentos das principais vias desta área.

Nesse sentido, a despeito do crescimento verificado em quase toda a rede, verifica-se que algumas avenidas apresentaram, de forma predominante, taxas negativas de variação do momento de tráfego como, por exemplo, as avenidas Desembargador Moreira e Santos Dumont, que possuem particularmente baixa fluidez com altos níveis de saturação e congestionamentos. Neste cenário, as evidências sugerem que esteja ocorrendo uma tendência natural de migração do fluxo de determinadas vias, com baixos níveis de serviço, para rotas alternativas por vias paralelas ou pelas vias coletoras e locais.

5.5.2. Variação Mensal

Conforme definido na metodologia de análise, esta etapa destina-se primeiramente à avaliação do perfil de momento de tráfego agregado espacialmente. Ou seja, propõe-se inicialmente a avaliar de forma descritiva a distribuição mensal do carregamento da rede ao longo do ano visando estabelecer bases para a formulação de hipóteses sobre o comportamento típico mensal do volume de tráfego, tendo em vista a análise individual das vias selecionadas neste estudo de caso.

Dessa forma, considerando que o período de análise compreendeu os 12 meses do ano de 2003 em virtude da disponibilidade integral deste no banco de dados do ASTRID, a Figura 5.9 apresenta a distribuição mensal do momento de tráfego total na rede, considerando separadamente a agregação de todos os dias da semana e os dias úteis.

A avaliação do perfil global de variação mensal da rede possibilita identificar a distribuição do crescimento do tráfego no decorrer do ano e, além disso, é possível confirmar o padrão mensal de comportamento referente aos dias úteis. Nesse sentido, ao examinar o referido perfil mensal, verifica-se que a época de início e fim de ano é, como já de percepção geral, um período de comportamento atípico de tráfego em virtude das férias escolares e de trabalho. Além disso, na maioria das vias urbanas, o mês de julho

também apresenta um comportamento anômalo em relação aos demais meses por pertencer também ao calendário de recesso escolar.

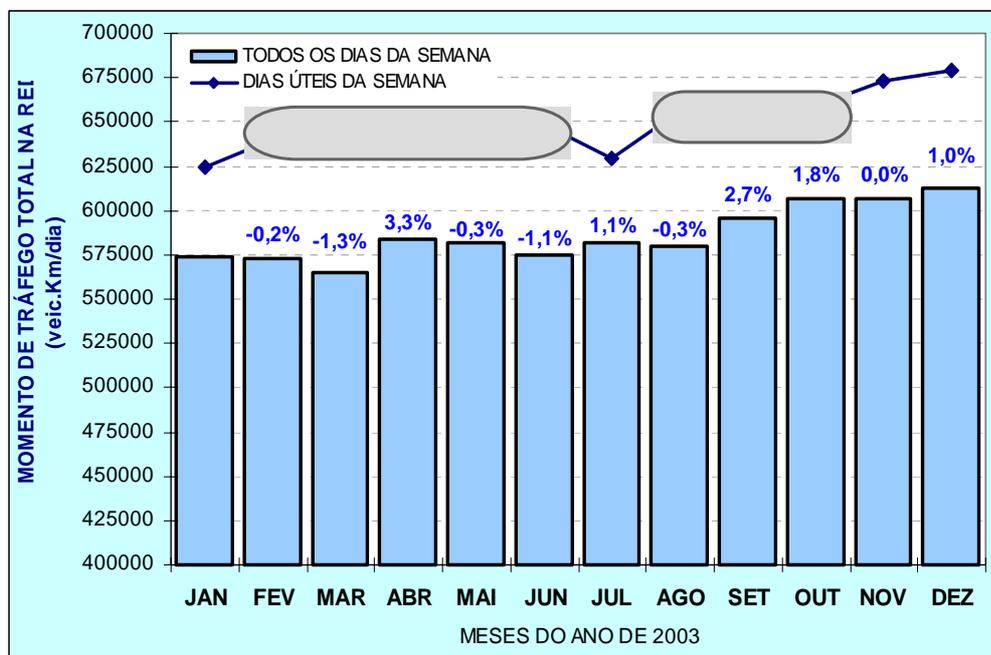


Figura 5.9: Distribuição mensal da evolução do momento de tráfego total do conjunto de vias que compõem a rede viária analisada.

Avaliação dos aspectos espaciais na variação mensal do volume de tráfego

Na seqüência, apresentada a variação global da rede viária arterial desse estudo, o roteiro metodológico proposto define como necessária nesta etapa a análise dos aspectos espaciais do VMD de dias úteis, de forma que proporcione uma avaliação espacialmente representativa dos segmentos na via, e desta na rede viária.

Dessa forma, considerando inicialmente a premissa a ser verificada de que o perfil mensal de variação dos VMDs não é influenciado espacialmente pela posição do *link* ao longo da via (atividade 2.2 da seção 4.4.2), foram realizadas análises exploratórias do comportamento mensal dos volumes diários, por *link*, em cada via que compõe a amostra desta pesquisa. A Figura 5.10 apresenta como exemplo os resultados dessa avaliação em 2 das 27 análises realizadas, por sentido, no conjunto das 16 vias selecionadas.

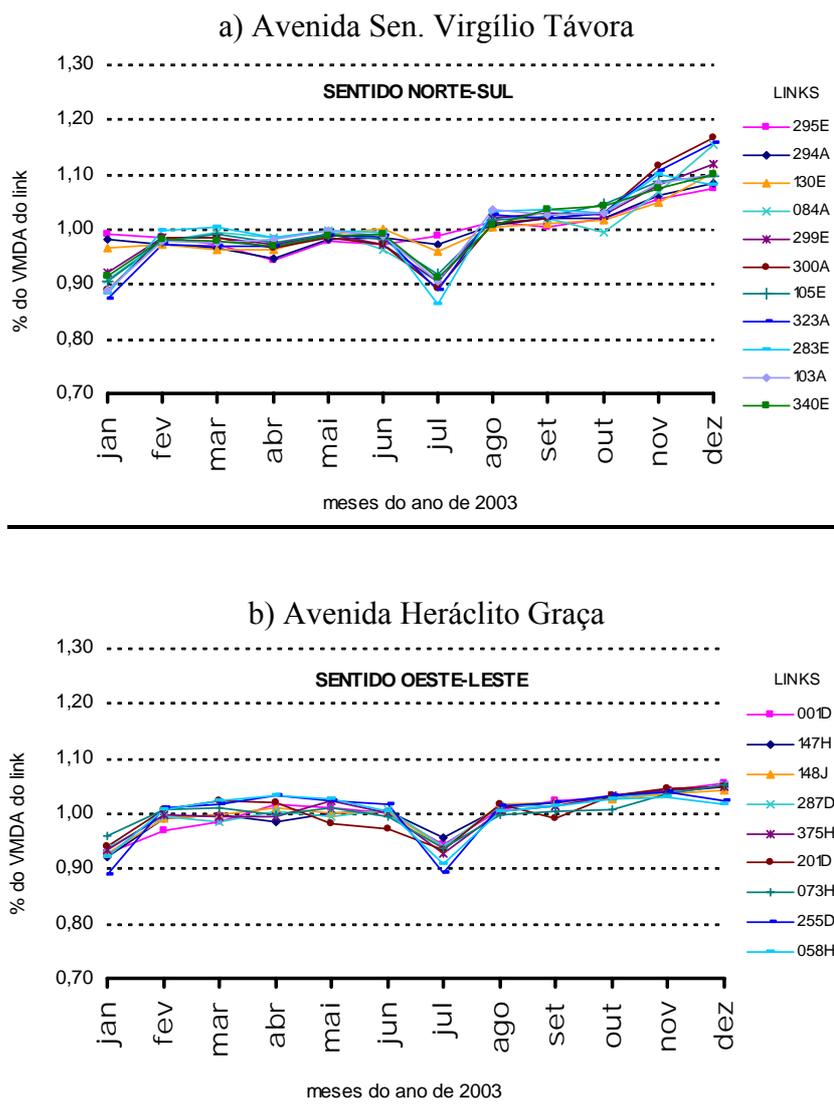


Figura 5.10: Perfis de variação mensal relativa do VMD por *link*

Analisando os perfis da Figura 5.10, verifica-se que, aparentemente nestes exemplos, a premissa previamente formulada pode ser validada, ou seja, a disposição espacial dos *links* ao longo da via parece não afetar o perfil médio de variação mensal dos volumes diários.

No entanto, ao examinar com mais detalhe o perfil de variação relativa da avenida Sen. Virgílio Távora, sentido norte-sul (item 'a' da Figura 5.10), percebe-se a ocorrência de um padrão particularmente diferenciado nos três primeiros *links* da via, os quais correspondem a um trecho com características operacionais distintas dos demais segmentos que compõem o corredor viário neste sentido. O trecho mencionado refere-se

especificamente aos segmentos situados entre as avenidas Antônio Justa e Dom Luis, e que devido às características de uso do solo e a proximidade às rotas consideradas de predominância recreacional e turística, podem explicar o comportamento diferente nos meses potencialmente atípicos. Assim, este tipo de avaliação mostrou-se útil na identificação de trechos que podem necessitar de tratamento operacional específico em determinados períodos do ano.

Contudo, a despeito da exceção deste perfil mencionado, a avaliação geral do conjunto de vias, que se encontra disponível no Anexo III deste trabalho, permite concluir sobre a homogeneidade espacial da variação mensal do VMD, o que possibilita genericamente que a identificação do padrão mensal de variação do volume diário em pequenos trechos seja considerado representativo do comportamento médio da via.

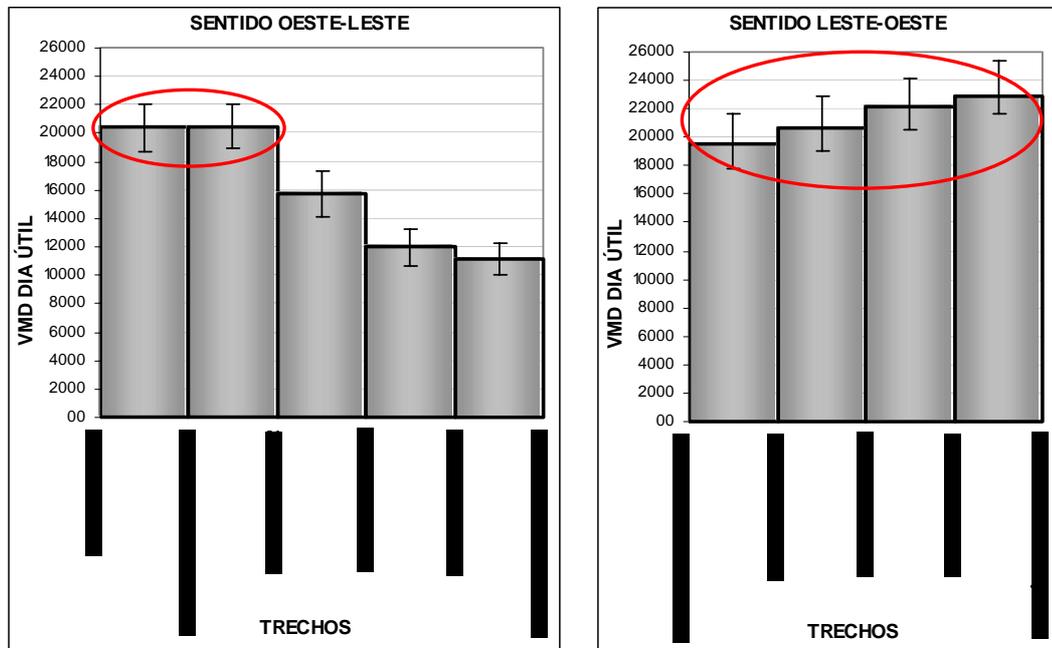
Relativamente ao outro aspecto espacial, previamente definido na metodologia de análise (atividade 2.3), esta avaliação destinou-se a verificar a distribuição espacial do VMD por *link* ao longo da via para a identificação de trechos homogêneos. Assim, enquanto que a avaliação anterior se propôs a avaliar a homogeneidade espacial em relação à variação temporal do VMD, é também pertinente e complementar a análise quanto à homogeneidade espacial da magnitude do volume diário médio.

Nesse sentido, foram gerados perfis espaciais do VMD de dias úteis para todas as vias em estudo. Os critérios adotados para a identificação dos trechos espacialmente homogêneos foram discutidos na atividade 2.3 da metodologia de análise (*ver* seção 4.4.2, pág. 62). A Figura 5.11 ilustra, como exemplo, a seleção dos trechos nos perfis espaciais de duas vias arteriais da amostra deste estudo de caso.

Observam-se, nos perfis espaciais apresentados, diferentes padrões de distribuição do carregamento ao longo da via, tendo em vista as diversas características funcionais e de uso do solo, intrínsecas a uma rede viária urbana. Como informação complementar, a disposição espacial da magnitude do VMD entre os segmentos viários representa o nível de capilaridade e ramificação do fluxo de tráfego ao longo da via. Ou seja, caracteriza a via pela intensidade de alimentação ou fuga de volume de tráfego pelas vias transversais, a qual proporciona uma informação útil, por exemplo, na definição da melhor estratégia de operação e coordenação semafórica na via. Como exemplo, verifica-se na Figura 5.11 (b), um maior nível de homogeneidade espacial do

volume no trecho avaliado, o que sugere ser uma via com tráfego de passagem predominante.

a) Av. da Abolição



b) Av. Santos Dumont (sentido único)

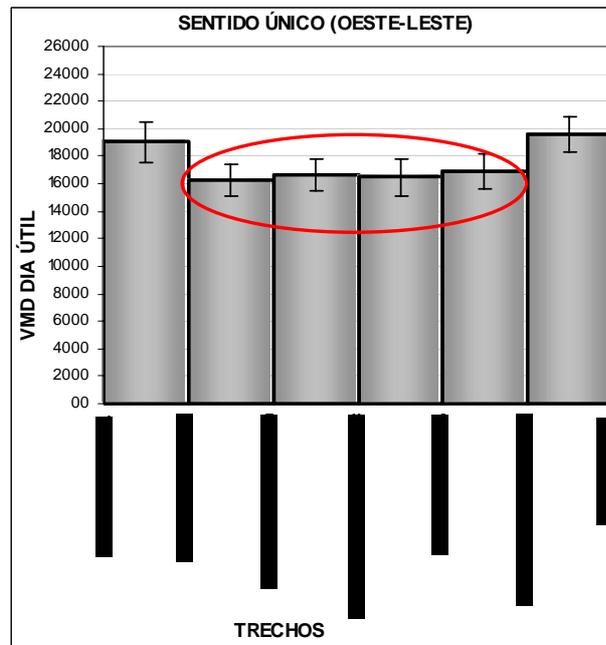


Figura 5.11: Perfis de variação espacial do VMD de dias úteis e identificação de trechos espacialmente homogêneos

Assim, esses e outros aspectos podem ser identificados a partir da análise da distribuição espacial do VMD. Os perfis do conjunto de vias arteriais selecionadas neste estudo de caso encontram-se no Anexo II deste trabalho.

Por fim, concluindo a análise exploratória dos aspectos espaciais nos perfis mensais, é apresentada uma fonte marcante de variação espacial do volume de tráfego em vias urbanas, a qual corresponde à direção e ao sentido da corrente de tráfego. Neste nível de agregação do volume, verificou-se nas vias arteriais que compõem a amostra desta pesquisa que os padrões mensais de variação são fortemente influenciados pelo sentido de circulação do tráfego, apresentando inclusive perfis temporais de variação expressivamente díspares na mesma via. A Figura 5.12 ilustra a distribuição mensal do VMD de dias úteis em duas vias de sentido duplo.

Uma vez constatado este fenômeno, justifica-se a avaliação dos padrões temporais das 16 vias selecionadas por sentido de circulação, o que acarreta num total de 27 unidades de análise tendo em vista a amostra conter apenas 5 vias de sentido único (ver Tabela 5.1).

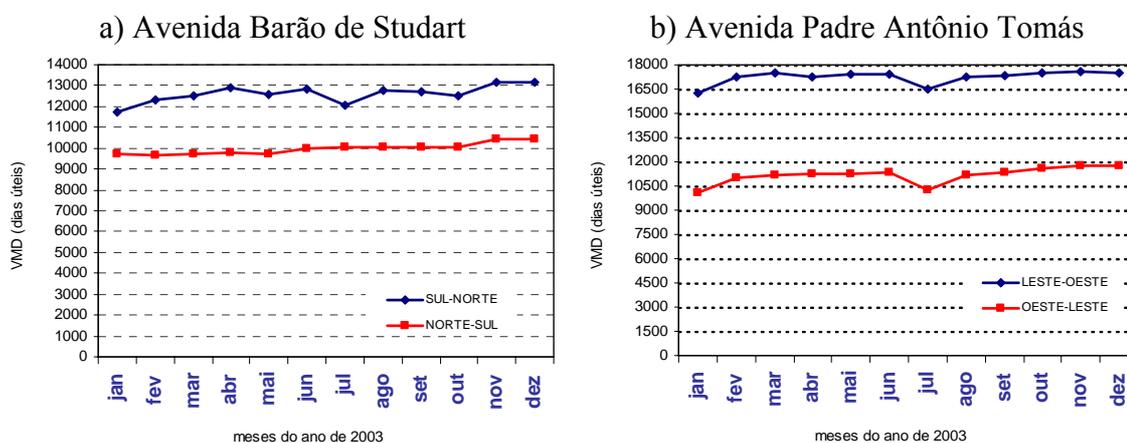


Figura 5.12: Perfis de variação mensal absoluta do VMD (dias úteis de 2003) por sentido de via

Análise estatística da significância da variação mensal do volume

Na seqüência, tendo analisado os aspectos espaciais relevantes de variação do volume, e após a avaliação preliminar sobre o comportamento da distribuição mensal do

tráfego na rede, esta etapa é concluída com a aplicação das técnicas estatísticas de análise de variância nos VMDs mensais de cada via, por sentido, conforme atividade 2.4 apresentada na metodologia de análise.

O procedimento empregado consistiu em analisar a significância de vários grupos de meses, iniciando pelo “grupo teste” formado por todos os meses do ano, seguindo pela retirada progressiva de meses supostamente atípicos. Este procedimento resultou na combinação de diferentes grupos mensais, a fim de que um destes represente o conjunto de meses com VMD significativamente semelhantes de cada uma das vias. A Tabela 5.2 exemplifica o procedimento proposto de análise de variância de uma via.

Tabela 5.2: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida Dom Manuel – sentido norte-sul

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
	JANEIRO		
<i>H₀</i> : médias mensais de Volumes Diários iguais	FEVEREIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO
	MARÇO	MARÇO	MARÇO
<i>H₁</i> : pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente	ABRIL	ABRIL	ABRIL
	MAIO	MAIO	MAIO
	JUNHO	JUNHO	JUNHO
<i>Nível de significância (α): 0,1%</i>	JULHO		
	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO
	SETEMBRO	SETEMBRO	SETEMBRO
	OUTUBRO	OUTUBRO	OUTUBRO
	NOVEMBRO	NOVEMBRO	
	DEZEMBRO		
Estadística F	29,197	13,034	3,622
F crítico	2,894	3,340	3,562
valor-P	0,00%	0,00%	0,21%
Julgamento	REJEITAR <i>H₀</i>	REJEITAR <i>H₀</i>	NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

Em relação ao grau de confiança da análise, os níveis de significância adotados foram definidos em função da ordem de grandeza da diferença dos valores médios diários, ou seja, considerando a amplitude dos intervalos de confiança e os baixos níveis de dispersão dos volumes diários, os testes de análise de variância foram realizados sob um nível de significância (α) de 0,1%, o que corresponde a diferenças da ordem de 700 a 1100 veículos em relação às médias diárias.

Dessa forma, as Tabelas 5.3 e 5.4 apresentam resumidamente os resultados dos testes de significância para o conjunto de vias norte-sul e leste-oeste, respectivamente.

Tabela 5.3: Resultados dos testes de significância nos VMDs mensais para identificação de meses típicos - corredores norte-sul

CORREDORES NORTE-SUL			Grupo Teste 1			Grupo Teste 2			Grupo Teste 3			Grupo Teste 4			Gr
			JANEIRO			FEVEREIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO			
ANOVA FATOR ÚNICO			MARÇO			MARÇO	MARÇO	MARÇO	MARÇO	MARÇO	MARÇO	MARÇO			
<i>Hipóteses</i>			ABRIL			ABRIL	ABRIL	ABRIL	ABRIL	ABRIL	ABRIL	ABRIL			
<i>Ho : médias mensais de Volumes Diários (VD) iguais</i>			MAIO			MAIO	MAIO	MAIO	MAIO	MAIO	MAIO	MAIO			
<i>H1 : pelo menos uma média mensal de VD diferente</i>			JUNHO			JUNHO	JUNHO	JUNHO	JUNHO	JUNHO	JUNHO	JUNHO			
<i>Nível de significância (α): 0,1%</i>			JULHO			AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO			
			SETEMBRO			SETEMBRO	SETEMBRO	SETEMBRO	SETEMBRO	SETEMBRO	SETEMBRO	SETEMBRO			
			OUTUBRO			OUTUBRO	OUTUBRO	OUTUBRO	OUTUBRO	OUTUBRO	OUTUBRO	OUTUBRO			
			NOVEMBRO			NOVEMBRO	NOVEMBRO	NOVEMBRO	NOVEMBRO	NOVEMBRO	NOVEMBRO	NOVEMBRO			
			DEZEMBRO			DEZEMBRO	DEZEMBRO	DEZEMBRO	DEZEMBRO	DEZEMBRO	DEZEMBRO	DEZEMBRO			
ORDEM	CORREDOR VIÁRIO	SENTIDO	ESTAT. F	F CRÍT.	VALOR-P	ESTAT. F	F CRÍT.	VALOR-P	ESTAT. F	F CRÍT.	VALOR-P	ESTAT. F	F CRÍT.	VALOR-P	ESTAT. F
01	AV. DOM MANUEL	NORTE / SUL	29,20	2,89	0,00%	18,06	3,16	0,00%	13,03	3,34	0,00%	3,62	3,56	0,21%	
		SUL / NORTE	2,79	3,05	0,25%										
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho			
			NÃO REJEITAR Ho												
02	AV. RUI BARBOSA	NORTE / SUL	24,25	2,89	0,00%	10,04	3,16	0,00%	6,50	3,34	0,00%	2,678	3,56	1,01%	
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho			
03	AV. BARÃO DE STUDART	SUL / NORTE	22,87	2,88	0,00%	10,67	3,15	0,00%	4,57	3,32	0,00%	1,35	3,54	22,40%	
		NORTE / SUL	7,78	2,92	0,00%										
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho			
			REJEITAR Ho ⁽¹⁾												
04	AV. DES. MOREIRA	SUL / NORTE	0,68	1,96	70,67%										
		NORTE / SUL	1,34	1,96	22,14%										
			NÃO REJEITAR Ho ⁽²⁾												
			NÃO REJEITAR Ho ⁽²⁾												
05	AV. SEN. VIRGÍLIO TÁVORA	SUL / NORTE	15,07	2,91	0,00%	5,35	3,19	0,00%	2,38	3,37	1,69%				
		NORTE / SUL	112,30	2,87	0,00%	56,05	3,13	0,00%	43,27	3,31	0,00%	23,85	3,52	0,00%	(1o. SIGN)
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho						
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			

(1) SOMENTE OS MESES DE NOVEMBRO E DEZEMBRO CONSIDERADOS ATÍPICOS

(2) O TESTE NÃO CONTEMPLA OS MESES DE OUTUBRO, NOVEMBRO E DEZEMBRO, AFETADOS POR DEVIOS DE TRÁFEGO DEVIDO A OBRAS VIÁRIAS

Tabela 5.4: Resultados dos testes de significância nos VMDs mensais para identificação de meses típicos - corredores leste-oeste

CORREDORES LESTE-OESTE			Grupo Teste 1			Grupo Teste 2			Grupo Teste 3			Grupo Teste 4			Gr
			JANEIRO												
ANOVA FATOR ÚNICO			FEVEREIRO			FEVEREIRO			FEVEREIRO			FEVEREIRO			
			MARÇO			MARÇO			MARÇO			MARÇO			
			ABRIL			ABRIL			ABRIL			ABRIL			
<i>Hipóteses</i>			MAIO			MAIO			MAIO			MAIO			
<i>Ho : médias mensais de Volumes Diários (VD) iguais</i>			JUNHO			JUNHO			JUNHO			JUNHO			
<i>H1 : pelo menos uma média mensal de VD diferente</i>			JULHO												
			AGOSTO			AGOSTO			AGOSTO			AGOSTO			
<i>Nível de significância (α): 0,1%</i>			SETEMBRO			SETEMBRO			SETEMBRO			SETEMBRO			
			OUTUBRO			OUTUBRO			OUTUBRO			OUTUBRO			
			NOVEMBRO			NOVEMBRO			NOVEMBRO						
			DEZEMBRO			DEZEMBRO									
ORDEM	CORREDOR VIÁRIO	SENTIDO	ESTAT. F	F CRÍT.	VALOR-P	ESTAT. F									
06	AV. PONTES VIEIRA	OESTE / LESTE	14,95	2,93	0,00%	8,06	3,21	0,00%	4,64	3,39	0,00%	1,02	3,61	41,69%	
		LESTE / OESTE	13,05	2,88	0,00%	7,15	3,15	0,00%	2,18	3,32	2,72%				
07	AV. ANTÔNIO SALES	OESTE / LESTE	7,68	1,81	0,00%	0,70	1,90	70,62%							
		LESTE / OESTE	18,92	1,80	0,00%	1,47	3,17	15,73%							
08	RUA PE. VALDEVINO	OESTE / LESTE	41,87	2,90	0,00%	2,53	3,19	0,81%							
		LESTE / OESTE	34,60	2,90	0,00%	2,82	3,17	0,32%							
09	AV. HERÁCLITO GRAÇA	OESTE / LESTE	18,82	2,88	0,00%	1,43	3,14	17,03%							
		LESTE / OESTE	24,50	2,88	0,00%	2,99	3,15	0,27%							
10	AV. PE. ANTÔNIO TOMÁS	OESTE / LESTE	34,69	2,90	0,00%	23,64	3,16	0,00%	2,31	3,35	1,96%				
		LESTE / OESTE	1,06	2,88	29,80%										
11	AV. SANTOS DUMONT - (ÚNICO)	OESTE / LESTE	1,47	2,88	13,91%										
		LESTE / OESTE													
12	AV. SANTOS DUMONT - (DUPLO)	OESTE / LESTE													
		LESTE / OESTE													

(continuação Tabela 5.4)

CORREDORES LESTE-OESTE			Grupo Teste 1			Grupo Teste 2			Grupo Teste 3			Grupo Teste 4			Gr
			JANEIRO			FEVEREIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO			
ANOVA FATOR ÚNICO			MARÇO			MARÇO	MARÇO	MARÇO	MARÇO	MARÇO	MARÇO	MARÇO			
<i>Hipóteses</i>			ABRIL			ABRIL	ABRIL	ABRIL	ABRIL	ABRIL	ABRIL	ABRIL			
<i>Ho : médias mensais de Volumes Diários (VD) iguais</i>			MAIO			MAIO	MAIO	MAIO	MAIO	MAIO	MAIO	MAIO			
<i>H1 : pelo menos uma média mensal de VD diferente</i>			JUNHO			JUNHO	JUNHO	JUNHO	JUNHO	JUNHO	JUNHO	JUNHO			
<i>Nível de significância (α): 0,1%</i>			JULHO												
			AGOSTO			AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO			
			SETEMBRO			SETEMBRO	SETEMBRO	SETEMBRO	SETEMBRO	SETEMBRO	SETEMBRO	SETEMBRO			
			OUTUBRO			OUTUBRO	OUTUBRO	OUTUBRO	OUTUBRO	OUTUBRO	OUTUBRO	OUTUBRO			
			NOVEMBRO			NOVEMBRO	NOVEMBRO	NOVEMBRO	NOVEMBRO	NOVEMBRO	NOVEMBRO	NOVEMBRO			
			DEZEMBRO			DEZEMBRO	DEZEMBRO	DEZEMBRO	DEZEMBRO	DEZEMBRO	DEZEMBRO	DEZEMBRO			
ORDEM	CORREDOR VIÁRIO	SENTIDO	ESTAT. F	F CRÍT.	VALOR-P	ESTAT. F	F CRÍT.	VALOR-P	ESTAT. F	F CRÍT.	VALOR-P	ESTAT. F	F CRÍT.	VALOR-P	ESTAT. F
13	RUA COSTA BARROS	LESTE / OESTE	11,27	2,95	0,00%	6,10	3,07	0,00%	2,61	3,23	0,67%	(MÊS DE JULHO CONSIDERADO TÍPICO)			
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho						
14	AV. DOM LUIS	OESTE / LESTE	53,38	2,91	0,00%	35,14	3,19	0,00%	24,30	3,38	0,00%	12,18	3,61	0,00%	(1o. SIGN I
		LESTE / OESTE	40,25	2,95	0,00%	15,04	3,24	0,00%	13,94	3,43	0,00%	16,13	3,66	0,00%	(FEVEREIF
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			
15	AV. DA ABOLIÇÃO	OESTE / LESTE	19,53	2,93	0,00%	15,06	3,20	0,00%	5,23	3,38	0,00%	1,86	3,61	7,73%	
		LESTE / OESTE	24,14	2,88	0,00%	8,39	3,15	0,00%	5,47	3,32	0,00%	1,88	3,54	7,01%	
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho			
16	AV. HIST. RAIMUNDO GIRÃO	OESTE / LESTE	18,65	2,92	0,00%	15,12	3,20	0,00%	10,11	3,38	0,00%	3,92	3,60	0,04%	(FEVEREI
		LESTE / OESTE	37,84	2,89	0,00%	26,96	3,16	0,00%	17,47	3,33	0,00%	12,88	3,55	0,00%	(FEVEREI
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			

Uma avaliação nos testes de significância apresentados resultou na identificação e geração de diferentes agrupamentos de vias em função de seus perfis mensais de variação. Esta categorização visa facilitar uma avaliação global sobre o comportamento mensal da rede viária arterial em questão. Além disso, a coligação das vias semelhantes, quanto aos seus perfis mensais de variação, proporciona um quadro geral de avaliação e inferência sobre as possíveis causas e efeitos associados às características operacionais e funcionais das vias no sistema viário.

Dessa forma, são apresentados a seguir os agrupamentos e características das vias e dos principais perfis mensais.

Assim, iniciando pelo *grupo teste* formado pelos meses “típicos” (fevereiro a junho e agosto a outubro), que resulta no perfil aderente ao verificado na distribuição mensal do momento de tráfego total da rede (*ver* Figura 5.9, pág. 84), as vias que apresentaram este perfil mensal característico da rede foram as seguintes:

- Av. Dom Manuel (norte-sul);
- Av. Rui Barbosa (sentido único norte-sul);
- Av. Barão de Studart (sul-norte);
- Av. Pontes Vieira (oeste-leste);
- Av. da Abolição (ambos os sentidos);

Neste primeiro agrupamento de vias, cabe destacar que, apesar de pertencer a este grupo, a avenida da Abolição apresenta um perfil específico e diferente dos demais. Por tratar-se de uma via com característica essencialmente recreacional e de rota predominantemente turística, os meses considerados atípicos foram os que apresentaram os maiores VMDs.

A Figura 5.13 ilustra os perfis representativos deste agrupamento.

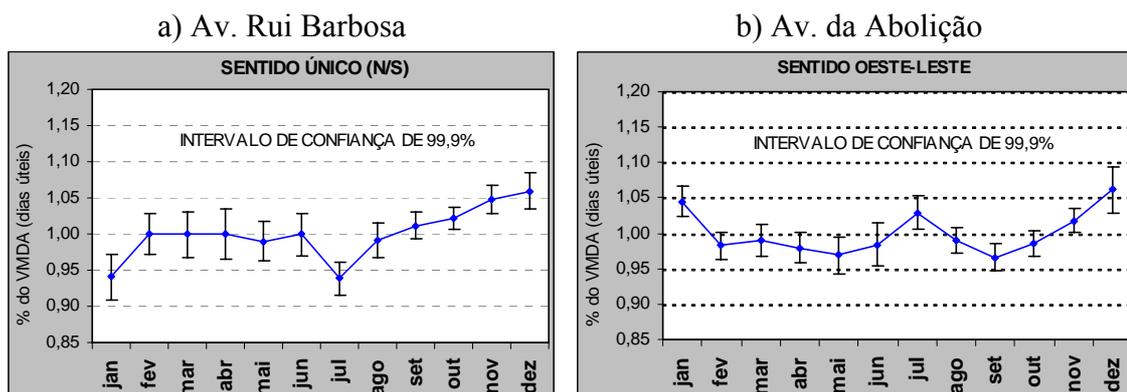


Figura 5.13: Perfis mensais relativos e nível de confiança da variabilidade do VMD de dias úteis do primeiro agrupamento.

Na seqüência, um outro agrupamento que convém destacar refere-se ao formado pelas vias que apresentaram um perfil com apenas os três meses reconhecidamente atípicos, ou seja, janeiro, julho e dezembro. As vias que possuem este perfil mensal são:

- Av. Sen. Virgílio Távora (sul-norte);
- Av. Pontes Vieira (leste-oeste);
- Av. Santos Dumont – parte 1 (sentido único oeste-leste);
- Rua Costa Barros (sentido único leste-oeste);

A Figura 5.14 ilustra um perfil representativo, além do destaque deste agrupamento, na qual a rua Costa Barros apresenta, em seu perfil mensal, o mês de julho estatisticamente semelhante aos demais meses “típicos”, conforme ilustra a Figura 5.14 (b).

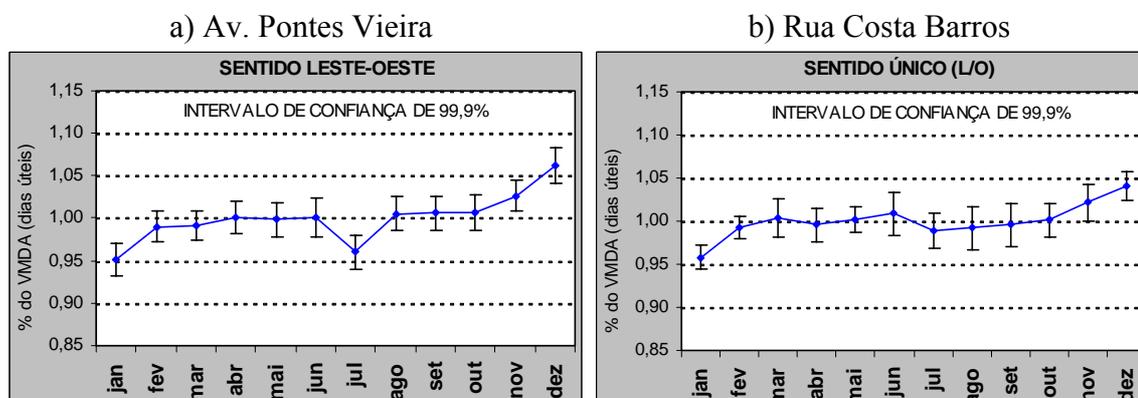


Figura 5.14: Perfis mensais relativos e nível de confiança da variabilidade do VMD de dias úteis do segundo agrupamento

Um terceiro agrupamento, por sua vez, resultou da coligação das vias que apresentaram um perfil mensal caracterizado por possuir apenas os meses de janeiro e julho considerados “atípicos” com relação ao VMD. Ou seja, nestas vias os meses de final de ano possuem um carregamento médio de volume significativamente semelhante aos demais meses típicos. As vias com essas características são as seguintes:

- Av. Antônio Sales (sentido único oeste-leste);
- Rua Padre Valdevino (sentido único leste-oeste);
- Av. Heráclito Graça (ambos os sentidos);
- Av. Padre Antônio Tomás (ambos os sentidos);

A Figura 5.15 ilustra a significância de dois perfis deste terceiro agrupamento.

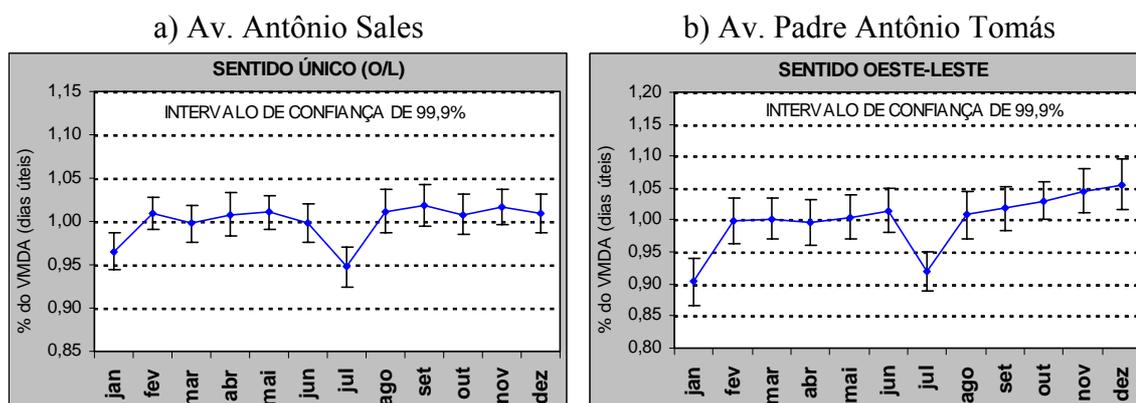


Figura 5.15: Perfis mensais relativos e nível de confiança da variabilidade do VMD de dias úteis do terceiro agrupamento

Em seguida, vale destacar também o agrupamento de vias formado pelos perfis mensais de variação do volume que não apresentou nenhum mês significativamente diferente, ou atípico, em relação ao VMD mensal de dias úteis, sendo elas:

- Av. Dom Manuel (sul-norte);
- Av. Desembargador Moreira (ambos os sentidos);
- Av. Santos Dumont – parte 2 (sentido duplo – ambos os sentidos);

Deste agrupamento, convém esclarecer que a avenida Desembargador Moreira deve ser avaliada com ressalva, visto que os meses de outubro, novembro e dezembro

não fizeram parte dos testes de significância em virtude da ocorrência de interdições e desvios viários que comprometeram o comportamento natural do tráfego na via neste período. Além disso, as características operacionais e de uso do solo desta via, (predominantemente comercial, com presença de *shoppings centers*) sugere que os meses de fim de ano apresentem tendências de atipicidade em relação aos demais meses considerados típicos. A Figura 5.16 ilustra os perfis representativos deste agrupamento.

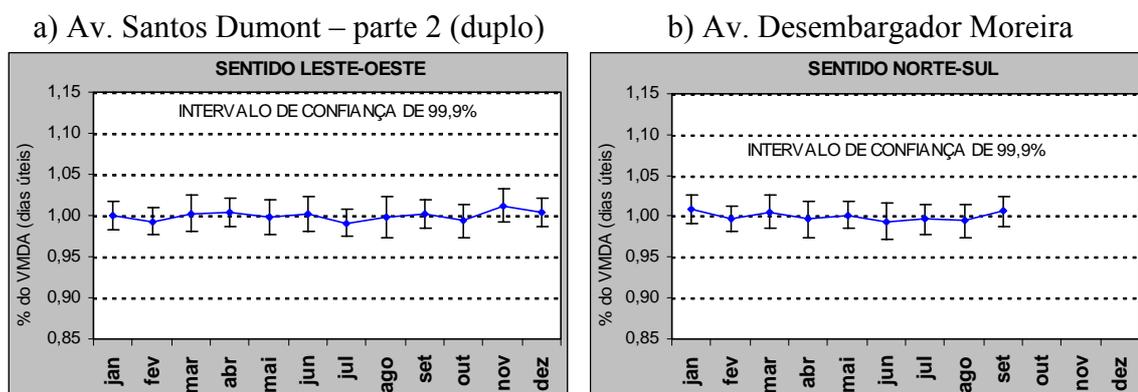


Figura 5.16: Perfis mensais relativos e nível de confiança da variabilidade do VMD de dias úteis do quarto agrupamento

Da mesma forma, um quinto agrupamento a destacar refere-se ao conjunto formado pelas vias que apresentam um perfil mensal de variação do volume em que as diferenças entre os meses resultem em grupos de VMDs mensais por semestre estatisticamente diferentes, ou seja, apesar de apresentarem meses típicos em cada semestre, a diferença entre estes sub-grupos mensais é significativa. As vias com este perfil são:

- Av. Sen. Virgílio Távora (norte-sul);
- Av. Dom Luis (ambos os sentidos).

A Figura 5.17 ilustra dois dos perfis com as características mencionadas.

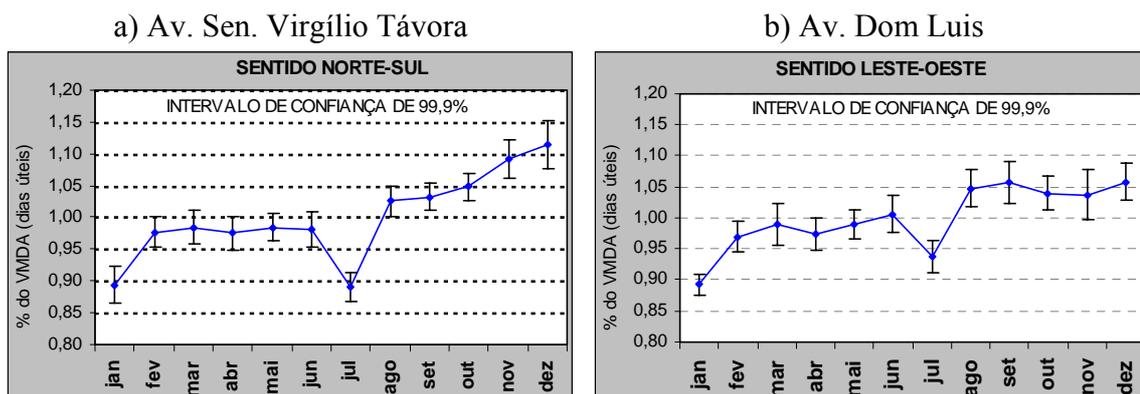


Figura 5.17: Perfis mensais relativos e nível de confiança da variabilidade do VMD de dias úteis do quinto agrupamento

Por fim, um último agrupamento especial seria referente às vias que apresentaram perfis que não se enquadram nas alternativas apresentadas de combinações de meses considerados típicos. Contudo, vale destacar apenas os perfis mensais, por sentido, da Av. Hist. Raimundo Girão. Nestes perfis, exibidos na Figura 5.18, além dos meses reconhecidamente atípicos (janeiro, julho, novembro e dezembro), esta via apresenta um comportamento significativamente diferente no mês de agosto em relação ao VMD mensal. De fato, por tratar-se também de uma via essencialmente recreacional e turística (acesso a Praia de Iracema e Beira Mar), esta característica deve estar relacionada basicamente ao efeito do período de férias do meio do ano.

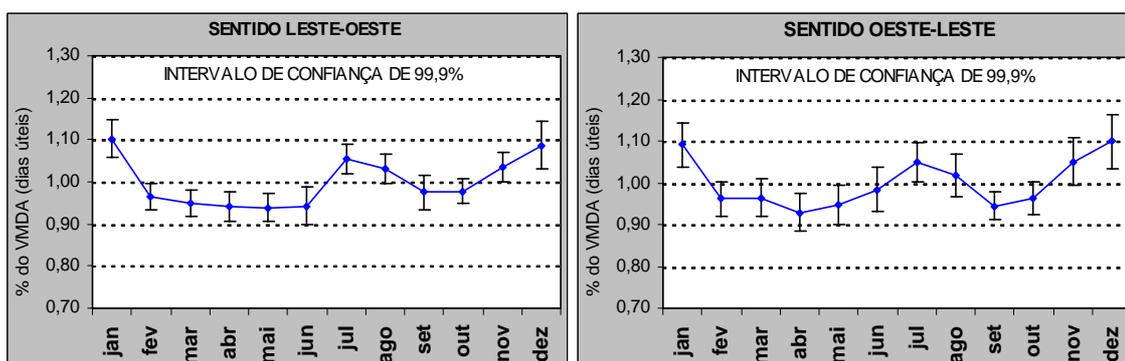


Figura 5.18: Perfis mensais relativos e nível de confiança da variabilidade do VMD de dias úteis da avenida Historiador Raimundo Girão

Para finalizar esta etapa de análise da variação mensal do volume médio diário do tráfego, convém citar o Anexo III deste trabalho, no qual encontram-se todos os detalhes das estatísticas exploratórias e inferenciais desta seção.

5.5.3. Variação Diária

Na seqüência da metodologia de análise proposta, esta seção destina-se à análise dos padrões temporais e espaciais de variação do VMD ao longo dos dias da semana. Para tanto, em conformidade com o estabelecido no roteiro metodológico discutido na seção 4.4.3, as análises desta etapa referem-se aos VMDs dos meses identificados como típicos na etapa anterior de análise.

Além disso, vale ressaltar que o processo de aplicação das atividades definidas na metodologia é essencialmente análogo ao implementado na análise das variações mensais. Assim, esta etapa inicia com a avaliação descritiva do comportamento global da rede no tocante à distribuição do momento de tráfego total de meses típicos ao longo dos dias da semana. A Figura 5.19 apresenta o referido perfil e suas diferenças percentuais de variação.

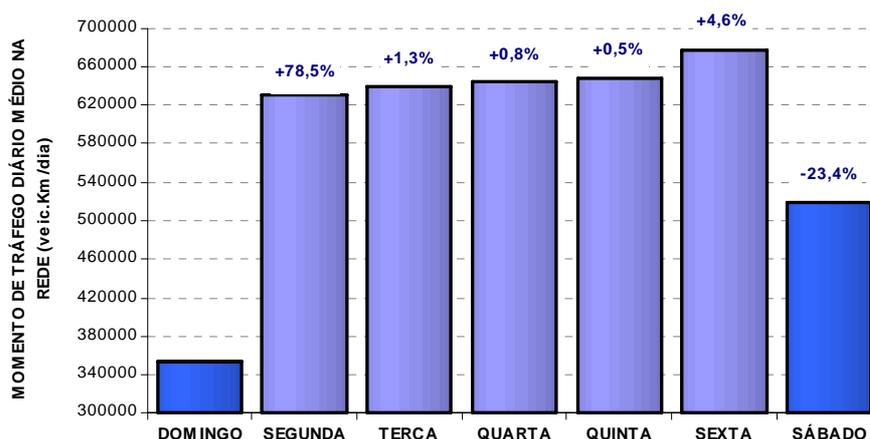


Figura 5.19: Distribuição diária do momento de tráfego total do conjunto amostral de vias ao longo da semana (ano de 2003)

Como usualmente suspeito em áreas urbanas, o volume de tráfego diário em dias de fim de semana é expressivamente mais baixo que em dias úteis da semana. Ademais,

comparando os respectivos coeficientes de variação, a variabilidade entre os carregamentos diários de tráfego no fim de semana é mais alta que entre o volume de tráfego diário de dia útil da semana.

Avaliação dos aspectos espaciais na variação diária do volume de tráfego

Analogamente como conduzido na etapa de variação mensal, a análise exploratória do efeito dos aspectos espaciais na variação diária do volume consistiu, inicialmente, em verificar a premissa de que a disposição espacial dos segmentos (*links*) ao longo da via não influencia no perfil médio de variação relativa do VMD ao longo dos dias da semana. Dessa forma, essa atividade resultou na geração de perfis relativos de variação do VMD, por *link*, em cada uma das 27 unidades de análise da amostra, conforme exemplificado nas ilustrações da Figura 5.20.

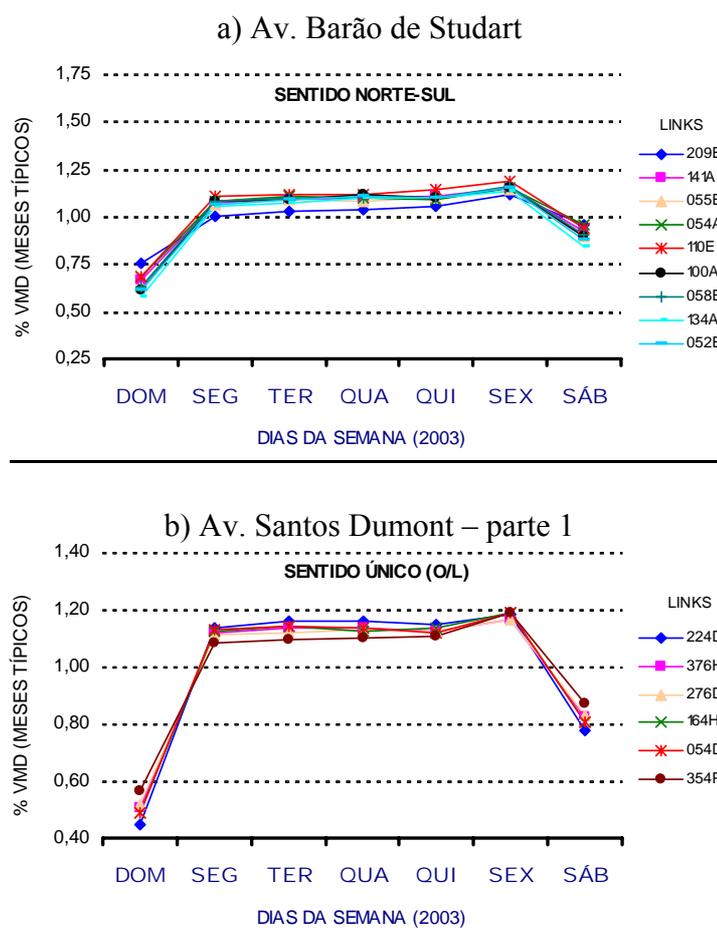


Figura 5.20: Perfis de variação diária relativa do VMD por *link*

De fato, verifica-se pela descrição destes padrões, assim como dos demais apresentados no Anexo IV, que a premissa postulada é válida para todas as vias que compõem a amostra deste estudo de caso. O que permite concluir, igualmente à etapa anterior, sobre a homogeneidade espacial da variação diária do VMD de meses típicos. Nesses termos, os perfis diários de pequenas porções de segmentos, eventualmente selecionadas, podem ser considerados representativos do comportamento global da via.

Na seqüência, com relação à variação espacial do VMD ao longo dos segmentos da via, esta atividade replica os resultados obtidos na atividade 2.3 a partir da avaliação dos perfis espaciais apresentados no Anexo II, tendo em vista que, conforme mencionado na metodologia, esta etapa destina-se a mesma informação requerida na etapa anterior de análise da variação mensal, ou seja, a identificação dos segmentos homogêneos relativos à magnitude dos VMDs ao longo da via

Adicionalmente, no que se refere ao aspecto espacial do sentido de circulação da via, verificou-se que, semelhantemente aos padrões mensais, os perfis de variação diária do tráfego também justificam a avaliação das vias segregadas por sentido. A Figura 5.21 ilustra uma distribuição diária do VMD nos dois sentidos.

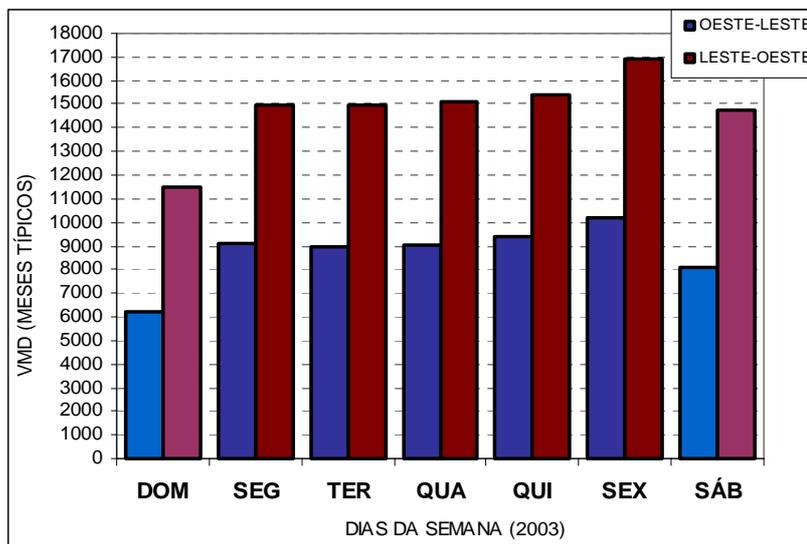


Figura 5.21: Perfis de variação diária absoluta do VMD (meses típicos de 2003) da avenida Dom Luis por sentido

Análise estatística da significância da variação diária do volume

Seguindo a metodologia de análise, após as discussões sobre o comportamento global da variação diária do volume na rede e os seus aspectos espaciais desagregados, esta atividade destina-se à análise da significância da variação dos VMDs de meses típicos entre os dias da semana. Contudo, convém esclarecer que conforme a avaliação global no início desta etapa, devido aos VMD de finais de semana serem expressivamente menores e com altos índices de variabilidade, considerou-se nos teste de significância apenas o VMD referente aos dias úteis, tendo em vista a identificação de padrões típicos do tráfego.

O procedimento de análise corresponde ao mesmo empregado na etapa anterior de variação mensal, ou seja, as análises de variância foram conduzidas em diferentes grupos de dias de semana visando à identificação dos dias de semana “típicos” em cada via, por sentido. As Tabelas 5.5 e 5.6 apresentam, em resumo, os resultados dos testes.

Tabela 5.5: Resultados dos testes de significância nos VMDs de meses típicos para identificação de dias de semana típicos - corredores norte-sul

CORREDORES NORTE-SUL			Grupo Teste 1			Grupo Teste 2			Grupo Teste 3			Grupo Teste 4		
ANOVA FATOR ÚNICO			DOMINGO			SEGUNDA			SEGUNDA			TERÇA		
			SEGUNDA			TERÇA			TERÇA			QUARTA		
<i>Hipóteses:</i>			TERÇA			QUARTA			QUARTA			QUINTA		
<i>Ho : médias de Volumes Diários iguais (em meses típicos)</i>			QUARTA			QUINTA			QUINTA			SEXTA		
<i>H1 : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente</i>			QUINTA			SEXTA								
<i>Nível de significância (α): 0,1%</i>			SEXTA											
			SÁBADO											
ORDEM	CORREDOR VIÁRIO	SENTIDO	ESTAT. F	F CRÍT.	VALOR-P	ESTAT. F	F CRÍT.	VALOR-P	ESTAT. F	F CRÍT.	VALOR-P	ESTAT. F	F CRÍT.	VALOR-P
01	AV. DOM MANUEL	NORTE / SUL	2933,86	3,80	0,00%	42,64	4,71	0,00%	1,96	5,56	11,94%	—		
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho					
		SUL / NORTE	1447,10	3,84	0,00%	57,36	4,76	0,00%	4,55	5,62	0,41%	—		
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho					
02	AV. RUI BARBOSA	NORTE / SUL	1073,36	3,83	0,00%	17,37	4,75	0,00%	8,04	5,60	0,00%	0,769	7,18	46,48%
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho		
03	AV. BARÃO DE STUDART	SUL / NORTE	1223,17	3,79	0,00%	34,15	4,70	0,00%	12,00	5,54	0,00%	1,42	7,09	24,36%
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho		
		NORTE / SUL	917,44	3,79	0,00%	20,33	4,69	0,00%	3,63	5,54	1,33%	—		
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho					
04	AV. DES. MOREIRA	SUL / NORTE	430,74	3,80	0,00%	19,90	4,71	0,00%	4,04	5,55	0,77%	—		
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho					
		NORTE / SUL	983,21	3,86	0,00%	27,12	4,80	0,00%	5,15	5,68	0,20%	—		
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho					
05	AV. SEN. VIRGÍLIO TÁVORA	SUL / NORTE	1036,27	3,84	0,00%	18,77	4,77	0,00%	3,49	5,65	1,68%	—		
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho					
		NORTE / SUL	1531,58	3,77	0,00%	29,49	4,66	0,00%	14,52	5,49	0,00%	1,76	7,02	17,37%
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho		

Tabela 5.6: Resultados dos testes de significância nos VMDs de meses típicos para identificação de dias de semana típicos - corredores leste-oeste

CORREDORES LESTE-OESTE			Grupo Teste 1			Grupo Teste 2			Grupo Teste 3			Grupo Teste 4		
ANOVA FATOR ÚNICO			DOMINGO			SEGUNDA			SEGUNDA			TERÇA		
			SEGUNDA			TERÇA			TERÇA			QUARTA		
			TERÇA			QUARTA			QUARTA			QUINTA		
			QUARTA			QUINTA			QUINTA			SEXTA		
			QUINTA			SEXTA			SEXTA			SÁBADO		
			SEXTA			SÁBADO			SÁBADO					
			SÁBADO											
ORDEM	CORREDOR VIÁRIO	SENTIDO	<i>ESTAT. F</i>	<i>F CRÍT.</i>	<i>VALOR-P</i>									
06	AV. PONTES VIEIRA	OESTE / LESTE	774,31	3,87	0,00%	36,89	4,81	0,00%	4,75	5,70	0,34%	—		
		LESTE / OESTE	726,57	3,79	0,00%	29,36	4,68	0,00%	4,27	5,51	0,55%	—		
07	AV. ANTÔNIO SALES	OESTE / LESTE	1481,07	3,82	0,00%	25,56	4,75	0,00%	4,85	5,61	0,27%	—		
		LESTE / OESTE	1705,40	3,79	0,00%	18,26	4,68	0,00%	4,86	5,51	0,24%	—		
08	R. PE. VALDEVINO	OESTE / LESTE	2739,48	3,79	0,00%	23,96	4,69	0,00%	1,67	5,52	17,21%	—		
		LESTE / OESTE	1240,01	3,83	0,00%	4,17	4,74	0,27%	—			—		
09	AV. HERÁCLITO GRAÇA	OESTE / LESTE	1151,69	3,79	0,00%	10,62	4,68	0,00%	0,86	5,52	46,10%	—		
		LESTE / OESTE	1374,33	3,80	0,00%	24,93	4,71	0,00%	4,17	5,56	0,65%	—		
10	AV. PE. ANTÔNIO TOMÁS	OESTE / LESTE	2207,12	3,80	0,00%	20,70	4,71	0,00%	1,23	5,55	30,05%	—		
		LESTE / OESTE	1142,49	3,78	0,00%	21,20	4,67	0,00%	3,24	5,50	2,20%	—		
11	AV. SANTOS DUMONT (ÚNICO)	OESTE / LESTE	534,84	3,79	0,00%	39,54	4,70	0,00%	4,27	5,53	0,55%	—		
		LESTE / OESTE	REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho			—		
12	AV. SANTOS DUMONT (DUPLO)	OESTE / LESTE	REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho			—		
		LESTE / OESTE	REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho			—		

(continuação Tabela 5.6)

CORREDORES LESTE-OESTE			Grupo Teste 1			Grupo Teste 2			Grupo Teste 3			Grupo Teste 4		
ANOVA FATOR ÚNICO			DOMINGO			SEGUNDA			SEGUNDA			TERÇA		
			SEGUNDA			TERÇA			TERÇA			QUARTA		
			TERÇA			QUARTA			QUARTA			QUINTA		
			QUARTA			QUINTA			QUINTA			SEXTA		
			QUINTA			SEXTA			SEXTA			SÁBADO		
			SEXTA			SÁBADO			SÁBADO			SÁBADO		
			SÁBADO			SÁBADO			SÁBADO			SÁBADO		
ORDEM	CORREDOR VIÁRIO	SENTIDO	ESTAT. F	F CRÍT.	VALOR-P	ESTAT. F	F CRÍT.	VALOR-P	ESTAT. F	F CRÍT.	VALOR-P	ESTAT. F	F CRÍT.	VALOR-P
13	R. COSTA BARROS	LESTE / OESTE	2411,31	3,94	0,00%	28,47	4,93	0,00%	4,17	5,85	0,79%	-		
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho			-		
14	AV. DOM LUIS	OESTE / LESTE	574,23	3,81	0,00%	21,68	4,72	0,00%	12,86	5,57	0,00%	1,04	7,13	35,41%
		LESTE / OESTE	578,66	3,85	0,00%	24,09	4,79	0,00%	4,32	5,67	0,58%	-		
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho			-		
15	AV. DA ABOLIÇÃO	OESTE / LESTE	514,79	3,85	0,00%	70,68	4,79	0,00%	3,30	5,66	2,16%	-		
		LESTE / OESTE	125,26	3,79	0,00%	53,10	4,68	0,00%	3,38	5,54	0,23%	-		
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho			-		
16	AV. HIST. RAIMUNDO GIRÃO	OESTE / LESTE	193,53	3,83	0,00%	32,72	4,74	0,00%	4,12	5,60	0,71%	-		
		LESTE / OESTE	229,69	3,80	0,00%	74,10	4,70	0,00%	4,66	5,54	0,33%	-		
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho			-		
			REJEITAR Ho			REJEITAR Ho			NÃO REJEITAR Ho			-		

Em linhas gerais, avaliando os resultados das ANOVAS apresentadas, verifica-se que a grande maioria das vias apresenta um padrão caracterizado por considerar a sexta-feira um dia “atípico” em relação ao VMD. Contudo, analogamente à forma a que se conduziu a descrição exploratória dos perfis mensais, é possível identificar e gerar ainda outros agrupamentos de vias em função de seus perfis de variação diária do volume.

Dessa forma, uma inspeção preliminar nas Tabelas 5.5 e 5.6 permite identificar um agrupamento inicial formado por 22 das 27 unidades de análise, o que resulta em conter, pelo menos, um sentido de 15 das 16 vias analisadas. Este agrupamento refere-se ao padrão diário mencionado que se caracteriza por apresentar nos VMDs dos dias de segunda a quinta-feira ausência de diferenças significativas. Como ilustração deste padrão, a Figura 5.22 exibe um perfil representativo desse agrupamento principal.

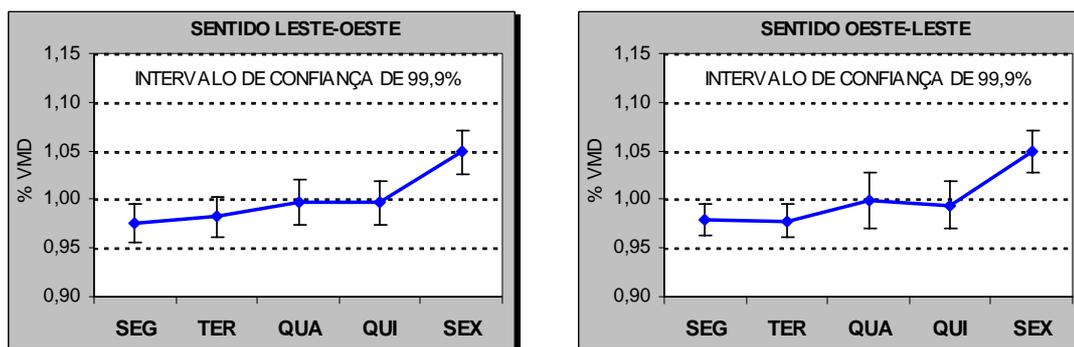


Figura 5.22: Perfil diário relativo e nível de confiança da variabilidade do VMD de meses típicos da avenida Pontes Vieira

Na seqüência, além do padrão majoritário comentado, vale destacar também o agrupamento formado pelas vias que apresentaram, adicionalmente, a segunda-feira significativamente diferente, o que resultou em apenas os dias de terça, quarta e quinta-feira considerados “típicos” quanto ao VMD. As vias com este perfil são:

- Av. Rui Barbosa (sentido único norte-sul);
- Av. Barão de Studart (sul-norte);
- Av. Sen. Virgílio Távora (norte-sul);
- Av. Dom Luis (oeste-leste).

A Figura 5.23 ilustra a significância de um perfil representativo deste agrupamento. Observa-se neste padrão que as condições de atipicidade da segunda e sexta-feira são antagônicas, ou seja, a segunda-feira apresenta o menor VMD entre os dias úteis da semana.

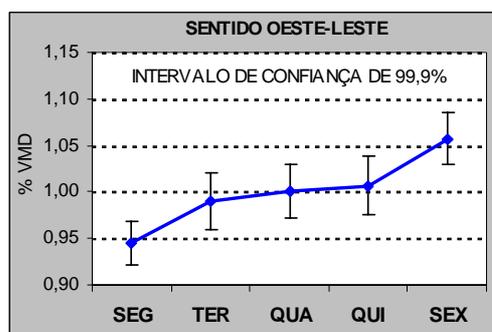


Figura 5.23: Perfil diário relativo e nível de confiança da variabilidade do VMD de meses típicos em um sentido da avenida Dom Luis

Por fim, verificou-se adicionalmente um terceiro padrão de variação diária do VMD, o qual não consiste num terceiro agrupamento devido a este perfil estar presente em apenas um sentido de uma via, a avenida Heráclito Graça (sentido leste-oeste). A Figura 5.24 ilustra o referido perfil, caracterizado por não apresentar dias úteis atípicos.

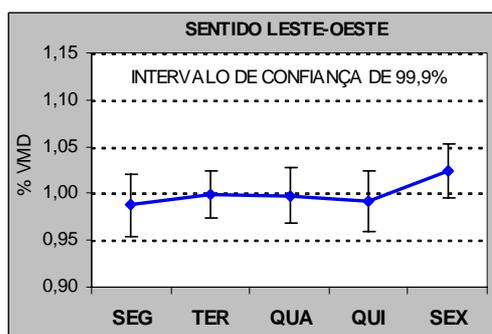


Figura 5.24: Perfil diário relativo e nível de confiança da variabilidade do VMD de meses típicos em um sentido da avenida Heráclito Graça

Esta avaliação descritiva dos perfis de variação do volume ao longo dos dias da semana finaliza esta etapa. Vale destacar ainda que os detalhes da análise exploratória e inferencial de cada via, por sentido, encontram-se no Anexo IV deste trabalho.

5.5.4. Variação Horária

Uma avaliação confirmatória nos diversos perfis horários de fluxo gerados para as vias selecionadas nesta amostra permite concluir que, conforme reconhecido, o padrão de variação do volume de tráfego horário, na área de estudo, acompanha o clássico padrão urbano de viagem de “dois picos” para os dias úteis, apresentando contudo a ocorrência de um terceiro pico na metade do dia em algumas vias. Segundo esclarece McSHANE e ROESS (1990), este perfil é associado normalmente às viagens pendulares e está presente na maioria das vias urbanas durante os dias úteis. Ademais, a característica marcante deste padrão de pico duplo de viagem é o seu aspecto essencialmente direcional, ou seja, o maior pico da manhã ocorre normalmente em uma direção, e o pico mais severo da tarde na direção oposta.

A título de ilustração e exemplificação, a Figura 5.25 apresenta diferentes perfis horários típicos de fluxo de determinados segmentos viários direcionais (*links*) de algumas vias. Ressalta-se ainda que a geração desses perfis típicos considerou os resultados obtidos nas etapas anteriores de avaliação (meses e dias de semana típicos).

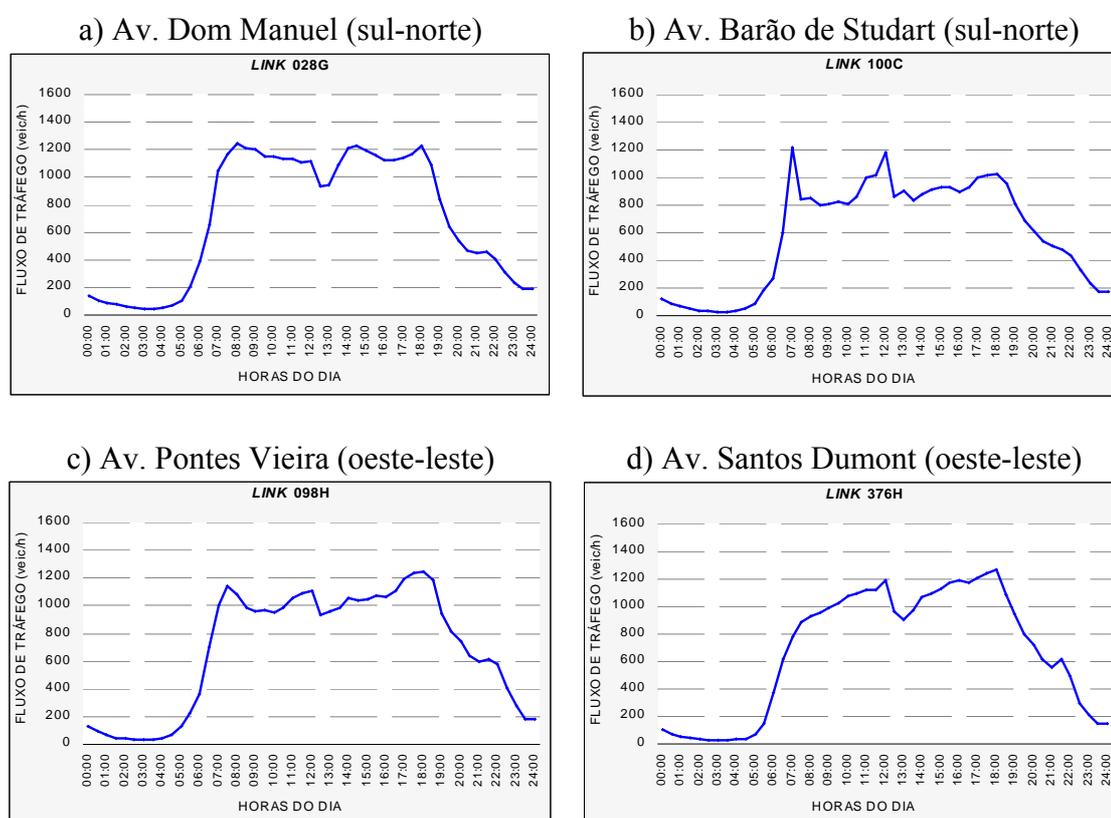


Figura 5.25: Perfis típicos de variação horária

Assim, tendo em vista as condições operacionais e as características do uso do solo peculiares às vias urbanas, considera-se pertinente nesta etapa avaliar o efeito da sazonalidade no perfil horário do fluxo de tráfego, ou seja, a premissa a ser verificada é a de que a distribuição horária é influenciada pelos fatores temporais: mês do ano e dia da semana.

Essa avaliação comparativa permite, conforme discutido na metodologia, identificar períodos peculiares de variação horária do fluxo e com isso possibilitar o planejamento e a implementação de ações específicas de gerenciamento do tráfego. Nesse sentido, é apresentado na Figura 5.26 um exemplo da distribuição horária do fluxo em um segmento viário, segregado por grupos de meses. Neste perfil comparativo da avenida Sen. Virgílio Távora, observa-se que nos meses atípicos, ou seja, durante as férias escolares ocorre, como esperado, a ausência de um pico concentrado no período da manhã (entre 6:30hs e 8:30hs). Ademais, verifica-se também que, apesar do mês de dezembro não apresentar picos concentrados de fluxo, o carregamento médio horário durante os períodos de entre-picos é o mais intenso entre os meses, visto que ocorre uma maior distribuição do volume diário ao longo do dia.

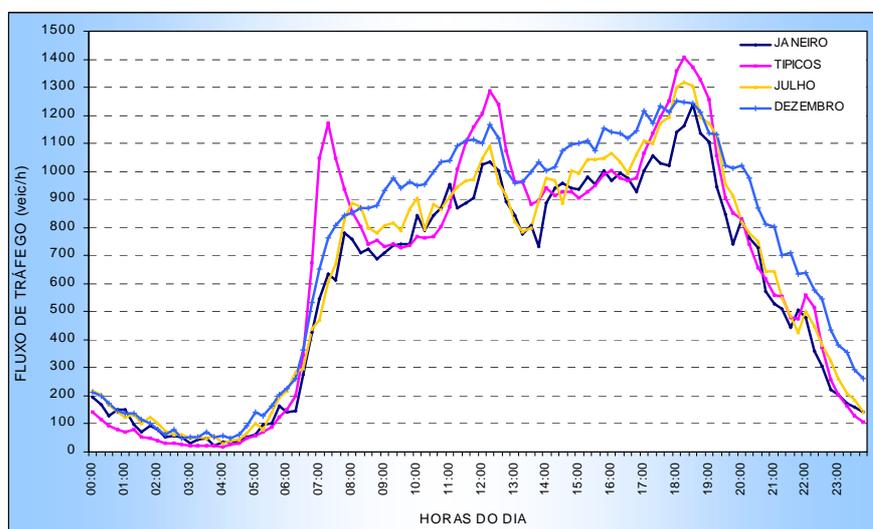


Figura 5.26: Distribuição horária do fluxo de tráfego médio por mês em uma seção da avenida Virgílio Távora em 2003.

Da mesma forma, é apresentado na Figura 5.27 um perfil típico de variação horária de um *link* por dia de semana.

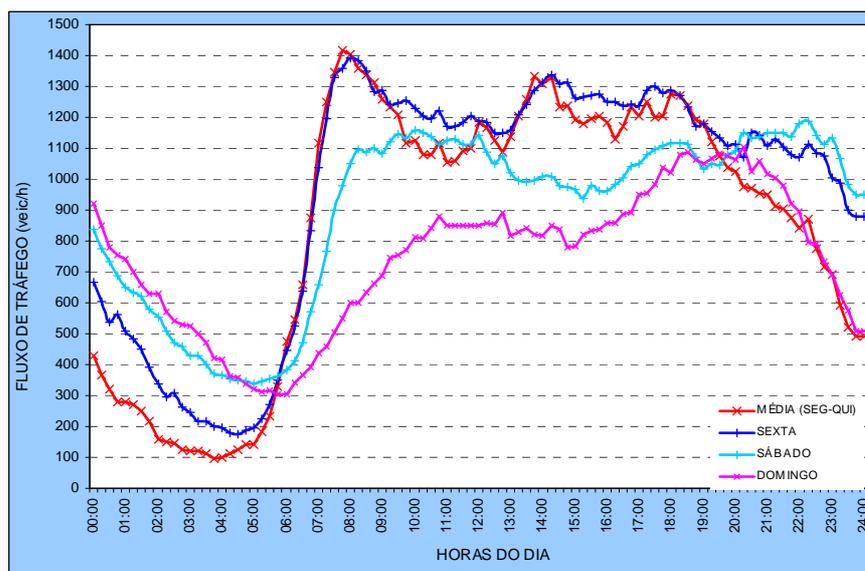


Figura 5.27: Distribuição horária do fluxo de tráfego médio por dia da semana em uma seção da avenida da Abolição em 2003.

Da Figura 5.27, verifica-se que, como previamente suspeito, o fluxo de tráfego típico apresenta padrões de variação distintos entre os dias da semana, sobretudo durante a sexta-feira, onde ocorre uma distribuição particular do volume diário ao longo do dia. Neste perfil específico, o da sexta-feira, observa-se inicialmente um carregamento potencialmente superior durante os períodos de entre-picos, contrapondo-se contudo ao fluxo substancialmente superior observado no final do dia (a partir das 20:00hs). Relativamente aos dias de finais de semana, o perfil típico das vias pesquisadas apresenta a ausência de picos predominantes na distribuição horária do volume de tráfego, sendo o fluxo distribuído mais uniformemente durante as horas do dia.

5.6. AVALIAÇÃO EXPLORATÓRIA ESPAÇO-TEMPORAL DO FLUXO DE TRÁFEGO MÉDIO NAS VIAS DA ÁREA DE ESTUDO

O objetivo principal desta seção é apresentar os resultados da aplicação do método de análise das superfícies de representação das dimensões espaço-tempo do comportamento típico do fluxo de tráfego nas vias selecionadas neste estudo de caso.

Assim, de acordo com o processo metodológico estabelecido na seção 4.5.5, as superfícies espaço-temporais típicas foram geradas considerando os resultados das análises mensais e diárias, ou seja, os fluxos médios horários de tráfego dos diagramas espaço-tempo foram obtidos da triagem dos meses e dias de semana definidos como típicos pelas etapas anteriores de análise dos VMDs.

Dessa forma, a avaliação da natureza espaço-temporal do fluxo de tráfego da amostra de vias deste estudo de caso consiste na geração e interpretação das referidas superfícies, ou isócronas de fluxo, de modo a possibilitar a identificação de padrões relacionados ao efeito simultâneo do espaço e do tempo, e assim colaborar na definição de melhores estratégias de operação e controle do tráfego. A Figura 5.28 apresenta como exemplo a superfície espaço-temporal de fluxo de um importante corredor arterial que pertence à rede avaliada.

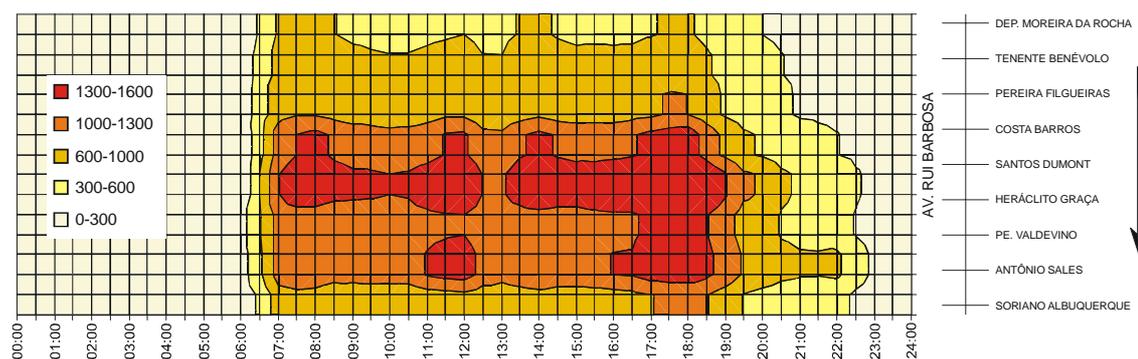


Figura 5.28: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Av. Rui Barbosa

A representação gráfica da distribuição do fluxo de tráfego apresentada na Figura 5.28 possibilita identificar segmentos potencialmente críticos ao longo da via e do dia. Este caso sugere que o trecho compreendido entre as vias Costa Barros e Heráclito Graça necessite de uma atenção operacional específica (ex. ajuste da operação semafórica, alocação do efetivo de fiscalização e operação).

Relativamente ao gerenciamento e operação semafórica, acredita-se que este método de avaliação resulte numa contribuição mais efetiva no sentido de auxiliar, por exemplo, nas definições tanto da melhor estratégia de controle ao longo da via, quanto

como uma das indicações para a delimitação de sub-áreas de operação e coordenação semafórica de sistemas centralizados.

Como exemplo, observando a Figura 5.29, que apresenta as superfícies de fluxo da avenida Heráclito Graça, em ambos os sentidos, verifica-se a existência de uma heterogeneidade nas curvas isócronas de distribuição do fluxo correspondente aos trechos delimitados pela via transversal Carlos Vasconcelos. Essa informação, complementada e corroborada por outros indicadores (ex. saturação, número de paradas), aponta para uma possível fronteira de controle por sub-área.

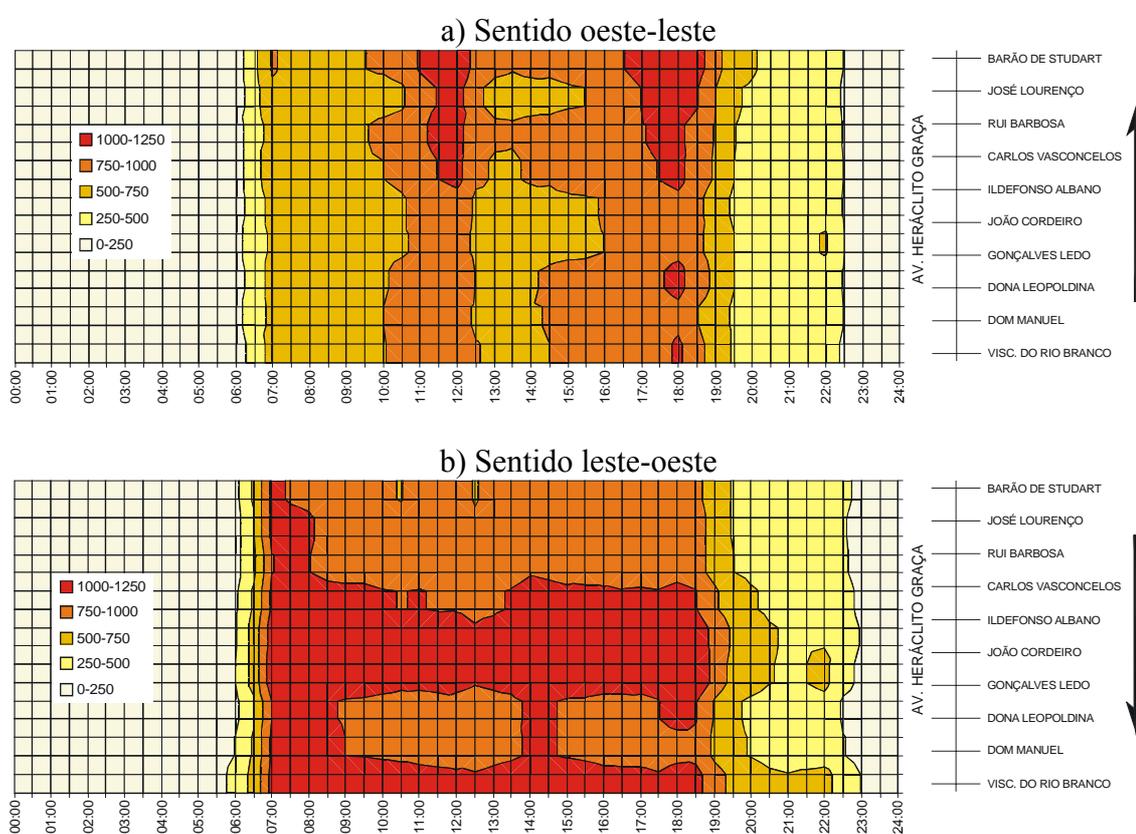


Figura 5.29: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Av. Heráclito Graça

Por fim, ressalta-se que o Anexo V apresenta as superfícies espaço-temporais geradas para todas as vias que compõem a amostra do estudo de caso desta pesquisa.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. CONCLUSÕES

Esforços no sentido de uma compreensão mais profunda sobre a natureza dos volumes veiculares em ambientes urbanos foram empreendidos neste trabalho de dissertação, com fins a investigar suas formas de distribuição espaço-temporal, identificando e avaliando os padrões de variação do volume de tráfego sob diferentes aspectos.

Contudo, com relação às conclusões baseadas nas análises conduzidas neste estudo, convém ressaltar inicialmente que esta pesquisa consistiu em um esforço exploratório e investigativo, assim como de caráter confirmatório, sobre algumas das diversas hipóteses que podem ser levantadas do amplo conjunto de causas e efeitos inerentes ao comportamento do volume de tráfego em ambiente urbano. Cabe salientar, portanto, que em conformidade com as expectativas geradas durante a pesquisa, este trabalho não pretendeu esgotar as discussões sobre o tema do padrão urbano do fluxo de tráfego veicular, inclusive sobre este estudo de caso.

Nesse sentido, as conclusões concebidas a partir deste estudo sobre o volume de tráfego destinam-se principalmente às experiências relacionadas ao processo metodológico aplicado e à avaliação crítica deste, com relação aos objetivos propostos e alcançados.

Da revisão bibliográfica, observou-se inicialmente que o aumento do uso de equipamentos sofisticados de monitoração contínua do tráfego, conjuntamente com técnicas eficientes de processamento dos dados coletados, tem potencializado a difusão de diferentes avaliações a respeito do comportamento do tráfego em curto e longo prazo. Nesse sentido, considerando que a coleta tradicional de dados de tráfego é um processo normalmente oneroso e que é freqüente o caso em que dados insuficientes são coletados para chegar a conclusões estatisticamente inválidas, a experiência de utilização de dados disponibilizados por sistemas ITS, com coleta automática e contínua

a partir de sensores, possibilitou uma avaliação abrangente e desagregada em relação ao escopo temporal e espacial proposto.

Os processos de estruturação e consolidação da base de dados, por sua vez, demonstraram ser etapas de grande relevância, tendo sido essenciais na identificação de inconsistências e na aferição da qualidade dos dados de fluxo de tráfego. Nesse sentido, verifica-se que estas etapas constituem um fator decisivo para a integridade e confiabilidade da investigação sobre a natureza do volume de tráfego urbano.

Com relação à modelagem do comportamento do fluxo de tráfego, esta foi possível com a aplicação de técnicas estatísticas de análise dos dados. Contudo, essa atividade é afetada por imprecisões e erros inerentes a qualquer processo que tenta representar uma realidade típica. Ou seja, embora a prática usual consista na determinação de parâmetros médios para as variáveis de tráfego durante períodos de agregação específicos, observou-se a importância de calcular medidas de dispersão para avaliar a variabilidade das medidas de tendência central nos dados de tráfego, especialmente do volume. Nesse sentido, enquanto são identificadas as medidas que representam a média ou condições médias da demanda do tráfego, como o VMD, foi necessário atentar para inferências simples que apresentam a dispersão da medida resultante, como o intervalo de confiança, de modo a adquirir uma evidência da confiabilidade e precisão desses valores médios.

Dessa forma, a variabilidade nos fluxos em vias de redes urbanas foi analisada e algumas causas foram identificadas e quantificadas. A análise dos perfis temporais e espaciais do volume de tráfego permitiu, então, traçar um quadro geral da natureza dos padrões de variação do carregamento viário nesta amostra de vias arteriais. O estudo não só demonstrou que a variabilidade espaço-temporal contribui significativamente nas medidas de fluxo de tráfego médio, mas também que as dimensões espacial e temporal são fundamentais e complementares para a compreensão da dinâmica do fluxo de tráfego. A abordagem proposta sugere que as análises das superfícies espaço-temporais do fluxo de tráfego, como descritas na metodologia deste trabalho, podem ser uma ferramenta útil de avaliação para habilitar os analistas de tráfego a entender e descrever, de forma abrangente e sistêmica, o comportamento do fluxo de tráfego em sistemas viários urbanos.

Nesse contexto, conclui-se que as análises relacionais e espaciais podem ambas adquirir maior robustez através de mútua integração, ou seja, a disponibilização de dados de tráfego referenciados no tempo e no espaço, especialmente fluxos de tráfego, proporciona suporte à análise das relações entre uso do solo e movimento. Assim, os padrões de tráfego da cidade e sua variabilidade temporal e espacial tornam-se mais claros para os técnicos, auxiliando no planejamento da circulação viária da cidade e na tomada de decisão sobre intervenções no sistema viário.

No que se refere à avaliação dos aspectos espaciais de variação do volume, é importante perceber que as condições locais afetam significativamente os padrões de tráfego encontrados. Nesse contexto, conclui-se que a avaliação dos aspectos espaciais de variação do volume de tráfego em longo prazo mostra-se útil, por exemplo, como auxílio na identificação de indícios de potenciais vetores de deslocamento e de suas tendências, podendo prestar-se a subsidiar gestores locais a ordenar e direcionar o crescimento urbano, conforme a sua disponibilidade de investimentos em planejamento e infra-estrutura viária.

Nesses termos, percebe-se que é possível correlacionar um processo de urbanização e o fluxo de tráfego generalizado, identificando e mensurando os fatores que afetam a qualidade e o comportamento do serviço de tráfego ofertado, no sentido da organização de um espaço urbano mais racional.

Por fim, considera-se que as técnicas de análise usadas para descrever e caracterizar o comportamento do volume de tráfego, com seus enfoques e impactos correspondentes, mostraram-se uma ferramenta eficiente para contribuir no entendimento de como o espaço de circulação viária urbana é utilizado.

6.2. RECOMENDAÇÕES

As informações obtidas na avaliação desses dados sugerem a necessidade de análises e descobertas adicionais, nas quais pesquisas futuras podem contribuir considerando as seguintes recomendações:

- a) O emprego das ferramentas de análise estatística espacial dos padrões de variação do volume de tráfego urbano, de modo a permitir identificar relações e tendências complexas no âmbito espacial da dimensão em rede;
- b) Pesquisas para o desenvolvimento de procedimentos automatizados para avaliar a precisão e validação dos dados coletados automaticamente por detectores de laço indutivo, de modo a quantificar o efeito dos fatores operacionais e comportamentais do tráfego no processo de conversão da taxa de ocupação e fluxo em unidades de veículos;
- c) Especificamente em relação à base de dados deste estudo de caso, recomendam-se pesquisas e esforços de desenvolvimento no sentido de avaliar e implementar o uso de técnicas automáticas para tratamento da qualidade e consolidação dos dados, como a otimização *fuzzy* ou a filtragem digital;
- d) Avaliar os benefícios e vantagens do emprego de técnicas de mineração de dados, análise de agrupamento e séries temporais na identificação dos padrões de variação do volume de tráfego;
- e) Com relação aos resultados encontrados neste estudo de caso, é importante avaliar os efeitos da variabilidade temporal e espacial do volume de tráfego nas diversas aplicações e níveis de gerenciamento do tráfego, como por exemplo, o impacto sobre o desempenho de planos semaforicos;
- f) Considerar a variabilidade do fluxo de tráfego nas avaliações e estudos de viabilidade de sistemas ITS do tipo CTA, no sentido de identificar a estratégia de controle semaforico mais adequada às características e especificidades do comportamento do tráfego em cada realidade local;
- g) Correlacionar o efeito da magnitude e variação do volume, com outras variáveis de tráfego (ex. acidentes, velocidade), considerando a natureza espaço-temporal das variáveis e a contribuição do método de avaliação em superfícies apresentado.

6.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, cabe aqui um alerta para uma prática comum nas diversas áreas de transportes, a de que os seus diversos campos de aplicação fazem suposições baseadas no julgamento e na experiência, freqüentemente imprecisas, sobre a natureza dos dados de tráfego empregados. Nesse sentido, é importante refletir que quanto melhor entendida for a natureza dos dados de tráfego, mais os atores envolvidos começarão a questionar e, então, modificar, ajustar e evoluir o uso de dados de tráfego dentro das aplicações específicas de gerenciamento.

Recomenda-se, portanto, que uma grande parte, talvez a maior, dos esforços de análise de dados de tráfego seja empreendida na tentativa de quantificar e interpretar a sua variação, de forma que os dados assegurem confiança e precisão satisfatórias no desenvolvimento de estimativas médias sobre as condições típicas do tráfego.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO (1992) *AASHTO Guidelines for Traffic Data Programs*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C.
- ALBRIGHT, D. (1993) Standards, Innovation, and the Future of Traffic Monitoring. *ITE Journal*, janeiro/1993, p. 31-36.
- AUNET, B. (2000) Wisconsin's Approach to Variation in Traffic Data. Report, Wisconsin Department of Transportation, Madison, Wisconsin, EUA.
- BODDY, R. (1998) Improving the accuracy of SCOOT M02 data. *ITS Technical Note*. EPSRC Research Project. Institute for Transportation Studies, University of Leeds, UK.
- BONNISON, J. A. (1987) Traffic Volume Adjustments for Impact Analysis. *ITE Journal*, abril/1987, p. 43-46.
- BRYDIA, R. E.; S. M. TURNER; W. L. EISELE e J. C. LIU (1998) Development of an ITS Data Management System. *Transportation Research Board*, The 77th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.
- CET (1982) *Pesquisa e Levantamentos de Tráfego*. Boletim Técnico 31. Org. Eduardo Alcântara Vasconcelos. Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo. São Paulo.
- CHEN, S.; M. SHYU; S. PEETA e C. ZHANG (2002) Unsupervised Automated Learning-Based Spatio-Temporal Vehicle Tracking and Indexing for Transportation Multimedia Database Systems. *Transportation Research Board*, The 81th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.
- CHUA, K. M.; G. MCKEEN; J. BURGE e G. LUGER (2001) A Virtual Environment for Transportation Data Management System. *Transportation Research Board*, The 80th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.
- CHUNG, J.; K. VISWANATHAN e K. G. GOULIAS (1998) Design of Automatic Comprehensive Traffic Data Management System for Pennsylvania. *Transportation Research Board*. The 77th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.
- COIFMAN, B. A. (1998) New Methodology for Smoothing Freeway Loop Detector Data: Introduction to Digital Filtering. *Transportation Research Board*, The 77th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.

- COSTA NETO, P. L. O. (1977) *Estatística*. Ed. Edgar Blüncher, São Paulo.
- CUNAGIN, W. D. e P. M. KENT (1998) Reliability of Traffic Data. *Transportation Research Board*. The 77th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.
- DAHLGREN, J.; S. TURNER e R. C. GARCIA (2002) Collecting, Processing, Archiving and Disseminating Traffic Data to Measure and Improve Traffic Performance. *Transportation Research Board*, The 81th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.
- DANTAS, A. S.; P. W. G. TACO e Y. YAMASHITA (1996) Sistemas de Informação Geográfica em Transportes: O Estudo do Estado da Arte. *Anais do X Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Brasília, DF, vol. 1, p. 211-219.
- DAVIS, G. A. (1997) Accuracy of Estimates of Mean Daily Traffic: A Review. *Transportation Research Record 1593*. TRB. National Research Council, Washington, D.C., p.12-16.
- ERHUNMWUNSEE, P. O. (1991) Estimating Average Annual Daily Traffic Flow from Short Period Counts. *ITE Journal*, novembro/1991, p. 23-30.
- FHWA (2001) *Traffic Monitoring Guide*. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, EUA.
- FOX, K. e S. D. CLARK (1998) Evaluating the Benefits of a Responsive UTC System Using Micro-Simulation. *30th Annual Conference of the Universities Transport Studies Group*, Dublin.
- FOX, K.; S. D. CLARK; R. BODDY; F. O. MONTGOMERY e M. C. BELL (1998) Some Benefits of a SCOOT UTC System: An Independent Assessment by Micro-Simulation. *Traffic Engineering and Control*, September, p. 484-489.
- GOODMAN, J. M. e T. L. STOUT (1972) Traffic Flow Analysis. *Traffic Engineering*, abril, p. 24-28.
- HOMBURGER, W. S., J. W. HALL; R. C. LOUZENHEISER e W.R. REILLY (1996) *Fundamentals of Traffic Engineering*. Institute of Transportation Studies, University of California. Berkley, EUA.
- HUGHES, R. G. e F. M. COUNCIL (1999) On Establishing the Relationship(s) between Freeway Safety and Peak Period Operations: Performance Measurement and Methodological Considerations. *Transportation Research Board*. The 78th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.

- IBGE (2000) *Censo Demográfico 2000*. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, RJ.
- INSIGNARES, M. S. e D.C. TERRY (1991) *Geographic Information Systems in Traffic Control*. JHK and Associates, Compendium of Technical Papers, Institute of Transportation Engineering.
- IPECE (2004) *Anuário Estatístico do Ceará - 2002/2003*. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Secretaria do Planejamento e Coordenação, CE. Disponível em: <http://www.iplance.ce.gov.br/publicacoes/anuario_2002/>, acessado em 20 de agosto de 2004.
- IVAN, J. N.; W. M. ELDESSOUKI; M. ZHAO e F. GUO (2002) Estimating Link Traffic Volumes by Month, Day of Week and Time of Day. Report JHR 02-287, Connecticut Department of Transportation. University of Connecticut, EUA.
- JIA, X. (1999) A Method for Representing and Reasoning Spatial Knowledge in Transportation. *Transportation Research Board*, The 78th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.
- KIKUCHI, S. e D. MILJKOVIC (1999) A Method to Pre-Process Observed Traffic Data: Application of Fuzzy Optimization Concept. *Transportation Research Board*, The 78th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.
- KIKUCHI, S., D. MILJKOVIC e H. J. V. ZUYLEN (2000) Examination of Methods that Adjust Observed Traffic Volumes on a Network. *Transportation Research Board*, The 79th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.
- KLEIN, L.; P. YI e H. TENG (2002) Decision Support System for Advanced Traffic Management Through Data Fusion and Mining. *Transportation Research Board*, The 81th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.
- KOSONEN, I. e A. BARGIELA (1999) A Distributed Traffic Monitoring and Information System. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, vol.3, p. 31-40.
- KWON, J.; B. COIFMAN e P. BICKEL (2000) Day-to-Day Travel Time Trends and Travel Time Prediction from Loop Detector Data. *Transportation Research Board*. The 79th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.
- LEVINSON, D. M. e A. KUMAR (1994) Operational Evidence of Changing Travel Patterns: A Case Study. *ITE Journal*, April, p. 36-40.

- LOGI, F.; M. ULLRICH e H. KELLERI (2002) A Dynamic Approach to Online Traffic Modeling in the Munich Metropolitan Network. *Transportation Research Board*, The 81th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.
- LOUREIRO, C. F. G.; C. H. P. LEANDRO e M. V. T. OLIVEIRA (2002) Sistema Centralizado de Controle de Tráfego de Fortaleza: ITS Aplicado à Gestão Dinâmica do Trânsito Urbano. *Anais do XVI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Natal, RN, Comunicações Técnicas, p. 19-26.
- MAROCO, J. (2003) *Análise Estatística – com Utilização do SPSS*. (1a. ed.) Silabo, Lisboa, Portugal.
- MAY, A. D. (1990) *Traffic Flow Fundamentals*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- McSHANE, W. R. e K. W. CROWLEY (1976) Regularity of Some Detector-observed Arterial Traffic Volume Characteristics. *Transportation Research Board*, TRR, Washington, D.C., EUA.
- McSHANE, W. R., R. P. ROESS (1990) *Traffic Engineering*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- MENESES, H. B. (2003) *Interface Lógica em Ambiente SIG para Bases de Dados de Sistemas Centralizados de Controle de Tráfego Urbano em Tempo Real*. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará.
- MILTON, J. S. e J. C. ARNOLD (1990) *Introduction to Probability and Statistic: Principles and Applications for Engineering and the Computing Sciences*. (2a. ed.) McGraw Hill, New York, EUA.
- MING, S. H. (1997) Uma Breve Descrição do Sistema SCOOT. *Notas Técnicas*, NT 201. Companhia de Engenharia de Tráfego – CET/SP.
- MONTGOMERY, F. O.; M. C. BELL; K. FOX; R. BODDY e S. D. CLARK (1998) The Influence of Flow Variability on the Evaluation of Responsive Traffic Systems by Micro-Simulation. EPSRC Research Project. Institute for Transportation Studies, University of Leeds, UK.
- O'NEIL, W. e W. KLANCHER (1997) The Use of ITS Data for Transportation Planning: Future Research Needs. *Transportation Research Board*, The 77th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.

- PMF (1996) *Lei nº 7.987 de Uso e Ocupação do Solo do Município de Fortaleza*. Instituto de Planejamento do Município - Prefeitura Municipal de Fortaleza, Fortaleza/CE.
- PERRIN, H. J. Jr. e P. T. MARTIN (1998) On-Line Comprehensive Traffic Flow Estimation from Link Flow Detectors: Model Examination. *Transportation Research Board*, The 77th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.
- PERRIN, H. J. Jr. e P. T. MARTIN (2002) Simulating SCOOT. *Traffic Technology International*, February/march 2002, p. 81-83.
- RAKHA, H. e M. VAN AERDE (1995) Statistical Analysis of Day-to-Day Variations in Real-Time Traffic Flow Data. *Transportation Research Board*. The 75th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.
- RAMSEY, G. R. S. (1996) Projecting Annual Traffic Volumes from Peak Hour Volumes. *ITE Jornal*, agosto, p. 30-33.
- REIS, A. K. O. (2001) *Análise do Efeito da Variação do Volume de Tráfego sobre o Desempenho de Planos Semafóricos de Tempo Fixo: Estudo de Caso em São Paulo*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, DF.
- RIBEIRO, P. C. M. (1991) *Influence of Flow Variation on Fixed-Time Signal Control*. Ph.D. Dissertation. University College London, UK.
- ROBERTSON, H. D., HUMMER, J. E. (1994) *Manual of Transportation Engineering Studies*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- SEINFRA (2002) *Estudos de Integração dos Transportes na RMF*. Termo de Referência 44/2001. METROFOR - Companhia Cearense de Transportes Metropolitanos, Governo do Estado do Ceará, Fortaleza/CE.
- SHARMA, S.; P. LINGRAS e M. ZHONG (2003) Effect of Missing Value Imputations on Traffic Parameters Estimations from Permanent Traffic Counts. *Transportation Research Board*. The 82th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.
- SHBAKLO, S.; F. KOPPELMAN e C. BHAT (1993) Static Prediction Models of Flow and Occupancy. ADVANCE Report TRF-TT-05, Transportation Center, Northwestern University, Evanston.
- SHLADOVER, S. E. (2002) Pathfinders. *Traffic Technology International*, April/May-2002, p. 53-58.

- SMITH, B. L.; W. T. SCHERER e J. H. CONKLIN (2003) Exploring Imputation Techniques for Missing Data in Transportation Management Systems. *Transportation Research Board*, The 82th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.
- SMITH, B. L.; W. T. SCHERER e T. A. HAUSER (2001) Data Mining Tools for the Support of Traffic Signal Timing Plan Development. *Transportation Research Board*, The 80th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.
- SOTR (1999) *State of the Region: Performance Indicators for the Buffalo-Niagara Region in the 21st Century*. Institute for Local Governance and Regional Growth, New York, EUA. Disponível em: <<http://regional-institute.buffalo.edu/sotr>>, acessado em 10 de julho de 2004.
- SPINDOLA, R. C. M. R. e J. C. GRISALES (1995) *Ingeniería de Transito: Fundamentos y Aplicaciones* (7a. ed). Alfaomega, Cay y Mayor y Asociados, Universidad del Valle, Colombia.
- SPSS (2001) *Applications Guide*. SPSS Version 11.0. SPSS Inc. Chicago, EUA.
- STATHOPOULOS, A. e M. KARLAFTIS (2001) Temporal and Spatial Variations of Real-Time Traffic Data in Urban Areas. *Transportation Research Board*, The 80th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.
- TANIGUCHI, E.; R. G. THOMPSON; T. YAMADA e R. V. DIUN (2001) *City Logistics – Network Modeling and Intelligent Transport Systems*. By Elsevier Science - PERGAMON, London, UK.
- TRL (2000a) SCOOT 0414 – Description of SCOOT – Executive Summary. *SCOOT Traffic Handbook*. Transportation Research Laboratory. Crowthorne, Berkshire, Inglaterra.
- TRL (2000b) SCOOT 0434 – Detector Sitting Location – Executive Summary. *SCOOT Traffic Handbook*. Transportation Research Laboratory. Crowthorne, Berkshire, Inglaterra.
- TRL (2000c) SCOOT 0476 – Operational Guide Troubleshooting – Executive Summary. *SCOOT Traffic Handbook*. Transportation Research Laboratory. Crowthorne, Berkshire, Inglaterra.
- TRL (2000d) SCOOT 0478 – Operational Guide Soft – Executive Summary. *SCOOT Traffic Handbook*. Transportation Research Laboratory. Crowthorne, Berkshire, Inglaterra.

- TRL (2000e) SCOOT 0489 – Functional Description Historic Data – Executive Summary. *SCOOT Traffic Handbook*. Transportation Research Laboratory. Crowthorne, Berkshire, Inglaterra.
- TURNER, S. M. (2001) *Guidelines for Developing ITS Data Archiving Systems*. Report 2127-3, Texas Department of Transportation in Cooperation with the U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration. Texas, EUA.
- TUROCHY, R. E. (2001) *Traffic Condition Monitoring Using Multivariate Statistical Quality Control*. Ph.D. Dissertation, University of Virginia, Charlottesville.
- TUROCHY, R. E. e B. L. SMITH (2000) A New Procedure for Detector Data Screening in Traffic Management Systems. *Transportation Research Board*, The 79th Annual Meeting, Washington, D.C., EUA.
- VASCONCELOS, E. A. (2000) *Transporte Urbano nos Países em Desenvolvimento: Reflexões e Propostas*. (3a. ed), Annablume, São Paulo, SP.
- WILSON, C.; D. BOWERS; P. WELSH; D. WRIGHT; R. PEARCE e M. PATEL (1999) Fit for a Purpose? Defining the Quality of Traffic Management Data. *Traffic Technology International*, janeiro/1999, p. 75-78.
- WOOD, K. (1993) *Urban Traffic Control: System Review*. Transportation Research Laboratory. Crowthorne, Berkshire, Inglaterra.
- WRIGHT, T.; P. HU; J. YOUNG e A. LU (1997) Variability in Traffic Monitoring Data. *Final Summary Report*, Oak Ridge National Laboratory for the US Department of Energy, University of Tennessee-Knoxville, Tennessee, EUA.
- ZHOU, M. e V. SISIOPIKU (1997) Relationship Between Volume to Capacity Ratios and Accident Rates. *Transportation Research Record*, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 47-52.

ANEXOS

ANEXO I

LISTAGEM DA SELEÇÃO AMOSTRAL DE *LINKS* DA REDE DE VIAS ARTERIAIS DA ÁREA DE ESTUDO

ORDEM	VIA	SENTIDO	TRECHO	CÓDIGO DO LINK
01-A	AV. DOM MANUEL	SUL / NORTE	ENTRE AV. HERÁCLITO GRAÇA E R. PINTO MADEIRA	074K
			ENTRE R. PINTO MADEIRA E AV. SANTOS DUMONT	028G
			ENTRE AV. SANTOS DUMONT E R. COSTA BARROS	029C
			ENTRE R. COSTA BARROS E R. TENENTE BENÉVOLO	214G
01-B	AV. DOM MANUEL	NORTE / SUL	ENTRE R. TENENTE BENÉVOLO E R. COSTA BARROS	029A
			ENTRE R. COSTA BARROS E AV. SANTOS DUMONT	028E
			ENTRE AV. SANTOS DUMONT E R. PINTO MADEIRA	074A
			ENTRE R. PINTO MADEIRA E AV. HERÁCLITO GRAÇA	001J
02	AV. RUI BARBOSA	NORTE / SUL	ENTRE AV. DEP. MOREIRA DA ROCHA E R. TENENTE BENÉVOLO	222A
			ENTRE R. TENENTE BENÉVOLO E R. PEREIRA FILGUEIRAS	221E
			ENTRE R. PEREIRA FILGUEIRAS E R. COSTA BARROS	165A
			ENTRE R. COSTA BARROS E AV. SANTOS DUMONT	164E
			ENTRE AV. SANTOS DUMONT E AV. HERÁCLITO GRAÇA	073A
			ENTRE AV. HERÁCLITO GRAÇA E R. PE. VALDEVINO	138E
			ENTRE R. PE. VALDEVINO E AV. ANTÔNIO SALES	051A
			ENTRE AV. ANTÔNIO SALES E AV. SORIANO ALBUQUERQUE	318A
03-A	AV. BARÃO DE STUDART	SUL / NORTE	ENTRE AV. ANTÔNIO SALES E R. PE. VALDEVINO	134C
			ENTRE R. PE. VALDEVINO E AV. HERÁCLITO GRAÇA	058G
			ENTRE AV. HERÁCLITO GRAÇA E R. JOÃO CARVALHO	100C
			ENTRE R. JOÃO CARVALHO E R. TORRES CÂMARA	110G
			ENTRE R. TORRES CÂMARA E AV. SANTOS DUMONT	054C
			ENTRE AV. SANTOS DUMONT E R. PEREIRA FILGUEIRAS	141C
			ENTRE R. PEREIRA FILGUEIRAS E R. TENENTE BENÉVOLO	209G
			ENTRE R. TENENTE BENÉVOLO E AV. DEP. MOREIRA DA ROCHA	259C
03-B	AV. BARÃO DE STUDART	NORTE / SUL	ENTRE AV. DEP. MOREIRA DA ROCHA E R. TENENTE BENÉVOLO	209E
			ENTRE R. TENENTE BENÉVOLO E R. PEREIRA FILGUEIRAS	141A
			ENTRE R. PEREIRA FILGUEIRAS E R. COSTA BARROS	055E
			ENTRE R. COSTA BARROS E AV. SANTOS DUMONT	054A
			ENTRE AV. SANTOS DUMONT E R. TORRES CÂMARA	110E
			ENTRE R. TORRES CÂMARA E R. JOÃO CARVALHO	100A
			ENTRE R. JOÃO CARVALHO E AV. HERÁCLITO GRAÇA	058E
			ENTRE AV. HERÁCLITO GRAÇA E R. PE. VALDEVINO	134A
04-A	AV. DES. MOREIRA	SUL / NORTE	ENTRE AV. PONTES VIEIRA E R. FRANCISCO HOLANDA	337G
			ENTRE R. FRANCISCO HOLANDA E R. TOMÁS ACIOLY	336C
			ENTRE R. TOMÁS ACIOLY E AV. ANTÔNIO SALES	053G
			ENTRE AV. ANTÔNIO SALES E R. PE. VALDEVINO	139C
			ENTRE R. PE. VALDEVINO E R. VICENTE LINHARES	421G
			ENTRE R. VICENTE LINHARES E AV. PE. ANTÔNIO TOMÁS	104C
			ENTRE AV. PE. ANTÔNIO TOMÁS E R. EDUARDO GARCIA	173G
			ENTRE R. EDUARDO GARCIA E R. DES. LEITE ALBUQUERQUE	184C
ENTRE R. DES. LEITE ALBUQUERQUE E AV. SANTOS DUMONT	069G			

continuação

ORDEM	VIA	SENTIDO	TRECHO	CÓDIGO DO LINK
04-B	AV. DES. MOREIRA	NORTE / SUL	ENTRE AV. SANTOS DUMONT E R. DES. LEITE ALBUQUERQUE	184A
			ENTRE R. DES. LEITE ALBUQUERQUE E R. EDUARDO GARCIA	173E
			ENTRE R. EDUARDO GARCIA E AV. PE. ANTÔNIO TOMÁS	104A
			ENTRE AV. PE. ANTÔNIO TOMÁS E R. VICENTE LINHARES	421E
			ENTRE R. VICENTE LINHARES E R. PE. VALDEVINO	139A
			ENTRE R. PE. VALDEVINO E AV. ANTONIO SALES	053E
			ENTRE AV. ANTONIO SALES E R. TOMÁS ACIOLY	336A
			ENTRE R. TOMÁS ACIOLY E R. FRANCISCO HOLANDA	337E
05-A	AV. SEN. VIRGÍLIO TÁVORA	SUL / NORTE	ENTRE R. PROF. FCO. GONÇALVES E AV. ANTONIO SALES	103C
			ENTRE AV. ANTONIO SALES E R. BENI DE CARVALHO	283G
			ENTRE R. BENI DE CARVALHO E R. VICENTE LINHARES	323C
			ENTRE R. VICENTE LINHARES E AV. PE. ANTÔNIO TOMÁS	105G
			ENTRE AV. PE. ANTÔNIO TOMÁS E R. EDUARDO GARCIA	300C
			ENTRE R. EDUARDO GARCIA E R. DES. LEITE ALBUQUERQUE	299G
			ENTRE R. DES. LEITE ALBUQUERQUE E AV. SANTOS DUMONT	084C
			ENTRE AV. SANTOS DUMONT E AV. DOM LUÍS	130G
			ENTRE AV. DOM LUÍS E R. CANUTO DE AGUIAR	294C
			ENTRE R. CANUTO DE AGUIAR E R. ANA BILHAR	295G
			ENTRE R. ANA BILHAR E AV. ANTONIO JUSTA	236C
05-B	AV. SEN. VIRGÍLIO TÁVORA	NORTE / SUL	ENTRE AV. ANTONIO JUSTA E R. ANA BILHAR	295E
			ENTRE R. ANA BILHAR E R. CANUTO DE AGUIAR	294A
			ENTRE R. CANUTO DE AGUIAR E AV. DOM LUÍS	130E
			ENTRE AV. DOM LUÍS E AV. SANTOS DUMONT	084A
			ENTRE AV. SANTOS DUMONT E R. DES. LEITE ALBUQUERQUE	299E
			ENTRE R. DES. LEITE ALBUQUERQUE E R. EDUARDO GARCIA	300A
			ENTRE R. EDUARDO GARCIA E AV. PE. ANTÔNIO TOMÁS	105E
			ENTRE AV. PE. ANTÔNIO TOMÁS E R. VICENTE LINHARES	323A
			ENTRE R. VICENTE LINHARES E R. BENI DE CARVALHO	283E
			ENTRE R. BENI DE CARVALHO E AV. ANTONIO SALES	103A
			ENTRE AV. ANTONIO SALES E R. PROF. FCO. GONÇALVES	340E
06-A	AV. PONTES VIEIRA	OESTE / LESTE	ENTRE AV. VISC. DO RIO BRANCO E R. CAPITÃO GUSTAVO	068G
			ENTRE R. CAPITÃO GUSTAVO E R. PROF. CARVALHO	407D
			ENTRE R. PROF. CARVALHO E AV. BARÃO DE STUDART	098H
			ENTRE AV. BARÃO DE STUDART E R. JOSÉ VILAR	351H
			ENTRE R. JOSÉ VILAR E R. TIBURCIO CAVALCANTE	136D
			ENTRE R. TIBURCIO CAVALCANTE E R. OSVALDO CRUZ	208H
			ENTRE R. OSVALDO CRUZ E AV. DES. MOREIRA	094D
			ENTRE AV. DES. MOREIRA E R. BARBOSA DE FREITAS	338H
06-B	AV. PONTES VIEIRA	LESTE / OESTE	ENTRE R. BARBOSA DE FREITAS E AV. DES. MOREIRA	094B
			ENTRE AV. DES. MOREIRA E R. OSVALDO CRUZ	208F
			ENTRE R. OSVALDO CRUZ E R. TIBURCIO CAVALCANTE	136B
			ENTRE R. TIBURCIO CAVALCANTE E R. JOSÉ VILAR	351F
			ENTRE R. JOSÉ VILAR E AV. BARÃO DE STUDART	096B
			ENTRE AV. BARÃO DE STUDART E AV. RUI BARBOSA	098F
			ENTRE AV. RUI BARBOSA E R. PROF. CARVALHO	407B
			ENTRE R. PROF. CARVALHO E R. CAPITÃO GUSTAVO	068F
07	AV. ANTONIO SALES	OESTE / LESTE	ENTRE R. CAPITÃO GUSTAVO E AV. VISC. DO RIO BRANCO	049B
			ENTRE R. JOSÉ LOURENÇO E AV. BARÃO DE STUDART	052H
			ENTRE AV. BARÃO DE STUDART E R. JOSÉ VILAR	411D
			ENTRE R. JOSÉ VILAR E R. TIBURCIO CAVALCANTE	119H
			ENTRE R. TIBURCIO CAVALCANTE E R. OSVALDO CRUZ	386D
			ENTRE R. OSVALDO CRUZ E AV. DES. MOREIRA	053H

continuação

ORDEM	VIA	SENTIDO	TRECHO	CÓDIGO DO LINK
08	R. PE. VALDEVINO	LESTE / OESTE	ENTRE AV. DES. MOREIRA E R. TIBÚRCIO CAVALCANTE	181B
			ENTRE R. TIBÚRCIO CAVALCANTE E R. JOSÉ VILAR	352F
			ENTRE R. JOSÉ VILAR E AV. BARÃO DE STUDART	134B
			ENTRE AV. BARÃO DE STUDART E R. JOSÉ LOURENÇO	321F
			ENTRE R. JOSÉ LOURENÇO E AV. RUI BARBOSA	138B
			ENTRE AV. RUI BARBOSA E R. CARLOS VASCONCELOS	341F
			ENTRE R. CARLOS VASCONCELOS E R. ILDEFONSO ALBANO	381B
			ENTRE R. ILDEFONSO ALBANO E R. JOÃO CORDEIRO	167F
			ENTRE R. JOÃO CORDEIRO E R. DONA LEOPOLDINA	182B
			ENTRE R. DONA LEOPOLDINA E AV. DOM MANUEL	090F
09-A	AV. HERÁCLITO GRAÇA	OESTE / LESTE	ENTRE AV. VISC. DO RIO BRANCO E AV. DOM MANUEL	001D
			ENTRE AV. DOM MANUEL E R. DONA LEOPOLDINA	147H
			ENTRE R. DONA LEOPOLDINA E R. GONÇALVES LEDO	148J
			ENTRE R. GONÇALVES LEDO E R. JOÃO CORDEIRO	287D
			ENTRE R. JOÃO CORDEIRO E R. ILDEFONSO ALBANO	375H
			ENTRE R. ILDEFONSO ALBANO E R. CARLOS VASCONCELOS	201D
			ENTRE R. CARLOS VASCONCELOS E AV. RUI BARBOSA	073H
			ENTRE AV. RUI BARBOSA E R. JOSÉ LOURENÇO	255D
			ENTRE R. JOSÉ LOURENÇO E AV. BARÃO DE STUDART	058H
09-B	AV. HERÁCLITO GRAÇA	LESTE / OESTE	ENTRE AV. BARÃO DE STUDART E R. JOSÉ LOURENÇO	255B
			ENTRE R. JOSÉ LOURENÇO E AV. RUI BARBOSA	073F
			ENTRE AV. RUI BARBOSA E R. CARLOS VASCONCELOS	201B
			ENTRE R. CARLOS VASCONCELOS E R. ILDEFONSO ALBANO	375F
			ENTRE R. ILDEFONSO ALBANO E R. JOÃO CORDEIRO	287B
			ENTRE R. JOÃO CORDEIRO E R. GONÇALVES LEDO	148F
			ENTRE R. GONÇALVES LEDO E R. DONA LEOPOLDINA	147K
			ENTRE R. DONA LEOPOLDINA E AV. DOM MANUEL	001B
			ENTRE AV. DOM MANUEL E AV. VISC. DO RIO BRANCO	002F
10-A	AV. PE. ANTÔNIO TOMÁS	LESTE / OESTE	ENTRE R. MONSENHOR CATÃO E R. CORONEL JUCÁ	372B
			ENTRE R. CORONEL JUCÁ E AV. SEN. VIRGÍLIO TÁVORA	105F
			ENTRE AV. SEN. VIRGÍLIO TÁVORA E R. LEONARDO MOTA	274B
			ENTRE R. LEONARDO MOTA E R. BARBOSA DE FREITAS	273F
			ENTRE R. BARBOSA DE FREITAS E AV. DES. MOREIRA	104B
			ENTRE AV. DES. MOREIRA E R. OSVALDO CRUZ	279F
			ENTRE R. OSVALDO CRUZ E R. JOAQUIM NABUCO	316B
			ENTRE R. JOAQUIM NABUCO E R. TIBÚRCIO CAVALCANTE	169F
10-B	AV. PE. ANTÔNIO TOMÁS	OESTE / LESTE	ENTRE R. TIBÚRCIO CAVALCANTE E R. JOAQUIM NABUCO	316D
			ENTRE R. JOAQUIM NABUCO E R. OSVALDO CRUZ	279H
			ENTRE R. OSVALDO CRUZ E AV. DES. MOREIRA	104D
			ENTRE AV. DES. MOREIRA E R. BARBOSA DE FREITAS	273H
			ENTRE R. BARBOSA DE FREITAS E R. LEONARDO MOTA	274D
			ENTRE R. LEONARDO MOTA E AV. SEN. VIRGÍLIO TÁVORA	105H
			ENTRE AV. SEN. VIRGÍLIO TÁVORA E R. CORONEL JUCÁ	372D
			ENTRE R. CORONEL JUCÁ E R. MONSENHOR CATÃO	392H
11	AV. SANTOS DUMONT	OESTE / LESTE	ENTRE AV. DOM MANUEL E R. JOÃO CORDEIRO	224D
			ENTRE R. JOÃO CORDEIRO E R. ILDEFONSO ALBANO	376H
			ENTRE R. ILDEFONSO ALBANO E R. CARLOS VASCONCELOS	276D
			ENTRE R. CARLOS VASCONCELOS E AV. RUI BARBOSA	164H
			ENTRE AV. RUI BARBOSA E AV. BARÃO DE STUDART	054D
			ENTRE AV. BARÃO DE STUDART E R. JOSÉ VILAR	354P

continuação

ORDEM	VIA	SENTIDO	TRECHO	CÓDIGO DO LINK
12-A	AV. SANTOS DUMONT	OESTE / LESTE	ENTRE R. TIBÚRCIO CAVALCANTE E R. OSVALDO CRUZ	317D
			ENTRE R. OSVALDO CRUZ E AV. DES. MOREIRA	069H
			ENTRE AV. DES. MOREIRA E R. BARBOSA DE FREITAS	211D
			ENTRE R. BARBOSA DE FREITAS E R. LEONARDO MOTA	185H
			ENTRE R. LEONARDO MOTA E AV. SEN. VIRGÍLIO TÁVORA	084D
			ENTRE AV. SEN. VIRGÍLIO TÁVORA E R. CORONEL JUCÁ	033H
12-B	AV. SANTOS DUMONT	LESTE / OESTE	ENTRE R. CORONEL JUCÁ E AV. SEN. VIRGÍLIO TÁVORA	084B
			ENTRE AV. SEN. VIRGÍLIO TÁVORA E R. LEONARDO MOTA	185F
			ENTRE R. LEONARDO MOTA E R. BARBOSA DE FREITAS	211B
			ENTRE R. BARBOSA DE FREITAS E AV. DES. MOREIRA	069F
			ENTRE AV. DES. MOREIRA E R. OSVALDO CRUZ	317B
			ENTRE R. OSVALDO CRUZ E R. TIBÚRCIO CAVALCANTE	174F
13	R. COSTA BARROS	LESTE / OESTE	ENTRE R. SILVA PAULET E AV. BARÃO DE STUDART	055F
			ENTRE AV. BARÃO DE STUDART E AV. RUI BARBOSA	165B
			ENTRE AV. RUI BARBOSA E R. CARLOS VASCONCELOS	277F
			ENTRE R. CARLOS VASCONCELOS E R. ILDEFONSO ALBANO	377B
			ENTRE R. ILDEFONSO ALBANO E AV. DOM MANUEL	029B
14-A	AV. DOM LUIS	OESTE / LESTE	ENTRE R. TIBÚRCIO CAVALCANTE E R. OSVALDO CRUZ	063H
			ENTRE R. OSVALDO CRUZ E R. LEONARDO MOTA	284H
			ENTRE R. LEONARDO MOTA E R. VICENTE LEITE	415D
			ENTRE R. VICENTE LEITE E AV. SEN. VIRGÍLIO TÁVORA	130H
14-B	AV. DOM LUIS	LESTE / OESTE	ENTRE R. CORONEL JUCÁ E AV. SEN. VIRGÍLIO TÁVORA	130F
			ENTRE AV. SEN. VIRGÍLIO TÁVORA E R. VICENTE LEITE	415B
			ENTRE R. VICENTE LEITE E R. LEONARDO MOTA	284F
			ENTRE R. LEONARDO MOTA E R. OSVALDO CRUZ	063F
15-A	AV. DA ABOLIÇÃO	OESTE / LESTE	ENTRE R. SILVA PAULET E R. TIBÚRCIO CAVALCANTE	270D
			ENTRE R. TIBÚRCIO CAVALCANTE E R. OSVALDO CRUZ	269H
			ENTRE R. OSVALDO CRUZ E AV. DES. MOREIRA	071D
			ENTRE AV. DES. MOREIRA E R. PAULA BARROS	391H
			ENTRE R. PAULA BARROS E AV. SEN. VIRGÍLIO TÁVORA	188D
15-B	AV. DA ABOLIÇÃO	LESTE / OESTE	ENTRE AV. SEN. VIRGÍLIO TÁVORA E R. PAULA BARROS	391J
			ENTRE R. PAULA BARROS E AV. DES. MOREIRA	071B
			ENTRE AV. DES. MOREIRA E R. OSVALDO CRUZ	269F
			ENTRE R. OSVALDO CRUZ E R. TIBÚRCIO CAVALCANTE	270B
16-A	AV. HIST. RAIMUNDO GIRÃO	OESTE / LESTE	ENTRE R. ARARIUS E R. JOÃO CORDEIRO	183D
			ENTRE R. JOÃO CORDEIRO E R. ILDEFONSO ALBANO	153H
			ENTRE R. ILDEFONSO ALBANO E AV. BARÃO DE STUDART	057D
16-B	AV. HIST. RAIMUNDO GIRÃO	LESTE / OESTE	ENTRE AV. BARÃO DE STUDART E R. ILDEFONSO ALBANO	153F
			ENTRE R. ILDEFONSO ALBANO E R. JOÃO CORDEIRO	183B
			ENTRE R. JOÃO CORDEIRO E R. ARARIUS	424F

ANEXO II**PERFIS DE VARIAÇÃO ESPACIAL DO VMD DA
AMOSTRA DE VIAS ARTERIAIS POR SENTIDO PARA
IDENTIFICAÇÃO DE SEGMENTOS HOMOGÊNEOS**

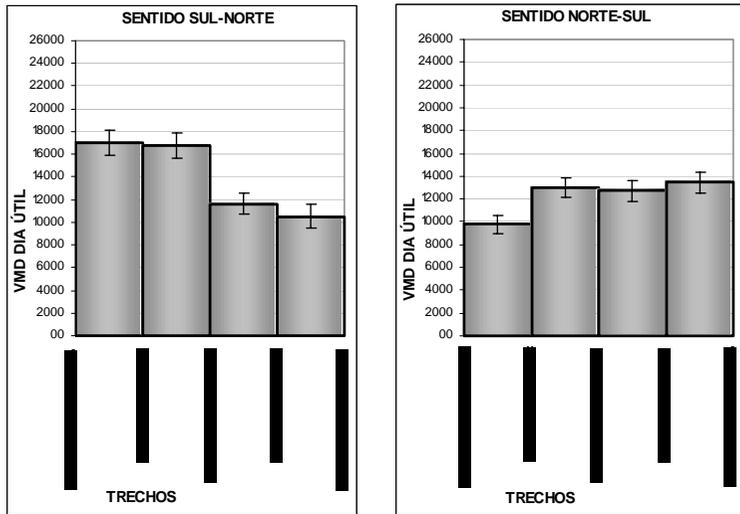


Figura II.01: Perfil de variação espacial do VMD de dias úteis da Av. Dom Manuel

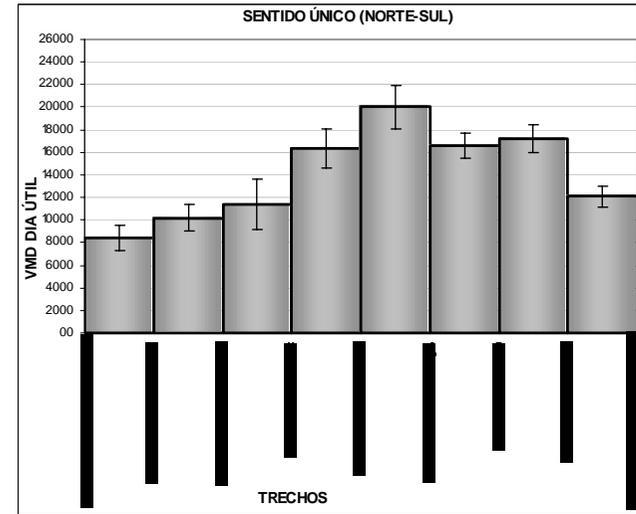


Figura II.02: Perfil de variação espacial do VMD de dias úteis da Av. Rui Barbosa

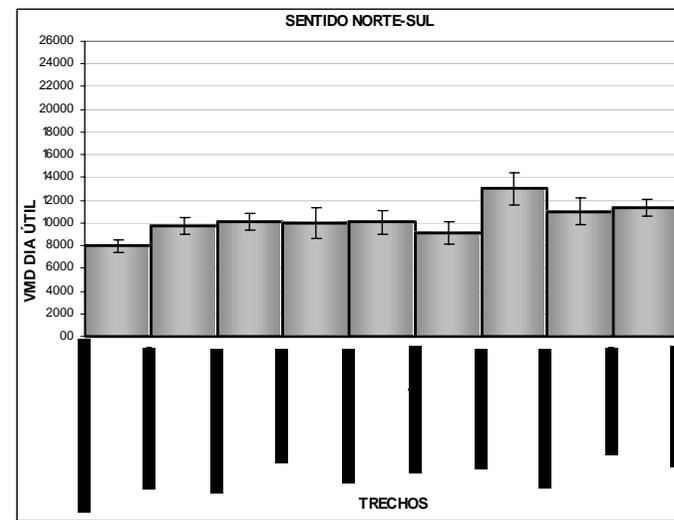
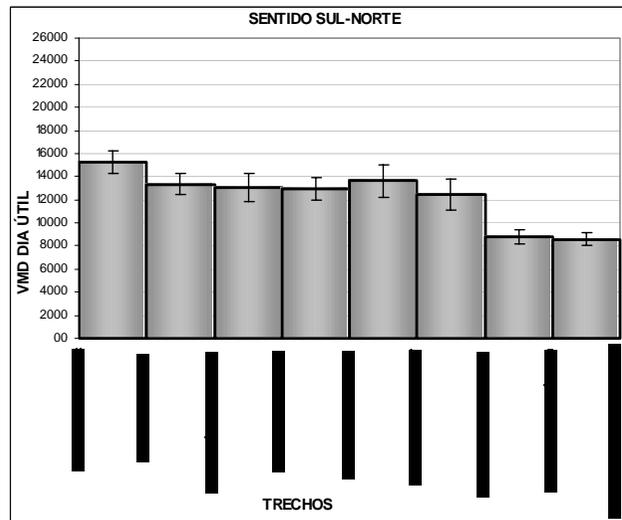


Figura II.03: Perfil de variação espacial do VMD de dias úteis da Av. Barão de Studart

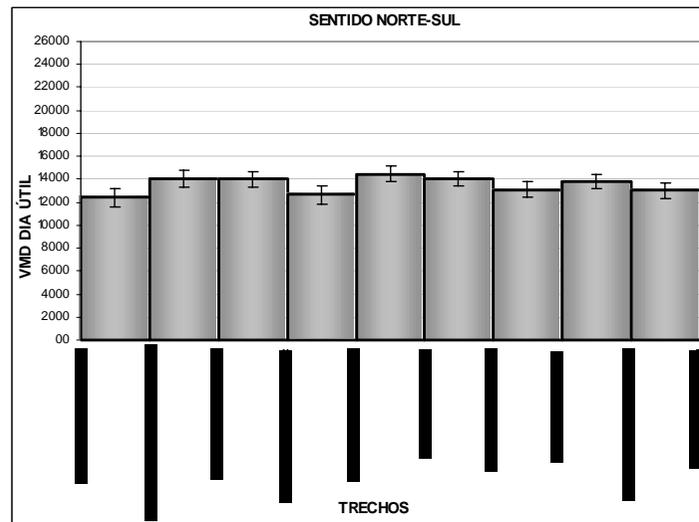
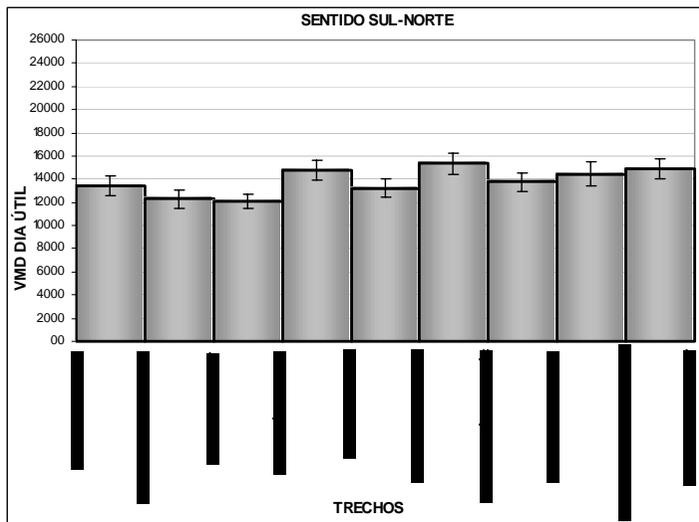


Figura II.04: Perfil de variação espacial do VMD de dias úteis da Av. Desembargador Moreira

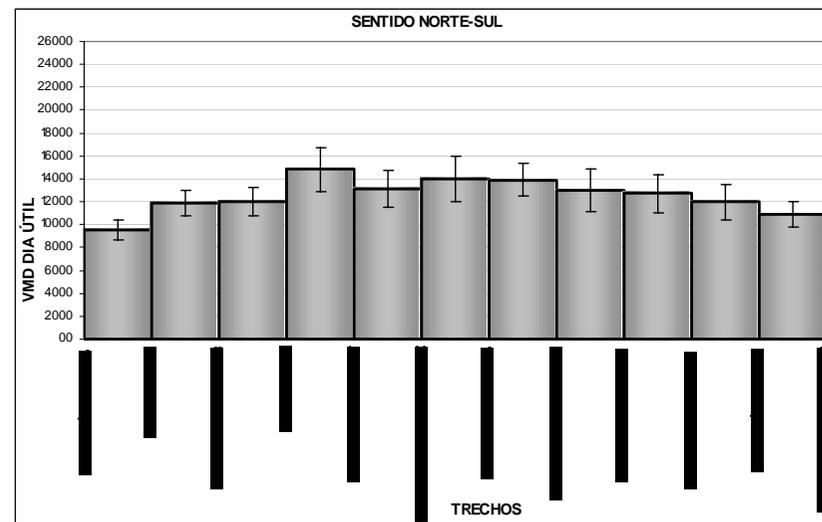
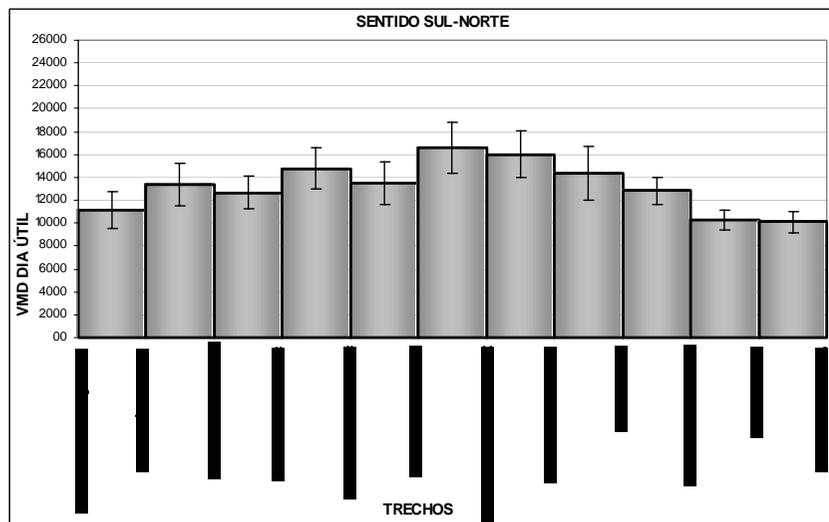


Figura II.05: Perfil de variação espacial do VMD de dias úteis da Av. Sen. Virgílio Távora

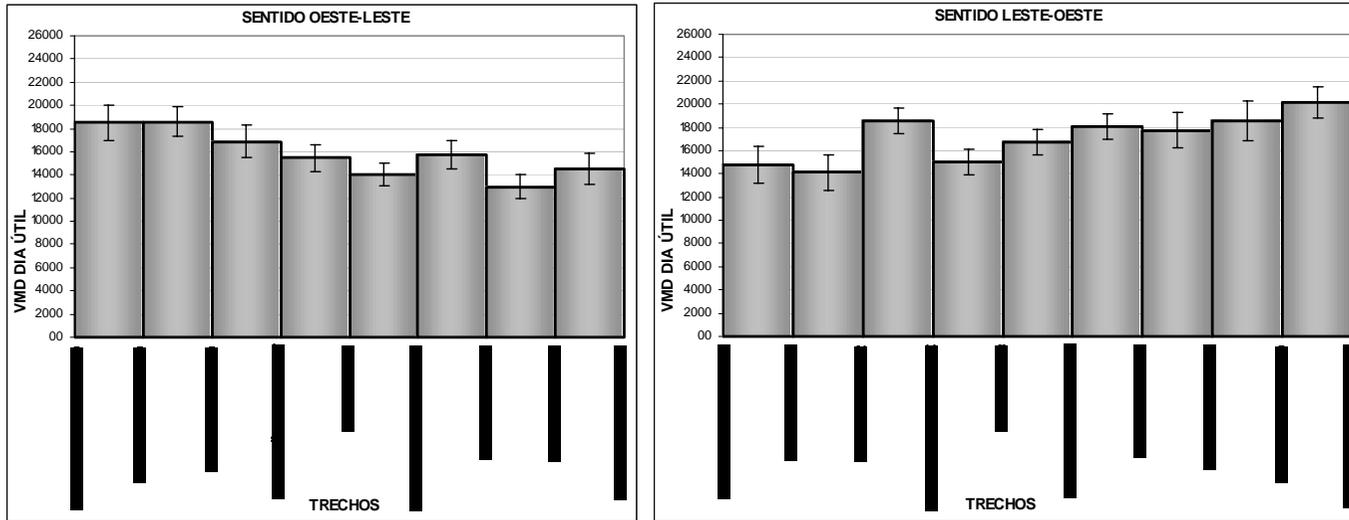


Figura II.06: Perfil de variação espacial do VMD de dias úteis da Av. Pontes Vieira

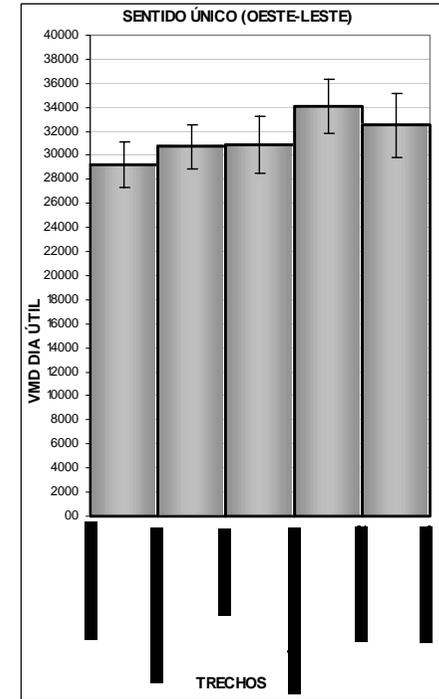


Figura II.07: Perfil de variação espacial do VMD de dias úteis da Av. Antônio Sales

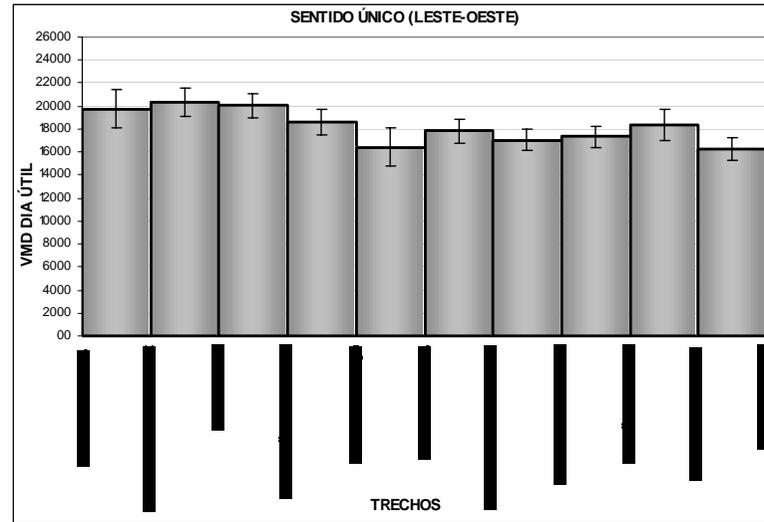


Figura II.08: Perfil de variação espacial do VMD de dias úteis da Rua Padre Valdevino

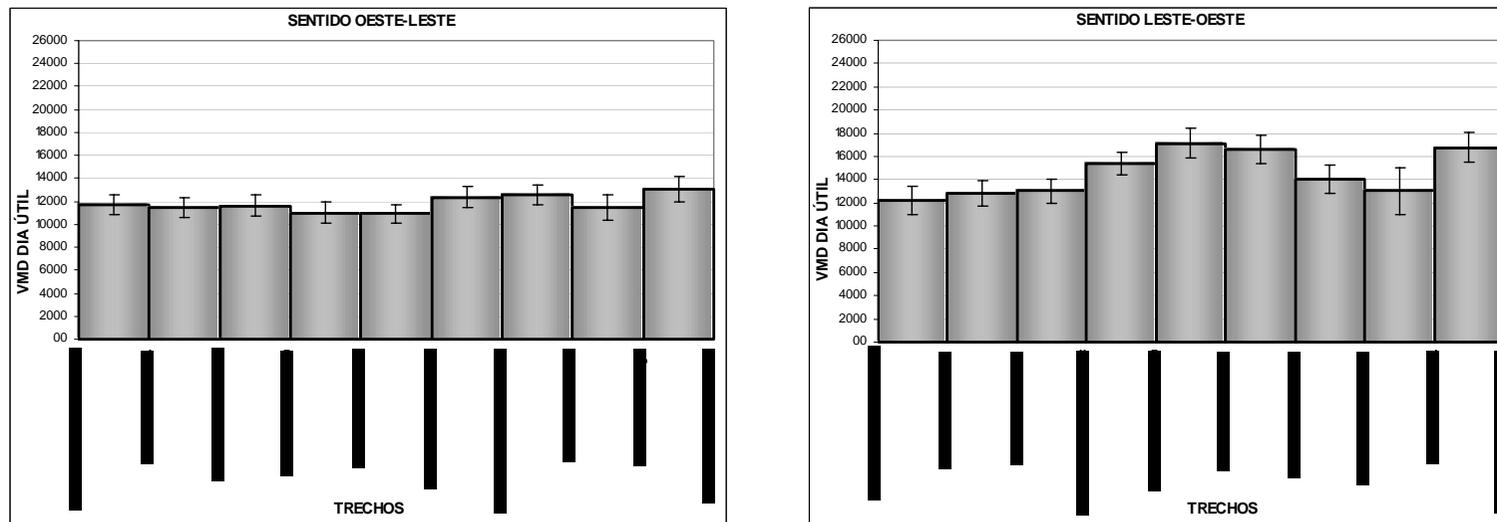


Figura II.09: Perfil de variação espacial do VMD de dias úteis da Av. Heráclito Graça

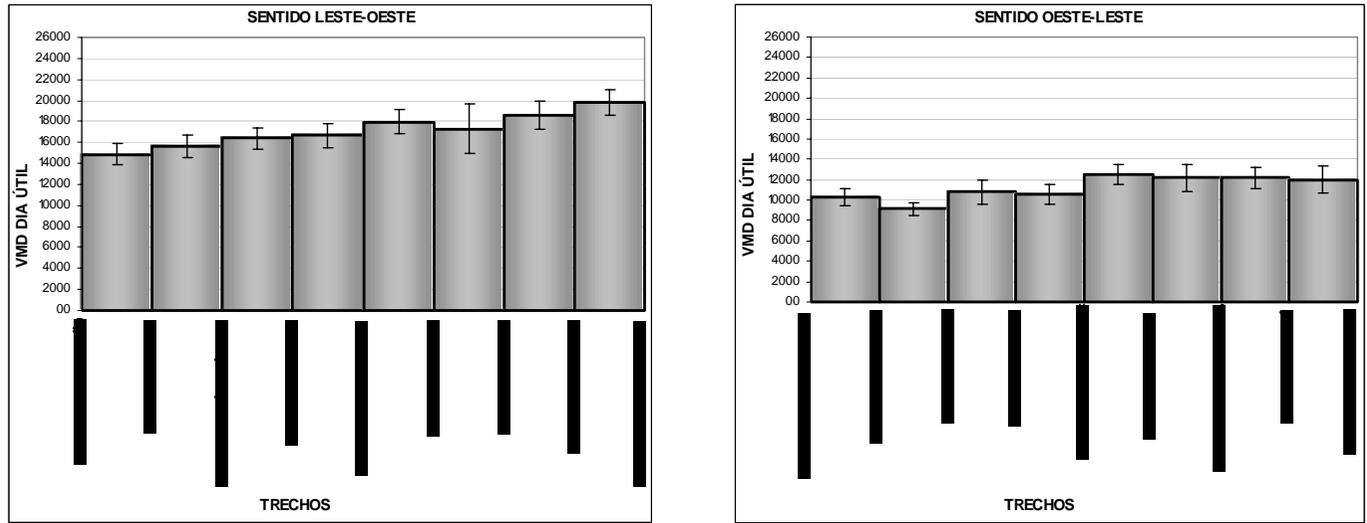


Figura II.10: Perfil de variação espacial do VMD de dias úteis da Av. Padre Antônio Tomás

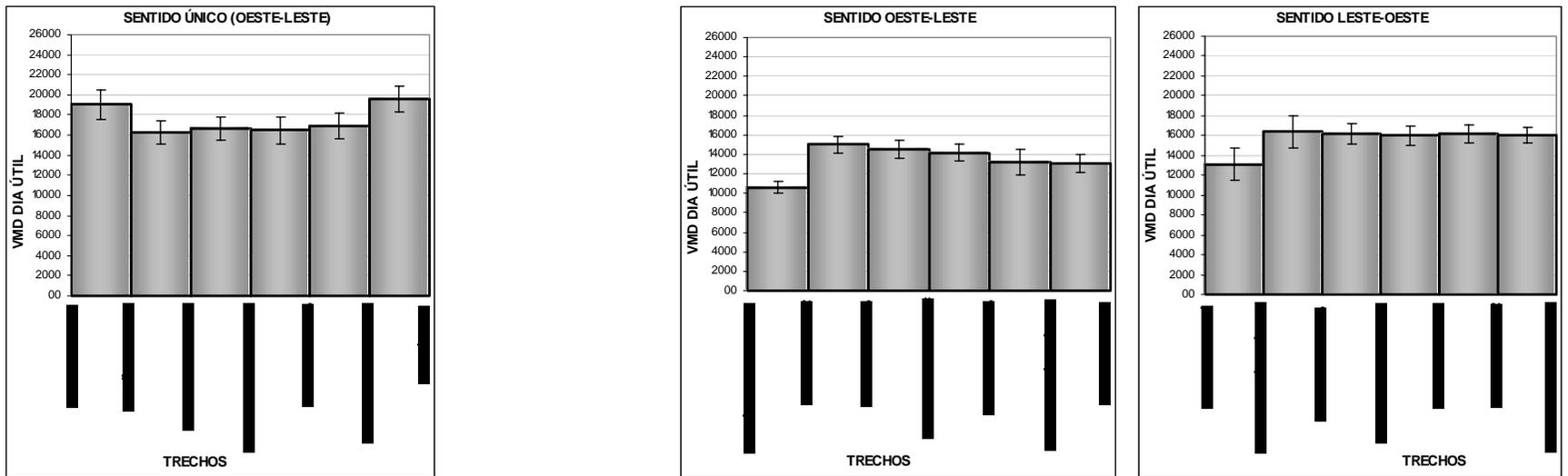


Figura II.11: Perfil de variação espacial do VMD de dias úteis da Av. Santos Dumont_Parte 1

Figura II.12: Perfil de variação espacial do VMD de dias úteis da Av. Santos Dumont_Parte 2

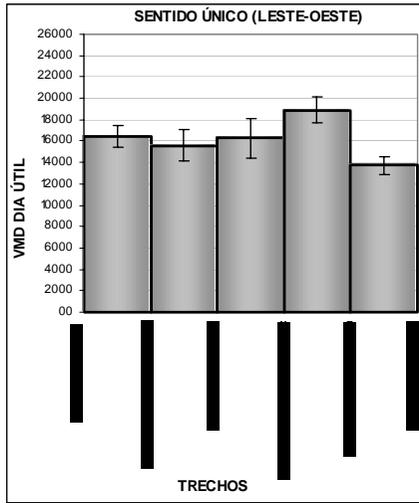


Figura II.13: Perfil de variação espacial do VMD de dias úteis da Rua Costa Barros

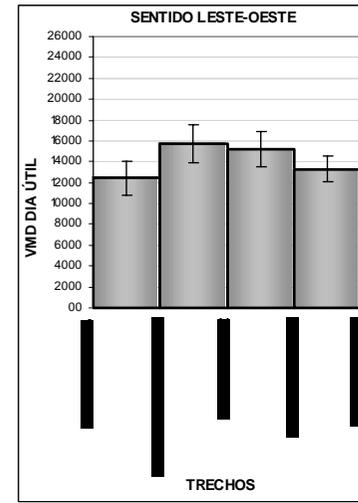
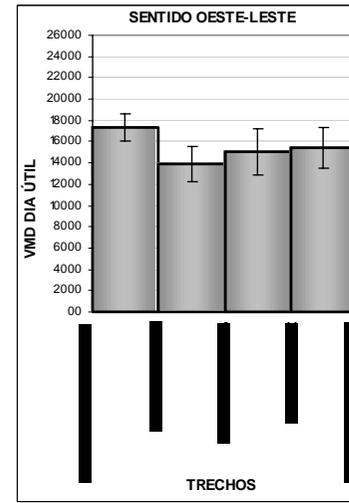


Figura II.14: Perfil de variação espacial do VMD de dias úteis da Av. Dom Luis

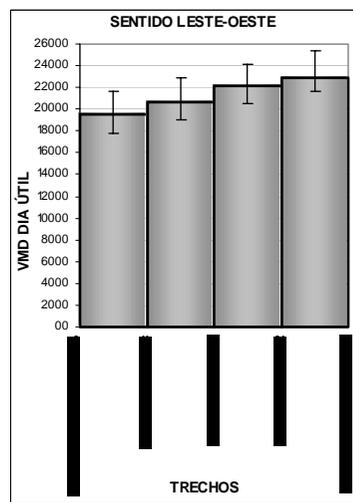
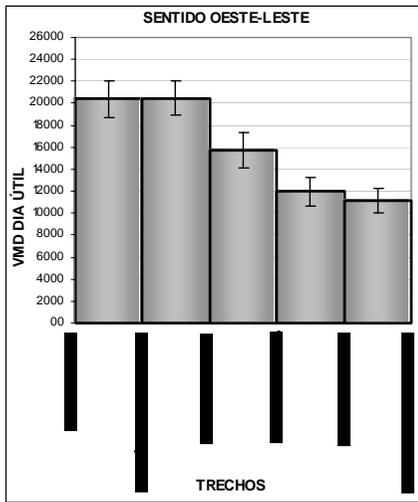


Figura II.15: Perfil de variação espacial do VMD de dias úteis da Av. da Abolição

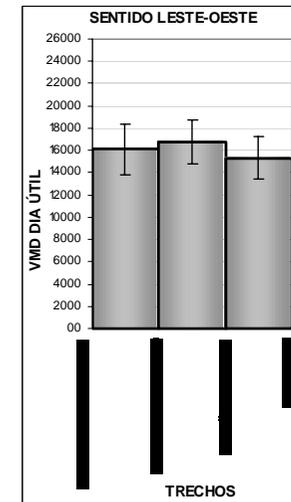
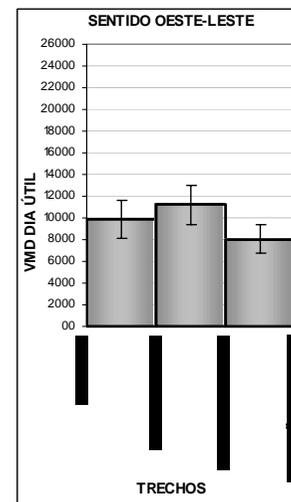


Figura II.16: Perfil de variação espacial do VMD de dias úteis da Av. Hist. Raimundo Girão

ANEXO III**PERFIS DE VARIAÇÃO MENSAL DO VMD DA
AMOSTRA DE VIAS ARTERIAIS POR SENTIDO E
TESTES DE SIGNIFICÂNCIA PARA IDENTIFICAÇÃO
DE MESES TÍPICOS**

III.1 – Avenida Dom Manuel

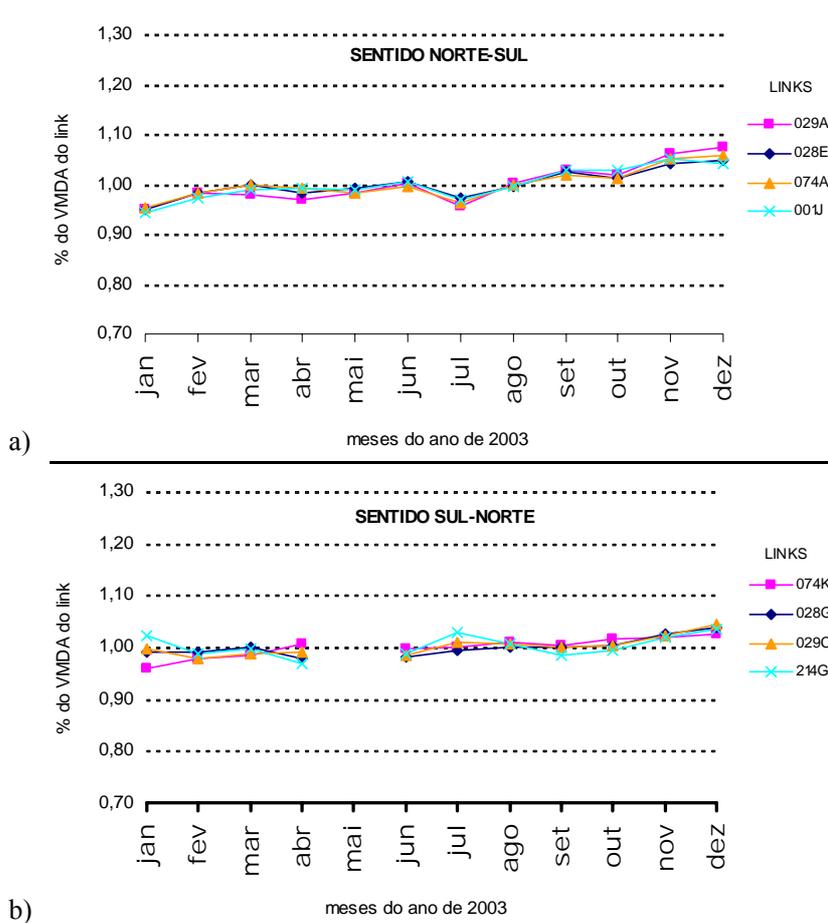


Figura III.1.1: Perfis de variação mensal relativa do VMD por *link* da Avenida Dom Manuel

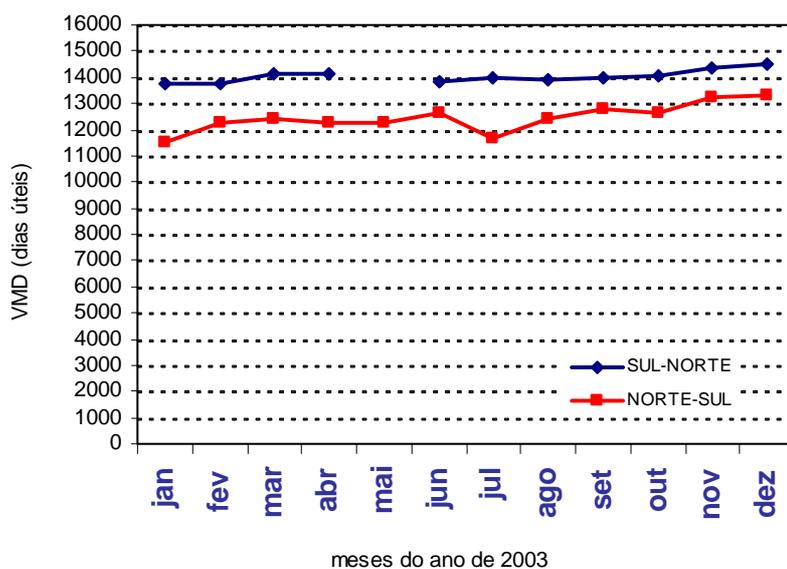


Figura III.1.2: Perfil de variação mensal absoluta do VMD (dias úteis de 2003) da Av. Dom Manuel por sentido (média espacial do trecho)

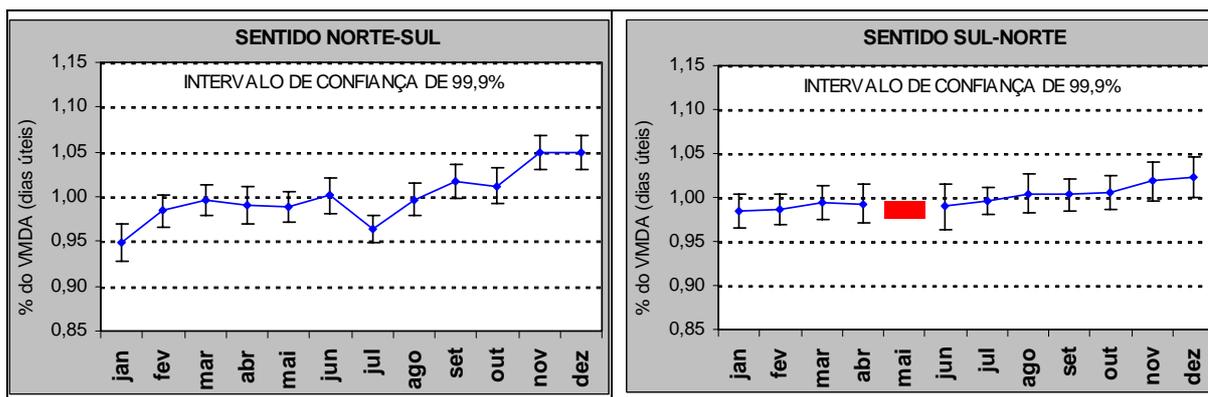


Figura III.1.3: Nível de confiança da variabilidade mensal do VMD (dias úteis de 2003) nos segmentos homogêneos da Avenida Dom Manuel

Tabela III.1.4: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida Dom Manuel – sentido Norte/Sul

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
H_0 : médias mensais de Volumes Diários iguais	JANEIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO
H_1 : pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente	FEVEREIRO	MARÇO	MARÇO
	MARÇO	ABRIL	ABRIL
	ABRIL	MAIO	MAIO
	MAIO	JUNHO	JUNHO
	JUNHO	JUNHO	JUNHO
	JULHO		
	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO
	SETEMBRO	SETEMBRO	SETEMBRO
	OUTUBRO	OUTUBRO	OUTUBRO
	NOVEMBRO	NOVEMBRO	
	DEZEMBRO		
Estatística F	29,197	13,034	3,622
F crítico	2,894	3,340	3,562
valor-P	0,00%	0,00%	0,21%
Julgamento	REJEITAR H_0	REJEITAR H_0	NÃO REJEITAR H_0

Tabela III.1.5: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida Dom Manuel – sentido Sul/Norte

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1
H_0 : médias mensais de Volumes Diários iguais	JANEIRO
H_1 : pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente	FEVEREIRO
	MARÇO
	ABRIL
	JUNHO
	JULHO
	AGOSTO
	SETEMBRO
	OUTUBRO
	NOVEMBRO
	DEZEMBRO
Estatística F	2,789
F crítico	3,051
valor-P	0,25%
Julgamento	NÃO REJEITAR H_0

III.2 – Avenida Rui Barbosa

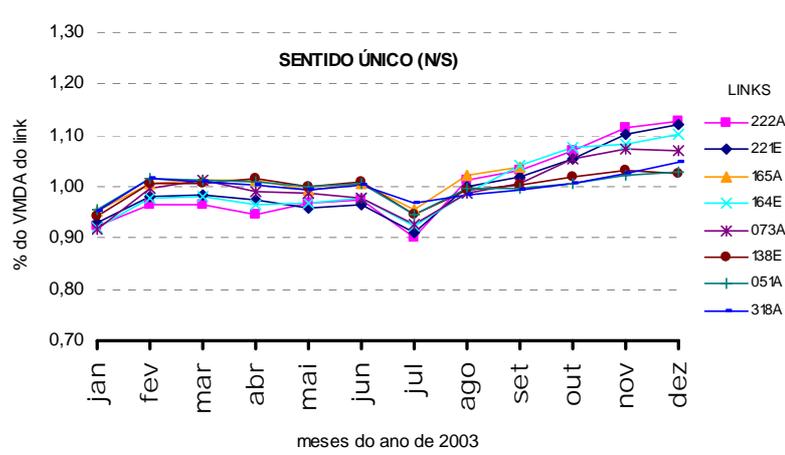


Figura III.2.1: Perfis de variação mensal relativa do VMD por link da Avenida Rui Barbosa

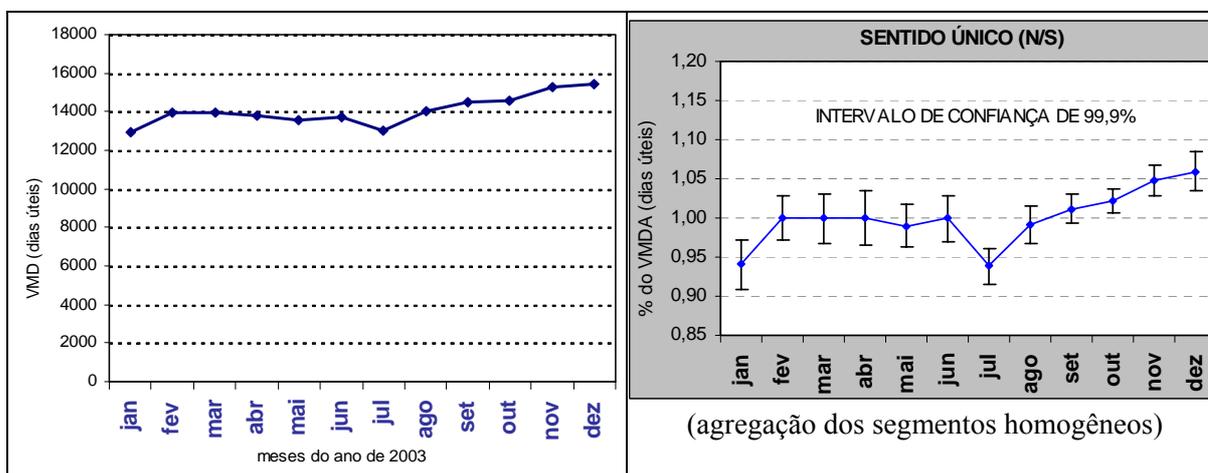


Figura III.2.2: Perfis de variação mensal absoluta e relativa do VMD (dias úteis de 2003) da Avenida Rui Barbosa

Tabela III.2.3: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida Rui Barbosa

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H</i> ₀ : médias mensais de Volumes Diários iguais	JANEIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO
	FEVEREIRO	MARÇO	MARÇO
	MARÇO	ABRIL	ABRIL
<i>H</i> ₁ : pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente	ABRIL	MAIO	MAIO
	MAIO	JUNHO	JUNHO
	JUNHO	JUNHO	JUNHO
	JULHO	AGOSTO	AGOSTO
	AGOSTO	SETEMBRO	SETEMBRO
	SETEMBRO	OUTUBRO	OUTUBRO
	OUTUBRO	NOVEMBRO	NOVEMBRO
	NOVEMBRO	NOVEMBRO	NOVEMBRO
	DEZEMBRO		
<i>Nível de significância (α): 0,1%</i>			
Estatística F	24,249	6,499	2,678
F crítico	2,894	3,336	3,555
valor-P	0,00%	0,00%	1,01%
Julgamento	REJETAR <i>H</i> ₀	REJETAR <i>H</i> ₀	NÃO REJETAR <i>H</i> ₀

III.3 – Avenida Barão de Studart

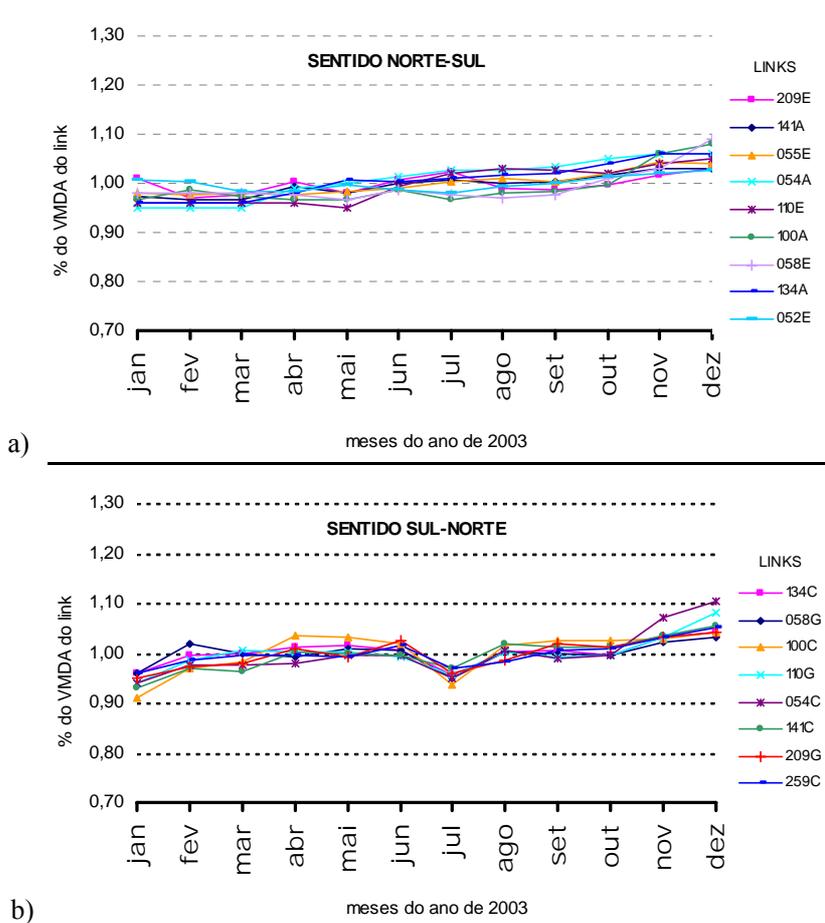


Figura III.3.1: Perfis de variação mensal relativa do VMD por *link* da Avenida Barão de Studart

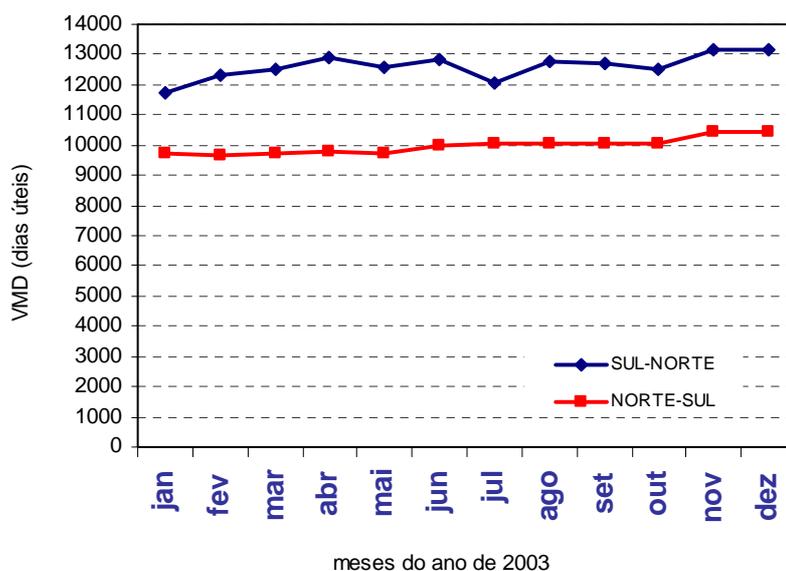


Figura III.3.2: Perfil de variação mensal absoluta do VMD (dias úteis de 2003) da Av. Barão de Studart por sentido (média espacial do trecho)

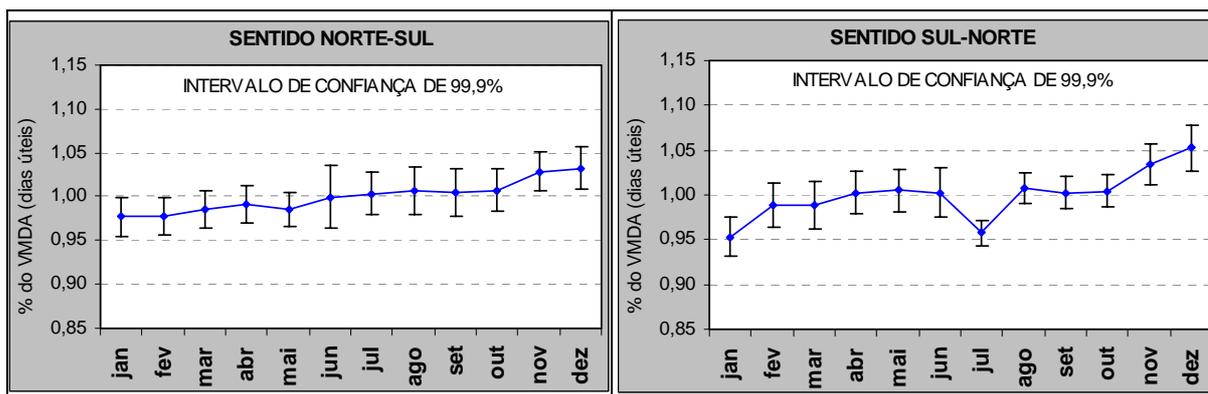


Figura III.3.3: Nível de confiança da variabilidade mensal do VMD (dias úteis de 2003) nos segmentos homogêneos da Avenida Barão de Studart

Tabela III.3.4: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida Barão de Studart – sentido Norte/Sul

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
	JANEIRO	JANEIRO	JANEIRO
H_0 : médias mensais de Volumes Diários iguais	FEVEREIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO
	MARÇO	MARÇO	MARÇO
H_1 : pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente	ABRIL	ABRIL	ABRIL
	MAIO	MAIO	MAIO
	JUNHO	JUNHO	JUNHO
	JULHO	JULHO	JULHO
	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO
	SETEMBRO	SETEMBRO	SETEMBRO
	OUTUBRO	OUTUBRO	OUTUBRO
	NOVEMBRO	NOVEMBRO	
	DEZEMBRO		
Estatística F	7,783	5,646	3,096
F crítico	2,917	3,040	3,188
valor-P	0,00%	0,00%	0,23%
Julgamento	REJEITAR H_0	REJEITAR H_0	NÃO REJEITAR H_0

Tabela III.3.5: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida Barão de Studart – sentido Sul/Norte

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
	JANEIRO		
H_0 : médias mensais de Volumes Diários iguais	FEVEREIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO
	MARÇO	MARÇO	MARÇO
H_1 : pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente	ABRIL	ABRIL	ABRIL
	MAIO	MAIO	MAIO
	JUNHO	JUNHO	JUNHO
	JULHO		
	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO
	SETEMBRO	SETEMBRO	SETEMBRO
	OUTUBRO	OUTUBRO	OUTUBRO
	NOVEMBRO	NOVEMBRO	
	DEZEMBRO		
Estatística F	22,872	4,572	1,351
F crítico	2,882	3,323	3,541
valor-P			22,40%
Julgamento			NÃO REJEITAR H_0

III.4 – Avenida Desembargador Moreira

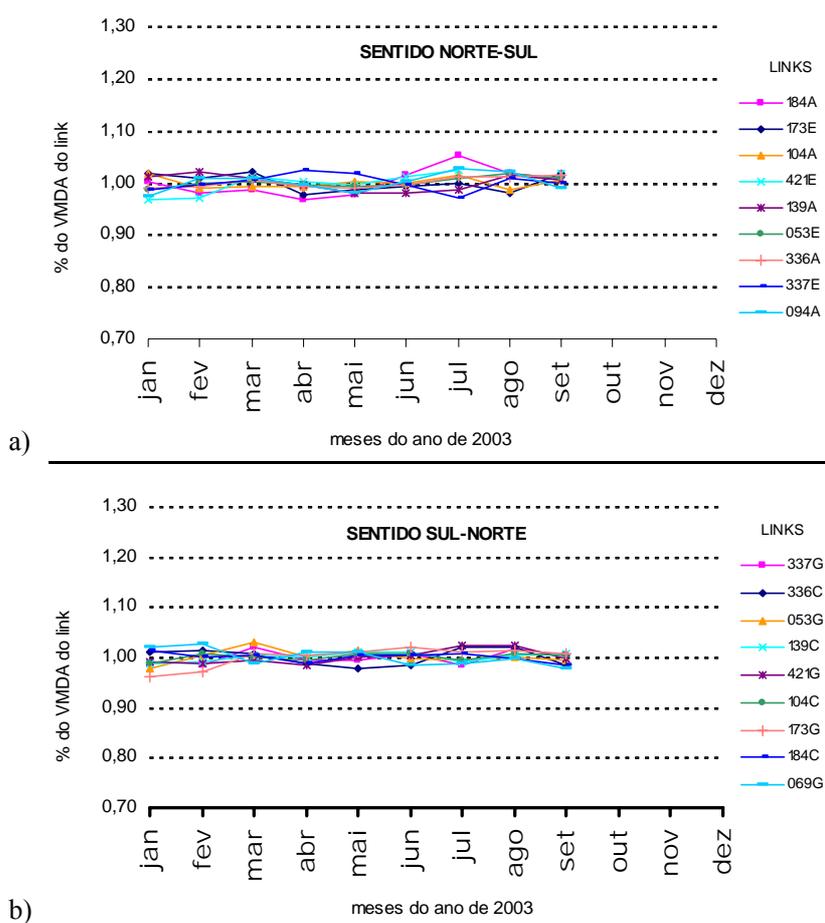


Figura III.4.1: Perfis de variação mensal relativa do VMD por *link* da Avenida Desembargador Moreira

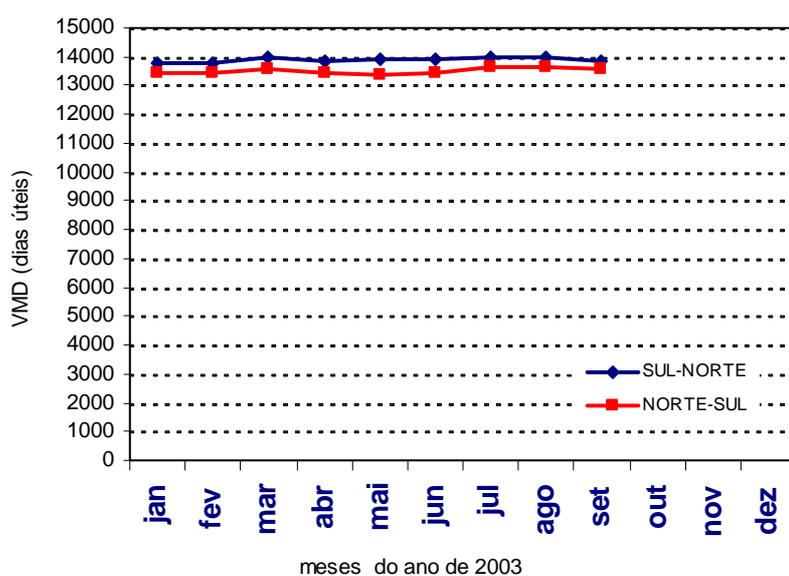


Figura III.4.2: Perfil de variação mensal absoluta do VMD (dias úteis de 2003) da Av. Desembargador Moreira por sentido (média espacial do trecho)

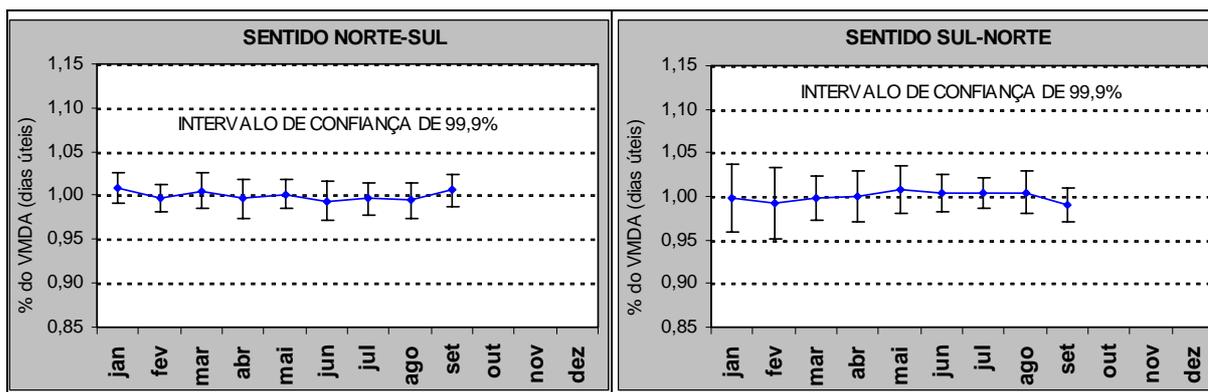


Figura III.4.3: Nível de confiança da variabilidade mensal do VMD (dias úteis de 2003) nos segmentos homogêneos da Av. Desembargador Moreira

Tabela III.4.4: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida Desembargador Moreira – sentido Norte/Sul

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1
	JANEIRO
	FEVEREIRO
	MARÇO
	ABRIL
	MAIO
	JUNHO
	JULHO
	AGOSTO
	SETEMBRO
	*
	*
	*
Estatística F	1,340
F crítico	1,959
valor-P	22,14%
Julgamento	NÃO REJEITAR Ho

H₀: médias mensais de Volumes Diários iguais
H₁: pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente
Nível de significância (α): 0,1%

* MESES SUPRIMIDOS DO TESTE EM VIRTUDE DO EFEITO DE UM DESVIO DE OBRA VIÁRIA

Tabela III.4.5: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida Desembargador Moreira – sentido Sul/Norte

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1
	JANEIRO
	FEVEREIRO
	MARÇO
	ABRIL
	MAIO
	JUNHO
	JULHO
	AGOSTO
	SETEMBRO
Estatística F	0,683
F crítico	1,959
valor-P	70,67%
Julgamento	NÃO REJEITAR Ho

H₀: médias mensais de Volumes Diários iguais
H₁: pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente
Nível de significância (α): 0,1%

III.5 – Avenida Sen. Virgílio Távora

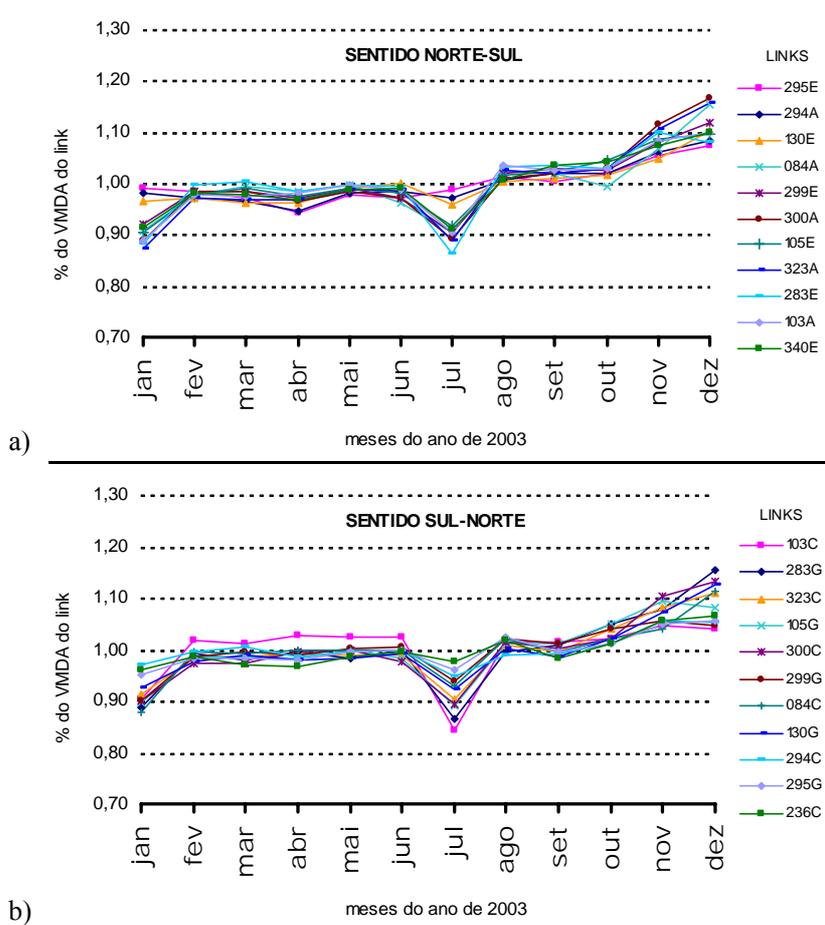


Figura III.5.1: Perfis de variação mensal relativa do VMD por *link* da Avenida Sen. Virgílio Távora

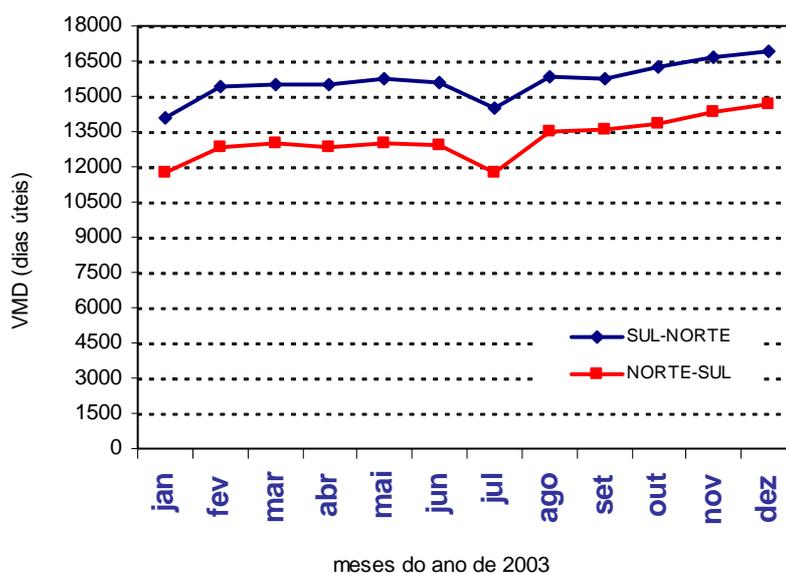


Figura III.5.2: Perfil de variação mensal absoluta do VMD (dias úteis de 2003) da Av. Sen. Virgílio Távora por sentido (média espacial do trecho)

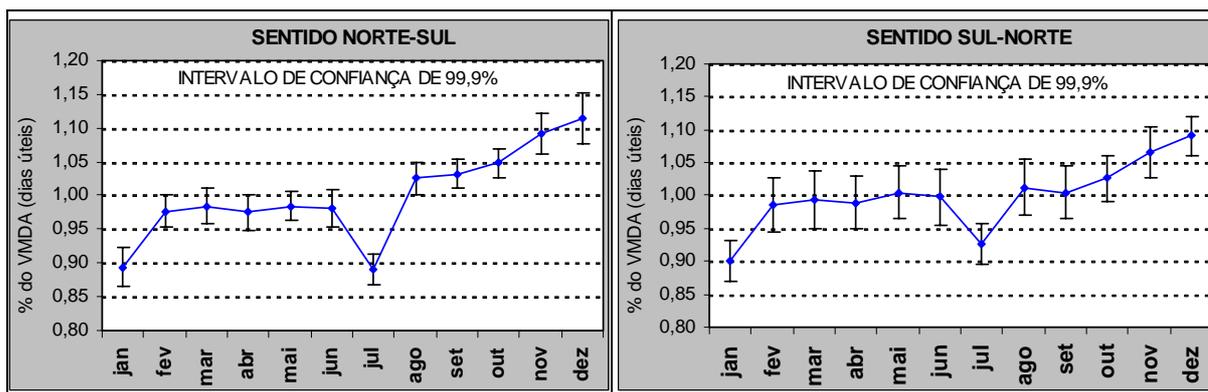


Figura III.5.3: Nível de confiança da variabilidade mensal do VMD (dias úteis de 2003) nos segmentos homogêneos da Avenida Sen. Virgílio Távora

Tabela III.5.4: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida Sen. Virgílio Távora – sentido Norte/Sul

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias mensais de Volumes Diários iguais	JANEIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO
<i>H₁</i> : pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente	FEVEREIRO	MARÇO	MARÇO
	MARÇO	ABRIL	ABRIL
	ABRIL	MAIO	MAIO
	MAIO	JUNHO	JUNHO
	JUNHO	AGOSTO	AGOSTO
	JULHO	SETEMBRO	SETEMBRO
	AGOSTO	OUTUBRO	OUTUBRO
	SETEMBRO	NOVEMBRO	NOVEMBRO
	OUTUBRO	DEZEMBRO	DEZEMBRO
	NOVEMBRO		
	DEZEMBRO		
Estatística F	112,297	43,267	23,853
F crítico	2,872	3,307	3,523
valor-P	0,00%	0,00%	0,00%
Julgamento	REJEITAR <i>H₀</i>	REJEITAR <i>H₀</i>	REJEITAR <i>H₀</i>

Tabela III.5.5: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida Sen. Virgílio Távora – sentido Sul/Norte

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2
<i>H₀</i> : médias mensais de Volumes Diários iguais	JANEIRO	FEVEREIRO
<i>H₁</i> : pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente	FEVEREIRO	MARÇO
	MARÇO	ABRIL
	ABRIL	MAIO
	MAIO	JUNHO
	JUNHO	AGOSTO
	JULHO	SETEMBRO
	AGOSTO	OUTUBRO
	SETEMBRO	NOVEMBRO
	OUTUBRO	NOVEMBRO
	NOVEMBRO	DEZEMBRO
	DEZEMBRO	
Estatística F	15,070	2,378
F crítico	2,913	3,370
valor-P		1,69%
Julgamento		NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

III.6 – Avenida Pontes Vieira

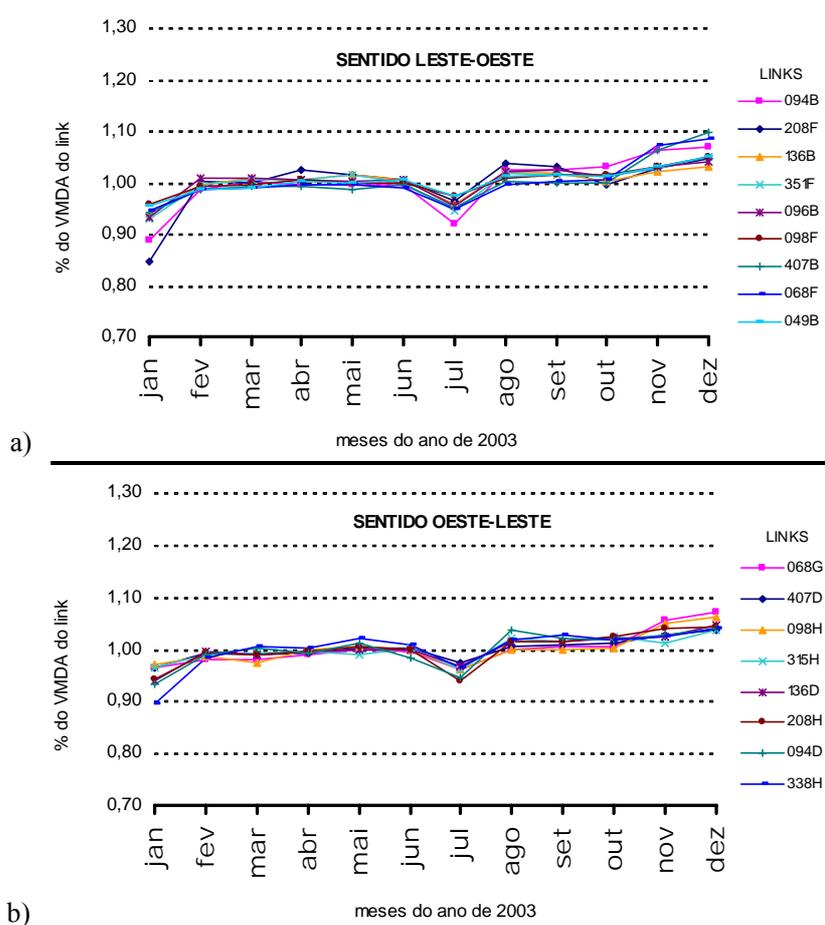


Figura III.6.1: Perfis de variação mensal relativa do VMD por *link* da Avenida Pontes Vieira

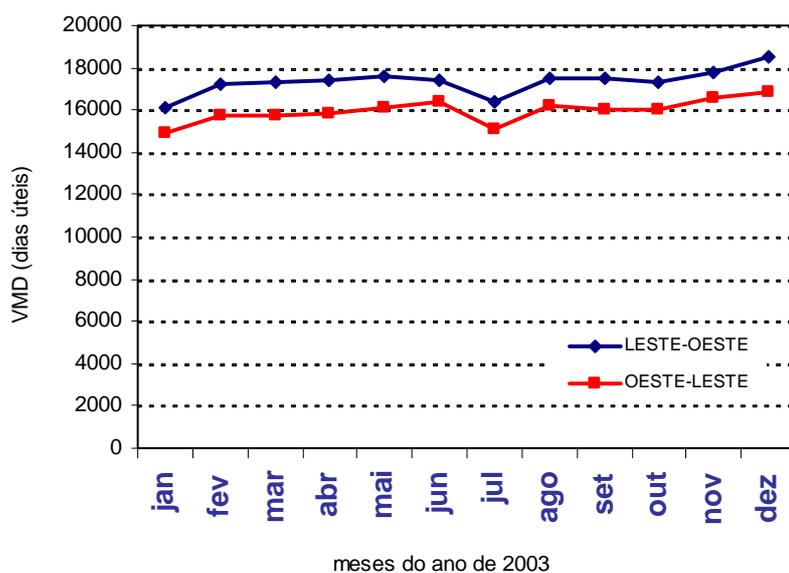


Figura III.6.2: Perfil de variação mensal absoluta do VMD (dias úteis de 2003) da Av. Pontes Vieira por sentido (média espacial do trecho)

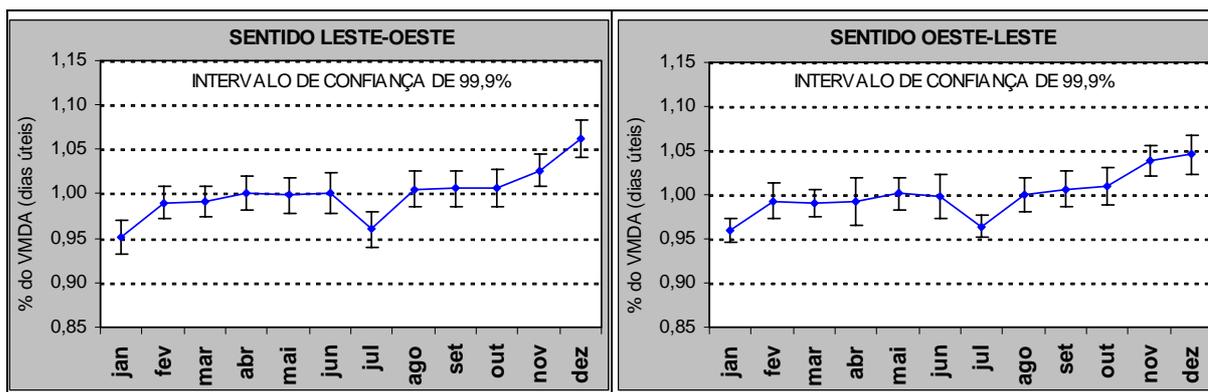


Figura III.6.3: Nível de confiança da variabilidade mensal do VMD (dias úteis de 2003) nos segmentos homogêneos da Avenida Pontes Vieira

Tabela III.6.4: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida Pontes Vieira – sentido Leste/Oeste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2
H_0 : médias mensais de Volumes Diários iguais	JANEIRO	FEVEREIRO
H_1 : pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente	FEVEREIRO	MARÇO
Nível de significância (α): 0,1%	MARÇO	ABRIL
	ABRIL	MAIO
	MAIO	JUNHO
	JUNHO	JUNHO
	JULHO	JUNHO
	AGOSTO	AGOSTO
	SETEMBRO	SETEMBRO
	OUTUBRO	OUTUBRO
	NOVEMBRO	NOVEMBRO
	DEZEMBRO	NOVEMBRO
Estadística F	13,045	2,183
F crítico	2,885	3,323
valor-P	0,00%	2,72%
Julgamento	REJEITAR H_0	NÃO REJEITAR H_0

Tabela III.6.5: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida Pontes Vieira – sentido Oeste/Leste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
H_0 : médias mensais de Volumes Diários iguais	JANEIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO
H_1 : pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente	FEVEREIRO	MARÇO	MARÇO
Nível de significância (α): 0,1%	MARÇO	ABRIL	ABRIL
	ABRIL	MAIO	MAIO
	MAIO	JUNHO	JUNHO
	JUNHO	JUNHO	JUNHO
	JULHO	JUNHO	JUNHO
	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO
	SETEMBRO	SETEMBRO	SETEMBRO
	OUTUBRO	OUTUBRO	OUTUBRO
	NOVEMBRO	NOVEMBRO	OUTUBRO
	DEZEMBRO	NOVEMBRO	OUTUBRO
Estadística F	14,947	4,642	1,021
F crítico	2,933	3,388	3,615
valor-P			41,69%
Julgamento			NÃO REJEITAR H_0

III.7 – Avenida Antônio Sales

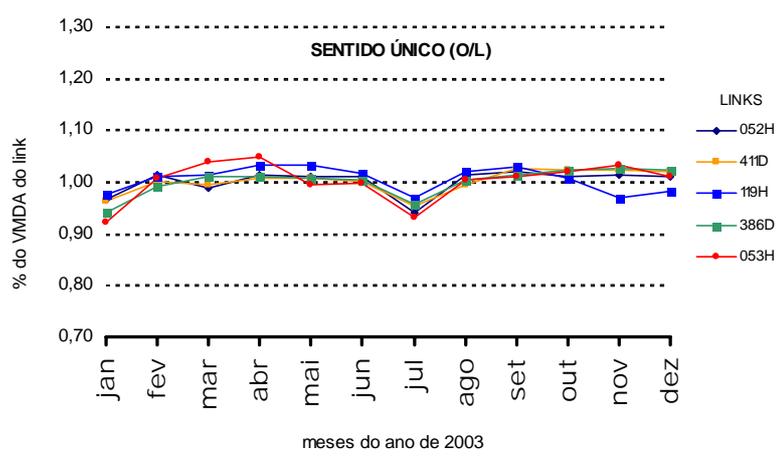


Figura III.7.1: Perfis de variação mensal relativa do VMD por *link* da Avenida Antônio Sales

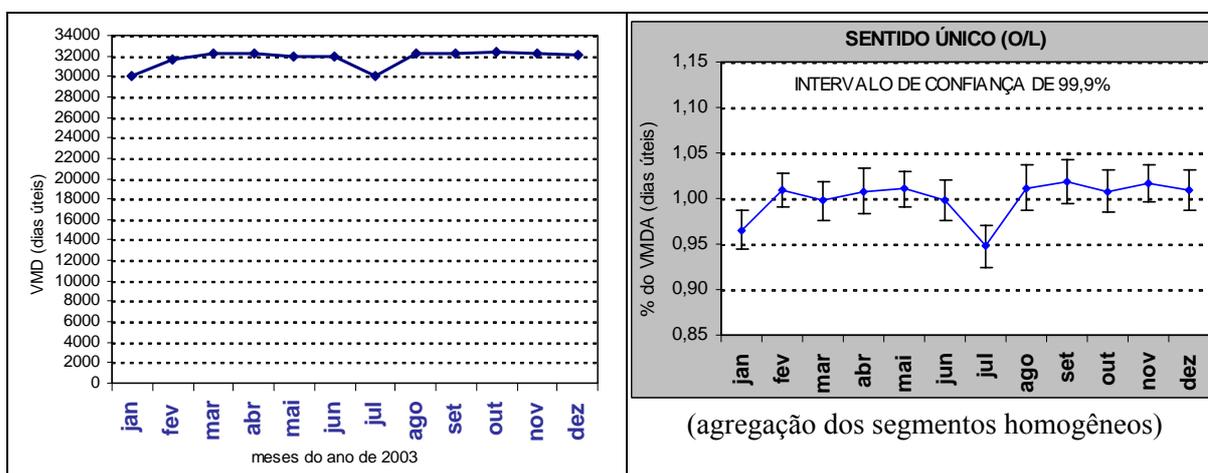


Figura III.7.2: Perfis de variação mensal absoluta e relativa do VMD (dias úteis de 2003) da Avenida Antônio Sales

Tabela III.7.3: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida Antônio Sales

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2
	JANEIRO	
	FEVEREIRO	FEVEREIRO
	MARÇO	MARÇO
	ABRIL	ABRIL
	MAIO	MAIO
	JUNHO	JUNHO
	JULHO	
	AGOSTO	AGOSTO
	SETEMBRO	SETEMBRO
	OUTUBRO	OUTUBRO
	NOVEMBRO	NOVEMBRO
	DEZEMBRO	DEZEMBRO
Estadística F	7,677	0,703
F crítico	1,810	1,904
valor-P	0,00%	70,62%
Julgamento	REJEITAR Ho	NÃO REJEITAR Ho

III.8 – Rua Padre Valdevino

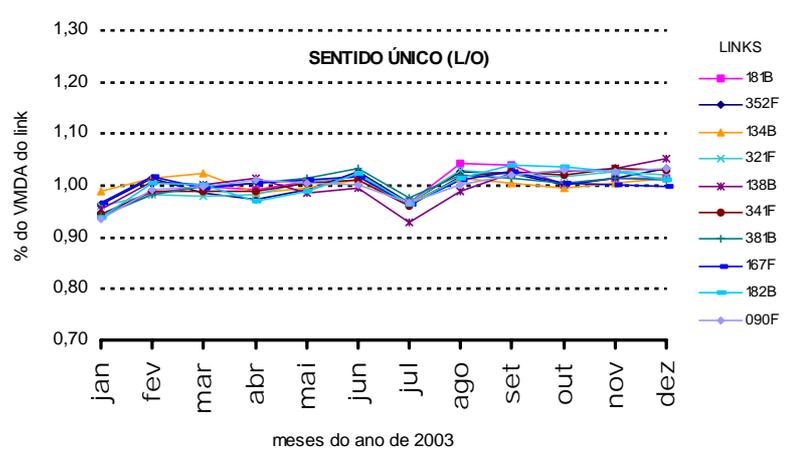


Figura III.8.1: Perfis de variação mensal relativa do VMD por *link* da Rua Padre Valdevino

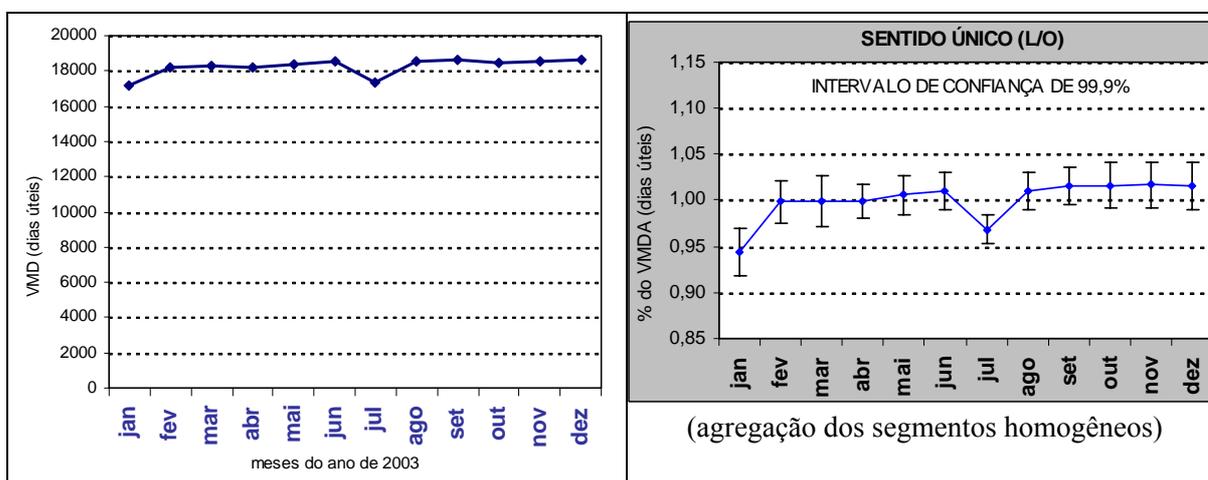


Figura III.8.2: Perfis de variação mensal absoluta e relativa do VMD (dias úteis de 2003) da Rua Padre Valdevino

Tabela III.8.3: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Rua Padre Valdevino

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2
	JANEIRO	
	FEVEREIRO	FEVEREIRO
	MARÇO	MARÇO
	ABRIL	ABRIL
	MAIO	MAIO
	JUNHO	JUNHO
	JULHO	
	AGOSTO	AGOSTO
	SETEMBRO	SETEMBRO
	OUTUBRO	OUTUBRO
	NOVEMBRO	NOVEMBRO
	DEZEMBRO	DEZEMBRO
Estatística F	18,919	1,468
F crítico	1,804	3,175
valor-P	0,00%	15,73%
Julgamento	REJEITAR Ho	NÃO REJEITAR Ho

III.9 – Avenida Heráclito Graça

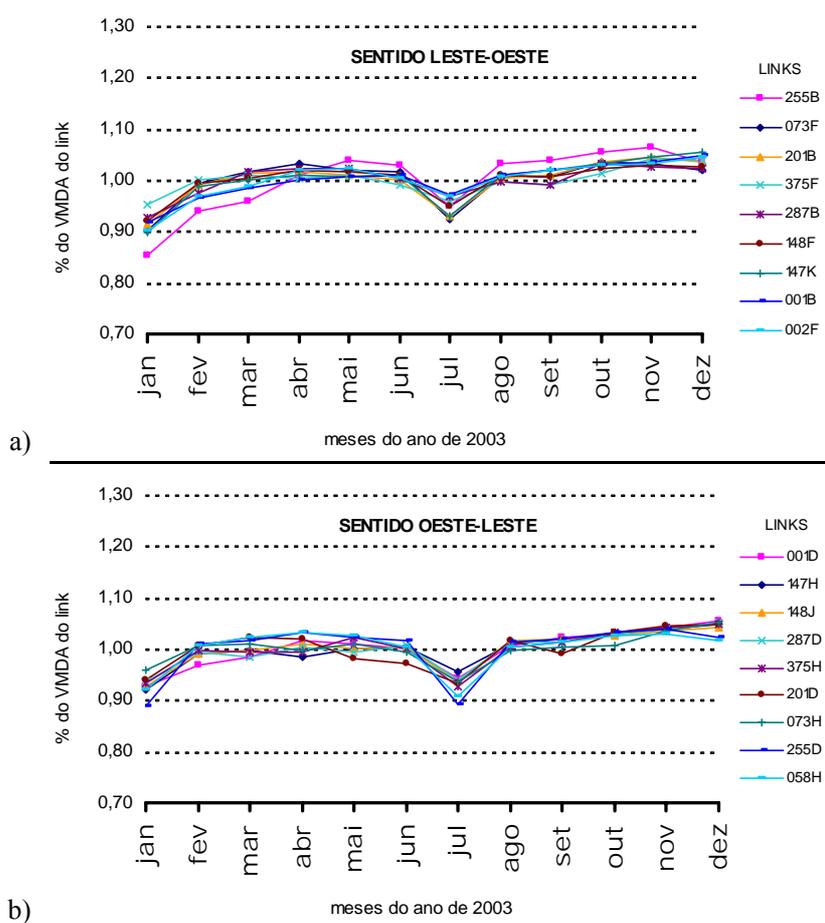


Figura III.9.1: Perfis de variação mensal relativa do VMD por *link* da Avenida Heráclito Graça

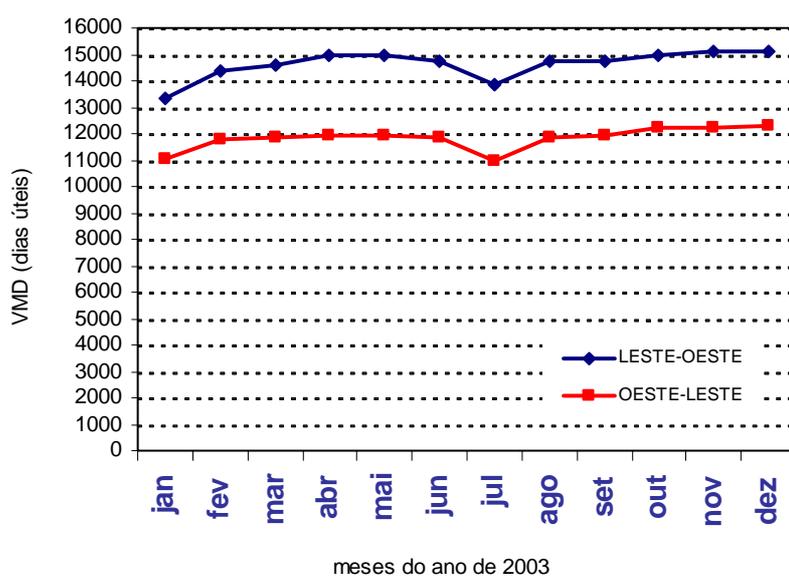


Figura III.9.2: Perfil de variação mensal absoluta do VMD (dias úteis de 2003) da Av. Heráclito Graça por sentido (média espacial do trecho)

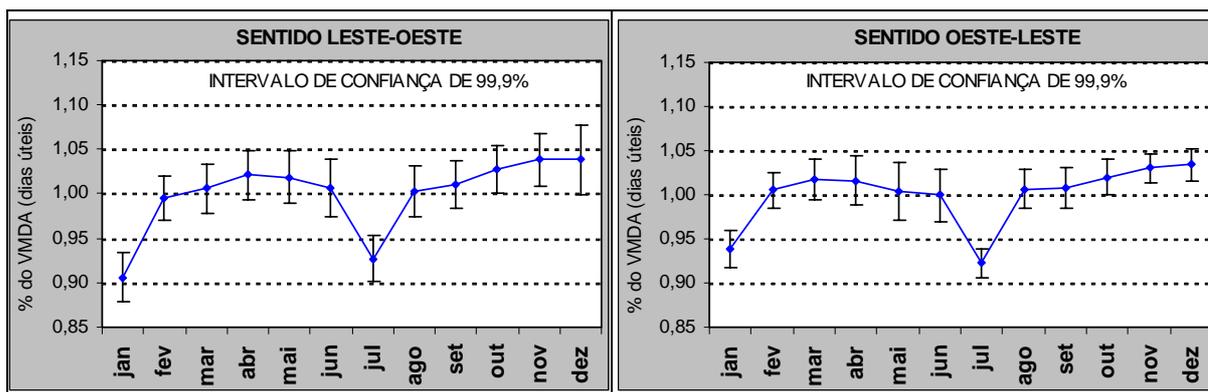


Figura III.9.3: Nível de confiança da variabilidade mensal do VMD (dias úteis de 2003) nos segmentos homogêneos da Avenida Heráclito Graça

Tabela III.9.4: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida Heráclito Graça – sentido Leste/Oeste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2
<i>H₀</i> : médias mensais de Volumes Diários iguais	JANEIRO	FEVEREIRO
<i>H₁</i> : pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente	FEVEREIRO	MARÇO
<i>Nível de significância (α): 0,1%</i>	MARÇO	ABRIL
	ABRIL	MAIO
	MAIO	JUNHO
	JUNHO	JUNHO
	JULHO	JUNHO
	AGOSTO	AGOSTO
	SETEMBRO	SETEMBRO
	OUTUBRO	OUTUBRO
	NOVEMBRO	NOVEMBRO
	DEZEMBRO	DEZEMBRO
Estatística F	34,605	2,817
F crítico	2,899	3,172
valor-P	0,00%	0,32%
Julgamento	REJEITAR <i>H₀</i>	NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

Tabela III.9.5: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida Heráclito Graça – sentido Oeste/Leste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2
<i>H₀</i> : médias mensais de Volumes Diários iguais	JANEIRO	FEVEREIRO
<i>H₁</i> : pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente	FEVEREIRO	MARÇO
<i>Nível de significância (α): 0,1%</i>	MARÇO	ABRIL
	ABRIL	MAIO
	MAIO	JUNHO
	JUNHO	JUNHO
	JULHO	JUNHO
	AGOSTO	AGOSTO
	SETEMBRO	SETEMBRO
	OUTUBRO	OUTUBRO
	NOVEMBRO	NOVEMBRO
	DEZEMBRO	DEZEMBRO
Estatística F	41,865	2,526
F crítico	2,904	3,188
valor-P		0,81%
Julgamento		NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

III.10 – Avenida Padre Antônio Tomás

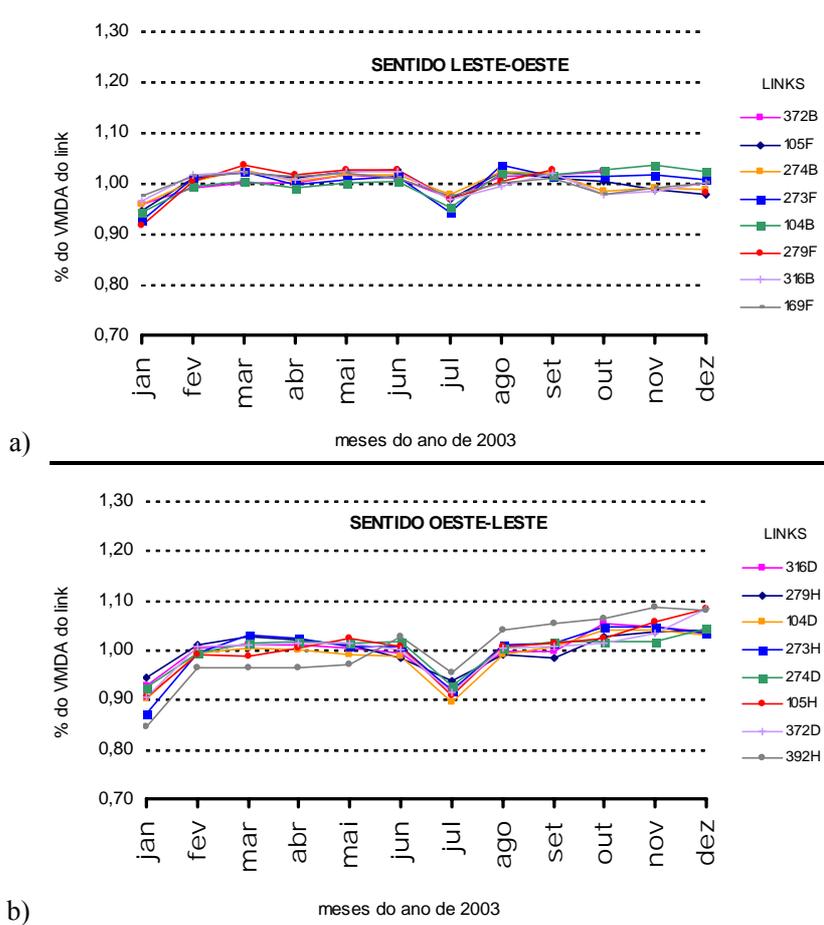


Figura III.10.1: Perfis de variação mensal relativa do VMD por *link* da Avenida Pe. Antônio Tomás

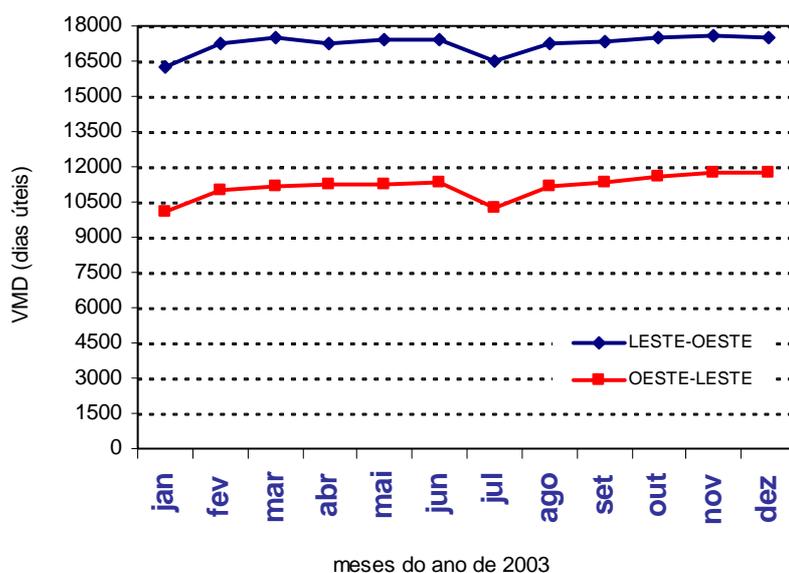


Figura III.10.2: Perfil de variação mensal absoluta do VMD (dias úteis de 2003) da Av. Pe. Antônio Tomás por sentido (média espacial do trecho)

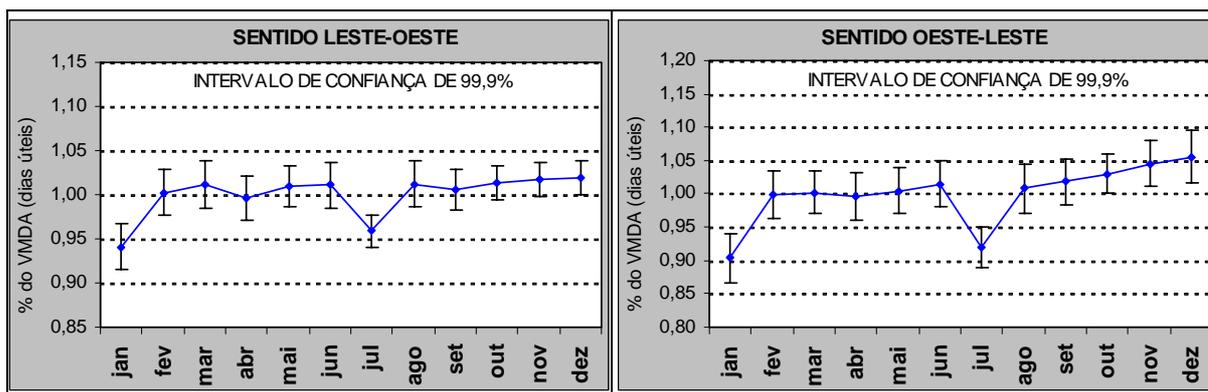


Figura III.10.3: Nível de confiança da variabilidade mensal do VMD (dias úteis de 2003) nos segmentos homogêneos da Avenida Pe. Antônio Tomás

Tabela III.10.4: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida Pe. Antônio Tomás – sentido Leste/Oeste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2
	JANEIRO	
H_0 : médias mensais de Volumes Diários iguais	FEVEREIRO	FEVEREIRO
	MARÇO	MARÇO
H_1 : pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente	ABRIL	ABRIL
	MAIO	MAIO
	JUNHO	JUNHO
	JULHO	
Nível de significância (α): 0,1%	AGOSTO	AGOSTO
	SETEMBRO	SETEMBRO
	OUTUBRO	OUTUBRO
	NOVEMBRO	NOVEMBRO
	DEZEMBRO	DEZEMBRO
Estatística F	18,819	1,432
F crítico	2,878	3,142
valor-P	0,00%	17,03%
Julgamento	REJEITAR H_0	NÃO REJEITAR H_0

Tabela III.10.5: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida Pe. Antônio Tomás – sentido Oeste/Leste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2
	JANEIRO	
H_0 : médias mensais de Volumes Diários iguais	FEVEREIRO	FEVEREIRO
	MARÇO	MARÇO
H_1 : pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente	ABRIL	ABRIL
	MAIO	MAIO
	JUNHO	JUNHO
	JULHO	
Nível de significância (α): 0,1%	AGOSTO	AGOSTO
	SETEMBRO	SETEMBRO
	OUTUBRO	OUTUBRO
	NOVEMBRO	NOVEMBRO
	DEZEMBRO	DEZEMBRO
Estatística F	24,497	2,988
F crítico	2,878	3,150
valor-P		0,27%
Julgamento		NÃO REJEITAR H_0

III.11– Avenida Santos Dumont – Parte 1

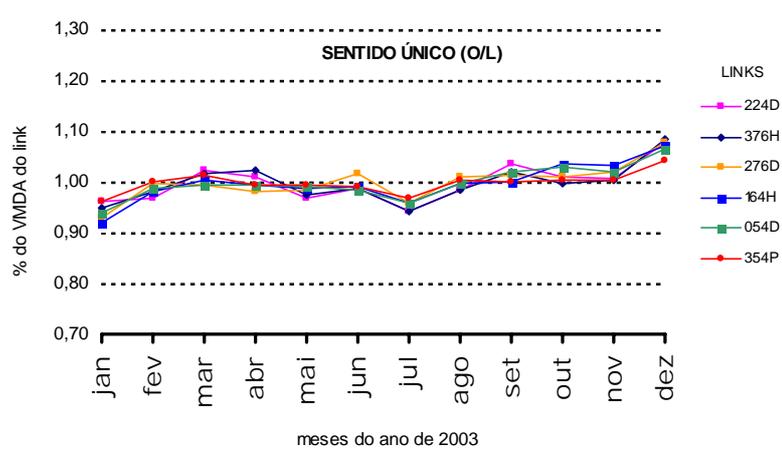


Figura III.11.1: Perfis de variação mensal relativa do VMD por link da Avenida Santos Dumont Parte 1

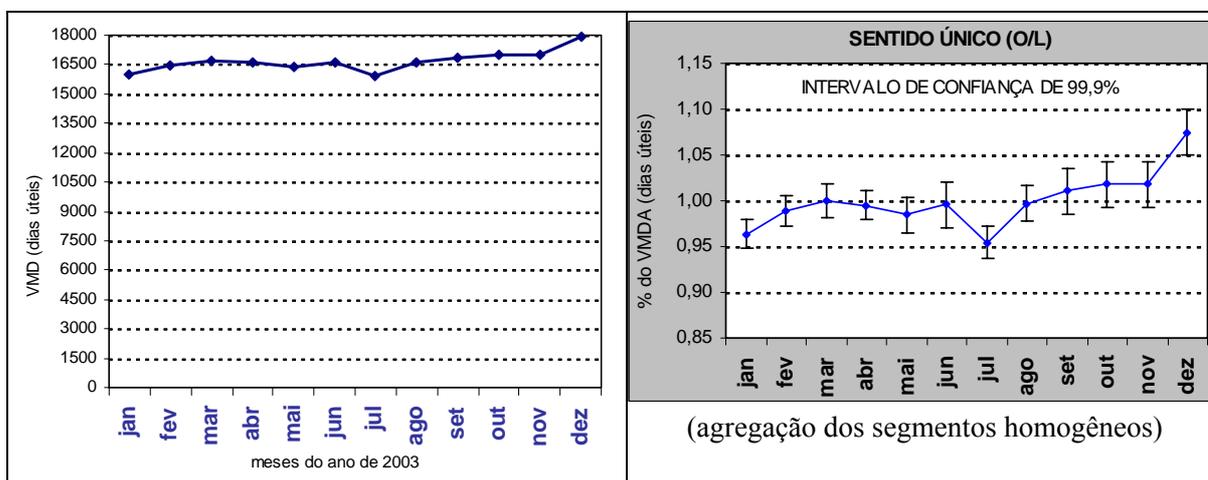


Figura III.11.2: Perfis de variação mensal absoluta e relativa do VMD (dias úteis de 2003) da Avenida Santos Dumont Parte 1

Tabela III.11.3: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida Santos Dumont Parte 1

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2
	JANEIRO	
	FEVEREIRO	FEVEREIRO
	MARÇO	MARÇO
	ABRIL	ABRIL
	MAIO	MAIO
	JUNHO	JUNHO
	JULHO	
	AGOSTO	AGOSTO
	SETEMBRO	SETEMBRO
	OUTUBRO	OUTUBRO
	NOVEMBRO	NOVEMBRO
	DEZEMBRO	
Estatística F	34,692	2,312
F crítico	2,896	3,347
valor-P	0,00%	1,96%
Julgamento	REJEITAR Ho	NÃO REJEITAR Ho

III.12 – Avenida Santos Dumont – Parte 2

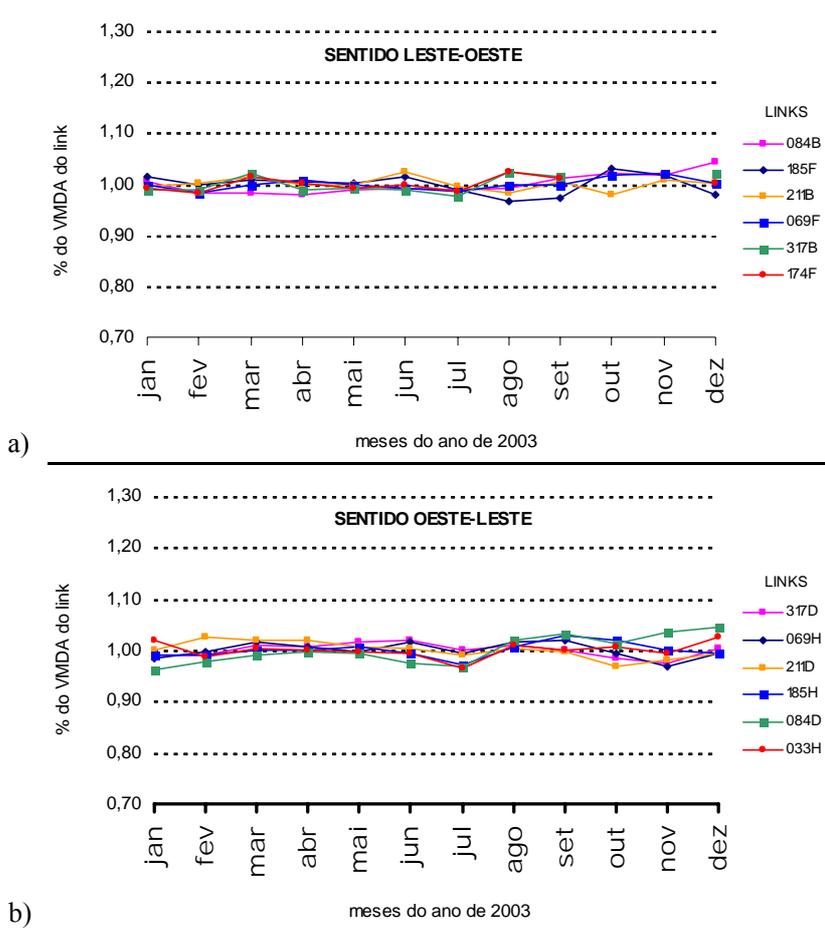


Figura III.12.1: Perfis de variação mensal relativa do VMD por *link* da Avenida Santos Dumont_Parte 2

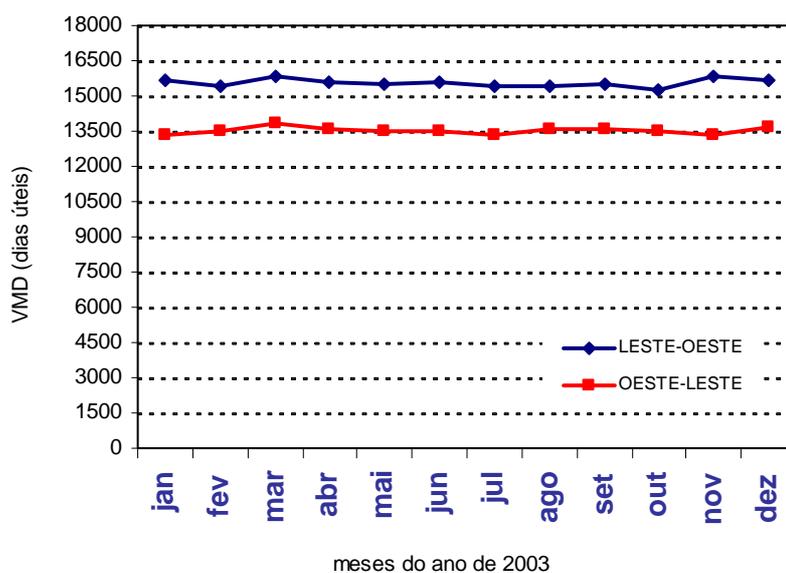


Figura III.12.2: Perfil de variação mensal absoluta do VMD (dias úteis de 2003) da Av. Santos Dumont_Parte 2 por sentido (média espacial do trecho)

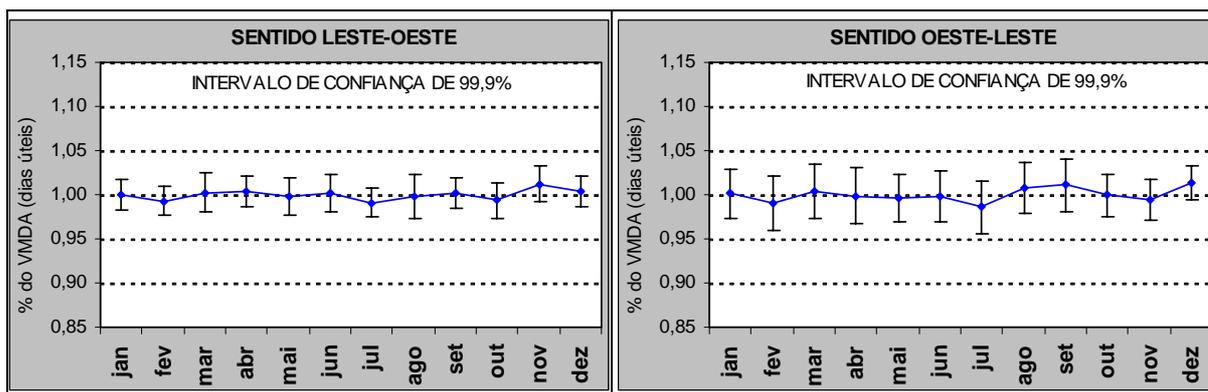


Figura III.12.3: Nível de confiança da variabilidade mensal do VMD (dias úteis de 2003) nos segmentos homogêneos da Av. Santos Dumont – Parte 2

Tabela III.12.4: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Av. Santos Dumont Parte 2 – sentido Leste/Oeste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1
	JANEIRO
	FEVEREIRO
	MARÇO
	ABRIL
	MAIO
	JUNHO
	JULHO
	AGOSTO
	SETEMBRO
	OUTUBRO
	NOVEMBRO
	DEZEMBRO
Estatística F	1,465
F crítico	2,879
valor-P	13,91%
Julgamento	NÃO REJEITAR Ho

Tabela III.12.5: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Av. Santos Dumont Parte 2 – sentido Oeste/Leste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1
	JANEIRO
	FEVEREIRO
	MARÇO
	ABRIL
	MAIO
	JUNHO
	JULHO
	AGOSTO
	SETEMBRO
	OUTUBRO
	NOVEMBRO
	DEZEMBRO
Estatística F	1,064
F crítico	2,880
valor-P	29,80%
Julgamento	NÃO REJEITAR Ho

III.13 – Rua Costa Barros

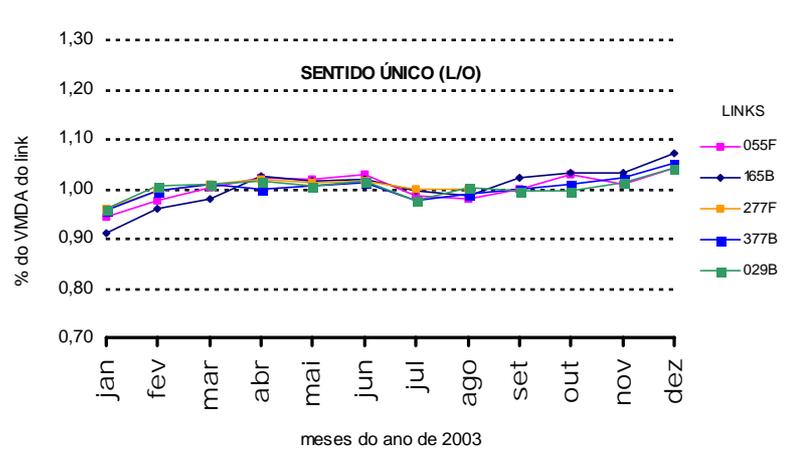


Figura III.13.1: Perfis de variação mensal relativa do VMD por link da Rua Costa Barros

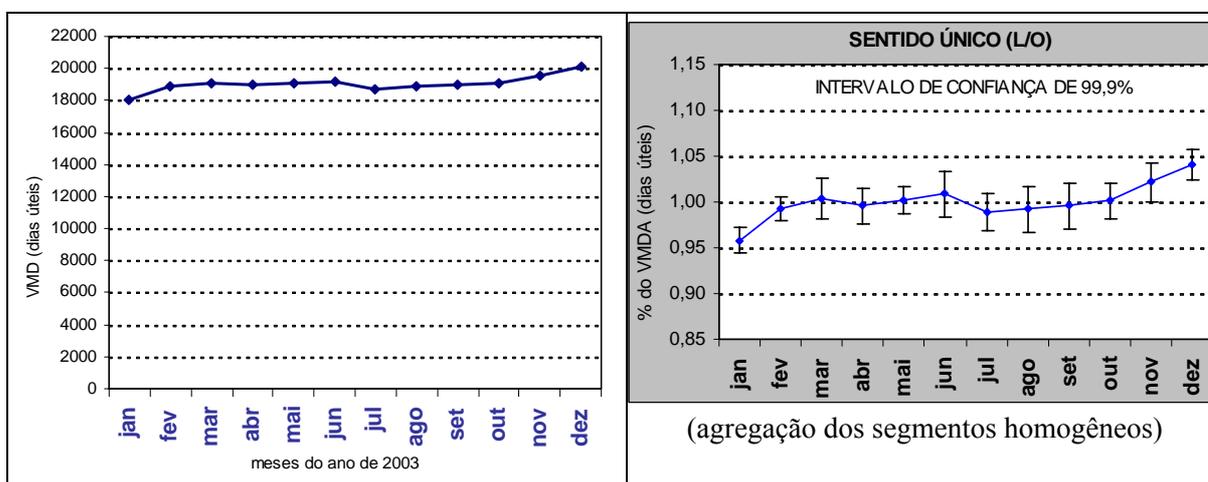


Figura III.13.2: Perfis de variação mensal absoluta e relativa do VMD (dias úteis de 2003) da Rua Costa Barros

Tabela III.13.3: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Rua Costa Barros

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2
	JANEIRO	
	FEVEREIRO	FEVEREIRO
	MARÇO	MARÇO
	ABRIL	ABRIL
	MAIO	MAIO
	JUNHO	JUNHO
	JULHO	JULHO
	AGOSTO	AGOSTO
	SETEMBRO	SETEMBRO
	OUTUBRO	OUTUBRO
	NOVEMBRO	NOVEMBRO
	DEZEMBRO	
Estatística F	11,269	2,610
F crítico	2,946	3,227
valor-P	0,00%	0,67%
Julgamento	REJEITAR Ho	NÃO REJEITAR Ho

III.14 – Avenida Dom Luis

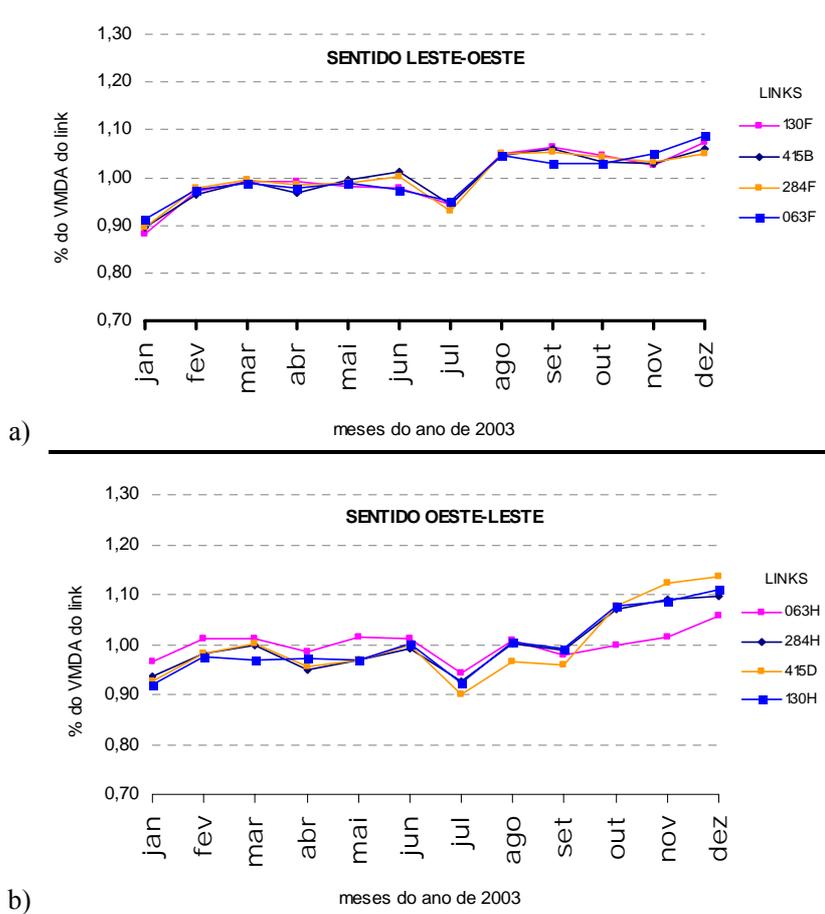


Figura III.14.1: Perfis de variação mensal relativa do VMD por *link* da Avenida Dom Luis

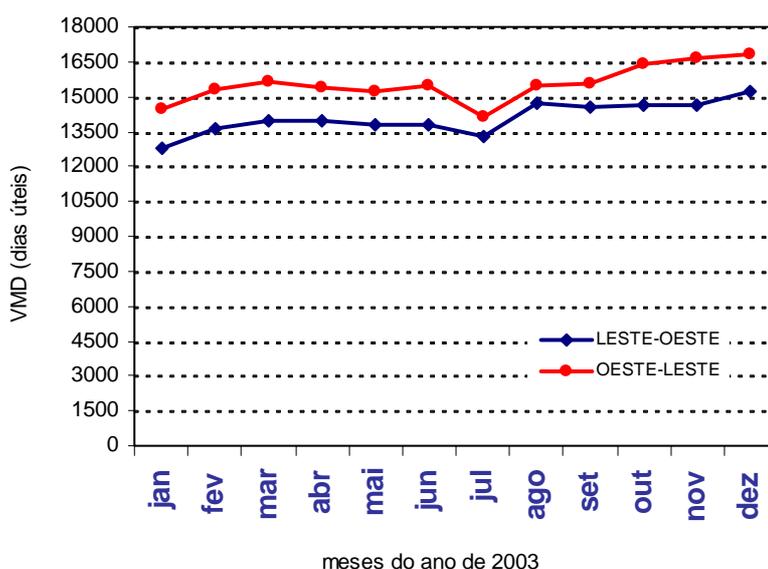


Figura III.14.2: Perfil de variação mensal absoluta do VMD (dias úteis de 2003) da Av. Dom Luis por sentido (média espacial do trecho)

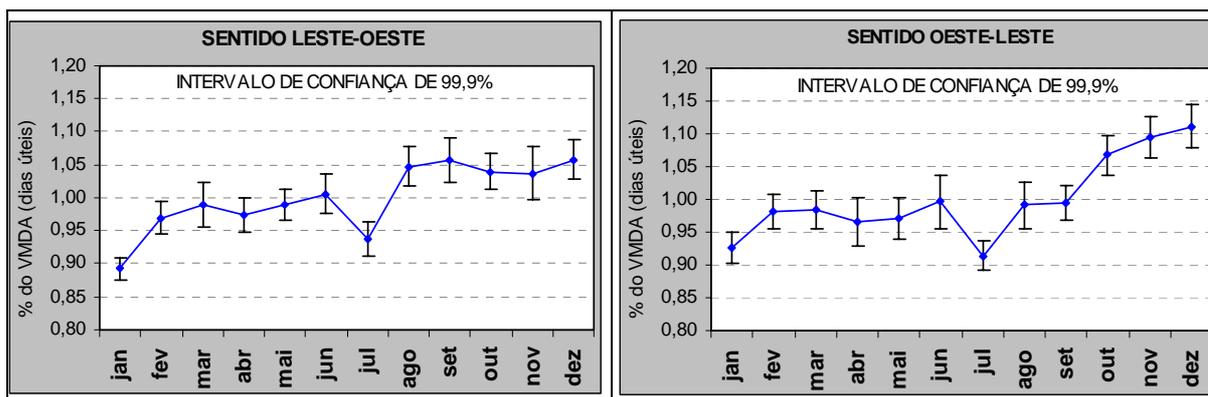


Figura III.14.3: Nível de confiança da variabilidade mensal do VMD (dias úteis de 2003) nos segmentos homogêneos da Avenida Dom Luis

Tabela III.14.4: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida Dom Luis – sentido Leste/Oeste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias mensais de Volumes Diários iguais	JANEIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO
<i>H₁</i> : pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente	FEVEREIRO	MARÇO	MARÇO
	MARÇO	ABRIL	ABRIL
	ABRIL	MAIO	MAIO
	MAIO	JUNHO	JUNHO
	JUNHO	JUNHO	JUNHO
	JULHO	AGOSTO	AGOSTO
	AGOSTO	SETEMBRO	SETEMBRO
	SETEMBRO	OUTUBRO	OUTUBRO
	OUTUBRO	NOVEMBRO	NOVEMBRO
	NOVEMBRO	DEZEMBRO	DEZEMBRO
	DEZEMBRO		
Estatística F	40,247	15,039	13,944
F crítico	2,949	3,238	3,426
valor-P	0,00%	0,00%	0,00%
Julgamento	REJEITAR <i>H₀</i>	REJEITAR <i>H₀</i>	REJEITAR <i>H₀</i>

Tabela III.14.5: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida Dom Luis – sentido Oeste/Leste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias mensais de Volumes Diários iguais	JANEIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO
<i>H₁</i> : pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente	FEVEREIRO	MARÇO	MARÇO
	MARÇO	ABRIL	ABRIL
	ABRIL	MAIO	MAIO
	MAIO	JUNHO	JUNHO
	JUNHO	JUNHO	JUNHO
	JULHO	AGOSTO	AGOSTO
	AGOSTO	SETEMBRO	SETEMBRO
	SETEMBRO	OUTUBRO	OUTUBRO
	OUTUBRO	NOVEMBRO	NOVEMBRO
	NOVEMBRO	DEZEMBRO	DEZEMBRO
	DEZEMBRO		
Estatística F	53,384	24,302	1,215
F crítico	2,915	3,378	3,903
valor-P			29,94%
Julgamento			NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

III.15 – Avenida da Abolição

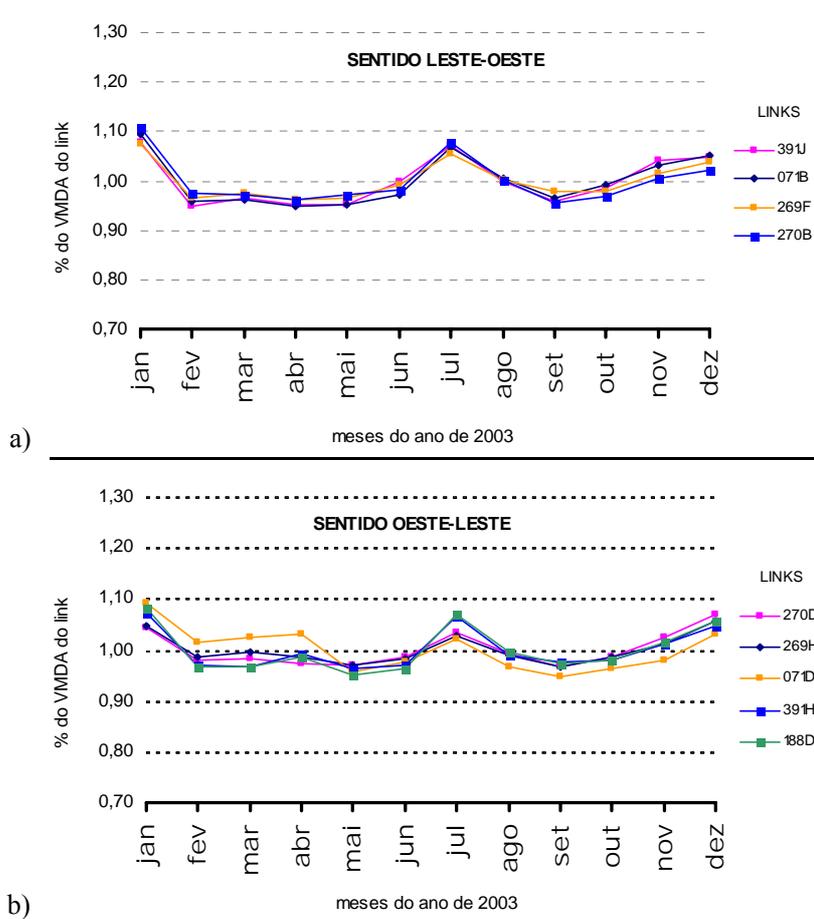


Figura III.15.1: Perfis de variação mensal relativa do VMD por *link* da Avenida da Abolição

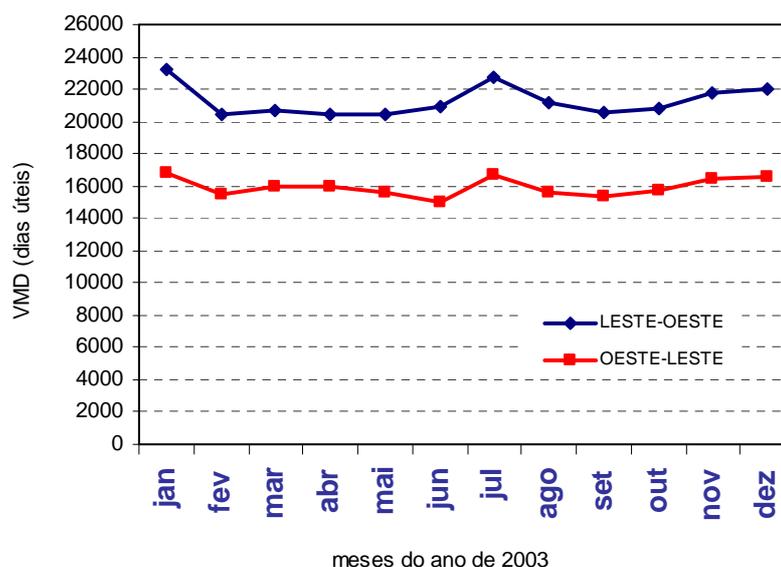


Figura III.15.2: Perfil de variação mensal absoluta do VMD (dias úteis de 2003) da Av. da Abolição por sentido (média espacial do trecho)

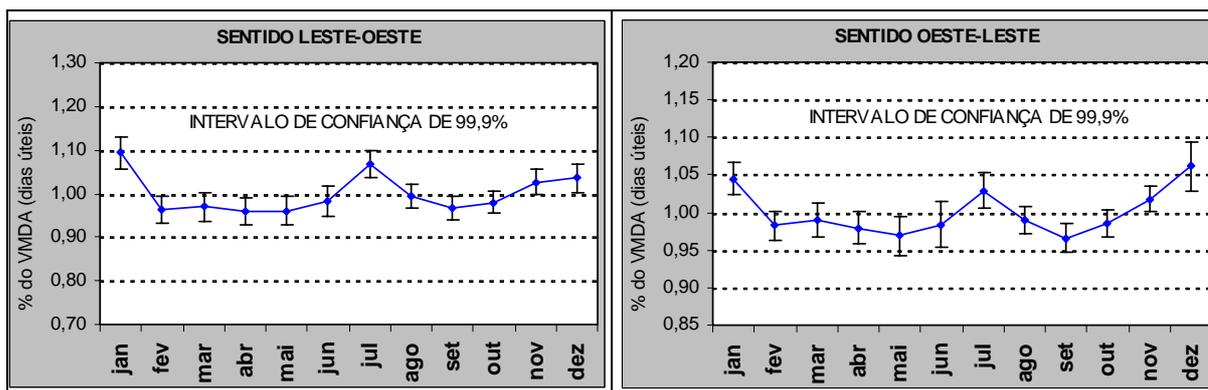


Figura III.15.3: Nível de confiança da variabilidade mensal do VMD (dias úteis de 2003) nos segmentos homogêneos da Avenida da Abolição

Tabela III.15.4: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida da Abolição – sentido Leste/Oeste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
JANEIRO			
<i>H₀</i> : médias mensais de Volumes Diários iguais	FEVEREIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO
<i>H₁</i> : pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente	MARÇO	MARÇO	MARÇO
Nível de significância (α): 0,1%	ABRIL	ABRIL	ABRIL
	MAIO	MAIO	MAIO
	JUNHO	JUNHO	JUNHO
	JULHO		
	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO
	SETEMBRO	SETEMBRO	SETEMBRO
	OUTUBRO	OUTUBRO	OUTUBRO
	NOVEMBRO	NOVEMBRO	
	DEZEMBRO		
Estatística F	24,141	5,470	1,884
F crítico	2,884	3,324	3,541
valor-P	0,00%	0,00%	7,01%
Julgamento	REJEITAR <i>H₀</i>	REJEITAR <i>H₀</i>	NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

Tabela III.15.5: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Avenida da Abolição – sentido Oeste/Leste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
JANEIRO			
<i>H₀</i> : médias mensais de Volumes Diários iguais	FEVEREIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO
<i>H₁</i> : pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente	MARÇO	MARÇO	MARÇO
Nível de significância (α): 0,1%	ABRIL	ABRIL	ABRIL
	MAIO	MAIO	MAIO
	JUNHO	JUNHO	JUNHO
	JULHO		
	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO
	SETEMBRO	SETEMBRO	SETEMBRO
	OUTUBRO	OUTUBRO	OUTUBRO
	NOVEMBRO	NOVEMBRO	
	DEZEMBRO		
Estatística F	19,527	5,227	1,855
F crítico	2,925	3,380	3,606
valor-P			7,73%
Julgamento			NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

III.16 – Avenida Historiador Raimundo Girão

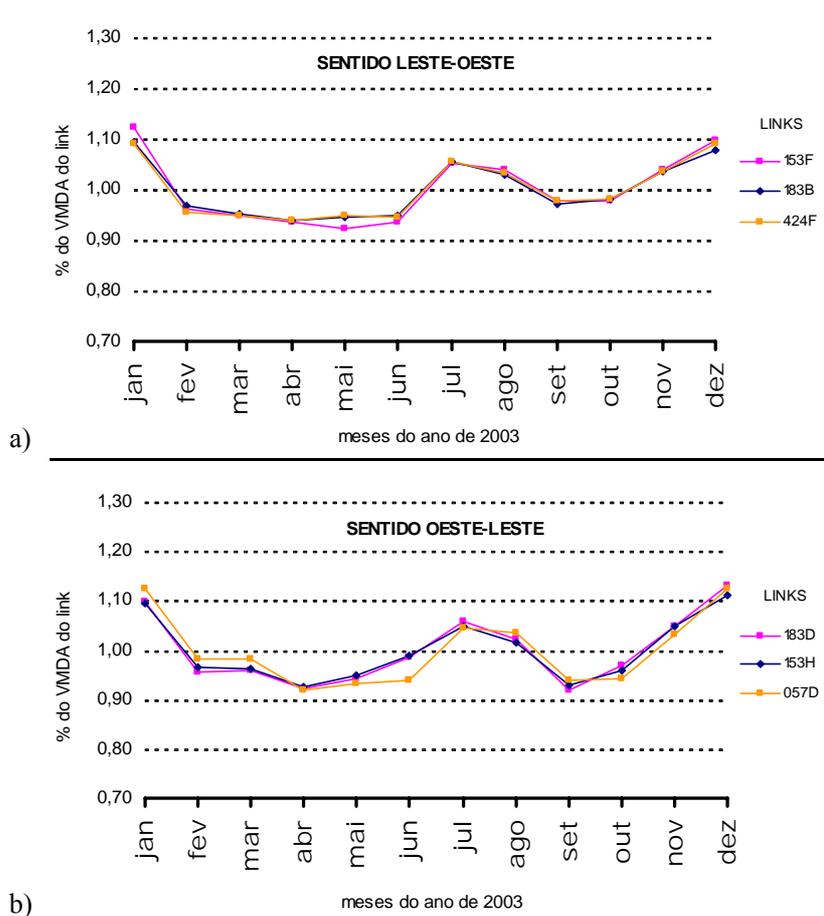


Figura III.16.1: Perfis de variação mensal relativa do VMD por *link* da Avenida Historiador Raimundo Girão

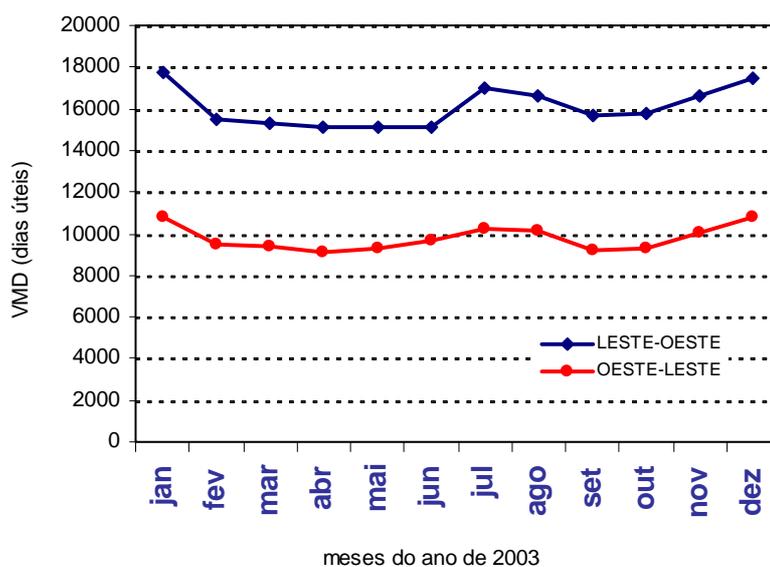


Figura III.16.2: Perfil de variação mensal absoluta do VMD (dias úteis de 2003) da Av. Hist. Raimundo Girão por sentido (média espacial do trecho)

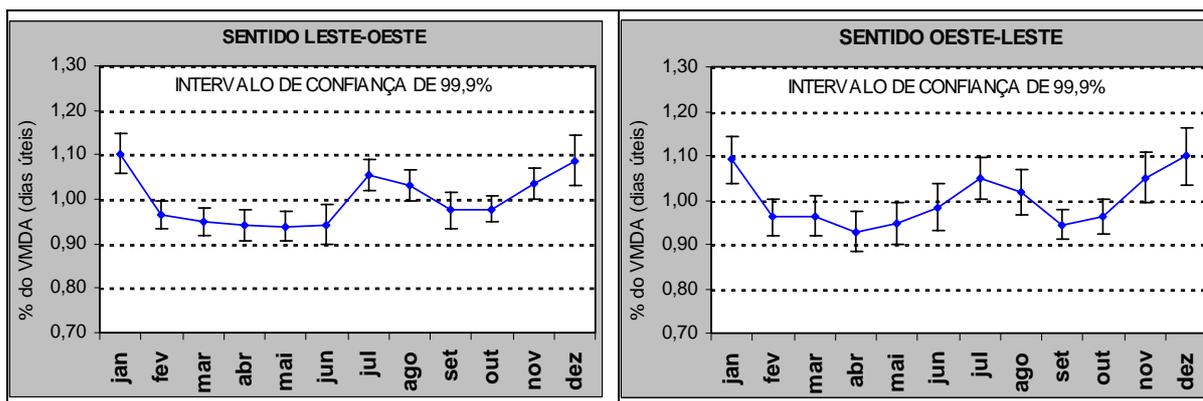


Figura III.16.3: Nível de confiança da variabilidade mensal do VMD (dias úteis de 2003) nos segmentos homogêneos da Av. Hist. Raimundo Girão

Tabela III.16.4: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Av. Hist. Raimundo Girão – sentido Leste/Oeste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
	JANEIRO			
H_0 : médias mensais de Volumes Diários iguais	FEVEREIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO
	MARÇO	MARÇO	MARÇO	MARÇO
H_1 : pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente	ABRIL	ABRIL	ABRIL	ABRIL
	MAIO	MAIO	MAIO	MAIO
	JUNHO	JUNHO	JUNHO	JUNHO
Nível de significância (α): 0,1%	JULHO			
	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO	
	SETEMBRO	SETEMBRO	SETEMBRO	SETEMBRO
	OUTUBRO	OUTUBRO	OUTUBRO	OUTUBRO
	NOVEMBRO	NOVEMBRO		
	DEZEMBRO			
Estatística F	37,840	17,473	12,884	3,510
F crítico	2,891	3,333	3,551	3,836
valor-P	0,00%	0,00%	0,00%	0,22%
Julgamento	REJEITAR H_0	REJEITAR H_0	REJEITAR H_0	NÃO REJEITAR H_0

Tabela III.16.5: Análise de variância das médias mensais de volume diário (dias úteis de 2003) na Av. Hist. Raimundo Girão – sentido Oeste/Leste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
	JANEIRO			
H_0 : médias mensais de Volumes Diários iguais	FEVEREIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO	FEVEREIRO
	MARÇO	MARÇO	MARÇO	MARÇO
H_1 : pelo menos uma média mensal de Volumes Diários diferente	ABRIL	ABRIL	ABRIL	ABRIL
	MAIO	MAIO	MAIO	MAIO
	JUNHO	JUNHO	JUNHO	JUNHO
Nível de significância (α): 0,1%	JULHO			
	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO	
	SETEMBRO	SETEMBRO	SETEMBRO	SETEMBRO
	OUTUBRO	OUTUBRO	OUTUBRO	OUTUBRO
	NOVEMBRO	NOVEMBRO		
	DEZEMBRO			
Estatística F	18,651	10,111	3,917	1,674
F crítico	2,922	3,376	3,600	3,890
valor-P				12,79%
Julgamento				NÃO REJEITAR H_0

ANEXO IV**PERFIS DE VARIAÇÃO DO VMD ENTRE DIAS DA
SEMANA DA AMOSTRA DE VIAS ARTERIAIS POR
SENTIDO E TESTES DE SIGNIFICÂNCIA PARA
IDENTIFICAÇÃO DE DIAS DE SEMANA TÍPICOS**

IV.1 – Avenida Dom Manuel

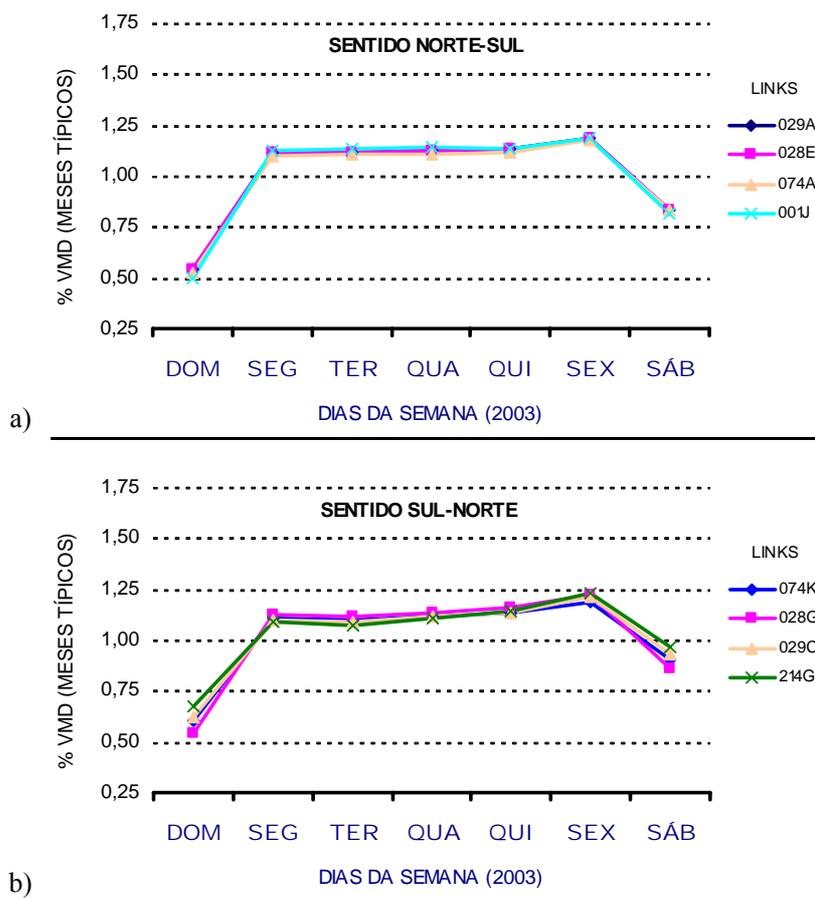


Figura IV.1.1: Perfis de variação diária relativa do VMD (meses típicos) por *link* da Avenida Dom Manuel

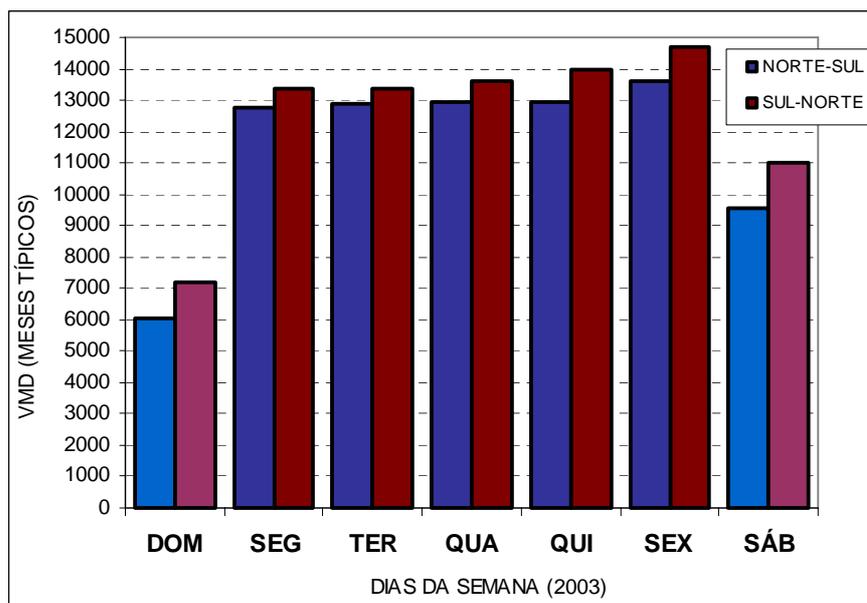


Figura IV.1.2: Perfil de variação diária absoluta do VMD (meses típicos) da Av. Dom Manuel por sentido (média espacial do trecho)

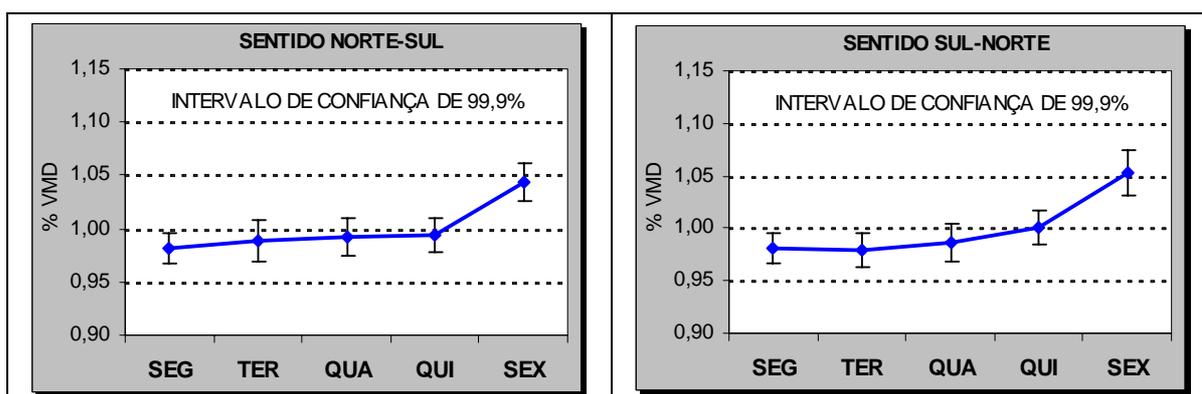


Figura IV.1.3: Nível de confiança da variação diária do VMD (meses típicos de 2003) nos segmentos homogêneos da Av. Dom Manuel

Tabela IV.1.4: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Dom Manuel – sentido Norte/Sul

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
	DOMINGO		
H_0 : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	SEGUNDA	SEGUNDA	SEGUNDA
	TERÇA	TERÇA	TERÇA
H_1 : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente	QUARTA	QUARTA	QUARTA
	QUINTA	QUINTA	QUINTA
	SEXTA	SEXTA	
	SÁBADO		
Nível de significância (α): 0,1%			
Estatística F	2933,858	42,641	1,964
F crítico	3,803	4,711	5,555
valor-P	0,00%	0,00%	11,94%
Julgamento	REJEITAR H_0	REJEITAR H_0	NÃO REJEITAR H_0

Tabela IV.1.5: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Dom Manuel – sentido Sul/Norte

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
	DOMINGO		
H_0 : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	SEGUNDA	SEGUNDA	SEGUNDA
	TERÇA	TERÇA	TERÇA
H_1 : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente	QUARTA	QUARTA	QUARTA
	QUINTA	QUINTA	QUINTA
	SEXTA	SEXTA	
	SÁBADO		
Nível de significância (α): 0,1%			
Estatística F	1447,096	57,363	4,549
F crítico	3,841	4,761	5,625
valor-P			0,41%
Julgamento			NÃO REJEITAR H_0

IV.2 – Avenida Rui Barbosa

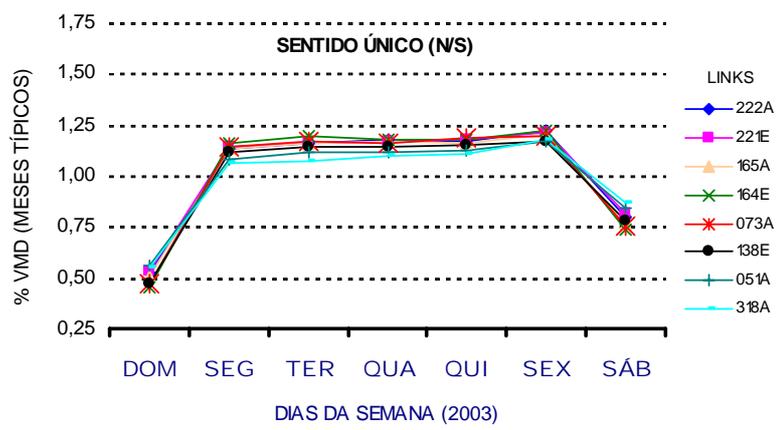


Figura IV.2.1: Perfis de variação diária relativa do VMD (meses típicos) por *link* da Avenida Rui Barbosa

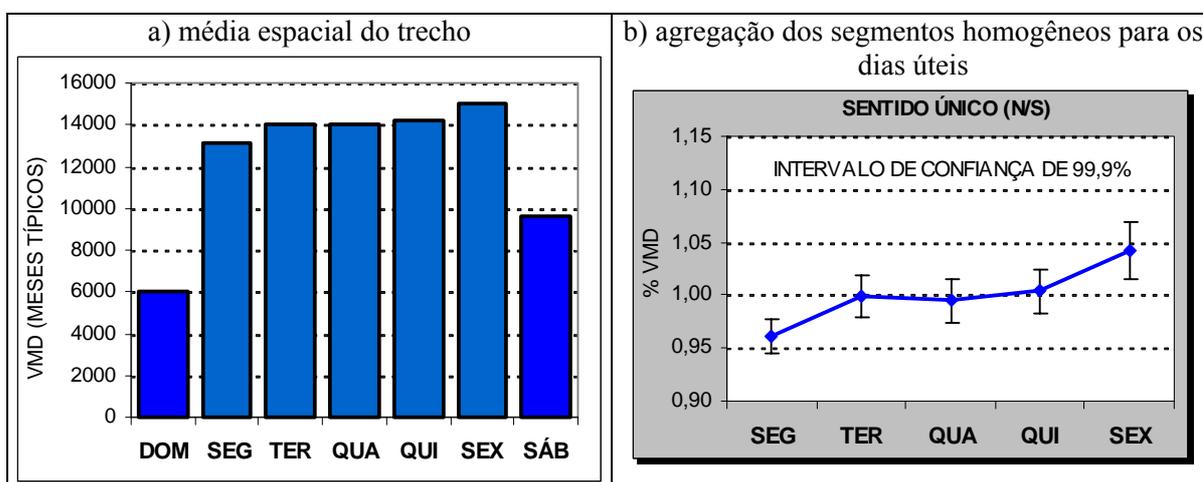


Figura IV.2.2: Perfil de variação diária absoluta e relativa do VMD (meses típicos de 2003) da Av. Rui Barbosa

Tabela IV.2.3: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Rui Barbosa

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
	DOMINGO		
	SEGUNDA	SEGUNDA	
	TERÇA	TERÇA	TERÇA
	QUARTA	QUARTA	QUARTA
	QUINTA	QUINTA	QUINTA
	SEXTA	SEXTA	
	SÁBADO		
Estadística F	1073,355	17,368	0,769
F crítico	3,829	4,747	7,185
valor-P	0,00%	0,00%	46,48%
Julgamento	REJEITAR Ho	REJEITAR Ho	NÃO REJEITAR Ho

IV.3 – Avenida Barão de Studart

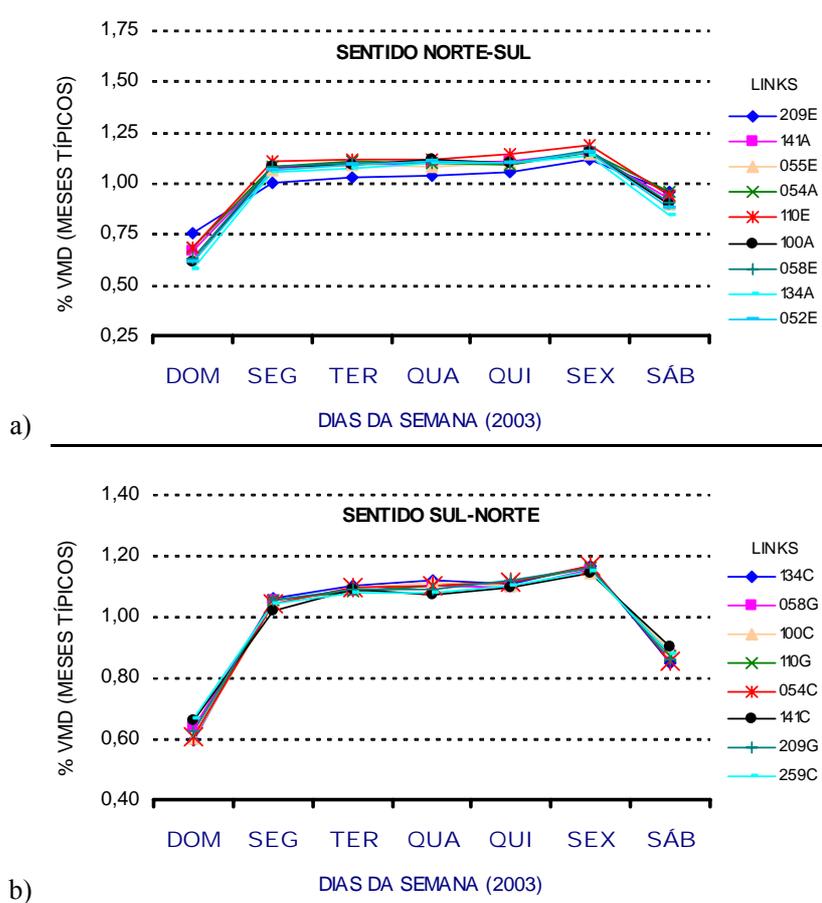


Figura IV.3.1: Perfis de variação diária relativa do VMD (meses típicos) por *link* da Avenida Barão de Studart

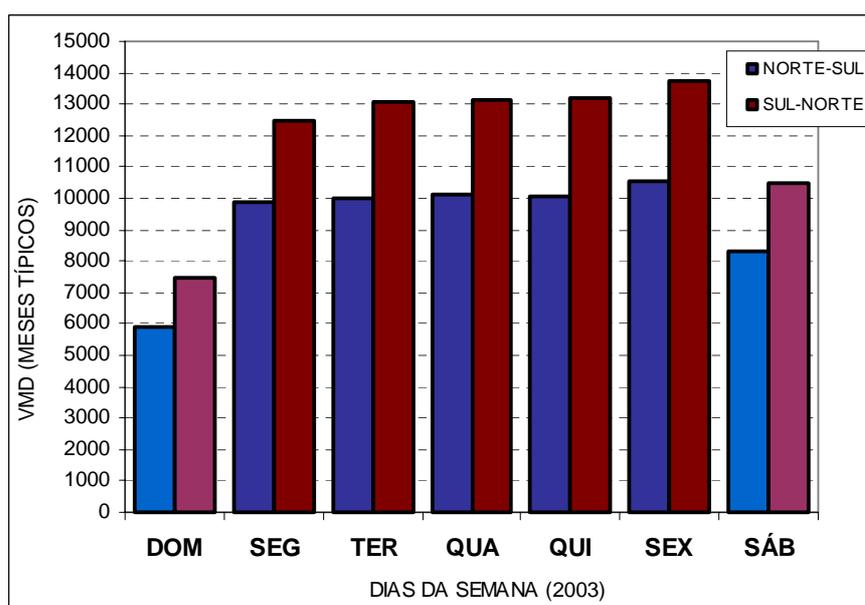


Figura IV.3.2: Perfil de variação diária absoluta do VMD (meses típicos) da Av. Barão de Studart por sentido (média espacial do trecho)

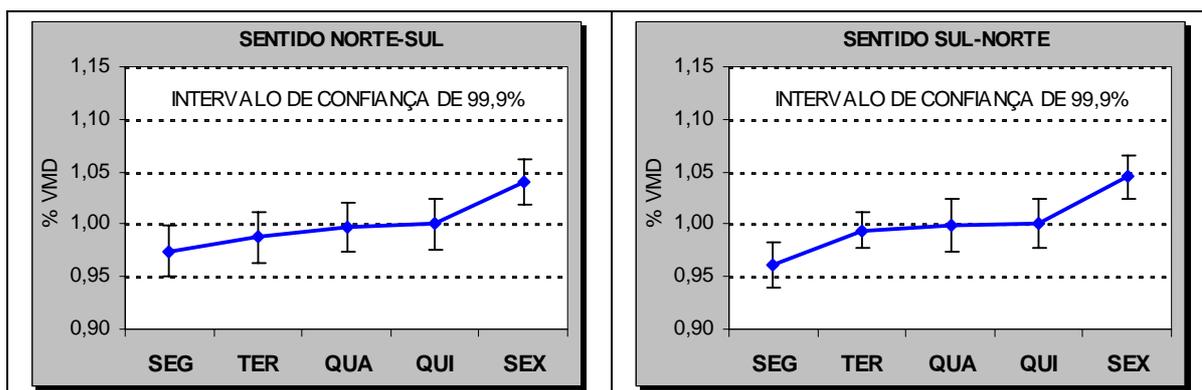


Figura IV.3.3: Nível de confiança da variação diária do VMD (meses típicos de 2003) nos segmentos homogêneos da Av. Barão de Studart

Tabela IV.3.4: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Barão de Studart – sentido Norte/Sul

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	DOMINGO		
	SEGUNDA	SEGUNDA	SEGUNDA
	TERÇA	TERÇA	TERÇA
<i>H₁</i> : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente	QUARTA	QUARTA	QUARTA
	QUINTA	QUINTA	QUINTA
	SEXTA	SEXTA	
	SÁBADO		
<i>Nível de significância (α): 0,1%</i>			
Estatística F	917,443	20,328	3,628
F crítico	3,789	4,695	5,544
valor-P	0,00%	0,00%	1,33%
Julgamento	REJEITAR <i>H₀</i>	REJEITAR <i>H₀</i>	NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

Tabela IV.3.5: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Barão de Studart – sentido Sul/Norte

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	DOMINGO		
	SEGUNDA	SEGUNDA	
	TERÇA	TERÇA	TERÇA
<i>H₁</i> : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente	QUARTA	QUARTA	QUARTA
	QUINTA	QUINTA	QUINTA
	SEXTA	SEXTA	
	SÁBADO		
<i>Nível de significância (α): 0,1%</i>			
Estatística F	1223,170	34,150	1,420
F crítico	3,793	4,696	7,088
valor-P			24,36%
Julgamento			NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

IV.4 – Avenida Desembargador Moreira

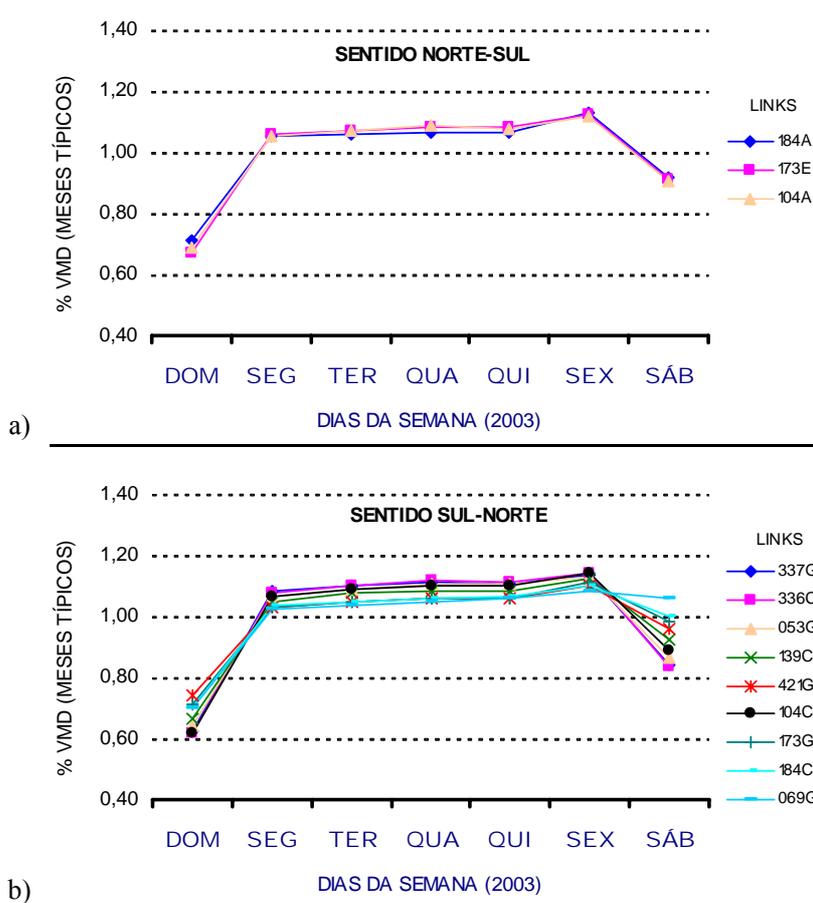


Figura IV.4.1: Perfis de variação diária relativa do VMD (meses típicos) por *link* da Avenida Desembargador Moreira

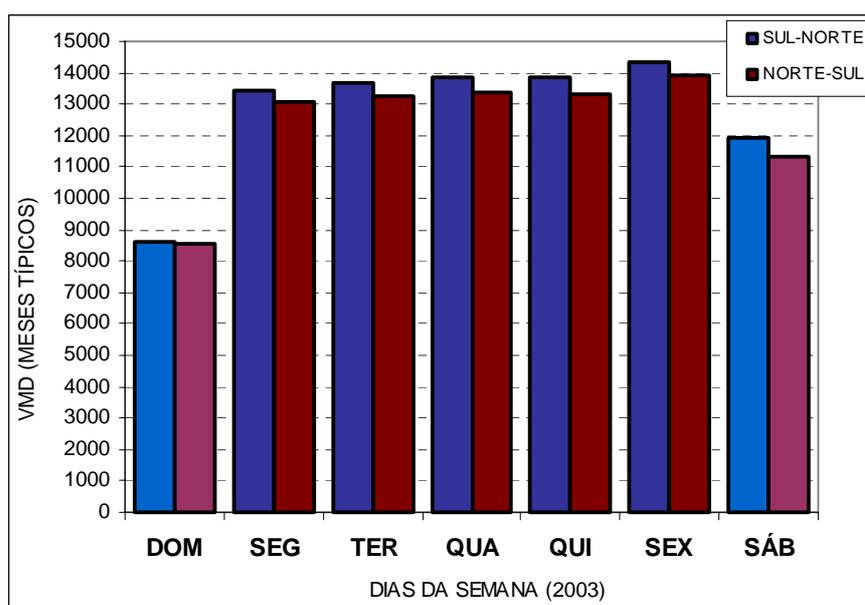


Figura IV.4.2: Perfil de variação diária absoluta do VMD (meses típicos) da Av. Desembargador Moreira por sentido (média espacial do trecho)

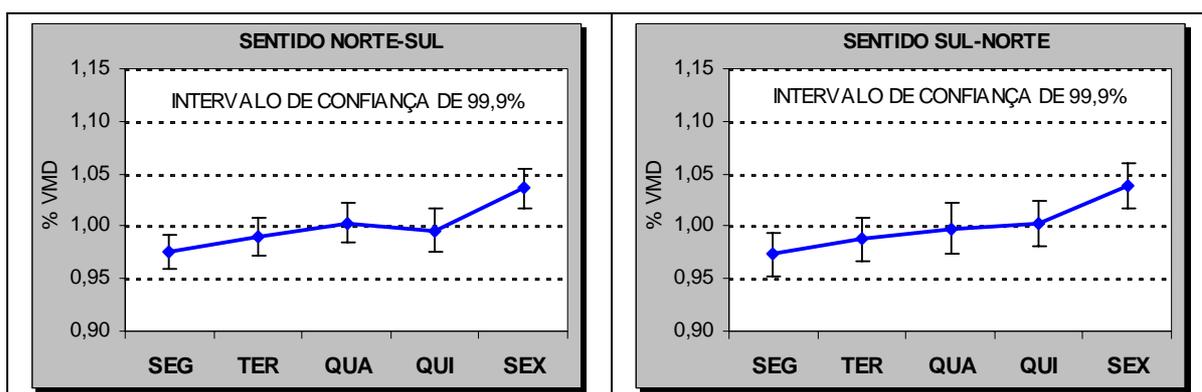


Figura IV.4.3: Nível de confiança da variação diária do VMD (meses típicos de 2003) nos segmentos homogêneos da Av. Desembargador Moreira

Tabela IV.4.4: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Desembargador Moreira – sentido Norte/Sul

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	DOMINGO	SEGUNDA	SEGUNDA
	SEGUNDA	TERÇA	TERÇA
	TERÇA	QUARTA	QUARTA
<i>H₁</i> : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente	QUARTA	QUINTA	QUINTA
	QUINTA	SEXTA	SEXTA
	SEXTA	SÁBADO	SÁBADO
Nível de significância (α): 0,1%			
Estatística F	983,213	27,117	5,148
F crítico	3,857	4,795	5,677
valor-P	0,00%	0,00%	0,20%
Julgamento	REJEITAR <i>H₀</i>	REJEITAR <i>H₀</i>	NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

Tabela IV.4.5: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Desembargador Moreira – sentido Sul/Norte

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	DOMINGO	SEGUNDA	SEGUNDA
	SEGUNDA	TERÇA	TERÇA
	TERÇA	QUARTA	QUARTA
<i>H₁</i> : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente	QUARTA	QUINTA	QUINTA
	QUINTA	SEXTA	SEXTA
	SEXTA	SÁBADO	SÁBADO
Nível de significância (α): 0,1%			
Estatística F	430,736	19,899	4,036
F crítico	3,801	4,707	5,549
valor-P			0,77%
Julgamento			NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

IV.5 – Avenida Sen. Virgílio Távora

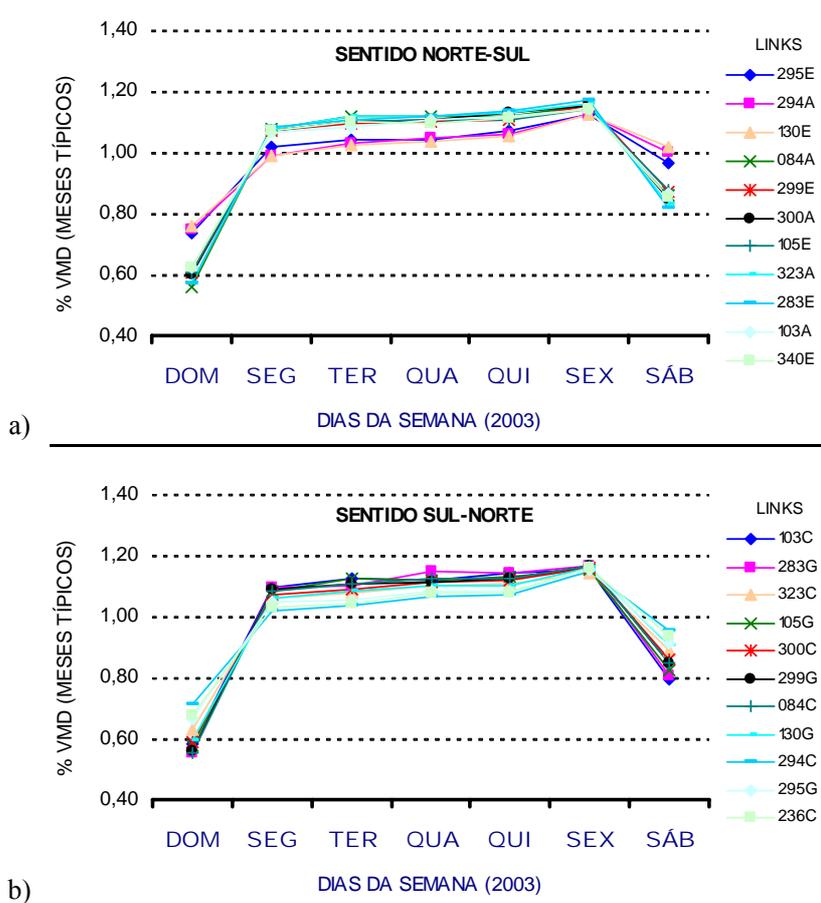


Figura IV.5.1: Perfis de variação diária relativa do VMD (meses típicos) por *link* da Avenida Sen. Virgílio Távora

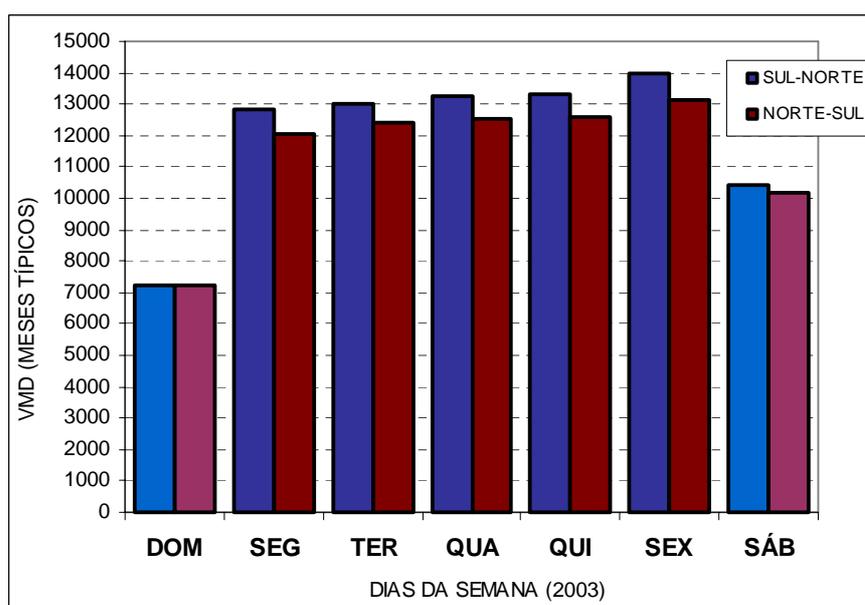


Figura IV.5.2: Perfil de variação diária absoluta do VMD (meses típicos) da Av. Sen. Virgílio Távora por sentido (média espacial do trecho)

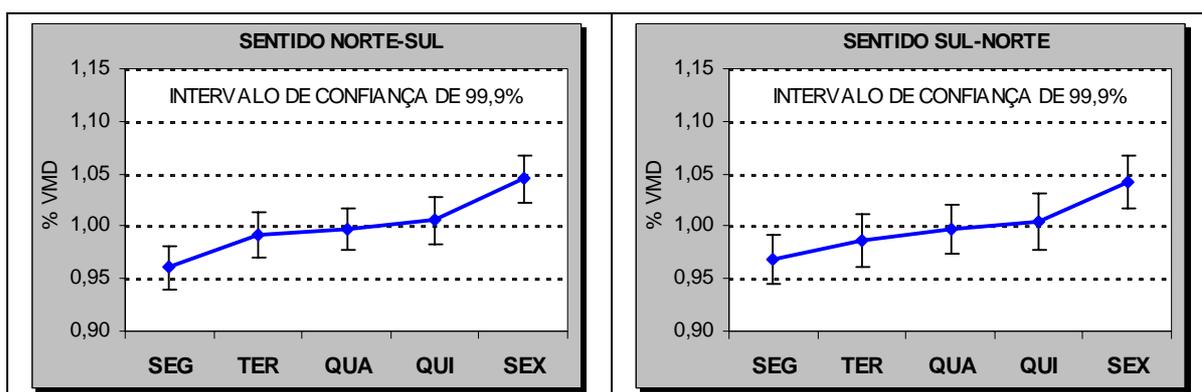


Figura IV.5.3: Nível de confiança da variação diária do VMD (meses típicos de 2003) nos segmentos homogêneos da Av. Sen. Virgílio Távora

Tabela IV.5.4: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Sen. Virgílio Távora – sentido Norte/Sul

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	DOMINGO		
	SEGUNDA	SEGUNDA	
	TERÇA	TERÇA	TERÇA
<i>H₁</i> : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente	QUARTA	QUARTA	QUARTA
	QUINTA	QUINTA	QUINTA
	SEXTA	SEXTA	
	SÁBADO		
Estatística F	1531,577	29,491	2,754
F crítico	3,773	4,663	7,006
valor-P	0,00%	0,00%	6,47%
Julgamento	REJEITAR <i>H₀</i>	REJEITAR <i>H₀</i>	NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

Tabela IV.5.5: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Sen. Virgílio Távora – sentido Sul/Norte

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	DOMINGO		
	SEGUNDA	SEGUNDA	SEGUNDA
	TERÇA	TERÇA	TERÇA
<i>H₁</i> : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente	QUARTA	QUARTA	QUARTA
	QUINTA	QUINTA	QUINTA
	SEXTA	SEXTA	
	SÁBADO		
Estatística F	1036,271	18,771	3,493
F crítico	3,841	4,773	5,651
valor-P			1,68%
Julgamento			NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

IV.6 – Avenida Pontes Vieira

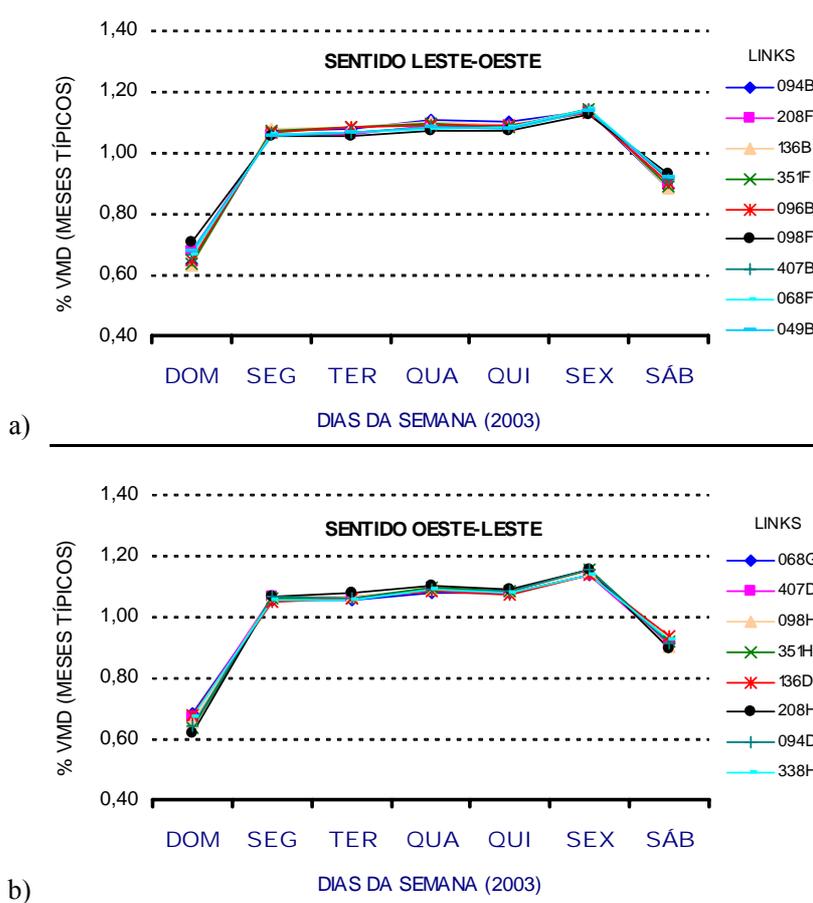


Figura IV.6.1: Perfis de variação diária relativa do VMD (meses típicos) por *link* da Avenida Pontes Vieira

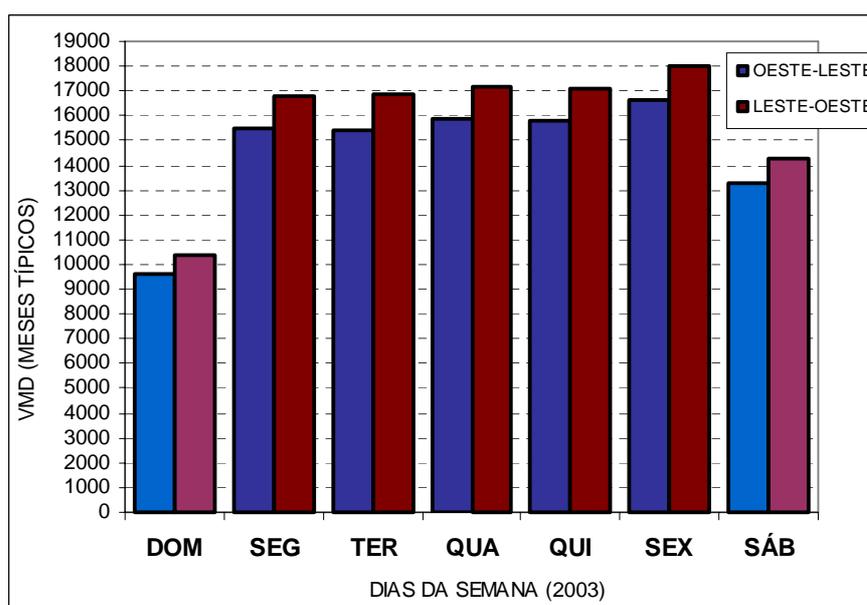


Figura IV.6.2: Perfil de variação diária absoluta do VMD (meses típicos) da Av. Pontes Vieira por sentido (média espacial do trecho)

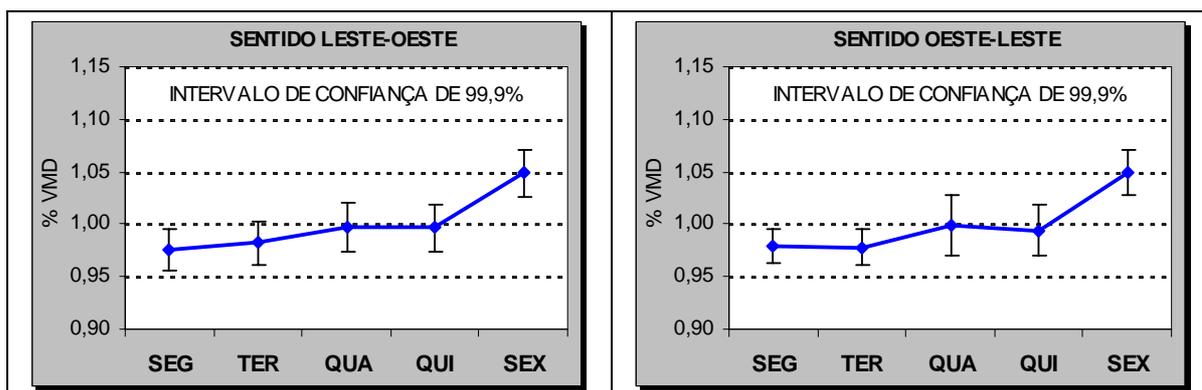


Figura IV.6.3: Nível de confiança da variação diária do VMD (meses típicos de 2003) nos segmentos homogêneos da Av. Pontes Vieira

Tabela IV.6.4: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Pontes Vieira – sentido Leste/Oeste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	DOMINGO		
	SEGUNDA	SEGUNDA	SEGUNDA
	TERÇA	TERÇA	TERÇA
<i>H₁</i> : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente	QUARTA	QUARTA	QUARTA
	QUINTA	QUINTA	QUINTA
	SEXTA	SEXTA	
	SÁBADO		
Nível de significância (α): 0,1%			
Estatística F	726,570	29,359	4,269
F crítico	3,786	4,683	5,513
valor-P	0,00%	0,00%	0,55%
Julgamento	REJEITAR <i>H₀</i>	REJEITAR <i>H₀</i>	NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

Tabela IV.6.5: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Pontes Vieira – sentido Oeste/Leste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	DOMINGO		
	SEGUNDA	SEGUNDA	SEGUNDA
	TERÇA	TERÇA	TERÇA
<i>H₁</i> : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente	QUARTA	QUARTA	QUARTA
	QUINTA	QUINTA	QUINTA
	SEXTA	SEXTA	
	SÁBADO		
Nível de significância (α): 0,1%			
Estatística F	774,314	36,887	4,748
F crítico	3,869	4,812	5,696
valor-P			0,34%
Julgamento			NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

IV.7 – Avenida Antônio Sales

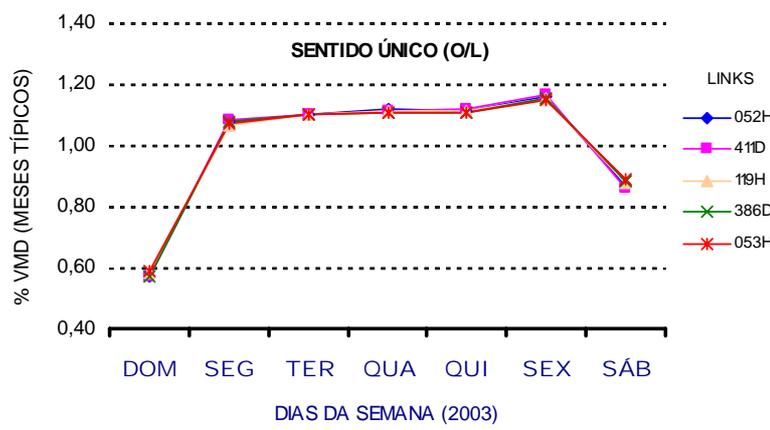


Figura IV.7.1: Perfis de variação diária relativa do VMD (meses típicos) por link da Avenida Antônio Sales

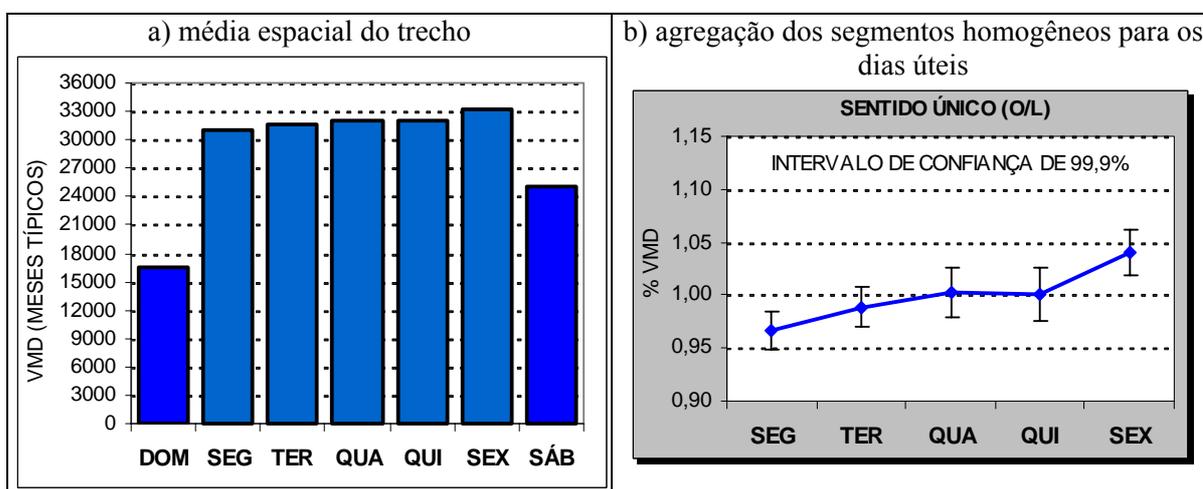


Figura IV.7.2: Perfil de variação diária absoluta e relativa do VMD (meses típicos de 2003) da Av. Antônio Sales

Tabela IV.7.3: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Antônio Sales

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
	DOMINGO		
H_0 : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	SEGUNDA	SEGUNDA	SEGUNDA
	TERÇA	TERÇA	TERÇA
H_1 : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente	QUARTA	QUARTA	QUARTA
	QUINTA	QUINTA	QUINTA
Nível de significância (α): 0,1%	SEXTA	SEXTA	
	SÁBADO		
Estatística F	1481,069	25,560	4,847
F crítico	3,818	4,746	5,608
valor-P	0,00%	0,00%	0,27%
Julgamento	REJEITAR H_0	REJEITAR H_0	NÃO REJEITAR H_0

IV.8 – Rua Padre Valdevino

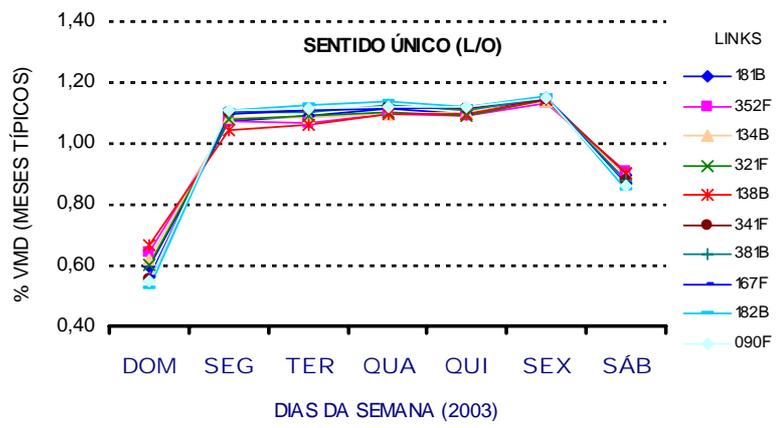


Figura IV.8.1: Perfis de variação diária relativa do VMD (meses típicos) por link da Rua Padre Valdevino

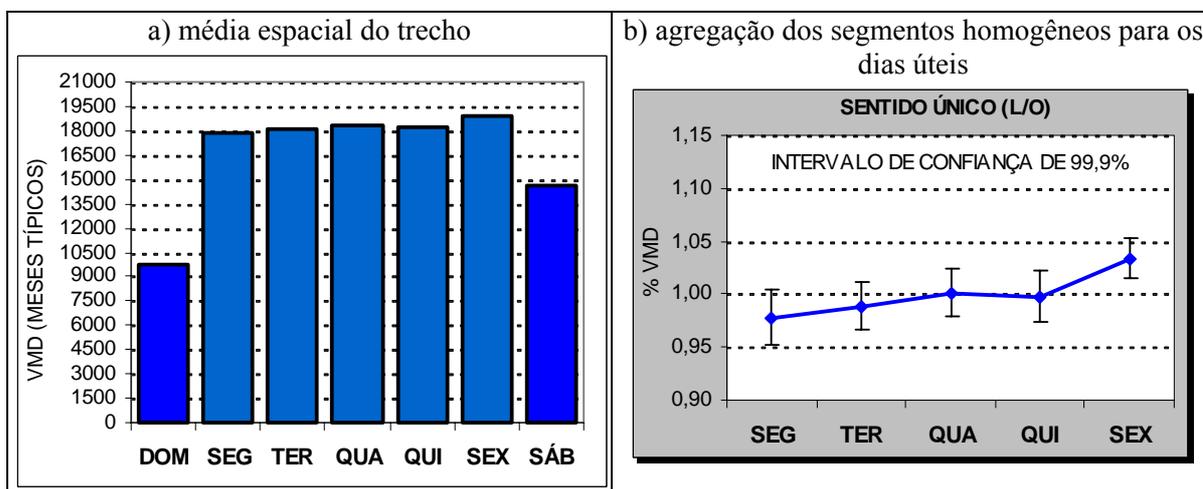


Figura IV.8.2: Perfil de variação diária absoluta e relativa do VMD (meses típicos de 2003) da Rua Padre Valdevino

Tabela IV.8.3: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Rua Padre Valdevino

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
	DOMINGO		
	SEGUNDA	SEGUNDA	SEGUNDA
	TERÇA	TERÇA	TERÇA
	QUARTA	QUARTA	QUARTA
	QUINTA	QUINTA	QUINTA
	SEXTA	SEXTA	
	SÁBADO		
Estatística F	1705,402	18,258	4,861
F crítico	3,785	4,682	5,513
valor-P	0,00%	0,00%	0,24%
Julgamento	REJEITAR Ho	REJEITAR Ho	NÃO REJEITAR Ho

IV.9 – Avenida Heráclito Graça

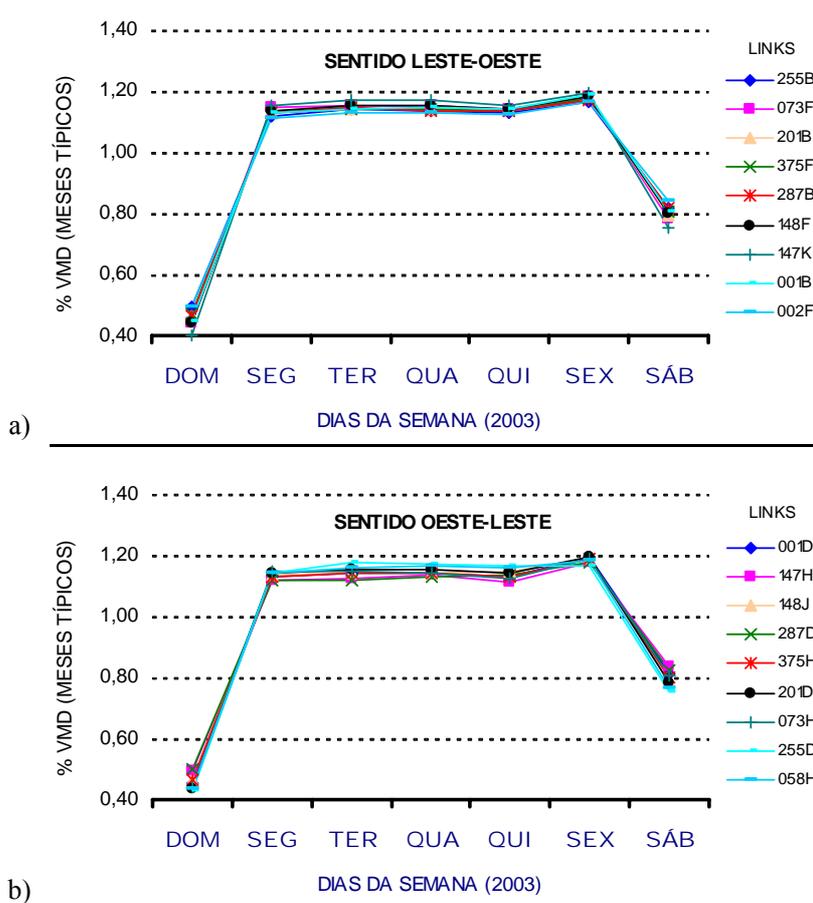


Figura IV.9.1: Perfis de variação diária relativa do VMD (meses típicos) por *link* da Avenida Heráclito Graça

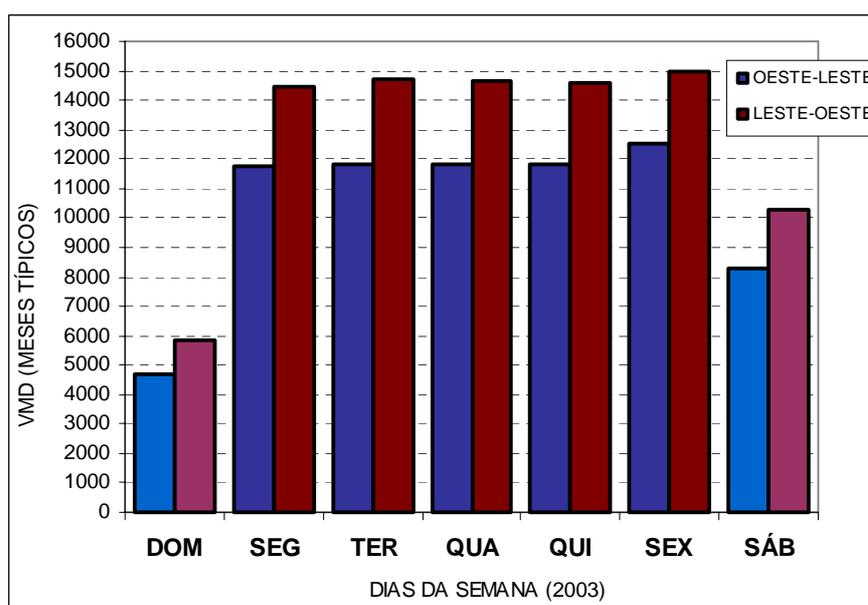


Figura IV.9.2: Perfil de variação diária absoluta do VMD (meses típicos) da Av. Heráclito Graça por sentido (média espacial do trecho)

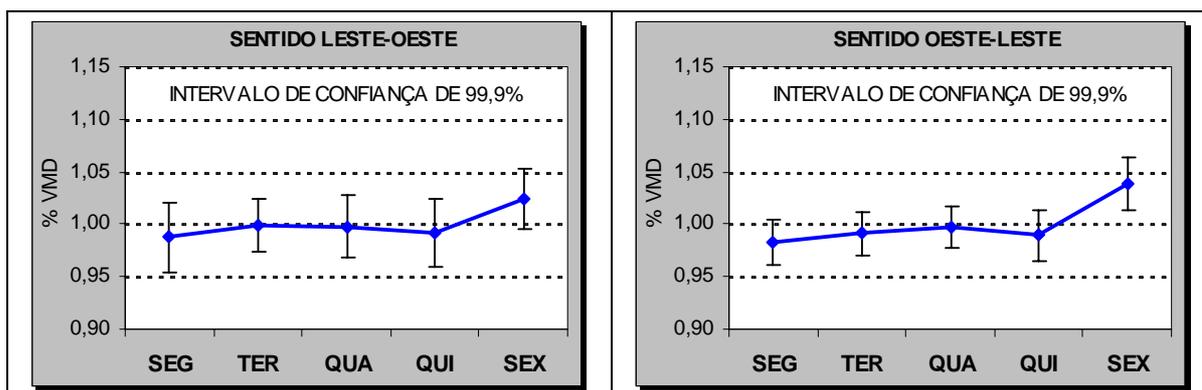


Figura IV.9.3: Nível de confiança da variação diária do VMD (meses típicos de 2003) nos segmentos homogêneos da Av. Heráclito Graça

Tabela IV.9.4: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Heráclito Graça – sentido Leste/Oeste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2
<i>H₀</i> : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	DOMINGO	SEGUNDA
	SEGUNDA	TERÇA
	TERÇA	QUARTA
<i>H₁</i> : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente	QUARTA	QUINTA
	QUINTA	SEXTA
	SEXTA	SÁBADO
Estatística F	1240,012	4,165
F crítico	3,827	4,745
valor-P	0,00%	0,27%
Julgamento	REJEITAR <i>H₀</i>	NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

Tabela IV.9.5: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Heráclito Graça – sentido Oeste/Leste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	DOMINGO	SEGUNDA	SEGUNDA
	SEGUNDA	TERÇA	TERÇA
	TERÇA	QUARTA	QUARTA
<i>H₁</i> : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente	QUARTA	QUINTA	QUINTA
	QUINTA	SEXTA	
	SEXTA		
	SÁBADO		
Estatística F	2739,479	23,959	1,673
F crítico	3,789	4,687	5,518
valor-P			17,21%
Julgamento			NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

IV.10 – Avenida Padre Antônio Tomás

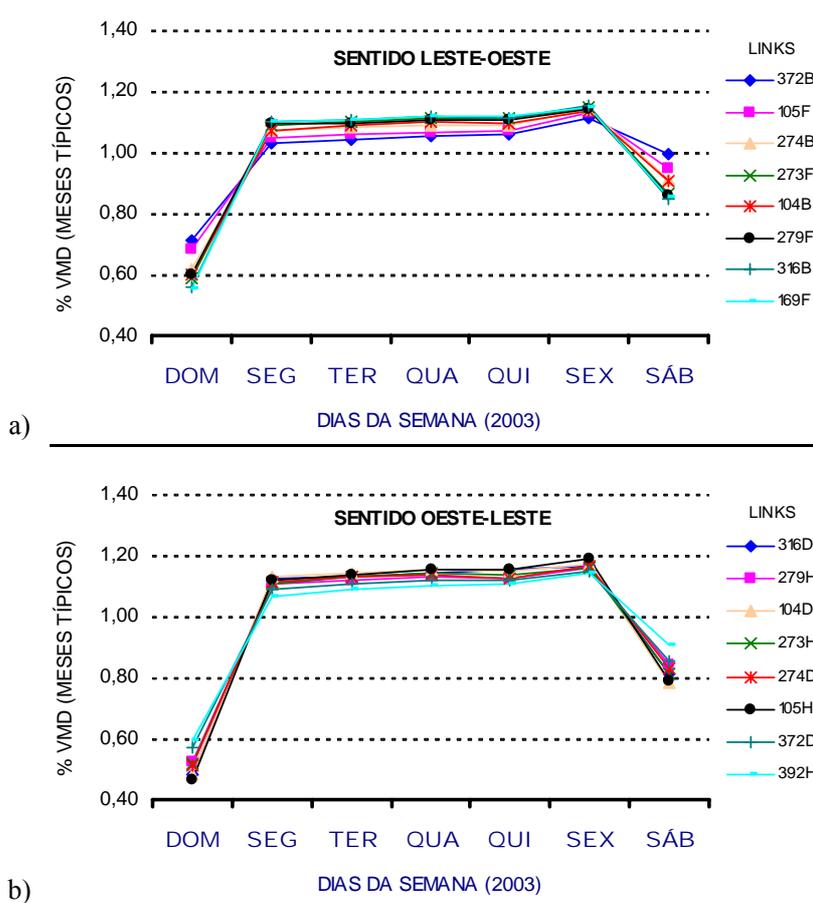


Figura IV.10.1: Perfis de variação diária relativa do VMD (meses típicos) por *link* da Avenida Padre Antônio Tomás

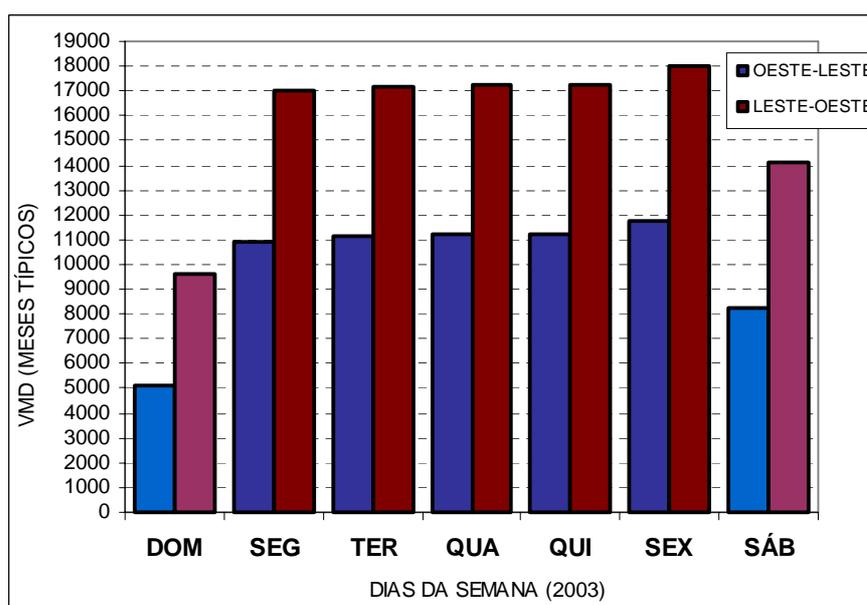


Figura IV.10.2: Perfil de variação diária absoluta do VMD (meses típicos) da Av. Padre Antônio Tomás por sentido (média espacial do trecho)

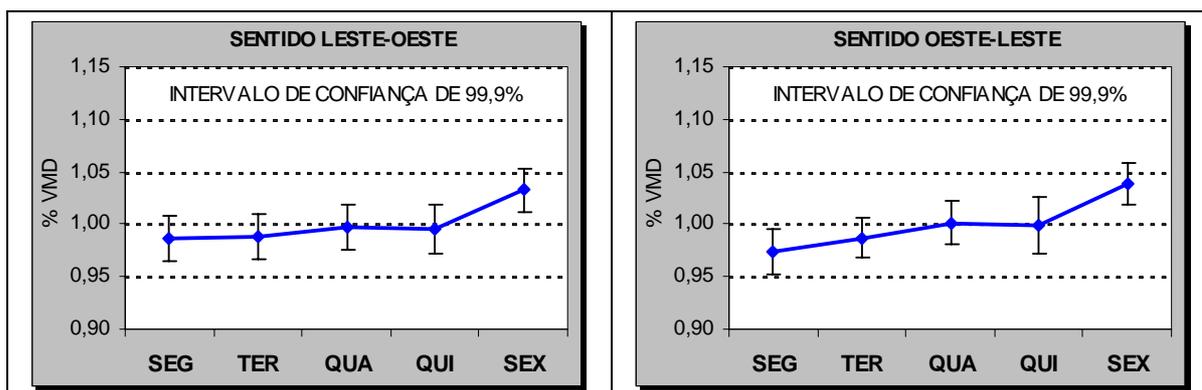


Figura IV.10.3: Nível de confiança da variação diária do VMD (meses típicos de 2003) nos segmentos homogêneos da Av. Padre Antônio Tomás

Tabela IV.10.4: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Padre Antônio Tomás – sentido Leste/Oeste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	DOMINGO		
	SEGUNDA	SEGUNDA	SEGUNDA
	TERÇA	TERÇA	TERÇA
<i>H₁</i> : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente	QUARTA	QUARTA	QUARTA
	QUINTA	QUINTA	QUINTA
	SEXTA	SEXTA	
	SÁBADO		
Nível de significância (α): 0,1%			
Estatística F	1151,687	10,622	0,862
F crítico	3,787	4,684	5,515
valor-P	0,00%	0,00%	46,10%
Julgamento	REJEITAR <i>H₀</i>	REJEITAR <i>H₀</i>	NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

Tabela IV.10.5: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Padre Antônio Tomás – sentido Oeste/Leste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	DOMINGO		
	SEGUNDA	SEGUNDA	SEGUNDA
	TERÇA	TERÇA	TERÇA
<i>H₁</i> : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente	QUARTA	QUARTA	QUARTA
	QUINTA	QUINTA	QUINTA
	SEXTA	SEXTA	
	SÁBADO		
Nível de significância (α): 0,1%			
Estatística F	1374,331	24,927	4,170
F crítico	3,804	4,711	5,556
valor-P			0,65%
Julgamento			NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

IV.11 – Avenida Santos Dumont – Parte 1

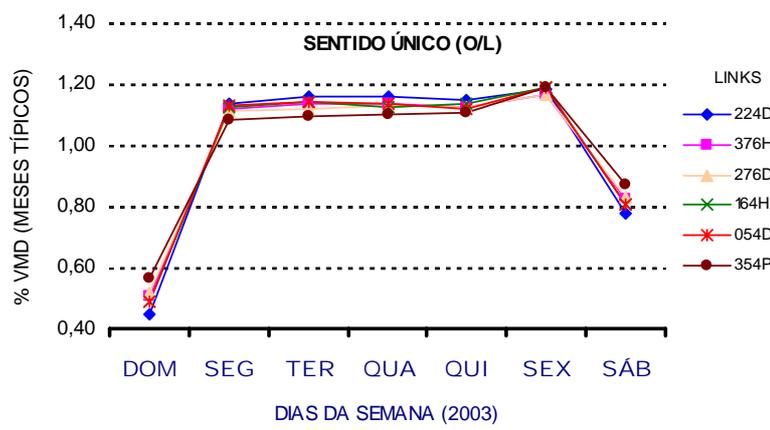


Figura IV.11.1: Perfis de variação diária relativa do VMD (meses típicos) por link da Avenida Santos Dumont_Parte 1

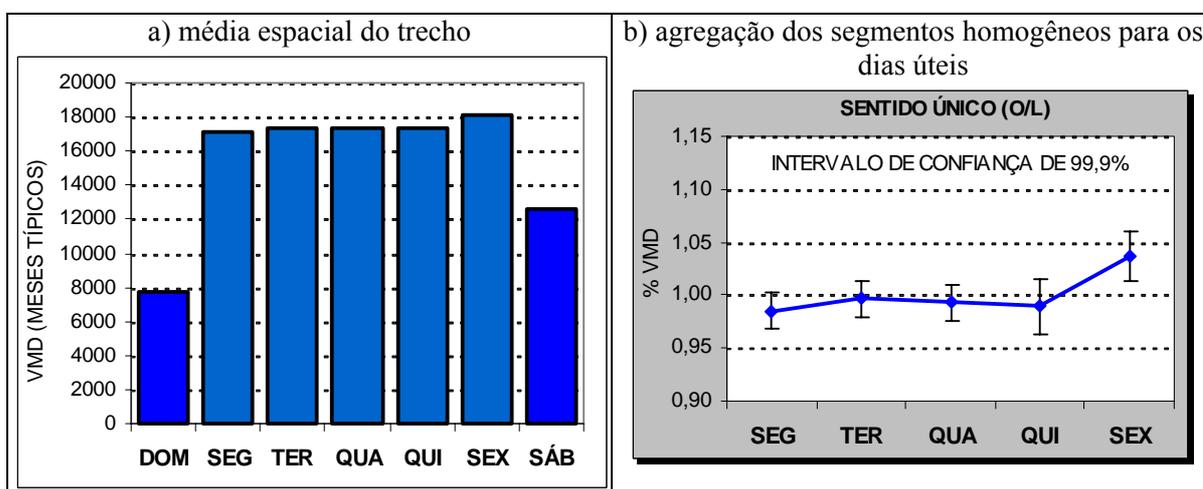


Figura IV.11.2: Perfil de variação diária absoluta e relativa do VMD (meses típicos de 2003) da Avenida Santos Dumont_Parte 1

Tabela IV.11.3: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Santos Dumont Parte 1

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
	DOMINGO		
H_0 : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	SEGUNDA	SEGUNDA	SEGUNDA
	TERÇA	TERÇA	TERÇA
H_1 : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente	QUARTA	QUARTA	QUARTA
	QUINTA	QUINTA	QUINTA
Nível de significância (α): 0,1%	SEXTA	SEXTA	
	SÁBADO		
Estadística F	2207,116	20,704	1,225
F crítico	3,804	4,708	5,548
valor-P	0,00%	0,00%	30,05%
Julgamento	REJEITAR H_0	REJEITAR H_0	NÃO REJEITAR H_0

IV.12 – Avenida Santos Dumont – Parte 2

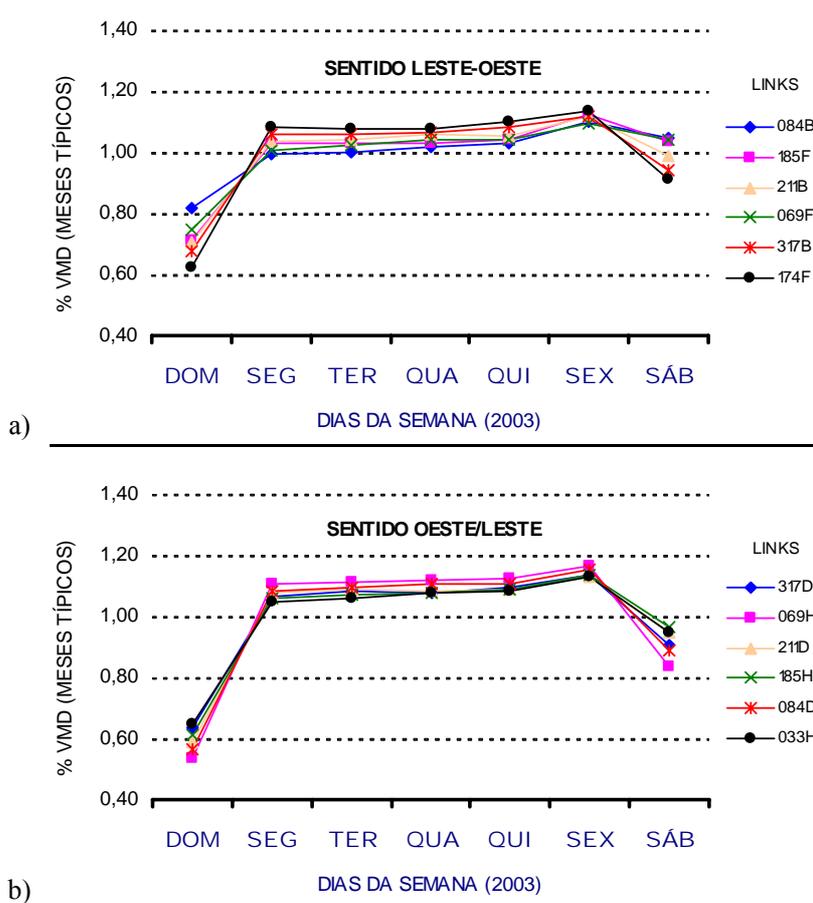


Figura IV.12.1: Perfis de variação diária relativa do VMD (meses típicos) por *link* da Avenida Santos Dumont_Parte 2

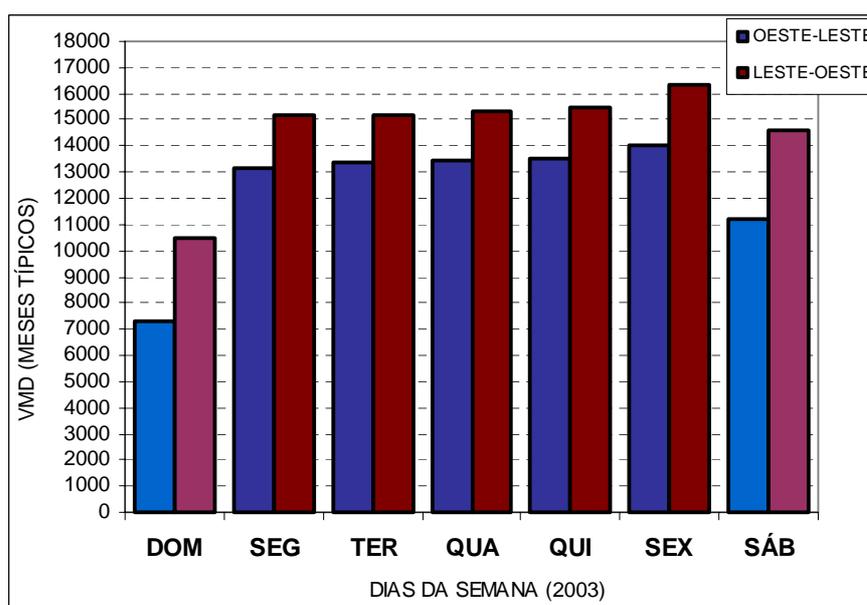


Figura IV.12.2: Perfil de variação diária absoluta do VMD (meses típicos) da Av. Santos Dumont_Parte 2 - por sentido (média espacial do trecho)

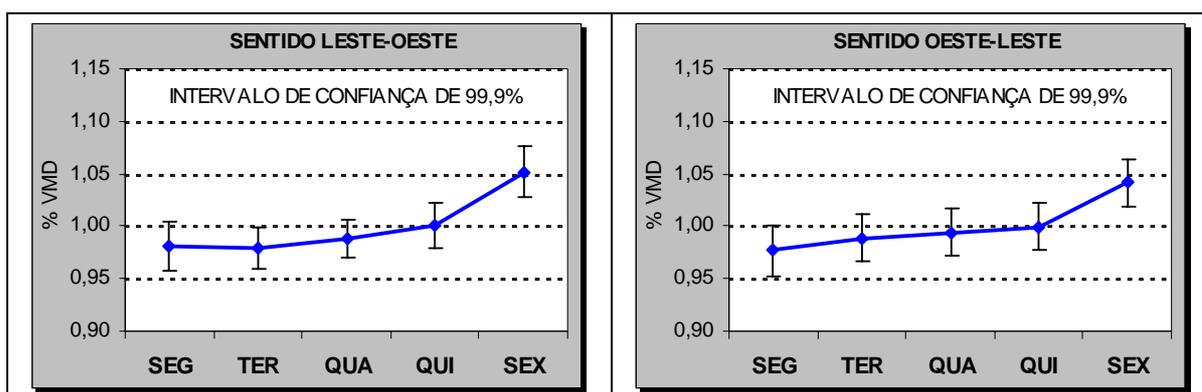


Figura IV.12.3: Nível de confiança da variação diária do VMD (meses típicos de 2003) nos segmentos homogêneos da Av. Santos Dumont Parte 2

Tabela IV.12.4: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Santos Dumont Parte 2 – sentido Leste/Oeste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	DOMINGO		
	SEGUNDA	SEGUNDA	SEGUNDA
	TERÇA	TERÇA	TERÇA
<i>H₁</i> : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente	QUARTA	QUARTA	QUARTA
	QUINTA	QUINTA	QUINTA
	SEXTA	SEXTA	
	SÁBADO		
Nível de significância (α): 0,1%			
Estatística F	534,839	39,542	4,275
F crítico	3,795	4,696	5,531
valor-P	0,00%	0,00%	0,55%
Julgamento	REJEITAR <i>H₀</i>	REJEITAR <i>H₀</i>	NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

Tabela IV.12.5: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Santos Dumont Parte 2 – sentido Oeste/Leste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	DOMINGO		
	SEGUNDA	SEGUNDA	SEGUNDA
	TERÇA	TERÇA	TERÇA
<i>H₁</i> : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente	QUARTA	QUARTA	QUARTA
	QUINTA	QUINTA	QUINTA
	SEXTA	SEXTA	
	SÁBADO		
Nível de significância (α): 0,1%			
Estatística F	1142,488	21,202	3,236
F crítico	3,778	4,672	5,498
valor-P			2,20%
Julgamento			NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

IV.13 – Rua Costa Barros

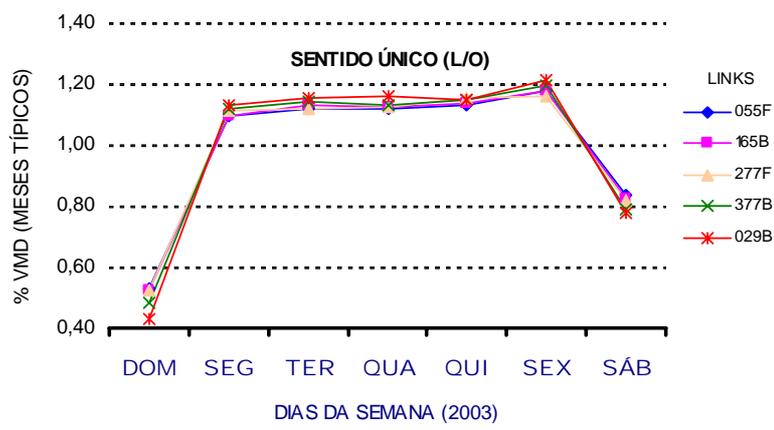


Figura IV.13.1: Perfis de variação diária relativa do VMD (meses típicos) por link da Rua Costa Barros

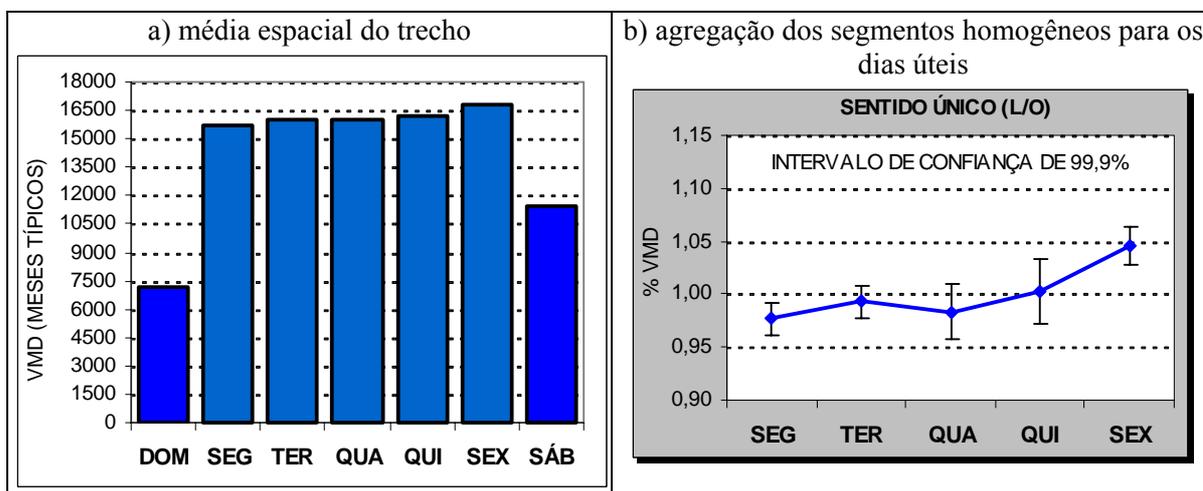


Figura IV.13.2: Perfil de variação diária absoluta e relativa do VMD (meses típicos de 2003) da Rua Costa Barros

Tabela IV.13.3: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Rua Costa Barros

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
	DOMINGO		
	SEGUNDA	SEGUNDA	SEGUNDA
	TERÇA	TERÇA	TERÇA
	QUARTA	QUARTA	QUARTA
	QUINTA	QUINTA	QUINTA
	SEXTA	SEXTA	
	SÁBADO		
Estadística F	2411,314	28,468	4,172
F crítico	3,936	4,926	5,852
valor-P	0,00%	0,00%	0,79%
Julgamento	REJEITAR Ho	REJEITAR Ho	NÃO REJEITAR Ho

H₀: médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)
H₁: pelo menos uma média de Volumes Diários diferente
 Nível de significância (α): 0,1%

IV.14 – Avenida Dom Luis

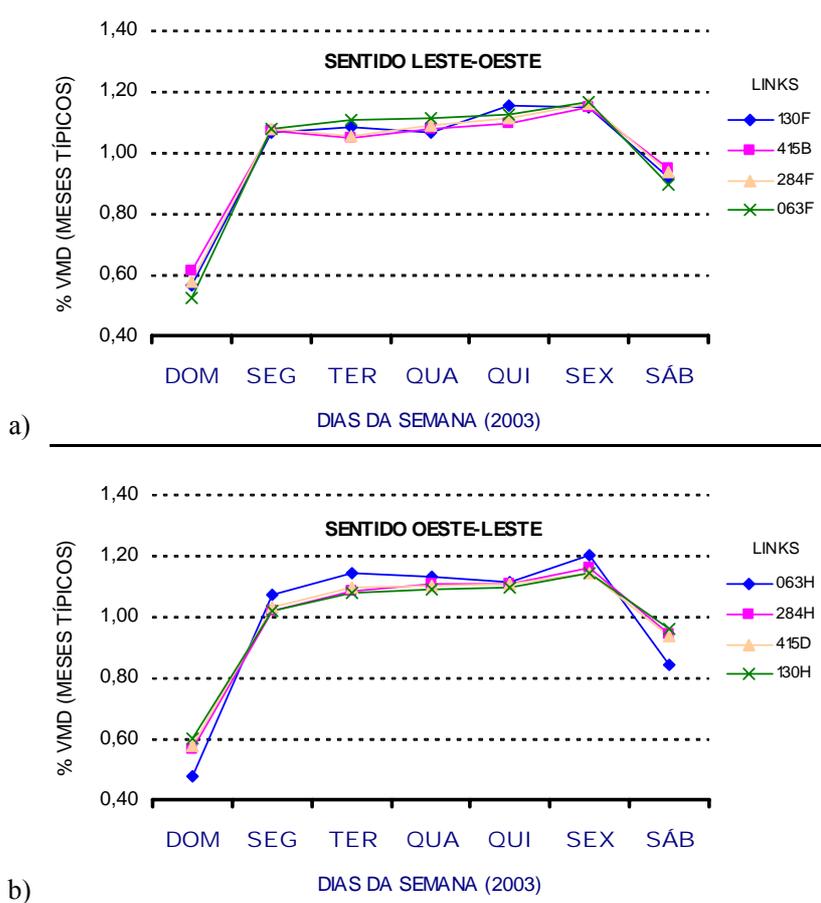


Figura IV.14.1: Perfis de variação diária relativa do VMD (meses típicos) por *link* da Avenida Dom Luis

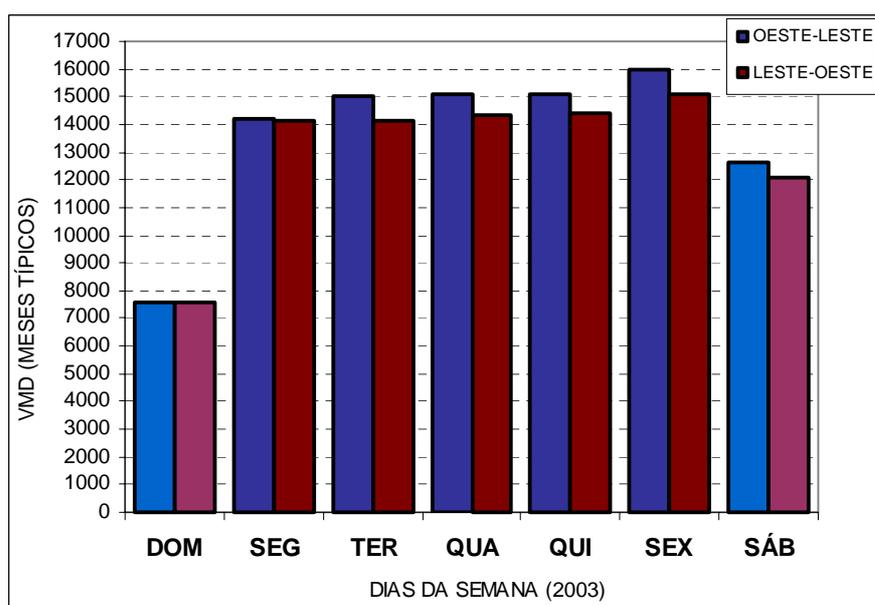


Figura IV.14.2: Perfil de variação diária absoluta do VMD (meses típicos) da Avenida Dom Luis por sentido (média espacial do trecho)

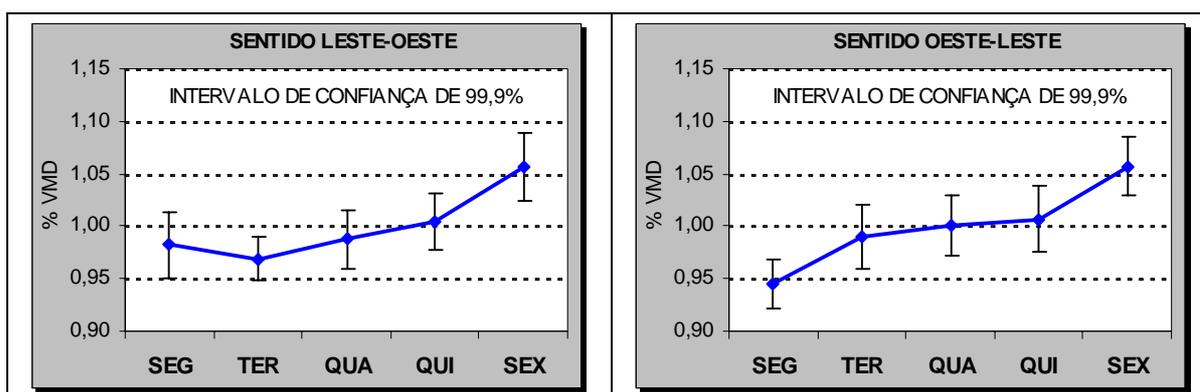


Figura IV.14.3: Nível de confiança da variação diária do VMD (meses típicos de 2003) nos segmentos homogêneos da Avenida Dom Luis

Tabela IV.14.4: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Dom Luis – sentido Leste/Oeste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	DOMINGO	SEGUNDA	SEGUNDA
	SEGUNDA	TERÇA	TERÇA
	TERÇA	QUARTA	QUARTA
	QUARTA	QUINTA	QUINTA
	QUINTA	SEXTA	SEXTA
	SEXTA		
	SÁBADO		
<i>H₁</i> : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente			
Nível de significância (α): 0,1%			
Estatística F	578,657	24,087	4,319
F crítico	3,847	4,790	5,673
valor-P	0,00%	0,00%	0,58%
Julgamento	REJEITAR <i>H₀</i>	REJEITAR <i>H₀</i>	NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

Tabela IV.14.5: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Dom Luis – sentido Oeste/Leste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	DOMINGO	SEGUNDA	
	SEGUNDA	TERÇA	TERÇA
	TERÇA	QUARTA	QUARTA
	QUARTA	QUINTA	QUINTA
	QUINTA	SEXTA	
	SEXTA		
	SÁBADO		
<i>H₁</i> : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente			
Nível de significância (α): 0,1%			
Estatística F	574,228	21,681	1,043
F crítico	3,807	4,720	7,130
valor-P			35,41%
Julgamento			NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

IV.15 – Avenida da Abolição

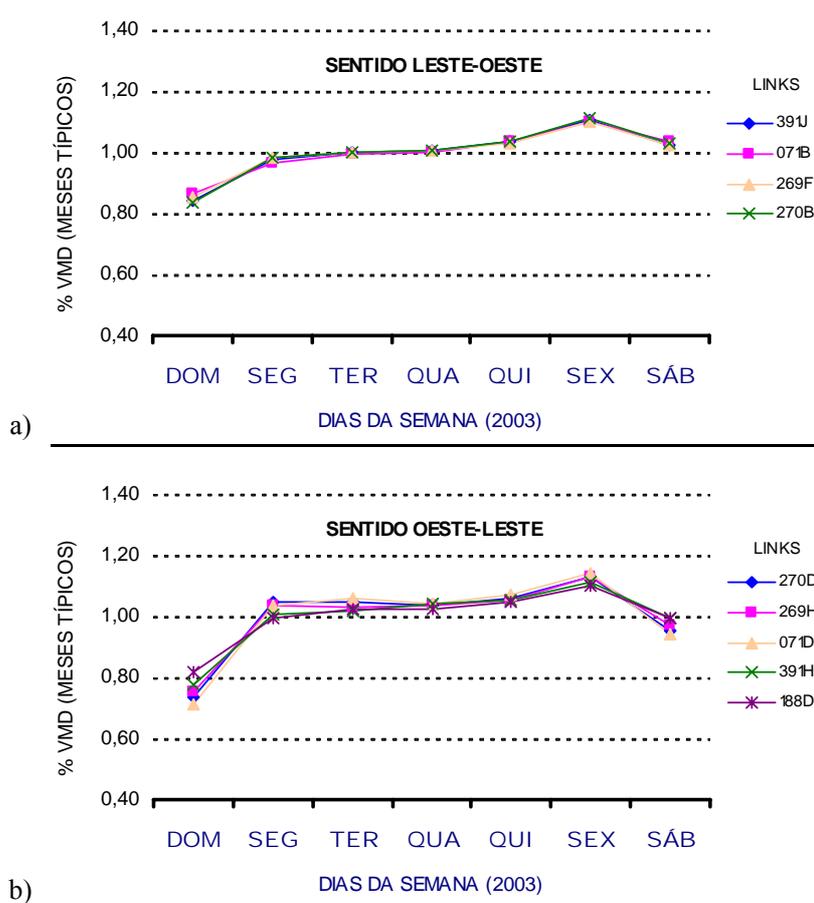


Figura IV.15.1: Perfis de variação diária relativa do VMD (meses típicos) por *link* da Avenida da Abolição

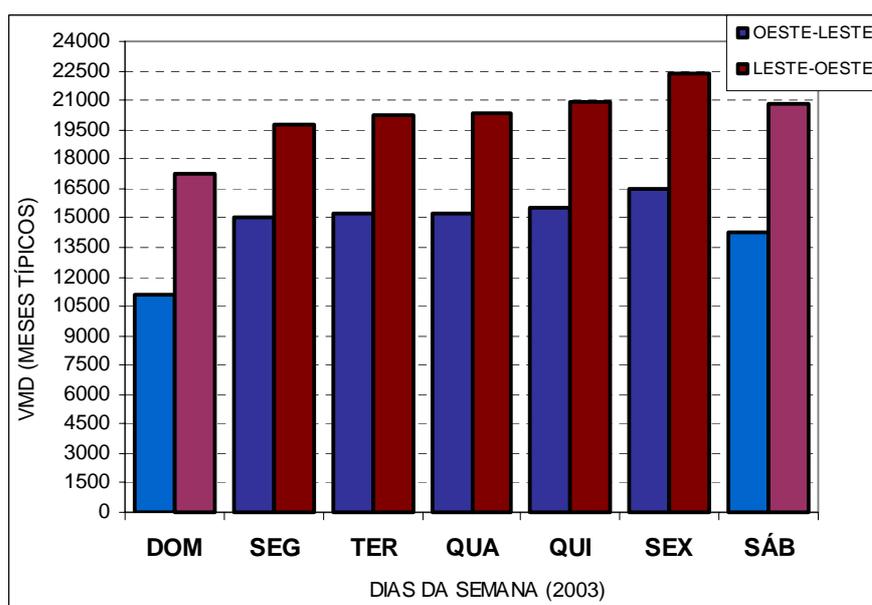


Figura IV.15.2: Perfil de variação diária absoluta do VMD (meses típicos) da Avenida da Abolição por sentido (média espacial do trecho)

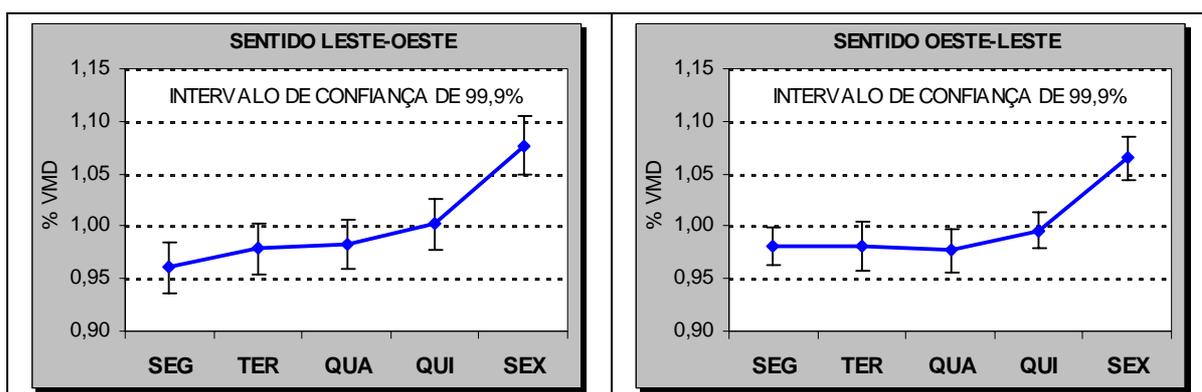


Figura IV.15.3: Nível de confiança da variação diária do VMD (meses típicos de 2003) nos segmentos homogêneos da Avenida da Abolição

Tabela IV.15.4: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida da Abolição – sentido Leste/Oeste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	DOMINGO	SEGUNDA	SEGUNDA
	SEGUNDA	TERÇA	TERÇA
	TERÇA	QUARTA	QUARTA
<i>H₁</i> : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente	QUARTA	QUINTA	QUINTA
	QUINTA	SEXTA	SEXTA
Nível de significância (α): 0,1%	SEXTA		
	SÁBADO		
Estatística F	125,259	53,103	3,382
F crítico	3,786	4,682	5,536
valor-P	0,00%	0,00%	0,23%
Julgamento	REJEITAR <i>H₀</i>	REJEITAR <i>H₀</i>	NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

Tabela IV.15.5: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida da Abolição – sentido Oeste/Leste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	DOMINGO	SEGUNDA	SEGUNDA
	SEGUNDA	TERÇA	TERÇA
	TERÇA	QUARTA	QUARTA
<i>H₁</i> : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente	QUARTA	QUINTA	QUINTA
	QUINTA	SEXTA	SEXTA
Nível de significância (α): 0,1%	SEXTA		
	SÁBADO		
Estatística F	514,794	70,683	3,303
F crítico	3,855	4,789	5,661
valor-P			2,16%
Julgamento			NÃO REJEITAR <i>H₀</i>

IV.16 – Avenida Historiador Raimundo Girão

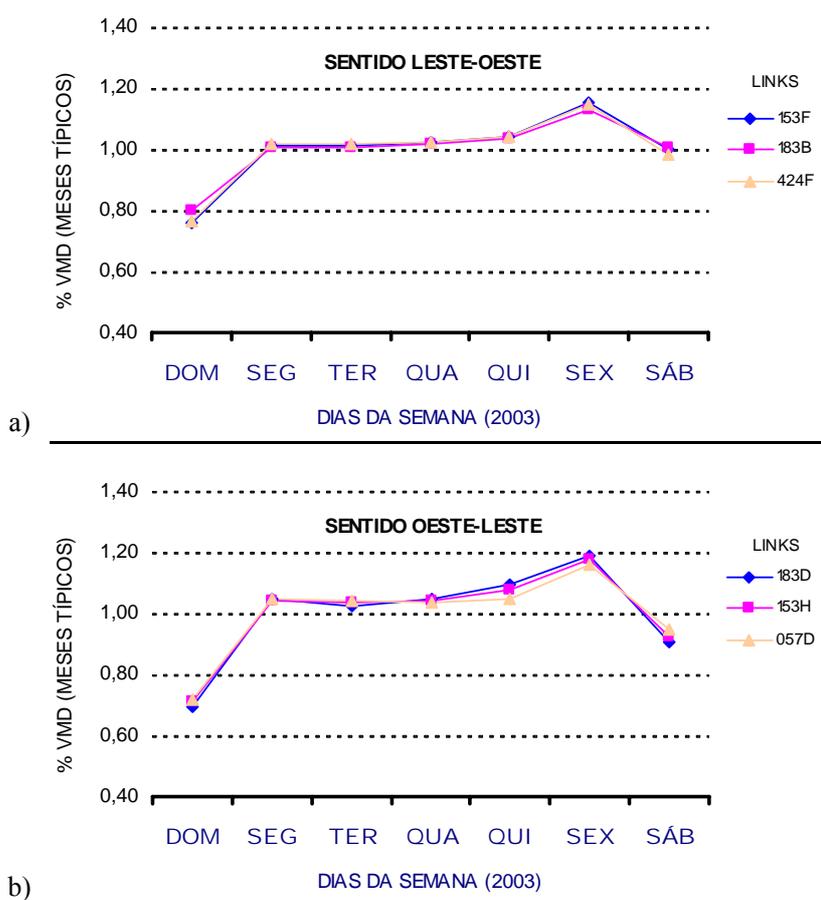


Figura IV.16.1: Perfis de variação diária relativa do VMD (meses típicos) por *link* da Avenida Dom Luis

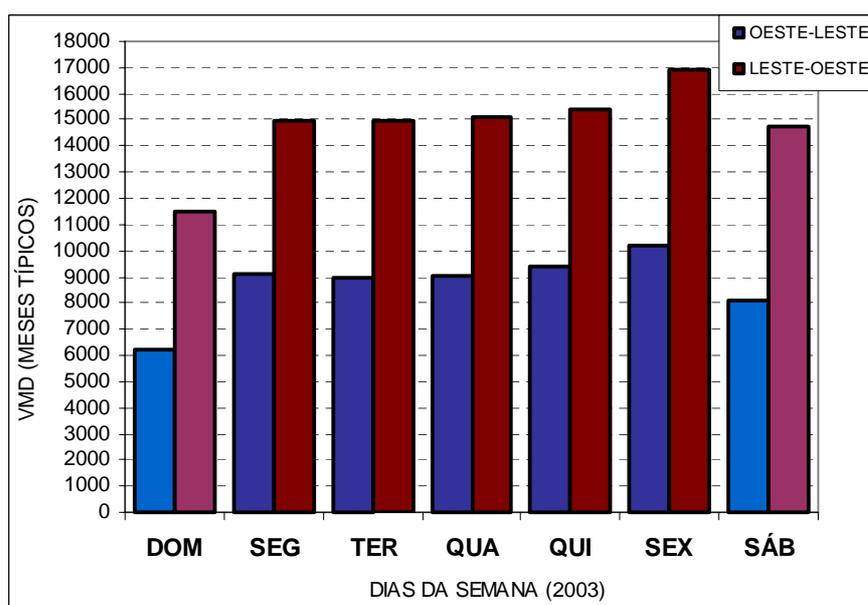


Figura IV.16.2: Perfil de variação diária absoluta do VMD (meses típicos) da Avenida Dom Luis por sentido (média espacial do trecho)

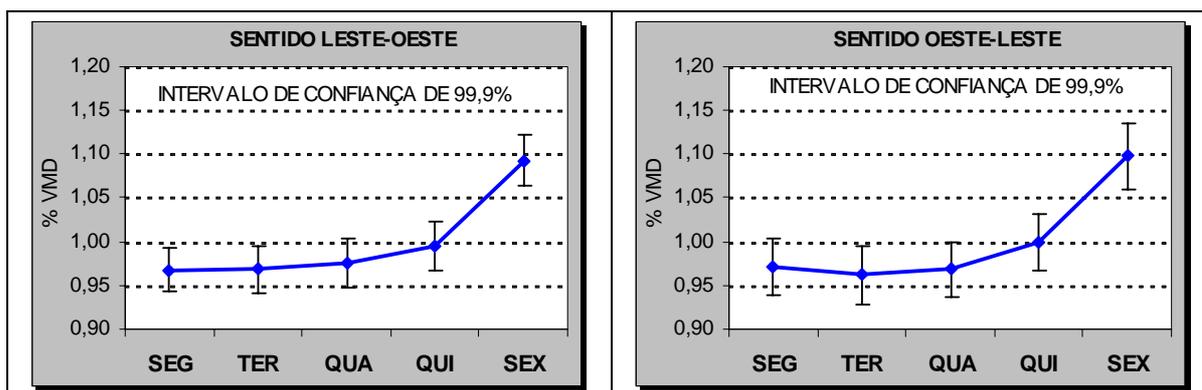


Figura IV.16.3: Nível de confiança da variação diária do VMD (meses típicos de 2003) nos segmentos homogêneos da Avenida Dom Luis

Tabela IV.16.4: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Dom Luis – sentido Leste/Oeste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	DOMINGO	SEGUNDA	SEGUNDA
	SEGUNDA	TERÇA	TERÇA
	TERÇA	QUARTA	QUARTA
	QUARTA	QUINTA	QUINTA
	QUINTA	SEXTA	SEXTA
	SEXTA	SÁBADO	
<i>H₁</i> : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente			
Nível de significância (α): 0,1%			
Estatística F	229,689	74,095	4,660
F crítico	3,801	4,701	5,537
valor-P			0,33%
Julgamento			NÃO REJEITAR H₀

Tabela IV.16.5: Análise de variância dos VMDs dos dias de semana (meses típicos de 2003) na Avenida Dom Luis – sentido Oeste/Leste

ANOVA FATOR ÚNICO	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>H₀</i> : médias de Volumes Diários iguais (meses típicos)	DOMINGO	SEGUNDA	SEGUNDA
	SEGUNDA	TERÇA	TERÇA
	TERÇA	QUARTA	QUARTA
	QUARTA	QUINTA	QUINTA
	QUINTA	SEXTA	SEXTA
	SEXTA	SÁBADO	
<i>H₁</i> : pelo menos uma média de Volumes Diários diferente			
Nível de significância (α): 0,1%			
Estatística F	193,532	32,724	4,119
F crítico	3,826	4,744	5,598
valor-P			0,71%
Julgamento			NÃO REJEITAR H₀

ANEXO V**SUPERFÍCIES ESPAÇO-TEMPORAL TÍPICAS DE
FLUXO DE TRÁFEGO HORÁRIO DA AMOSTRA DE
VIAS ARTERIAIS POR SENTIDO**

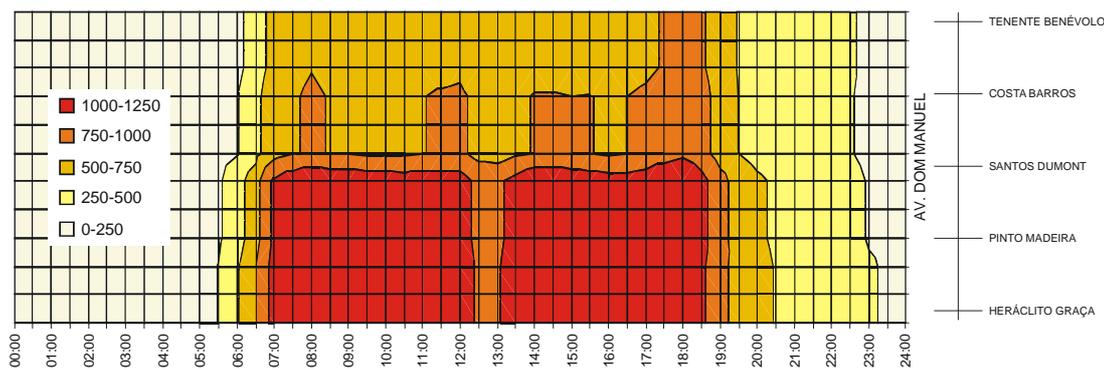


Figura V.01.1: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Avenida Dom Manuel – sentido Sul-Norte

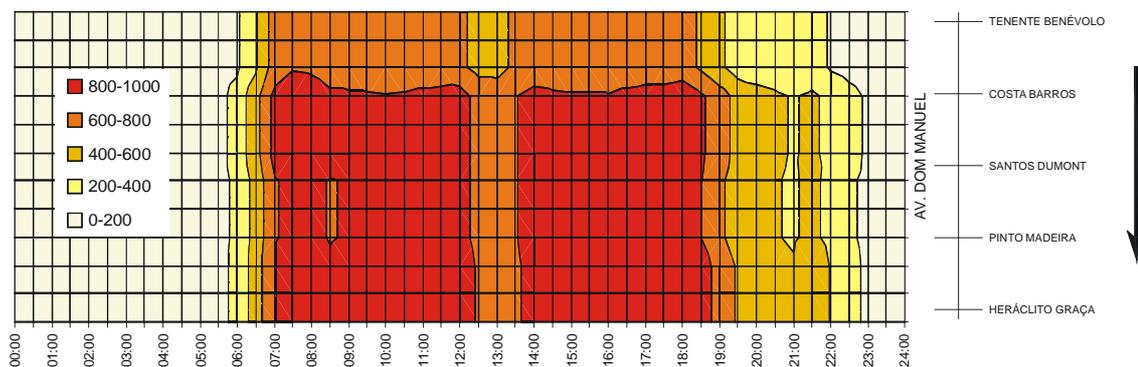


Figura V.01.2: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Avenida Dom Manuel – sentido Norte-Sul

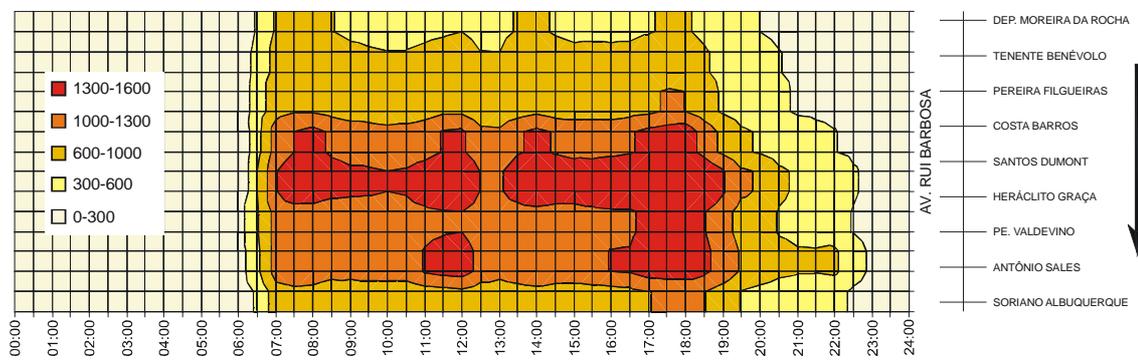


Figura V.02: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Avenida Rui Barbosa – sentido único (Norte-Sul)

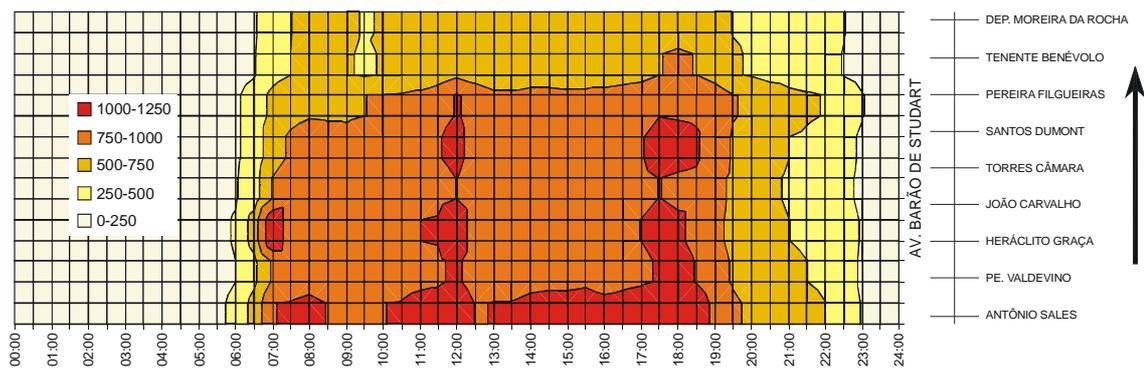


Figura V.03.1: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Avenida Barão de Studart – sentido Sul-Norte

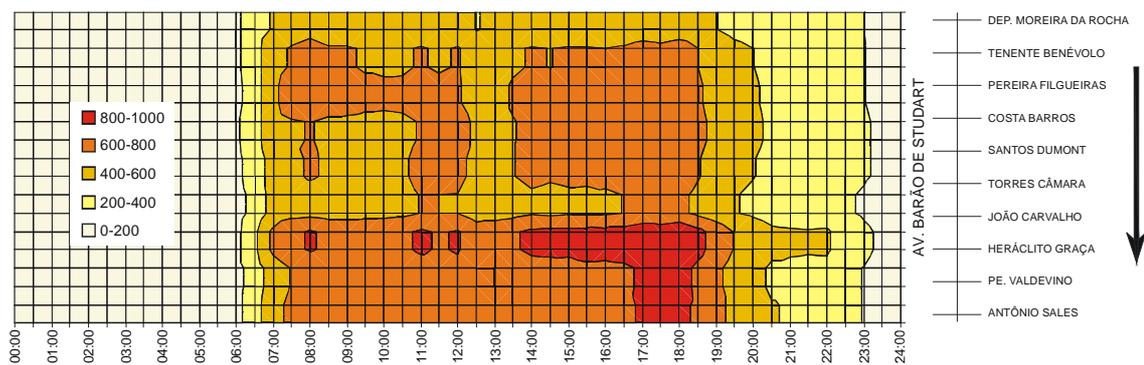


Figura V.03.2: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Avenida Barão de Studart – sentido Norte-Sul

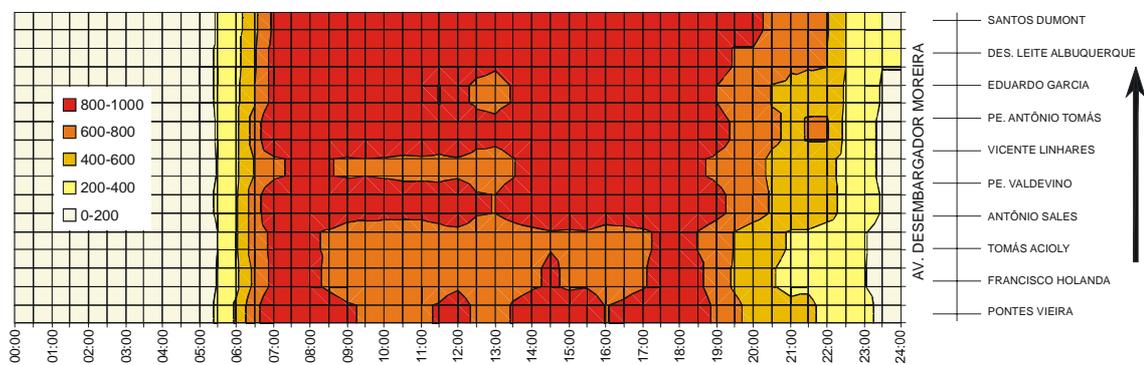


Figura V.04.1: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Avenida Desembargador Moreira – sentido Sul-Norte

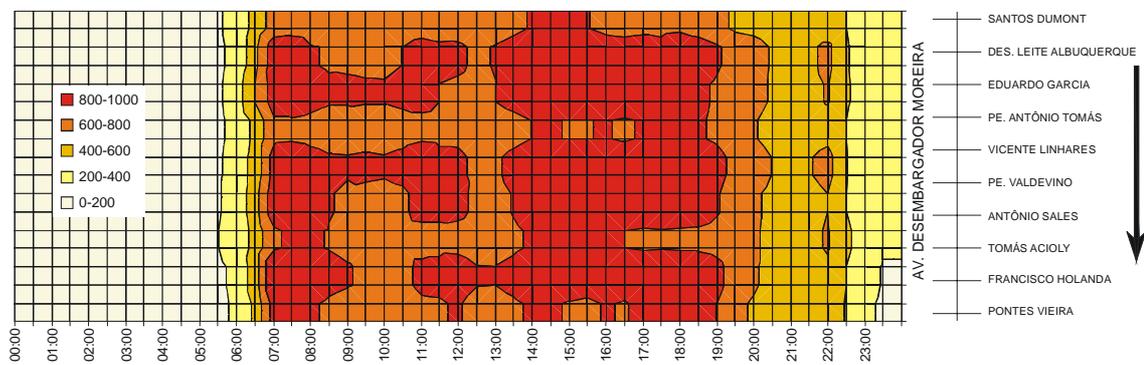


Figura V.04.2: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Avenida Desembargador Moreira – sentido Norte-Sul

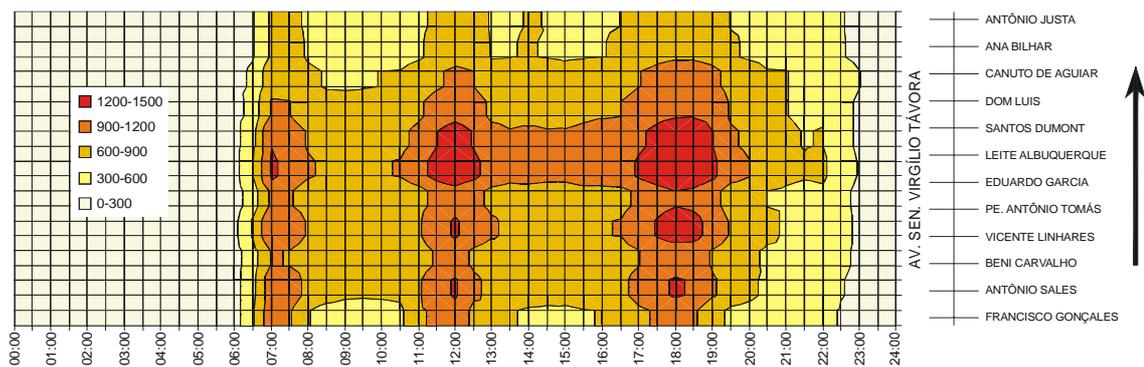


Figura V.05.1: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Avenida Sen. Virgílio Távora – sentido Sul-Norte

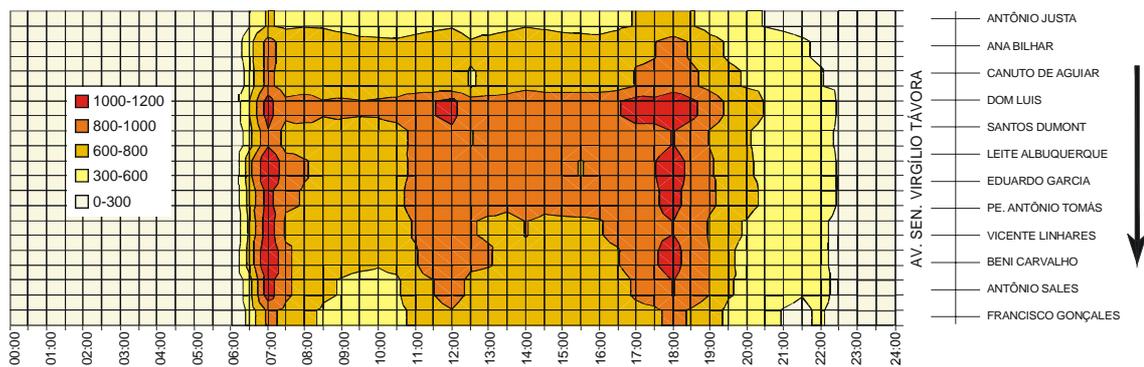


Figura V.05.2: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Avenida Sen. Virgílio Távora – sentido Norte-Sul

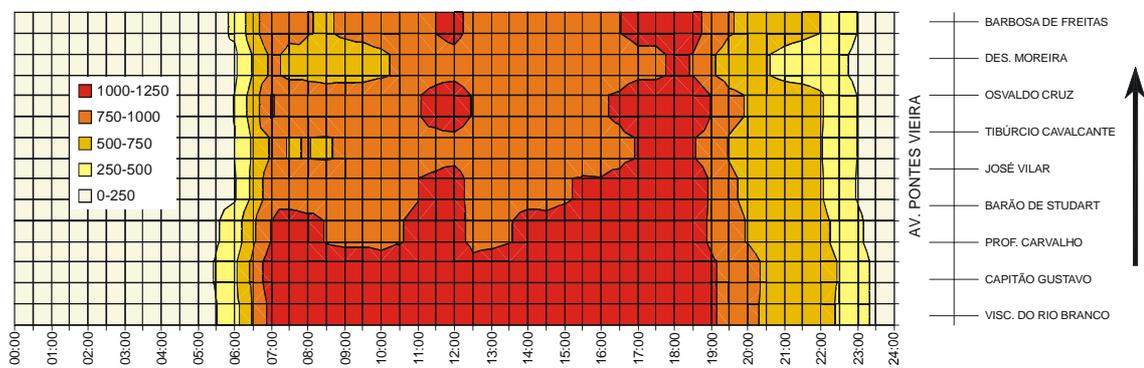


Figura V.06.1: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Avenida Pontes Vieira – sentido Oeste-Leste

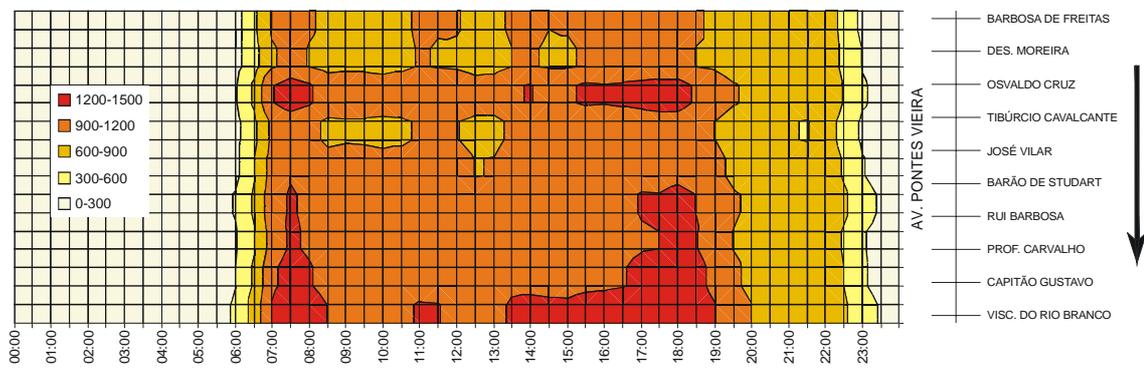


Figura V.06.2: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Avenida Pontes Vieira – sentido Leste-Oeste

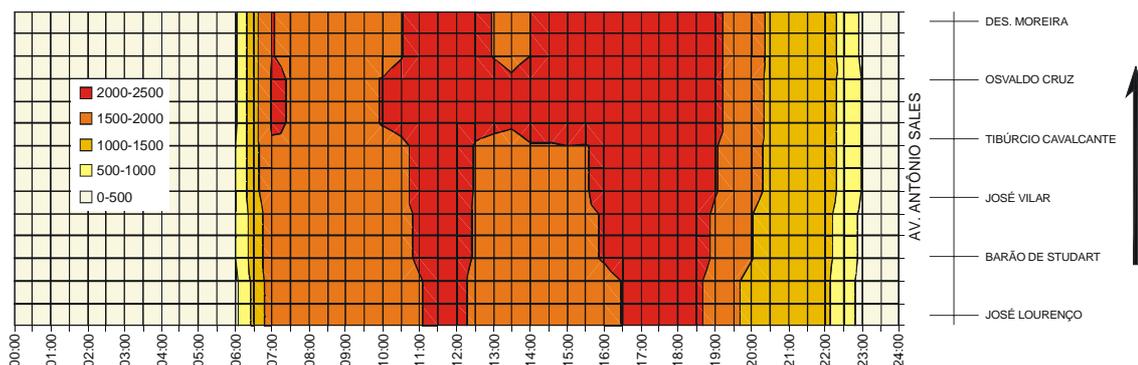


Figura V.07: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Avenida Antônio Sales – sentido único (Oeste-Leste)

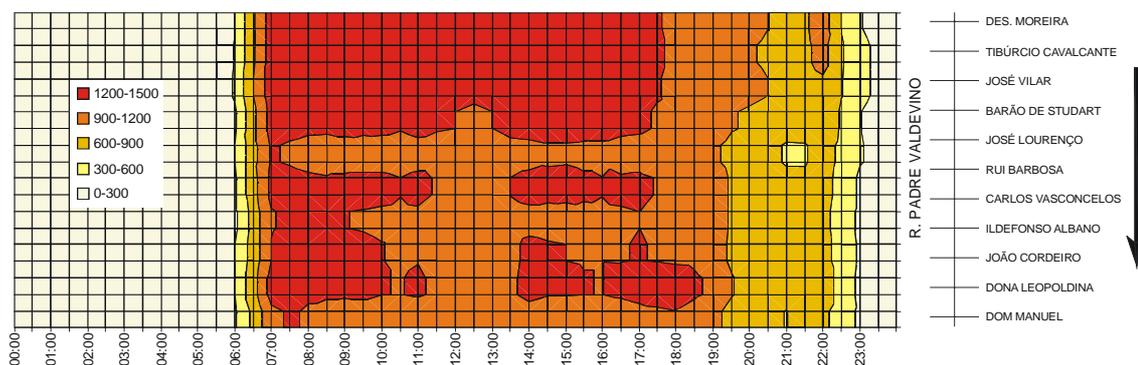


Figura V.08: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Rua Padre Valdevino – sentido único (Leste-Oeste)

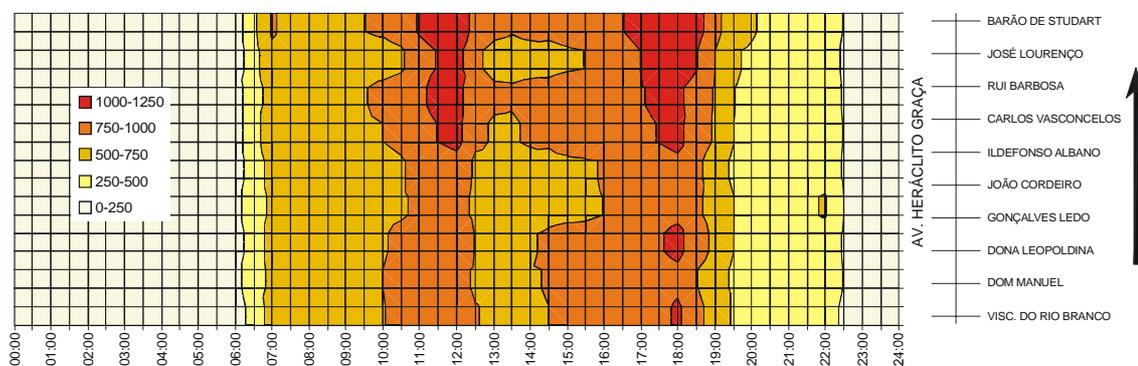


Figura V.09.1: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Av. Heráclito Graça – sentido Oeste-Leste

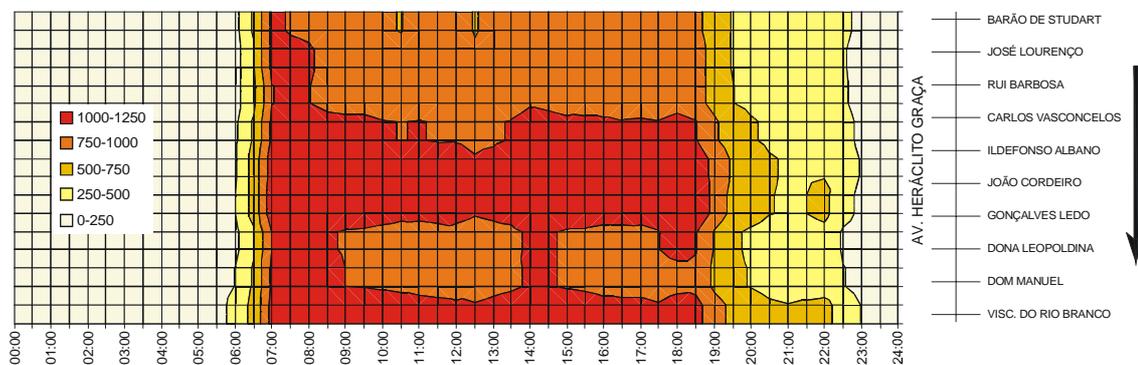


Figura V.09.2: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Av. Heráclito Graça – sentido Leste-Oeste

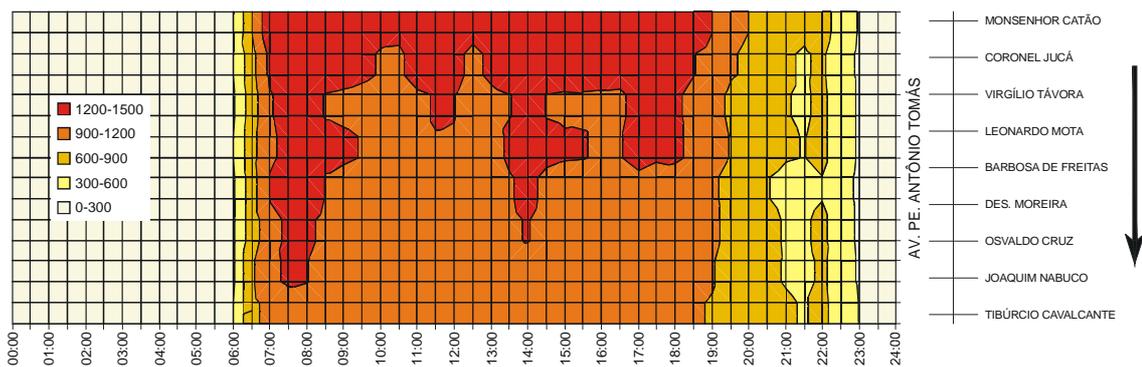


Figura V.10.1: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Av. Padre Antônio Tomás – sentido Leste-Oeste

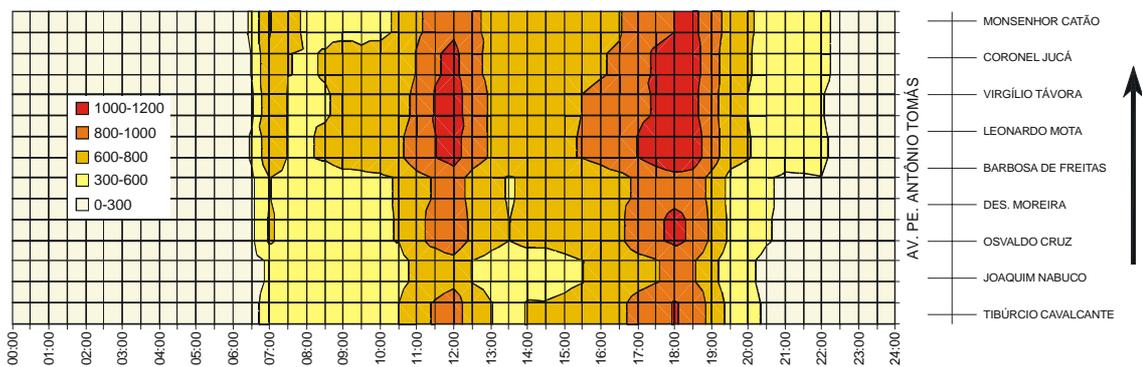


Figura V.10.2: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Av. Padre Antônio Tomás – sentido Oeste-Leste

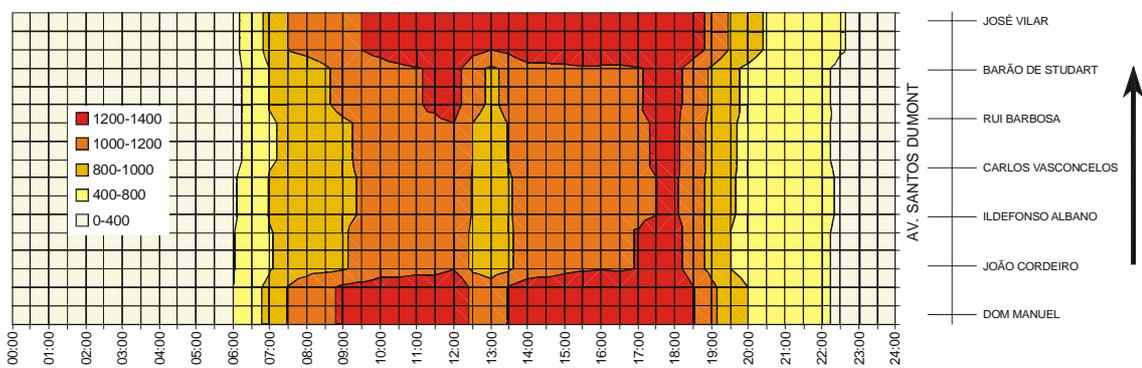


Figura V.11: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Av. Santos Dumont _parte 1 – sentido único (Oeste-Leste)

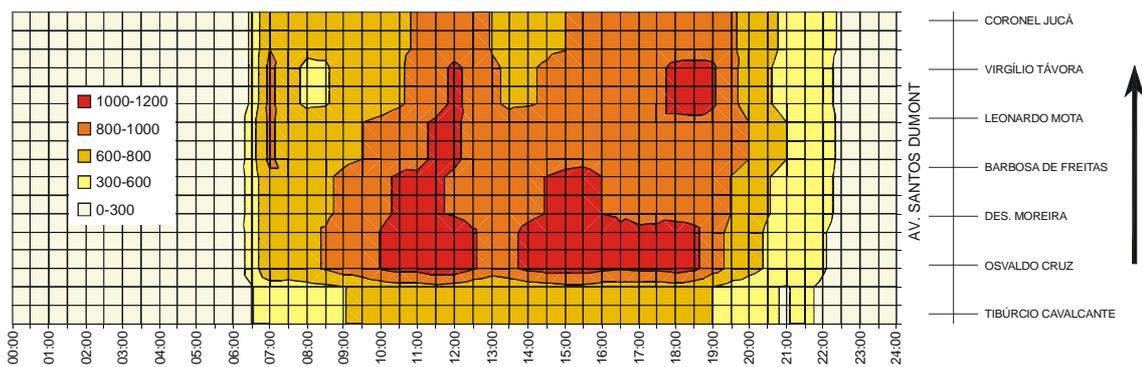


Figura V.12.1: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Av. Santos Dumont_parte 2 – sentido Oeste-Leste

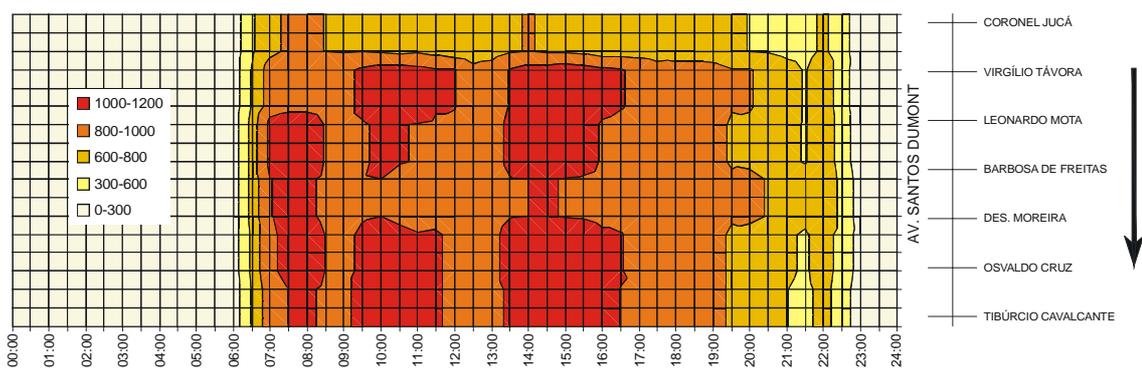


Figura V.12.2: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Av. Santos Dumont_parte 2 – sentido Leste-Oeste

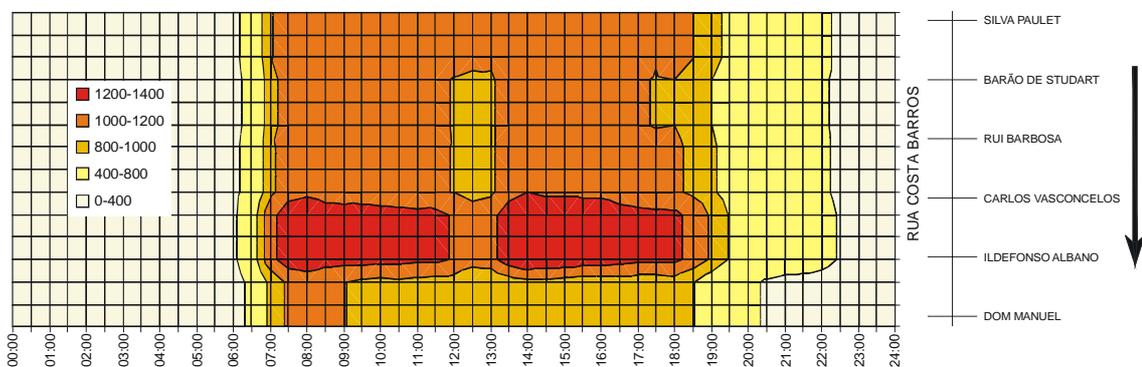


Figura V.13: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Rua Costa Barros – sentido único (Leste-Oeste)

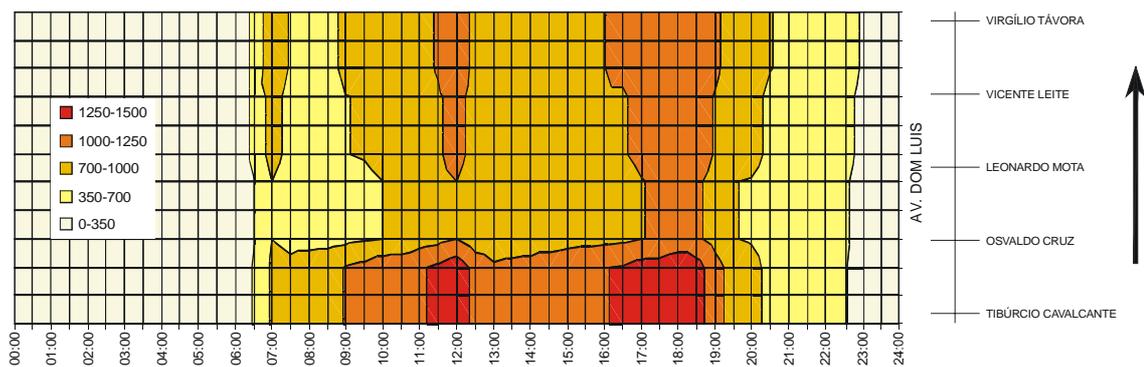


Figura V.14.1: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Av. Dom Luis – sentido Oeste-Leste

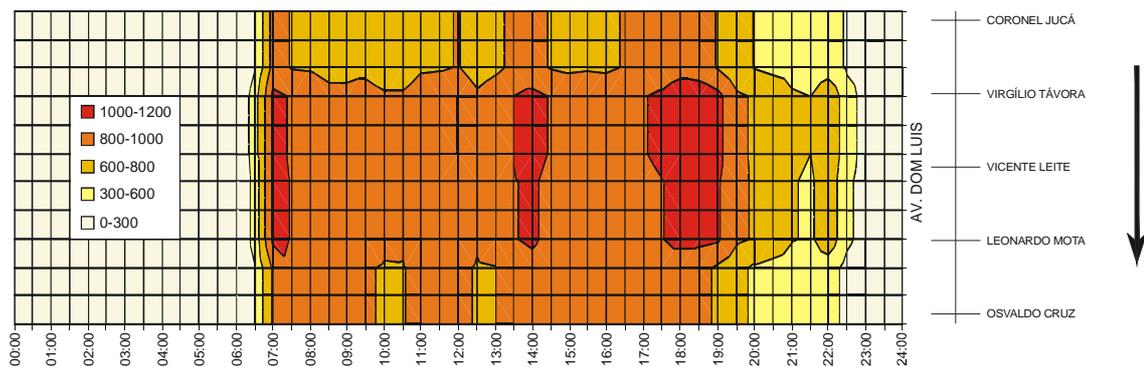


Figura V.14.2: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Av. Dom Luis – sentido Leste-Oeste

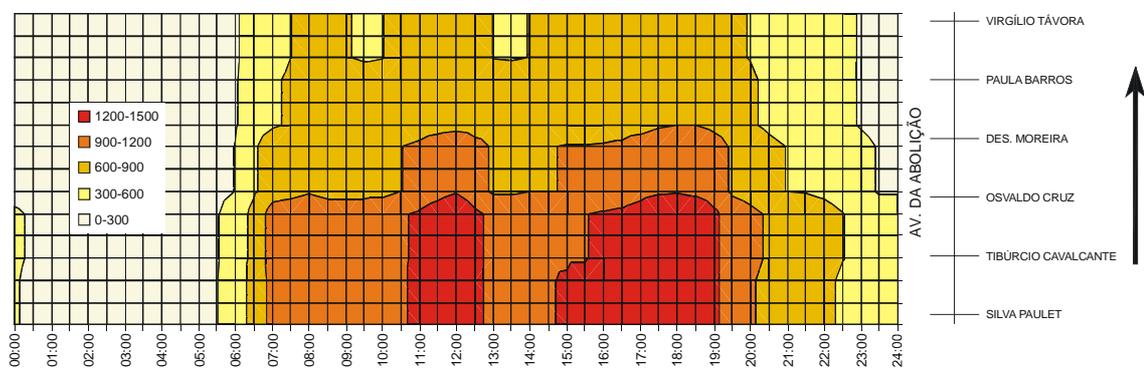


Figura V.15.1: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Av. da Abolição – sentido Oeste-Leste

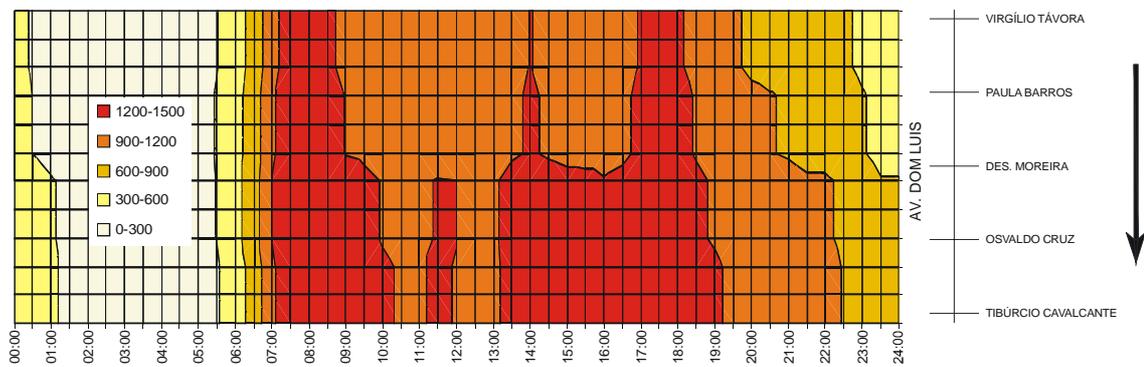


Figura V.15.2: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Av. da Abolição – sentido Leste-Oeste

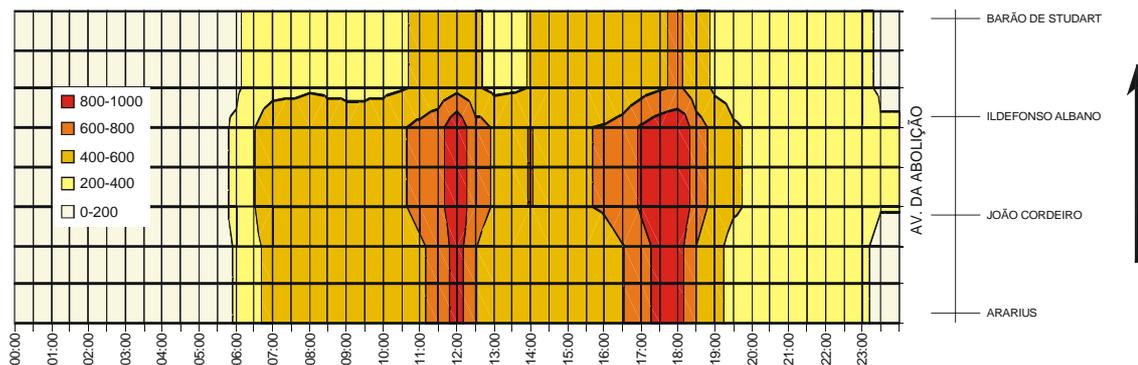


Figura V.16.1: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Av. Hist. Raimundo Girão – sentido Oeste-Leste

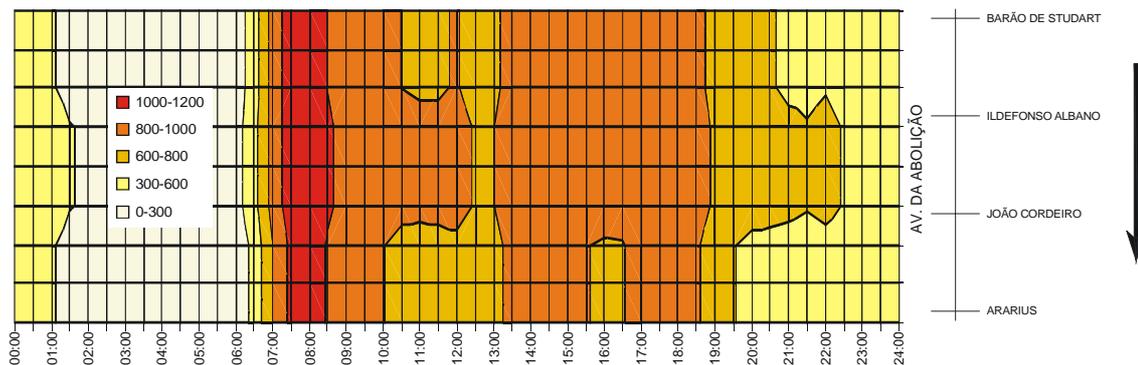


Figura V.16.2: Superfície espaço-temporal típica de fluxo de tráfego horário (veículos/hora) da Av. Hist. Raimundo Girão – sentido Leste-Oeste